CHẾ TẠO VÀ THỬ NGHIỆM MÔ HÌNH HỆ THỐNG SẤY THÙNG QUAY VÀ ĐÁNH GIÁ CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN THỜI GIAN SẤY VẬT LIỆU

FABRICATION, TESTING OF A ROTARY DRUM DRYING SYSTEM MODEL AND EVALUATION OF FACTORS AFFECTING MATERIAL DRYING TIME

SVTH: Trần Thanh An, Nguyễn Hồng Phong, Nguyễn Xuân Chính

Ngành Công nghệ kỹ thuật nhiệt - Khoa Cơ khí - Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật

GVHD: ThS. Nguyễn Công Vinh

Khoa Cơ khí - Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật - Đại học Đà Nẵng

Tóm tắt - Công nghệ sấy đóng vai trò then chốt trong việc bảo quản nông - lâm sản và chế biến thực phẩm sau thu hoạch. Để tối ưu hóa chất lượng sản phẩm và tiết kiệm năng lượng, việc tính toán chi tiết các thông số công nghệ là yêu cầu bắt buộc. Trong số các giải pháp phổ biến như sấy tháp, sấy buồng hay sấy khí động, hệ thống sấy thùng quay chứng minh được tính ưu việt đối với nhiều loại vật liệu đặc thù nhờ khả năng đảo trộn liên tục. Nghiên cứu này đề xuất thiết kế, chế tạo mô hình sấy thùng quay quy mô thử nghiệm; từ đó phân tích và đánh giá thực nghiệm các yếu tố ảnh hưởng đến năng suất thiết bị cũng như chất lượng sản phẩm sau sấy.

Từ khóa - *Hệ thống sấy; thùng quay; nhiệt độ tác nhân sấy; độ ẩm; các yếu tố ảnh hưởng.*

Abstract - Drying technology plays a pivotal role in post-harvest preservation of agricultural and forestry products, as well as food processing. To optimize product quality and minimize energy consumption, a detailed calculation of technological parameters is mandatory. Among common solutions such as tower, chamber, or aerodynamic drying, the rotary drum drying system proves its superiority for many specific materials due to its continuous mixing capability. This study proposes the design and fabrication of a pilot-scale rotary drum drying model, subsequently analyzing and experimentally evaluating the factors affecting equipment productivity and post-drying product quality.

Key words - *Drying system; rotating barrel; drying agent temperature; humidity; influencing factors.*

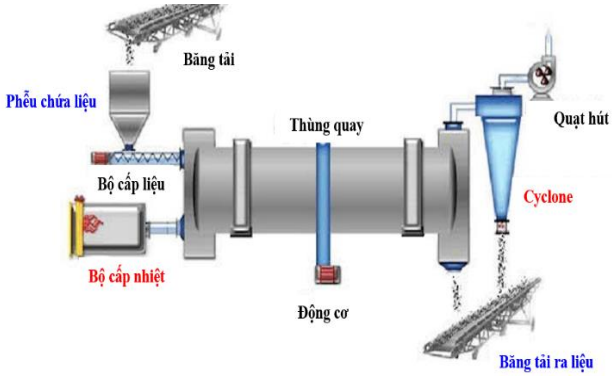
1. Đặt vấn đề

Hệ thống sấy thùng quay là giải pháp thiết yếu đáp ứng nhu cầu sản xuất công nghiệp liên tục, quy mô lớn. Hệ thống này chuyên dụng để xử lý các loại vật liệu rời như nông sản, khoáng sản, và phân bón, mang lại hiệu quả kinh tế cao và chất lượng vật liệu đồng đều.

Hệ thống sấy thùng quay vận hành dựa trên nguyên lý khí động học và cơ học chất lỏng kết hợp. Vật liệu ẩm được nạp liên tục vào đầu thùng sấy đặt nghiêng một góc khoảng 10 độ. Dưới tác động của trọng lực và chuyển động quay của thân thùng, vật liệu được các cánh đảo nâng lên cao rồi rơi tự do xuống dưới, tạo thành một màn vật liệu mỏng. Đồng thời, dòng tác nhân sấy (thường là khí nóng) được thổi xuyên qua thùng, sục sào liên tục qua màn rơi này, giúp tối ưu hóa diện tích tiếp xúc. Quá trình truyền nhiệt và truyền khối diễn ra mạnh mẽ, làm bay hơi ẩm trên bề mặt hoặc bên trong cấu trúc vật liệu. Đối với các sản phẩm nhạy cảm với nhiệt như thực phẩm và dược liệu, các hệ thống sấy hiện đại thường kết hợp công nghệ kiểm soát nhiệt độ tự động, sấy nhiều pass (nhiều vòng luân chuyển) hoặc thiết kế chống bám dính để ngăn ngừa tình trạng biến tính, giữ nguyên giá trị dinh dưỡng và dược tính.

