

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO VÀ THỰC NGHIỆM SẤY XOÀI TRÊN MÁY SẤY ĐA NĂNG

RESEARCH ON FABRICATION AND EXPERIMENTATION OF DRYING
MANAGON ON A MULTI-FUNCTION DRYER

Nguyễn Thị Út Hiền, Lê Văn Nam, Trần Quốc Nhiệm

Khoa Công nghệ Cơ khí, Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm Thành phố Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Bài báo này trình bày về kết quả nghiên cứu chế tạo máy sấy đa năng công suất 5kg/mẻ có 4 chế độ hoạt động gồm sấy nóng bằng điện trở, sấy nóng bằng tia hồng ngoại, sấy bơm nhiệt, sấy bơm nhiệt kết hợp với hồng ngoại. Các thông số máy sấy được thiết kế có thông số kỹ thuật: buồng sấy kích thước (dài x rộng x cao) 450 x 480 x 30mm, công suất điện trở 3kW, công suất đèn hồng ngoại 3kW, công suất của bơm nhiệt 0,7kW. Máy được điều khiển bằng màn hình HMI, nhiệt độ tác nhân sấy từ 40÷80°C, độ ẩm 15÷20%, tốc độ tác nhân sấy được điều chỉnh ở 3 mức. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm xoài sấy dẻo trên máy sấy đa năng ở chế độ sấy nóng bằng điện trở, sấy nóng bằng tia hồng ngoại, sấy bơm nhiệt, sấy bơm nhiệt kết hợp với hồng ngoại tại nhiệt độ 50°C, tốc độ gió 1,5m/s có điện năng tiêu thụ [kW.h/kg] lần lượt 8,92; 9,17; 8,25; 7,13 khi độ ẩm của sản phẩm sau sấy 15÷20%.

Từ khóa: Máy sấy đa năng; Xoài sấy dẻo; Hồng ngoại; Bơm nhiệt; Bơm nhiệt – Hồng ngoại.

ABSTRACT

This article presents the results of research on fabrication of a multi-function dryer with a capacity of 5 kg/batch. The dryer is operating 4 modes including hot drying by resistance, hot drying by infrared, heat pump drying, heat pump drying combined with infrared. The dryer parameters are designed with specifications: size drying chamber (length x width x height) 450 x 480 x 30mm, resistance power 3kW, infrared lamp power 3kW, power of heat pump 0.7kW. The machine is controlled by HMI screen, drying agent temperature 40÷80°C, humidity 15÷20%, drying agent speed is adjusted at 3 levels. Results of experimental research on flexible dried mangoes carried out on multipurpose dryers in resistive drying mode infrared drying mode, heat pump drying mode, heat pump and infrared drying mode at temperature 55°C, wind speed 1.5m/s with power consumption [kW.h/kg] respectively 8.92; 9.17; 8.25; 7.13 when the moisture content of the drying product is 15÷20%.

Keywords: A multi-function dryer; Flexible dried mangoes; Infrared; Heat pump; Heat pump – infrared.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hàm lượng nước trong các sản phẩm thực phẩm tươi sống thường rất cao, nếu không được làm khô kịp thời sẽ bị mốc, ôi thiu ảnh hưởng xấu đến chất lượng. Bên cạnh đó, thời gian thu hoạch của một số loại thực phẩm rất ngắn, để bảo quản tốt hơn một số lượng lớn các loại thực phẩm đã thu hoạch cần có phương pháp sấy hiệu quả cao. Hơn nữa, nhiều sản phẩm thực phẩm đặc trưng của các vùng miền thường được bán ở dạng khô vì chúng có hương vị vượt trội so lúc tươi.

