

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM ĐỘNG HỌC QUÁ TRÌNH SẤY CÀ RỐT BẰNG BƠM NHIỆT KIỂU BẬC THANG

RESEARCH ON KINETIC OF CARROT SLICES DRYING PROCEES BY STEP HEAT PUMP

Trương Minh Thắng

Trường Đại học Giao thông Vận tải

Ngày nhận bài: 18/4/2018, Ngày chấp nhận đăng: 19/5/2018, Phản biện: TS. Bùi Mạnh Tú

Tóm tắt:

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu động học quá trình sấy (QTS) cà rốt dạng thái lát trong thiết bị bơm nhiệt kiểu bậc thang. Thí nghiệm được thực hiện ở chiều dày lát cà rốt 1cm với các kết quả sấy ở các mức nhiệt độ khác nhau của tác nhân sấy (TNS) ứng với các chế độ làm việc khác nhau của hệ thống sấy HTS-GT-01.

Từ khóa:

Động học sấy, sấy bơm nhiệt, sấy sà rốt, bơm nhiệt kiểu bậc thang, vận hành bơm nhiệt.

Abstract:

This paper introduced the results of studies on experimental kinetic of carrot slices in step heat pump drying process. The 1 cm carrot slices used to experiment performed at different temperatures of air drying at available operating mode of HTS-GT-01.

Keywords:

Drying kinetic, heat pump drying, carrot drying, step heat pump, heat pump operation.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cà rốt là một trong những loại thực phẩm được đánh giá là giàu chất dinh dưỡng nhất trong các loại rau quả và cũng được trồng khá phổ biến. Ở Việt Nam thời vụ từ tháng giêng đến tháng bảy, hạt cà rốt sẽ nảy mầm sau khoảng 2 tuần và bắt đầu thành củ trong khoảng từ 2 đến 3 tháng. Năng suất thu hoạch của cà rốt có thể lên tới 30÷40 tấn củ/ha và 0,2÷0,8 tấn hạt/ha. Ở miền bắc Việt Nam có tỉnh Hải Dương là một trong những địa phương có sản

lượng và vùng chuyên canh cây cà rốt rất lớn do giá trị kinh tế của cà rốt mang lại. Trong củ cà rốt có khoảng 80÷90% nước; 0,046 độ axit trung tính bằng axit sunfuaric; chất đạm 1÷1,87%; chất béo 0,02÷0,08%; glyxit tính theo tinh bột khoảng 6÷9,3%; xenluloza 1,4÷1,6%; tro 0,9÷1,03%; tinh dầu cà rốt có mùi thơm nồng và mạnh với hàm lượng khoảng 0,8÷1,6% thành phần chủ yếu là pinen, limonen, daucola và glycol; chất màu có tính thể quan trọng là β -caroten; các men

pectaza, oxydaza; các enzym. Ngoài ra người ta còn phát hiện một chất insulin thực vật có tác dụng giảm 1/3 đường trong máu [1]. Tuy nhiên, do điều kiện và phương tiện bảo quản, chế biến tại chỗ còn rất hạn chế nên lượng hao hụt do không có phương pháp phù hợp còn khá lớn. Vì vậy nghiên cứu, xác định phạm vi thông số làm việc của hệ thống sấy phục vụ cho quá trình chế biến, bảo quản cà rốt là rất cần thiết.

Việc nghiên cứu thực nghiệm QTS là một nội dung quan trọng nhằm xác định được chính xác mối quan hệ giữa sự biến đổi ẩm của vật liệu sấy (VLS) theo thời gian sấy (TGS). Những kết quả đó đã giúp cung cấp thông tin về các thông số cần được lựa chọn sao cho phù hợp với điều kiện làm việc của hệ thống sấy (HTS) của VLS để đảm bảo chất lượng và hiệu quả của toàn bộ QTS.

