



KỸ THUẬT - CÔNG NGHỆ

LỰA CHỌN CÔNG NGHỆ SẤY PHÙ HỢP VỚI ĐIỀU KIỆN KINH TẾ - KỸ THUẬT TRONG CHẾ BIẾN SẢN PHẨM KHÔ TRÁI CÂY

LÊ ĐỨC TRUNG^{1*}, ĐẶNG THỊ NGỌC LAN¹, TRẦN NGỌC ĐIỆP¹
NGUYỄN TẤN DŨNG²

Tóm tắt

Trong những năm gần đây, trường Đại học Cửu Long và trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM đã thực hiện nhiều đề tài nghiên cứu và chuyển giao công nghệ, thiết bị sấy các nguyên liệu rau, củ, quả (trái cây). Từ các kết quả nghiên cứu thu được, bài viết này nhằm phân tích những ưu điểm và hạn chế của từng phương pháp sấy khác nhau, bao gồm công nghệ sấy nhiệt, sấy lạnh, sấy chân không và sấy thăng hoa áp dụng cho trái cây. Trên cơ sở phân tích hiệu quả kinh tế-kỹ thuật của các phương pháp sấy cho những đối tượng nói trên, các tác giả đã rút ra một số kết luận và khuyến nghị hữu ích để các nhà đầu tư và người sản xuất có thể lựa chọn phương pháp và thiết bị sấy phù hợp với sản phẩm và điều kiện cơ sở hạ tầng địa phương.

Từ khóa: trái cây, rau củ, phân tích, ưu nhược điểm, phương pháp sấy, phù hợp.

Abstract

In recent years, the University of Cuu-Long (UCL) and HCM City University of Technology and Education (HCMUTE) have been carrying out a number of scientific researchs and technological transfer of drying fruits and vegetables in practice. From results of the studies, the authors attempt to analyse the pros and cons of different drying methods for the materials, including normal convection heat drying, cold drying, vacuum drying and freeze drying. Basing on the techno-economomic analysis of efficiency, some conclusions and suggestions have been drawn out, hoping that it may be beneficial for investors to have a good choice of drying method and equipment suitable for their production and the local conditions.

Keywords: fruit & vegetable, analysis, pros & cons, suitable, drying methods.

I. TỔNG QUAN VỀ CÔNG NGHỆ SẤY ÁP DỤNG CHO SẤY TRÁI CÂY

1.1. Kỹ thuật sấy thực phẩm

¹ Trường Đại học Cửu Long;

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

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

Theo quy luật tự nhiên, nông sản thực phẩm nói chung và trái cây nói riêng sau khi thu hoạch ở điều kiện môi trường tự nhiên theo thời gian nhanh chóng bị biến chất dẫn tới thối rữa do tác dụng của vi sinh vật và các phản ứng sinh hóa. Sấy khô là một trong những giải pháp hữu hiệu nhằm kéo dài thời gian bảo quản thực phẩm đồng thời tạo thuận lợi cho

vận chuyển và tiêu thụ. Có nhiều phương pháp làm khô khác nhau từ đơn giản như phơi nắng (sun drying), sấy nhiệt đối lưu (convection 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) và sấy thăng hoa (freeze drying). Các quá trình sấy (dù ít hay nhiều) đều có ảnh hưởng lên chất lượng sản phẩm sau sấy. Trong thực tế, sử dụng kỹ thuật sấy càng đơn giản thì chi phí đầu tư càng thấp nhưng thường gây ra tổn thất về chất lượng càng nhiều. Vì vậy, 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.

Phơi nắng là giải pháp làm khô đơn giản, tốn ít chi phí đầu tư và vận hành nhất. Giải pháp này chỉ cần đầu tư sân phơi đủ rộng hoặc làm các dàn phơi đơn giản, mặt khác phơi nắng không tốn chi phí năng lượng là những lợi thế của phơi nắng. Tuy nhiên, giải pháp này lại có nhiều nhược điểm: tốn diện tích mặt bằng và nhân công phục vụ, dễ bị côn trùng hoặc động vật phá hoại và đặc biệt là phụ thuộc thời tiết. Ngoài ra, tia tử ngoại trong ánh nắng mặt trời có thể làm biến màu sản phẩm. Mặc dù đã có nhiều cải tiến trong việc phơi nắng như làm nhà phơi lồng kính kết hợp quạt thông gió, nhưng nhìn chung phương pháp này hiện nay ít được lựa chọn để sấy các sản phẩm yêu cầu chất lượng cao. Phơi nắng chủ yếu được sử dụng để làm khô các loại hạt lương thực ở các nước đang phát triển có khí hậu nhiệt đới.