Đối tượng sấy thử nghiệm là xác bã đậu nành, hạt đậu nành sau khi qua khâu chế biến cho ra các loại thực phẩm chúng ta sẽ thu được xác bã đậu nành. Sau khi thu gom xác đậu nành được bỏ vào hệ thống sấy, sau đó tiến hành sấy thực nghiệm ở chế độ sấy phù hợp.

Đây là một đề tài nghiên cứu ứng dụng, do đó có thể triển khai rộng rãi trong thực tế rất cao, phù hợp với khả năng nghiên cứu lý thuyết cũng như chế tạo mô hình thực nghiệm đối với sinh viên.



Hình 1: *Sơ đồ nguyên lý hệ thống sấy thùng quay*

2. Mục tiêu nghiên cứu

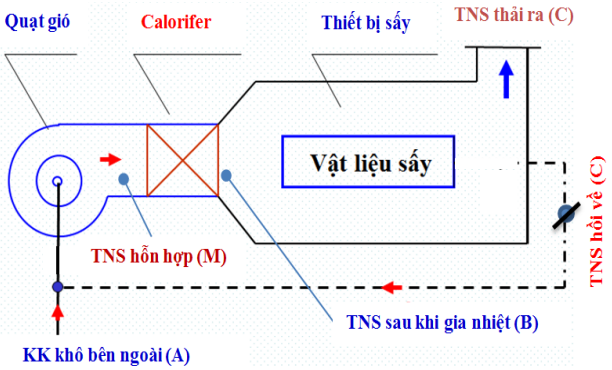
- Tính toán thiết kế hệ thống sấy thùng quay;
- Chế tạo mô hình hệ thống sấy và sấy thử nghiệm một số sản phẩm điển hình;
- Đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố đến thời gian sấy và chất lượng của vật liệu sấy.

3. Nội dung nghiên cứu

- Nghiên cứu lý thuyết đặc điểm của vật liệu sấy và tính toán quá trình sấy;
- Chế tạo mô hình và sấy thử nghiệm một vài sản phẩm điển hình và đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến thời gian sấy và chất lượng của sản phẩm sau khi sấy;
- Kết luận và đưa ra các kiến nghị.

