

NGHIÊN CỨU CHẾ ĐỘ HOẠT ĐỘNG MÁY SẤY BUỒNG ĐỐI VỚI HÀNH LÁ THEO NGUYÊN LÝ BƠM NHIỆT

Nguyễn Thị Út Hiền – Trần Đức Độ

Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm Tp. HCM

Ngày gửi bài: 25/3/2016

Ngày chấp nhận đăng: 15/6/2016

TÓM TẮT

Bài báo này trình bày về các thử nghiệm sấy hành lá ở nhiều chế độ sấy khác nhau thông qua việc điều chỉnh thông số nhiệt độ tác nhân sấy và vận tốc sấy nhằm tìm chế độ hoạt động hợp lý của mô hình sấy buồng theo nguyên lý bơm nhiệt. Từ các kết quả thực nghiệm có được, chúng tôi đã tiến hành so sánh và kiểm tra tính khả thi của mô hình, hiệu quả năng lượng và chất lượng sản phẩm sấy. Đồng thời, thông qua việc xử lý và phân tích các kết quả thí nghiệm để đánh giá các yếu tố như: nhiệt độ tác nhân sấy, tốc độ sấy ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm sấy (màu sắc, mùi vị, thành phần vitamin C) và hiệu quả hệ thống sấy (thời gian sấy, điện năng tiêu thụ).

Từ khóa: Thí nghiệm sấy hành lá, chế độ hoạt động của máy sấy bơm nhiệt, nhiệt độ tác nhân sấy, tốc độ tác nhân sấy.

ABSTRACT

This paper presents a lot of experiments for drying of scallions at various drying modes, through controlling the temperature and velocity of the drying air, aims to determine the operating mode of the heat pump dryer chamber. Based on the results from these experiments, we also have compared and checked the feasibility for the model of heat pump dryer chamber. Beside, we also consider the energy efficiency and the quality of dried products. At the same time, through the processing and analysis of results of these experiments for scallions, we also evaluated factors such as the temperature and velocity of the drying air, which affect to the quality of drying products (color, taste, ingredients vitamin C) and effective drying system (drying time, power consumption).

Key words: drying experiment of scallions, operating mode of heat pump dryer, , temperature and velocity of the drying air .

1. GIỚI THIỆU

Rau quả được sấy bằng công nghệ sấy ở nhiệt độ thấp theo nguyên lý bơm nhiệt với nhiệt độ ổn định làm cho các vật liệu sấy bay hơi, không gây hiệu ứng quá nhiệt đối với các thành phần khác của sản phẩm, cho phép duy trì phần lớn các tính chất sinh học, màu sắc, hương vị tự nhiên của sản phẩm [3].

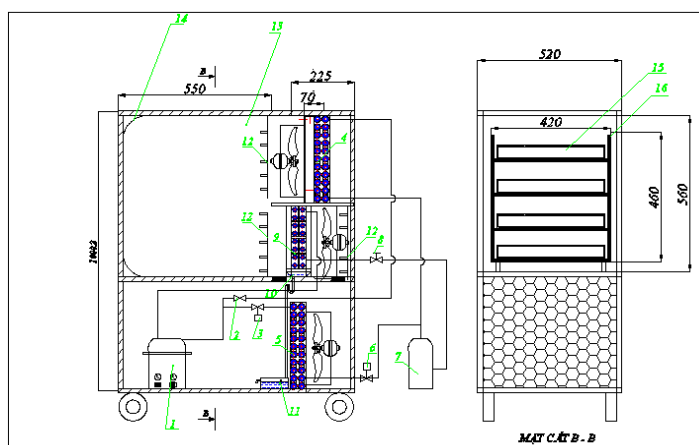
Trong nghiên cứu của chúng tôi, một mô hình thực nghiệm đã được thực hiện để áp dụng cho thử nghiệm mô hình sấy buồng theo nguyên lý bơm nhiệt. Nội dung của nghiên cứu chủ yếu tập trung vào việc khảo nghiệm các ảnh hưởng của nhiệt độ của tác nhân sấy, tốc độ tác nhân sấy đối với sản phẩm sấy với sản phẩm cụ thể là hành lá. Để thực hiện điều này, chúng tôi đã thực hiện 6 thí nghiệm với các chế độ sấy ở các nhiệt độ, tốc độ tác nhân sấy sau buồng sấy và khối lượng vật liệu sấy khác nhau, để từ đó xây dựng đồ thị đường cong sấy nhằm tìm ra nhiệt độ và vận tốc tác nhân sấy phù hợp cho sản phẩm sấy, đồng thời lựa chọn được chế độ hoạt động hợp lý của mô hình sấy buồng theo nguyên lý bơm nhiệt.

