

THIẾT KẾ CHẾ TẠO VÀ THỬ NGHIỆM MÁY SẤY MỰC ỔNG THEO NGUYÊN LÝ SẤY BƠM NHIỆT KẾT HỢP HỒNG NGOẠI

DESIGNING, MANUFACTURING AND TESTING OF SQUID DRYER BY
COMBINATION OF HEAT PUMP DRYING AND INFRARED RADIATION

Phạm Văn Toàn¹, Lê Anh Đức², Nguyễn Thiện Tài¹

¹Trường Đại học Lạc Hồng

²Trường Đại học Nông lâm TP. Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm tính toán thiết kế và chế tạo máy sấy mực theo nguyên lý sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại năng suất 5 kg/mẻ. Máy sấy được chế tạo theo kết quả tính toán lý thuyết. Mực được sấy thử nghiệm tại bốn mức nhiệt độ 40°C, 45°C, 50°C và 55°C. Kết quả nghiên cứu cho thấy, bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại là phương pháp sấy mực ống phù hợp tại nhiệt độ 50°C, cho hàm lượng protein sau khi sấy 71,3%, thời gian sấy 9 giờ, tốc độ sấy 6,51%/h và giữ lại màu sắc mực tốt nhất. Kết quả nghiên cứu đã xây dựng được phương trình dự đoán sự giảm ẩm của mực trong quá trình sấy: $W = 83,89 - 4,346.t - 0,249.t^2$ ($R^2 = 0,99$; $P < 0,01$).

Từ khóa: Mực ống, sấy bơm nhiệt, hồng ngoại, thời gian sấy, ẩm độ.

ABSTRACT

This study was performed to calculate, design, and manufacture of squid dryer with capacity of 5 kg/batch by using a heat pump dryer combined with infrared radiation. The dryer was manufactured according to the results of theoretical calculations. The whole squid samples were dried at four temperatures, respectively at 40 °C, 45 °C, 50 °C, and 55 °C. The result of the research indicated that infrared radiation-assisted heat pump drying at temperature of 50 °C is the most appropriate method to reach the protein content which was 71,3% after 9 hours drying time, drying rate of 6,51 %/h, and the squid's color was retained better than other samples.

The predicted equation for moisture content of squid versus drying time in the drying process was determined: $W = 83,89 - 4,346.t - 0,249.t^2$ ($R^2 = 0,99$; $P < 0,01$).

Keywords: Squid, Heat pump dryer, Infrared radiation, Drying time, Moisture.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Mực ống là loại thực phẩm biển được ưa thích nhờ vào cấu trúc thịt mềm, hương vị thơm ngon và có hàm lượng protein và chất dinh dưỡng cao. Tuy nhiên, mực tươi có độ ẩm cao, hơn 80% [1], do đó cần được xử lý và bảo quản nhằm kéo dài thời gian sử dụng.

Mực khô là thực phẩm phổ biến do dễ tiêu dùng và thời gian sử dụng dài. Phương pháp sản xuất mực khô phổ biến là phơi nắng và sử dụng phương pháp sấy. Phơi nắng là phương pháp tự nhiên sử dụng năng lượng mặt trời, nhưng phụ thuộc nhiều vào thời tiết và có thể bị hư hỏng do thời gian làm khô dài. Bên cạnh đó, chất lượng cũng giảm do protein biến tính và nhiễm bụi bẩn trong quá trình phơi nắng. Phương pháp sấy bơm nhiệt, không khí nóng có lợi thế là thời gian sấy ngắn, tuy nhiên, mực khi tiếp xúc với không khí nóng trong thời gian dài hoặc ở nhiệt độ cao sẽ làm chất lượng thay đổi và độ cứng bề mặt tăng lên.

