

## ĐỘNG HỌC QUÁ TRÌNH SẤY HẠT MÈ (*Sesamum indicum* L) TRONG MÁY SẤY TÀNG SÔI

*Phạm Trường Sơn<sup>1</sup>*  
*Trần Đình Anh Tuấn<sup>2</sup>*

### TÓM TẮT

*Trong nghiên cứu này, hạt mè (vùng) được sấy trên máy sấy tầng sôi ở các nhiệt độ sấy khác nhau (45, 50, 55, 60, 65 °C) để nghiên cứu về động học quá trình sấy từ đường cong sấy thực nghiệm. Từ đó, 05 mô hình toán khác nhau dựa trên định luật khuếch tán thứ hai của Fick được áp dụng để xác định mối tương quan giữa độ ẩm không thứ nguyên theo thời gian. Kết quả là mô hình toán ADM (Approximate Diffusion model) phù hợp nhất với kết quả thực nghiệm với giá trị độ lệch trung bình bình phương (RMSE) nhỏ hơn 0,01 và hệ số tương quan bình phương lớn hơn 0,997. Đồng thời, hệ số khuếch tán ẩm hiệu dụng cũng được xác định thông qua kết quả thực nghiệm với giá trị tăng từ  $4,24 \cdot 10^{-11}$  đến  $1,38 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$  khi nhiệt độ sấy tăng từ 45 đến 65 °C. Đối với quá trình sấy này, năng lượng hoạt hóa cũng được xác định bằng 26,09 kJ/mol dựa theo dạng phương trình Arrhenius.*

**Từ khóa:** Động học quá trình sấy, sấy hạt mè, tầng sôi, hệ số khuếch tán ẩm hiệu dụng, định luật khuếch tán Fick

### 1. Giới thiệu

Cây mè là cây trồng lâu năm trên thế giới thuộc nhóm cây lấy dầu. Chúng được trồng phổ biến ở các nước như Ấn Độ, Myanmar, Sudan và Trung Quốc.

Hạt mè chứa khoảng 25% protein và 50% dầu. Protein trong vùng có hàm lượng lysine hơi thấp nhưng lại giàu các axit amin khác, đặc biệt là methionine, cystine, arginine và leucine. Dầu mè chứa axit linoleic (37-47%), axit oleic (35-43%), palmitic (9-11%) và axit stearic (5-10%) với một lượng nhỏ axit linolenic [1]. Hạt mè có chứa một nhóm các hợp chất, được gọi là lignans, có nhiều tác dụng tăng cường sức khỏe.

Hạt mè được sử dụng nhiều trong công nghệ chế biến thực phẩm. Dầu mè được sử dụng để làm các món salad hoặc dùng làm dầu ăn. Dầu mè tinh chế chủ yếu được sử dụng trong dược phẩm và mỹ phẩm. Để thu được hạt mè, cây mè phải được thu hoạch thủ công, mang phơi nắng để hạt mè tự tách ra. Hạt mè

cũng cần được sấy đến độ ẩm khoảng 6% để bảo quản lâu dài [2]. Các thông số vật lý trung bình của hạt mè là đường kính tương đương 1,56mm, cầu tính 0,56, diện tích bề mặt  $7,8\text{mm}^2$  và khối lượng riêng  $1224 \text{ kg/m}^3$  nên rất phù hợp để sấy tầng sôi [3].

Theo [2], máy sấy tầng sôi phù hợp để sấy hạt mè vàng ở nhiệt độ và vận tốc hợp lý lần lượt là  $63,13^\circ\text{C}$  và  $1,21 \text{ m/s}$ , độ ẩm sản phẩm đạt 6,26% và chi phí nhiệt năng cho 1kg ẩm bay hơi đạt 4989 kJ/kg ẩm. Máy sấy tầng sôi có nhiều ưu điểm như hiệu quả truyền nhiệt và truyền khối lớn, độ ẩm sản phẩm đồng đều và tốc độ sấy lớn nên rất thích hợp để sấy các hạt có kích thước nhỏ.

