

# NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO THIẾT BỊ SẤY ỨNG DỤNG CHO VẬT LIỆU DẠNG BỘT NHÃO STUDY ON THE DESIGN AND MANUFACTURE OF DRYER FOR PASTE MATERIAL

Hoàng Tiến Cường \*, Hoàng Minh Nam, Phan Đình Tuấn

\* Phòng Quá trình và Thiết Bị, Viện Công nghệ Hoá học, Viện KH&CN Việt nam  
Khoa Công nghệ Hóa học, Trường ĐH Bách khoa - ĐHQG TPHCM, Việt Nam

## TÓM TẮT

Hiện nay, trong công nghiệp hoá chất, dược phẩm, chế biến nông sản, thực phẩm... chúng ta thường gặp bài toán sấy vật liệu dạng bột nhão. Khác với vật liệu dạng hạt thông thường, vật liệu bột nhão thường dính kết, khó sấy. Đồng thời, khối vật liệu dính kết sau khi sấy yêu cầu phải được nghiền nhỏ, phân loại, làm cho chi phí thực hiện quá trình tăng lên. Việc kết hợp các nguyên lý sấy khí động với việc nghiền phân loại trong một thiết bị đã thoả mãn được các yêu cầu trên. Các thực nghiệm đối với bột nhão cacbonat canxi và tinh bột khoai mì đã chỉ ra sự hợp lý trong thiết kế và khả năng ứng dụng của thiết bị thử nghiệm. Phương pháp tính toán được đề cập có thể được sử dụng để thiết kế các thiết bị cùng loại phục vụ cho việc sản xuất ở quy mô công nghiệp.

## ABSTRACT

Nowadays, we often meet the problem of paste materials drying in the industries of chemistry, pharmacy, agricultural product processing, Different to normal particles, paste materials are often agglutinate, difficult to be dried. Besides, agglutinated material mass after drying, in many cases, need further crushing and classification, which makes the process high cost. The integration of aerodynamic principles with the crushing and classification in one single equipment have partly satisfied the requirements. Experiments with paste calcium carbonate and cassava starch have proved the reasonability of the design and applicability of the prototype equipment. It is hoped that the calculation method could be applied to the design of equipment in bigger scale.

## 1. GIỚI THIỆU

Quá trình sấy không chỉ là quá trình tách nước và hơi nước ra khỏi vật liệu một cách đơn thuần mà là một quá trình công nghệ nhằm nâng cao chất lượng sản phẩm. Nó đòi hỏi sau khi sấy vật liệu phải đạt chất lượng cao, tiêu tốn năng lượng ít và chi phí vận

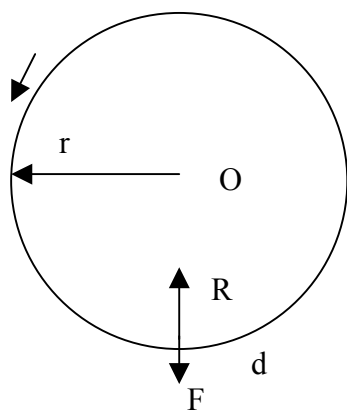
hành thấp. Vấn đề này càng quan trọng và khó khăn hơn khi ta sấy vật liệu dạng bột nhão. Trong phạm vi công trình này, chúng tôi khảo sát, nghiên cứu và chế tạo thiết bị sấy khí động kết hợp với phân loại, ứng dụng cho vật liệu bột nhão trong các ngành sản xuất nông sản, thực phẩm, hoá chất,...

## 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT CỦA QUÁ TRÌNH SẤY KHÍ ĐỘNG VÀ PHÂN LOẠI BẰNG LỰC LY TÂM.

### 2.1. Hệ thống sấy khí động.

Hệ thống sấy khí động là một trong các loại thiết bị sấy thích hợp cho việc sấy các loại hạt nhẹ dạng paste có độ ẩm chủ yếu là độ ẩm bề mặt như tinh bột khoai mì, bột nhẹ ( $\text{CaCO}_3$ )... Do kích thước hạt bé và nhẹ, các hạt vật liệu bị lôi cuốn theo dòng tác nhân vì vậy sự trao đổi nhiệt ẩm giữa tác nhân và vật liệu rất mãnh liệt (từ 8-10 lần hơn sấy thùng quay). Thời gian sấy ngắn, hầu như quá trình sấy xảy ra tức thời. Kích thước hạt càng bé quá trình sấy xảy ra càng nhanh và càng sâu. Do đó ta cần lựa chọn thiết bị sấy phù hợp với các loại nguyên vật liệu khác nhau để có quá trình sấy đạt hiệu quả cao nhất cả về chất lượng và tính kinh tế.

