

NGHIÊN CỨU, ĐỀ XUẤT MÔ HÌNH SẤY LẠNH KẾT HỢP HAI CHẾ ĐỘ NHIỆT ĐỘ CAO VÀ THẤP ĐỂ SẤY THẢO DƯỢC

STUDYING AND PROPOSING THE FREEZE DRYING MODEL IN COMBINATION OF HIGH AND LOW TEMPERATURES TO DRY MEDICINAL HERBS

Hoàng Ngọc Đồng

Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng
Email: hndong@dut.udn.vn

Hà Văn Tuấn

Trường Cao đẳng Công nghiệp Huế

TÓM TẮT

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm trên mô hình thiết bị sấy thực tế sử dụng bơm nhiệt. Trong bài báo này, chúng tôi phân tích ưu, nhược điểm đặc điểm của quá trình sấy, của phương pháp sấy nóng, phương pháp sấy lạnh. Bài báo cũng đã nghiên cứu và xây dựng mô hình sấy lạnh kết hợp 2 chế độ nhiệt độ cao và nhiệt độ thấp để sấy thảo dược nhằm hạn chế các nhược điểm của phương pháp sấy riêng biệt lạnh và phương pháp sấy nóng. Bài báo cũng trình bày quy trình vận hành, phân tích đánh giá ưu, nhược điểm của mô hình sấy kết hợp 2 chế độ nóng, lạnh. Kết quả nghiên cứu nhằm phục vụ nhu cầu học tập và nghiên cứu của sinh viên, kỹ sư chuyên ngành công nghệ Nhiệt – Lạnh. Đồng thời cũng là cơ sở để các doanh nghiệp chế biến và bảo quản thảo dược để nâng cao chất lượng và giảm chi phí.

Từ khóa: máy lạnh; máy sấy lạnh; sấy thảo dược; thảo dược; vận hành

ABSTRACT

The article represents a theoretical and experimental study on the model of drying equipment with heat pump. In this paper, we have analyzed weaknesses and advantages of drying process: hot-drying and freeze-drying methods. The paper has also studied and established the freeze drying model that combines high and low temperatures to dry medicinal herbs in order to restrict its weaknesses. It has also presented the process of operation, analyzed weaknesses and advantages of the drying model of combining heat and freeze regimes. The research findings will be used for students and engineers majoring in the study and research on heat-refrigeration technology. This is also a foundation for medicinal herbs processing and preserving enterprises to enhance quality and reduce expenditure.

Key words: air conditioner; freeze-dried machine; medicinal herb drying; medicinal herbs; operate

1. Đặt vấn đề

Dược liệu là sản phẩm đặc biệt, liên quan đến vấn đề sức khỏe của con người. Quá trình chế biến, bảo quản đòi hỏi quy trình và công nghệ hết sức nghiêm ngặt để đảm bảo chất lượng. Nếu không thì nó không những làm giảm chất lượng sản phẩm mà còn có tác dụng không tốt đối với sức khỏe con người thậm chí gây độc.

Hiện nay, dược liệu chủ yếu sấy ở nhiệt độ cao (sấy nóng), phương pháp sấy này có rất nhiều hạn chế như làm biến tính và giảm chất lượng sản phẩm, công nhân vận hành rất vất vả với môi trường nóng bức. Đó đó làm giảm tính năng chữa bệnh của dược liệu thậm chí gây ra tác dụng xấu đến sức khỏe con người. Trong khi

đó phương pháp sấy lạnh, đảm bảo chất lượng, giữ nguyên thành phần vi lượng, các loại vitamin, vô hiệu hóa hoạt động của enzyme và tiêu diệt phần lớn vi sinh vật, tăng thời gian bảo quản, giữ nguyên thành phần dinh dưỡng, mùi vị và màu sắc đặc trưng.