Vì vậy, sấy khô đã trở nên rất phổ biến trong việc bảo quản các sản phẩm thực phẩm. Để đáp ứng nhu cầu về sấy, nhiều công nghệ sấy như sấy khí nóng, sấy bơm nhiệt (BN), sấy hồng ngoại (IR)... đã được áp dụng thành công cho các sản phẩm khác nhau. Mỗi phương pháp sấy đều có những ưu điểm và nhược điểm riêng. Sấy khô bằng không khí nóng là phương pháp sấy khô được sử dụng rộng rãi nhất hiện nay. Nó không đòi hỏi công nghệ thiết bị và vận hành cao, dễ vận hành và chi phí thấp. Quy trình sản xuất có thể kiểm soát được và dễ công nghiệp hóa [1]. Sấy khô bằng không khí nóng (TNS) vẫn là phương pháp xử lý được sử dụng phổ biến nhất trong các nhà máy. Tuy nhiên, sấy khô bằng không khí nóng cũng làm giảm kết cấu, màu sắc và hương vị của hải sâm [2, 3]. Trong khi đó, sấy bằng BN có thể điều chỉnh được thời gian và nhiệt độ sấy để hạn chế sự biến màu của sản phẩm do tác dụng của các phản ứng tạo màu phi enzyme đồng thời [4]. Năng lượng tiêu thụ sấy bằng HP ít hơn 60% đến 80% so với phương pháp sấy bằng không khí nóng ở cùng nhiệt độ theo [5] và [6]. Điều này cho thấy sấy bằng HP là một lựa chọn đáng quan tâm về tiết kiệm năng lượng so với phương pháp sấy bằng không khí nóng [7]. Bên cạnh đó, HP có thể độc lập kiểm soát nhiệt độ sấy và độ ẩm không khí nhưng thời gian sấy

khá dài [9], [10]. Do đó, để rút ngắn thời gian sấy cho phương pháp sấy bằng HP, cần phải bổ sung thêm nguồn năng lượng khác và sử dụng năng lượng IR là một phương pháp khá hiệu quả [11]. Theo [11], [12] cho thấy với phương pháp sấy bằng HP-IR thì tổng năng lượng được sử dụng cho quy trình sấy giảm khi tăng cường độ IR, tăng tốc độ sấy.

Như vậy, việc kết hợp nhiều công nghệ sấy trên cùng một máy có nhiều ưu điểm như sấy được nhiều loại thực phẩm, có thể lựa chọn nhiều công nghệ sấy phù hợp giúp nâng cao chất lượng sấy và giảm giá thành thiết bị. Đây là cơ sở xuất hiện chế tạo máy sấy đa năng được lựa chọn nghiên cứu của đề tài. Bài báo này trình bày về kết quả nghiên cứu chế tạo máy sấy đa năng có công suất 5 kg/mẻ có bốn chế độ hoạt động như sấy nóng bằng điện trở, sấy nóng bằng tia IR, sấy BN, sấy BN-IR để sấy nhiều loại sản phẩm khác nhau phục vụ cho phòng thí nghiệm, thực hành và các nhà máy sản xuất thực phẩm.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu của đề tài là tủ sấy công suất 5 kg/mẻ có các chế độ sấy như sấy nóng bằng điện trở, sấy nóng bằng tia IR, sấy BN, sấy BN-IR và thực nghiệm các chế độ sấy trên xoài keo vừa chín tới cắt lát mỏng 5 mm mua ở chợ Hóc Môn để đạt xoài sấy dẻo có độ ẩm 15-20%.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Lựa chọn phương án thiết kế

Sau khi tham khảo một số máy sấy trong và ngoài nước, trên cơ sở mục đích của đề tài, 

phương án thiết kế được chọn như sau: Phương thức sấy theo mẻ, bộ phận chứa nguyên liệu dạng buồng (sấy tĩnh), sản phẩm được đặt trên khay có đột lỗ, vật liệu chính chế tạo buồng sấy, khay, kênh dẫn dùng vật liệu inox 304 là thép hợp kim chuyên dùng trong chế tạo thiết bị thực phẩm. Bộ gia nhiệt điện trở và hồng ngoại, máy lạnh được lắp ghép từng bộ phận theo nguyên lý BN. Nhiệt độ TSN có thể điều chỉnh từ 40÷80°C, tốc độ quạt được điều chỉnh qua ba mức.

