NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG MÔ HÌNH THỰC NGHIỆM THIẾT BỊ SẤY BẰNG BƠM NHIỆT

A PRACTICAL RESEARCH MODEL OF THE LOW TEMPERATURE DRYING SYSTEM USING A HEAT PUMP

HOÀNG NGỌC ĐỒNG
Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Đà Nẵng
LÊ MINH TRÍ
Trường Cao đẳng Công nghiệp Huế

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu xây dựng mô hình thực nghiệm thiết bị sấy ở nhiệt độ thấp sử dụng bơm nhiệt, đồng thời xây dựng các bài thí nghiệm trên mô hình này để phục vụ công tác học tập và nghiên cứu khoa học cho khoa Nhiệt - lạnh trường Cao đẳng Công nghiệp Huế.

ABSTRACT

This paper deals with the result of the study on the practical experiments of a low temperature drying system using a heat pump. Simultaneously, the experimental tests on this system are intended for academic studies and researches of Thermal-Refrigeration Technology Faculty of Hue Junior College of Industry.

1. Đặt vấn đề

Yêu cầu về chất lượng sản phẩm ngày càng cao, nhất là ngoài yêu cầu về độ khô, một số sản phẩm còn đòi hỏi phải đảm bảo màu sắc, hương vị cao như các sản phẩm có chứa tinh dầu, hương hoa, dược phẩm. Các phương pháp sấy ở nhiệt độ cao có thể phá huỷ các chất hoạt tính sinh học như hóc môn, màu, mùi vị, men, vitamin, protêin… và làm thay đổi chất lượng sản phẩm. Vì vậy để đáp ứng được yêu cầu về màu sắc, mùi vị tự nhiên sau khi sấy, người ta đã áp dụng phương pháp sấy ở nhiệt độ thấp, trong đó phương pháp sấy sử dụng bơm nhiệt tỏ ra có hiệu quả cao hơn cả. Phương pháp này có các ưu điểm sau:

- Phù hợp với điều kiện khí hậu nóng ẩm ở Việt Nam.
- Điện năng sử dụng cũng thấp hơn so với phương pháp dùng máy hút ẩm hấp phụ.
- Thích hợp để sấy khô các vật phẩm không chịu được nhiệt độ cao.
- Chất lượng, màu sắc và mùi vị của sản phẩm sấy được giữ tốt hơn.

Đã có một số công trình nghiên cứu về hút ẩm và sấy lạnh sử dụng bơm nhiệt trong phạm vi nhiệt độ từ 15 đến 30^0C. Tuy nhiên việc nghiên cứu ứng dụng bơm nhiệt ở nhiệt độ từ 30 đến 60^0C là chưa được quan tâm.

2. Mục tiêu nghiên cứu

Xây dựng mô hình sấy bằng bơm nhiệt phục vụ cho công tác nghiên cứu khoa học và thí nghiệm của cán bộ và sinh viên nên mô hình phải điều chỉnh được dễ dàng, có thể lắp ráp linh động (kiểu mô đun).

3. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu là nghiên cứu lý thuyết, kết hợp thực nghiệm.