Sấy hồng ngoại được biết đến là một phương pháp sấy tối ưu, thu hút nhiều nhà khoa học nghiên cứu và phát triển. Việc kết hợp hồng ngoại với các phương pháp sấy cho thấy, sản phẩm có chất lượng cảm quan tốt, giảm thời gian sấy, tiêu thụ năng lượng ở mức thấp. Nhiều sản phẩm nông nghiệp như nhân [2], chuối [3], khoai tây, tôm, cá cơm cho kết quả tốt khi sử dụng phương pháp này. Trong khi đó, nhiều nghiên cứu về sấy mực [4,5] cũng đã cho thấy chất lượng, cảm quan tốt khi sử dụng các phương pháp sấy có kết hợp hồng ngoại.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

- Phương pháp tính toán, thiết kế máy sấy kết hợp hồng ngoại 5 kg/mẻ: Dựa trên các tính chất vật lý của mực, lý thuyết về truyền

hiệt, truyền ẩm và lý thuyết tính toán thiết kế máy sấy bơm nhiệt [6,7]. Nhiệt độ và vận tốc của tác nhân sấy được tính toán tại nhiệt độ 55°C [1].

- Phương pháp chế tạo: Máy được chế tạo đơn chiếc theo từng cụm chi tiết điển hình. Một số chi tiết tiêu chuẩn được chọn mua trên thị trường.

- Phương pháp đo thực nghiệm: Các thông số có thể đo trực tiếp như nhiệt độ, vận tốc tác nhân sấy..., được đo đạc bằng các dụng cụ đo chuyên dùng, các thông số còn lại được xác định thông qua các công thức quy đổi.

- Protein là thành phần hóa học chủ yếu của cơ thịt mực, chiếm khoảng 70-80% trọng lượng chất khô. Vì vậy, protein được dùng để đánh giá ảnh hưởng của chế độ sấy đến chất lượng của mực. Hàm lượng protein xác định bằng phương pháp KJELDAH.

- Màu sắc của sản phẩm sấy được đo bằng máy đo màu Minolta CR-200. Máy đo màu hiển thị ba cường độ ánh sáng phản xạ tương ứng các giá trị màu Lab. Sự thay đổi về màu sắc chung được thể hiện bằng chỉ số ΔE^* .

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (1)$$

- Vật liệu sấy: Mực ống sau khi thu hoạch được xẻ dọc thân loại bỏ nội tạng, lột da, rửa sạch và để ráo nước trước khi sấy. Yêu cầu ẩm độ của mực sau khi sấy là $25 \pm 1\%$ [8]. Ẩm độ của mực được xác định bằng phương pháp tủ sấy.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả tính toán thiết kế và chế tạo

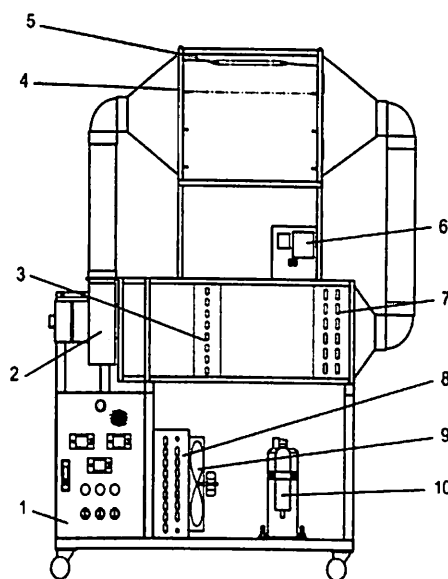
a) Các số liệu thiết kế ban đầu

Sử dụng các kết quả tính toán lý thuyết để thiết kế và chế tạo máy sấy có năng suất 5 kg/mẻ. Ẩm độ mục trước khi sấy 84%, ẩm độ mục sấy khi sấy $25 \pm 1\%$. Máy sấy hoạt động theo nguyên lý sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại, hồi lưu hoàn toàn tác nhân sấy.

b) Kết quả xác định nguyên lý cấu tạo và nguyên lý làm việc của máy

Nguyên lý cấu tạo của máy sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại được trình bày trên hình 1.

Mục được cố định hình dạng bằng các cây xiên, sau đó đưa vào buồng sấy treo lên các thanh treo (4). Đóng cửa buồng sấy, cài đặt nhiệt độ sấy theo yêu cầu, sau đó khởi động quạt và bơm nhiệt tại tủ điều khiển (1). Tác nhân sấy được quạt ly tâm (2) hút qua bộ bơm nhiệt (7) để tách ẩm và gia nhiệt nhờ dàn ngưng tụ (3) đến nhiệt độ cần thiết và đi vào buồng sấy, tại đây, tác nhân sấy tiếp xúc với vật liệu sấy để lấy ẩm từ vật liệu sấy. Bức xạ từ đèn hồng ngoại chiếu lên vật liệu, nung nóng vật liệu đến nhiệt độ yêu cầu, nước trong vật liệu khi dịch chuyển ra bề mặt ngoài vật liệu và hóa hơi sẽ được tác nhân sấy mang đi. Tác nhân sấy được hồi lưu 100% về bộ bơm nhiệt. Khi vật liệu trong buồng sấy đạt ẩm độ yêu cầu thì mở cửa buồng sấy và lấy sản phẩm. Các thông số của quá trình sấy được cài đặt, hiển thị và giám sát tự động.



