

THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO THIẾT BỊ PHƠI SẤY CÁ SẠC RẪN ỨNG DỤNG KỸ THUẬT SẤY ĐỘNG KẾT HỢP NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI DESIGN AND MANUFACTURE OF TRICHOGASTER PECTORALIS FISH DRYING EQUIPMENT USING DYNAMIC DRYING TECHNOLOGY AND SOLAR ENERGY

Phan Văn Hiệp¹, Đào Duy Liêm², Bùi Văn Miên¹, Phan Thị Chiêu Mỹ¹, Đinh Thị Tâm¹

¹Trường Đại học Văn Hiến; {hieppv, mienbv, myptc, tamdt}@vhu.edu.vn

²Trường Đại học Công nghệ Sài Gòn; liem.daoduy@stu.edu.vn

Tóm tắt - Bài báo trình bày việc thiết kế và chế tạo thiết bị phơi sấy cá sặc rằn ứng dụng kỹ thuật sấy động kết hợp năng lượng mặt trời và nguồn cấp nhiệt bằng lò đốt điện trở. Với thiết bị này, giàn phơi cá được điều khiển quay liên tục với tốc độ quay phụ thuộc nhiệt độ và độ ẩm bên trong buồng phơi, trong đó các giá trị tham chiếu được quyết định bởi kinh nghiệm phơi sấy của người nông dân tùy vào những thời điểm khác nhau. Ngoài ra, thiết bị còn có thể ứng dụng cho việc phơi sấy các loại nông sản và hải sản khác nhờ vào khả năng sấy liên tục, khép kín và tự động của hệ thống thiết kế. Kết quả thực nghiệm cho thấy thiết bị hoạt động ổn định với năng suất cao, tiết kiệm năng lượng, giảm chi phí nhân công, đồng thời vẫn đảm bảo chất lượng, an toàn vệ sinh và cảm quan thực phẩm.

Từ khóa - cá sặc rằn; giàn sấy động; hiệu ứng nhà kính; nông nghiệp thông minh; thiết bị sấy cá.

1. Giới thiệu

Khô cá sặc rằn là đặc sản nổi tiếng có giá trị kinh tế cao, mang về nguồn lợi kinh tế cho các hộ nông nghiệp ở Thành phố (TP) Hồ Chí Minh và các tỉnh miền Tây Nam Bộ. Phần lớn khô cá sặc được chế biến theo phương pháp phơi nắng thủ công với các ưu điểm vượt trội về đảm bảo cảm quan, màu sắc, dinh dưỡng. Tuy nhiên, phương pháp này cũng tồn tại các nhược điểm như phụ thuộc vào thời tiết, năng suất thấp, nhiễm vi sinh, tổn nhân công [1]. Bên cạnh đó, một số cơ sở chế biến đã đưa các lò sấy thủ công hoặc công nghiệp vào sấy cá. Phương pháp này rút ngắn thời gian sấy, đảm bảo vệ sinh an toàn thực phẩm, giảm tiêu tổn nhân công nhưng khô cá không đảm bảo cảm quan: thịt cá xơ cứng, cá tươm mỡ, màu sắc không tự nhiên, mất dinh dưỡng.

Hiện nay, các công nghệ sấy nông sản, thủy sản nói chung và các công nghệ sấy ứng dụng năng lượng mặt trời đã được nghiên cứu và triển khai ở nhiều nơi [2], [3], [4], [5], [6], [7]. Dựa vào thực tiễn trên cùng với sự hỗ trợ của Sở Khoa học và Công nghệ Thành phố Hồ Chí Minh, nhóm tác giả đã triển khai nghiên cứu “Thiết kế, chế tạo thiết bị sấy ứng dụng năng lượng mặt trời với giàn sấy động cho cá sặc rằn tại huyện Củ Chi, Thành phố Hồ Chí Minh”. Thiết bị được chế tạo dựa trên nguyên lý phơi nắng ban ngày và duy trì nhiệt độ và độ ẩm phơi như ban ngày ở thời điểm ban đêm hoặc khi không có nắng. Thiết bị được triển khai kết hợp với hệ thống kho xưởng chế biến – đóng gói và lưu trữ sản phẩm của Hợp tác xã thủy sản Tương Lai tại ấp Cây Trôm, xã Phước Hiệp, huyện Củ Chi, Thành phố Hồ Chí Minh.