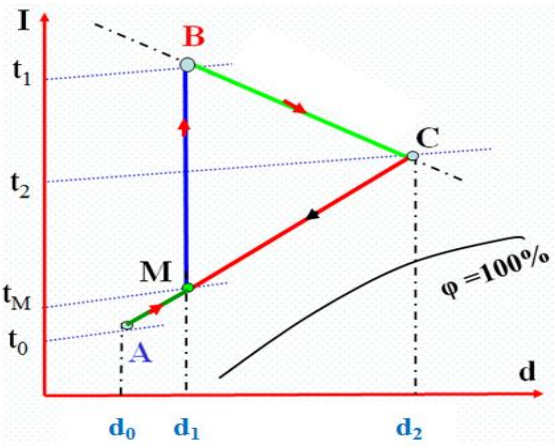
3.1. Nguyên lý hoạt động của hệ thống

Nguyên lý hoạt động của hệ thống sấy thùng quay: Không khí ẩm bên ngoài được quạt gió đưa vào thiết bị trao đổi nhiệt bằng điện trở, thực hiện quá trình trao đổi nhiệt giữa điện trở và không khí, làm cho nhiệt độ không khí tăng lên đến nhiệt độ yêu cầu. Lúc này không khí nóng còn hay gọi là tác nhân sấy (TNS) cấp vào thiết bị sấy thông qua van điều chỉnh lưu lượng. Tại buồng sấy vật liệu sấy (VLS) trao đổi nhiệt và ẩm với TNS. Để tăng cường quá trình trao đổi nhiệt VLS và TNS, bên trong thùng sấy có bố trí các cánh đảo trộn, VLS vừa trao đổi nhiệt và ẩm đồng thời chuyển động từ đầu đến cuối thùng quay, rồi thu hồi ở phễu. Một số sản phẩm bị bay theo TNS sẽ được cyclone thu hồi. Tốc độ quay của thùng phụ thuộc vào độ ẩm, đặc của VLS, sao cho VLS vào và ra phải đảm bảo khô đều, phù hợp để bảo quản lâu dài. Trong một số trường hợp khác thì hệ thống có thể cấp nhiệt bằng hơi nước từ các lò hơi công nghiệp hoặc tận dụng khói thải từ các nhà máy xí nghiệp.



Hình 2: *Sơ đồ nguyên lý hệ thống sấy tuần hoàn 1 cấp*

(Ở đây các chữ cái A là trạng thái không khí ngoài trời; B là trạng thái TNS sau khi được đốt nóng bằng điện trở; C là trạng thái TNS sau khi sấy khô VLS; M là trạng thái hòa trộn giữa không khí bên ngoài và TNS hồi về để tiết kiệm năng lượng. Còn các số 0; 1; 2 ký hiệu cho các trạng thái tương ứng với điểm).



Hình 3: *Đồ thị I - d của qúa trình sấy và các điểm nút*

3.2. Các yếu tố ảnh hưởng đến thời gian sấy vật liệu

3.2.1. Vật liệu sấy bao gồm

- Độ ẩm đầu vào và độ ẩm đầu ra;
- Loại vật liệu, kích thước và hình dạng;
- Khối lượng vật liệu sấy.

Đây là các yếu tố ảnh hưởng rất lớn đến thời gian sấy và năng suất sấy của hệ thống.



Hình 4: *Một số loại VLS thông dụng trong HTS thùng quay*

3.2.2. Tác nhân sấy bao gồm

- Cấp nhiệt bằng điện trở, khói lò hay hơi nước;
- Nhiệt độ vào và ra;
- Lưu lượng lớn hay nhỏ;
- Tốc độ lớn hay nhỏ.

Đây cũng là các yếu tố ảnh hưởng quan trọng đến thời gian sấy và năng suất sấy của hệ thống.



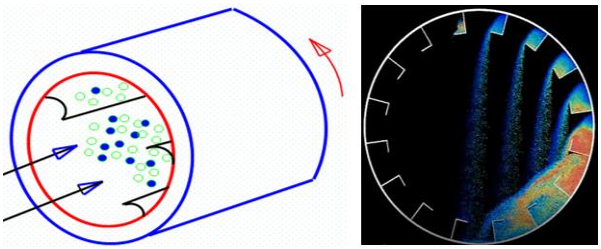
Hình 5: *Một số nguồn nhiệt cấp cho HTS thùng quay*

3.2.3. Kết cấu hệ thống sấy bao gồm

- Góc nghiêng của thùng quay;
- Tốc độ quay của thùng;
- Hệ số điền đầy bên trong thùng;
- Các cánh đảo trộn.

Tất cả các yếu tố này đều ảnh hưởng đến thời gian sấy và năng suất sấy của hệ thống. Đề tài sẽ đi sâu phân tích một số yếu tố chính có tầm ảnh hưởng lớn như (nhiệt độ

tác nhân sấy; độ ẩm đầu vào và ra; tốc độ thùng quay) còn các yếu tố khác ảnh hưởng không nhiều lắm.



Hình 6: *Cấu tạo bên trong HTS thùng quay*

a. Yếu tố nhiệt độ tác nhân sấy

Khi nhiệt độ TNS thấp khoảng (40 - 50)^{0}C thì thời gian sấy lâu hơn, năng suất sấy giảm, chi phí lợi nhuận thấp. Tuy nhiên, chất lượng vật liệu sấy (VLS) đạt yêu cầu về hình dạng, màu sắc, hàm lượng chất dinh dưỡng… Ngược lại khi sấy nhiệt độ cao (80 - 100)^{0}C thì thời gian sấy được rút ngắn, năng suất sấy tăng lên, giảm chi phí đầu tư nhưng chất lượng VLS lại giảm. Vì thế chúng ta chọn nhiệt độ TNS phải phù hợp (55 - 70)^{0}C với từng loại VLS để vừa đảm bảo chất lượng vừa rút ngắn được thời gian sấy.

