

## ĐẶC TÍNH SẤY KHÔ CỦA QUẢ CÀ PHÊ ROBUSTA VIỆT NAM

Trần Văn Cường<sup>1</sup>, Lê Thu Hiền<sup>1</sup>, Nguyễn Thị Thúy<sup>1</sup>, Đỗ Ngọc Kiên<sup>1</sup>, Nguyễn Thị Minh Nguyệt<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trường Cao đẳng nghề Việt Xô số 1

<sup>2</sup>Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

### TÓM TẮT

Trong bài viết này, tác giả sử dụng nguyên liệu là quả cà phê tươi loại Robusta được lấy từ tỉnh Đắk Lắk - Việt Nam, sử dụng máy sấy đối lưu luồng gió nóng có thể điều chỉnh nhiệt độ và tốc độ gió tiến hành thí nghiệm đối với các tham số độc lập và kết hợp đa tham số đồng thời như: nhiệt độ, tốc độ gió, độ ẩm ban đầu của quả cà phê và mật độ của lớp quả cà phê. Thông qua phương pháp phương sai phân tích thu được các tham số ảnh hưởng đến thời gian hoàn thành quá trình sấy lần lượt là: nhiệt độ luồng gió, mật độ cà phê, độ ẩm ban đầu và sau cùng là tốc độ gió. Điều kiện sấy không khí nóng tối ưu cà phê Robusta Việt Nam bằng cách tối ưu hóa các tham số lần lượt là: nhiệt độ 80°C, tốc độ gió 1,82 m/s và mật độ lớp cà phê là 41 kg/m<sup>2</sup>. Sử dụng phần mềm MATLAB tiến hành phân tích hồi quy đa tham số quá trình sấy cà phê, thu được phương trình tương quan Logarithmic của quá trình sấy cà phê tối ưu là  $MR = a \exp(-kt) + c$ , có thể miêu tả đường đặc tính quá trình sấy nóng cà phê nguyên quả, thông qua hồi quy thu được tham số của phương trình tương là  $a = 0,922553$ ,  $k = 0,008928$  và  $c = 0,077605$ . Nghiên cứu này có thể cung cấp một cơ sở lý thuyết cho việc thiết kế thiết bị sấy cà phê nguyên quả.

**Từ khóa:** Mô hình logarit, mô hình sấy, quả cà phê, sấy không khí nóng, tốc độ sấy.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cà phê là tên một chi thực vật thuộc họ Thiên thảo, chi cà phê bao gồm nhiều loài cây lâu năm khác nhau. Tuy nhiên, không phải loài nào cũng chứa caffein trong hạt, một số loài khác xa với những cây cà phê ta thường thấy, có nguồn gốc từ Châu Phi hoặc Châu Á cận nhiệt đới. Hạt trong quả là nguyên liệu chính cho cà phê. Về mặt thương mại, sản phẩm cà phê có thể là hạt cà phê đã sấy khô hoặc cà phê đã qua chế biến. Cà phê hiện nay được xem là một trong ba loại đồ uống chính của thế giới, cà phê là cây trồng kinh tế quan trọng và là cây trồng có nguồn thu tiền mặt ở các nước đang phát triển vùng nhiệt đới. Chất lượng cà phê có liên quan mật thiết đến quá trình chế biến của nó (Hu Zhichao et al., 2020). Trong số đó, các giống cà phê, nguồn gốc, phương pháp sấy cà phê nguyên quả... là các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng của hạt cà phê (Belitz HD and Schieberle P, 2004).

Cà phê được trồng ở Việt Nam hiện nay phổ biến nhất có 3 loại là cà phê chè (Arabica coffee), cà phê vối (Robusta coffee) và cà phê mít (Cherry coffee). Khu vực Tây nguyên được trồng nhiều nhất trong nước, chất lượng và sản lượng cũng được xem là cao nhất so với các vùng cà phê trong nước. Tốc độ sấy và độ sấy

khô của cà phê sấy có ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng cà phê thương phẩm (Hernandez-Díaz WN et al., 2008). Cà phê nguyên quả có hàm lượng nước cao, là một sản phẩm nông nghiệp có quá trình sấy khô khó khăn, do đó, nghiên cứu về đặc tính sấy khô của quả cà phê rất quan trọng để cải thiện chất lượng hạt cà phê (Wang SJ, 1990; Sfredo MA et al., 2005). Phương pháp sấy quả cà phê truyền thống chủ yếu là phơi khô trong tự nhiên, và nó tiếp xúc với mặt đất, mặt bê tông trong quá trình sấy khô, dễ bị nấm mốc, có thời gian khô lâu và bị ảnh hưởng rất nhiều bởi thời tiết. Do đó, sấy khô tự nhiên không thể đáp ứng yêu cầu sản xuất cà phê, sấy nhân tạo đã trở thành một xu hướng tất yếu trong giai đoạn hiện nay nhằm nâng cao chất lượng cà phê thương phẩm.

