

CÔNG NGHỆ VÀ THIẾT BỊ SẤY NÔNG SẢN THỰC PHẨM CHẤT LƯỢNG CAO DRYING TECHNOLOGY AND EQUIPMENT FOR HIGH QUALITY FOOD

LÊ ĐỨC TRUNG¹, TRẦN NGỌC ĐIỆP¹,
NGUYỄN TẤN DŨNG², HUỖNH HỌC THUẬT³

Tóm tắt

Bài viết này giới thiệu một số kết quả nghiên cứu, chế tạo và chuyển giao công nghệ - thiết bị sấy tiên tiến dùng để sấy các loại trái cây, rau, củ và các loại thực phẩm, được phẩm nhạy cảm với nhiệt độ cao. Các nghiên cứu đã được thực hiện tại trường Đại học Cửu Long và trường Đại học SPKT Tp. HCM trong những năm qua, được đưa vào ứng dụng hiệu quả trong thực tế. Trong số đó, công nghệ sấy lạnh và sấy thăng hoa đã được nghiên cứu hoàn thiện cả về mặt công nghệ cũng như thiết kế, chế tạo thiết bị, có thể tạo ra các sản phẩm thực phẩm khô chất lượng cao. Các công nghệ và thiết bị này đã được chuyển giao cho nhiều cơ sở sản xuất.

Từ khóa: nghiên cứu, chế tạo, ứng dụng, sấy lạnh, thăng hoa, thực phẩm khô, chất lượng cao.

Abstract

This article introduces some research results from design, manufacture and transfer of advanced drying technology used for dehydration of fruits, vegetables and valuable foods that are vulnerable to high temperature. The studies are carried out by the University of Cuu Long (UCL) and HCMC University of Technology and Education (HCMUTE) in recent years. The research results have been effectively applied in practice. Among those technologies are cool drying (heat pump drying - HPD) and freeze drying which were thoroughly studied and optimized including technical process and equipment design. Being transferred the technology, food processors are enable to produce high quality dried products.

Key word: design, manufacture, freeze-drying, heat pump, dried food, model.

I. TỔNG QUAN VỀ KỸ THUẬT SẤY

1.1. Kỹ thuật sấy khô thực phẩm:

Kỹ thuật sấy khô đã được ứng dụng từ

lâu cho bảo quản và chế biến nông sản thực phẩm. Có rất nhiều phương pháp sấy khác nhau từ đơn giản như phơi nắng (sun drying), sấy nhiệt đối lưu (heat drying) chiên (frying), đến phức tạp hơn như sấy bức xạ hồng ngoại (infrared drying), sấy lạnh (cool drying), sấy chân không (vacuum drying), sấy thăng hoa (freeze drying), hoặc kết hợp nhiều phương

¹ Trường Đại học Cửu Long;

² Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM;

³ Trường Cao đẳng Cộng đồng Đồng Tháp.

*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Lê Đức Trung,
(Email: leductrungsg@gmail.com)

pháp. Tùy loại nguyên liệu và yêu cầu chất lượng sản phẩm mà cơ sở sản xuất quyết định lựa chọn công nghệ sấy thích hợp.

Để có được sản phẩm khô với hương vị thơm ngon gần với tự nhiên, quá trình sấy cần được thực hiện ở nhiệt độ thấp, bằng cách áp dụng các công nghệ sấy bơm nhiệt (heat pump drying) - còn gọi là sấy lạnh (cool drying) hoặc sấy thăng hoa (sublimation drying).

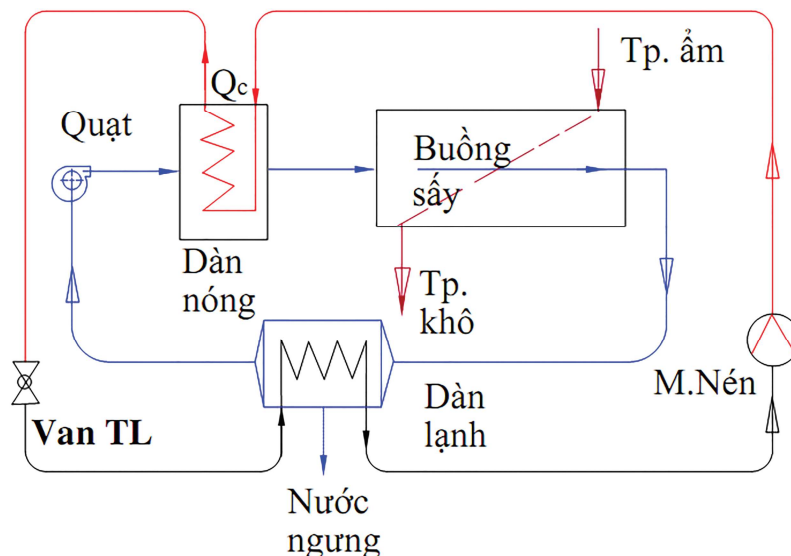
1.2. Công nghệ sấy sử dụng nguyên lý bơm nhiệt