2. THIẾT LẬP THỰC NGHIỆM

2.1. Mô tả thiết lập

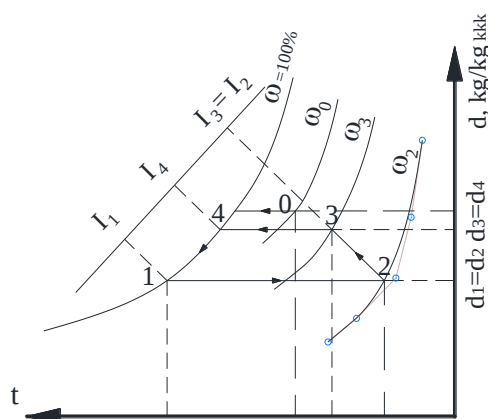
Máy sấy làm việc với năng suất 1,2kg/m², tác nhân sấy đi ngang khay. Buồng sấy gồm 4 khay hình chữ nhật có kích thước dài x cao x rộng= 300mm x 300mm x 50mm, mặt sàn khay sấy được làm bằng lưới inox. Bề ngoài của buồng sấy được bọc cách nhiệt bằng bông thủy tinh. Tác nhân sấy được lưu thông nhờ 2 quạt hướng trục. Bộ phận bơm nhiệt gồm máy nén có công suất tiêu thụ điện 1,1kW, quạt dàn bay hơi và dàn ngưng. Dàn ngưng được chia làm 2 dàn (dàn ngưng chính và dàn ngưng phụ). Dàn ngưng chính dùng để gia nhiệt cho tác nhân sấy, dàn ngưng phụ được quạt (5) thổi qua để giải nhiệt cho môi chất lạnh. Quạt dàn lạnh, quạt dàn nóng chính có gắn các dimmer thay đổi vận tốc tác nhân sấy [4]. Mô hình sấy buồng theo nguyên lý bơm nhiệt hoạt động có nhiệt độ tác nhân sấy có thể điều chỉnh dễ dàng trong khoảng từ 300 ÷ 400C, tốc độ tác nhân sấy sau buồng sấy điều chỉnh được từ 0,5 ÷ 1,5m/s (tương ứng tốc độ tác nhân sấy trước buồng sấy điều chỉnh được từ 1,5 ÷ 3,0m/s).

2.2. Sơ đồ nguyên lý và vị trí lắp các cảm biến đo



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý và vị trí lắp các cảm biến đo các thông số

Sơ đồ nguyên lý của thực nghiệm [1], [2] được minh họa chi tiết như trong hình 1. Trong đó, các vị trí thiết bị cụ thể là: 1. Máy nén, 2. Van chặn dàn nóng chính, 3. Van điện từ, 4. Dàn nóng chính, 5. Dàn nóng phụ, 6. Van điện từ, 7. Bình chứa cao áp, 8. Van tiết lưu, 9. Dàn lạnh, 10. Máng đựng nước ngưng, 11. Bình chứa nước ngưng, 12. Vị trí lắp các cảm biến, 13. Buồng sấy, 14. Cánh dẫn hướng, 15. Khay chứa vật liệu sấy, 16. Giá đỡ khay.