Sấy nhiệt đối lưu (gọi tắt là *sấy nhiệt*) là kỹ thuật được nghiên cứu và áp dụng từ khá lâu. Các tài liệu giảng dạy về kỹ thuật sấy cho kỹ sư và công nhân kỹ thuật đều dành nội dung chủ yếu để trình bày về sấy nhiệt đối lưu, do đây vẫn được xem là phương pháp sấy phổ biến nhất hiện nay. Theo phương pháp này, không khí được dùng làm môi chất để hút ẩm từ vật

liệu. Không khí trong môi trường thường có độ ẩm tương đối (là thông số thể hiện mức độ bão hòa ẩm) khá cao (khoảng từ 70 – 90 % tùy điều kiện thời tiết). Khi nâng nhiệt độ của không khí lên, độ ẩm tương đối giảm xuống làm tăng khả năng hút ẩm. Không khí sau khi đun nóng (được gọi là tác nhân sấy) được quạt thổi qua tiếp xúc với vật liệu, lấy ẩm từ vật liệu, trở thành không khí gần với trạng thái bão hòa ẩm hơn trước khi thải ra môi trường.

Nhiệt độ không khí càng cao, tốc độ đối lưu càng mạnh thì cường độ sấy càng lớn, thời gian sấy càng nhanh, kết quả là năng suất máy sấy càng cao. Đây là đặc điểm có lợi khi sấy các nguyên liệu chịu được nhiệt độ cao. Tuy nhiên, đa số các loại lương thực, thực phẩm lại bị ảnh hưởng bởi điều kiện nhiệt độ môi trường, theo hướng có lợi hoặc có hại, tùy mục đích của sản phẩm. Nhiệt độ cao giúp tiêu diệt vi sinh vật có hại, ức chế enzyme phân hủy, loại bỏ chất kháng dưỡng trong nguyên liệu, tăng độ tiêu hóa của thực phẩm. Mặt khác nhiệt độ cao trong điều kiện không khí đối lưu làm một số dưỡng chất phân hủy (như vitamin C), đặc biệt làm màu sắc, cấu trúc và mùi vị thực phẩm thay đổi, không còn trạng thái tự nhiên ban đầu. Đây là nhược điểm chính của sấy nhiệt khi áp dụng làm khô thực phẩm, trong đó có các loại trái cây.

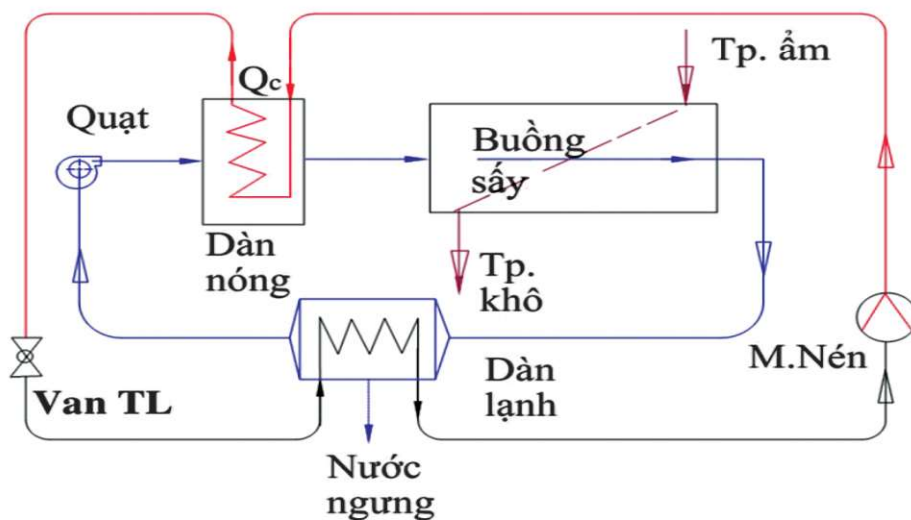
Sấy chân không có cơ chế làm việc ngược lại với sấy bằng không khí nóng. Trong điều kiện chân không, ẩm trong vật liệu được tách ra không phải nhờ khả năng hút ẩm của không khí nóng là tác nhân sấy, mà là nhờ chênh lệch áp suất giữa hơi ẩm trên bề mặt vật liệu với khoảng không xung quanh. Khi áp suất giảm xuống, nhiệt độ sôi của nước giảm theo, nước trong vật liệu bốc hơi và được máy hút chân không đưa ra ngoài. Vì vậy sấy chân không có thể được tiến hành ở nhiệt độ tương đối thấp (khoảng 35 – 50 °C), không phải tiếp xúc với



