

MÔ PHỎNG, TÍNH TOÁN LÝ THUYẾT QUÁ TRÌNH SẤY CÀ PHÊ

Modeling of the process of drying coffee beans

Hoàng Đức Liên¹, I.S.Antonov²

SUMMARY

A model was developed to describe the process of drying different sorts of coffee beans which were produced in Vietnam. The method of single particle admixture was used for modeling taking into consideration the fact that moving air media with a temperature equal to the drying temperature for given materials. Numerical results are given in the current work

Key words: Modeling, coffee beans, drying

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việt Nam là một trong những nước sản xuất và xuất khẩu cà phê lớn trên thế giới. Theo số liệu của Bộ Thương mại, sản lượng cà phê xuất khẩu của Việt Nam niên vụ 2004-2005 là 900.000 tấn, song giá xuất chỉ đạt 380 USD/tấn. Vấn đề nghiên cứu qui trình công nghệ sấy, chế biến cà phê nhằm nâng cao chất lượng, giảm thiểu chi phí năng lượng và hạ giá thành sản phẩm là hết sức cần thiết.

Bằng phương pháp tính toán số sử dụng phương pháp hỗn hợp tạp chất đơn nhằm xây dựng mô hình tính toán lý thuyết quá trình sấy cà phê có thể cho kết quả dự báo về các thông số sấy cơ bản theo thời gian để tối ưu hoá và nâng cao hiệu quả của quá trình sấy cà phê cũng như một số sản phẩm nông nghiệp tương tự khác.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Quá trình sấy các vật liệu hữu cơ cũng như trong trường hợp cụ thể về việc sấy một số các sản phẩm nông nghiệp (cà phê, ca cao, lúa, đậu ...) có thể được mô hình hoá bởi phương pháp hạt tạp chất đơn. Như đã biết, nó được xây dựng trên cơ sở phương pháp Lagranger.

Phương pháp Lagranger thường được sử dụng để nghiên cứu dòng chảy 2 pha thông qua phương pháp hạt tạp chất đơn, nghĩa là cho phép ứng dụng trong điều kiện nồng độ thể tích hay khối lượng rất nhỏ, do đó sự tồn tại các phân tử không đưa vào các thông số của môi trường kéo theo (pha gas). Đây là điều kiện ban đầu cần thiết để mô phỏng một cách gần đúng chuyển động trực tiếp của các hạt tạp chất. Khi giải bài toán theo mô hình trên được tiến hành theo các bước sau: Trước hết được tính toán với dòng khí sạch để xác định các thông số của nó. Sau đó xác định các thông số các phân tử kéo theo: vận tốc và quỹ đạo của các hạt tạp chất.

Để thiết lập mô hình toán được xây dựng trên cơ sở phương trình Lagranger:

$$m_p \frac{du_p}{dt} = -0,5C_R s \rho_g u_r^2 \quad (1)$$

$$m_p \frac{dv_p}{dt} = m_p g - 0,5C_R s \rho_g v_r^2 \quad (2)$$

ở đây: m_p - khối lượng hạt tạp chất;

C_R - Hệ số cản khí động học;

s - Tiết diện trung bình của hạt;

$u_r = u_g - u_p$; $v_r = v_g - v_p$ - Vận tốc tương đối theo trục X và r ;

Chỉ số "g" - pha khí, "p" - pha tạp chất.

Hệ số cản khí động học C_R được xác định theo [1]:

$$C_R = \frac{24}{Re} (1 + 0,179 \cdot Re^{0,5} + 0,013 \cdot Re_p) \quad (3)$$

ở đây: $Re_p = \frac{D_p |V_r|}{\gamma_g}$; D_p - Đường kính tương đương của hạt tạp chất;

V_r - Vận tốc tương đối; $|V_r| = \sqrt{u_n^2 + v_r^2}$;

γ_g - Hệ số nhớt động của pha khí.

Bài toán được giải với điều kiện ban đầu như sau:

- 1) Vận tốc của pha khí là không đổi;
- 2) Nhiệt độ pha khí là bằng nhau trong quá trình sấy. Nó xác định khối lượng riêng không đổi của pha khí.

Trong phạm vi nghiên cứu ở đây xét quá trình sấy hạt phê *Robusta* của Việt nam [2]. Kích thước của hạt phê thay đổi từ 3 ÷ 9 mm; độ ẩm ban đầu: 50, 28, 20 %. Khối lượng riêng của cà phê trong trường hợp cao nhất là $r = 800 \text{ kg/m}^3$.

Sự biến đổi độ ẩm trong quá trình sấy [3] được xác định theo biểu thức:

$$\frac{u - u_p^*}{u_1 - u_p^*} = \exp(-K \cdot \tau^n) \quad (4)$$

ở đây: u_t - độ ẩm thực tế;

u_p^* - độ ẩm cân bằng;

u_1 - độ ẩm ban đầu.

$$K = \exp(-z \cdot \tau^y) \quad (5)$$

Trong đó:

$$z = (6,0142 + 1,453 \cdot 10^{-4} U)^{0,5} - \left(\frac{9}{5} t_{cp} + 32\right) (3,353 \cdot 10^{-4} + 3 \cdot 10^{-8} U^2)^{0,5} \quad (6)$$

$$y = 0,1245 - 2,197 \cdot 10^{-3} U + \left(\frac{9}{5} t_{cp} + 32\right) (2,3 \cdot 10^{-5} U - 5,8 \cdot 10^{-5}) \quad (7)$$

$$U = \frac{u - u_p^*}{u_1 - u_p^*}, \quad (8)$$

ở đây: t_{cp} - nhiệt độ trung bình trong quá trình sấy vật liệu.