Các phương pháp sấy quả cà phê chủ yếu bao gồm các phương pháp sấy khô và sấy ướt (Hernandez WN et al., 2008). Báo cáo tài liệu về đặc tính sấy khô của quả cà phê sử dụng phương pháp sấy khô rất ít. Có nhiều nghiên cứu về sấy khô nông sản (Kiranoudis CT et al., 1997; Janjai S et al., 2011). Sử dụng quy trình sấy để mô phỏng và kiểm soát quá trình sấy (Zhu AS et al., 2012; Akpınar EK et al., 200) mô hình sấy được sử dụng để tối ưu hóa các thông số quy trình và cải thiện thiết bị sấy

(Sacilik K et al., 2006; Vega A et al., 2007). Tuy nhiên, các báo cáo về đặc tính sấy khô của quả cà phê Robusta Việt Nam thì chưa có nghiên cứu nào được thực hiện.

Để nghiên cứu các đặc tính sấy của quả cà phê Robusta Việt Nam và cung cấp cơ sở lý thuyết cho quy trình sấy, thiết kế thiết bị sấy cà phê nguyên quả, bài báo này đã thực hiện thí nghiệm với một số tham số độc lập và đa tham số của quá trình sấy trên máy sấy sử dụng luồng gió nóng và các đặc điểm của phương trình tương quan quá trình sấy khô sẽ được thảo luận trong bài viết này.

## **2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

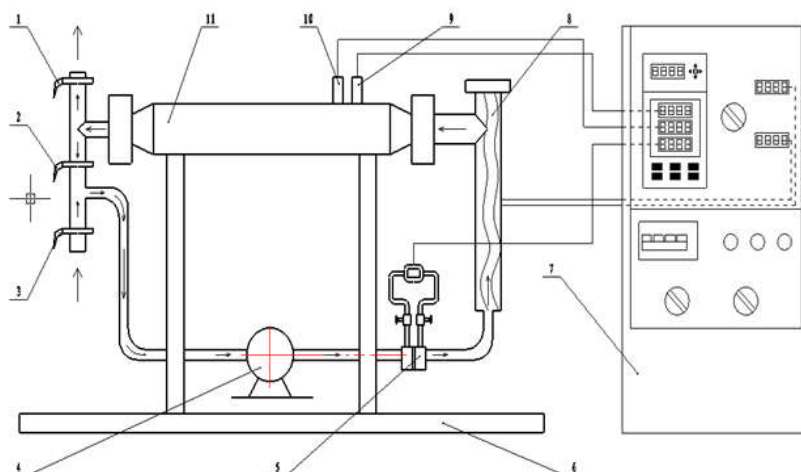
### **2.1. Nguyên liệu thí nghiệm**

Nguyên liệu thô là quả cà phê Robusta, được lấy từ thành phố Buôn Ma Thuột, tỉnh Đắk Lắk Việt Nam. Sau khi quả cà phê chín được thu hoạch, lựa chọn loại bỏ quả hỏng và làm sạch.

Trái cà phê tươi trên sàn bê tông để loại bỏ độ ẩm bề mặt của quả cà phê, sau đó bịt kín bằng túi nhựa và cho vào tủ đông để sử dụng trong quá trình thí nghiệm. Khối lượng riêng của quả cà phê được đo là  $630,77 \pm 5,32$  (kg/m<sup>3</sup>), đường kính trục ngắn của quả cà phê là  $12,85 \pm 1,19$  (mm) và đường kính trục dài là  $15,99 \pm 3,13$  (mm), trọng lượng của một quả là  $1,88 \pm 0,24$  (g/quả).

### **2.2 Thiết bị thí nghiệm**

Thiết bị thí nghiệm chính được sử dụng là: Bàn thí nghiệm sấy hầm gió nóng kỹ thuật số DG100D, buồng sấy có kích thước 605 x 150 x 150 mm (hình 1); Máy sấy thí nghiệm WG-71 (nhiệt độ không chế 50 – 250°; nhiệt độ sai lệch  $\pm 1^\circ$ ; kích thước buồng sấy 450x450x350 mm) và Cân điện tử MP21000D (Dải cân 4200g; độ chính xác 0,01g) (hình 2 và 3).



**Hình 1. Bàn thí nghiệm sấy kỹ thuật số hầm gió nóng DG100D**

(1. Van xả khí ra, 2. Van tuần hoàn, 3. Van khí vào, 4. Quạt gió, 5. Lưu lượng kế, 6. Khung giá đỡ, 7. Tủ điều khiển, 8. Bộ phận gia nhiệt, 9, 10. Cảm biến nhiệt độ, 11. Buồng sấy)



**Hình 2. Máy sấy thí nghiệm WG-71**



**Hình 3. Cân điện tử MP21000D**

### 2.3. Phương pháp thí nghiệm

#### 2.3.1. Lựa chọn tham số và trị số tham số thí nghiệm

Theo định luật thứ hai của Fick về khuếch tán trạng thái không ổn định, bỏ qua ảnh hưởng của phân bố nhiệt độ và độ dốc áp suất tổng (Kamaruddin A et al., 1996), chỉ xem xét khuếch tán xuyên tâm, giả sử rằng hệ số khuếch tán D không đổi trong suốt quá trình sấy, phân bố độ ẩm ban đầu của vật liệu là đồng nhất và bề mặt nước bằng với độ ẩm cân bằng và khuếch tán xuyên tâm đối xứng (Ertekin C et al., 2004).