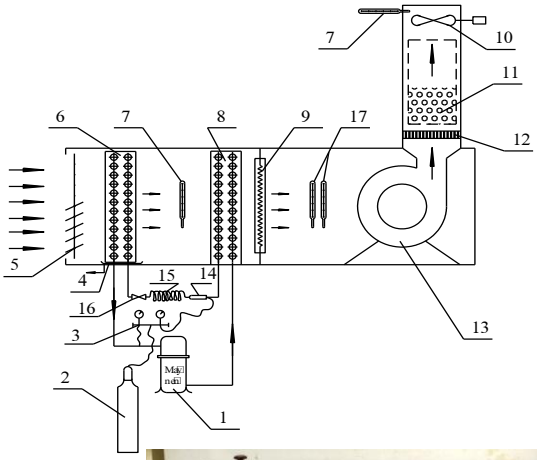
4. Nội dung

4.1. Tổng quan về phương pháp sấy ở nhiệt độ thấp

Khác với phương pháp sấy nóng, ở phương pháp sấy lạnh người ta giảm phân áp suất hơi nước trong không khí (tác nhân sấy) bằng cách giảm lượng ẩm và độ ẩm tương đối trong tác nhân sấy để tạo ra chênh lệch phân áp suất của hơi nước trong vật sấy và tác nhân sấy do đó ẩm sẽ tách ra khỏi vật sấy đi vào tác nhân sấy.

Khi làm lạnh không khí trong thiết bị trao đổi nhiệt (TBTĐN) xuống nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ đọng sương thì không khí trở thành không khí bão hoà ẩm và ẩm sẽ ngưng đọng và tách ra khỏi không khí, độ ẩm φ sẽ thấp hơn độ ẩm ban đầu, sau đó cho không khí đi qua dàn nóng thì không khí sẽ được sấy nóng, thế sấy của không khí sẽ tăng lên do đó có thể sấy khô vật sấy. Quá trình xử lý không khí được thực hiện ở Bơm nhiệt.

4.2. Xây dựng mô hình thực nghiệm bơm nhiệt



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý cấu tạo của thiết bị sấy bằng bơm nhiệt.
1- máy nén, 2- bình gaz; 3- bộ nạp gaz; 4- khay hứng nước ngưng;5- cửa điều chỉnh gió; 6- dàn lạnh; 7- nhiệt kế; 8- dàn nóng; 9- điện trở; 10- tốc độ kế; 11- vật liệu sấy; 12- miệng thổi; 13- quạt gió; 14-bộ lọc; 15- ống mao; 16- van tiết lưu, 17- ẩm kế. Môi chất nạp

Hình 2. Mô hình thực nghiệm bơm nhiệt

4.2.1. Mục tiêu của mô hình

Mô hình là một thiết bị sấy mini, buồng sấy tầng sôi, xử lý không khí theo hai phương pháp:

- Phương pháp sấy nhiệt độ thấp là tách ẩm và sấy không khí bằng bơm nhiệt.
- Phương pháp sấy nhiệt độ cao sấy nóng không khí bằng điện trở.

4.2.2. Sơ đồ nguyên lý cấu tạo của bơm nhiệt

a) Sơ đồ nguyên lý cấu tạo và mô hình thiết bị được trình bày trên hình 1 và 2.

b) Các thông số của mô hình

Môi chất R12; Công suất máy nén: 1,86 KW; Diện tích dàn lạnh: 0,672 m^2; Diện tích dàn nóng: 0,832 m^2; Công suất quạt: 120W; Công suất dây điện trở: 1750W; khối lượng tổng 52kg.

- Buồng sấy có kích thước: Dài x Rộng x Cao = 140 x 140 x 700 mm.
- Kích thước mô hình: Dài x Rộng x Cao = 1100 x 500 x 1520 mm.

4.2.3. Điều chỉnh các thông số trong quá trình sấy

a) Điều chỉnh tốc độ gió: Sử dụng một Tri-ac điều khiển, ta có thể thay đổi công suất điện cấp cho động cơ quạt làm thay đổi tốc độ quạt do đó thay đổi lưu lượng gió vào. Trong mô hình tốc độ gió có thể thay đổi từ 0 – 15m/s.

b) Điều chỉnh cửa cấp gió: Thay đổi diện tích dàn lạnh, tốc độ gió qua dàn lạnh để thay đổi lượng nhiệt trao đổi, do đó thay đổi được độ ẩm và nhiệt độ không khí qua dàn lạnh.

c) Điều chỉnh áp suất đầu hút để thay đổi nhiệt độ bay hơi và ngưng tụ của môi chất.