Công nghệ sấy ứng dụng trong chế biến dược liệu khô được tiến hành chủ yếu ở nhiệt độ cao bộc lộ nhiều hạn chế về công nghệ chưa khắc phục được chất lượng đầu ra của sản phẩm, chưa đáp ứng được các yêu cầu về đặc tính hóa lý, vi lượng, vitamin, mùi, màu, thành phần dinh dưỡng nên khó đáp ứng cho nhu cầu chữa bệnh. Việc đầu tư nghiên cứu một quy trình công nghệ mới giải quyết những vấn đề này là thực sự cần thiết. Ưu điểm của công nghệ sấy lạnh là sản

phẩm sấy giữ được nguyên màu sắc, mùi vị, hạn chế tối đa thất thoát dinh dưỡng (khoảng 5%)[2], hạn chế của công nghệ này là thiết bị phức tạp, thời gian sấy dài, giá thành cao. Việc áp dụng công nghệ sấy lạnh để sấy dược liệu là rất ít, chủ yếu là các loại dược liệu đặc biệt quý hiếm. Để có một quy trình công nghệ hoàn chỉnh, tối ưu với các thông số phù hợp nhất đòi hỏi chúng ta phải tiến hành nghiên cứu sâu rộng hơn. Đặc biệt việc sấy lạnh kết hợp 2 chế độ nhiệt độ cao và nhiệt độ thấp để khắc phục những mặt hạn chế của 2 phương pháp thì chưa có công trình nghiên cứu, bài báo, một tài liệu nào về sấy nóng-lạnh được công bố.

2. Kết quả nghiên cứu và khảo sát:

2.1. Cơ sở lý thuyết của quá trình sấy:

2.1.1. Phương pháp sấy nóng

a) Ưu điểm

- Có thể điều chỉnh nhiệt độ sấy trong một khoảng rất rộng. Có thể sấy ở nhiệt độ rất cao 900 -1000°C, ở nhiệt độ thấp 70 - 90°C hoặc 40 - 50°C.

- Cấu trúc hệ thống đơn giản, dễ chế tạo và lắp đặt.

- Vật nhanh khô, thời gian sấy ngắn, giá thành sấy thấp, dễ vận hành.

- Đầu tư vốn ít.

- Giảm tiêu hao điện năng.

- Nâng cao được hiệu quả sử dụng nhiệt của hệ thống thiết bị.

b) Nhược điểm

- Gây bụi bẩn cho sản phẩm và thiết bị.

- Làm biến chất sản phẩm thậm chí cháy sản phẩm.

- Có thể gây hòa hoạn hoặc xảy ra các phản ứng hóa học không cần thiết ảnh hưởng xấu đến chất lượng sản phẩm.

- Khi sử dụng phương pháp nóng phải chú ý khắc phục những nhược điểm trên để đạt được các yêu cầu sấy của những loại sản phẩm khác nhau. Phương pháp sấy nóng thường dùng để sấy gỗ, các sản phẩm bằng gỗ như bút chì que diêm, vỏ bao diêm, các vật liệu xây dựng, đồ gốm sứ và một số hạt nông lâm sản.

c) Đặc điểm của quá trình sấy

* Giai đoạn làm nóng vật

Giai đoạn này bắt đầu từ khi vật đưa vào buồng sấy tiếp xúc với không khí nóng cho tới khi nhiệt độ vật đạt đến bằng nhiệt độ nhiệt kế ướt (t_u). Trong quá trình này toàn bộ vật sấy được gia nhiệt. Ẩm lỏng trong vật cũng được gia nhiệt cho đến khi đạt được nhiệt độ sôi ứng với phân áp suất hơi nước trong môi trường không khí trong buồng sấy (t_u). Do được làm nóng nên độ ẩm của vật có giảm chút ít do bay hơi ẩm còn nhiệt độ của vật thì tăng dần từ nhiệt độ ban đầu cho đến khi bằng nhiệt độ nhiệt kế ướt. Tuy vậy sự tăng nhiệt độ trong quá trình xảy ra không đồng đều ở phần ngoài và phần trong vật. Vùng trong vật đạt tới t_u chậm hơn. Đối với những vật dễ sấy thì giai đoạn làm nóng vật xảy ra rất nhanh.