Các yếu tố chính ảnh hưởng đến đặc tính

sấy không khí nóng của vật liệu là: độ ẩm ban đầu của vật liệu W, nhiệt độ không khí nóng T, tốc độ gió V, và mật độ lớp cà phê M, kích thước hình dạng vật liệu, phương pháp tiền xử lý... Bốn yếu tố đầu tiên được chọn làm yếu tố thí nghiệm.

Độ ẩm ban đầu của mẫu được chuẩn bị bằng cách sấy không khí tự nhiên và độ ẩm ban đầu là 55%, 92%, 122% và 183,3% (độ ẩm tuyệt đối). Mẫu được niêm phong bằng túi nhựa để trải đều độ ẩm bên trong.

Các thông số kỹ thuật của máy sấy và đặt các hệ số và mức thử nghiệm như trong bảng 1.

**Bảng 1. Thông số của các tham số độc lập quá trình sấy**

Tham số	Giá trị			
Độ ẩm ban đầu W (%)	55	92	122	183,3
Nhiệt độ T (°C)	55	65	75	85
Tốc độ gió V (m/s)	1,46	2,19	2,92	3,65
Mật độ cà phê M (kg/m <sup>2</sup> )	14	28	41	55

#### 2.3.2. Phương án thí nghiệm đa tham số (phép trực giao L9(3<sup>4</sup>))

Để nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố khác nhau đến thời gian kết thúc sấy, nhiệt độ không khí nóng T, tốc độ gió V và độ ẩm

ban đầu W được đặt ở ba mức và thời gian kết thúc sấy được lấy giá trị. Các yếu tố và trị số của các tham số thí nghiệm đa tham thể hiện trong bảng 2.

**Bảng 2. Trị số tham số thí nghiệm đa tham số**

TT	Nhiệt độ T (°C)	Tốc độ V (m/s)	Mật độ M (kg/m <sup>2</sup> )	Độ ẩm ban đầu W (%)
1	60	1,82	14	183,3
2	70	2,55	28	183,3
3	80	3,28	41	183,3

#### 2.3.3. Phương pháp thí nghiệm

Đặt nhiệt độ gió và tốc độ gió của máy sấy, đặt một lượng quả cà phê nhất định trong buồng sấy và sấy khô. Trong quá trình sấy, sau 2 phút lấy cà phê ra cân, từ 2 phút đến 10 phút cứ 4 phút lấy ra cân một lần, từ phút thứ 10 đến phút thứ 60 cứ mỗi 10 phút cân một lần, sau phút thứ 60 cứ 20 phút lấy cà phê ra cân một lần. Khi độ ẩm tuyệt đối giảm xuống còn 12% thử nghiệm được dừng và kết thúc quá trình sấy.

Phương pháp tính tổn thất năng lượng: năng lượng tổn hao bao gồm tổng tổn thất từ tiêu thụ của quạt và tổn thất do nhiệt, có được bằng cách nhân tổng công suất của quạt gió của máy thử nghiệm và công suất sưởi ấm theo thời gian cần thiết để sấy khô.

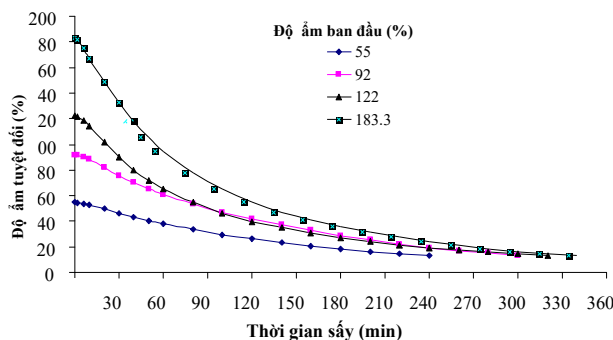
### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Ảnh hưởng của độ ẩm ban đầu của quả cà phê đến quá trình sấy

Để phân tích ảnh hưởng của độ ẩm ban đầu của quả cà phê đến quá trình sấy, cài đặt tốc độ

gió là 2,92 m/s; mật độ lớp cà phê 28 kg/m<sup>2</sup> và nhiệt độ sấy là 85°C. Độ ẩm của quả cà phê lần lượt là 55%, 92%, 122% và 183,3%. Kết quả đặc tính quá trình sấy như hình 4 cho thấy các

đường cong sấy của quả cà phê có độ ẩm ban đầu khác nhau về cơ bản là biến đổi giống nhau và hàm lượng nước giảm dần khi tăng thời gian sấy.