Theo [4], độ ẩm giới hạn của cà phê là 12 % , nhưng sự thay đổi khối lượng riêng của hạt được xác định theo phương trình:

$$\rho_{pt} = \rho_p \left[0,9 + 0,1 \frac{u_t(t)}{u_1} \right], [\text{kg/m}^3] \quad (9)$$

Tương tự khối lượng của hạt cà phê được xác định:

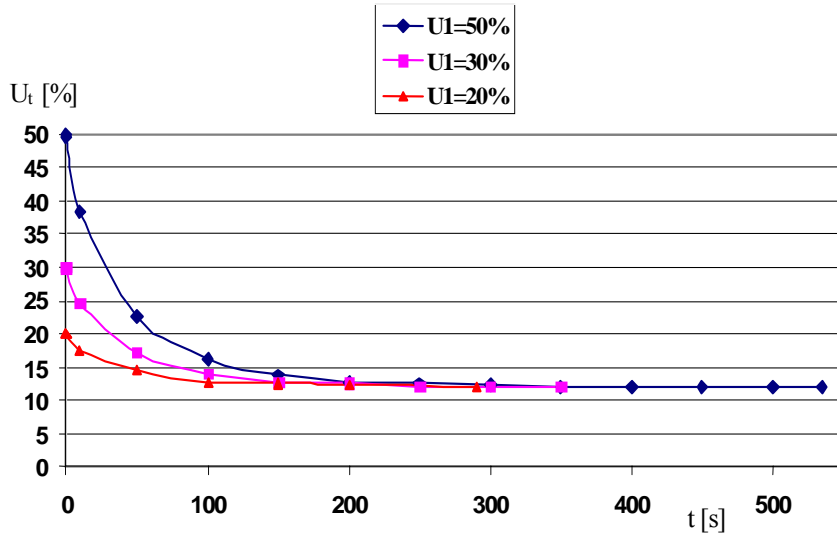
$$m_{pt} = \frac{\pi \cdot D_p^3}{6} \rho_p \left[0,9 + 0,1 \frac{u_t(t)}{u_1} \right], [\text{kg}] \quad (10)$$

3. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM TÍNH TOÁN SỐ

Trên cơ sở mô hình tính toán được mô tả ở trên đối với quá trình sấy cà phê, đã tiến hành tính toán số đối loại cà phê theo [2], với số liệu của Việt Nam, độ ẩm ban đầu của cà phê là 28%.

Trên hình 1 thể hiện sự biến đổi độ ẩm của cà phê [2] là hàm số của thời gian sấy. Độ ẩm ban đầu là 50%; 30% và 20%. Khối lượng riêng của pha khí $r = 0,703 \text{ kg/m}^3$ ở nhiệt độ sấy $t = 220^\circ \text{C}$. Khối lượng riêng thay đổi tương ứng với độ ẩm giảm đi (hình 2). Sự thay đổi của khối

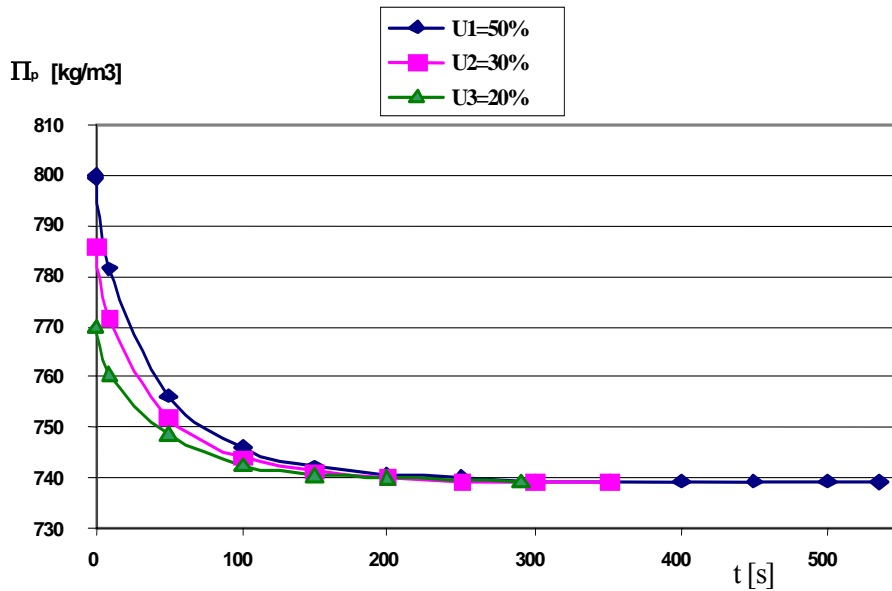
lượng cà phê là kết quả của sự biến đổi khối lượng riêng của nó. Sự giảm khối lượng cà phê trong quá trình sấy được thể hiện trên hình 3,4 đối với 3 trường hợp đường kính hạt cà phê khác nhau.