Hình 1. Nguyên lý cấu tạo máy sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại:

- 1) Bộ điều khiển máy sấy; 2) Quạt ly tâm; 3) Dàn ngưng tụ;
- 4) Thanh treo vật liệu sấy; 5) Đèn hồng ngoại;
- 6) Bộ điều khiển hồng ngoại; 7) Dàn bay hơi;
- 8) Dàn ngưng tụ phụ; 9) Quạt dàn ngưng tụ phụ; 10) Máy nén

c) Kết quả tính toán thiết kế

- Căn cứ vào năng suất mẻ sấy, kích thước mục: Chiều dài 210 (± 10) mm, chiều rộng 130 (± 10) mm, bề dày 6 (± 1) mm và khối lượng thể tích của mục, kết quả tính toán đã xác định được số lượng lớp sấy cần thiết để chứa 5 kg mục là 1 lớp, phân bố thành 03 dãy, mỗi dãy được bố trí cách nhau 50 mm, mục được treo trên giá đỡ cách nhau 10 mm.

- Vật liệu chế tạo buồng sấy là thép không gỉ SS304, dày 0,4 mm, khung sắt, có cửa mở, kích thước của buồng sấy là: 600 x 400 x 500 mm.

- Lượng ẩm cần bay hơi để 5 kg mục từ độ ẩm ban đầu 84%, giảm xuống ẩm độ yêu cầu 25% là 3,93 kg nước. Lưu lượng tác nhân sấy cần thiết là 0,019 m³/s.

- Lưu lượng cần thiết cho quá trình sấy, bao gồm: Nhiệt lượng làm nóng vật liệu sấy, nhiệt cần thiết để nước trong vật liệu sấy hóa hơi và các tổn thất nhiệt trong quá trình sấy, tổng cộng là 243,5 KJ/h. Trong đó,

lượng nhiệt do đèn hồng ngoại được tính toán để cung cấp trong quá trình làm nóng vật liệu đến nhiệt độ 55°C [6], trên cơ sở tính toán, chọn đèn hồng ngoại có công suất 200 W.

- Hệ thống bơm nhiệt cho máy sấy: Tính toán các thông số dựa trên chu trình khô, môi chất lạnh là R22, nhiệt độ bay hơi: $t_0 = -10^\circ\text{C}$, nhiệt độ ngưng tụ: $t_k = 70^\circ\text{C}$. Dựa vào đồ thị logP-h của R22 tra được các thông số các điểm nút của chu trình lạnh, qua đó xác định được công suất máy nén là 1 HP.

- Tổng tổn áp của máy sấy: Trở lực của máy sấy bao gồm trở lực ma sát, trở lực cục bộ, trở lực qua dàn ngưng, dàn bay hơi, qua buồng sấy và trở lực qua lớp vật liệu sấy. Tổng trở lực là 1.533 Pa.

- Căn cứ vào lưu lượng tác nhân sấy và tổn áp của máy sấy, quạt sấy là loại quạt ly tâm có công suất 0,5 HP, số vòng quay 1.400 vòng/phút.



Hình 2. Máy sấy bơm nhiệt kết hợp đèn hồng ngoại

Từ kết quả tính toán thiết kế, máy sấy mực khô theo nguyên lý sấy bơm nhiệt kết hợp đèn hồng ngoại đã được chế tạo và lắp ráp hoàn chỉnh.