Hình 2. Đồ thị t-d quá trình sấy lý thuyết theo nguyên lý bơm nhiệt

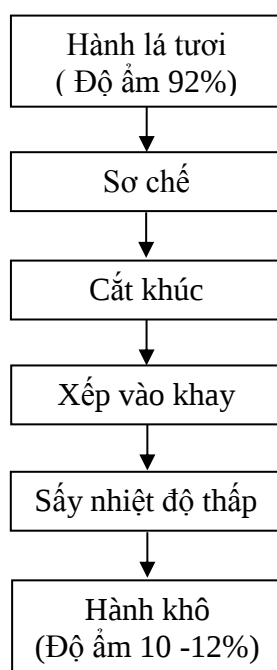
Chi tiết các thông số của thiết bị thực nghiệm và các thông số cần đo được mô tả trong bảng 1.

Bảng 1: Các thông số cần đo và thông số của thiết bị đo

STT	Kí hiệu	Vị trí cần đo	Thiết bị đo	Dải đo hiển thị	Độ phân giải	Hãng sản xuất
1	t_1	Nhiệt độ TNS sau dàn lạnh	Cặp nhiệt loại T	-35°C ÷ 100°C	0,1°C	Eliweli Trung Quốc
2	t_2	Nhiệt độ TNS sau buồng sấy	Cặp nhiệt loại T	-35°C ÷ 100°C	0,1°C	Eliweli Trung Quốc
3	t_3	Nhiệt độ TNS trước buồng sấy	Cặp nhiệt loại T	-35°C ÷ 100°C	0,1°C	Eliweli Trung Quốc
4	ϕ_3	Độ ẩm TNS sau dàn nóng	Độ ẩm không khí	0 ÷ 100%	1%	FOX (Mỹ)
5	ω_1	Vận tốc TNS sau buồng sấy	Vận tốc kế	0,01m/s ÷ 50m/s	1%	FOX (Mỹ)
6	ω_3	Vận tốc TNS trước buồng sấy	Vận tốc kế	0,01m/s ÷ 50m/s	1%	UKAS (Đài Loan)
7	p_0	Áp suất thấp áp	Áp kế	30in Hg ÷ 120psi	5%	Cool-max (Đài Loan)
8	p_k	Áp suất cao áp	Áp kế	30in Hg ÷ 500psi	5%	Cool-max (Đài Loan)

2.3. Quy trình sấy

Quy trình sấy của các thực nghiệm thực hiện trong nội dung của nghiên cứu này được mô tả cụ thể như hình 3.

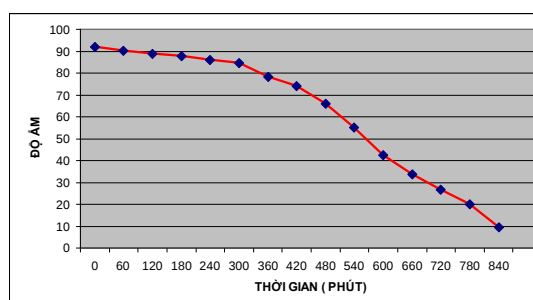
**Hình 3. Quy trình sấy hành lá [3]****3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN****3.1. Kết quả**

Thí nghiệm 1

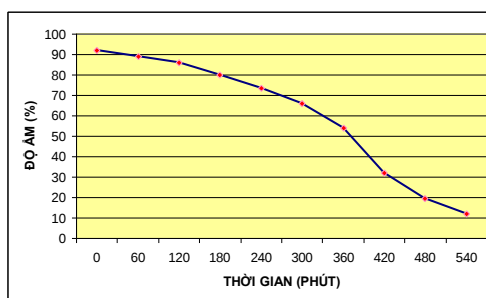
- + Thí nghiệm này được thực hiện ở nhiệt độ 40°C , tốc độ tác nhân sấy sau buồng sấy $\omega = 0,5\text{m/s}$, khối lượng vật liệu sấy $G = 1220\text{g}$,
- + Tổng khối lượng hành trên 4 khay là 1220g , được sắp xếp vào 4 khay, khay 1 = 305g , khay 2 = 310g , khay 3 = 305g , khay 4 = 300g ,
- + Độ ẩm ban đầu 92% , sấy xuống ẩm độ $9,63\%$.