Abstract - The paper presents the design and manufacture of trichogaster pectoralis fish drying equipment based on the combination of the dynamic drying technology and the solar energy as well as the sources heated by thermistors. With this design, the fish drying racks are controlled to rotate continuously at any proper speed depending on the temperature and humidity inside the drying chamber, in which the reference values are determined by the drying experience of the farmer at different times. In addition, the equipment can be used for drying other agricultural products and seafood due to the continuous, self-contained and automatic drying of the designed system. Experimental results show that the equipment is stable with high productivity, energy saving, labor cost reduction while ensuring quality, hygiene and food sensibility.

Key words - trichogaster pectoralis; dynamic drying; greenhouse effect; smart agriculture; fish drying equipment.

2. Thiết kế phần cứng thiết bị

2.1. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động của thiết bị

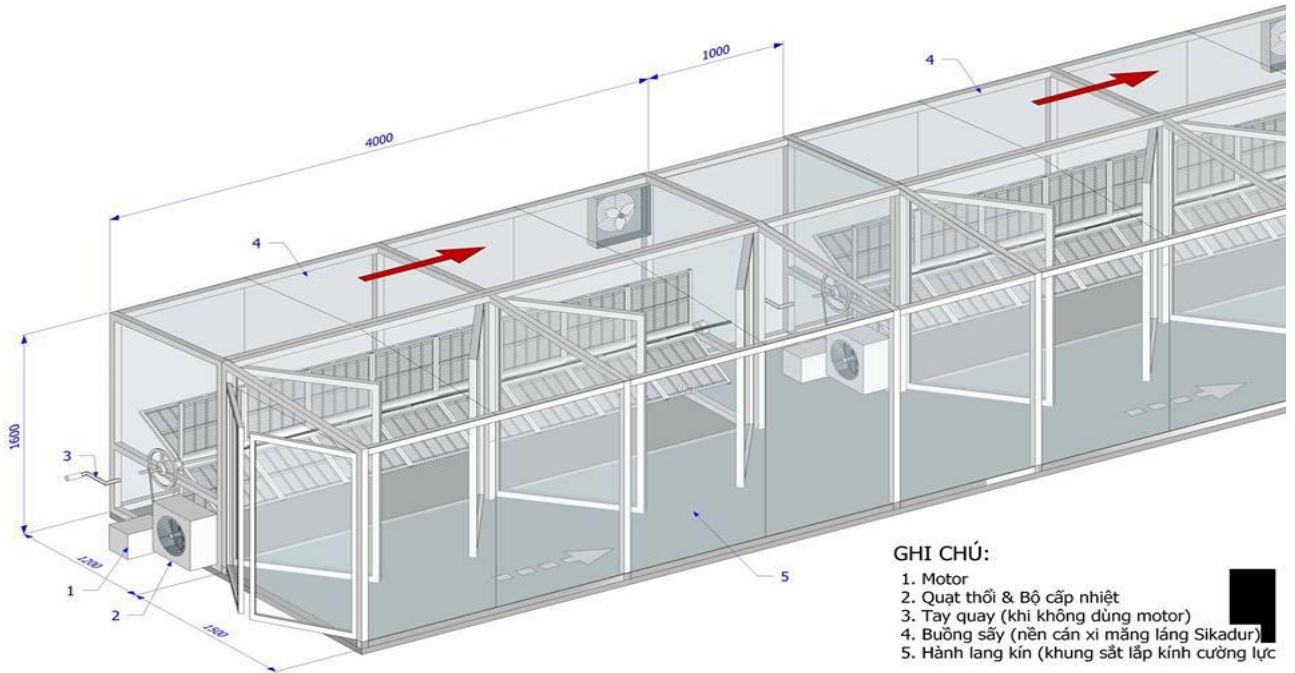
Thiết bị phơi sấy cá tự động được trình bày như Hình 1 với hành lang kín ngăn côn trùng xâm nhập.

