

THIẾT KẾ MÔ HÌNH SẤY TRÁI CÂY BẰNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI DESIGN AND FABRICATION OF A SOLAR-POWERED FRUIT DRYER

NGUYỄN NHƯ TƯỜNG AN¹, NGUYỄN MINH KHANG²,
TRẦN THỊ THÙY LINH³, PHẠM THẾ THỊNH¹, ĐỖ VINH QUANG^{1*}

¹Khoa Kỹ thuật cơ khí, Trường Đại học Kỹ thuật – Công nghệ Cần Thơ

²Sinh viên lớp Tự động hóa, Trường Đại học Kỹ thuật – Công nghệ Cần Thơ

³Khoa CNTP & CNSH, Trường Đại học Kỹ thuật – Công nghệ Cần Thơ

Email*: dvquang@ctu.edu.vn

Nhận bài (Received): 16/10/2022; Phản biện (Reviewed): 01/11/2022; Chấp nhận (Accepted): 16/11/2022

TÓM TẮT

Bài báo trình bày phương pháp thiết kế, chế tạo và điều khiển nhiệt độ mô hình sấy đối lưu cưỡng bức sử dụng năng lượng mặt trời. Phần mềm Solidworks được sử dụng để thiết kế mô hình 3D cho mô hình thiết bị sấy bao gồm 2 bộ phận: bộ phận thu nhiệt và buồng sấy. Mô hình sấy thực tế được chế tạo và nhiệt độ trong buồng sấy được giám sát, điều khiển sử dụng một số thiết bị điều khiển phổ biến trong công nghiệp và thuật toán PID. Kết quả thực nghiệm với nguyên liệu là mít tươi cho thấy, mô hình hoạt động ổn định, giá trị nhiệt độ trong buồng sấy đạt cao hơn nhiệt độ ngoài trời tại cùng thời điểm và bám theo được nhiệt độ đặt. Sản phẩm sau khi sấy không bị nấm mốc và đạt được độ ẩm tương đối với thời gian sấy ngắn hơn so với thời gian phơi nắng. Như vậy, mô hình sấy trái cây với các tính năng như giám sát và cài đặt nhiệt độ sấy cơ bản đáp ứng được yêu cầu về sấy một số nông sản có nhiệt độ sấy thích hợp khác nhau.

Từ khoá: Điều khiển PID, thiết bị sấy năng lượng mặt trời, thiết kế mô hình, sấy đối lưu cưỡng bức.

ABSTRACT

The paper presents a method for design, fabrication and temperature control of a forced convection air dryer powered by solar energy. Solidworks software is implemented to design the 3D model of the dryer which consists of two parts: solar collector and drying chamber. Finally, the dryer is fabricated and temperature in the drying chamber is monitored and controlled using some popular industrial devices and the PID algorithm. Experimental results with fresh jackfruit show that the model operates stably; temperature in the drying chamber is higher than outdoor temperature at the same time and it follows the set temperature closely. The dried product is free from mold, attains relatively low humidity, and is experienced a shorter drying time compared to the sun-drying method.

Thus, the solar-powered fruit dryer with features such as drying temperature monitoring and setting basically meets the requirement of drying some agricultural products whose suitable drying temperature is different.

Keywords: *PID control, solar-powered fruit dryer, dryer design, forced convection air drying.*