Bảng 2: Bảng thông số thí nghiệm 1

Thời gian sấy (phút)	t_1 ($^{\circ}\text{C}$)	ϕ_1 (%)	t_2 ($^{\circ}\text{C}$)	ϕ_2 (%)	t_3 ($^{\circ}\text{C}$)	ϕ_3 (%)	t_o ($^{\circ}\text{C}$)	t_k ($^{\circ}\text{C}$)	I (A)	E (kWh)
0	29	69	29	69	29	69	-	-	0	0
60	8	90	35	26	40	8	-1,2	44,6	5,2	1,2
120	8	90	37	27	40	8	-1,2	44,6	5,2	1,1
180	10	90	36	26	39	9	-6,02	39,1	5,1	1,3
240	12	94	37	28	39,5	11	-7,06	38,1	4,9	1,0
300	14	86	37	26	39	11	-6,54	38,1	4,8	1,2
360	14	86	39	27	40	8	1,0	39,7	5,0	1,1
420	16	86	40	28	38,7	8	0,13	41,0	5,0	1,3
480	16	87	39	26	40	11	0,13	45,5	5,5	1,3
540	8	83	40	20	41	11	-3,07	41,0	5,0	1,0
600	9	83	39	19	40	11	-0,67	39,7	4,8	1,3
660	9	83	39	17	40	7	1,0	42,8	5,0	1,2
720	12	83	39	17	39,5	10	1,0	42,8	5,0	1,3
780	12	83	39	15	39,5	10	1,0	42,8	5,0	1,2
840	12	83	39	14	40	7	1,0	42,8	5,0	1,3

**Hình 4. Đồ thị giảm ẩm của thí nghiệm 1****Thí nghiệm 2**

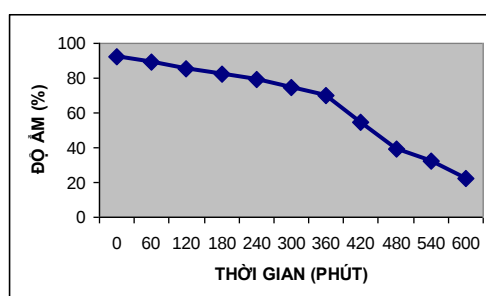
- + Thí nghiệm này được thực hiện ở nhiệt độ 40°C , tốc độ tác nhân sấy sau buồng sấy $\omega = 1,0\text{m/s}$, khối lượng vật liệu sấy $G = 1250\text{g}$.



Hình 5. Đồ thị giảm ẩm trung bình của các khay trong thí nghiệm 2

Thí nghiệm 3

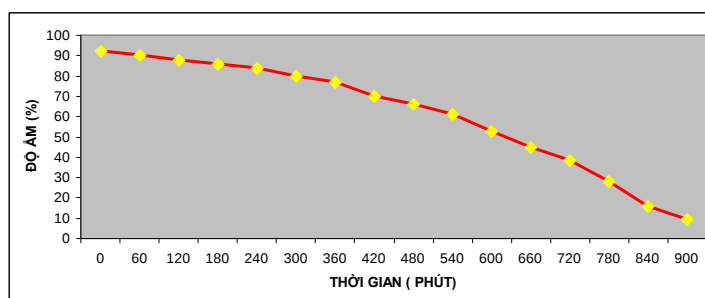
- + Thí nghiệm này được thực hiện ở nhiệt độ 40°C , tốc độ tác nhân sấy sau buồng sấy $\omega = 1,5\text{m/s}$, khối lượng vật liệu sấy $G = 1250\text{g}$.