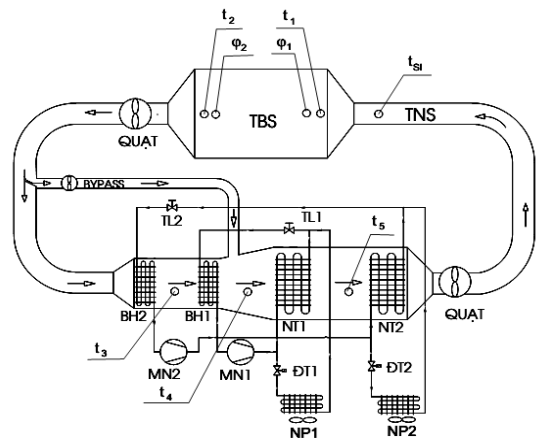
Với mục đích đó, bài báo này nhằm cung cấp thông tin về các kết quả nghiên cứu thực nghiệm của QTS cà rốt dạng thái lát trên thiết bị bơm nhiệt kiểu bậc thang HTS-GT-01 do tác giả xây dựng.

2. GIẢI QUYẾT VẤN ĐỀ

2.1. Giới thiệu thiết bị sấy HTS-GT-01

Thiết bị sấy bơm nhiệt kiểu ghép tầng được xây dựng tại Phòng thực hành của Bộ môn Kỹ thuật nhiệt - Khoa Cơ khí - Trường Đại học Giao thông Vận tải có ký hiệu HTS-GT-01. Thiết bị bao gồm 02 máy nén (MN) xoắn ốc có năng suất lạnh 2,18 kW, sử dụng môi chất R22. Mỗi máy nén được mắc độc lập với 01 dàn ngưng tụ (NT) chính, 01 dàn bay hơi (BH) và 01

dàn ngưng tụ phụ (NP). Việc tiết lưu môi chất lạnh được thực hiện thông qua van tiết lưu tay (TL), điều chỉnh nhiệt thải ra qua dàn NP bằng van điện từ (ĐT). Đường đi của TNS được thiết kế sao cho TNS qua từng dàn lạnh tương ứng của các máy và lần lượt đi qua dàn nóng để tăng nhiệt độ TNS trước khi vào TBS. Trên đường hồi của TNS có bố trí một đường đi tắt bypass, thông số kỹ thuật và sơ đồ nguyên lý của thiết bị sấy bơm nhiệt HTS GT-01 được giới thiệu chi tiết trong [2], ở đây chỉ giới thiệu sơ đồ tổng thể của thiết bị sấy và các điểm đo trong hình 1.



Hình 1. Sơ đồ bố trí điểm đo của HTS GT-01

HTS GT-01 sử dụng thiết bị đo nhiệt độ bằng cân nhiệt loại T cho ra kết quả trên đồng hồ hiển thị nhiệt độ Delta DTA9696. Nhiệt độ, áp suất môi chất lạnh tại các dàn BH và tại đầu đẩy, đầu hút của MN được đo bằng nhiệt kế, áp kế. Nhiệt độ và độ ẩm của TNS trước khi và sau khi vào TBS được đo bằng cặp nhiệt và ẩm kế. Khối lượng vật liệu sấy và lượng ẩm tách ra được cân bằng cân điện tử có độ phân giải đến 0,1 g. Các thiết bị đo nhiệt độ và độ

âm đã được so sánh đánh giá với thiết bị đo đa năng TSI sau khi kiểm định chất lượng của TSI tại Tổng cục Tiêu chuẩn đo

lượng chất lượng. Thông số cụ thể cho trong bảng 1.

Bảng 1. Các thiết bị đo trên HTS-GT-01

1	Thiết bị đo đa năng TSI	Model	TSI_8347	3	Cân điện tử	Dải đo khối lượng, kg	0→3
		Xuất xứ	Mỹ			Sai số, %	±1
		Dải đo nhiệt độ, °C	-10 ÷ 60			Xuất xứ	Trung Quốc
		Sai số, %	± 3			Số lượng, cái	01
		Dải đo độ ẩm, %	0 ÷ 95	4	Nhiệt kế	Đồng hồ hiển thị	Delta_DTA9696
		Sai số, %	±1			Xuất xứ	Mỹ
		Dải đo tốc độ, m/s	0÷30			Số lượng, cái	01
		Sai số,%	± 2			Loại can nhiệt	loại T
2	Áp kế	Xuất xứ	Trung Quốc			Số lượng, cái	45
		Dải đo, bar	0 ÷ 35			Dải đo nhiệt độ, °C	-50÷200
		Số lượng, cái	04			Sai số, %	±2



