

MỘT SỐ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU ĐỘNG HỌC QUÁ TRÌNH SẤY THỨC ĂN VIÊN NUÔI TÔM BẰNG PHƯƠNG PHÁP TẦNG SÔI

Lê Đức Trung*, Nguyễn Văn Lụa**, Phạm Văn Bôn**, Lê Xuân Hải**

* Trung tâm Công nghệ & SH Thủy sản, ** Trường Đại học Bách khoa – ĐHQG-HCM
(Bài nhận ngày 21 tháng 3 năm 2002, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 02 tháng 5 năm 2002)

TÓM TẮT: Bài viết giới thiệu phương pháp và một số kết quả nghiên cứu về động học quá trình sấy thức ăn nuôi tôm – một sản phẩm phục vụ nuôi trồng thủy sản đang được chú ý nghiên cứu và sản xuất trong những năm gần đây. Ảnh hưởng của các yếu tố công nghệ chủ yếu như nhiệt độ, tốc độ không khí, chiều dày lớp vật liệu, kích thước viên lên tốc độ sấy đã được khảo sát tạo cơ sở cho việc xác lập chế độ công nghệ, thiết kế và vận hành thiết bị sấy thức ăn nuôi tôm dạng viên.

A. ĐẶT VẤN ĐỀ

Động học quá trình sấy nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố như nhiệt độ, tốc độ không khí, chiều dày lớp hạt, kích thước viên thức ăn lên tốc độ sấy vật liệu, từ đó tìm ra chế độ sấy thích hợp cho từng loại vật liệu [3,8]. Thức ăn viên nuôi tôm là một loại vật liệu tổng hợp có thành phần cấu tạo phức tạp do được phối trộn từ các nguồn nguyên liệu khác nhau, rồi được ép thành viên. Trong quá trình sấy thức ăn, các yếu tố công nghệ cần đặc biệt chú ý vì vật liệu có tính keo xộp mao quản, có nhiều chất dinh dưỡng và kích thích sinh trưởng dễ biến tính ở nhiệt độ cao. Những năm gần đây, máy sấy tầng sôi (STS) đã được đưa vào ứng dụng tại một số xí nghiệp sản xuất thức ăn tôm trong nước [4], tuy nhiên chưa có những tài liệu chuyên sâu về quá trình STS thức ăn viên nên việc thiết kế và sử dụng thiết bị dựa chủ yếu vào kinh nghiệm. Để góp phần giải quyết vấn đề này, nghiên cứu về ứng dụng máy STS cho sản xuất thức ăn thủy sản đã được tiến hành tại Trung tâm Công nghệ & Sinh học Thủy sản và Trường Đại học Bách Khoa Tp. HCM. Một số kết quả nghiên cứu về động học quá trình sấy được giới thiệu dưới đây có thể làm cơ sở cho việc xây dựng quy trình công nghệ, thiết kế và vận hành thiết bị sấy thức ăn viên bằng phương pháp tầng sôi.

B. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

1. Vật liệu nghiên cứu

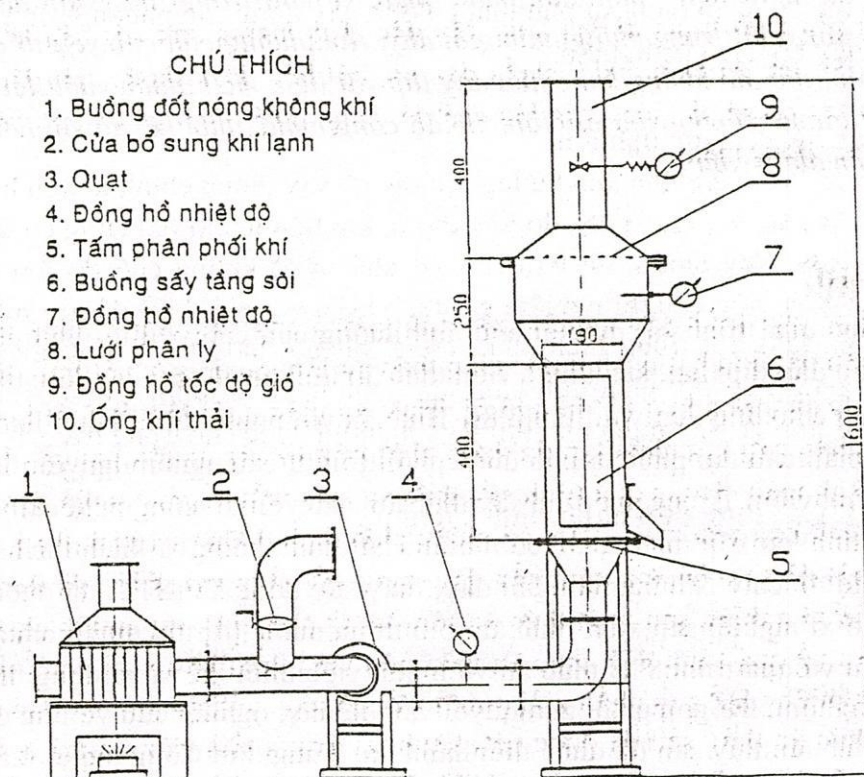
Vật liệu được sử dụng trong nghiên cứu là thức ăn viên công nghiệp có chất lượng theo tiêu chuẩn ngành về thức ăn nuôi tôm 28 TCN102:1997 [2], với 3 cỡ viên với đường kính 1,5 mm; 2,0 mm và 2,5 mm. Chiều dài viên bằng 2 - 2,5 lần đường kính. Viên thức ăn được tạo thành nhờ máy ép viên dạng trục vít, qua đĩa khuôn có kích thước lỗ tương ứng.

2. Thiết bị thí nghiệm

Thiết bị thí nghiệm được thể hiện trên hình 1, với các đặc điểm chính như sau: buồng STS có tiết diện hình vuông, kích thước 18x18x40 cm. Các tấm phân phối khí dạng tấm đột lỗ có đường kính $\phi 1,5$ mm với tỷ lệ thoáng là 8 %. Quạt thổi khí có công suất 1,5 kW, tốc độ 2800 v/phút cho lưu lượng khí tối đa 0,5 m³/s. Cột áp tối đa đạt 600 mm H₂O. Không khí sấy được đốt nóng bằng khí đốt, lưu lượng được điều chỉnh bằng van trên ống hút. Nhiệt độ khí

được điều chỉnh nhờ kết hợp van gas và van gió bổ sung không khí đặt giữa quạt và buồng đốt.

Vận tốc không khí được đo bởi lưu tốc kế hiệu AVM-03 (hãng Prova – Đài Loan), với độ chính xác 1%, khoảng đo từ 0,1 – 45 m/s. Nhiệt độ khí được kiểm tra bằng đồng hồ nhiệt THERM 2280-1, có độ chính xác $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$. Độ ẩm không khí được đo bằng ẩm kế HI 8064 có độ chính xác 1%. Độ ẩm của thức ăn viên được xác định bằng phương pháp sấy trong tủ sấy ở nhiệt độ 105 - 110 $^{\circ}\text{C}$ trong thời gian 12 h. Khối lượng mẫu vật được cân bằng cân điện có độ chính xác $\pm 0,001$ g.



Hình 1: Sơ đồ thiết bị thí nghiệm sấy tầng sôi

3 Phương pháp nghiên cứu

3.1 Cơ sở lý thuyết

Quá trình sấy vật liệu thực phẩm thường xảy ra theo hai giai đoạn chính: giai đoạn đẳng tốc và giai đoạn giảm tốc [3]. Độ ẩm vật liệu ứng với thời điểm chuyển tiếp giữa hai giai đoạn được gọi là độ ẩm tới hạn M_{th} . Trong giai đoạn đẳng tốc, phương trình tốc độ sấy có dạng:

$$\frac{\partial M}{\partial \tau} = -k_e \quad \text{hay:} \quad M = M_0 - k_e \tau \quad (1)$$

Trong giai đoạn tốc độ sấy giảm, phương trình đường cong sấy tuân theo luật hàm mũ [6],[8]:

$$M = M_{cb} + A (M_0 - M_{cb}) e^{-k\tau} \quad (2)$$

Trong đó: M_0 , $M(\tau)$, M_{cb} tương ứng là độ ẩm ban đầu, độ ẩm tại thời điểm τ và độ ẩm cân bằng của vật liệu [3].