không khí, giảm tác động của nhiệt độ lên sản phẩm. Phương pháp này thích hợp để sấy các nguyên liệu dễ bị oxy hóa và không chịu được nhiệt độ cao. Nhược điểm của sấy chân không là tốc độ sấy thấp, thời gian sấy dài, mặt khác thiết bị phức tạp hơn sấy sử dụng không khí đối lưu.

Sấy lạnh (còn gọi là *sấy nhiệt độ thấp*) là phương pháp sấy sử dụng máy lạnh để làm lạnh không khí xuống dưới nhiệt độ bảo hòa. Nhờ đó, ẩm trong không khí ngưng tụ lại được tách ra, lượng ẩm trong không khí giảm xuống. Không khí sau khi tách ẩm lại được nâng lên tới nhiệt độ bình thường, trở thành tác nhân sấy có độ ẩm tương đối khá thấp (nghĩa là có khả năng hút ẩm lớn), được quạt thổi qua vật liệu để lấy ẩm từ bề mặt vật liệu.

Như vậy, sấy lạnh thực chất là sấy đối lưu ở nhiệt độ thấp hơn sấy nhiệt, không khí tác nhân sấy có thể tuần hoàn toàn bộ hoặc một phần khí thải. Máy lạnh trong hệ thống sấy lạnh có thể chỉ làm nhiệm vụ tách ẩm hoặc đóng vai trò như một “bơm nhiệt”, lấy nhiệt từ vùng nhiệt độ thấp để cấp nhiệt cho vùng có nhiệt độ cao hơn, vừa làm lạnh tách ẩm vừa cấp nhiệt cho tác nhân sấy để đạt nhiệt độ sấy cần thiết. Nguyên lý hoạt động của máy sấy lạnh được thể hiện bằng sơ đồ trên 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).

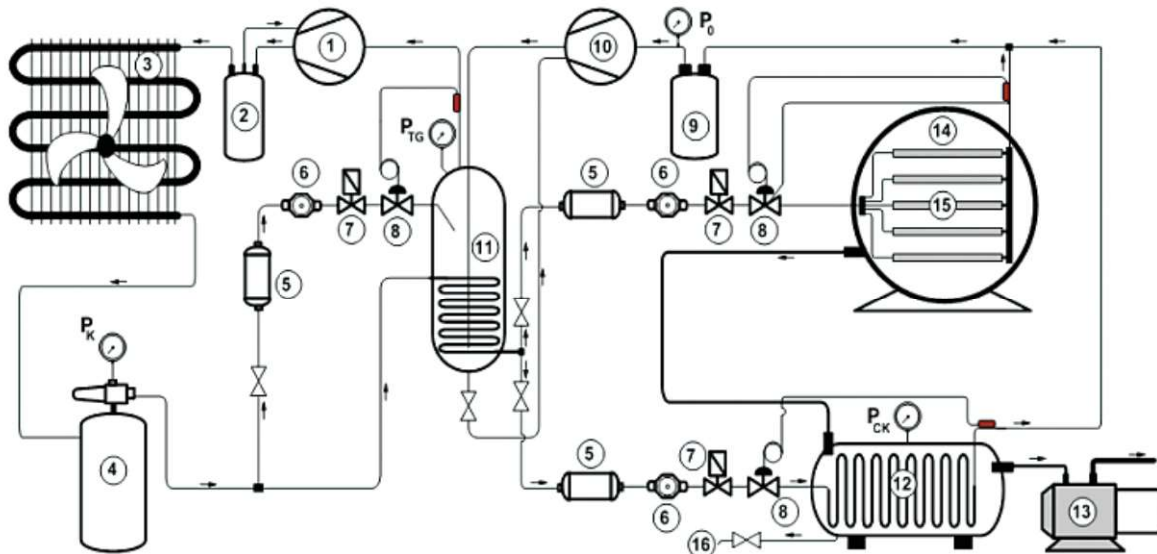


Hình 1. Sơ đồ nguyên lý hoạt động của máy sấy bơm nhiệt [4].