Hình 2. Hệ thống sấy HTS-GT-01

Cơ sở lựa chọn, sử dụng HTS bơm nhiệt kiểu ghép tầng HTS-GT-01, đánh giá khả năng tiết kiệm năng lượng của hệ thống này đã được trình bày trong [2] và nghiên cứu lý thuyết về động học QTS trong [3]. Ở đây chỉ tập trung vào giới thiệu các kết quả nghiên cứu thực nghiệm QTS cả rút ứng với một số chế độ làm việc khác nhau của HTS-GT-01. Các kết quả nghiên cứu này được trình bày dưới đây.

2.2. Nghiên cứu thực nghiệm

Các chế độ làm việc khác nhau của thiết bị sấy HTS-GT-01 được phân ra từ 1-9, ứng với các điều kiện đóng (OFF) và mở (ON) của các thiết bị trên hệ thống, các chế độ này được cho trong bảng 2.

VLS là cả rót có các thông số như sau: chiều dày $2\delta_0 = 10$ mm; đường kính trung bình $D = 50$ mm; độ chứa ẩm ban đầu trung bình VLS $M_0 = 6,33$ kg/kgVLK

hay $w_0 = 86,4\%$; độ chứa ẩm cuối $M_{end} = 0,136$ kg/kgVLK ứng với $w_{end} = 12\%$. Điều chỉnh nhiệt độ TNS của hệ thống sấy bơm nhiệt thường phụ thuộc rất nhiều yếu tố, do vậy đối với HTS-GT-01 thực nghiệm được tiến hành với các điều kiện làm việc hoàn toàn ON hoặc OFF của các thiết bị trong bảng 2. Nhiệt độ của TNS dao động trong phạm vi từ $40^\circ\text{C} \div 50^\circ\text{C}$. Tốc độ TNS được lựa chọn là 1,5 m/s.

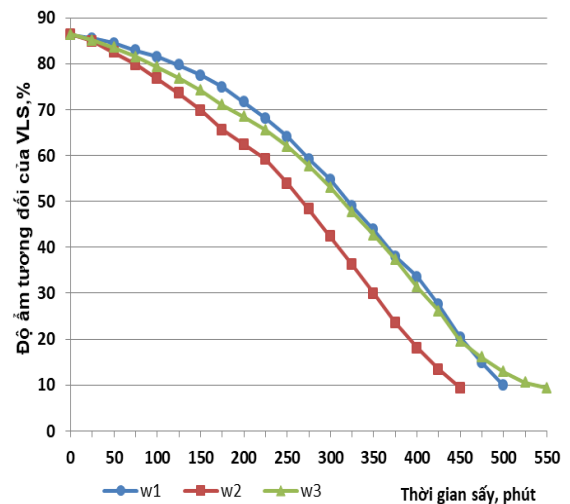
Bảng 2. Chế độ vận hành trên HTS-GT-01

TT	Hoạt động của các dàn trao đổi nhiệt					
	NT2	NP2	NT1	NP1	BH2	BH1
1	ON	OFF	ON	OFF	ON	ON
2	ON	OFF	ON	ON_KQ	ON	ON
3	ON	OFF	ON	ON_CQ	ON	ON
4	ON	ON_KQ	ON	ON_KQ	ON	ON
5	ON	ON_KQ	ON	ON_CQ	ON	ON
6	ON	ON_CQ	ON	ON_CQ	ON	ON
7	ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF
8	ON	ON_KQ	OFF	OFF	ON	OFF
9	ON	ON_CQ	OFF	OFF	ON	OFF