A - hệ số tính đến ảnh hưởng nhiệt độ ban đầu của vật liệu. Khi nhiệt độ vật liệu vào gần với nhiệt độ không khí sấy, ban đầu giả thiết $A = 1$.

k_c , k - hệ số đặc trưng cho tốc độ sấy, còn gọi là hằng số tốc độ sấy, [1/ph].

Trong thực tế k_c , k phụ thuộc vào nhiều yếu tố: nhiệt độ T_k , vận tốc không khí sấy V_k , chiều dày lớp vật liệu H_b và kích thước viên D_h với các mức độ khác nhau. Một phương pháp có hiệu lực để nhận dạng sự phụ thuộc đó là xây dựng các phương trình hồi quy trên cơ sở tiến hành quy hoạch thực nghiệm.

3.2 Quy hoạch thực nghiệm

Ngoài các yếu tố chính ảnh hưởng lên tốc độ sấy (cũng chính là ảnh hưởng lên giá trị k_c và k) bao gồm T_k , V_k , H_b và D_h , độ ẩm không khí bên ngoài (φ) cũng có ảnh hưởng đáng kể tới tốc độ sấy. Tuy nhiên, do hạn chế về khả năng khống chế độ ẩm không khí môi trường xung quanh, nên các thí nghiệm chỉ thực hiện với giả thiết độ ẩm môi trường ngoài không đổi (bằng độ ẩm trung bình của không khí đo được trong thời gian tiến hành thí nghiệm). Để giảm bớt thời gian tiến hành thí nghiệm sẽ sử dụng quy hoạch trực giao cấp một 2^{4-1} [1]. Số liệu để xây dựng ma trận thực nghiệm được cho trong bảng 1.

Bảng 1. Các mức tiến hành thực nghiệm

	Các yếu tố			
	T_k (°C)	V_k (m/s)	H_b (cm)	D_h (mm)
Mức cơ sở	80	1,8	15	2
Mức cao	100	2,2	20	2,5
Mức thấp	60	1,4	10	1,5
Khoảng biến thiên	20	0,4	5	0,5

Mã hoá các thông số T_k , V_k , H_b , D_h thông qua các biểu thức:

$$x_1 = \frac{T_k - 80}{20}; \quad x_2 = \frac{H_b - 15}{5}; \quad x_3 = \frac{V_k - 1,8}{0,4}; \quad x_4 = \frac{D_h - 2}{0,5} \quad (3)$$

Các phương trình hồi quy sẽ xây dựng dưới dạng tuyến tính:

$$k_c = b_{0c} + b_{1c} x_1 + b_{2c} x_2 + b_{3c} x_3 + b_{4c} x_4 \quad (4)$$

$$k = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 x_4 \quad (5)$$

Thí nghiệm tại tâm phương án được lặp lại 3 lần. Các thí nghiệm được tiến hành trong điều kiện không khí ngoài trời có độ ẩm 72 - 74 %, nhiệt độ 33-34 °C.

3.3 Phương pháp tiến hành thí nghiệm

Hỗn hợp nguyên liệu thức ăn được trộn đều trong máy trộn kiểu băng xoắn nằm ngang rồi được tạo viên bằng máy ép vít. Thức ăn viên được bảo quản trong các bình cách ẩm để xác định chính xác lại độ ẩm và chuẩn bị cho các thí nghiệm.

Sau khi khởi động thiết bị sấy để có trạng thái không khí ổn định, thức ăn viên được cấp vào buồng sấy với chiều dày quy định. Trung bình năm phút một lần, thức ăn viên trong lớp tầng sôi được lấy mẫu để xác định sự biến đổi độ ẩm.

3.4 Phương pháp xử lý số liệu thực nghiệm và nhận dạng các hằng số tốc độ sấy

Ứng với thí nghiệm thứ i sẽ xác định được một đường hồi quy thực nghiệm biểu diễn quan hệ $M_i = M_i(\tau)$. Bằng phương pháp bình phương cực tiểu sẽ xây dựng được các đường cong tương ứng dạng (1) và (2), và như vậy sẽ có được giá trị các hằng số tốc độ sấy k_{ci} và k_i của thí nghiệm thứ i .