2.1.1. Cấu tạo

Thiết bị phơi sấy cá tự động với ba buồng phơi sấy thiết kế liên hoàn nhằm đạt được sản lượng 100 kg khô cá mỗi mẻ phơi sấy. Mỗi buồng phơi sấy có giàn sấy chuyên động quanh trục cố định, có các bộ phận tự động điều chỉnh tốc độ quay của giàn sấy và tốc độ dòng không khí theo nhiệt độ bên trong buồng phơi sấy.

Mỗi buồng phơi sấy có 48 vỉ phơi (với kích thước vỉ là 400 mm x 450 mm), được bố trí thành 6 cánh đối xứng nhau. Nếu sản lượng sản phẩm không đủ cho 1 buồng phơi, cần chú ý bố trí sao cho các vỉ nằm đối xứng nhau nhằm đảm bảo đối trọng không làm lệch trục quay, cũng như tận dụng tốt hơn năng lượng mặt trời. Động cơ sử dụng kéo giàn phơi sấy quay theo tốc độ cài đặt trước là loại động cơ DC 350W giảm tốc với tốc độ tối đa là 330 vòng/phút. Một hệ thống truyền động với cơ cấu bánh răng và xích có tỷ số truyền động 30:1, sử dụng kết hợp với động cơ và bộ điều khiển để đảm bảo tốc độ quay của giàn phơi sấy ở ngưỡng tối đa là 10 vòng/phút.

Quạt thổi và hút cùng với hệ thống phun sương 10 béc, giúp thay đổi tốc độ lưu chuyển của dòng không khí trong buồng phơi sấy và điều chỉnh nhiệt độ, độ ẩm ở mức thích hợp nhất. Tốc độ của quạt tùy thuộc vào nhiệt độ và độ ẩm được đọc từ cảm biến bên trong buồng phơi sấy.



GHI CHÚ:

- 1. Motor
- 2. Quạt thổi & Bộ cấp nhiệt
- 3. Tay quay (khi không dùng motor)
- 4. Bồng sấy (nền cán xi măng láng Sikadur)
- 5. Hành lang kín (khung sắt lắp kính cường lực)

Hình 1. Thiết bị phơi sấy bố trí liên hoàn với hành lang kín ngăn côn trùng

Lò đốt nhiệt bằng điện trở, công suất 6 kW, sử dụng điện thế xoay chiều ba pha 380V, cung cấp nhiệt lượng cho buồng phơi sấy vào ban đêm hoặc khi không có nắng bằng cách giữ nhiệt độ ở mức giống như ban ngày (38°C đến 40°C). Cơ cấu hồi lưu nhiệt (lấy nhiệt từ buồng phơi sấy qua quạt hút đưa ngược trở lại buồng đốt nhiệt) trong thiết kế giúp tiết kiệm điện năng tiêu thụ cho lò đốt nhiệt. Hệ thống cảm biến nhiệt độ bên trong buồng phơi sấy giúp cắt điện cung cấp cho lò đốt nhiệt nếu nhiệt độ vượt ngưỡng. Đây cũng là phương pháp kiểm soát nhiệt độ và tiết kiệm điện năng tiêu thụ của lò đốt nhiệt.