1. GIỚI THIỆU

Năng lượng đang trở thành một vấn đề bức thiết toàn cầu. Việc nghiên cứu ứng dụng năng lượng mặt trời mà một trong số đó là để gia nhiệt cho thiết bị sấy nông sản là hướng đi phù hợp và cấp thiết [1,2]. Một số thiết bị sấy với những thiết kế khác nhau đã được nghiên cứu và áp dụng vào từng sản phẩm cụ thể. Đề tài của tác giả Nguyễn Văn Thành [3] đã nghiên cứu và triển khai thiết bị sấy lai đối lưu tự nhiên có tích nhiệt trong dự án lên men, sấy và đánh giá chất lượng cao. Thiết bị buồng sấy được thiết kế bằng tấm polycarbonate mờ để tránh ánh sáng chiếu trực tiếp vào hạt ca cao nhưng vẫn có thể hấp thu được nhiệt độ. Nhiệt độ trong buồng sấy là 29 – 59°C khi nhiệt độ bên ngoài là 22 – 36°C. Sản phẩm sau khi sấy không bị nấm mốc hay lên men quá độ khi phơi và rút ngắn được thời gian so với phơi nắng là 2 ngày. Nhà sấy lại dùng sấy tỏi tại đảo Lý Sơn, tỉnh Quảng Ngãi [4] với diện tích buồng sấy là 12,6m² với tấm cửa điều chỉnh nhiệt độ có góc mở từ 0 – 90° có thể làm giảm lưu lượng khí đi vào, nhiệt độ môi trường và trong buồng sấy chênh lệch từ 2 – 12,5°C. Eustache et al. [5] đã thiết kế và mô phỏng thiết bị sấy bằng năng lượng mặt trời với nguyên liệu là xoài. Mô hình được mô phỏng bằng phần mềm TRNSYS để phân tích nhiệt dựa trên dữ liệu khí hậu ở Kigali và một máy sấy bằng năng lượng mặt trời với diện tích sàn sấy 0,4m², sau đó mô phỏng trên phần mềm MATLAB để dự đoán các thông số của sản phẩm đạt được. Kết quả mô phỏng cho thấy nhiệt độ sấy tăng được lên 60°C và trong 14 giờ làm

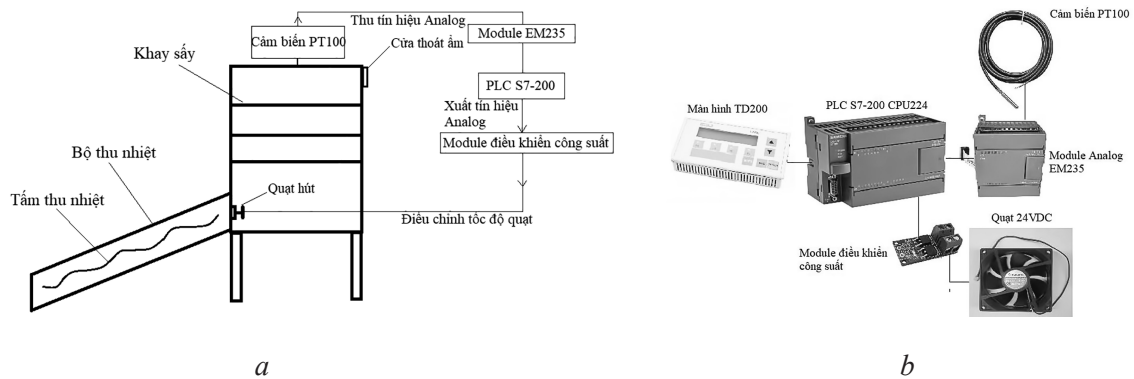
khô một ký xoài tươi với độ ẩm giảm từ 60% xuống 10% làm tăng hiệu quả sấy khô. Thiết bị sấy đối lưu tự nhiên được thiết kế tại Khartoum để sấy trái cây (xoài cắt lát) [6]. Thiết bị được thiết kế dạng tủ bao gồm buồng sấy và bộ thu nhiệt được kết hợp thành một khối được trang bị 2 van thông gió nằm phía trên để của tấm thu nhiệt với nắp điều chỉnh mức độ mở hoàn toàn hoặc mở một nửa để điều chỉnh nhiệt độ.

Nhìn chung, các nghiên cứu chỉ tập trung vào việc thiết kế hệ thống sấy sao cho thu được bức xạ nhiệt nhiều nhất có thể mà chưa quan tâm việc điều khiển và ổn định nhiệt độ trong buồng sấy theo yêu cầu với từng loại sản phẩm cụ thể. Vì vậy, bài báo này ngoài việc kế thừa các thiết kế của hệ thống sấy đã có, còn áp dụng thuật toán PID để điều khiển và duy trì nhiệt độ trong buồng sấy. Việc sử dụng một số thiết bị điều khiển phổ biến trong công nghiệp giúp cho việc giám sát và cài đặt nhiệt độ dễ dàng, hoạt động của hệ thống ổn định và nhiệt độ được duy trì ở giá trị mong muốn khi lượng bức xạ tự nhiên đủ lớn.