Truyền chất trong các quá trình thực phẩm được mô tả bởi định luật thứ hai của Fick, trong nhiều trường hợp có thể giải quyết được bằng phân tích xử lý số liệu nếu có đầy đủ dữ liệu thực nghiệm, cũng như điều kiện ban đầu và

<sup>1</sup>Trường Đại học Đồng Nai  
Email: truongsong09101977@gmail.com

<sup>2</sup>Trường Đại học Công nghiệp TP. Hồ Chí Minh

điều kiện biên để xác định hệ số truyền khối hiệu dụng. Đồng thời, khi biết giá trị của hệ số này, các mô phỏng truyền khối có thể thực hiện được và sự phân bố nồng độ ẩm theo thời gian và không gian trong thực phẩm có thể thu được bằng cách giải phương trình Fick. Các dạng toán học của khuếch tán ẩm cho các dạng mẫu có hình học khác nhau có thể tìm thấy trong cuốn sách nổi tiếng của Crank [4]. Phương pháp số được cung cấp bởi các phần mềm máy tính xử lý nghiệm của phương trình đạo hàm riêng (PDE) cho bài toán động lượng, truyền nhiệt và truyền khối, chẳng hạn như Navier-Stokes, Fourier và Fick.

## 2. Vật liệu và phương pháp

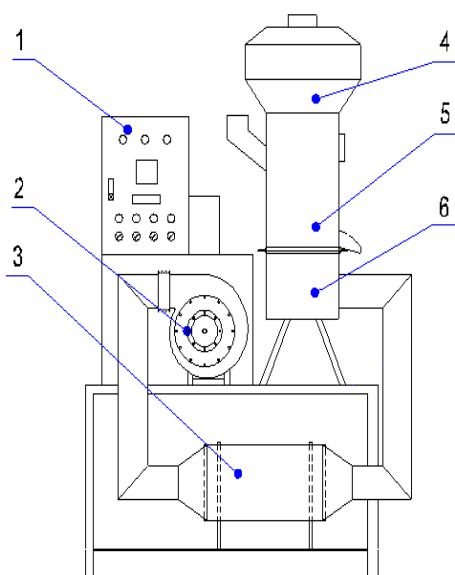
### 2.1. Vật liệu sấy

Hạt mè vàng (*Sesamum indicum* L), có độ ẩm trung bình sau thu hoạch 21% (cơ sở khô), với kích thước hạt đồng đều, không bị lép được sử dụng làm vật

liệu sấy trong các thí nghiệm. Các thông số vật lý của hạt mè được trình bày trong bảng 1.

### 2.2. Phương tiện nghiên cứu

Quá trình thực nghiệm được tiến hành tại phòng thực hành kỹ thuật sấy X6.11, khoa Công nghệ Nhiệt Lạnh trường Đại học Công nghiệp thành phố Hồ Chí Minh. Hạt mè được sấy trên mô hình máy sấy tầng sôi kiểu mẻ có năng suất 5 kg/mẻ, vận tốc tác nhân sấy được điều chỉnh bằng biến tần lắp cho quạt và được đo bằng máy đo tốc độ gió SDL350 của hãng Extech Instruments, có sai số phép đo là  $\pm 0,01$ m/s. Nhiệt độ tác nhân sấy được điều khiển bằng bộ điều chỉnh nhiệt độ Autonics TZN4S-14R. Độ ẩm vật liệu sấy được xác định bằng máy đo độ ẩm vật liệu mã hiệu AGS50 của hãng Axis, Balan, sai số đo là  $\pm 0,01$ %. Thời gian lấy mẫu là 5 phút/lần.