STT	Tên vật liệu sấy	Nhiệt độ tác nhân sấy
1	Các loại hoa quả nói chung như táo, hồng, chuối, mít, nho…	Sấy ở nhiệt độ 70 - 85°C
2	Các loại thực phẩm như thịt bò, thịt heo, rau, cà rốt, khoai…	Sấy ở nhiệt độ 70 - 80°C
3	Các loại dược liệu, thảo dược, cây thuốc nam, các loại lá, thân, rễ…	Sấy ở nhiệt độ dưới 65°C
4	Các loại nấm như nấm linh chi, nấm rơm, đông trùng hạ thảo…	Sấy ở nhiệt độ dưới 60°C
5	Các loại rau củ, nông sản như bắp cải, cà rốt, khoai sắn, hành, tỏi…	Sấy ở nhiệt độ dưới 75°C
6	Các loại lá như chùm ngây, chè, lá nếp…	Sấy ở nhiệt độ dưới 60°C
7	Măng tre, các loại bột…	Sấy ở nhiệt độ dưới 80°C
8	Các loại tinh bột như tinh bột nghệ, bột nghệ, bột thuốc…	Sấy dưới 60°C

Hình 7: *Nhiệt độ TNS phù hợp của các loại VLS*

b. Yếu tố vật liệu sấy

Độ ẩm đầu vào và đầu ra của VLS quyết định rất lớn đến thời gian và năng suất sấy. Cụ thể nếu VLS có độ ẩm quá cao, ta có thể làm khô sơ bộ bằng cách phơi nắng để giảm bớt độ ẩm trước khi cho vào thùng sấy nhằm giảm chi phí.

STT	Tên vật liệu sấy	Độ ẩm VLS khi sấy khô
1	Các loại hoa quả nói chung như táo, hồng, thanh long, nho, vải, nhãn, dừa, dứa…	(20 ÷ 30)%
2	Các loại thực phẩm như thịt bò, thịt heo, thịt trâu, rau, củ xu hào, cà rốt, khoai…	(20 ÷ 30)%
3	Các loại dược liệu, thảo dược, cây thuốc nam, các loại lá, thân, rễ…	(10 ÷ 20)%
4	Các loại nấm như nấm rơm, nấm mỡ, nấm tai mèo, đông trùng hạ thảo…	(05 ÷ 15)%
5	Các loại rau củ, nông sản như bắp cải, cà rốt, khoai tây, sắn, hành, tỏi…	(20 ÷ 30)%
6	Các loại hạt chứa ngậy, chè, cà phê…	(10 ÷ 20)%
7	Măng và các loại hạt…	(10 ÷ 20)%
8	Các loại tinh bột như tinh bột nghệ, bột nghệ, bột thuốc…	(05 ÷ 10)%

Hình 8: *Độ ẩm phù hợp để bảo quản của các VLS sau khi sấy*

Độ ẩm đầu ra của VLS được lựa chọn trên cơ sở phải bảo quản lâu dài, không bị nấm mốc làm giảm chất lượng sản phẩm.

c. Yếu tố tốc độ quay của thùng

Tốc độ quay của thùng thông qua bộ giảm tốc của động cơ liên quan trến sự đảo trộn VLS cho đều đồng thời vận chuyển VLS từ đầu đến cuối thùng quay và đưa ra phễu chứa liệu. Khi tốc độ quay nhanh, sản phẩm khô đều hơn, VLS sẽ di chuyển nhanh đến cuối thùng quay nên không hợp lý. Ngược lại khi quay chậm, sản phẩm không đều đặc biệt là lớp VLS sát đáy thùng, có thể làm tắc nghẽn VLS không ra được phễu. Vì vậy tốc độ quay của thùng phụ thuộc rất nhiều vào các yếu tố như: hình dáng, độ ẩm đầu vào và ra loại VLS, hệ số điền đầy trong thùng…



Hình 9: *Mô tơ giảm tốc điều chỉnh tốc độ quay của thùng*

4. Kết quả thực nghiệm

4.1. Mô hình thực nghiệm

Sau khi nghiên cứu lý thuyết cơ bản của hệ thống sấy thùng quay, nhóm tác giả tiến hành chế tạo mô hình thực nghiệm với các thông số kỹ thuật chính sau:

- Thùng quay có kích thước: 800 x 220 mm;
- Điện trở gia nhiệt bổ sung công suất: 0,8 kW /1 cái.
- Van chỉnh lưu lượng tác nhân sấy;
- Mô tơ điều chỉnh tốc độ vòng quay;
- Thiết bị đo nhiệt độ buồng sấy;
- Thiết bị đo độ ẩm vật liệu sấy vào ra;
- Hệ thống điện điều khiển.



