

## NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ SẤY KHÍ ĐỘNG KẾT HỢP VỚI QUÁ TRÌNH PHÂN CẤP HẠT SẢN PHẨM ỨNG DỤNG CHO VẬT LIỆU SẤY DẠNG BỘT NHÃO

**Phan Đình Tuấn(1), Hoàng Minh Nam(1), Hoàng Tiên Cường(2)**

(1) Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM

(2) Viện Công nghệ Hoá học, Viện KH&CN Việt Nam

(Bài nhận ngày 26 tháng 01 năm 2006, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 18 tháng 09 năm 2006)

**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 có thể 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.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

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 bột nhão (paste) có độ ẩm chủ yếu là độ ẩm bề mặt như tinh bột khoai mì, bột nẹ (bột  $\text{CaCO}_3$ )... 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 lớn hơn so với 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 sản phẩm sấy cũng như hiệu quả kinh tế.

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

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.  $R = 3\dot{w}id.v$ , trong đó

$i$ : 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. Ký hiệu  $\rho_r$  và  $\rho$  là khối lượng riêng của hạt và khí tương ứng,  $\text{kg/m}^3$ , r là bán kính thiết bị, m,  $\omega$  là vận tốc góc, 1/s, ta có:

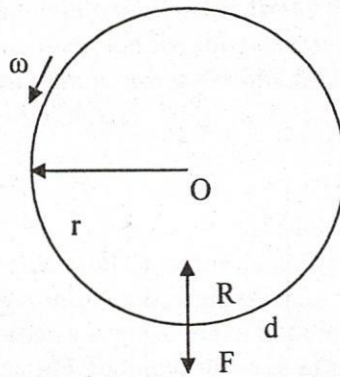
$$F = \frac{\pi}{6} \cdot (\rho_r - \rho) \cdot d^3 \omega^2 r$$

Tùy thuộc vào mối tương quan giữa các giá trị của F và R mà có thể xảy ra các trường hợp sau:

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

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

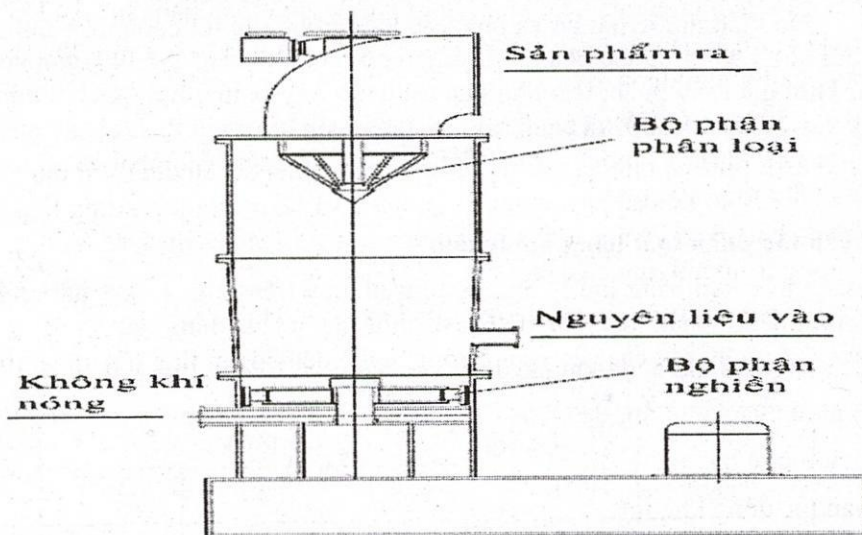
Khi các thông số r,  $\rho_r$ ,  $\rho$ ,  $\omega$ , d không đổi, nếu thay đổi  $\rho$ , ta có thể điều chỉnh việc hút hoặc đẩy hạt ra khỏi thiết bị phân loại. Điều đó được sử dụng làm cơ sở lý thuyết cho việc phân loại hạt bằng thiết bị phân loại ly tâm.



Hình 1. Để xem xét nguyên tắc phân loại

### 2.3. Sơ đồ thiết bị sấy

Trên cơ sở các phân tích lý thuyết đã nêu, một thiết bị sấy khí động thí nghiệm đã được chế tạo dựa trên sơ đồ nguyên lý được mô tả trên hình 2. Theo sơ đồ này, không khí nóng và vật liệu ướt đi vào thiết bị từ phía đáy. Say khi sấy khô, các hạt sẽ được phân loại nhờ cơ cấu phân loại bằng lực ly tâm. Các hạt nhỏ sẽ đi ra khỏi thiết bị từ trên đỉnh. Các hạt lớn sẽ quay trở lại, tiếp tục được nghiền mịn trước khi đi vào bộ phận phân loại tiếp tục.



Hình 2. Sơ đồ thiết bị sấy khí động

### 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 tinh bột khoai mì (tinh bột sắn) và bột nhẹ (cacbonat canxi).

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.

- Vận tốc gió đi vào thiết bị được điều chỉnh tới giá trị ổn định  $u_v = 6$  m/s ứng với lưu lượng  $4,9$  m<sup>3</sup>/h

- 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 nhẹ: 37 đến 47%

**Bảng 1.** Thông số kỹ thuật của roto và vận tốc gió tương ứng.

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

#### 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.

Dựa vào kết quả thí nghiệm đã nêu, phương trình hồi qui mô tả hàm ẩm sau khi sấy ( $\hat{y}_1, \%$ ) 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:

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

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:

$$\hat{y}_1 = -43,6070 + 3,4300Z_1 - 0,0001Z_1Z_2 - 0,0086Z_1^2 - 0,0001Z_2^2$$

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

TN	W (%)	T (°C)	$\tau$ (phút)			$w_s$ (%)
			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

**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 (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 các bảng 3 và 4.