Ưu điểm của sấy lạnh là có thể thực hiện quá trình sấy ở nhiệt độ thấp, đồng thời giảm thiểu khí thải ra bên ngoài, tức là giảm ô nhiễm môi trường và giữ được nhiều hơn hương vị sản phẩm so với sấy nhiệt.

Sấy thăng hoa (còn gọi là *sấy đông khô*) là phương pháp đặc biệt khác với các phương pháp sấy khác ở chỗ ẩm trong vật liệu từ thể rắn (dạng tinh thể đá đông lạnh) chuyển sang

thể hơi khi ở điều kiện cả nhiệt độ và áp suất rất 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. Trong thực tế nguyên liệu thực phẩm đưa vào sấy sấy thăng hoa thường phải được làm lạnh tới -40°C . Thiết bị sấy thăng hoa có cấu tạo khá phức tạp do yêu cầu nhiệt độ và áp suất rất thấp. Sơ đồ cấu tạo của máy được minh họa trên hình 2. Quy trình công nghệ sấy thăng hoa được thể hiện trên hình 3.

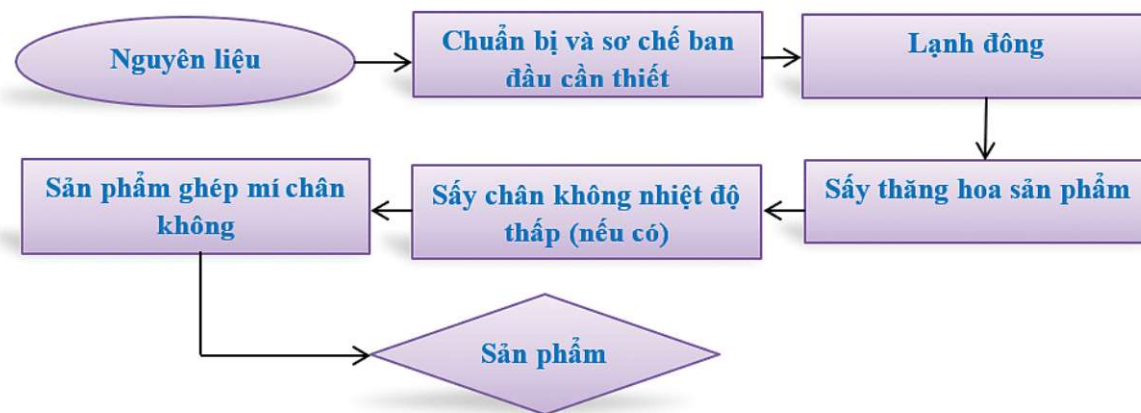


Hình 2. Sơ đồ nguyên lý của hệ thống sấy thăng hoa tự cấp đông [11], [12]

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

Ưu điểm nổi bật của sấy thăng hoa là sản phẩm sau sấy gần như giữ nguyên chất lượng tự nhiên ban đầu, với cấu trúc xốp, khả năng hoàn nguyên cao [8], [9], cho phép giữ lại được các vitamin, enzyme và hoạt chất sinh học quý hiếm [11], [12]. Tuy vậy, thực tế

cho thấy sử dụng công nghệ sấy này tốn năng lượng nhiều hơn, thiết bị phức tạp hơn với chi phí đầu tư cao hơn nhiều so với các phương pháp sấy khác. Điều đó dẫn đến giá thành sản phẩm sấy cao hơn nhiều. Đôi lại có thể thu được sản phẩm chất lượng thượng hạng.



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

Nhìn chung, để có được sản phẩm khô trái cây 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 lạnh hoặc sấy thăng hoa.

II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Lựa chọn nguyên liệu cho nghiên cứu, gồm 3 loại

- Mít

- Dứa
- Xoài

Các loại trái cây nói trên có độ chín vừa đủ thích hợp để chế biến sản phẩm khô.