2.2.2. Phương pháp tính toán

Căn cứ vào mô hình sấy được chọn từ phương án thiết kế để tính toán tải nhiệt cho các thiết bị. Trên cơ sở lý thuyết của quá trình sấy khí nóng bằng điện trở, khí nóng bằng hồng ngoại, sấy BN, tuần hoàn khí trên đồ thị t-d, chu trình máy lạnh 1 cấp sử dụng môi chất R22 trên đồ thị T-s, tính toán các thông số cần thiết cho máy sấy. Phần thực nghiệm: Gia công, lắp đặt máy sấy, thử nghiệm sấy xoài.

2.2.3. Phương pháp chế tạo

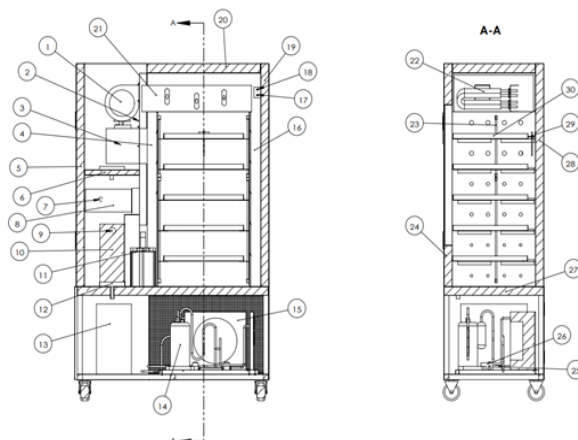
Dựa vào bản vẽ thiết kế và trang thiết bị sẵn có ở Xưởng Cơ khí tại Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm để chế tạo thiết bị. Quy trình chế tạo như sau: đo cắt vách buồng sấy → bọc cách nhiệt → hàn ghép thành vách buồng sấy hoàn chỉnh → lắp ghép tạo thành buồng sấy → lắp thiết bị → lắp đặt phần điều khiển → chạy thử không tải → hiệu chỉnh → hoàn thiện.

3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

3.1. Mẫu máy lựa chọn chế tạo

Sau khi tham khảo một số máy sấy trong và ngoài nước cũng như phân tích các ưu,

nhược điểm, nhóm nghiên cứu chọn mẫu máy như hình 1.



Hình 1. Sơ đồ bố trí thiết bị trên máy sấy đa năng

Trong đó:

1. Quạt ly tâm	11. Hộp gió dưới	21. Tấm gắn điện trở
2. Vách gắn quạt ly tâm	12. Máng nước	22. Điện trở
3. Hộp gió trên	13. Tủ điện	23. Đèn hồng ngoại
4. Vách buồng trái	14. Máy nén	24. Cửa chỉnh
5. Cửa phụ trên	15. Dàn nóng phụ	25. Van điện từ 1
6. Tấm ngăn có lỗ dẫn gió	16. Vách buồng phải	26. Van điện từ 2
7. Cảm biến nhiệt độ sau dàn nóng	17. Cảm biến nhiệt trước buồng sấy	27. Tấm ngăn trên dưới
8. Dàn nóng	18. Cảm biến độ ẩm trước buồng sấy	28. Vách buồng sấy
9. Cảm biến nhiệt độ sau dàn lạnh	19. Mặt phải tủ	29. Cảm biến buồng sấy
10. Dàn lạnh	20. Nóc tủ	30. Vỏ máy

Máy sấy đa năng được thiết kế theo sơ đồ hình có nguyên lý hoạt động ở các chế độ như sau:

Công nghệ sấy BN: Quạt (1) hút không khí và ẩm của VLS trong buồng sấy thổi vào dàn lạnh (10), dòng không khí ẩm qua dàn lạnh sẽ ngưng tụ thành nước, nước được đưa ra ngoài theo máng dẫn. Dòng không khí tiếp tục đi vào dàn nóng (8) và qua điện trở (22) để gia nhiệt lên đến nhiệt độ yêu cầu. Dòng không

khí có nhiệt độ cao, ẩm độ thấp sẽ đi vào buồng sấy nhận ẩm từ VLS nhờ quạt đẩy đến dàn lạnh tách ẩm. Như vậy, TNS được tuần hoàn và ẩm trong VLS được ngưng tụ tại dàn lạnh được đưa ra ngoài sẽ làm xoài giảm ẩm dần và khô. Trong lúc quá trình sấy BN hoạt động, cho đèn hồng ngoại hoạt động thì được chế độ sấy BN-IR.