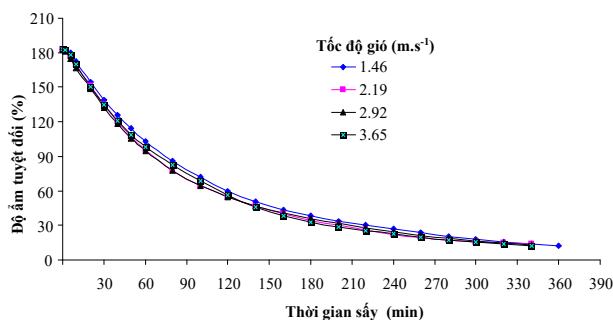


Hình 4. Đặc tính sấy cà phê nguyên quả với độ ẩm ban đầu quả cà phê khác nhau

Từ hình 4 ta có thể nhìn thấy quan hệ giữa độ ẩm ban đầu của quả cà phê và thời gian hoàn thành quá trình sấy, nếu như độ ẩm ban đầu quả cà phê càng cao thì thời gian sấy càng dài. Khi độ ẩm ban đầu là 183,3%, thời gian sấy cần thiết là khoảng 340 phút, trong khi độ ẩm ban đầu là 122% thì thời gian sấy khoảng 320 phút, độ ẩm ban đầu giảm 61%, nhưng thời gian sấy chỉ rút ngắn 20 phút, bởi vì khi độ ẩm ban đầu lớn hàm lượng nước của vỏ quả cà phê và nước dễ bay hơi. Tại thời điểm này, tốc độ sấy là nhanh nhất, vì vậy thời gian cần thiết để giảm độ ẩm ban đầu là ngắn. Khi độ ẩm ban đầu là 55%, thời gian sấy cần thiết là khoảng 240 phút, độ ẩm ban đầu thấp hơn 67% so với 122%, nhưng thời gian sấy đã được rút ngắn 80 phút, vì độ ẩm ban đầu nhỏ hơn 60%. Nước bay hơi chủ yếu là độ ẩm của hạt cà phê, và sự bốc hơi độ ẩm của hạt cà phê cần khắc phục sức đề kháng của lớp vỏ của hạt cà phê. Do đó, tốc độ sấy thấp và việc giảm độ ẩm mất nhiều thời gian hơn.

### 3.2 Ảnh hưởng của tốc độ gió đến đặc tính sấy cà phê nguyên quả

Để nghiên cứu ảnh hưởng của tốc độ gió đến đặc tính sấy khô của quả cà phê, độ ẩm ban đầu là 183,3%, mật độ lớp cà phê là 28 kg/m<sup>2</sup>, nhiệt độ gió là 85°C và tốc độ gió lần lượt là 1,46, 2,19, 2,92 và 3,65 m/s. Đặc tính sấy cà phê nguyên quả với tốc độ gió khác nhau được cho trong hình 5. Có thể thấy trong hình 5, đồng thời tốc độ gió cao hơn, hàm lượng nước thấp hơn, nhưng sự khác biệt giữa hai đường cong liền kề nhỏ hơn. Tốc độ gió càng lớn, thời gian cần thiết để sấy khô càng ngắn, khi độ ẩm dưới 60%, ảnh hưởng của tốc độ gió đến tốc độ sấy là nhỏ, khi độ ẩm cao hơn 60%, tốc độ sấy của quả cà phê tăng chậm khi tốc độ gió tăng nhanh. Điều này là do tốc độ di chuyển độ ẩm bên trong quả cà phê thấp hơn bề mặt quả cà phê và độ ẩm bên trong không đến được bề mặt để bay hơi. Do đó, tốc độ gió quá mức ít ảnh hưởng đến tốc độ sấy, nhưng nó sẽ làm tăng mức tiêu thụ năng lượng.

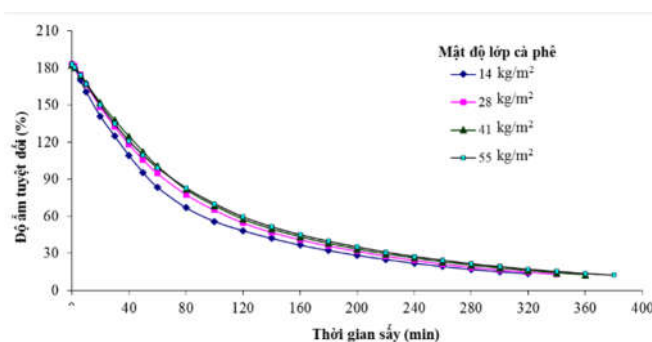


Hình 5. Đặc tính sấy cà phê nguyên quả với tốc độ gió khác nhau

### 3.3 Ảnh hưởng của mật độ lớp cà phê đến đặc tính sấy

Để phân tích ảnh hưởng của độ dày lớp cà phê đến đặc tính sấy của quả cà phê, độ ẩm ban đầu là 183,3%, nhiệt độ không khí là 85°C, tốc độ gió là 2,92 m/s và mật độ lớp cà phê là 14 kg/m<sup>2</sup>, 28 kg/m<sup>2</sup>, 41 kg/m<sup>2</sup> và 55 kg/m<sup>2</sup>, đường cong mô tả quá trình sấy của quả cà phê được thể hiện trong hình 6. Kết quả cho thấy cùng một lúc, mật độ lớp cà phê càng lớn thì độ ẩm