2.2.1. Kết quả thực nghiệm HTS-GT-01 hoạt động 2 BH tương ứng thứ tự 1-3 trong bảng 2

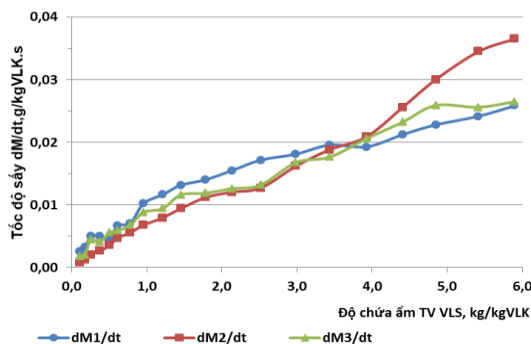
Kết quả thực nghiệm QTS cả rôt khi HTS-GT-01 hoạt động ở chế độ 1-3, tức là cả 2 BH đều hoạt động được biểu diễn trên đồ thị hình 3. TGS nhanh nhất ở chế độ 2 với 430 phút để độ ẩm VLS đạt tới 12%, lâu nhất là chế độ 3 với 515 phút sấy và nằm ở giữa hai chế độ này là chế độ 1 cần 490 phút để kết thúc. Điều này có được là do ở chế độ 2, dàn NP1 giải

hiệt chậm làm tăng nhiệt độ của TNS trước khi vào TBS dẫn đến thể sấy tiếp tục được tăng cao, nhiệt độ trung bình TNS trong chế độ này đo được là $48,8^\circ\text{C}$. Bên cạnh đó nhiệt độ của chế độ 3 là $43,9^\circ\text{C}$, nhiệt độ của chế độ 1 chỉ đạt $46,2^\circ\text{C}$.



Hình 3. Đường cong sấy với chế độ vận hành từ 1-3

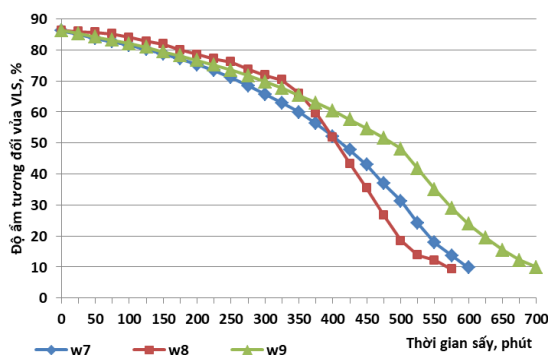
Mặt khác, theo kết quả thí nghiệm cả 3 chế độ này đều không xuất hiện giai đoạn đốt nóng và giai đoạn tốc độ sấy không đổi. Ở đây chúng đều nằm trong giai đoạn tốc độ sấy giảm dần, hình 4. Tuy nhiên, đường cong biểu diễn các giá trị tốc độ sấy ở chế độ 2 cao nhất và giảm nhanh nhất. Tốc độ sấy lớn nhất ở chế độ này là 0,0365 kg/kgVLK.s, chế độ 3 và 1 lần lượt bằng 0,0261 và 0,0258 kg/kgVLK.s. Tất cả các tốc độ này đều nằm ở khoảng thời gian đầu tiên của QTS, điều này là do lúc đầu, độ ẩm của VLS còn khá lớn, thể sấy khá cao nên ẩm rất dễ bay hơi ra ngoài.



Hình 4. Đường cong tốc độ sấy ở chế độ vận hành 1-3

2.2.2. Kết quả thực nghiệm HTS-GT-01 hoạt động 1 BH tương ứng thứ tự 7-9 trong bảng 2

Khi chỉ có một BH làm việc (chế độ 7-9), kết quả cho thấy chúng đều có chung đặc điểm là TGS để độ ẩm VLS đạt tới 12% tốn nhiều thời gian hơn so với chế độ 2 BH cùng làm việc. Nguyên nhân là do chỉ có một BH làm việc nên khả năng tách ẩm của thiết bị đã giảm xuống. Trên hình 5 thể hiện đường cong sấy của cả ba chế độ thực nghiệm là chế độ 7, 8 và 9. Kéo dài nhất là 675 phút, chế độ ngắn hơn là 7 với 575 phút và ngắn nhất là cần 550 phút ở chế độ 8. Nhiệt độ trung bình của TNS lần lượt bằng 39,9°C, 49,6°C và 42,8°C cho các chế độ 9, 8 và 7.