Công nghệ sấy IR có nguyên lý hoạt động: Đèn IR (23) sáng phát ra tia IR tạo độ nóng tác động lên VLS làm cho vật liệu sấy khô dần, độ ẩm trong VLS được tách ra bên ngoài, để đẩy độ ẩm của VLS ra ngoài buồng sấy dùng quạt ly tâm (1) thổi luồng gió từ phải sang trái thông qua các lỗ gió của vách buồng phải (16) và vách buồng trái (4), nhờ vậy luôn tạo ra luồng khí tuần hoàn, đẩy khí ẩm liên tục ra bên ngoài trong quá trình sấy.

Công nghệ sấy điện trở nhiệt có nguyên lý hoạt động: Điện trở nhiệt (22) làm không khí nóng dần, để sử dụng lượng khí nóng này vào buồng sấy cần quạt ly tâm (1) tác động thổi vào buồng sấy thông qua các lỗ gió của vách buồng phải (16), tác động đến VLS, do đây là khí vòng tuần hoàn vì dòng khí nóng mang theo độ ẩm sẽ thoát ra các lỗ gió vách buồng trái (4) nên độ ẩm trong VLS cũng được đẩy ra bên ngoài liên tục trong quá trình sấy.

3.2. Tính toán thể tích buồng sấy

Từ năng suất buồng sấy: $G_b = G_l = 5$ kg/mẻ, tính thể tích hữu dụng $V_h = 0,346m^3$, trong thiết kế, sơ bộ chọn khoảng cách giữa các khay là: $h_1 = 88mm$, dự kiến chọn số lượng khay $n = 5$ khay. Chiều cao buồng sấy: khoảng cách từ khay trên đến đỉnh chọn $h_{tr} = 99mm$, nên tổng khoảng cách giữa các khay $(n - 1).h_1 = 696,8mm$, h_d là khoảng cách từ khay dưới cùng đến mặt dưới chọn $h_d = 174,2mm$, chiều cao buồng sấy là: $h = h_{tr} + (n - 1).h_1 + h_d = 895mm$, mỗi khay chứa 1 kg vật liệu sấy nên có kích thước (RxDxC) 450 x 480 x 30mm, tổng

khoảng cách làm khung giá đỡ hai bên 206 mm và khoảng cách với các vách sấy 100mm. Vậy kích thước của buồng sấy dài x rộng x cao là 500 x 686 x 995mm. Máy được bọc cách nhiệt bằng bông thủy tinh có chiều dày 50mm, phần lắp đặt dàn lạnh, dàn nóng và quạt 364mm về chiều dài và phần kỹ thuật gồm lắp đặt máy nén, dàn ngưng phụ và tủ điện 600 x 1150 x 705 mm dẫn tới kích thước máy sấy là 600 x 1150 x 1800 mm.

3.3. Tính toán nhiệt quá trình sấy

Máy sấy đa năng có thể chạy các chế độ riêng biệt như sấy nóng bằng điện trở, sấy nóng bằng đèn IR, BN nên nhóm nghiên cứu sẽ tính toán và chọn thiết bị riêng cho từng chế độ sấy trên. Chế độ sấy BN-IR thừa hưởng kết quả tính toán của BN và IR. Thông qua kết quả tính toán, máy sấy đã được chế tạo với các thông số kỹ thuật trên bảng 1.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật máy sấy đa năng đã chế tạo

STT	Tên bộ phận	Thông số
1	Vật liệu chế tạo	Inox 304
2	Kích thước máy sấy (RxDxC)	600 x 1150 x 1800 mm
3	Kích thước buồng sấy (RxDxC)	500 x 686 x 995 mm
4	Kích thước khay sấy (RxDxC)	450 x 480 x 30 mm
5	Số lượng khay	5 khay
6	Công suất máy nén	1 HP
7	Công suất động cơ quạt	350 W
8	Công suất dàn bay hơi	1 HP
9	Công suất dàn nóng phụ	0,5 HP
10	Công suất dàn nóng chính	1 HP
11	Công suất điện trở sấy	3 kW
12	Công suất đèn hồng ngoại	3 kW
13	Nhiệt độ TNS	40-80°C
14	Độ ẩm TNS	15-20%
15	Tốc độ TNS	0,3 ÷ 2,0 m/s
16	Điện áp sử dụng	220V/50 Hz