của quả cà phê càng lớn và thời gian kết thúc sấy tăng khi mật độ lớp cà phê tăng, ảnh hưởng của mật độ lớp cà phê đến tốc độ sấy là rõ ràng, mật độ lớp cà phê cao hơn và tốc độ sấy nhanh hơn. Bởi vì mật độ lớp cà phê càng cao, mẫu sấy càng có nhiều độ ẩm thì càng dễ bay hơi và tốc độ sấy càng nhanh. Tuy nhiên, do tốc độ di chuyển độ ẩm bên trong thấp hơn tốc độ bay hơi nước bề mặt của hạt cà phê, sự di chuyển độ ẩm bên trong khô ảnh hưởng đến quá trình sấy.

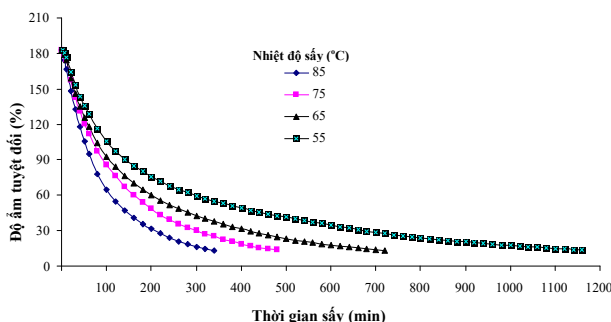


Hình 6. Đặc tính sấy cà phê nguyên quả với mật độ lớp quả cà phê khác nhau

### 3.4 Ảnh hưởng của nhiệt độ luồng gió sấy đến đặc tính sấy

Để nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ không khí nóng đến đặc tính sấy khô của quả

cà phê, độ ẩm ban đầu là 183,3%, mật độ lớp cà phê là 28kg/m<sup>2</sup>, tốc độ gió là 2,92m/s và nhiệt độ không khí nóng là 55°C, 65°C, 75°C và 85°C.



Hình 7. Đặc tính sấy cà phê nguyên quả với nhiệt độ sấy khác nhau

Đường cong quá trình sấy cà phê được thể hiện trong hình 7. Kết quả cho thấy nhiệt độ gió càng cao, độ ẩm quả cà phê càng thấp, nhiệt độ càng cao, thời gian kết thúc sấy càng ngắn. Thời gian cần sấy là 340 phút khi nhiệt độ ở 85°C và nhiệt độ tối thiểu là 55°C thì thời gian sấy cần thiết là khoảng 1160 phút và nhiệt độ tăng chỉ là 30°C nhưng thời gian sấy đã được rút ngắn 820 phút.

Điều này là do nhiệt độ cao làm tăng hệ số

truyền nhiệt khối và khuếch tán hiệu quả của độ ẩm, do đó thời gian sấy ngắn hơn. Tuy nhiên, sau khi nhiệt độ vượt quá nhiệt độ tối đa cho phép của hạt cà phê, hạt cà phê sẽ xuống cấp, chất lượng và giá cả sẽ trở nên thấp hơn (Lahsasni S et al., 2004). Ở nhiệt độ 85°C, hạt cà phê bắt đầu phát ra mùi và màu sắc bắt đầu chuyển từ xanh lá sang màu tím và dần sang màu đen, nghĩa là nhiệt độ làm nóng 85°C bắt đầu ảnh hưởng đến chất lượng của hạt cà phê.

**3.5. Thí nghiệm đa tham số sấy (phép trực giao L9 (3<sup>4</sup>))**

Kết quả phân tích phạm vi sử dụng phép thử

thí nghiệm đa tham số (phép trực giao L9 (3<sup>4</sup>)) được thể hiện trong bảng 3 và kết quả phân tích phương sai được thể hiện trong bảng 4.