1- Tủ điện điều khiển; 2- Quạt cấp không khí; 3- Bộ gia nhiệt;  
4- Bồn lắng; 5- Bồn sấy; 6- Bồn phân phối TNS

**Hình 1:** Mô hình máy sấy tầng sôi dạng mẻ

**Bảng 1:** Thông số vật lý của hạt mè và phạm vi thực nghiệm

Loại hạt	Hạt mè vàng ( <i>Sesamum indicum L</i> )
Hình dạng hạt	Hình cầu
Cầu tính	0,56 [3]
Đường kính tương đương (m)	$1,52 \cdot 10^{-3}$ [2]
Khối lượng riêng ( $\text{kg/m}^3$ )	1219 [2]
Độ ẩm ban đầu (cơ sở khô, %)	21
Nhiệt độ sấy ( $^{\circ}\text{C}$ )	45, 50, 55, 60, 65
Vận tốc tác nhân sấy (m/s)	1,21 [2]
Khối lượng mỗi mẻ sấy (kg)	5

### 2.3. Phương trình khuếch tán ẩm Fick

Định luật khuếch tán thứ hai của Fick được sử dụng để mô tả quá trình khuếch tán ẩm:

$$\frac{\partial M}{\partial t} = D_{\text{eff}} \nabla^2 M \quad (1)$$

Hệ số độ ẩm không thứ nguyên của các mẫu trong quá trình sấy được biểu thị bằng phương trình sau:

$$\text{MR} = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e} \quad (2)$$

Do giá trị  $M_e$  nhỏ hơn nhiều so với  $M$  và  $M_0$  nên đại lượng MR có thể được tính dưới dạng đơn giản hơn [5] mà sai số không đáng kể:

$$\text{MR} = \frac{M}{M_0} \quad (3)$$

Dạng giải tích đơn giản của phương trình khuếch tán ẩm của Fick cho vật liệu có hình dạng tấm phẳng, hình trụ hoặc hình cầu được sử dụng để tính toán hệ số khuếch tán ẩm hiệu dụng [6] khi bỏ qua sự co rút của vật liệu và xem như ẩm phân bố đều bên trong vật liệu sấy:

Tấm phẳng dài vô hạn:

$$\text{MR} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)^2} \exp \left[ -(2n-1)^2 \frac{\pi^2 D_{\text{eff}} t}{L^2} \right] \quad (4)$$

Hình trụ dài vô hạn:

$$\text{MR} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4}{\beta_n^2} \exp \left[ -\frac{\beta_n^2 D_{\text{eff}} t}{R_c^2} \right] \quad (5)$$

Hình cầu:

$$MR = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \exp \left[ -n^2 \frac{\pi^2 D_{\text{eff}} t}{R_s^2} \right] \tag{6}$$

Với thời gian sấy dài ( $MR < 0,6$ ) và kích thước  $L, R_c, R_s$  bé thì phương trình có thể viết lại như sau:

$$MR = \frac{8}{\pi^2} \exp \left[ -\frac{\pi^2 D_{\text{eff}} t}{L^2} \right] \tag{7}$$

$$MR = \frac{4}{\beta_1^2} \exp \left[ -\frac{\beta_1^2 D_{\text{eff}} t}{R_c^2} \right] \tag{8}$$

$$MR = \frac{6}{\pi^2} \exp \left[ -\frac{\pi^2 D_{\text{eff}} t}{R_s^2} \right] \tag{9}$$

Các mô hình toán khác nhau đã được đề xuất nhằm xây dựng đường cong sấy phù hợp với thực tế. Các mô hình này được trình bày trong bảng 2, bao gồm các hệ số:  $a, b, k, n$  phụ thuộc vào từng loại vật liệu sấy và chế độ sấy.

Để xác định được các hệ số này, dữ liệu thực nghiệm được sử dụng cùng với phương pháp hồi quy phi tuyến và có thể tính toán bằng phần mềm Statgraphics.