2. PHƯƠNG PHÁP THỰC HIỆN

2.1 Tổng quan về mô hình

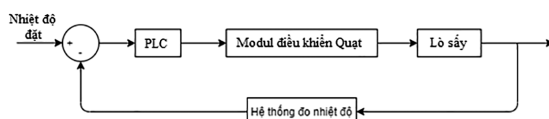
Hệ thống đo và điều khiển nhiệt độ gồm có các thành phần chính sau: PLC Siemens S7-200 CPU 224, Module analog EM235, mạch điều khiển công suất dùng Mosfet AOD4184A, cảm biến nhiệt độ PT100, quạt hút 24VDC, màn hình Siemens TD200 được sử dụng để giám sát và cài đặt nhiệt độ mong muốn. Sơ đồ kết nối giữa các thiết bị được trình bày như Hình 1.



Hình 1. a) Sơ đồ tổng quát; b) Sơ đồ điều khiển

Nguyên lý hoạt động:

Tấm thu nhiệt có nhiệm vụ hấp thụ bức xạ từ năng lượng Mặt Trời tạo ra nhiệt trong bộ thu nhiệt, quạt hút sẽ lấy không khí nóng từ bộ thu nhiệt thổi vào buồng sấy. Nhiệt độ trong buồng sấy sẽ được đo liên tục từ cảm biến nhiệt độ PT100 và thông qua Module Analog EM235 được truyền tới bộ điều khiển PLC S7-200 CPU 224. Bộ điều khiển với thuật toán PID sẽ dựa vào giá trị đặt Setpoint (nhiệt độ mong muốn trong buồng sấy) và giá trị đo được từ cảm biến (nhiệt độ thực tế trong buồng sấy) để tính toán tín hiệu điều khiển (xuất dưới dạng xung PWM) cấp cho mạch điều khiển công suất để điều khiển vận tốc của quạt hút. Mục tiêu của hệ điều khiển vòng kín này (Hình 2) là điều khiển nhiệt độ trong buồng sấy duy trì ở giá trị nhiệt độ bất kỳ mà được thiết lập bởi người dùng thông qua màn hình giám sát.



Hình 2. Sơ đồ vòng kín điều khiển PID.

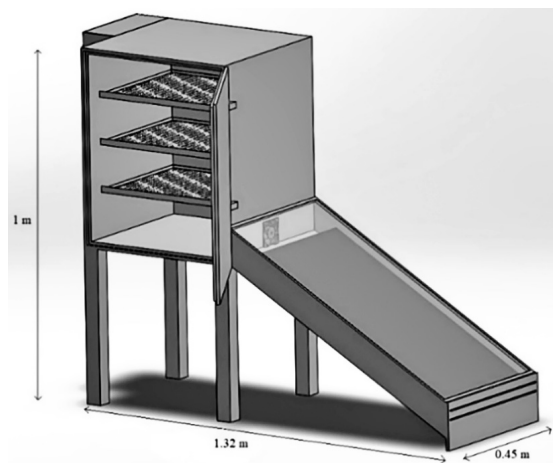
2.2 Thiết kế mô hình

Mô hình lò sấy 3D (Hình 3) được thiết kế trên phần mềm Solidworks, với các thông số chiều dài, chiều ngang, chiều cao lần lượt của hệ thống sấy là: $l = 132\text{cm}$,

$w = 45\text{cm}$, $h = 100\text{cm}$ để có thể sấy tối đa 1 kg trái cây tươi/khay sấy.

Mô hình gồm 2 bộ phận chính: bộ phận thu nhiệt và thùng sấy [7,8,9] (Hình 4a,b).

Bộ phận thu nhiệt: phía ngoài làm bằng thép tấm dày 1,5 (mm), bên trong được lót tấm cách nhiệt dày 5 (mm) dọc theo thành bộ phận thu nhiệt, bên trên lắp tấm kính trong dày 3 (mm), cuối cùng bên trong bộ phận thu nhiệt đặt một tấm tôn sơn đen có tác dụng hấp thụ bức xạ nhiệt.

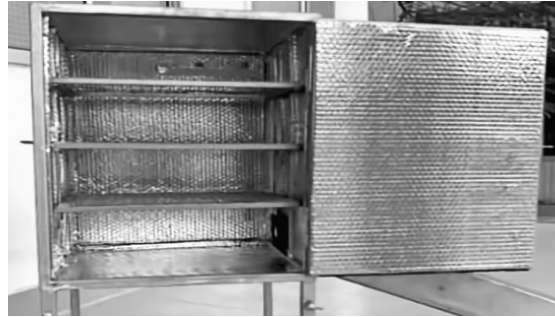


Hình 3. Mô hình được thiết kế trên phần mềm Solidworks.