* Giai đoạn tốc độ sấy không đổi

Kết thúc giai đoạn gia nhiệt, nhiệt độ vật bằng nhiệt độ nhiệt kế ướt. Tiếp tục cung cấp nhiệt, ẩm trong vật sẽ hóa hơi còn nhiệt độ của vật giữ không đổi nên nhiệt lượng cung cấp chỉ để làm hóa hơi nước. Ẩm sẽ hóa hơi ở lớp vật liệu sát bề mặt vật, ẩm lỏng ở bên trong vật sẽ truyền ra ngoài bề mặt vật để hóa hơi. Do nhiệt độ không khí nóng không đổi, nhiệt độ vật cũng không đổi nên chênh lệch nhiệt độ giữa vật và môi trường cũng không đổi. Do vậy tốc độ bay hơi ẩm của vật cũng không đổi. Điều này sẽ làm cho tốc độ giảm của độ chứa ẩm của vật theo thời gian không đổi, có nghĩa là tốc độ sấy không đổi:

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} = const$$

Trong giai đoạn sấy tốc độ không đổi, biến thiên của độ chứa ẩm theo thời gian là tuyến tính. Ẩm được thoát ra trong giai đoạn này là tự do. Khi độ ẩm của vật đạt đến giới hạn $u_k = u_{cbmax}$ thì giai đoạn sấy tốc độ không đổi chấm dứt. Đồng thời cũng là chấm dứt giai đoạn thoát ẩm tự do chuyển sang giai đoạn sấy tốc độ giảm.

* Giai đoạn sấy tốc độ giảm dần

Kết thúc giai đoạn sấy tốc độ không đổi ẩm tự do đã bay hơi hết, còn lại trong vật là ẩm liên kết. Năng lượng để bay hơi ẩm liên kết lớn

hơn so với ẩm tự do và càng tăng lên khi độ ẩm của vật càng nhỏ (ẩm liên kết càng chặt). Do vậy tốc độ bay hơi ẩm trong giai đoạn này nhỏ hơn giai đoạn sấy tốc độ không đổi có nghĩa là tốc độ sấy trong giai đoạn này nhỏ hơn và càng giảm đi theo thời gian sấy. Quá trình sấy càng tiếp diễn, độ ẩm của vật càng giảm, tốc độ sấy càng giảm.

2.1.2. Phương pháp sấy lạnh

a) Ưu điểm

- Không làm biến chất sản phẩm, giữ nguyên màu sắc tự nhiên và các thành phần vi lượng của sản phẩm.

- Đảm bảo các yêu cầu về chất lượng khắt khe như hình dáng, kích thước và thể tích sản phẩm, màu sắc sản phẩm, nồng độ vị, chất thơm, men, vitamin, protein, sự thẩm nước thẩm khí trở lại của sản phẩm sấy, độ ẩm cuối đạt được tùy theo nhu cầu sử dụng và bảo quản sản phẩm.

b) Nhược điểm

- Thời gian sấy dài
- Vốn đầu tư lớn, giá thành sản phẩm cao, vận hành khó khăn, phức tạp.
- Giá thành cao, vận hành khó khăn, phức tạp, đối với hệ thống sấy chân không việc duy trì độ chân không là cực kỳ khó.
- Áp dụng với quy mô nhỏ, dùng sấy những loại vật liệu quý hiếm, khô chậm, khó sấy và có yêu cầu cao về chất lượng.

c) Đặc điểm của quá trình sấy

Khác với phương pháp sấy nóng, trong phương pháp sấy lạnh, người ta tạo ra độ chênh phân áp suất hơi nước giữa vật liệu sấy và tác nhân sấy bằng cách giảm phân áp suất trong tác nhân sấy nhờ giảm lượng chứa ẩm. Ở phương pháp sấy lạnh, nhiệt độ bề mặt ngoài của vật nhỏ hơn nhiệt độ bên trong vật, đồng thời do tiếp xúc với không khí có độ ẩm và phân áp suất hơi nước nhỏ nên bề mặt cũng có phân áp suất hơi nước nhỏ hơn phía bên trong vật. Nói khác đi, ở đây gradient nhiệt độ và gradient áp suất có cùng dấu nên gradient nhiệt độ không kìm hãm quá trình dịch chuyển ẩm như khi sấy nóng mà ngược lại, nó có tác dụng tăng cường quá trình dịch chuyển ẩm trong lòng vật ra ngoài để bay

hơi làm khô vật. Khi đó ẩm trong vật liệu dịch chuyển ra bề mặt và từ bề mặt vào môi trường có thể lớn hơn hoặc nhỏ hơn nhiệt độ môi trường hoặc cũng có thể nhỏ hơn 0°C .