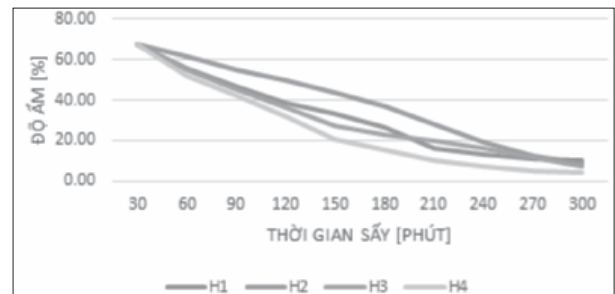


Hình 2. Máy sấy đa năng được chế tạo

3.4. Thực nghiệm sấy xoài

Quá trình thực nghiệm sấy xoài keo qua sơ chế cắt thành lát mỏng 5mm, chần qua nước nóng, ngâm qua dịch đường rồi được đưa vào máy sấy đa năng vừa chế tạo để thực hiện sấy ở nhiệt độ 55°C, tốc độ TNS vào buồng sấy là 1,5m/s, khối lượng VLS 1200g ở các chế độ

sấy ở chế độ khí nóng bằng IR (H1), ở chế độ khí nóng bằng điện trở (H2), (H3) ở chế độ BN, ở chế độ BN-HN(H4). Kết quả thực nghiệm thu được đồ thị tốc độ giảm ẩm trung bình giữa các mẫu khi thay đổi chế độ sấy như hình 3.



Hình 3. Đồ thị tốc độ giảm ẩm trung bình giữa các mẫu khi thay đổi chế độ sấy

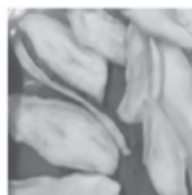
Tốc độ sấy thay đổi ở các chế độ sấy khác nhau. Tốc độ sấy tăng ở chế độ BN-IR so với chế độ sấy BN (hình 3). Điều này dẫn tới thời gian sấy ở chế độ BN-IR được rút ngắn hơn chế độ sấy BN. Năng lượng điện tiêu thụ cũng như màu sắc của sản phẩm thể hiện qua bảng 2.

Bảng 2. Bảng so sánh các chế độ sấy ở máy sấy đa năng khi sấy xoài

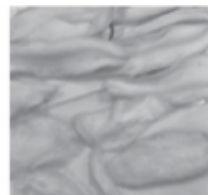
STT	Phương pháp sấy	Độ ẩm vật liệu sau khi sấy [%]	Thời gian sấy [giờ]	Năng lượng tiêu thụ (kW.h/kg)	Điểm cảm quang về màu sắc
1	Sấy nóng bằng IR	15-20	3.5-4.0	8.92	4.62
2	Sấy nóng bằng điện trở	15-20	4.0-4.5	9.17	4.82
3	Sấy BN	15-20	3.5-4.0	8.25	4.92
4	Sấy BN-IR	15-20	2.5-3.0	7.13	4.77



(H1)



(H2)



(H3)



(H4)

Hình 4. Xoài sau khi được sấy dẻo qua các chế độ của máy sấy đa năng

Thời gian sấy ở chế độ sấy BN-IR được rút ngắn so với các chế độ sấy khác, tuy nhiên điện năng tiêu thụ lại lớn hơn và màu sắc không đẹp bằng sấy BN nhưng vẫn đẹp hơn chế độ sấy IR.