4.3. Các bài thí nghiệm có thể tiến hành trên mô hình

4.3.1. Bài 1. Xác định tốc độ sôi của tầng sôi.

a) Mục đích và yêu cầu:

Xác định tốc độ gió, khối lượng sản phẩm trong buồng sấy và đo chiều cao h ban đầu của lớp vật sấy đảm bảo cho lớp sôi hoạt động ổn định.

b) Vật liệu sấy:

Các viên có kích cỡ 2x2mm làm từ các vật liệu thay thế là bột mì, than củi, mẩu phấn và mẩu bún.

c) Các bước tiến hành:

Điều chỉnh tốc độ quạt để điều chỉnh tốc độ gió đảm bảo quá trình sôi của lớp vật liệu sấy.

d) Kết quả thực nghiệm vận tốc sôi bồng

Bảng 1. kết quả xác định vận tốc sôi tới hạn

Stt	Vật liệu	$V_{sấy}$	h_0	khối lượng	Ghi chú
1	Thóc hạt	4,5 m/s	57 mm	485 g	
2	Cốm thuốc	4,9 m/s	48 mm	528 g	
3	Hạt than	4,8 m/s	62 mm	525 g	
4	Hạt phấn	5,1 m/s	58 mm	480 g	
5	Mẫu bún	5,4 m/s	53 mm	505 g	

Trong đó: - $V_{sấy}$ là vận tốc gió lớp hạt sôi bồng; - h_0 là chiều cao ban đầu của lớp hạt.

* Nhận xét: - Vận tốc sôi càng nhỏ khi kích thước hạt và chiều cao ban đầu của lớp sôi càng nhỏ.

4.3.2. Bài 2. Xác định thông số thực nghiệm khi gia nhiệt bằng điện trở

a) Mục đích và yêu cầu:

- xác định ảnh hưởng của công suất toả nhiệt của dây điện trở đến nhiệt độ, độ ẩm tác nhân sấy. Đo công suất điện tiêu thụ như đối với khi thí nghiệm bơm nhiệt.

b) các bước tiến hành:

- Điều chỉnh tốc độ gió ở mức 5m/s,
- Điều chỉnh nhiệt độ buồng 2 bằng cách điều chỉnh công suất toả nhiệt trên dây điện trở.

c) Kết quả thực nghiệm:

Nhiệt độ môi trường: t_{mt} = 26 ^{0}C; độ ẩm tương đối: φ = 80%; tốc độ gió ω = 5 m/s; hiệu điện thế U = 220 V.

Bảng 2. Kết quả đo được khi điều chỉnh van tiết lưu

Stt	t_{b2}, [^{o}C]	T_{ub2}, [^{o}C]	φ,[%]	I,[A]	P,[W]
1	26	23,5	80	0	0
2	30	24	70	1	210
3	35	25,5	54	1,3	255
4	40	27	42	1,6	295
5	45	29	31	2	340
6	50	30	25	2,5	380
7	55	31	22	2.8	400
8	60	32	20	3	420

Trong đó:

- t_{b2}: nhiệt độ không khí đo được tại buồng 2 - (nhiệt độ vào buồng sấy).
- t_{ub2}: nhiệt độ nhiệt kế ướt đo được tại buồng 2.
- φ: độ ẩm không khí vào buồng sấy, xác định từ đồ thị h-d dựa vào t_{b2} và t_{ub2}.

d) Nhận xét:

- Nhiệt độ càng cao thì độ ẩm càng giảm.
- ở 50^{0}C độ ẩm cũng chỉ đạt 25% vẫn còn rất cao so với yêu cầu của một số sản phẩm sấy.

4.3.3. Bài 3. Xác định các thông số thực nghiệm khi điều chỉnh tỷ số nén của bơm nhiệt.

a) Mục đích: xác định ảnh hưởng của tỷ số nén đến các thông số vận hành bơm nhiệt.