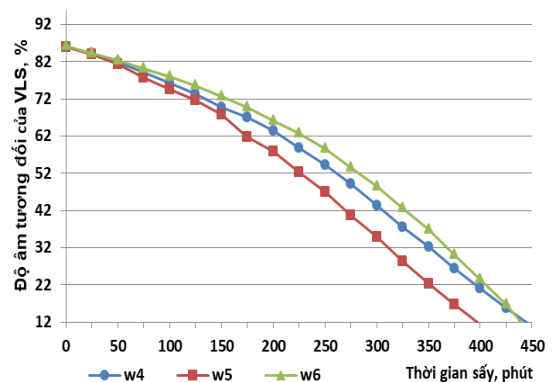


Hình 5. Đường cong sấy với chế độ vận hành từ 7-9

Tốc độ sấy trong cả ba chế độ này có giá trị trung bình bằng 0,0235, 0,0246 và 0,0202 g/kgVLK tương ứng với chế độ 7, 8 và 9. Trong đó giá trị lớn nhất được ghi nhận ở chế độ 7 là 0,0553 g/kgVLK, chế độ 8 là 0,046 g/kgVLK và 0,0453 g/kgVLK ở chế độ 9.

2.2.3. Kết quả thực nghiệm HTS-GT-01 hoạt động 2 BH tương ứng thứ tự 4-7 trong bảng 2

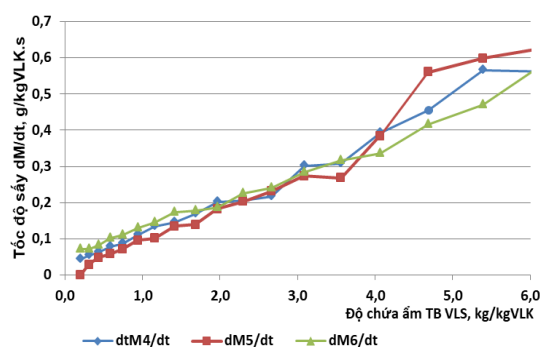
Với chế độ 2 BH làm việc (chế độ 4-7) chế độ 2 bậc thay đổi nhiệt độ TNS, kết quả thực nghiệm cho thấy TGS để độ ẩm VLS đạt tới 12% khá nhanh, chế độ 4 và 6 gần như cùng có thời gian như nhau là 440 phút và 437 phút trong khi ở chế độ 5 mất có 395 phút, hình 6. Khi cả 2 BH cùng hoạt động, việc TNS được biến đổi nhiệt độ theo bậc đã tạo điều kiện cho việc tách ẩm ở mỗi BH được ổn định và tốt hơn so với trường hợp chỉ có 1 BH. Nhiệt độ trung bình của TNS đo được là 48,9°C, 50,5°C và 40,7°C ở chế độ 4, 5 và 6.



Hình 6. Đường cong sấy với chế độ vận hành từ 4-7

Khi tính toán tốc độ sấy, kết quả của cả 3 chế độ sấy đều thể hiện tốc độ khá tương

đồng, độ biến thiên của đường cong biểu diễn tốc độ sấy chỉ khác nhau chủ yếu ở phần đầu QTS khi mà độ chứa ẩm TB VLS ở phạm vi $6,33 \div 4,0$ kg/kgVLK. Sau khi qua giai đoạn giảm ẩm này tốc độ sấy của 3 chế độ gần như biến thiên như nhau, chỉ khác nhau về giá trị. Giá trị tốc độ sấy trung bình ở chế độ 4 và 6 bằng nhau và bằng 0,23 g/kgVLK.s trong khi ở chế độ 5 là 0,24 g/kgVLK.s.