2.1.2. Nguyên lý hoạt động

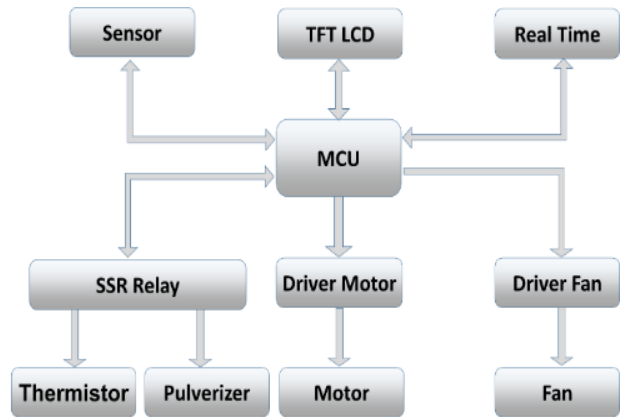
Vào ban ngày khi có nắng, hệ thống hoạt động như quá trình phơi nắng tự nhiên kết hợp hiệu ứng nhà kính để gia nhiệt trong buồng phơi sấy. Ánh sáng mặt trời chiếu xuống xuyên qua “mặt kính hay tấm trong suốt” gặp vật màu đen là “cá sặc rằn” được xếp trên các giàn phơi sấy đặt trong hệ thống quay và đặt bên trong “buồng thu năng lượng”, đây là một dạng bẫy nhiệt [8], khiến cho cá và cả giàn quay nóng lên. Cá nóng lên sẽ bốc hơi nước, cả các khay và khung giàn nóng làm cho không khí trong buồng cũng nóng lên. Nhờ có quạt thổi hoặc hút mà không khí nóng có ẩm từ cá được hút ra ngoài. Các cảm biến nhiệt độ và độ ẩm đặt bên trong buồng phơi sấy sẽ quyết định tự động điều chỉnh tốc độ quay của giàn phơi sấy, tốc độ của dòng tác nhân sấy cũng như hệ thống phun sương sao cho đảm bảo cảm quan cấu trúc của cá. Với thiết kế như trên, nhiệt độ trong buồng sấy khi có nắng tốt sẽ lên đến khoảng 50°C đến 60°C, rất phù hợp cho giai đoạn khử vi sinh khi có thêm nhiệt được cung cấp bởi lò đốt nhiệt.

Trong trường hợp không có nắng hoặc vào ban đêm, cảm biến nhiệt độ, độ ẩm sẽ tự động đưa lò đốt nhiệt bằng điện trở với nguồn cung cấp của lưới điện hiện có vào hoạt động. Khi lò đốt nhiệt hoạt động, ống hồi lưu nhiệt sẽ giúp

hệ thống tiết kiệm điện năng bằng cách sử dụng dòng không khí hồi lưu từ buồng sấy thổi vào điện trở nhiệt để cung cấp nhiệt lượng cho toàn buồng. Nghiễm nhiên, lò đốt nhiệt tự động tắt/mở theo cảm biến nhiệt độ bên trong buồng phơi sấy. Với thiết kế là một buồng kín, trong quá trình hoạt động độ ẩm trong buồng ít bị tác động bởi môi trường bên ngoài. Ngoài ra, nhiệt lượng bị thoát ra ngoài cũng rất ít, nên chu kỳ tắt/mở của lò đốt nhiệt dự kiến là 15 phút tắt/2 phút mở lò.

2.2. Thiết kế mạch điều khiển

Toàn bộ hoạt động của thiết bị phơi sấy được vận hành bởi sự điều khiển của mạch điều khiển trung tâm với các thông số đầu vào là nhiệt độ, độ ẩm của buồng phơi và các yếu tố thời gian. Hình 2 trình bày sơ đồ khối của hệ thống điều khiển mỗi buồng phơi sấy với chức năng và nguyên lý hoạt động như sau:



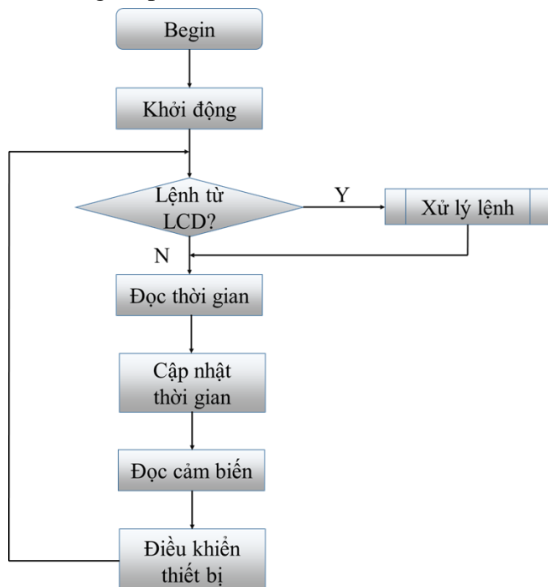
Hình 2. Sơ đồ khối của hệ thống điều khiển

- Khối Sensor bao gồm các cảm biến có chức năng chuyển đổi nhiệt độ và độ ẩm từ buồng phơi sấy sang giá trị số và gửi đến MCU (Micro Controller Unit).

- Khối Real time cung cấp giá trị thời gian thực cho MCU trong quá trình xử lý các công đoạn phơi sấy, khử vi sinh, ...
- LCD loại TFT có tích hợp cảm ứng điện trở. Ngoài chức năng hiển thị các thông tin hoạt động của hệ thống, LCD này còn là nơi để người điều khiển tương tác với MCU (thay đổi tốc độ động cơ, thay đổi thời gian phơi sấy, cài đặt nhiệt độ và độ ẩm của buồng phơi sấy...) qua cảm ứng điện trở.
- Driver Fan là mô-đun trung gian giúp MCU điều khiển tốc độ quạt thổi khí, quạt hút để điều khiển luồng lưu chuyển không khí trong buồng phơi sấy.
- SSR (Solid State Relay) là loại relay bán dẫn giúp MCU điều khiển hệ thống phun sương tạo ẩm và lò đốt nhiệt điện trở để tăng nhiệt độ buồng phơi sấy.
- Khối MCU là vi điều khiển trung tâm điều khiển mọi hoạt động của thiết bị. Nhóm nghiên cứu lựa chọn loại Atmega 2560 hoặc Atmega 328 với ưu điểm: độ ổn định cao, hỗ trợ nhiều chuẩn giao tiếp, dễ dàng trong lập trình và cài đặt, có thiết kế nhỏ gọn tích hợp trong mô-đun Arduino, ...
- Ở hoạt động thông thường, MCU sẽ đọc dữ liệu từ cảm biến và IC thời gian thực từ đó điều khiển các mô-đun khác theo các thông số cài đặt trước từ LCD. Mọi hoạt động trong buồng phơi sấy sẽ hiển thị trên LCD để người sử dụng giám sát, ngoài ra có thể hiệu chỉnh các cài đặt thông qua màn hình cảm ứng trên LCD. Ở chế độ nghỉ (giai đoạn lấy cá và đưa cá vào), người sử dụng có thể điều khiển động cơ chính xoay thông qua một nút nhấn đơn (hoặc điều khiển từ LCD).

3. Xây dựng giải thuật điều khiển hệ thống

Giải thuật điều khiển hệ thống được trình bày như Hình 3 với hai giai đoạn chính là phơi sấy và khử vi sinh. Tổng thời gian thực hiện là khoảng 30 giờ. Giai đoạn phơi sấy cá phải đảm bảo nhiệt độ vào khoảng 38°C đến 40°C và độ ẩm từ 20% đến 30% trong thời gian gần 30 giờ. Giai đoạn khử vi sinh sẽ đưa nhiệt độ lên 65°C và độ ẩm trên 70% kéo dài trong 30 phút.



Hình 3. Giải thuật hoạt động

Trong suốt quá trình hoạt động, tốc độ quay đảo khay và tốc độ luồng không khí được điều chỉnh theo nhiệt độ và độ ẩm trong buồng phơi sấy. Toàn bộ các thông số đều có thể được hiệu chỉnh từ người sử dụng để phù hợp với sản phẩm được phơi sấy.