Sử dụng van tiết lưu tay để điều chỉnh tỷ số nén, làm thay đổi áp suất ngưng tụ và bay hơi do đó làm thay đổi nhiệt độ dàn nóng và dàn lạnh cũng như công suất lạnh của máy, làm thay đổi các thông số vận hành của hệ thống. Từ đó ta có thể chọn chế độ hoạt động của bơm nhiệt phù hợp với chế độ sấy.

b) Kết quả thực nghiệm:

Nhiệt độ môi trường: t_{mt} = 25 ^{0}C; độ ẩm tương đối: φ = 80%; tốc độ gió ω = 5 m/s ; hiệu điện thế U = 220 V.

Bảng 3. Kết quả đo được khi điều chỉnh van tiết lưu

STT	t_0,[^{o}C]	t_k,[^{o}C]	t_{b1},[^{o}C]	t_{b2}, [^{o}C]	$t_{æb2}$, [^{o}C]	φ,[%]	I,[A]	P,[W]
1	-10	48	17	38	22	41	2	300
2	-8	50	16,5	40,5	24	29	2	320
3	-7	52	15,5	42	24,5	27	2,1	330

4	-5	54	13	44	24	23	2,1	350
5	-1	58	11	49	25	15	2,2	385
6	2	60	10	55	27	13	2,4	400
7	5	65	11	59	28	11	2,5	410

Trong đó:

- t_0: Nhiệt độ bay hơi môi chất trong dàn lạnh xác định theo áp suất bay hơi.
- t_k: Nhiệt độ ngưng tụ hơi môi chất trong dàn nóng xác định theo áp suất ngưng tụ.
- t_{b1}: nhiệt độ không khí đo được sau dàn bay hơi.

c) Nhận xét:

- khí giảm tỷ số nén, nhiệt độ sấy tăng mạnh, độ ẩm giảm nhiều.
- Từ kết quả đo đạc, chúng ta chọn nhiệt độ bay hơi hợp ly nhất là từ -5 đến 0^0C.

4.3.4. Bài 4. Xác định các thông số thực nghiệm khi điều chỉnh cửa cấp gió.

a) Mục đích, yêu cầu: Xác định ảnh hưởng của tốc độ gió và diện tích bề mặt TĐN đến các thông số vận hành

b) Kết quả thực nghiệm: Nhiệt độ môi trường: t_{mt} = 25 ^{0}C; độ ẩm tương đối: φ = 80%; tốc độ gió ω = 5 m/s; hiệu điện thế U = 220 V.

Bảng 4. Kết quả đo được khi điều chỉnh cửa cấp gió

STT	Độ mở	t_0 [^{o}C]	t_k[^{o}C]	t_{b1}[^{o}C]	t_{b2}[^{o}C]	T_{urb2} [^{o}C]	φ[%]	I[A]	P[W]
1	100%	-10	50	17	37	23,5	33	2,1	340
2	75%	-10	53	14	45	25,5	26	2	300
3	50%	-12	50	13,5	43	24	28	2	300
4	25%	-10	50	13	44	25	26	2	300

c) Nhận xét.

Nếu giảm diện tích bề mặt trao đổi nhiệt thì tốc độ không khí sẽ tăng lên làm cho nhiệt lượng trao đổi biến thiên không theo qui luật. Tuy vậy mục tiêu của mô hình là làm tăng lượng ẩm ngưng tụ càng nhiều càng tốt, nên cần phải tăng diện tích bề mặt trao đổi nhiệt.

4.3.5. Bài 5. Xác định thời gian sấy

a) Thay đổi khối lượng vật sấy, ta xác định thời gian sấy cho cùng một loại vật liệu sấy. Dựa vào thời gian sấy, nhiệt lượng cung cấp vào ta có thể tính được nhiệt lượng cho từng trường hợp và so sánh hiệu quả giữa 2 phương pháp sấy: bằng bơm nhiệt và bằng điện trở.