Hình 6. Đồ thị giảm ẩm trung bình của các khay trong thí nghiệm 3

Thí nghiệm 4

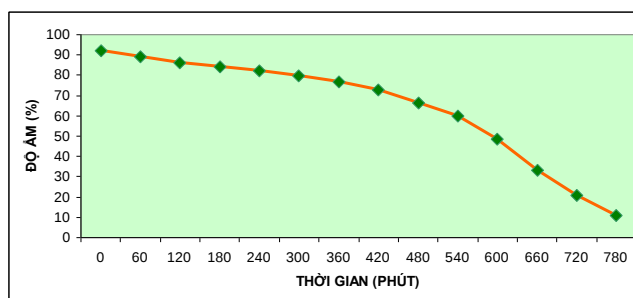
- + Thí nghiệm này được thực hiện ở nhiệt độ 35°C , tốc độ tác nhân sấy sau buồng sấy $\omega = 0,5\text{m/s}$, khối lượng vật liệu sấy $G = 1250\text{g}$.



Hình 7. Đồ thị giảm ẩm trung bình của các khay trong thí nghiệm 4

Thí nghiệm 5

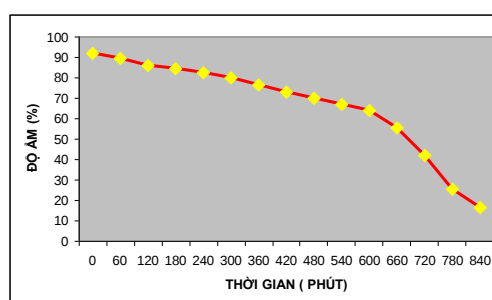
- + Thí nghiệm này được thực hiện ở nhiệt độ 35°C , tốc độ tác nhân sấy sau buồng sấy $\omega = 1,0\text{m/s}$, khối lượng vật liệu sấy $G = 1150\text{g}$.



Hình 8. Đồ thị giảm ẩm trung bình của các trong thí nghiệm 5

Thí nghiệm 6

- + Thí nghiệm này được thực hiện ở nhiệt độ 35°C , tốc độ tác nhân sấy sau buồng sấy $\omega = 1,5\text{m/s}$, khối lượng vật liệu sấy $G = 1100\text{g}$.



Hình 9. Đồ thị giảm ẩm trung bình của các trong thí nghiệm 6

3.2. Thảo luận

Thí nghiệm 1: Chế độ này máy hoạt động ổn định, tốc độ giảm ẩm giữa các khay không đồng đều do đây là hệ thống sấy tĩnh, tốc độ giảm ẩm chậm, thời gian sấy dài, nhiệt độ tác nhân sấy không dao động nhiều sai lệch 10°C , nhiệt độ tác nhân sấy sau buồng sấy chênh lệch với nhiệt độ tác nhân sấy trước buồng sấy khoảng $2 \div 30^{\circ}\text{C}$, sản phẩm sau sấy đạt yêu cầu về độ ẩm, giữ được màu sắc, mùi vị ban đầu, thông số bơm nhiệt hợp lý về nhiệt độ bay hơi từ $-2 \div 00^{\circ}\text{C}$ (áp suất thấp áp từ $65 \div 70\text{psi}$), nhiệt độ ngưng tụ từ $42 \div 440^{\circ}\text{C}$ (áp suất cao áp từ $220 \div 240\text{psi}$).

Thí nghiệm 2: Chế độ này máy hoạt động ổn định, nhiệt độ tác nhân sấy không dao động nhiều sai lệch 20°C , nhiệt độ tác nhân sấy sau buồng sấy chênh lệch với nhiệt độ tác nhân sấy trước buồng sấy khoảng $2 \div 30^{\circ}\text{C}$, sản phẩm sau sấy đạt yêu cầu về độ ẩm, giữ được màu sắc, mùi vị ban đầu, thông số bơm nhiệt hợp lý về nhiệt độ bay hơi từ $-2 \div 00^{\circ}\text{C}$ (áp suất thấp áp từ $60 \div 65\text{psi}$), nhiệt độ ngưng tụ từ $43 \div 450^{\circ}\text{C}$ (áp suất cao áp từ $235 \div 245\text{psi}$).