2.2. Các phương pháp và thiết bị sấy được nghiên cứu:

- Sấy nhiệt đối lưu
- Sấy lạnh
- Sấy chân không
- Sấy thăng hoa

Trong đó:

- Sấy nhiệt đối lưu và sấy lạnh được thực

hiện tại trường Đại học Cửu Long, sử dụng máy sấy HPD (Heat Pump Dryer) do trường thiết kế và chế tạo [10]. Máy có thể điều chỉnh để sấy theo hai phương thức: sấy lạnh và sấy nhiệt đối lưu, đã đưa vào sản xuất thực nghiệm cho nhiều loại sản phẩm trái cây, rau, củ (Hình 4);

- Sấy chân không và sấy thăng hoa được thực hiện tại trường ĐH SPKT Tp.HCM, sử dụng máy sấy chân không DSV-3 (hình 5) và máy sấy thăng hoa DS-3 tương ứng. Các máy sấy này đều do trường thiết kế và chế tạo, đã đưa vào sản xuất thực nghiệm cho nhiều loại nguyên liệu khác nhau. Các mô hình này chuyển giao cho nhiều cơ sở sản xuất thực phẩm.



Hình 4. Máy sấy lạnh HDP – ĐHCL

2.3. Các chỉ tiêu được đo lường hoặc xác định

- Chi phí đầu tư thiết bị (VNĐ/kg)
- Chi phí khấu hao thiết bị, nhà xưởng (VNĐ/kg)
- Chi phí năng lượng tính cho 1 đơn vị



Hình 5. Máy sấy chân không DSV – ĐHSPKT Tp.HCM

khối lượng sản phẩm sấy (KWh/kg)

- Chi phí nhân công (VNĐ/kg)
- Chi phí khác (VNĐ/kg)

Các chi phí trên được ước tính trên cơ sở giả định quy mô sản xuất như nhau khi ứng dụng các phương pháp sấy.

2.4. Các chỉ tiêu được phân tích

- Giá thành sản phẩm được tính theo các chi phí cho 1 kg sản phẩm (nghìn VND/kg).
- Ước lượng thị phần tiêu thụ sản phẩm (quyết định bởi giá thành và chất lượng sản phẩm kết hợp khảo sát sơ bộ tiêu thụ tại các chợ đầu mối và các siêu thị).
- Xu hướng phát triển thị trường được tham khảo từ mạng internet.

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả nghiên cứu công nghệ sấy rau quả bằng phương pháp sấy nhiệt

Các nguyên liệu mít, dứa và xoài sau khi được xử lý sơ bộ (gọt vỏ, tách hạt nếu có, thái lát, chần) có độ ẩm ban đầu khá cao (79,8 %; 84,5 % và 82,6 %). Độ ẩm này là môi trường thuận lợi cho vi sinh vật sinh sống và phát triển

nên chỉ sau 1 – 2 ngày là hỏng. Vì vậy, giảm độ ẩm sản phẩm xuống là một giải pháp hiệu quả để kéo dài thời gian bảo quản ở nhiệt độ thường. Lý thuyết đã chứng minh và thực tế đã cho thấy độ ẩm càng giảm thời gian bảo quản thực phẩm càng dài. Tuy nhiên, khi sấy xuống độ ẩm quá thấp trong nhiều trường hợp cũng không có lợi do tổn năng lượng, kéo dài thời gian sấy dẫn đến giảm năng suất. Với các loại sản phẩm trái cây sấy thông thường được sấy tới độ ẩm trong khoảng $(20 \pm 2)\%$ được xem là hợp lý. Nhóm tác giả đã sử dụng máy sấy HPD (được cài đặt chế độ sấy nhiệt) do khoa Kỹ thuật – Công nghệ của trường Đại học Cửu Long thiết kế chế tạo để sản xuất mít, dứa và xoài sấy dẻo. Các kết quả thu được từ thực nghiệm với các thông số công nghệ được ghi trong bảng 1.

Bảng 1. Các thông số công nghệ sấy một số trái cây bằng phương pháp sấy nhiệt

STT	Nguyên liệu	Độ ẩm ban đầu (%) M1	Độ ẩm sau sấy (%) M2	Nhiệt độ sấy (°C)	Thời gian sấy (h)	Tiêu tốn năng lượng Q (kWh/kg.sp)	Giá thành sản phẩm 103 đ/kg
1	Mít	79,8	21	65	15,0	4,8	180
2	Dứa	84,5	20	65	14,5	4,5	150
3	Xoài	82,6	22	65	16,0	5,2	240

Ghi chú:

- Tiêu tốn năng lượng Q bao gồm năng lượng nhiệt qua calorifer điện trở và năng lượng cho quạt thông gió.
- Sai số đo trong khoảng 5%. Giá thành SP ước tính theo giá bình quân thời vụ.