Sấy lạnh sử dụng nguyên lý bơm nhiệt (cool drying/heat pump drying - HPD), trong đó kết hợp giữa công nghệ sấy và kỹ thuật lạnh, sử dụng không khí được làm khô bằng hệ thống lạnh để sấy các sản phẩm ở nhiệt độ thấp hơn so với sấy thông thường. Ưu điểm của sấy bơm nhiệt là giúp giảm biến đổi chất lượng sản phẩm do nhiệt độ, mặt khác có thể tuần hoàn một phần hoặc toàn bộ tác nhân sấy

trong thiết bị, giảm thiểu xả khí thải ra ngoài. Chi phí cho sấy bơm nhiệt thấp hơn nhiều so với sấy thăng hoa, thấp hơn sấy chân không [7]. Một số nghiên cứu còn chứng minh trong nhiều trường hợp, sấy bơm nhiệt có chi phí thấp hơn sấy nhiệt thông thường [7]

Theo nguyên lý bơm nhiệt, không khí được làm lạnh xuống nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ bão hòa, nhờ đó ẩm trong không khí ngưng tụ lại rồi được tách ra, độ ẩm tuyệt đối của không khí giảm. Không khí lại được sưởi ấm trở nên khô hơn rồi trở lại buồng sấy để hút ẩm từ vật liệu. Không khí ẩm ra khỏi buồng sấy và quay lại dàn lạnh để tách ẩm.

Hình 1 cho thấy máy sấy lạnh là sự kết hợp giữa kỹ thuật lạnh và sấy đối lưu. Phần lạnh gồm các bộ phận: Máy nén, dàn nóng, van tiết lưu (TL), dàn lạnh. Phần sấy gồm: buồng sấy, quạt, calorifer (dùng dàn nóng máy lạnh hoặc bộ sưởi), dàn tách ẩm (dùng dàn lạnh).



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý hoạt động của máy sấy bơm nhiệt [4].

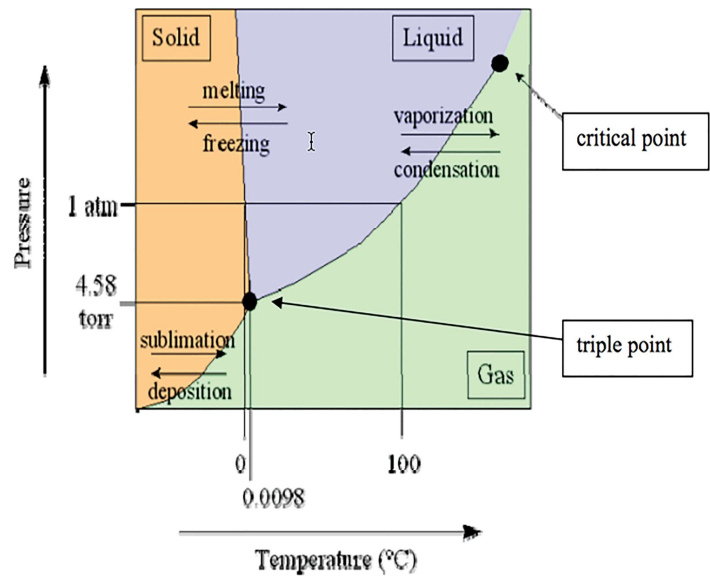
1.3. Công nghệ sấy thăng hoa (sublimation drying/freeze drying)

Sấy thăng hoa là quá trình tách nước ra

khỏi sản phẩm từ thể rắn (lạnh đông) sang thể hơi trong điều kiện nhiệt độ và áp suất thấp, dưới điểm ba thể $0,0098^{\circ}\text{C}$; $4,58\text{ mmHg}$,