**Bảng 3. Kết quả phương sai phân tích đa tham số quá trình sấy cà phê**

TT	Tham số thí nghiệm				Kết quả thí nghiệm		
	A Nhiệt độ T (°C)	B Tốc độ gió V (m/s)	C Mật độ lớp cà phê M (kg/m <sup>2</sup> )	D Đề trống	Thời gian kết thúc quá trình sấy T/min	Năng lượng tổn hao Q/KJ	
1	1	1	1	-	920	20522499	
2	1	2	2	-	980	21866675	
3	1	3	3	-	1020	22788224	
4	2	1	2	-	580	12930679	
5	2	2	3	-	620	13399886	
6	2	3	1	-	580	12967016	
7	3	1	3	-	480	10705509	
8	3	2	1	-	400	8940753	
9	3	3	2	-	440	9844442	
k <sub>1</sub>	973	21725799	660	14719563	633	14143423	-
k <sub>2</sub>	593	13099194	667	14735771	667	14880599	-
k <sub>3</sub>	440	9830235	680	15199894	707	15631206	-
R	533	11895565	20	480331	73	1487784	-

**Bảng 4. Kết quả phương sai phân tích đa tham số quá trình**

Source of variance	Square sum SS	Degree of freedom df	Mean square MS	Fvalue	Significant
Nhiệt độ T(°C)	452355	2	226177	727	0,001
Tốc độ gió V(m.s <sup>-1</sup> )	622	2	311	1,0	0,500
Mật độ lớp cà phê M (kg.m <sup>-2</sup> )	8088	2	4044	13,0	0,071
Sai số	622	2	311		
Total variation	461688	8			

Từ phân tích tiêu thụ năng lượng trong bảng 3, cho ta biết rằng mức tiêu thụ năng lượng cao nhất ở mức 60°C. Điều này là do khi nhiệt độ thấp, độ ẩm bên trong quả cà phê khuếch tán ra bên ngoài từ từ và thời gian sấy khô cần thiết sẽ dài hơn. Ở 70°C, mức tiêu thụ năng lượng giảm đáng kể, chỉ chiếm 60% tổng mức tiêu thụ năng lượng khi nhiệt độ 60°C. Khi nhiệt độ sấy thấp, mức tiêu thụ năng lượng thấp hơn, chiếm 45,2% tổng mức tiêu thụ năng lượng ở 80°C và thời gian sấy được rút ngắn 45,2% so với 60°C. Điều này là do độ ẩm bên trong của quả cà phê ở 80°C lan nhanh ra bên ngoài và thời gian sấy nhanh hơn. vì thời gian sấy quả

cà phê quá ngắn sẽ ảnh hưởng đến chất lượng cà phê thành phẩm, do đó nhiệt độ sấy không quá cao, chọn 80°C là phù hợp. Khi tốc độ gió là 1,82 m/s, thời gian kết thúc sấy là ngắn nhất và mức tiêu thụ năng lượng là ít nhất, do đó tốc độ gió chọn là 1,82 m/s. Khi mật độ lớp cà phê là 14 kg/m<sup>2</sup>, thời gian kết thúc sấy là ngắn nhất và phân tích tiêu thụ năng lượng cho thấy khi mật độ lớp cà phê tăng, mức tiêu thụ năng lượng tăng, nhưng mật độ lớp cà phê là khoảng 41 kg/m<sup>2</sup> so với là 14 kg/m<sup>2</sup> là tăng 110,5% và thời gian sấy dài hơn 11,8%. Do đó, chọn mật độ lớp cà phê là 41 kg/m<sup>2</sup> là hợp lý để đạt được hiệu quả sấy và hiệu quả sấy tốt nhất, và

mức tối ưu là A3B1C3. Có thể thấy trong Bảng 4 rằng thứ tự ảnh hưởng đến thời gian kết thúc sấy trong các điều kiện thử nghiệm là: nhiệt độ không khí, mật độ lớp và tốc độ gió. Có thể thấy trong Bảng 4 rằng tốc độ gió có một sự khác biệt nhỏ, ảnh hưởng của nhiệt độ gió và mật độ lớp đến thời gian kết thúc sấy là cực kỳ đáng kể so với tốc độ gió.

**3.6. Phương trình tương quan quá trình sấy**

Để xác định mô hình sấy khô của quả cà phê, phương trình tương quan quá trình sấy được sử dụng phổ biến nhất để sấy khô các sản phẩm nông nghiệp như trong bảng 5 đã được sử dụng.

Hệ số cố định (R2) và sai số ước tính (SSE) được kiểm tra. Dữ liệu sấy đặc trưng của quả cà phê ở nhiệt độ khác nhau, tốc độ gió khác nhau, mật độ lớp khác nhau và độ ẩm ban đầu khác nhau được gắn với các phương trình tương quan trong trong Bảng 5 để lấy hệ số xác định (R2) của từng phương trình và sai số ước tính (SSE). Bảng 5 cho thấy, có thể thấy rằng

phương trình tương quan số 7 có R2 là 0,997241 và SSE là 0,010145, cho thấy phương trình tương quan số 7 có thể được sử dụng để mô tả quy trình sấy khô quả cà phê. Hồi quy của 13 bộ thí nghiệm nhân tố đơn và 9 bộ dữ liệu thử nghiệm trực giao được thực hiện bằng nhiều hồi quy tuyến tính và các tham số mô hình được đưa ra như sau: a = 0,922553; k = 0,008928; c = 0,077605