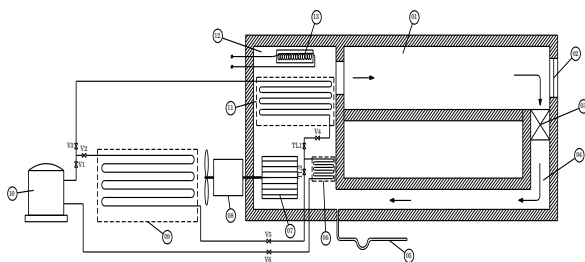
Trong kỹ thuật sấy lạnh, thể sấy của không khí tăng nhờ quá trình tách ẩm ở dàn bay hơi và quá trình gia nhiệt bằng chính dàn ngưng tụ trong các máy lạnh. Yếu tố có tính quyết định ở đây là quá trình làm lạnh không khí trong dàn lạnh, từ đây sẽ nhận được không khí có nhiệt độ và độ chứa hơi (d) nhỏ đảm bảo cho quá trình truyền nhiệt, truyền chất giữa vật sấy và tác nhân sấy trong buồng sấy xảy ra ở điều kiện gradient nhiệt độ và gradient áp suất cùng chiều, không có giai đoạn nào xảy ra hiệu ứng Luikov A.V. cản trở quá trình sấy như trong phương pháp sấy nóng. Vì vậy, ngoài việc tính toán, thiết kế hệ thống nói chung thì điều tối cần thiết là chế độ làm việc của dàn lạnh hay nói cách khác là khả năng tối ưu nhất của dàn lạnh có tầm quan trọng đặc biệt. Trong kỹ thuật sấy lạnh, để tăng cường tách ẩm cho hệ thống, không khí sấy trải qua giai đoạn tách ẩm ở dàn lạnh, vì ẩm trong không khí có thể tồn tại ở ba dạng hơi, lỏng và rắn, với dung ẩm ở dạng hơi d_h , dạng lỏng d_l và dạng rắn d_r , entanpi I của không khí ẩm:

$$I = t_b + (2500 + 1,93t_b)d_h + 4,18d_l t_b + (-35 + 2,1t_b)d_r, \text{ kJ/kgkkk [2].}$$

2.2. Đề xuất mô hình sấy kết hợp 2 chế độ nóng, lạnh

2.2.1. Đề xuất mô hình

Từ phân tích trên ta thấy có thể xây dựng một hình sấy kết hợp 2 chế độ nóng và lạnh nhằm phát huy những đặc tính ưu việt của công nghệ sấy lạnh, và công nghệ sấy nóng để ứng dụng sấy thảo dược nhằm nâng cao chất lượng và hiệu quả kinh tế các sản phẩm thảo dược có giá trị chữa bệnh cao. Từ yêu cầu thực tế đó, chúng tôi đề xuất mô hình sấy 2 chế độ nóng và lạnh.



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý máy sấy 2 chế độ

- Ghi chú:
- | | | |
|---------------|------------------|----------------------------------|
| 1. Buồng sấy | 6. Dàn lạnh | 11. Dàn nóng 2 |
| 2. Cửa xả khí | 7. Quạt lồng sóc | 12. Buồng xử lý không khí |
| 3. Khóa khí | 8. Động cơ quạt | 13. Dây điện trở |
| 4. Ống hồi | 9. Dàn nóng 1 | V1, V2, V3, V4, V5, V6: Van chặn |
| 5. Ống thoát | 10. Máy nén | TL1, TL2: Van tiết lưu 1, 2 |

2.2.2. Mô hình thực nghiệm



Hình 2. Mô hình thực nghiệm máy sấy

2.2.3. Nguyên lý hoạt động của máy sấy lạnh kết hợp 2 chế độ nhiệt độ cao và nhiệt độ thấp

Giai đoạn 1 (sấy nhiệt độ cao): đóng điện cho hệ thống lạnh hoạt động với dàn ngưng 11, không khí được gia nhiệt bằng nhiệt lượng của dàn ngưng 11 đến nhiệt độ theo yêu cầu (40-45°C). Không khí sau khi gia nhiệt được quạt thổi vào buồng sấy gia nhiệt cho vật sấy và nhận ẩm từ vật sấy. Sau đó không khí và ẩm được quạt hút về buồng lạnh để làm lạnh và tách ẩm về độ ẩm yêu cầu (30-40%), rồi tiếp tục gia nhiệt và vào buồng sấy.