**Bảng 2:** Tổng hợp mô hình toán xác định độ ẩm không thứ nguyên [7]

Mô hình toán	Phương trình
Mô hình Newton (NM)	$MR = \exp(-kt)$
Mô hình Henderson and Pabis (HPB)	$MR = a \exp(-kt)$
Mô hình hàm mũ (TEM)	$MR = a \exp(-kt) + (l-a) \exp(-kat)$
Mô hình khuếch tán âm xấp xỉ (ADM)	$MR = a \exp(-kt) + (l-a) \exp(-kbt)$
Mô hình logarit (LM)	$MR = a \exp(-kt) + b$

Mức độ phù hợp của mô hình toán được xác định bằng các tham số thống kê như hệ số tương quan ( $R^2$ ), chi bình phương ( $\chi^2$ ) và sai số toàn phương

trung bình (MSE) hay dạng căn bậc hai (RMSE). Để đánh giá mô hình toán là phù hợp nhất thì giá trị  $R^2$  phải cao và giá trị  $\chi^2$  và RMSE phải thấp.

$$RMSE = \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (MR_{\text{exp},i} - MR_{\text{pre},i})^2 \right]^{1/2} \tag{10}$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (MR_{\text{exp},i} - MR_{\text{pre},i})^2}{N - n} \tag{11}$$

**2.4. Hệ số khuếch tán ẩm hiệu dụng**

Hệ số khuếch tán ẩm hiệu dụng là đại lượng cần thiết trong mô phỏng truyền chất của các quá trình sấy. Tuy nhiên, đây là đại lượng không đo được

bằng thiết bị đo mà thông qua việc tính toán. Giá trị của  $D_{\text{eff}}$  rất bé nên việc xác định càng chính xác thì bài toán mô phỏng quá trình trao đổi ẩm càng hợp lý. Rõ ràng rằng nhiệt độ ảnh hưởng sấy

rất lớn hệ số khuếch tán âm nên giá trị  $D_{\text{eff}}$  phù hợp với loại phương trình

Arrhenius [6], [7], [8]:

$$D_{\text{eff}} = D_0 \exp\left(\frac{-E_a}{RT}\right) \quad (12)$$

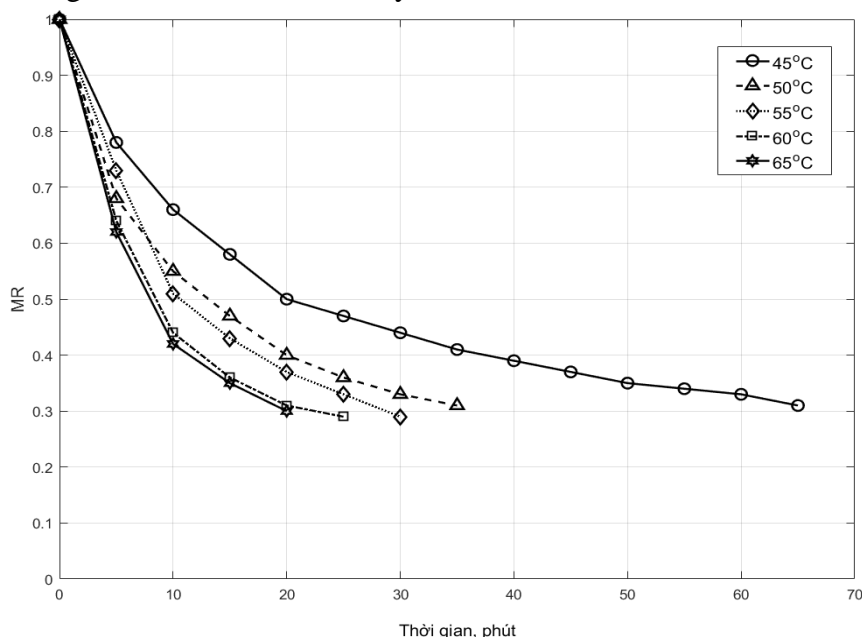
Hệ số khuếch tán âm hiệu dụng có thể được tính toán từ công thức (9) nhờ vào giá trị MR thực nghiệm. Từ đó các giá trị hệ số khuếch tán âm tham chiếu  $D_0$  và năng lượng hoạt hóa  $E_a$  trong phương trình (12) có thể được xác định dựa vào phương pháp hồi quy phi tuyến.