Hình 10: *Chế tạo mô hình HTS thùng quay*

4.2. Kết quả sấy thực nghiệm

- Vật liệu sấy: xác bã đậu nành
- Khối lượng sản phẩm sấy: 4 kg/ mẻ;
- Độ ẩm đầu vào: $\omega_1 = 65\%$;
- Độ ẩm đầu ra: $\omega_2 = 10\%$;
- Thời gian sấy trung bình: (30 ÷ 40) phút;
- Nhiệt độ TNS: vào 50^0C và ra 38^0C;
- Tốc độ tác nhân sấy: (1,2 ÷ 2,0)m/s;
- Tốc độ vòng quay: điều chỉnh theo thực tế;
- Vật liệu sấy được đảo trộn để khô đều.



Hình 11: *Mô hình HTS thùng quay hoàn chỉnh của đề tài*

Sau một thời gian nghiên cứu lý thuyết và chế tạo mô hình thực nghiệm, nhóm tác giả đề tài đã thu được một số kết quả như sau:



Hình 12: *Các thiết bị đo đạc thí nghiệm*

Sản phẩm sấy là xác bã đậu nành với các thông số ban đầu có độ ẩm 65% đưa vào thùng sấy, sau một thời gian lưu lại trong thùng khoảng 30 phút, đạt độ ẩm yêu cầu là 10% và được lấy ra để bảo quản lâu dài. Hệ thống sấy hoạt động ổn định, an toàn và có thể sấy nhiều VLS khác nhau.

5. Kết luận đề tài

- Nhóm tác giả đã hiểu rõ được nguyên lý hoạt động, ưu điểm và hạn chế của hệ thống sấy thùng quay;
- Đánh giá được ảnh hưởng của các yếu tố đến thời gian sấy vật liệu;
- Chế tạo được hoàn thiện mô hình máy sấy thùng quay và đã tiến hành sấy thực tế với sản phẩm là xác bã đậu nành;
- Có thể sử dụng khói lò để tiết kiệm năng lượng (hướng nghiên cứu tiếp theo);
- Kỹ năng tay nghề của sinh viên được nâng cao;
- Biết sử dụng cụ đo đạc, biết sơ đồ đấu dây điện;

Tuy nhiên, bên cạnh những vấn đề nhóm tác giả đã thu được, đề tài còn một sô vấn đề cần bổ sung thêm như sau:

- Mô hình bước đầu mới triển khai nên chỉ thực hiện sấy một vài sản phẩm điển hình để làm thí nghiệm.
- Chưa đánh giá được ảnh hưởng thực nghiệm của các thông số đến thời gian sấy vật liệu.
- Để đạt được kết quả tốt hơn, trong thời gian đến nhóm tác giả sẽ tiến hành sấy nhiều loại vật liệu sấy khác nhau, điều chỉnh thông số đầu vào, đầu ra để có nhiều số liệu thí nghiệm, phản ánh được quá trình ảnh hưởng các yếu tố đến thời gian sấy vật liệu và chất lượng sản phẩm.

Tài liệu tham khảo

[1] Trần Văn Phú, Tính toán thiết kế hệ thống sấy. Nhà xuất bản giáo dục, năm 2001.

[2] Hoàng Văn Chước, Kỹ thuật sấy. Nhà xuất Bách khoa Hà Nội, năm 2010.

[3] Nguyễn Công Vinh, Study of improving the quality of the exportdried squid by using heat pump combined with far infrared . Tạp chí KHCN Đại học Quảng Bình số 14, năm 2017, trang 12 ÷ 20.

[4] Các hình ảnh, file flash chuyên ngành Nhiệt - Lạnh trên Internet.