**Bảng 3.** Thời gian sấy tinh bột khoai mì

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 loại tinh bột khoai mì

Lỗ sàng (mm)	Khối lượng vật liệu giữ lại trên mỗi sàng (g)			
	Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3	Mẫu 4
0,088	0,014	0,108	0	0
0,074	0,122	0,228	0	0
<0,074	26,117	16,334	28,256	28,812

**3.4. Nghiên cứu công nghệ sấy cacbonat canxi**

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

Trong tự tinh bột khoai mì, các thí nghiệm nghiên cứu công nghệ sấy đối với cacbonat canxi cũng được tiến hành theo quy hoạch trực giao cấp 2. Kết quả thí nghiệm được trình bày trong bảng 5.

Xử lý thống kê tương tự như đối với trường hợp sấy tinh bột khoai mì, dễ dàng thu được phương trình hồi qui mô tả hàm ẩm sau khi sấy ( $\hat{y}_2$ ,%) 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  $x_2$ ) ở dạng:

$$\hat{y}_2 = 5,020 + 1,502x_1 - 0,078x_1x_2 - 0,215 x_1 - 0,045 x_1$$

và phương trình hồi quy biểu diễn theo biến số ban đầu ở dạng:

$$\hat{y}_2 = - 43,6070 + 3,4300 Z_1 - 0,0001Z_1Z_2 - 0,0086Z_1^2 - 0,0001Z_2^2$$

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

Tương tự tinh bột khoai mì, kết quả thí nghiệm mô tả quá trình phân loại cacbonat canxi được trình bày trong các bảng 6 và 7.

**Bảng 5.** Ảnh hưởng của các yếu tố công nghệ đến độ ẩm cacbonat canxi

TN	W (%)	T (°C)	$\tau$ (phút)			w <sub>s</sub> (%)
			Lần 1	Lần 2	Lần 3	
1	47	130	8,00	8,00	7,00	7,76
2	37	130	3,70	3,92	4,08	3,90
3	47	100	12,60	15,35	14,9	14,28
4	37	100	5,5	5,72	5,64	5,64
5	47	115	11,83	11,18	12,22	11,76
6	37	115	5,05	5,20	6,53	5,59
7	42	130	7,00	5,00	6,00	6,00
8	42	100	8,62	7,52	7,75	7,96
9	42	115	7,7	7,42	8,47	7,86

**Bảng 6.** Thời gian sấy cacbonat canxi

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 7.** Kết quả phân loại cacbonat canxi

Lỗ sàng (mm)	Khối lượng vật liệu giữ lại trên mỗi sàng (g)			
	Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3	Mẫu 4
0,248	7,149	8,361	6,077	9,825
0,208	1,043	0,346	0,063	0,693
0,147	2,707	1,548	2,951	2,860
<0,147	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:

- 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 có thể 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 phương trình hồi quy thực nghiệm và xác định chế độ sấy thích hợp.

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 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.

Sau khi sấy, hầu hết các hạt tinh bột khoai mì (gần như 100%) lọt qua sàng 0,074mm, 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 vốn rất mịn đã kết dính với nhau. Khi đi qua máy nghiền, các hạt đã được đánh tơi hoàn toàn và trả 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.

Với  $\text{CaCO}_3$ , khi vận tốc roto phân loại tăng trong phạm vi tần số từ 20 đến 30 Hz và từ 40 đến 50Hz, thời gian sấy tăng không đáng kể. Trong phạm vi 30 đến 40 Hz, việc tăng vận tốc của roto làm cho 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. Thành phần phần trăm của cỡ hạt này có xu hướng 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.

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.

Máy sấy này có thể thực hiện đồng thời cả ba chức năng (nghiền, sấy, phân loại). Từ nguyên liệu sấy dạng bột nhão ban đầu, sau khi sấy ta thu được sản phẩm dạng bột mịn có kích thước hạt gần như đồng nhất, chất lượng (kích thước hạt, màu sắc, mùi vị...) đảm bảo đạt tiêu chuẩn. Máy hoạt động khá ổn định, ít hư hỏng trong quá trình thí nghiệm.

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.

## STUDY ON THE AERODYNAMIC DRYING TECHNOLOGY WITH PARTICLE CLASSIFICATION FOR PASTE MATERIALS

Phan Đình Tuan<sup>(1)</sup>, Hoàng Minh Nam<sup>(1)</sup>, Hoàng Tiên Cường<sup>(2)</sup>

(1)University of Technology, VNU-HCM

(2) Institute of Chemistry Techs, Institute of Technology & Science Viet Nam

**ABSTRACT:** Nowadays, we often meet the problem of paste materials drying in the industries of chemistry, pharmacy, agricultural product processing. Differentiating normal particles, paste materials are often agglutinate and 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 could partly satisfy 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.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Cảnh, Nguyễn Đình Soa, *Tối ưu hóa thực nghiệm trong hóa học & kỹ thuật hóa học*, Trường Đại học Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh, (1994).
- [2]. Hosokawa Micron Corporation, *Hosokawa product handbook*, Osaka, Japan, July, (1993).
- [3]. Hoàng Văn Chúc, *Kỹ thuật sấy*, Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật, Hà Nội, (1997).
- [4]. Vũ Bá Minh, Hoàng Minh Nam, *Quá trình và Thiết bị trong công nghệ hóa học, tập 2, Cơ học vật liệu rời*, Trường Đại học Bách khoa Thành phố Hồ Chí Minh, (1993).
- [5]. Trần Văn Phú, *Tính toán và thiết kế hệ thống sấy*, Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội, (2001).