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Đường cong sấy

Kết quả sấy hạt mè trên máy sấy tầng sôi dạng mẻ ở 05 nhiệt độ sấy

khác nhau và ở cùng vận tốc TNS được tổng hợp và trình bày dưới dạng đường cong sấy trên hình 2. Để đạt được độ ẩm sản phẩm  $6,2\% \pm 0,1$ , khi sấy với nhiệt độ  $45^\circ\text{C}$  thì thời gian sấy gấp 3 lần khi sấy ở nhiệt độ  $65^\circ\text{C}$ . Nhiệt độ sấy  $50^\circ\text{C}$ ,  $55^\circ\text{C}$ ,  $60^\circ\text{C}$  chênh lệch thời gian sấy khoảng 5 phút (giá trị tối thiểu cho 1 lần lấy số liệu). Tốc độ sấy lớn trong khoảng 500s đầu và giảm dần khi độ ẩm thấp.



**Hình 2:** Đường cong sấy hạt mè ở 05 mức nhiệt độ sấy khác nhau

#### 3.2. Động học quá trình sấy

Các dữ liệu thực nghiệm được xử lý trong phần mềm Statgraphics Centurion 18 bằng phương pháp hồi quy phi tuyến (nonlinear regression)[9] theo 05 mô

hình toán khác nhau (bảng 2). Kết quả phân tích dữ liệu được trình bày từ bảng 3 đến bảng 7. Trong nghiên cứu này, giá trị thời gian  $t$  trong các phương trình được tính theo phút.

**Bảng 3:** Phân tích dữ liệu theo các mô hình Newton

Nhiệt độ sấy, °C	Các hệ số			
	$k$	RMSE	$\chi^2$	$R^2$
45	0,021676	0,09924107	0,867641	0,73186
50	0,044402	0,07563478	0,957659	0,89438
55	0,051325	0,0569785	0,976028	0,95058
60	0,06646	0,06882129	0,880136	0,93646
65	0,075196	0,0587784	0,932494	0,95762

**Bảng 4:** Phân tích dữ liệu theo các mô hình HPB

Nhiệt độ sấy, °C	Các hệ số				
	$k$	$a$	RMSE	$\chi^2$	$R^2$
45	0,016229	0,81921	0,07288944	0,999304	0,86386
50	0,03863	0,90746	0,06757011	0,991408	0,92775
55	0,047826	0,95022	0,05670388	0,989074	0,95921
60	0,061662	0,94515	0,07070658	0,9326	0,94635
65	0,071375	0,96157	0,06351	0,954264	0,96289

**Bảng 5:** Phân tích dữ liệu theo các mô hình TEM

Nhiệt độ sấy, °C	Các hệ số				
	$k$	$a$	RMSE	$\chi^2$	$R^2$
45	0,092818	0,18527	0,07374205	0,996355	0,86066
50	0,202617	0,17375	0,05206765	0,997398	0,9571
55	0,197209	0,1998	0,036562	0,998772	0,98304
60	0,251564	0,20413	0,04856223	0,983386	0,97469
65	0,290463	0,19947	0,03949	0,99119	0,98565