Thùng sấy: được làm bằng thép tấm dày 1,5 (mm), bên trong lót cách nhiệt dày 5 (mm), có 3 ngăn sấy, có cửa thông lắp quạt hút để đưa hơi nóng từ bộ phận thu nhiệt vào thùng sấy.



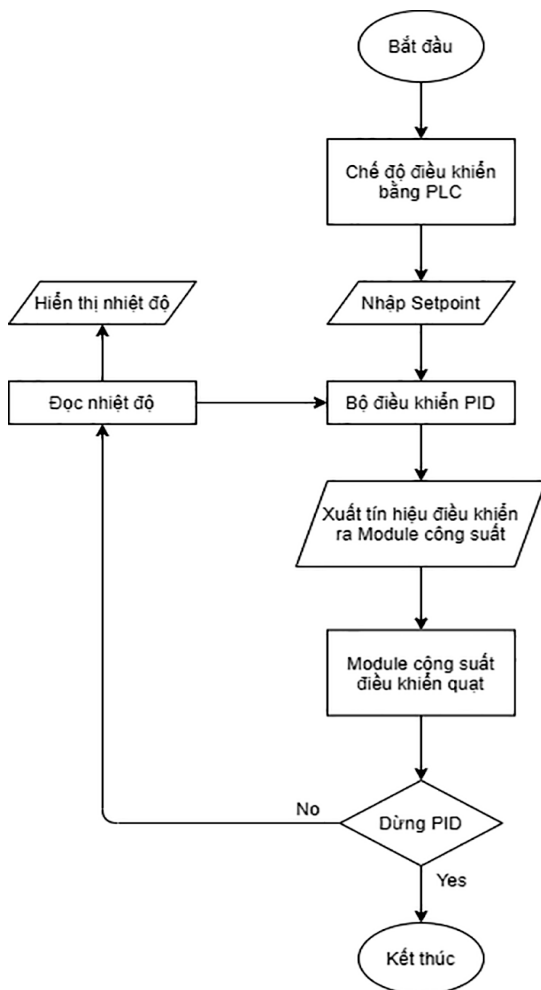
a



b

Hình 4. a) Tấm thu nhiệt thực tế; b) Thùng sấy thực tế.

2.3 Phương pháp điều khiển nhiệt độ



Hình 5. Lưu đồ hoạt động của mô hình sấy.

Phần mềm STEP 7 MicroWin được sử dụng để lập trình điều khiển cho các thiết bị phần cứng hoạt động. Trong đó, công cụ Tool Instruction Wizard được dùng để tạo

thuật toán PID cho một mạch điều khiển kín, đó chính là vòng lặp PID. Khi cấp nguồn cho PLC, bộ điều khiển PID sẽ hoạt động. Các thông số của thuật toán PID là K_p , K_i , K_d có thể là các giá trị tự tính toán tự động được từ công cụ Tool Instruction Wizard (chế độ Automatic) hoặc được cho bởi người lập trình (chế độ Manual).

Khi vận hành, người dùng nhập vào giá trị nhiệt độ đặt (Setpoint) mong muốn thông qua màn hình giao diện, bộ điều khiển so sánh giá trị nhiệt độ đọc được từ cảm biến với giá trị nhiệt độ đặt để tính toán tín hiệu điều khiển mà xuất dưới dạng xung PWM. Tín hiệu điều khiển này, thông qua Module điều khiển công suất, sẽ làm thay đổi tốc độ quay của quạt, từ đó thay đổi lượng nhiệt cấp từ bộ phận thu nhiệt vào buồng sấy. Lưu đồ giải thuật của hệ thống điều khiển và giám sát nhiệt độ được thể hiện ở Hình 5. Đến đây, một thiết bị hoàn chỉnh đã được xây dựng như hình 6.