4. Kết quả thực nghiệm

Công trình nghiên cứu đã được thực hiện thành công và triển khai tại Hợp tác xã Thủy sản Trương Lai, huyện Củ Chi, TP Hồ Chí Minh. Hình 4 cho thấy thiết bị được bố trí liên hoàn 3 buồng phơi sấy theo hướng Bắc – Nam để tận dụng tối đa năng lượng mặt trời. Hình 5 là giao diện hiển thị và điều khiển. Các thông số về thời gian, độ ẩm, nhiệt độ, tốc độ quay, ... được cài đặt từ người sử dụng qua cảm ứng điện trở tích hợp trên LCD.



Hình 4. Hệ thống thực tế đã được lắp đặt tại huyện Củ Chi



Hình 5. Giao diện điều khiển hệ thống



Hình 6. Lò đốt nhiệt bằng điện trở công suất 6 kW

Hình 6 là ảnh thực tế của lò đốt nhiệt bằng điện trở công suất 6 kW sử dụng điện áp 3 pha 380V đảm bảo cấp và giữ nhiệt độ trong điều kiện thiếu nắng.

Để nhận thấy rõ hơn các ưu điểm của thiết bị, Bảng 1 cung cấp kết quả so sánh các công đoạn phơi sấy cá của Hợp tác xã Thủy sản Trương Lai trước và sau khi lắp đặt thiết bị.

Bảng 1. So sánh các công đoạn phơi sấy cá trước và sau khi lắp hệ thống

Công đoạn	Trước khi lắp hệ thống	Sau khi lắp hệ thống
Phơi sấy cá vào ban đêm	Không	Có
Phơi sấy cá khi không có nắng	Không	Có
Đào cá	Bằng tay	Tự động
Khử vi sinh	Không	Có
Cung cấp nhiệt độ cho buồng sấy	Phơi nắng trực tiếp	Năng lượng mặt trời + lò đốt nhiệt
Cung cấp độ ẩm cho buồng sấy	Không	Phun sương tạo ẩm
Năng suất (với cùng diện tích buồng phơi)	50 kg cá khô thành phẩm/m ²	150 kg cá khô thành phẩm/m ²
Thời gian phơi sấy	4 ngày (có nắng)	30 giờ
Tiêu tốn điện năng	180 kWh/m ² (máy sấy cùng năng suất hoạt động 30 giờ)	30 kWh/m ² (hoạt động trong 30 giờ)

Bảng 2. Kết quả kiểm nghiệm vi sinh tại CASE

STT	Chỉ tiêu kiểm nghiệm	Đơn vị tính	Kết quả
1	Coliform	CFU/g	<10
2	E-Coli	/g	Không phát hiện
3	Salmonella	/25g	Không phát hiện
4	Tổng số vi sinh vật hiếu khí (TPC)	CFU/g	3,2.10 ⁶

Bảng 3. Kết quả kiểm nghiệm dinh dưỡng tại CASE

STT	Chỉ tiêu kiểm nghiệm	Đơn vị tính	Kết quả
1	Cu	mg/Kg	0,98
2	Fe	mg/Kg	9,52
3	Mn	mg/Kg	0,58
4	Zn	mg/Kg	16,3
5	Carbohydrate	%	0
6	Lipid	%	5,51
7	Protide	%	43,8

Sau nhiều lần thử nghiệm phơi sấy các mẻ cá sặc rằn tại Hợp tác xã Thủy sản Tương Lai, khô cá thành phẩm đã được kiểm nghiệm và chứng nhận đạt chuẩn vi sinh thực phẩm, cũng như các tiêu chí về dinh dưỡng bởi Trung tâm Dịch vụ và Phân tích Thí nghiệm Thành phố Hồ Chí Minh

(CASE). Bảng 2 và Bảng 3 cho thấy các kết quả cụ thể đã được kiểm nghiệm vi sinh và dinh dưỡng tại CASE đối với khô cá thành phẩm được phơi sấy bởi thiết bị.