Thí nghiệm 3: Chế độ này máy hoạt động không ổn định vì khi điều chỉnh nhiệt độ tác nhân sấy lớn hơn 400°C , máy có hiện tượng áp suất ngưng tụ tăng cao, máy chạy quá tải, nhiệt độ tác nhân sấy không dao động nhiều sai lệch $1 \div 20^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ tác nhân sấy sau buồng sấy chênh lệch với nhiệt độ tác nhân sấy trước buồng sấy khoảng từ $4 \div 50^{\circ}\text{C}$, sản phẩm sau sấy không đạt yêu cầu về độ ẩm vì độ ẩm thấp nhất mà hệ thống đạt được 19%, thông số bơm nhiệt hợp lý về nhiệt độ bay hơi từ $0 \div 50^{\circ}\text{C}$ (áp suất thấp áp từ $70 \div 80\text{psi}$), nhiệt độ ngưng tụ từ $47 \div 500^{\circ}\text{C}$ (áp suất cao áp từ $255 \div 270\text{psi}$).

Thí nghiệm 4: Chế độ này máy hoạt động không ổn định, có hiện tượng lỏng về máy nén, thời gian sấy dài, nhiệt độ tác nhân sấy không dao động nhiều sai lệch $2,0 \div 3,00\text{C}$, nhiệt độ tác nhân sấy sau buồng sấy chênh lệch với nhiệt độ tác nhân sấy trước buồng sấy khoảng $2,0 \div 3,00\text{C}$, thông số bơm nhiệt hợp lý về nhiệt độ bay hơi từ $-12 \div -80\text{C}$ (áp suất thấp áp từ $45 \div 50\text{psi}$), nhiệt độ ngưng tụ từ $42 \div 440\text{C}$ (áp suất cao áp từ $230 \div 240\text{psi}$).

Thí nghiệm 5: Chế độ này máy hoạt động ổn định, thời gian sấy dài, nhiệt độ tác nhân sấy không dao động nhiều sai lệch khoảng 10C , nhiệt độ tác nhân sấy sau buồng sấy chênh lệch với nhiệt độ tác nhân sấy trước buồng sấy từ $2,0 \div 3,00\text{C}$, thông số bơm nhiệt hợp lý về nhiệt độ bay hơi từ $-7 \div -40\text{C}$ (áp suất thấp áp từ $55 \div 60\text{psi}$), nhiệt độ ngưng tụ từ $44 \div 460\text{C}$ (áp suất cao áp từ $240 \div 250\text{psi}$)

Thí nghiệm 6: Chế độ này máy hoạt động ổn định, thời gian sấy dài, nhiệt độ tác nhân sấy không dao động nhiều sai lệch 20C , nhiệt độ tác nhân sấy sau buồng sấy chênh lệch với nhiệt độ tác nhân sấy trước buồng sấy khoảng $3 \div 40\text{C}$, sản phẩm sau sấy không đạt yêu cầu về độ ẩm vì độ ẩm thấp nhất mà hệ thống đạt được 16% , thông số bơm nhiệt hợp lý về nhiệt độ bay hơi từ $-2 \div -40\text{C}$ (áp suất thấp áp từ $60 \div 65\text{psi}$), nhiệt độ ngưng tụ từ $47 \div 500\text{C}$ (áp suất cao áp từ $280 \div 295\text{psi}$).