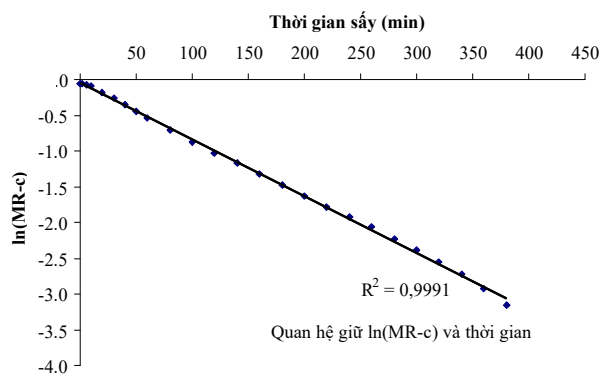
Do đó, phương trình mô hình sấy không khí nóng cà phê nguyên quả là:

$$MR = 0,922553 \exp(-0,008928t) + 0,077605 \quad (1)$$

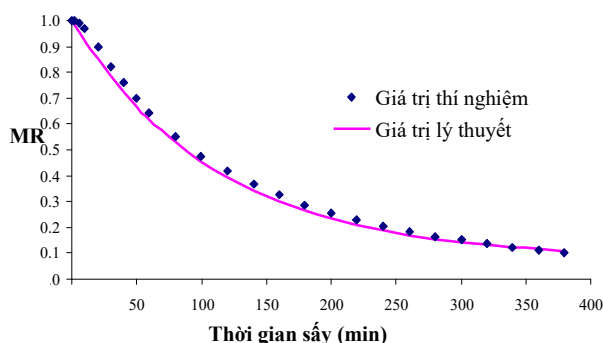
Để xác minh mô hình tối ưu của việc sấy không khí nóng cà phê nguyên quả, nhiệt độ không khí nóng là 80°C, tốc độ gió 1,82m/s, độ ẩm ban đầu là 183,3% và mật độ lớp là 41 kg/m<sup>2</sup> đã được thử nghiệm. Hàm tuyến tính thu được từ phương trình (1): ln (MR-c) = -k t + lna. Hình 8 cho thấy mối quan hệ giữa ln (MR-c) và thời gian (t). Có thể thấy rằng: chúng ta có một mối quan hệ tuyến tính tốt.

**Biểu 5. Một số mô hình toán sấy khô thường dùng**

Thứ tự	Phương trình toán học	Model name	Decisive factor (R <sup>2</sup> )	Estimation error (SSE)
1	$MR = at^2+bt+1$	Wang and Singh Model	0,971023	0,097441
2	$MR = \exp(-kt^n)$	Page Model	0,972559	2,016755
3	$MR = \exp[-(kt)^n]$	Modified page Model	0,972559	2,016755
4	$MR = a \exp(kt^n)+b t$	Midilli-Kucuk Model	0,930027	0,195118
5	$MR = \exp(-k t)$	Newton Model	0,985418	0,059177
6	$MR = a \exp(-k t)$	Henderson-Pabis Model	0,988186	0,044723
7	$MR = a \exp(-k t)+c$	Logarithmic Model	0,997241	0,010145



**Hình 8. Quan hệ giữa Ln(MR-c) và thời gian sấy**



Hình 9. So sánh tỷ lệ độ ẩm giữa giá trị thí nghiệm MR và giá trị lý thuyết MR

Hình 9 là một biểu đồ xu hướng của các giá trị được đo và mô phỏng lý thuyết. Có thể thấy rằng các giá trị đo phù hợp tốt với các giá trị mô phỏng lý thuyết của phương trình tương quan Logarit  $MR = a \exp(-kt) + c$ , chỉ ra rằng phương trình tương quan logarit  $MR = \exp(-kt) + c$  có thể mô tả tốt hơn các đặc tính sấy khô của quả cà phê.

#### 4. KẾT LUẬN

- Sấy khô quả cà phê không có giai đoạn sấy đồng đều. Tốc độ sấy thay đổi theo hàm lượng nước dưới độ ẩm ban đầu khác nhau. Hạn chế của sấy cà phê nguyên quả là sự di chuyển của độ ẩm bên trong quả cà phê.

- Khi độ ẩm của quả cà phê nhỏ hơn 60%, tốc độ gió ít ảnh hưởng đến tốc độ sấy, khi hàm lượng nước cao hơn 60%, tốc độ sấy của quả cà phê tăng chậm khi tốc độ gió tăng. Tốc độ gió quá mức ít làm tăng tốc độ sấy, nhưng nó làm tăng mức tiêu thụ năng lượng.

- Theo thí nghiệm trực giao, quy trình tối ưu để sấy không khí nóng của hạt cà phê là: nhiệt độ 80°C, tốc độ gió 1,82m/s, mật độ lớp 41 kg/m<sup>2</sup>. Trong phạm vi điều kiện thử nghiệm, thứ tự ảnh hưởng đến thời gian kết thúc sấy của từng yếu tố thử nghiệm là: nhiệt độ gió, mật độ lớp cà phê, độ ẩm ban đầu và sau cùng là tốc độ gió.