Hình 7. Đường cong tốc độ sấy với chế độ vận hành từ 4-7

2.2.4. Nhận xét chung

Kết quả nghiên cứu thực nghiệm QTS cà rốt dạng thái lát trong hệ thống sấy HTS-GT-01 đối với 09 chế độ vận hành khác nhau cho thấy không ghi nhận được sự xuất hiện của giai đoạn sấy tốc độ không đổi và giai đoạn đốt nóng. Kết quả này cũng phù hợp với công bố của tác giả Trần Văn Phú [4] hay của Tadeusz Kudra và cộng sự [5] đây cũng là đặc trưng cho

vật liệu ẩm có cấu trúc dạng keo xốp mao dẫn. Ở tất cả các chế độ từ 1-6, (sử dụng cả 2 BH hoặc biến thiên nhiệt độ theo bậc) đã làm cho khả năng tách ẩm của hệ thống tăng lên rõ rệt khi so với trường hợp chỉ sử dụng một 01 BH. Điều này thể hiện qua giá trị của tốc độ sấy như đã được phân tích ở trên. Nhiệt độ của TNS luôn là yếu tố quyết định đến TGS, nhiệt độ càng cao TGS càng giảm, tuy nhiên điều đó còn phụ thuộc vào yêu cầu công nghệ và đặc tính sản phẩm sấy. Các giá trị này cần lựa chọn sao cho phù hợp với mỗi loại sản phẩm cụ thể.

3. KẾT LUẬN

Qua nghiên cứu động học QTS cà rốt dạng lát có chiều dày 1cm trên hệ thống sấy HTS-GT-01 bài báo này đã làm rõ được sự biến đổi ẩm của cà rốt trong khi sấy, chỉ ra tác dụng tách ẩm rất tốt của HTS-GT-01 khi làm việc ở chế độ có 2 BH cùng làm việc so với chế độ chỉ có 01 BH làm việc; Khẳng định cà rốt khi sấy chỉ tồn tại một giai đoạn tốc độ sấy giảm dần, một đặc trưng của vật liệu keo xốp mao dẫn; Xác định chế độ làm việc hiệu quả và đảm bảo chất lượng, màu sắc mùi vị của cà rốt khi sấy trên HTS-GT-01 là chế độ 5, với nhiệt độ trung bình TNS khi vào TBS là 50,5°C, tốc độ duy trì ở 1,5 m/s.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Phạm Anh Tuấn, Nghiên cứu ứng dụng công nghệ sấy bơm nhiệt tuần hoàn kín để nâng cao chất lượng một số rau quả Việt Nam. Luận án TSKT, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, 2009.

- [2] Trương Minh Thắng, Nguyễn Mạnh Hùng. Nghiên cứu xây dựng mô hình hệ thống sấy lạnh dùng bơm nhiệt hoạt động theo chu trình bậc thang và phương pháp sấy mới tiết kiệm năng lượng. Tạp chí Khoa học Giao thông Vận tải, số 40 tháng 12/2012.
- [3] Trương Minh Thắng, Nguyễn Mạnh Hùng. Nghiên cứu động học quá trình sấy bơm nhiệt trên cơ sở mô hình truyền nhiệt truyền chất liên hợp có kể đến co ngót, Tạp chí Khoa học Giao thông Vận tải, số 41 tháng 3/2013.
- [4] Trần Văn Phú. Tính toán và thiết kế hệ thống sấy. NXB Giáo dục, Hà Nội, 2001.
- [5] Tadeusz Kudra, Arun S. Mujumdar (2009) Advanced Drying Technologies, 2nd Edition. Taylor & Francis Group, LLC.

Giới thiệu tác giả:



Tác giả Trương Minh Thắng tốt nghiệp Trường Đại học Bách khoa Hà Nội năm 2002 ngành công nghệ nhiệt; nhận bằng Thạc sỹ Kỹ thuật nhiệt năm 2005, bằng Tiến sỹ Kỹ thuật nhiệt năm 2015.

Lĩnh vực nghiên cứu: truyền nhiệt - truyền chất, kỹ thuật sấy, giải bài toán truyền nhiệt bằng phương pháp số; quản lý, vận hành và sử dụng tiết kiệm năng lượng trong hệ thống kỹ thuật công trình xây dựng dân dụng.