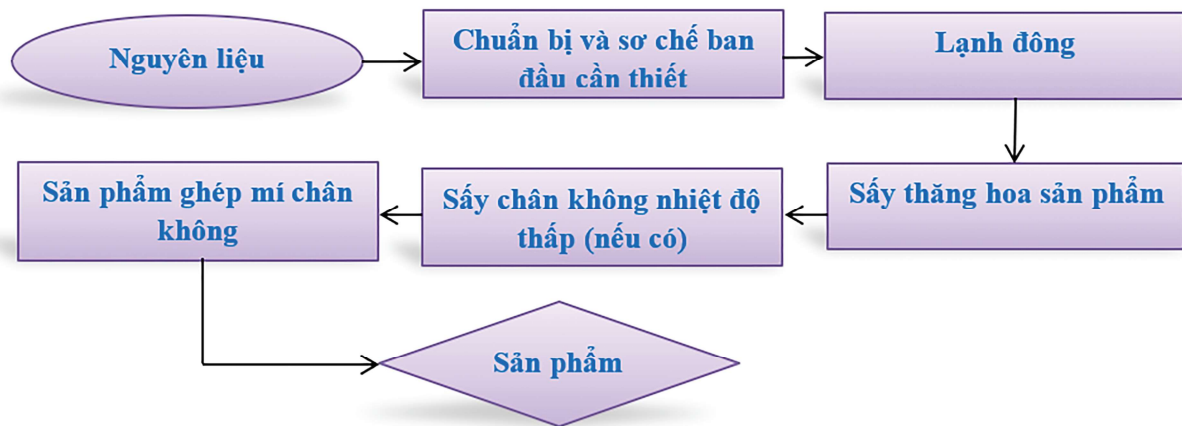
tức là nhiệt độ dưới điểm kết tinh ẩm trong sản phẩm (Hình 2). Sản phẩm sau sấy gần như giữ nguyên chất lượng tự nhiên ban đầu, có cấu trúc xốp, khả năng hoàn nguyên cao [8], [9], [10]. Quy trình công nghệ sấy thăng hoa được thể hiện trên hình 3.

Nhờ những ưu điểm như trên, sấy thăng hoa được dùng để sấy các loại sản phẩm cao cấp như sữa ong chúa, đông trùng hạ thảo, tổ yến, nấm linh chi, các loại dược phẩm, vaccine, chế phẩm sinh học..., cho phép giữ lại được các vitamin, enzyme và hoạt chất sinh học quý hiếm [11], [12]. Tuy vậy, công nghệ này tốn



Hình 2. Biểu đồ trạng thái pha của nước

năng lượng và giá thành thiết bị cao hơn so với các phương pháp sấy khác.



Hình 3. Sơ đồ quy trình công nghệ sấy thăng hoa [11], [12]

II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nghiên cứu công nghệ sấy lạnh HPD:

+ Nguyên liệu dùng trong nghiên cứu công nghệ sấy lạnh là mít, dứa (khóm) và lá tía tô, có độ ẩm tương ứng là 79,8 %, 84,5 % và 85,7 %.

Mít và dứa được cắt thành miếng nhỏ,

chân ở nhiệt độ 90 °C. Mẫu sấy có khối lượng 10 kg được sấy ở các nhiệt độ 55 °C, 60 °C và 65 °C đến khi sản phẩm đạt độ ẩm 20 %.

+ Lá tía tô được cắt nhỏ với kích thước 0,5 cm. Mẫu sấy có khối lượng 5 kg được sấy bằng máy sấy lạnh ở các nhiệt độ 60 °C, 65 °C và 70 °C, đến khi sản phẩm đạt độ ẩm 3 %.

2.2. Phương pháp tính toán và thiết kế thiết bị sấy

a) Thu thập dữ liệu ban đầu: Năng suất yêu cầu, tính chất nguyên liệu và sản phẩm, điều kiện môi trường đặt máy sấy là các nhóm thông tin cần có trước khi tính toán thiết kế máy sấy.

b) Dựa vào các phương trình cân bằng vật liệu, năng lượng, động học sấy và đồ thị trạng thái không khí ẩm I-d để tính toán các thông số chu trình tác nhân sấy [4], [3]. Từ đó xác định lưu lượng khí, kích thước buồng sấy, công suất máy lạnh, công suất bộ sưởi, công suất quạt.

c) Tham khảo một số máy sấy trong và ngoài nước để phác thảo sơ đồ cấu tạo của máy sấy.

d) Sử dụng phần mềm AUTOCAD để vẽ bản vẽ thiết kế.