4. KẾT LUẬN

Mô hình sấy buồng theo nguyên lý bơm nhiệt hoạt động tương đối ổn định và đạt yêu cầu đặt ra có nhiệt độ tác nhân sấy có thể điều chỉnh dễ dàng trong khoảng $300\text{C} \div 400\text{C}$, tốc độ tác nhân sấy sau buồng sấy điều chỉnh được từ $0,5 \div 1,5\text{m/s}$ (tương ứng tốc độ tác nhân sấy trước buồng sấy điều chỉnh được từ $1,5 \div 3,0\text{m/s}$). Khi điều chỉnh nhiệt độ sấy và tốc độ tác nhân sấy sau buồng sấy thì chế độ hoạt động của bơm nhiệt sẽ khác nhau. Đối với việc sấy hành lá ở cùng tốc độ tác nhân sấy sau buồng sấy $1,0\text{m/s}$, thì khi sấy ở nhiệt độ tác nhân sấy 350C , thời gian sấy là 13 giờ, còn khi sấy ở nhiệt độ tác nhân sấy 400C thì thời gian sấy giảm xuống được 4 giờ. Thời gian sấy còn phụ thuộc vào tốc độ tác nhân sấy, thời gian sấy không tỉ lệ thuận khi ta tăng tốc độ tác nhân sấy. Ở cùng nhiệt độ tác nhân sấy 400C và ở vận tốc tác nhân sấy sau buồng sấy $1,0\text{m/s}$ cho kết quả thời gian sấy hành lá ngắn nhất 9 giờ, ở vận tốc tác nhân sấy sau buồng sấy $0,5\text{m/s}$ thì thời gian sấy 14 giờ, ở vận tốc $1,5\text{m/s}$ thời gian sấy 10 giờ nhưng độ ẩm của vật liệu còn cao 22% . Vì nhiệt độ tác nhân sấy và tốc độ tác nhân sấy sau buồng sấy ảnh hưởng nhiều đến chế độ hoạt động của bơm nhiệt. Ở chế độ sấy nhiệt độ tác nhân sấy 400C và ở vận tốc tác nhân sấy sau buồng sấy $1,0\text{m/s}$, sản phẩm sấy hành lá đạt chất lượng về màu sắc xanh sáng tự nhiên, mùi vị thơm ngon, hàm lượng vitamin C thông qua kiểm định đạt $14,2\text{mg/kg}$ cao hơn so với phương pháp sấy khí nóng (hàm lượng vitamin C $13,8\text{mg/kg}$) và phương pháp sấy bằng năng lượng mặt trời (hàm lượng vitamin C $11,7\text{mg/kg}$).

Vì thời gian sấy dài nên sản phẩm của hệ thống này sẽ phù hợp với các vật liệu sấy có bề mặt dễ bay hơi như một số loại rau, củ: cà rốt thái lát, hành củ thái lát, hành lá... và một số loại dược liệu quý.

Giá thành của một đơn vị sản phẩm sấy theo phương pháp sấy này cao hơn các phương pháp sấy thông thường. Tuy nhiên trong sản phẩm ăn liền số lượng sử dụng sản phẩm sấy trên một đơn vị sản phẩm ăn liền không nhiều nên không làm tăng giá thành của sản phẩm ăn liền nhưng chất lượng của sản phẩm ăn liền tăng lên rất nhiều.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Trần Văn Phú, *Tính toán và thiết kế hệ thống sấy*, NXB. Giáo Dục, 2002.
- [2]. Lê Xuân Hòa, Nguyễn Thị Bích Ngọc, *Lý thuyết và thực hành bơm quạt máy nén*, NXB.Đà Nẵng, 2005
- [3]. Nguyễn Văn May, *Giáo trình kỹ thuật sấy nông sản – thực phẩm*, NXB.KHKT, 2004.
- [4]. Võ Mạnh Duy, *Nghiên cứu chế tạo và thử nghiệm mô hình sấy bơm nhiệt kiểu thùng quay*, Luận văn thạc sĩ Kỹ thuật, Đại học Bách Khoa Tp. Hồ Chí Minh, năm 2011.
- [5]. Hoàng Ngọc Đồng - Lê Minh Trí, *Nghiên cứu xây dựng mô hình thực nghiệm thiết bị sấy bằng bơm nhiệt*, Tạp chí KHCN – Đại học Đà Nẵng – Số 4 (27), 2008.
- [6]. Hoàng Ngọc Đồng, *Nghiên cứu ảnh hưởng của cách bố trí dàn lạnh và tốc độ gió đến khả năng tách ẩm từ dàn lạnh của máy sấy kiểu bơm nhiệt*, Tạp chí KHCN – Đại học Đà Nẵng, số 5 (34).2009.