Bảng 5. Kết quả đo được khi điều chỉnh cửa cấp gió

STT	**m- ẩm[g]**	**m-khô[g]**	**kiểu sấy**	**ω gió[m/s]**	**P[W]**	**φ[%]**	**τ sấy[s]**
1	450	281,3	điện trở	4,1	300	25	1815
			Bơm nhiệt	4,1	280	15	1205
2	500	312,5	điện trở	4,4	335	25	2110
			Bơm nhiệt	4,4	315	14	1325
3	550	343,8	điện trở	4,8	365	25	2395
			Bơm nhiệt	4,8	345	15	1920

4	600	375,0	điện trở	5,2	400	25	2690
			Bơm nhiệt	5,2	375	15	2165
5	650	406,3	điện trở	5,5	430	25	3015
			Bơm nhiệt	5,5	405	16	2280

b) Kết quả thực nghiệm:

Nhiệt độ môi trường: t_{mt} = 25 ^{0}C; độ ẩm tương đối: φ = 80%; nhiệt độ sấy 50^{0}C;

Trong đó: m- ẩm; và m-khô là khối lượng vật trước và sau khi sấy;

c) Nhận xét

- Khi sấy bằng bơm nhiệt thì thời gian sấy và lượng điện tiêu thụ đều giảm hơn so với sấy bằng điện trở do độ ẩm tác nhân sấy giảm mạnh nên chênh lệch áp suất hơi nước trong tác nhân sấy tăng lên nhiều, làm giảm thời gian sấy.

4.4. So sánh hiệu quả kinh tế

Từ các thí nghiệm trên ta có thể tính được lượng năng lượng tiết kiệm được tính cho một đơn vị sản phẩm theo hai phương pháp xử lý không khí.

5. Kết luận

Bơm nhiệt là một thiết bị ngày càng được sử dụng rộng rãi và mang lại hiệu quả kinh tế to lớn, đặc biệt là trong công nghệ sấy nông lâm hải sản đòi hỏi chất lượng cao. Ở Việt Nam, chúng ta đã bước đầu sử dụng bơm nhiệt, tuy nhiên thiết bị nhập ngoại có giá thành cao và có thể không phù hợp hoàn toàn với điều kiện môi trường khí hậu Việt Nam. Do đó việc nghiên cứu bơm nhiệt ứng dụng vào công nghệ sấy cần phải được tiếp tục để tìm ra các mô hình thích hợp với điều kiện nước ta nhằm đưa ra các thiết bị hoàn thiện hơn, giảm giá thành sản phẩm, tăng năng suất và chất lượng sản phẩm sấy để nâng cao tính cạnh tranh của các sản phẩm sấy cao cấp.

Bài báo tóm tắt các kết quả nghiên cứu xây dựng mô hình thiết bị sấy sử dụng bơm nhiệt và xây dựng các bài thí nghiệm nhằm phục vụ cho công tác đào tạo và nghiên cứu ở trường Cao đẳng Công nghiệp Huế và các kết quả nghiên cứu thực nghiệm về khả năng thay thế phần xử lý không khí bằng điện trở trong máy sấy tầng sôi đang sử dụng ở các công ty dược hiện nay.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] GS.TSKH. Trần Văn Phú, *Lý thuyết và Kỹ thuật sấy*, NXB KH&KT năm 2003;

[2] PGS.TS. Phạm Văn Tuỳ, KS Vũ Huy Khuê, KS. Nguyễn Khắc Tuyên, Nghiên cứu hút ẩm và sấy lạnh rau củ thực phẩm bằng bơm nhiệt, *Tạp chí KH&CN Nhiệt* 9/2003;

[3] Lê Minh Trí, *Nghiên cứu xây dựng mô hình thực nghiệm bơm nhiệt*, Luận văn thạc sĩ Kỹ thuật, Đại học Đà Nẵng năm 2003.