5. Kết luận

Bài viết đã trình bày việc thiết kế và thi công thiết bị phơi sấy cá sặc rằn ứng dụng kỹ thuật sấy động kết hợp với năng lượng mặt trời. Sản phẩm hoàn thiện được lắp đặt tại Hợp tác xã Thủy sản Tương Lai, huyện Củ Chi, Thành phố Hồ Chí Minh với các điểm nổi bật: thiết bị hoạt động hoàn toàn tự động với năng suất tăng 300% so với phơi nắng, giảm tiêu tốn điện năng 6 lần so với sử dụng lò sấy vì ngang cùng năng suất, giảm thời gian phơi sấy xấp xỉ 3 lần so với phơi nắng, chỉ cần một nhân công vận hành, khô cá có màu sắc tự nhiên như phơi nắng, thịt dai và ngọt, các dòng vi sinh phổ biến như E-Coli, Coliform và Salmonella đều bị khử triệt để, các chỉ tiêu dinh dưỡng đa lượng, protide, lipid, ... đều đạt. Với việc cải tiến kết cấu của vi phơi, thử nghiệm bộ thông số phơi sấy và bổ sung chức năng giám sát và điều khiển từ xa bằng giải pháp công nghệ IoT, thiết bị sẽ được ứng dụng rộng rãi cho việc phơi sấy các sản phẩm khô cá khác có sản lượng tương đối lớn hiện nay như cá lóc, cá chạch, cá dứa, ... cũng như các sản phẩm hạt, trái cây, gia vị, ...

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Sở Khoa học và Công nghệ Thành phố Hồ Chí Minh, *Chế tạo thành công máy sấy cá dứa*, 2018, <http://40nam.dost.hochiminhcity.gov.vn/tin-bai/che-tao-thanh-cong-may-say-ca-dua/> [online]; truy cập ngày 11/03/2018.
- [2] Đỗ Minh Cường, Phan Hòa, “Nghiên cứu quá trình sấy thóc bằng thiết bị sấy năng lượng mặt trời kiểu đối lưu tự nhiên”, *Tạp chí Khoa học Đại học Huế*, Số 55, 2009, trang 27-33.
- [3] Mai Thanh Phong, Phan Đình Tuấn, “Chế tạo và ứng dụng hệ thống thiết bị sấy cá phê sử dụng kết hợp năng lượng mặt trời và sinh khối”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, 50(2), 2012, trang 247-252.
- [4] Sở Khoa học và Công nghệ Thành phố Hồ Chí Minh, Trung tâm Thông tin và Thống kê Khoa học và Công nghệ, *Xu hướng ứng dụng công nghệ sấy tiên tiến trong bảo quản và chế biến nông sản, thủy sản*, 2016.
- [5] Hoàng Xuân Niên, Nguyễn Minh Hùng, “Nghiên cứu hệ thống thiết bị thí nghiệm sấy gỗ bằng năng lượng mặt trời kết hợp nồi dầu”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp*, Số 4, 2015, trang 113-122.
- [6] Cao Văn Hùng, Nguyễn Hữu Dương, *Sấy và bảo quản thóc, ngô giống trong gia đình*, NXB Nông nghiệp, Thành phố Hồ Chí Minh, 2001.
- [7] Trần Thị Chung Thủy, “Chế tạo máy sấy nông sản dùng năng lượng mặt trời có cải tiến màng hấp thụ năng lượng Nano TiO₂”, *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*, Số 57(6), 2017, trang 124-128.
- [8] Hoàng Dương Hùng, Mai Vinh Hòa, “Nghiên cứu hệ thống tích trữ năng lượng nhiệt mặt trời”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng*, Số 36, 2010, trang 14-20.

(BBT nhận bài: 04/5/2018, hoàn tất thủ tục phản biện: 25/5/2018)