### 2.2. Nguyên tắc phân loại bằng lực ly tâm:



Hình 1. Để xem xét nguyên tắc phân loại

Nguyên tắc phân loại bằng lực ly tâm được trình bày trên hình 1. Xét hạt có kích thước  $d$  nằm ở ranh giới thiết bị phân loại. Khi đó hạt sẽ chịu các lực tác dụng sau:

- R: Lực hướng tâm, do dòng khí tác dụng vào hạt.

$$R = 3\delta i d \cdot v$$

$i$ : độ nhớt của dòng khí, Pa.s.

$d$ : kích thước hạt, m.

$w$ : Vận tốc dòng khí, m/s.

F: Lực ly tâm do thiết bị phân loại tạo nên, với  $\rho_r$  và  $\rho$  là khối lượng riêng của hạt và khí,  $\text{kg/m}^3$ ,  $r$  là bán kính thiết bị,  $\omega$  là vận tốc góc, 1/s.

$$F = \frac{\pi}{6} \cdot (\rho_r - \rho) \cdot d^3 \cdot \omega^2 r$$

Sẽ xảy ra hai trường hợp:

Nếu  $F > R$ : Hạt sẽ bị nẩy ra khỏi thiết bị phân loại.

Nếu  $F < R$ : Hạt sẽ được hút vào thiết bị phân loại.

Khi  $r, \rho_r, \rho, d = \text{const}$ , nếu ta thay đổi  $\omega$ , ta có thể điều chỉnh việc hút hoặc nẩy hạt ra khỏi thiết bị phân loại.

Đó là cơ sở lý thuyết cho việc phân loại hạt bằng thiết bị phân loại ly tâm.

## 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

### 3.1. Nguyên liệu và phương pháp phân tích

Nguyên liệu được sử dụng để nghiên cứu quá trình sấy là bột nhẹ (cacbonat canxi) và tinh bột khoai mì (tinh bột sắn).

Độ ẩm vật liệu sấy được đo bằng máy đo độ ẩm.

Kích thước hạt sản phẩm được phân tích bằng sàng.

Nhiệt độ sấy được đo bằng nhiệt kế bách phân thông thường.

### 3.2. Các thông số công nghệ được khảo sát:

- Vận tốc quay của roto và vận tốc gió được xác định qua tần số roto như trình bày trong bảng 1.

**Bảng 1.** Thông số kỹ thuật của roto và vận tốc, lưu lượng gió ra ứng với vận tốc của roto

Tần số roto (Hz)	20	30	40	45	50
Vận tốc roto (v/ph)	800	1250	1720	2000	2100
Vận tốc gió ra (m/s)	8,3	8,0	7,3	7,0	6,8

Vận tốc gió vào :  $u_v = 6 \text{ m/s}$  ứng với lưu lượng là  $4,9 \text{ m}^3/\text{h}$

TN	w(%)	t(°C)	τ(phút)			w <sub>s</sub> (%)
			Lần 1	Lần 2	Lần 3	
1	40	130	5,58	5,57	6,75	11,41
2	30	130	2,85	3,95	4,07	11,25
3	40	100	5,05	6,00	6,45	11,96
4	30	100	3,50	3,70	4,05	10,53
5	40	115	7,18	6,19	7,00	11,52
6	30	115	2,57	3,22	3,4	11,43
7	35	130	4,03	5,87	4,82	11,52
8	35	100	4,00	5,93	5,75	12,87
9	35	115	4,97	5,32	5,75	12,15

- Vận tốc quay của trục máy nghiền: 2720 (vòng/phút)
- Nhiệt độ tác nhân sấy trước khi vào buồng sấy được khảo sát trong giới hạn từ 100 đến 130°C.
- Độ ẩm của nguyên liệu sấy:  
Tinh bột khoai mì: 30 đến 40%  
Bột nhệ: 37 đến 47%
- Tần số của roto phân loại: 20, 30, 40, 45, 50 Hz.

**3.3. Nghiên cứu công nghệ sấy tinh bột khoai mì**

**3.3.1. Ảnh hưởng của các yếu tố công nghệ:**

Trên cơ sở các nghiên cứu thăm dò, các thí nghiệm được tiến hành theo quy hoạch trực giao cấp 2. Kết quả thí nghiệm được trình bày trong bảng 2.