Từ giá trị của các hằng số tốc độ sấy k_{ci} , k_i , sử dụng phương pháp phân tích hồi quy để xây dựng các phương trình hồi quy tuyến tính (4) và (5) ta sẽ thu được các phương trình tốc độ sấy thức ăn viên trong phạm vi đang khảo sát.

C. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

1. Xác định phương trình đường cong sấy và tốc độ sấy

1.1 Kết quả thực nghiệm theo ma trận trực giao 2^{4-1}

Thực nghiệm cho thấy đường cong sấy của các loại thức ăn viên nuôi tôm theo 2 giai đoạn: giai đoạn sấy đẳng tốc xảy ra cho tới khi độ ẩm vật liệu đạt tới giá trị tới hạn M_{th} (khoảng 28 – 30 %). Sau đó tốc độ sấy bắt đầu giảm đều (độ ẩm vật liệu thay đổi theo dạng hàm e^{-kt}) cho tới khi vật liệu đạt độ ẩm khoảng 7 – 8 %. Nếu tiếp tục sấy độ ẩm vật liệu giảm chậm tới gần với độ ẩm cân bằng. Hằng số tốc độ k_c , k ở các giai đoạn cho mỗi thí nghiệm và giá trị ước lượng M_{th} của mỗi loại thức ăn viên cho tôm được xác định và ghi lại trong bảng 3. Độ ẩm cân bằng thức ăn viên được xác định theo [5].

Bảng 2 Biến đổi độ ẩm thức ăn viên khi thí nghiệm theo quy hoạch

τ (ph)	Biến đổi độ ẩm $M(\tau)$ của thức ăn viên trong các thí nghiệm No.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0	48,20	48,12	48,25	47,54	47,76	48,28	47,96	48,05
2	42,22	44,36	40,82	43,15	41,25	44,05	41,98	45,70
4	36,15	40,68	33,54	38,84	34,32	38,96	35,26	42,86
6	30,50	37,22	26,15	34,78	28,52	33,64	30,06	39,52
10	22,80	30,51	17,20	28,20	20,87	28,16	22,21	36,25
15	15,54	24,38	10,40	22,14	13,20	21,32	14,82	29,58
20	10,85	19,82	7,18	17,23	9,15	16,62	10,35	25,81
25	8,42	16,25	5,12	13,76	7,34	13,18	8,20	22,65
30	6,68	13,31	4,18	11,25	6,16	10,80	6,68	19,45
35	5,70	11,12	3,75	9,54	4,93	9,40	5,52	16,27
40	4,92	9,68	3,36	8,42	4,16	8,30	4,65	14,54
45	4,18	8,85	2,98	7,46	3,52	7,35	3,98	13,16
50	3,55	8,05	2,67	6,65	3,15	6,60	3,45	11,49

Bảng 3 Giá trị các tham số phương trình đường cong sấy của các thí nghiệm

No.	T_k ($^{\circ}C$)	H_h (cm)	V_k (m/s)	D_h (mm)	k_c	k_c'	k	k'	M_{th} (%)	M_{cb} (%)
1	100	20	2,2	2,5	2,72	2,738	0,0708	0,0721	30,5	0,80
2	60	10	2,2	2,5	1,80	1,878	0,0504	0,0522	29,5	3,58
3	100	10	2,2	1,5	4,38	4,116	0,1158	0,1096	29,5	0,8
4	60	20	2,2	1,5	1,93	2,093	0,0572	0,0604	28,5	3,58
5	100	20	1,4	1,5	3,10	3,178	0,0835	0,0853	29	0,80
6	60'	10	1,4	1,5	2,30	2,318	0,0642	0,0655	29,5	3,58
7	100	10	1,4	2,5	2,80	2,963	0,0740	0,0772	30,5	0,80
8	60	20	1,4	2,5	1,20	0,941	0,0342	0,0280	28,5	3,58