Giai đoạn 2 (sấy nhiệt độ thấp): Chuyển hệ thống lạnh hoạt động với dàn ngưng 09, giảm lượng môi chất qua dàn ngưng 11, để giảm nhiệt độ của không khí trước khi vào buồng sấy về chế độ sấy lạnh (20 – 25°C).

2.2.4. Vận hành mô hình sấy lạnh kết hợp 2 chế độ

Từ đặc điểm của phương pháp sấy nóng và phương pháp sấy lạnh, chúng tôi đề xuất quy trình vận hành như sau:

Bước 1: Vận hành chế độ sấy nhiệt độ cao

- Đóng khóa khí 2
- Mở khóa khí số 3
- Đóng điện quạt 7
- Đóng van V2, V5, mở V3, V4
- Đóng điện cho máy lạnh hoạt động

Khi kết thúc giai đoạn tốc độ sấy không đổi thì chuyển sang bước 2: Vận hành chế độ sấy lạnh.

Bước 2: Vận hành chế độ sấy nhiệt độ thấp

- Mở van V2, V5
- Điều chỉnh van V3, V4

2.2.5. Kết quả thực nghiệm

a) Vật liệu sấy

Nghệ vàng, tên khoa học: Curcuma domestica Valet. Chế độ sấy:

- Nghệ thái lát dày 1mm, rải đều trên khay lưới mắt cáo 1mm

- Thời gian sấy: $\tau = 8$ giờ, năng suất sấy: $G_1 = 2\text{kg/mẻ}$

- Độ ẩm ban đầu: $\omega_1 = 80\%$, độ ẩm cuối: $\omega_2 = 10\%$.

- Giai đoạn 1: độ ẩm ban đầu $\omega_1 = 80\%$, độ ẩm cuối $\omega_2 = 30\%$. Nhiệt độ sấy $t_1 = 45^\circ\text{C}$, độ ẩm $\phi = 50\%$, thời gian $\tau = 2\text{giờ}$

- Giai đoạn 2: độ ẩm ban đầu $\omega_1 = 30\%$, độ ẩm cuối $\omega_2 = 10\%$. Nhiệt độ sấy $t_2 = 20^\circ\text{C}$, độ ẩm $\phi = 30\%$, thời gian $\tau = 6\text{giờ}$

- Khối lượng riêng: $\rho = 556\text{ kg/m}^3$.

b) Kết quả thực nghiệm

Bảng 1. Kết quả thực nghiệm bước 1 (nhiệt độ cao)

Stt	t/g (phút)	$t_{m,^\circ\text{C}}$	$\phi_{mt}(\%)$	I(A)	$t_{b,^\circ\text{C}}$	$\phi_{b,(\%)}$	$P_h(\text{psi})$	$P_d(\text{psi})$	Nước ngưng (g)
1	30	30	75	10	45	50	40	220	120
2	60	30	76	9,8	46	51	40	230	135
3	90	30	76	10	45,5	51	38	230	145
4	120	30	75	10	45,2	50	36	220	156

Bảng 2. Kết quả thực nghiệm bước 2 (nhiệt độ thấp)

Stt	t/g (phút)	$t_{m,^\circ\text{C}}$	$\phi_{mt}(\%)$	I(A)	$t_{b,^\circ\text{C}}$	$\phi_{b,(\%)}$	$P_h(\text{psi})$	$P_d(\text{psi})$	Nước ngưng (g)
1	120	30	75	3,5	20	50	40	220	156
2	180	30	76	3,5	20,5	40	40	230	156
3	240	30	76	3,5	20,2	35	38	230	156
4	300	30	75	3,5	21,	35	36	220	110
5	330	30	75	3,5	20,4	30	40	220	70
6	360	30	76	3,5	20	26	40	230	53
7	390	30	76	3,5	20,6	12	30	200	35
8	420	30	75	3,5	20	12	30	200	5