- Phương trình tương quan  $MR = a \exp(-kt) + c$  mô tả đường cong sấy của quả cà phê; và các hệ số  $a = 0,922553$ ,  $k = 0,008928$  và  $c = 0,077605$  là các giá trị tương ứng của tương quan dự đoán việc sấy quả cà phê Robusta Việt Nam.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Hu Zhichao, et al., 2009, Mathematical models of crossflow grain drying and their applications[J].

Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2010, 26(1): 76-81. (in Chinese with English abstract). Disease. Pharmacol Ther, 121: 185-191.

2. Belitz HD, et al., 2004. Food Chemistry, Third revised Edition with 472 Figures over 900 Formula and 620 Tables[J]. Springer, Berlin. Pp.: 940-952.

3. Herna'ndez-Dí'az WN, Ruiz-Lo'pez II, Salgado-Cervantes MA, Rodri'guez-Jimenes GCGarci'a-Alvarado MA. 2008, Modeling heat and mass transfer during drying of green coffee beans using prolate spheroidal geometry[J]. Journal of Food Engineering, , 86: 1-9.

4. Wang Sheng jun. 1990, The world coffee production and processing applications. Table pastoral intelligence research, 6: 11-45. (in Chinese with English abstract).

5. Finzer JRD, Limaverde JR. 2005, Heat and mass transfer in coffee fruits drying[J]. Journal of Food Engineering, 70: 15-25.

6. Kiranoudis CT, et al. 1997, Drying kinetics of some fruits[J]. Drying Technology, 15(5): 1399-1418.

7. Janjai S, et al. 2011, Thin-layer drying of litchi (Litchi chinensis Sonn) [J]. Food and Bioproducts Processing, 89: 194-201.

8. Zhu Ai Shi. 2012, The Model and Mass Transfer Performance of Convective Hot Air Drying of Water - 0at Slices. Journal of Chemical Engineering of Chinese Universitie, 26(3): 542-545. (in Chinese with English abstract).

9. Akpınar EK, et al. 2006, Modeling of thin layer drying of parsley leaves in a convective dryer and under open sun[J]. Journal of Food Engineering, 75(3): 308-315.

10. Sacilik K, et al. 2006, Mathematical modeling of solar tunnel drying of thin layer organic tomato[J]. Journal of Food Engineering, 73(3): 231-238.

11. Vega A, et al. 2007, Mathematical modeling of hot-air drying kinetics of red bell pepper[J]. Journal of Food Engineering, 79(4): 1460-1466.

12. Kamaruddin A, et al. 1996. Development of solar drying using greenhouse effect in Indonesia[J]. Proceedings of the International Agricultural Engineering Conference, Dec.1996: 9-12, Pune, India.



13. Ertekin, C., and Yaldiz, O., 2004. Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. *Journal of Food Engineering*, v.63, p.349-359,

14. Lahsasni, S., et al., 2004. Drying kinetics of prickly pear fruit (*Opuntia ficus indica*) [J]. *Journal of Food Engineering*, London, n.61, p.173-179.

## **HOT-AIR DRYING CHARACTERISTICS OF VIETNAM ROSBUTA COFFEE**

**Tran Van Cuong<sup>1</sup>, Le Thu Hien<sup>1</sup>, Nguyen Thi Thuy<sup>1</sup>, Do Ngoc Kien<sup>1</sup>, Nguyen Thi Minh Nguyet<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Vietnam Russia Vocation College N°1*

<sup>2</sup>*Ha Noi University of Industry*

### **SUMMARY**

In order to study the drying characteristic of the coffee berries, we chose Vietnamese Robusta coffee berries as analysis objects, did single factor test and orthogonal test in the digital trunk drying experiment device, researched influence of hot-air temperature, wind speed, initial moisture content of the coffee beans and pavement quality on the drying rate; Experiment results show that air temperature has the most effect on the dry end time, followed with pavement quality and wind speed; and hen drying temperature is 80 degrees, wind speed is 1.82 m/s and the pavement quality is 41 kg/m<sup>2</sup>, Vietnam Robusta coffee beans in hot air drying have the optimal efficiency and quality; we utilized MATLAB software to analyze the test results in the multivariate linear regression analysis way, got the coffee beans hot air drying correlation equation, got the Logarithmic Model  $MR = a \exp(kt) + c$  can describe the coffee berries drying curve, is obtained by regression:  $a = 0.922553$ ,  $k = 0.008928$  and  $c = 0.077605$ . This study provides a theoretical basis for the design of coffee berries drying technology and equipment in dry method drying.

**Keywords: Coffee berries, drying model, hot air drying, logarithmic model, the drying rate.**

**Ngày nhận bài** : 16/4/2020

**Ngày phản biện** : 20/5/2020

**Ngày quyết định đăng** : 27/5/2020