3.2. Kết quả nghiên cứu công nghệ sấy trái cây bằng phương pháp sấy lạnh

Các loại nguyên liệu được sử dụng giống như trường hợp sấy nhiệt (mục 3.1). Sau khi

qua sơ chế các nguyên liệu mít, dứa và xoài được đưa vào máy sấy HPD (được cài đặt chế độ sấy lạnh) và sấy tới độ ẩm cuối trong khoảng 20–22 % (tương tự sấy nhiệt). Trong thí nghiệm sấy lạnh, các tác giả đã sử dụng hai phương án nguồn cung năng lượng: sử dụng năng lượng từ nguồn đốt ngoài (calorifer điện trở) và sử dụng năng lượng từ dàn nóng của máy lạnh. Kết quả thu được từ 2 phương án thí nghiệm có các thông số công nghệ được ghi trong bảng 2 và 3.

**Bảng 2. Các thông số công nghệ sấy lạnh trái cây sử dụng năng lượng nguồn đốt ngoài**

STT	Nguyên liệu	Độ ẩm ban đầu (%) M1	Độ ẩm sau sấy (%) M2	Nhiệt độ sấy (°C)	Thời gian sấy (h)	Tiêu tốn năng lượng Q (kWh/kg.sp)	Giá thành sản phẩm 10 ³ đ/kg
1	Mít	79,8	21	42	15,5	6,5	240
2	Dứa	84,5	20	42	15,0	6,0	210
3	Xoài	82,6	22	42	16,5	7,2	300

Ghi chú:

- Tiêu tốn năng lượng Q bao gồm năng lượng nhiệt qua calorifer điện trở, năng lượng chạy quạt và năng lượng chạy máy lạnh.
- Sai số đo trong khoảng 5%. Giá thành SP ước tính theo giá bình quân thời vụ.

Bảng 3. Các thông số công nghệ sấy lạnh trái cây sử dụng năng lượng dàn nóng máy lạnh

STT	Nguyên liệu	Độ ẩm ban đầu (%) M1	Độ ẩm sau sấy (%) M2	Nhiệt độ sấy (°C)	Thời gian sấy (h)	Tiêu tốn năng lượng Q (kWh/kg.sp)	Giá thành sản phẩm 10 ³ đ/kg
1	Mít	79,8	21	42	16,0	4,5	210
2	Dứa	84,5	20	42	16,5	4,2	180
3	Xoài	82,6	22	42	17,5	5,0	275

Ghi chú:

- Tiêu tốn năng lượng Q bao gồm năng lượng chạy quạt và năng lượng chạy máy lạnh.
- Sai số đo cho phép trong khoảng 5%.

Sản phẩm mít, dứa và xoài sau khi sấy nhiệt và sấy lạnh đều có đặc tính mềm, đàn hồi (dẻo),

đạt độ ẩm trong khoảng 20–22 %. Tuy nhiên sấy lạnh cho màu sắc sản phẩm gần với tự nhiên hơn sản phẩm từ sấy nhiệt. Khảo sát sơ bộ cho thấy với độ ẩm này, sản phẩm có hạn sử dụng trong khoảng 30 ngày ở nhiệt độ thường, tới 3 tháng ở điều kiện mát (15–20 °C), tới 6 tháng khi bảo quản mát trong túi hút chân không.

**Hình 6. Dứa được sấy bằng máy sấy lạnh****Hình 7. Mít sấy dẻo sử dụng máy sấy lạnh****Hình 8. Xoài sấy dẻo bằng máy sấy lạnh**

3.3. Kết quả nghiên cứu công nghệ sấy trái cây bằng phương pháp chân không

Các loại nguyên liệu được sử dụng trong sấy chân không cũng gần giống với trường hợp sấy nhiệt và sấy lạnh (mục 3.1 và 3.2). Sau khi qua sơ chế các nguyên liệu mít, dứa và xoài được đưa vào máy sấy chân không và được sấy tới độ ẩm cuối trong khoảng 19–21 %. Trong thí nghiệm sấy chân không, nhiệt độ

sấy được cài đặt ở 50 °C, áp suất tuyệt đối ở trong buồng sấy đạt tới 0,02 mmHg, được tạo ra nhờ bơm chân không có công suất 0,75 kW và máy lạnh công suất 0,5 kW dùng đông đá hơi ẩm. Sử dụng nguồn phát tia bức xạ hồng ngoại cung cấp năng lượng cho quá trình sấy với công suất 0,8 kW. Mỗi mẻ có thể sấy được 5 kg nguyên liệu. Kết quả thu được từ thí nghiệm được thể hiện trong bảng 4.