3.2. Kết quả khảo nghiệm

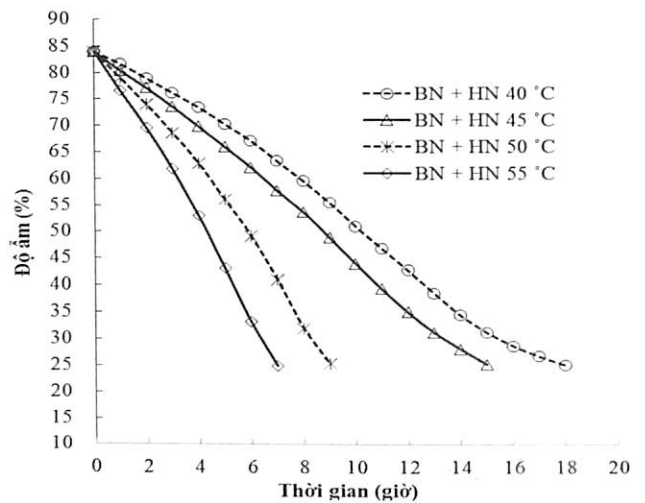
Kết quả khảo nghiệm sơ bộ cho thấy, máy

sấy làm việc ổn định, các thông số đo được trong quá trình sấy sai số không đáng kể so với các kết quả tính toán thiết kế. Bộ điều khiển và giám sát quá trình đạt yêu cầu.

Bố trí sấy thực nghiệm:

Mực sau khi đánh bắt được xẻ dọc thân loại bỏ nội tạng, lột da, rửa sạch và để ráo nước, năng suất mẻ sấy là 5 kg mực tươi. Sản phẩm sấy được thử nghiệm tại bốn mức nhiệt độ 40°C, 45°C, 50°C và 55°C, mỗi thí nghiệm được lặp lại ba lần, sau 60 phút lấy mẫu một lần.

Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy lên tốc độ giảm ẩm của mực ống:



Hình 3. Biểu đồ giảm ẩm tại các mức nhiệt độ khác nhau

Thay đổi độ ẩm của mực trong quá trình sấy được thể hiện ở hình 3. Kết quả khảo nghiệm cho thấy, thời gian sấy đạt ẩm độ yêu cầu 25% của mực tại các mức nhiệt độ 40°C, 45°C, 50°C và 55°C lần lượt là 18, 15, 9 và 7 giờ.

Thời gian sấy của phương pháp sấy bơm nhiệt kết hợp đèn hồng ngoại giảm khi nhiệt độ sấy tăng. Tại mức nhiệt độ 50°C và 55°C thời gian sấy giảm, tuy nhiên, không nhanh như giai đoạn từ 45°C đến 50°C.

Bảng 1. Thời gian sấy và tốc độ sấy tại các mức nhiệt độ khác nhau:

Nhiệt độ sấy	40°C	45°C	50°C	55°C
Thời gian sấy (h)	18,0	15,0	9,0	7,0
Tốc độ sấy (%/h)	3,24	3,89	6,51	8,42

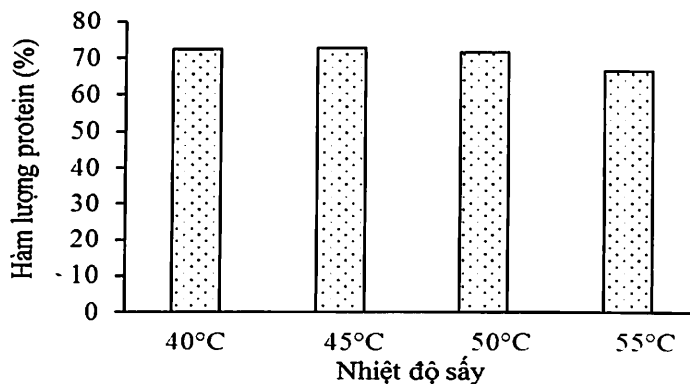
Ảnh hưởng các nhiệt độ sấy lên hàm lượng protein của mực ống:

Hàm lượng protein sau khi sấy bằng phương pháp sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại ở các mức nhiệt độ 40°C, 45°C, 50°C và 55°C lần lượt là 72,2%, 72,6%, 71,3% và 66,3% được xác định bằng phương pháp KJELDAH. Kết quả cho thấy, nhiệt độ sấy ảnh hưởng lên hàm lượng protein của mực, tuy nhiên, mức độ thay đổi protein tại các mức nhiệt độ khác nhau là thấp và chưa rõ ràng. Những thay đổi về hàm lượng và mức độ biến tính của protein cần được nghiên cứu và so sánh thêm.