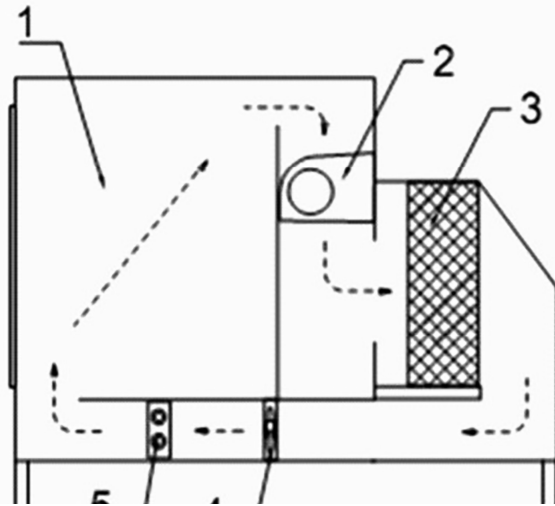
3.3. Phương pháp chế tạo máy sấy:

Quy trình chế tạo gồm các công đoạn: Chế tạo khung máy → Lắp đặt thiết bị → Làm vỏ bao che → Thử không tải → Hiệu chỉnh → Chạy thử có tải → Hoàn thiện.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Kết quả nghiên cứu công nghệ và thiết bị sấy lạnh (HPD)

Máy sấy lạnh HPD được thiết kế và chế tạo ở trường Đại học Cửu Long có thể hoạt động ở nhiệt độ sấy trong khoảng $35^{\circ}\text{C} \div 75^{\circ}\text{C}$, tùy chế độ cài đặt cho các nguyên liệu thích hợp. Máy có năng suất sấy từ 15 - 20 kg nguyên liệu/mẻ, được trang bị hệ thống điều khiển tiên tiến, có hiển thị đầy đủ các thông số công nghệ cần thiết, có thể cài đặt tự động



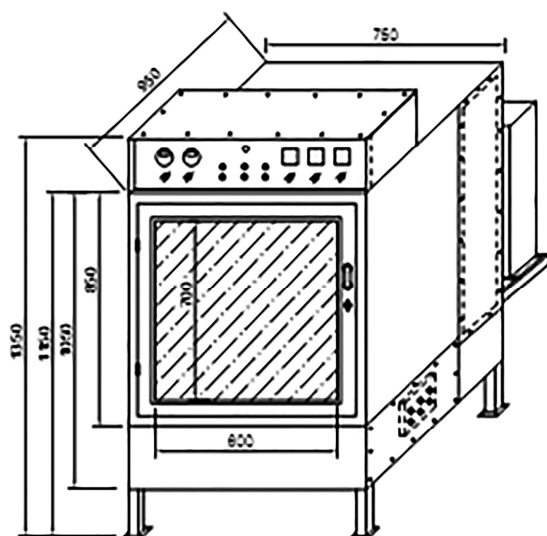
thời gian sấy. Sử dụng máy lạnh TOSHIBA model RAS-H10D2KCVG-V có công suất định mức 0,75 kW, công suất lạnh 9000 BTU/h. Lượng nhiệt tỏa ra từ dàn nóng máy lạnh là 2,32 kW, lớn hơn tổng nhiệt cần cho đun nóng không khí sau dàn lạnh và nhiệt làm nóng nguyên liệu. Do đó, nhiệt tỏa ra ở dàn nóng đủ để đun nóng tác nhân sấy sau dàn lạnh. Tuy nhiên, vẫn cần có bộ sưởi (calorifer) cho giai đoạn khởi động máy và điều chỉnh ổn định nhiệt độ trong quá trình sấy.

3.1.1. Kết quả thiết kế máy sấy lạnh HDP

Phương án thiết kế các bộ phận máy sấy lạnh được thể hiện trên hình 4. Không khí khô vào buồng sấy (1) lấy ẩm từ vật liệu rồi qua dàn lạnh (2) để tách ẩm. Khí lạnh được dẫn qua dàn nóng (3) và calorifer (4) để sưởi ấm lên trong khoảng $30 - 70^{\circ}\text{C}$ rồi được quạt (5) đẩy trở lại buồng sấy 1 tuần hoàn kín không máy sấy.