**Bảng 2.** Ảnh hưởng của các yếu tố công nghệ đến độ ẩm tinh bột khoai mì

Dựa vào kết quả thí nghiệm đã nêu, phương trình hồi qui mô tả hàm ẩm sau khi sấy ( $\hat{Y}$ ,%) phụ thuộc vào độ ẩm ban đầu của vật

liệu  $Z_1$  (%), có biến mã hoá tương ứng là  $x_1$ ), nhiệt độ  $Z_2$  (°C), có biến mã hoá tương ứng là  $x_2$ ) có dạng:

$$\hat{y} = 5,020 + 1,502x_1 - 0,078x_1x_2 - 0,215x_1^2 - 0,045x_2^2$$

Sau khi kiểm tra tính có nghĩa của các hệ số bằng chuẩn số Student với mức ý nghĩa  $p=0,05$ , bậc tự do  $f=2$ , loại bỏ các hệ số không có nghĩa và kiểm tra tính tương hợp của phương trình hồi quy bằng chuẩn số Fisher với mức ý nghĩa  $p=0,05$ , bậc tự do  $f_1=4, f_2 = 2$ .

Đổi về biến số ban đầu, phương trình hồi quy có dạng:

$$y = - 43,6070 + 3,4300 Z_1 - 0,0001Z_1Z_2 - 0,0086Z_1^2 - 0,0001Z_2^2$$

**3.3.2. Nghiên cứu quá trình phân loại :**

Quá trình phân loại được nghiên cứu trên thiết bị phân loại tự động bằng đĩa quay tự chế tạo. Với những thời gian sấy khác nhau như trình bày trong bảng 3.15 (mẫu 1, mẫu 2, mẫu 3, mẫu 4 tương ứng với sản phẩm sau khi sấy ở tần số roto phân loại lần lượt là 20, 30, 40, 45 Hz), kết quả thí nghiệm mô tả quá trình phân loại được trình bày trong bảng 3,4.

**Bảng 3.** Thời gian sấy ở các chế độ quay của roto phân loại

Lần	Thời gian sấy (phút)			
	Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3	Mẫu 4
1	4,97	5,55	6,80	7,92
2	5,32	6,85	6,63	6,62
3	5,75	5,68	6,37	8,13

**Bảng 4:** Kết quả phân theo đơn vị khối lượng(g)

Rây (mesh)	Khối lượng vật iệu giữ lại trên mỗi rây (g)			
	Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3	Mẫu 4
180	0,014	0,108	0	0
200	0,122	0,228	0	0
> 200	26,117	16,334	28,256	28,812

**3.4. Nghiên cứu quá trình sấy và phân loại CaCO<sub>3</sub>**

Tương tự như tinh bột khoai mì, các kết quả nghiên cứu quá trình sấy và phân loại đối với bột CaCO<sub>3</sub> được trình bày trong các bảng 5 và 6.

**Bảng 5.** Thời gian sấy ở các chế độ quay của roto phân loại

Lần	Thời gian sấy (phút)			
	Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3	Mẫu 4
1	6,77	7,70	11,47	12,43
2	6,58	7,43	12,22	13,11
3	6,95	8,47	12,70	12,86

**Bảng 6.** Kết quả phân loại trên rây

Rây (mm)	Khối lượng vật liệu giữ lại trên mỗi rây (g)			
	Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3	Mẫu 4
0,25	7,149	8,361	6,077	9,825
0,20	1,043	0,346	0,063	0,693
0,16	2,707	1,548	2,951	2,860
< 0,16	3,97	2,483	4,847	4,402

**4. THẢO LUẬN KẾT QUẢ VÀ KẾT LUẬN**

Từ các kết quả nghiên cứu được trình bày ở trên, dễ dàng thấy rằng:

1) Các phương trình hồi quy thực nghiệm đã mô tả định lượng ảnh hưởng của độ ẩm ban đầu và nhiệt độ sấy đến độ ẩm sản phẩm sấy với từng chế độ sấy khác nhau. Các phương trình này chỉ áp dụng cho các loại vật liệu sấy đã đề cập trên thiết bị nghiên cứu. Đối với các đối tượng (vật liệu, máy

sấy) khác, những nghiên cứu tương tự cần phải được tiến

hành để xác định chế độ sấy thích hợp.

2) Vận tốc roto phân loại càng lớn thì thời gian sấy càng dài, tuy rằng trong đoạn đầu (từ 20 đến 40 Hz) độ tăng vận tốc roto phân loại không làm ảnh hưởng nhiều đến thời gian sấy. Sau đó, thời gian sấy tăng vọt khi tăng vận tốc của roto. Trong thực tế, tùy yêu cầu kích thước hạt sản phẩm mà có thể chọn vận tốc của roto cho phù hợp. Vận tốc roto càng lớn thì hạt càng mịn, tuy nhiên để giảm thời gian sấy thì ta nên chọn vận tốc trong giới hạn cho phép.