4. KẾT LUẬN

Máy sấy đa năng đã được chế tạo với năng suất 5 kg/mẻ, được điều khiển bằng màn hình HMI, các thông số nhiệt độ của quá trình sấy được hiển thị và giám sát trên màn hình. Các chế độ sấy được điều chỉnh linh hoạt. Kết quả thực nghiệm trên máy sấy thông qua chế độ sấy nóng bằng điện trở, sấy nóng bằng hồng ngoại, sấy BN-IR ở nhiệt độ tác nhân sấy 55°C và ở vận tốc TNS vào buồng sấy 1,5 m/s cho kết quả điện năng tiêu thụ [kW.h/kg] lần lượt là 8,92; 9,17; 8,25; 7,13 và màu sắc sản phẩm sấy ở chế độ BN cho kết quả tốt nhất rồi tới sấy khí nóng bằng điện trở, sấy BN kết hợp với hồng ngoại, sấy hồng ngoại.

Với mục đích giảm giá thành thiết bị, máy sấy đa năng có thể sấy được nhiều công nghệ khác nhau. Nhóm nghiên cứu đề xuất có thể kết hợp thêm một số công nghệ sấy bằng sóng radio. ❖

Ngày nhận bài: 15/02/2023

Ngày phản biện: 08/3/2023

Tài liệu tham khảo:

- [1]. F. W. Zhang, X. Y. Zhang, S. P. Li, X. J. Li, Y. F. Han, and Y. F. Cao; “Effects of different drying methods on quality of *Stichopus japonicus*”. Food & Machinery, vol. 34, no. 1, pp. 209–212, 2018.
- [2]. L. Cui, Y. Chen, M. Li et al.; “Detection of water variation in rosebuds during hot-air drying by LF-NMR and MRP”. Drying Technology, vol. 38, no. 3, pp. 304–312, 2019.
- [3]. D. L. Yuan, M. Shao, and Z. P. Cai; “Research progress on drying technology of sea cucumber”. Drying technology and equipment, vol. 13, no. 6, pp. 1–9, 2015.
- [4]. Chua K.J., Mujumdar A.S., Chou S.K., Hawlader M.N.A. and Ho J.C. (2000a); “Convective drying of banana, guava and potato pieces: Effects of cyclical variation of air temperature on convective drying kinetic and colour change”. Drying Technology -An International Journal, 18. pp. 907-936.
- [5]. Strommen I, Eikevik TM, Alves-Filho O, Syverud K, Jonassen O (2002); “Low temperature drying with heat pumps new generations of high quality dried products”. In: 13th International drying symposium.
- [6]. Levent Taşeri, Mustafa Aktaş, Seyfi Şevik, Mehmet Gülcü, Gamze Uysal Seçkin1, Burak Aktekel (2018); “Determination of Drying Kinetics and Quality Parameters of Grape Pomace Dried with a Heat Pump Dryer”. Food Chemistry, Vol. , pp. 01 -28.
- [7]. Levent Taşeri, Mustafa Aktaş, Seyfi Şevik, Mehmet Gülcü, Gamze Uysal Seçkin1, Burak Aktekel (2018); “Determination of Drying Kinetics and Quality Parameters of Grape Pomace Dried with a Heat Pump Dryer”. Food Chemistry, Vol. , pp. 01 -28.
- [8]. Schmidt EL, Klocker K, Flacke N, Steimle F (1998); “Applying the transcritical CO₂ process to a drying heat pump”. Int J Refrig, Vol. 21(3), pp. 202–11.
- [9]. Moses, J.A., Norton, T., Alagusundaram, K., Tiwari, B.K (2014); “Novel drying techniques for the food industry”. Food Eng, Vol. 6, pp. 43-55.
- [10]. Minea, V., (2013); “Drying heat pumps – Part II: Agro-food, biological and wood products”. International Journal of Refrigeration, Vol. 36, pp.659–673.
- [11]. Park J H, Lee J M, Cho Y J, et al (2009); “Effect of far-infrared heater on the physicochemical characteristics of green tea during processing”. Journal of Food Biochemistry, Vol. 33, pp. 149-162.
- [12]. Xiaoyong Song và cộng sự (2013); “Banana Chip Drying Using Far Infrared-Assisted Heat Pump”. The Philippine Agricultural Scientist, Vol. 96, pp. 275 –281.
- [13]. Song Xiaoyong, Hu Hao, Zhang Baoling (2016); “Drying characteristics of Chinese Yam (*Dioscorea opposita* Thunb) by far-infrared radiation and heat pump”. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, accepted 29 May.