3.1.2. Kết quả nghiên cứu chế tạo máy sấy lạnh HPD

Máy sấy lạnh được chế tạo có hình phối cảnh và kích thước thể hiện trên hình 5.1 và 5.2.



Hình 5.1. Sơ đồ phối cảnh máy sấy lạnh theo nguyên lý bơm nhiệt

Các thông số kỹ thuật của máy sấy lạnh HPD:

- Nguồn năng lượng: điện 1 pha, 220 - 230 V; Công suất tiêu thụ trung bình: 1,2 kW cho năng suất $G_1 = 20$ kg nguyên liệu/mẻ;
- Nhiệt độ sấy: trong khoảng 35 °C tới 70 °C;
- Thời gian sấy mỗi mẻ: khoảng từ 4 h tới 18 h, tùy loại nguyên liệu.

3.1.3. Kết quả nghiên cứu công nghệ sấy rau quả bằng máy sấy lạnh bơm nhiệt

Các nguyên liệu mít, dứa (khóm) và lá tía tô đều có độ ẩm ban đầu khá cao (79,8 %;



Hình 5.2. Thử nghiệm máy sấy lạnh

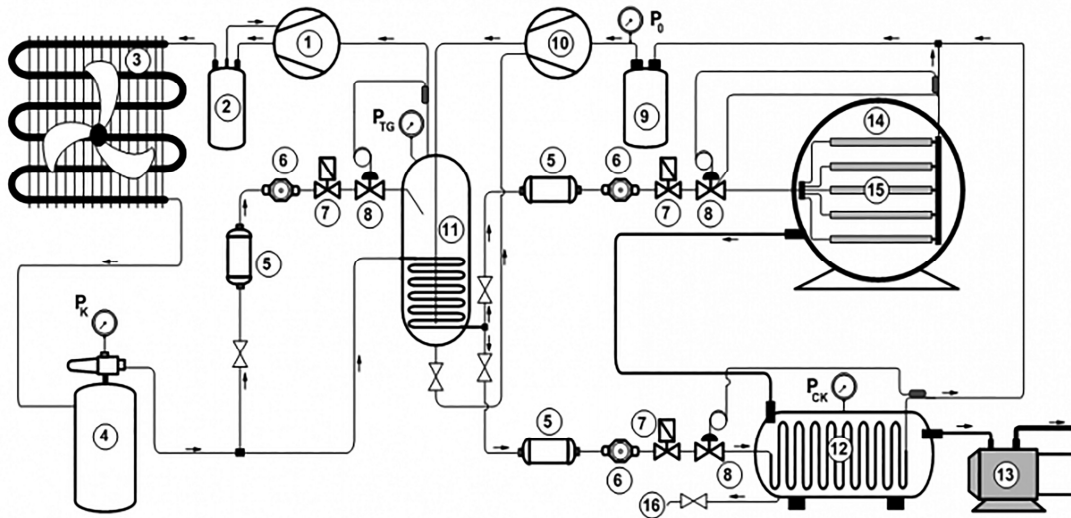
84,5 % và 85,7 %), thuận lợi cho vi sinh vật sinh sống và phát triển nên nhanh hư hỏng. Do đó, để kéo dài thời gian bảo quản ở nhiệt độ thường, cần giảm độ ẩm sản phẩm xuống. Sản phẩm mít và dứa sấy dẻo có độ ẩm 20 %, trà lá tía tô có độ ẩm 3 % có thể bảo quản tới 3 tháng ở điều kiện thường, tới 6 tháng khi bảo quản trong túi hút chân không. Nhóm tác giả đã sử dụng máy sấy lạnh HPD do khoa Kỹ thuật-Công nghệ của trường Đại học Cửu Long thiết kế chế tạo để sản xuất mít sấy dẻo, dứa sấy dẻo và trà tía tô với các thông số công nghệ được ghi trong bảng 1.