**Bảng 6:** Phân tích dữ liệu theo các mô hình ADM

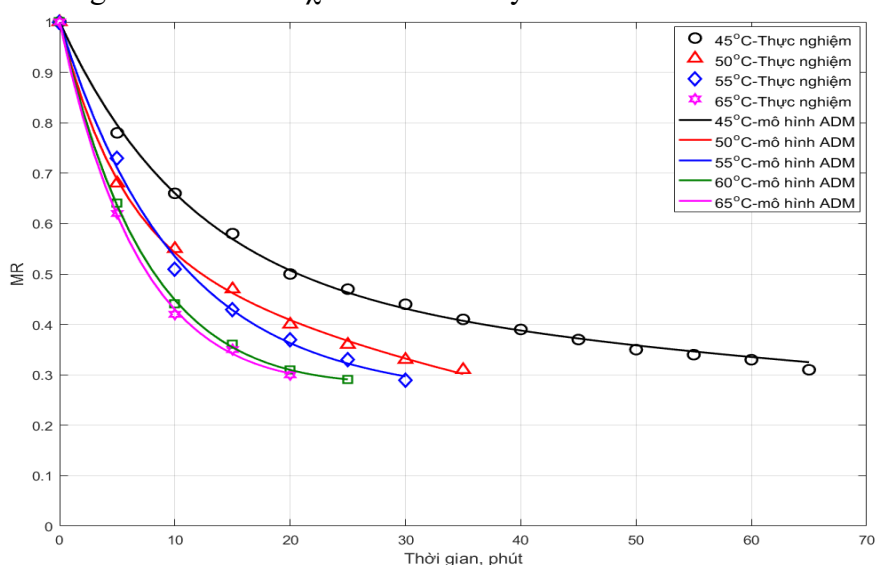
Nhiệt độ sấy, °C	Các hệ số					
	$b$	$k$	$a$	RMSE	$\chi^2$	$R^2$
45	0,0638166	0,089384	0,53131	0,00765216	1	0,99859
50	0,0960817	0,198614	0,41263	0,00872851	1	0,999
55	0,0249953	0,102295	0,71529	0,01707852	0,999998	0,99704
60	-0,057159	0,129013	0,78392	0,00636418	1	0,99967
65	-0,052851	0,140068	0,77973	0,00963744	0,999987	0,99943

**Bảng 7:** Phân tích dữ liệu theo các mô hình LM

Nhiệt độ sấy, °C	Các hệ số					
	$b$	$k$	$a$	RMSE	$\chi^2$	$R^2$
45	0,309248	0,058985	0,66569	0,01545539	1	0,99426
50	0,306089	0,104478	0,68236	0,01942707	0,999999	0,99502
55	0,2614650	0,100034	0,74254	0,01698505	0,999998	0,99707
60	0,265117	0,138698	0,73638	0,00694483	1	0,99961
65	0,263532	0,148599	0,7375	0,00983007	0,999989	0,99941

Kết quả phân tích cho thấy mô hình ADM và LM có các giá trị RMSE thấp nhất nên phù hợp nhất với kết quả thực nghiệm. Nhưng xét về chỉ số  $\chi^2$  và  $R^2$

thì mô hình ADM có các giá trị này lớn hơn nên rất phù hợp hơn cả. Kết quả này có thể thấy rõ thông qua đồ thị trình bày trên hình 3.

**Hình 3:** Đường cong sấy hạt mè theo mô hình ADM

### 3.3. Tính toán hệ số khuếch tán ẩm hiệu dụng

Phương trình (9) được sử dụng để tính toán hệ số khuếch tán ẩm hiệu dụng theo nhiệt độ sấy khác nhau và từ các kết quả này, phương trình (12) được dùng để xác định các hệ số  $D_0$  và  $E_a$  theo phương pháp hồi quy phi tuyến. Kết quả tính toán cho thấy hệ số khuếch tán ẩm hiệu dụng tăng từ  $4,24 \cdot 10^{-11}$  đến

$1,38 \cdot 10^{-10}$  m<sup>2</sup>/s khi nhiệt độ sấy tăng từ 45 đến 65°C.

Các hệ số  $D_0$  và  $E_a$  trong phương trình (12) cũng được xác định lần lượt là  $1,341 \cdot 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s và 26,09 kJ/mol bằng phần mềm Statgraphics. Kết quả này tương đối phù hợp với nghiên cứu của Senadeera và cộng sự [6] và cơ sở dữ liệu của Panagiotou và cộng sự [10] về hệ số khuếch tán đối với các dạng vật liệu khác nhau.