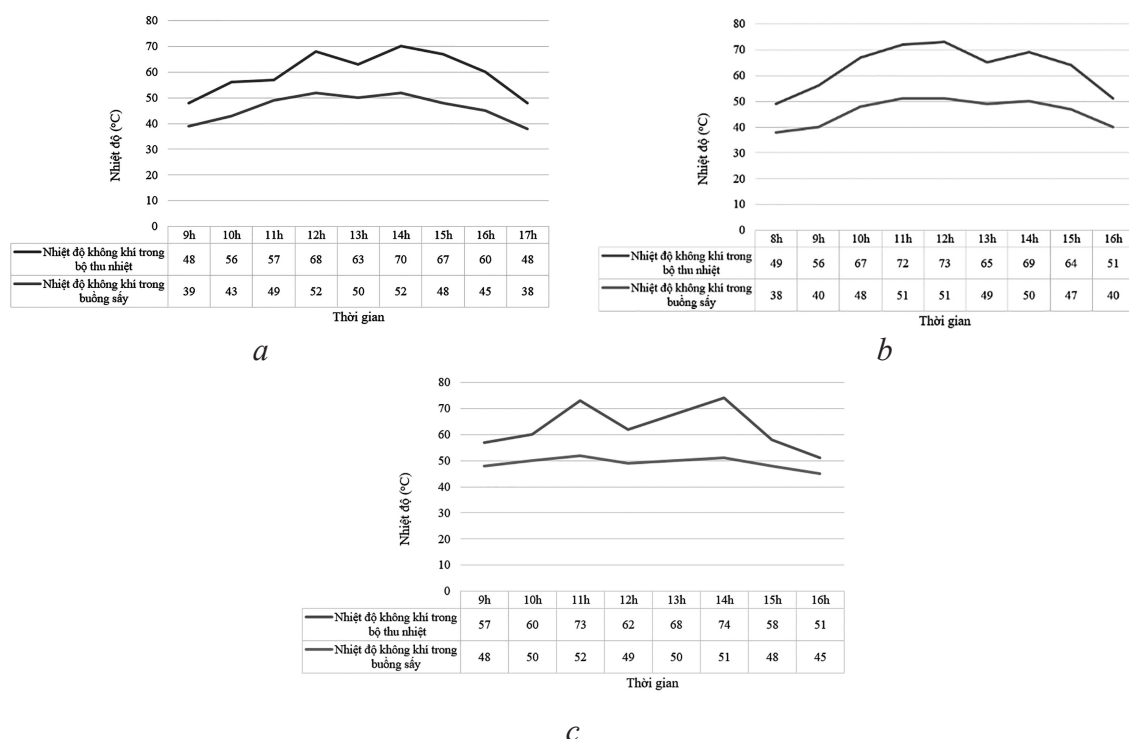


Hình 6. Thiết bị sấy thực tế.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Để kiểm nghiệm hoạt động của mô hình sấy, 2 mẫu mít nghệ sau khi được loại bỏ vỏ và hạt (1 kg/mẫu) được sử dụng làm nguyên liệu sấy. Một mẫu được đưa

vào thiết bị sấy với nhiệt độ sấy được thiết lập cho hệ thống là 50°C, mẫu còn lại đem đi phơi nắng. Thời gian sấy là 3 ngày liên tục. Lưu ý, trong buồng sấy có 3 khay chứa nguyên liệu nên lượng mít sấy được thực tế có thể cao hơn gấp 3 lần.



Hình 7. Số liệu nhiệt độ của thiết bị sấy theo thời gian: a) ngày 1; b) ngày 2; c) ngày 3.

Số liệu thu thập được trong 3 ngày (Hình 7) cho thấy, trong khoảng thời gian sấy từ 9 giờ tới 16 giờ, nhiệt độ trong bộ thu nhiệt dao động rất nhiều từ 48°C tới 74°C. Hơn thế nữa, thời điểm thực nghiệm thực tế là vào mùa mưa ở thành phố Cần Thơ với nắng gián đoạn nên nhiệt độ tại các thời điểm gần nhau cũng dao động khá lớn. Tất cả điều này là tất yếu vì nhiệt độ trong bộ thu nhiệt phụ thuộc trực tiếp vào lượng bức xạ mặt trời mà được quyết định bởi điều kiện thời tiết và thời điểm trong ngày. Tuy nhiên, bộ thu nhiệt cho thấy tác dụng hấp thu nhiệt khá tốt khi nhiệt độ trong bộ thu nhiệt luôn luôn cao hơn nhiệt độ ngoài môi trường.