Hình 3. Sản phẩm trước khi sấy



Hình 4. Sản phẩm sau khi sấy

3. Bàn luận

3.1. Ưu điểm của mô hình

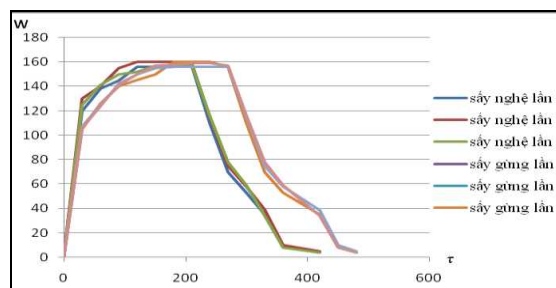
- Mô hình có thể sấy 1 chế độ ở nhiệt độ cao hoặc chế độ sấy ở nhiệt độ thấp như phương pháp sấy nóng, sấy lạnh đang áp dụng trong thực tế. Hoặc sấy kết hợp cả hai chế độ nhiệt độ cao và nhiệt độ thấp như đã nêu ở mục 2.2.4.

- Về thiết bị giống với phương pháp sấy lạnh. Kinh phí của mô hình cao hơn mô hình sấy lạnh, nhưng chắc chắn thấp hơn tổng kinh phí của máy sấy nóng và máy sấy lạnh.

- Gia nhiệt bằng nhiệt của dàn ngưng nên không gây ô nhiễm môi trường.

- Không làm bẩn sản phẩm.

- Rút ngắn thời gian sấy so với phương pháp sấy lạnh mà vẫn đảm bảo chất lượng sản phẩm.



Hình 5. Đường thoát ẩm

3.2. Nhược điểm của mô hình

Vận hành phức tạp hơn so với thiết bị sấy nóng hoặc sấy lạnh riêng biệt.

4. Kết luận

Xây dựng được mô hình sấy lạnh kết hợp 2 chế độ sấy ở nhiệt độ cao và nhiệt độ thấp để sấy thảo dược. Sấy thử nghiệm thảo dược nghệ vàng. Mô hình đã khắc phục được những hạn chế của phương pháp sấy nóng và phương pháp sấy lạnh. Ngoài ra mô hình còn phục vụ cho việc nghiên cứu, học tập của sinh viên, kỹ sư chuyên ngành công nghệ Nhiệt - Lạnh.

Cần phải tiếp tục nghiên cứu tỉ mỉ, bài bản để có thể ứng dụng mô hình sấy lạnh kết hợp 2 chế độ nhiệt độ cao và nhiệt độ thấp vào thực tiễn sản xuất, đặc biệt là thảo dược.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Hoàng Văn Chúc (1999), *Kỹ thuật sấy*; NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [2] <http://www.nhandan.com.vn>, Trần Hào, Ngọc Sơn, "Để giảm thất thoát sau thu hoạch", ngày 2/04/2012.
- [3] <http://www.duoclieu.org/2012/07/lam-kho-duoc-lieu.html>
- [4] Hà văn Tuấn (2010); Xây dựng phần mềm tính toán, thiết kế hệ thống sấy lạnh - *Luận văn Thạc sĩ kỹ thuật*, Đại học Đà Nẵng.
- [5] Hoàng Ngọc Đồng; Nghiên cứu hệ thống sấy ở nhiệt độ thấp sử dụng bơm nhiệt trong công nghệ sấy nông sản - *Đề tài cấp bộ, Mã số B2007-ĐN02-29*, Đại học Đà Nẵng.
- [6] Nguyễn Hay, Nguyễn Văn Hùng, Nguyễn Văn Công Chính, Nguyễn Văn Lành, Lê Quang Giảng; Nghiên cứu sấy bằng nguyên lý bơm nhiệt cho một số nông sản tại Việt Nam, *Báo cáo hội nghị khoa học lần thứ 20*, ĐHBK Hà Nội. Trang 88-92.

(BBT nhận bài: 03/03/2013, phản biện xong: 31/03/2013)