**Bảng 8:** Kết quả tính toán hệ số  $D_{eff}$ 

Nhiệt độ sấy, °C	Nhiệt độ sấy, K	$D_{eff}$ (m <sup>2</sup> /s)		$D_0$ (m <sup>2</sup> /s)	$E_a$ (kJ/mol)	$R^2$
		Tính toán theo thực nghiệm	Tính toán mô hình toán			
45	318	$4,24 \cdot 10^{-11}$	$6,93 \cdot 10^{-11}$	$1,341 \cdot 10^{-6}$	26,09	0,8138
50	323	$7,51 \cdot 10^{-11}$	$8,07 \cdot 10^{-11}$			
55	328	$9,63 \cdot 10^{-11}$	$9,36 \cdot 10^{-11}$			
60	333	$1,16 \cdot 10^{-10}$	$1,08 \cdot 10^{-10}$			
65	338	$1,38 \cdot 10^{-10}$	$1,24 \cdot 10^{-10}$			

#### 4. Kết luận

Tốc độ sấy trong máy sấy tầng sôi chịu ảnh hưởng lớn bởi nhiệt độ sấy, nhiệt độ sấy càng cao thì thời gian sấy càng ngắn. Tuy nhiên, nhiệt độ sấy quá cao cũng không thích hợp với các loại hạt nông sản cũng như làm tiêu tốn nhiều năng lượng đồng thời cũng làm giảm các hoạt tính có lợi của nông sản. Do vậy cần tính toán và chọn chế độ sấy hợp lý đối với mỗi loại nông sản.

Nghiên cứu về động học quá trình sấy tập trung vào việc dự đoán đường cong sấy và xác định hệ số khuếch tán ẩm hiệu dụng, giúp cho việc mô phỏng quá trình trao đổi ẩm khi sấy được thuận tiện hơn. Trong nghiên cứu này,

mô hình khuếch tán xấp xỉ ADM (Approximate Diffusion model) được xác định là phù hợp nhất với đường cong sấy thực nghiệm. Các hệ số trong mô hình cũng đã được xác định trong bảng 6.

Kết hợp với kết quả thực nghiệm, hệ số khuếch tán ẩm đối với quá trình sấy hạt mè tầng sôi cũng được tính toán và phụ thuộc vào nhiệt độ sấy. Nhiệt độ sấy càng cao thì hệ số khuếch tán ẩm hiệu dụng càng lớn, từ  $4,24 \cdot 10^{-11}$  đến  $1,38 \cdot 10^{-10}$  m<sup>2</sup>/s. Năng lượng hoạt hóa cần thiết để tách ẩm trong quá trình sấy cũng được xác định bằng 26,09 kJ/mol với hệ số tương quan 0,8138 dựa theo dạng phương trình Arrhenius.

#### DANH MỤC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT

TNS	Tác nhân sấy
NM	Newton model
HPB	Henderson and Pabis
TEM	Two term exponential model
ADM	Approximate Diffusion model
LM	Logarithmic
RMSE	Root Mean Square Error
eff	Effective
exp	experiment (thực nghiệm)
pre	predicted (dự đoán từ mô hình toán)
$a, b, k$	Các hệ số trong mô hình toán
$D_0$	Giá trị thứ nhất trong phương trình Arrhenius, m <sup>2</sup> /s
$E_a$	Năng lượng hoạt hóa, kJ/mol
$L$	Chiều dày tấm phẳng, m



$M$	Độ ẩm hạt mè theo cơ sở khô ở thời điểm bất kì, %
$M_0$	Độ ẩm ban đầu của hạt mè theo cơ sở khô, %
$M_e$	Độ ẩm cân bằng của hạt mè theo cơ sở khô, %
MR	dimensionless moisture ratio
$n$	Số bậc trong phương trình
$N$	Số thí nghiệm
$R$	Hằng số khí lý tưởng, 8,314 kJ/(kmol.K)
$R_c$	Bán kính vật hình trụ, m
$R_s$	Bán kính vật hình cầu, m
$T$	Nhiệt độ, K
$t$	Thời gian sấy, s
$\beta$	Nghiệm của hàm Bessel