Nhiệt độ trong buồng sấy có thể đạt tới

giá trị đặt ở mức 50°C và ổn định tại đó nhờ vào bộ phận điều khiển. Mặc dù có lúc chỉ ở mức 38°C nhưng đó là khi nhiệt độ nguồn cấp chỉ đạt 48°C (thấp hơn giá trị đặt). Với sự ổn định hơn và giá trị cao hơn của nhiệt độ trong buồng sấy, ta có thể thấy sản phẩm sấy sử dụng mô hình sấy có chất lượng tốt hơn sản phẩm phơi tự nhiên như thể hiện ở hình 8a và 8b tương ứng. Cụ thể, sản phẩm sau quá trình sấy thì khô hơn; màu sắc và mùi vị của mít sấy cũng rất tốt so với phương pháp phơi nắng với cùng thời gian. Tuy nhiên, do công suất của quạt chưa đủ lớn, sự lưu thông không khí chưa hợp lý nên chất lượng sản phẩm chưa đồng đều giữa các tầng và thời gian sấy còn cao (khoảng 16 giờ).



a



b

Hình 8: a) Sản phẩm sau khi sấy bằng thiết bị; b) Sản phẩm sau khi phơi nắng tự nhiên

4. KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT

Một mô hình thiết bị sấy trái cây bằng năng lượng mặt trời kết hợp điều khiển nhiệt độ đã được hoàn thành. Việc ứng dụng một số thiết bị điều khiển phổ biến trong công nghiệp và thuật toán PID giúp nhiệt độ trong buồng sấy có thể tùy chỉnh và ổn định đáng kể so với nhiệt độ bên ngoài. Sản phẩm sấy vì vậy cũng đạt chất lượng cao hơn phương pháp phơi ngoài trời. Mặc dù vậy, mô hình sấy vẫn còn nhiều hạn chế: mức độ khô của sản phẩm chưa đồng đều;

thời gian sấy còn cao; chưa chủ động được nguồn nhiệt nên nhiệt độ trong buồng sấy vẫn còn ít nhiều phụ thuộc vào điều kiện thời tiết; nhiệt độ trong buồng sấy chưa cao ($<60^{\circ}\text{C}$). Do vậy, hướng phát triển tiếp theo của đề tài là sử dụng pin năng lượng mặt trời cấp cho điện trở gia nhiệt nhằm chủ động hơn về nguồn nhiệt cấp cho buồng sấy. Hơn thế nữa, vấn đề về độ ẩm trong buồng sấy cũng cần được giám sát và kiểm soát,... Tất cả nhằm cải thiện chất lượng của sản phẩm tốt hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Hoàng Dương Hùng, 2004. Năng lượng Mặt Trời – Lý thuyết và ứng dụng. NXB Đại học Bách khoa Đà Nẵng, 214 trang.
- [2] Phạm Xuân Vượng, 2006. Kỹ thuật sấy nông sản. NXB Hà Nội, 145 trang.
- [3] Nguyễn Văn Thành, 2009. Kỹ thuật sơ chế ca cao. Dự án CARD 013VIE05 - Lên men, sấy và đánh giá chất lượng ca cao ở Việt Nam. Chương trình Hợp tác nông nghiệp và phát triển nông thôn.
- [4] Đinh Vương Hùng và Nguyễn Xuân Trung, 2011. Một số kết quả nghiên cứu sấy tỏi bằng hệ thống sấy dùng năng lượng mặt trời kiểu hỗn hợp đối lưu tự nhiên. Tạp chí Công nghiệp nông thôn. 02 (2011): 12-16.
- [5] Eustache, H., Dushimire, E. and Amizero, C., 2017. Design and Optimization of Domestic Solar Dryer. Science Journal of Energy Engineering. 5(6) :130-135.
- [6] Akoy, E.O.M., Ismail, M.A., Ahmed, E.A., Luecke, W., 2006. Design and Construction of A Solar Dryer for Mango Slices. Tropentag 2006 Prosperity & poverty in a globalized world: Challenges for Agricultural Research. 11 October to 13 October 2006, Bonn, Germany. 1-7.
- [7] Hoàng Văn Chức, 2006. Thiết kế hệ thống thiết bị sấy. NXB Khoa học và Kỹ thuật, 221 trang.
- [8] Hoàng Văn Chức, 1999. Kỹ thuật sấy. NXB Khoa học và Kỹ thuật, 270 trang.
- [9] Nguyễn Văn May, 2007. Giáo trình Kỹ thuật sấy nông sản thực phẩm. NXB Khoa học và Kỹ thuật, 237 trang.