Bảng 2. Hàm lượng protein tại các mức nhiệt độ sấy khác nhau:

Nhiệt độ sấy	40°C	45°C	50°C	55°C
Protein (%)	72,2 ^a	72,6 ^a	71,3 ^a	66,3 ^b

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



Hình 4. Biểu đồ so sánh hàm lượng protein tại các mức nhiệt độ sấy khác nhau

Ảnh hưởng của các phương pháp lên chất lượng cảm quan của mực ống:

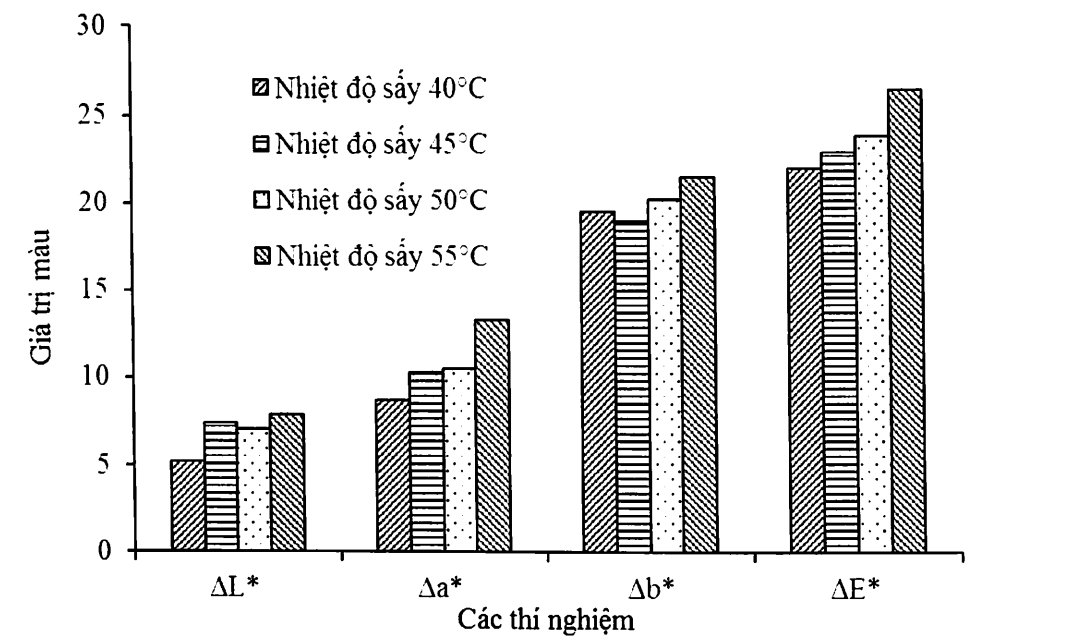
Hình 5, cho thấy sự thay đổi màu sắc của mực tại các mức nhiệt độ 40°C, 45°C, 50°C và 55°C sau khi sấy. Các giá trị ΔL^* , Δa^* và Δb^* là giá trị màu của L^* , a^* và b^* trừ cho giá trị màu mực tươi ban đầu. Kết quả cho thấy, giá trị L^* giảm và giá trị a^* , b^* tăng trong tất cả các mẫu mực sấy, điều này cho thấy sản phẩm sẽ tối màu và vàng hơn sau khi sấy. Giá trị ΔL^* tăng không đồng đều, tại nhiệt độ 50°C có giá trị thấp hơn so với nhiệt độ 45°C, tuy nhiên, giá trị L^* không ảnh hưởng nhiều lên sản phẩm sau khi làm khô [5]. Trong khi giá trị a^* và b^* tăng khi nhiệt độ sấy tăng, điều này chứng tỏ nhiệt độ sấy ảnh hưởng lên màu sắc của sản phẩm.

Đánh giá cảm quan, tại mức nhiệt độ 55°C cho thấy, bề mặt mực cứng và có nhiều vết nứt hơn so với các mẫu mực còn lại. Tại mức nhiệt độ 45 °C và 50 °C, sản phẩm mực sau khi sấy không có sự khác biệt nhiều về màu sắc.