Bảng 4. Các thông số công nghệ sấy trái cây bằng phương pháp chân không

STT	Nguyên liệu	Độ ẩm ban đầu (%) M1	Độ ẩm sau sấy (%) M2	Nhiệt độ sấy (°C)	Thời gian sấy (h)	Tiêu tốn năng lượng Q (kWh/kg.sp)	Giá thành sản phẩm 10 ³ đ/kg
1	Mít	78,5	19	50	12,0	6,5	260
2	Dứa	84,0	18	50	10,5	6,0	230
3	Xoài	80,8	20	50	12,5	7,2	340

Ghi chú:

- Tiêu tốn năng lượng Q bao gồm năng lượng cấp cho bộ phát hồng ngoại, năng lượng chạy bơm chân không và năng lượng chạy máy lạnh ngưng tụ.

- Sai số đo trong khoảng 5%. Giá thành SP ước tính theo giá bình quân thời vụ.

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

Các loại nguyên liệu được sử dụng trong

sấy thăng hoa cũng giống với trường hợp sấy chân không (mục 3.3). Sau khi qua sơ chế các nguyên liệu mít, dứa và xoài được đưa vào làm lạnh tới -40 °C rồi được sấy thăng hoa ở áp suất 0,01–0,02 mmHg. Nhiệt độ buồng sấy được cài 35 °C. độ ẩm cuối của sản phẩm sấy thăng hoa có thể đạt 3 – 5 %, thấp hơn nhiều so với các phương pháp sấy khác. Kết quả thí nghiệm từ sấy thăng hoa trên máy sấy DS – 03 được ghi lại trong bảng 5.

Bảng 5. Các thông số công nghệ sấy trái cây bằng phương pháp sấy thăng hoa

STT	Nguyên liệu	Độ ẩm ban đầu (%) M ₁	Độ ẩm sau sấy (%) M ₂	Nhiệt độ sấy (°C)	Thời gian sấy (h)	Tiêu tốn năng lượng Q (kWh/kg.sp)	Giá thành sản phẩm 10 ³ đ/kg
1	Mít	78,5	4,5	35	18,5	39,5	760
2	Dứa	84,0	4,0	35	18,0	36,0	680
3	Xoài	80,8	5,5	35	20,0	42,2	1020

Ghi chú:

- Tiêu tốn năng lượng Q bao gồm năng lượng nhiệt cung cấp cho quá trình thăng hoa,

thông qua khay sấy điện trở, năng lượng chạy máy lạnh đông nguyên liệu và năng lượng máy hút chân không.



- Sai số đo trong khoảng 5%. Giá thành SP ước tính theo giá bình quân thời vụ.

Sản phẩm mít, dứa và xoài sau khi sấy thăng hoa đặc tính xốp, khô giòn, đạt độ ẩm trong khoảng 2–6 %. Màu sắc sản phẩm gần như màu tự nhiên. Hình dạng và thể tích sản

phẩm ít thay đổi so với ban đầu. Sản phẩm có khả năng hoàn nguyên cao. Tóm lại chất lượng sản phẩm sấy thăng hoa cho chất lượng sản phẩm tuyệt đối cao hơn các phương pháp khác. Hạn chế của phương pháp sấy thăng hoa là chi phí đầu tư và chi phí vận hành đều cao.



Hình 9. Máy sấy thăng hoa và sản phẩm của công nghệ sấy thăng hoa (đồng trùng hạ thảo, trái cây cao cấp ...)