Bảng 1. Các thông số công nghệ sấy một số rau quả bằng máy sấy HPD

STT	Nguyên liệu	Độ ẩm ban đầu (ước định, %) M1	Độ ẩm sau sấy (%) M2	Nhiệt độ sấy (oC)	Thời gian sấy (h)	Tiêu tốn năng lượng E (kWh/kg.sp)
1	Mít	79,8	20	65	14,5	6,0
2	Dứa (khóm)	84,5	20	60	16	7,5
3	Lá tía tô	85,7	3	65	5	3,5

3.2. Kết quả nghiên cứu công nghệ và thiết bị sấy thăng hoa

Máy sấy thăng hoa được chế tạo bởi trường Đại học SPKT Tp.HCM (ký hiệu DS), được thiết kế theo sơ đồ nguyên lý thể hiện trên hình 6.



Hình 6. Sơ đồ nguyên lý của hệ thống sấy thăng hoa tự cấp đông [11], [12]

(1-Máy nén I; 2-Bình tách dầu; 3-Dàn nóng; 4-Bình chứa; 5-Lọc; 6,7,8-Van; 9-Bình chứa; 10-Máy nén II; 11-Bình trung gian; 12- Thiết bị hóa đá; 13-Bơm hút chân không; 14-Buồng tự cấp đông-sấy; 15-Giá truyền nhiệt)

Hệ thống sấy thăng hoa có 4 cụm bộ phận chính:

- ✓ Buồng sấy thăng hoa. Nếu hệ thống tự lạnh đông thì buồng sấy thăng hoa cũng chính là buồng lạnh đông thực phẩm được sấy (14, 15).
- ✓ Hệ thống lạnh chạy cho buồng hóa đá và buồng cấp đông sản phẩm.

✓ Hệ chân không kết nối với buồng hóa đá và buồng sấy (12, 13).

✓ Hệ thống tự động đo lường và điều khiển.

Máy sấy thăng hoa sử dụng hệ thống lạnh 2 cấp nén. Buồng lạnh đông cũng là buồng sấy (tự cấp đông). Các thông số kỹ thuật của máy sấy DS thể hiện trong bảng 2, [11], [12].

Bảng 2. Các thông số kỹ thuật của hệ thống sấy thăng hoa các phiên bản DS.

STT	Thông số kỹ thuật	Số liệu cụ thể
1	Nhiệt độ lạnh đông	-45 ÷ -35°C
2	Nhiệt độ ngưng ẩm hay nhiệt độ hóa đá	-45 ÷ -35°C
3	Áp suất môi trường sấy thăng hoa	Tối thiểu 0,001 mmHg
4	Thời gian sấy thăng hoa	Từ 12 - 72 giờ
5	Năng suất sấy	20-25 kg nước hóa tuyết/ mẻ
6	Chi phí năng lượng cho 1 kg sản phẩm sấy	3,5 - 8 kWh/ kg ẩm hóa tuyết
7	Năng suất	G kg nguyên liệu/mẻ (theo nhu cầu)
8	Kỹ thuật truyền nhiệt trong chân không	Cải tiến và thiết kế theo từng phiên bản theo nhu cầu
9	Hệ thống tự động điều khiển	

Một số hình ảnh các phiên bản của máy sấy DS (1-8) được thể hiện trên hình 7.



Hình 7. Các phiên bản của hệ thống sấy thăng hoa DS (từ DS-1 đến DS-8)

4. KẾT QUẢ ỨNG DỤNG THỰC TẾ VÀ CHUYỂN GIAO CÔNG NGHỆ

4.1. Ứng dụng máy sấy lạnh bơm nhiệt

Máy sấy lạnh theo nguyên lý bơm nhiệt

(HPD) theo mô hình thiết kế của trường Đại học Cửu Long đã được đưa vào sử dụng để sản xuất các sản phẩm trà tía tô, dưa cắt khoanh sấy, mít sấy dẻo. (Hình 8a và 8b).



Hình 8a. Dưa được sấy bằng máy sấy HPD



Hình 8b. Mít sấy dẻo sử dụng máy sấy HPD

Máy sấy lạnh HPD cũng đã được một số cơ sở ứng dụng để chế biến các sản phẩm đặc biệt khác. Điển hình là Trung tâm Công nghệ thức ăn và Sau thu hoạch tại Tp. HCM sử dụng sấy sinh khối vi sinh (*Bacillus spp.*) trong dây chuyền chế biến các chế phẩm sinh học. Trại thực nghiệm thuộc Viện Nghiên cứu nuôi trồng Thủy sản II cũng đã được chuyển giao máy sấy loại này để chế biến sản phẩm tảo *spirulina* và thức ăn khô cho vật nuôi (hình 9).