1.2 Phân tích hồi quy

Tính toán các hệ số hồi quy [4] trên cơ sở số liệu TN ở bảng 2 và 3, có:

$b_{0c} = 2,5281$; $b_{1c} = 0,7206$; $b_{2c} = - 0,2906$; $b_{3c} = 0,1781$; $b_{4c} = - 0,3981$
 $b_0 = 0,0688$; $b_1 = 0,01726$; $b_2 = - 0,00734$; $b_3 = 0,00479$; $b_4 = - 0,01141$

Bảng 4: Số liệu thực nghiệm tại tâm quy hoạch

STT	k_0	\bar{k}_0	$k_0 - \bar{k}_0$	$(k_0 - \bar{k}_0)^2$	k_{0c}	\bar{k}_{0c}	$k_{0c} - \bar{k}_{0c}$	$(k_{0c} - \bar{k}_{0c})^2$
1	0,0718	0,0706	0,00113	0,000013	2,45	2,55	-0,103	0,01068
2	0,0730		0,00233	0,000054	2,67		0,117	0,01361
3	0,0672		-0,00347	0,000012	2,54		-0,013	0,00018

Trong bảng 4, k_0 và k_{0c} là các giá trị trung bình của k_0 và k_{0c} .

Từ các số liệu TN trong bảng 4, phương sai tái hiện S_{th}^2 và giá trị tính toán các phân vị t_0, t_1, t_2, t_3, t_4 của phân bố Student ứng với các hệ số hồi quy được xác định và ghi lại trong bảng 5. So sánh với giá trị tra bảng của phân bố Student (với mức ý nghĩa $p = 0,05$ và bậc tự do $f = 3 - 1 = 2$ [1]) đi đến kết luận các hệ số hồi quy đều có nghĩa. Tính toán phương sai tương thích S_u^2 [1] từ các số liệu của bảng 3 và bảng 4, trên cơ sở đó tính giá trị của tiêu chuẩn Fisher F (bảng 5).

Bảng 5. Kết quả tính các chuẩn số thống kê

	S_{th}^2	S_u^2	t_0	t_1	t_2	t_3	t_4	F
GD 1	0,0122	0,138	64,6	18,4	7,4	4,5	10,2	5,5
GD 2	$9,4 \times 10^{-6}$	$35,9 \times 10^{-6}$	63,5	15,9	6,8	4,4	10,5	3,8

Kiểm định sự tương thích của các phương trình hồi quy thu được bằng cách so sánh với giá trị F tra bảng với mức ý nghĩa $p = 0,05$, bậc tự do $f_1 = 3, f_2 = 2$, kết quả cho thấy cả hai phương trình hồi quy thu được đều tương thích.

$k_c = 2,5281 + 0,7206 x_1 - 0,2906 x_2 + 0,1781 x_3 - 0,3981 x_4$ (6)

$k = 0,0688 + 0,0173 x_1 - 0,0073 x_2 + 0,0048 x_3 - 0,0114 x_4$ (7)

Sử dụng các công thức mã hoá (3) đưa các phương trình hồi quy về biến thực, ta có:

$k_c = 1,3084 + 0,03603 T_k - 0,0581 H_b + 0,4453 V_k - 0,79625 D_h$ (8)

$k = 0,0458 + 0,00086 T_k - 0,00147 H_b + 0,01179 V_k - 0,02283 D_h$ (9)

1.3 Phương trình tốc độ sấy:

Từ các phương trình (1); (2); (8) và (9) ta có phương trình đường cong sấy và phương trình tốc độ sấy cho 2 giai đoạn như sau:

- Giai đoạn đẳng tốc:

$$\frac{\partial M}{\partial \tau} = 1,3084 + 0,03603T_k - 0,0581H_b + 0,4453V_k - 0,79625D_h \quad (10)$$

- Giai đoạn giảm tốc:

- Phương trình đường cong sấy:

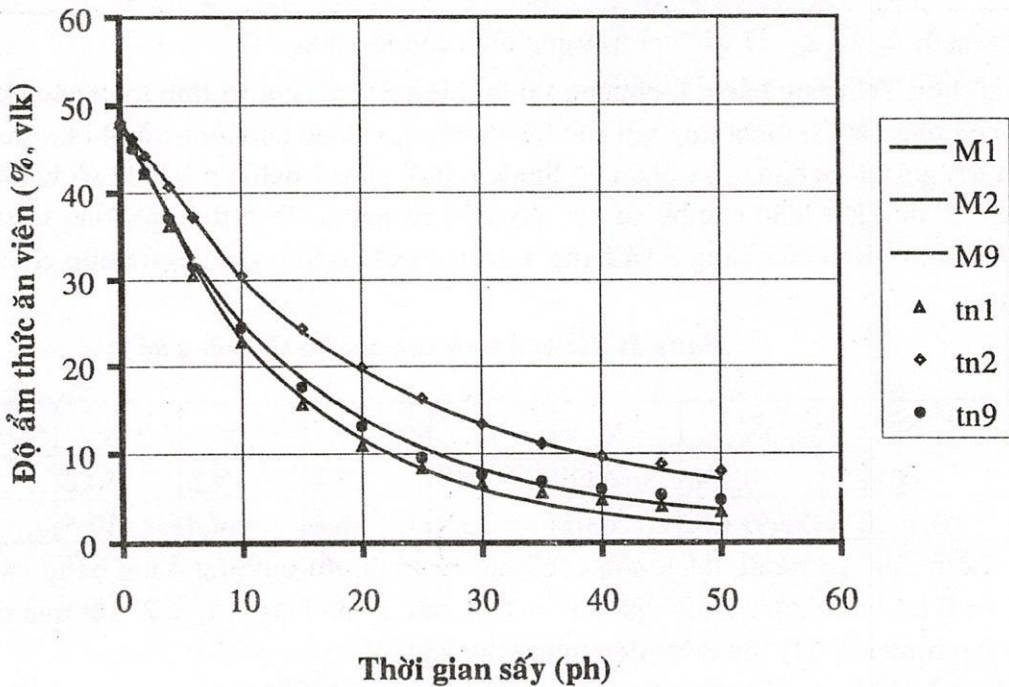
$$M = M_{cb} + (M_{th} - M_{cb}) e^{-k \tau}$$

- Phương trình tốc độ sấy:

$$\frac{\partial M}{\partial \tau} = -k (M_{th} - M_{cb}) e^{-k \tau} = -k (M - M_{cb}) \quad (11)$$

Trong đó: $k = 0,0458 + 0,00086 T_k - 0,00147 H_b + 0,01179 V_k - 0,02283 D_h$

Hình 2 biểu diễn một số đường cong sấy thức ăn viên được xây dựng theo số liệu của các thí nghiệm số 1, 2 và tại tâm quy hoạch (có mức nhiệt độ không khí vào 60, 80 và 100°C), và xây dựng theo phương trình đường cong sấy tương ứng. Ta thấy mô hình toán đã xây dựng khá trùng hợp với đường cong thực nghiệm khi độ ẩm vật liệu trong khoảng 48 % tới 8 %, (vlk). Khi xuống dưới 8 % mô hình có sai lệch đáng kể với số liệu thực nghiệm. Tuy nhiên điều này không ảnh hưởng tới khả năng ứng dụng của mô hình vì trong thực tế thức ăn nuôi tôm ít khi được sấy xuống dưới 8%.



Hình 2: Đường cong sấy xây dựng theo thực nghiệm và theo mô hình (Ký hiệu M_i chỉ các đường cong sấy theo mô hình, tn_i chỉ các đường cong sấy thực nghiệm).

Khảo sát các phương trình (6) và (7) cho thấy nhiệt độ không khí sấy và kích thước viên thức ăn có ảnh hưởng lớn nhất lên tốc độ sấy. Khi tăng nhiệt độ không khí sấy, tốc độ sấy thức ăn viên tăng dẫn đến thời gian sấy giảm. Nhiệt độ cao còn có tác dụng tiết trùng thức ăn viên và cho phép sấy vật liệu khô hơn. Tuy nhiên nhiệt độ sấy cao trong thời gian quá lâu sẽ làm giảm chất lượng sản phẩm. Ảnh hưởng kích thước viên thức ăn lên quá trình sấy theo chiều ngược lại. Khi kích thước viên thức ăn càng nhỏ, với cùng một thể tích, bề mặt bốc hơi càng lớn dẫn tới tăng tốc độ sấy và vật liệu càng nhanh gần độ ẩm cân bằng.