3.5. Phân tích chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật mặt hàng khô trái cây theo các công nghệ sấy

Từ các kết quả nghiên cứu thực nghiệm sấy trái cây bằng các công nghệ sấy khác nhau, có thể thấy rằng chất lượng mặt hàng phụ thuộc nhiều vào công nghệ sấy. Chất lượng sản phẩm (bao gồm chất lượng dinh dưỡng và chất lượng cảm quan) tăng lên từ trái cây sấy nhiệt tới sấy lạnh và sấy chân không, chất lượng cao nhất là

sản phẩm được sấy thăng hoa. Dĩ nhiên, chi phí đầu tư ban đầu và chi phí vận hành cũng tăng lên theo chiều tăng chất lượng sản phẩm. Để có bức tranh so sánh một cách tương đối các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật khi sấy trái cây bằng các công nghệ nói trên, giả định lấy các chỉ tiêu của sấy nhiệt làm đơn vị cơ sở (hệ số 1), ta có thể ước lượng các thông số tương ứng với các loại hình công nghệ còn lại như thể hiện trong bảng 6.

Bảng 6. Phân tích các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của các loại hình công nghệ sấy

STT	Loại hình công nghệ	Chi phí đầu tư ban đầu	Chi phí vận hành	Chi phí khác	Giá thành tương đối (hệ số quy đổi)	Ước lượng thị phần nội địa (%)	Ước lượng thị phần xuất khẩu (%)
1	Sấy nhiệt	1	1	1	1	40 – 50	10 – 20
2	Sấy lạnh	2 – 2,5	1,2	1,2	1,1 – 1,3	30 – 40	50 – 60
3	Sấy chân không	3 – 4	1,5	1,5	1,3 – 1,5		
4	Sấy thăng hoa	6 – 8	5 – 7	2,0	3 – 4	10 – 20	30 – 40

IV. KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT

Qua nghiên cứu các loại hình công nghệ sấy được áp dụng trong sản xuất sản phẩm khô trái cây, có thể rút ra một số kết luận sau:

1) Sấy nhiệt đối lưu là phương pháp đơn giản với vốn đầu tư, chi phí vận hành (bao gồm chi phí năng lượng, nhân công, bảo trì bảo dưỡng) thấp nhất. Ngược lại chất lượng sản phẩm không được đánh giá cao, đặc biệt là chất lượng cảm quan (màu sắc, mùi vị) kém hấp dẫn. Tuy nhiên do giá thành sản phẩm thấp phù hợp số đông dân cư nên hiện tại mặt hàng trái cây sấy nhiệt vẫn chiếm tỷ lệ lớn ở thị trường nội địa.

2) Sấy thăng hoa được đánh giá là công nghệ sấy tiên tiến nhất hiện nay, cho sản phẩm với chất lượng hoàn hảo. Tuy nhiên thiết bị phức tạp, chi phí đầu tư ban đầu và chi phí vận hành đều cao hơn nhiều lần so với các loại hình sấy khác, dẫn đến giá thành sản phẩm cao. Hiện nay sản phẩm sấy thăng hoa thường là các mặt hàng cao cấp, thị trường tiêu thụ nhắm đến khách hàng trung lưu trở lên và xuất khẩu sang các nước phát triển.

3) Sấy lạnh và sấy chân không có chi phí đầu tư ban đầu và chi phí vận hành không lớn hơn nhiều so với sấy nhiệt, chất lượng sản phẩm lại cao hơn hẳn sản phẩm sấy nhiệt, đảm bảo an toàn vệ sinh thực phẩm theo tiêu chuẩn VN cũng như quốc tế. Vì vậy hai loại hình công nghệ này dự đoán sẽ được áp dụng ngày càng phổ biến trong chế biến sản phẩm khô trái cây nói riêng và thực phẩm nói chung.

Để phát triển nông nghiệp một cách bền vững, công nghệ chế biến trong đó có chế biến trái cây đóng vai trò hết sức quan trọng. Vì vậy, rất cần thiết tiếp tục có các nghiên cứu sâu hơn về các công nghệ và thiết bị sấy mang lại hiệu quả kinh tế và xã hội.

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] 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>
- [11] 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>
- [12] 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>
- [13] Nguyễn Văn Hòa (2019), Sản xuất xoài ở một số nước Đông Nam Á và Việt Nam; Viện Cây ăn quả miền Nam.
- [14] Lê Đức Trung và tđk (2023), Công nghệ và thiết bị sấy nông sản thực phẩm chất lượng cao, *Tạp chí khoa học đại học Cửu Long*.

Ngày nhận bài: 17/12/2023

Ngày gửi phản biện: 18/12/2023

Ngày duyệt đăng: 11/01/2024