Bảng 3. Giá trị màu tại các mức nhiệt độ sấy khác nhau:

Nhiệt độ sấy	L*	a*	b*	ΔE^*
40°C	38,70 ^a	5,33 ^e	13,03 ^g	21,92 ^k
45 °C	36,50 ^a	6,92 ^c	12,50 ^g	22,76 ⁱ
50 °C	36,89 ^a	7,10 ^c	13,68 ^g	23,71 ⁱ
55 °C	36,02 ^a	9,84 ^b	15,01 ^f	26,36 ^h

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



Hình 5. Biểu đồ so sánh ảnh hưởng của nhiệt độ lên màu sắc của mực

3.3. Xây dựng phương trình lý thuyết dự đoán quá trình giảm ẩm

Căn cứ vào số liệu thực nghiệm, kết quả xây dựng phương trình dự đoán sự giảm ẩm W (%) theo thời gian sấy t (h) trong quá trình sấy mực tại nhiệt độ 50°C có dạng đa thức như sau:

$$W = 83,89 - 4,346.t - 0,249.t^2 \quad (R^2 = 0,99; P < 0,01).$$

Kết quả phân tích bằng đồ thị như trên hình 5, khi so sánh giữa giá trị thực nghiệm và giá trị dự đoán bằng phương trình dự đoán quá trình giảm ẩm của mực dạng bậc hai đã cho thấy có sự phù hợp giữa thực nghiệm và dự đoán với hệ số tương quan $R^2 = 0,99; P_{\text{value}} < 0,01$.

4. KẾT LUẬN

Trên cơ sở lý thuyết và thực tiễn, kế thừa các kết quả nghiên cứu trong và ngoài nước về chế độ sấy, khoảng cách hồng ngoại, nghiên cứu đã tính toán thiết kế và chế tạo máy sấy mực khô theo nguyên lý sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại với năng suất 5 kg/mẻ. Kết quả sấy thử nghiệm cho thấy máy hoạt động tốt, phù hợp với các kết quả tính toán thiết kế.

Phương pháp sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại ở chế độ 50°C, cho thời gian sấy 9 giờ đạt ẩm độ theo yêu cầu. Kết quả xét nghiệm cho hàm lượng protein là 71,3%, sản phẩm mực sau khi sấy cho chất lượng màu sắc và cảm quan tốt hơn so với mẫu sấy mức nhiệt độ 55°C.

Kết quả nghiên cứu đã xây dựng được phương trình dự đoán quá trình giảm ẩm của mực tại mức nhiệt độ 50°C. Qua vận hành và kết quả xử lý số liệu thực nghiệm đã cho thấy, sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại là phương pháp phù hợp để sấy mực, đáp ứng các chỉ tiêu kinh tế và kỹ thuật. ❖

Ngày nhận bài: 12/3/2016

Ngày phản biện: 20/4/2016

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Kang T. H., Hong H. K., Jeon H. Y., Han C. S., 2011. *Drying characteristics of squids according to far infrared and heated air drying conditions*. J. of Biosystems Eng, Vol. 36, No.2, 109 – 115.
- [2]. Nathakaranakule A., Jaiboon P., Soponronnarit S., 2010. *Far-infrared radiation assisted drying of longan fruit*. Journal of Food Engineering, 100 (4), 662 – 668.
- [3]. Pan Z., Shih C., Tara H. M., Hirschberg E., 2008. *Study of banana dehydration using sequential infrared radiation heating and freeze-drying*. Food Science and Technology 41, 1944 – 1951.
- [4]. Chen H., Zhang M., Fang Z. and Wang Y., 2013. *Effects of different drying methods on the quality of squid cubes*. Drying Technology, 31, 1911-1918.
- [5]. Wang Y., Zhang M., Mujumdar A.S., Chen H., 2014. *Drying and quality characteristics of shredded squid in an infrared-assisted convective dryer*. Drying Technology, 32: 1828 – 1839.
- [6]. Pan Z., and Atungulu G.G., 2010. *Infrared heating for food and agricultural processing*.
- [7]. Trần Văn Phú (2008); Kỹ thuật sấy, NXB. Giáo dục.
- [8]. TCVN 5651-1992; *Tiêu chuẩn Việt Nam về mực khô xuất khẩu*, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.