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. A. Kamal-Eldin, G. Yousif, G. M. Iskander, and L.-Å. Appelqvist (1992) "Seed Lipids of *Sesamum indicum*, L. and Related Wild Species in Sudan I: Fatty Acids and Triacylglycerols", *Fett Wissenschaft Technologie/Fat Science Technology*, vol. 94, no. 7. pp. 254–259
2. Phạm Quang Phú and Bùi Trung Thành (2017) "Nghiên cứu thực nghiệm xác định các thông số công nghệ sấy hạt mè (vùng) trên máy sấy tầng sôi xung khí dạng mẻ", *Tạp chí Khoa học và công nghệ, Trường Đại học Công nghiệp thành phố Hồ Chí Minh*, vol. 25, no. 01/2017, pp. 47–57
3. T. Y. Tunde-Akintunde and B. O. Akintunde (2004) "Some physical properties of sesame seed", *Biosystems Engineering*, vol. 88, no. 1. pp. 127–129
4. Crank J (1979), *The Mathematics of Diffusion*
5. Doymaz (2004) "Effect of Pre-treatments using Potassium Metabisulphide and Alkaline Ethyl Oleate on the Drying Kinetics of Apricots", *Biosyst. Eng.*, vol. 89, no. 3, pp. 281–287
6. W. Senadeera, B. R. Bhandari, G. Young, and B. Wijesinghe (2003) "Influence of shapes of selected vegetable materials on drying kinetics during fluidized bed drying", *J. Food Eng.*, vol. 58, no. 3, pp. 277–283
7. C. Srinivasakannan (2008) "Modeling Drying Kinetics of Mustard in Fluidized Bed", *Int. J. Food Eng.*, vol. 4, no. 3
8. A. C. R., S. K., and S. B (2012) "Modeling some drying characteristics of garlic sheets under semi fluidized and fluidized bed conditions", *Res. Agr. Eng.*, pp. 73–82
9. H. J. Motulsky and R. E. Brown (2006) "Detecting outliers when fitting data with nonlinear regression—a new method based on robust nonlinear regression and the false discovery rate", *BMC Bioinformatics*, vol. 7:123, no. 1
10. N. M. Panagiotou, M. K. Krokida, Z. B. Maroulis, and G. D. Saravacos (2004) "Moisture diffusivity: literature data compilation for foodstuffs", *Int. J. Food Prop.*, vol. 7, no. 2, pp. 273–299

**KINETICS OF SESAME SEED DRYING PROCESS (*Sesamum indicum* L)  
IN FLUIDIZED BED DRYER****ABSTRACT**

*In this study, sesame seeds were dried on a fluidized bed dryer at different drying temperatures (45, 50, 55, 60, 65 °C) to study the drying kinetics from the characteristic drying curve. Accordingly, 05 different mathematical models based on Fick's second law of diffusion are applied to determine the correlation between dimensionless moisture ratio versus time. As a result, the Approximate Diffusion model (ADM) were found to match to the experimental results with the Root Mean Square Error (RMSE) value less than 0,01 and the coefficient of correlation greater than 0.997. At the same time, the effective diffusion coefficients were also determined through experimental results with an increase in value from  $4,24.10^{-11}$  to  $1,38.10^{-10}$   $m^2/s$  when the drying temperature increases from 45 to 65 °C. For this drying process, the activation energy is also determined by 26.09 kJ/mol using the Arrhenius-type relation.*

**Keywords:** *Drying kinetics, drying of sesame seed, fluidized bed, effective diffusion coefficient, Fick's diffusion equation*

(Received: 20/12/2020, Revised: 13/1/2021, Accepted for publication: 8/3/2021)