Mô hình cũng cho thấy khi chiều dày lớp hạt tăng, tốc độ sấy có phần bị giảm xuống. Điều này có thể do sự giảm nhiệt độ trong lớp tầng sôi khi tăng chiều dày lớp hạt, làm giảm hệ số khuếch tán ẩm, kéo theo giảm tốc độ sấy. Ngược lại vận tốc không khí có ảnh hưởng nhưng không nhiều tới đường cong sấy, đặc biệt ở giai đoạn cuối. Điều này cho thấy khi thức ăn viên ở trong trạng thái tầng sôi, lượng không khí cung cấp hoàn toàn đầy đủ để tải ẩm ra môi trường.

D. KẾT LUẬN

Thực nghiệm cho thấy quá trình sấy thức ăn viên từ độ ẩm ban đầu tới độ ẩm cuối xảy ra theo hai giai đoạn với độ ẩm tới hạn M_{th} khoảng 28 – 30 %.

Nghiên cứu đã xây dựng được mô hình toán miêu tả đường cong sấy và tốc độ sấy thức ăn viên nuôi tôm bằng phương pháp tầng sôi, trong đó có xét tới ảnh hưởng của các yếu tố công nghệ chính bao gồm nhiệt độ, vận tốc không khí, chiều dày lớp vật liệu và kích thước viên.

Ảnh hưởng của các yếu tố nghiên cứu lên tốc độ sấy không giống nhau. Ảnh hưởng mạnh nhất là nhiệt độ không khí sấy và kích thước hạt. Nhiệt độ càng tăng thức ăn càng nhanh khô, trong lúc đó kích thước hạt và chiều dày lớp vật liệu tăng làm tăng thời gian sấy.

SOME RESEARCH RESULTS ON KINETICS OF FLUIDIZED DRYING FOR SHRIMP FEED

Le Duc Trung, Pham Van Bon, Nguyen Van Lua and Le Xuan Hai

ABSTRACT: This paper aims to introduce some research results on kinetics of fluidized drying for shrimp feed. The effects of air temperature, air velocity, pellet size and static bed height on feed drying rate were simultaneously investigated using experimental planning method. Two drying rate equations were found for different periods of the process. The results from the study may be applied to technological and equipment design in aqua-feed industry.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Akhnadarova X.L, Kapharop V.V., *Tối ưu hóa thực nghiệm trong hóa học và kỹ thuật hóa học* (Nguyễn Cảnh, Nguyễn Đình Xoa dịch), Trường ĐH Bách khoa Tp. HCM, (1994).

- [2] Bộ Thủy sản, *Tiêu chuẩn ngành về thức ăn nuôi tôm*, Hà nội, (1997).
- [3] Nguyễn Văn Lựa, *Kỹ thuật sấy vật liệu*, Trường Đại học BK Tp. Hồ Chí Minh, (1995).
- [4] Lê Đức Trung & ctv, “Triển vọng ứng dụng kỹ thuật sấy tầng sôi nhằm nâng cao hiệu quả quá trình sấy thức ăn nuôi thủy sản”, *Tạp chí Thủy sản* No. 5, tr. 20-21, (2000).
- [5] Lê Đức Trung & ctv, “Xác định độ ẩm cân bằng của thức ăn viên nuôi tôm”, *Tạp chí Thủy Sản*, No.1, Tr. 31 –32, (2002).
- [6] Nguyễn Minh Tuyển và Phạm Văn Thiêm, *Kỹ thuật hệ thống Công nghệ Hóa học*, Nhà xuất bản KH & KT, Hà nội, (1997).
- [7] Howard J., *Fluidized bed technology: Principles and applications*, New York, (1989).
- [8] Reay D. & Allen R.W.K, “Predicting the performance of a continuous well-mixed fluidized bed dryer from batch tests”. *Proceedings 3th International drying Symposium*. Vol. 2: 130-140, (1992).