4.2. Ứng dụng máy sấy thăng hoa

Chương trình “Nghiên cứu ứng dụng công nghệ sấy thăng hoa tại Việt Nam” do Đại học Sư phạm Kỹ thuật TPHCM chủ trì đã nghiên cứu thiết kế, chế tạo và cải tiến, hoàn thiện 12 phiên bản của hệ thống sấy thăng hoa (từ DS-1 đến DS-12) với các tính năng khác nhau, đáp ứng các yêu cầu sản xuất thực tế. Chương trình đã chuyển giao công nghệ và thiết bị cho nhiều doanh nghiệp trên toàn quốc,



Hình 9. Máy sấy chế phẩm sinh học tạo ra các dòng sản phẩm có giá trị kinh tế cao [11], [12]. Một số hoạt động chuyển giao công nghệ được ghi lại ở các hình 10 và 11.



Hình 10. Hệ thống sấy thăng hoa đã chuyển giao cho Công ty Asiafood Tp. HCM - Bình Dương để sản xuất mì gói, cháo, súp ăn liền cao cấp, [11], [12]



Hình 11. Hệ thống sấy thăng hoa được chuyển giao cho tỉnh Quảng Trị để sấy nấm đông trùng hạ thảo, dịch chiết nấm linh chi, [11], [12]

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] ASTAR (2008), Technology Transfer of Heat Pump Expertise for Cambodia, Lao PDR, Myanmar and Vietnam; An Intra-ASEAN Project Supported by Singapore Agency for Science, Technology and Research; Workshop; National University of Singapore;
- [2] F. Fayose and Z. Huan (2016), Heat Pump Drying of Fruits and Vegetables: Principles and Potentials for Sub-Saharan Africa, International Journal of Food Science;
- [3] A. S. Mujumdar and S. V. Jangam (2011), “Energy issues and use of renewable source of energy for drying of foods,” in *Proceedings of the International Workshop on Drying of Food and Biomaterials*, Bangkok, Thailand.
- [4] C. Bonazzi and E. Dumoulin (2011), “Quality changes in food materials as influenced by drying processes,” in *Modern Drying Technology, Volume 3: Product Quality and Formulation*, E. Tsotsas and A. S. Mujumdar, Eds., chapter 1, pp. 1 - 20, Wiley-VCH.
- [5] K. K. Patel and A. Kar (2012), “Heat pump assisted drying of agricultural produce—an overview,” *Journal of Food Science and Technology*, vol. 49, no. 2, pp. 142 - 160.
- [6] V. R. Sagar and P. Suresh Kumar (2010), “Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: a review,” *Journal of Food Science and Technology*, vol. 47, no. 1, pp. 15 - 26.
- [7] Vivaldo Silveira-Junior and Javier Telis-Romero (2004); Drying of mango slices using heat pump dryer; Proceedings of the 14th International Drying Symposium (IDS 2004); São Paulo, Brazil, 22-25, vol. B, pp. 884-891.
- [8] Akay and et al., (1997). A computational model for finite element analysis of the freeze drying process. *Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.* 148(1997), 105-124. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045782596000783>
- [9] Boss and et al., (2004). Dynamic model for freeze drying process. *Drying 2004 - Proceedings of the 14th International Drying Symposium (IDS 2004)*, Sao Paulo, Brazil, 22-25 August, Vol. A, 477-484. www.veterinaria.org/descargas/articulos.a.../U009.doc

- [10] Barresi and et al., (2008). Development of simplified models for the freeze drying process and investigation of the optimal operating conditions. Chemical engineering research and design 86(2008), 9-22. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263876207000123>
- [11] Dzung, N.T., et al., (2012b). Building The Method To Determine The Rate of Freezing Water of Penaeus Monodon, Carpathian Journal of Food Science & Technology; Dec 2012, 4(2), p.28. <http://www.journals4free.com/link.jsp?l=23414560>
- [12] Dzung N.T, (2014). Building the Method and the Mathematical Model to Determine the Rate of Freezing Water inside Royal Jelly in the Freezing Process. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, 7(2): 403-412. <http://maxwellsci.com/print/rjaset/v7-403-412.pdf>
- [13] Hammami C., and et al., (1997). Determination of Freeze drying Process Variables for Strawberries. Journal of Food Engineering 32(1997), 133-154. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026087749700023X>