3) Tinh bột khoai mì sau khi sấy gần như 100% lọt qua rây 200 mesh, không phụ thuộc vào vận tốc roto phân loại. Điều này cho thấy kích thước hạt tinh bột không bị thay đổi mà thực tế, các hạt tinh bột mịn đã kết dính với nhau. Như vậy, khi đi qua máy nghiền, các hạt đã được đánh tơi hoàn toàn về kích thước ban đầu. Do đó khi sấy tinh bột khoai mì ta có thể chọn vận tốc roto phân loại trong giới hạn nhỏ nhất.

4) Với CaCO<sub>3</sub>, trong đoạn vận tốc của roto phân loại từ 20 đến 30 Hz và từ 40 đến 50Hz thì khi tăng vận tốc của roto thì thời gian sấy tăng không đáng kể. Còn trong giai đoạn vận tốc của roto từ 30 đến 40 Hz thì khi tăng vận tốc của roto thì thời gian sấy tăng vọt.

Kích thước hạt từ 0.24 đến 0,26 mm chiếm tỉ lệ cao nhất trong phân bố hạt theo kích thước sau khi sấy mặc dù vận tốc của roto phân loại thay đổi. Cỡ hạt này có giá trị thành phần phần trăm giảm dần theo thứ tự của vận tốc roto như sau: 30, 50, 20,40Hz. Dựa vào kết quả này ta có thể lựa chọn vận tốc roto phân loại phù hợp với kích thước hạt vật liệu cần thiết.

5) Máy sấy khí động này tỏ ra rất thích hợp với các dạng vật liệu bột nhão. Tuy nhiên đối với các loại vật liệu khác, các yếu tố về tỷ trọng, kích thước, độ ẩm ban đầu, khả năng dính ướt, hình dạng hạt,... cần được tính đến trong quá trình thiết kế.

6) Máy sấy này có thể thực hiện đồng thời cả ba chức năng (nghiền, sấy, phân loại). Từ

nguyên liệu sấy dạng paste ban đầu, sau quá trình sấy ta được sản phẩm dạng bột mịn có kích thước hạt gần như đồng nhất, chất lượng (kích thước hạt, màu sắc, mùi vị...) tốt. Máy hoạt động khá ổn định, ít hư hỏng trong quá trình thí nghiệm

7) Loại máy sấy này có thể được ứng dụng ở quy mô vừa và nhỏ. Việc ứng dụng các kết quả tính toán, thiết kế và các kết quả nghiên cứu này ở quy mô lớn hơn, nếu có điều kiện, cần được tiếp tục nghiên cứu, hoàn thiện để có thể đưa ra được một quy trình tính toán và thiết kế chuẩn, áp dụng cho các đối tượng vật liệu khác nhau. Ngoài ra, việc tự động hoá khâu nhập liệu và thu hồi sản phẩm cũng cần được nghiên cứu cải tiến tiếp tục.

**Lời cảm ơn:** Các tác giả xin được bày tỏ lòng cảm ơn đến Bộ môn Máy và Thiết bị, Khoa Công nghệ Hoá học Trường ĐHBK, ĐHQG TP.HCM, và Viện Công nghệ Hoá học, Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam về sự hợp tác và thảo luận khoa học rất bổ ích trong quá trình nghiên cứu.

Chúng tôi cũng xin bày tỏ lòng biết ơn đối với ĐHQG TP.HCM và Trường ĐHBK về việc đã cung cấp kinh phí và tạo mọi điều kiện cho việc hoàn thành Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ mã số B2003-20-42 mà các kết quả của nó là cơ sở cho việc công bố công trình này.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- 1.V.V. Kafarov, *Metodu Kibernetiki v Khimii I Khimitrexkoi Tekhnologii*, Khimia, 1975.
  2. Hoàng Minh nam, Phan Đình Tuấn et all, Báo cáo tổng kết Đề tài KHCN cấp Bộ mã số B2003-20-42, Nghiên cứu công nghệ và thiết bị sấy vật liệu dạng bột nhão ứng dụng trong công nghiệp chế biến nông sản, thực phẩm và hoá chất, TPHCM, 2005.
  3. Hosokawa Micron Corporation, *Hosokawa Product handbook*, Osaka, Japan, July 1993.
  4. Hoàng Văn Chức, *Kỹ Thuật Sấy*, Nhà Xuất Bản Khoa Học Và Kỹ Thuật, Hà Nội, 1997.
- Trần Văn Phú, *Tính Toán Và Thiết Kế Hệ Thống Sấy*, Nhà Xuất Bản Giáo Dục.