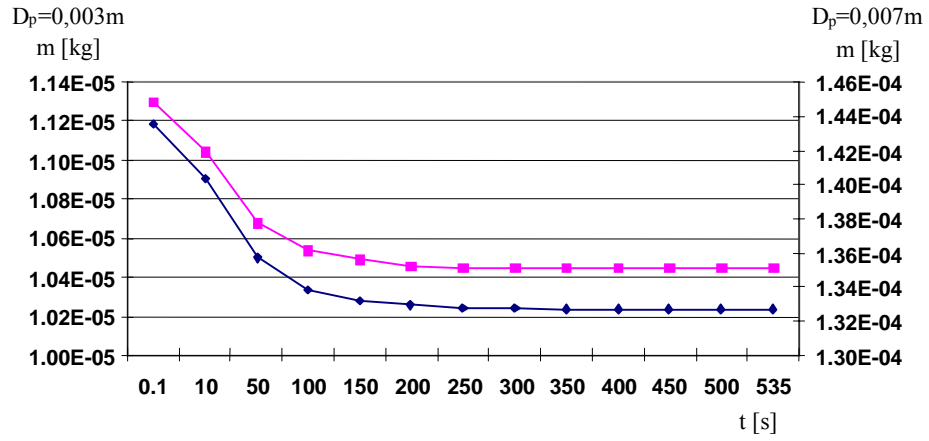
Hình 1

Sự tiếp tục quá trình sấy đến độ ẩm cân bằng ($u_t = 12\%$) là vấn đề quan tâm của công nghệ. Sự tiếp tục của quá trình này ứng với 3 độ ẩm ban đầu khác nhau được chỉ ra trên hình 5.

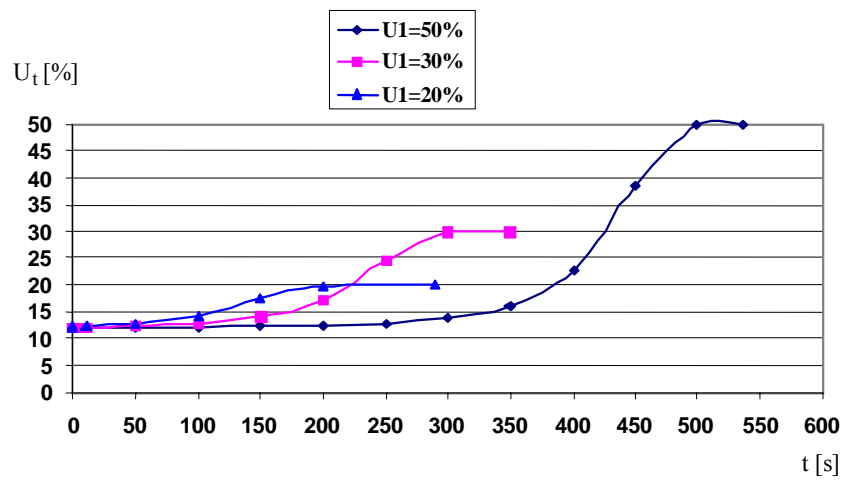
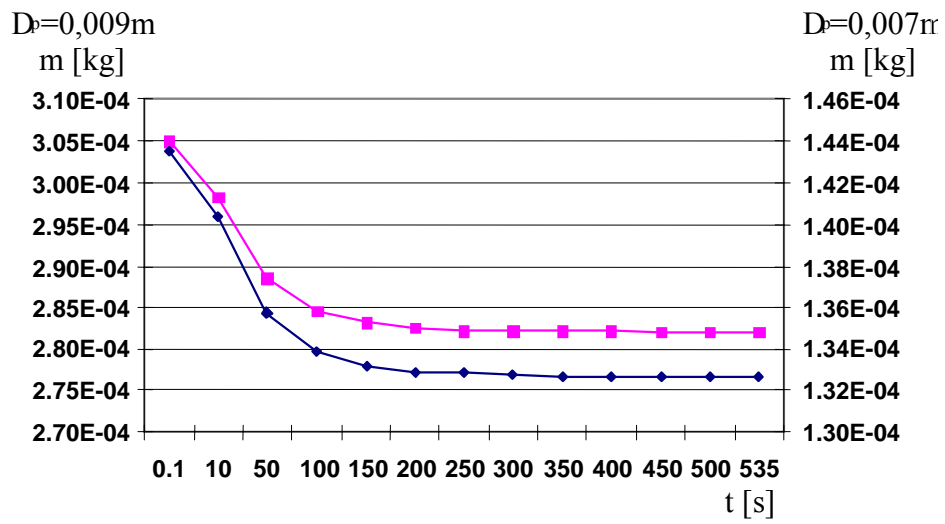
Việc so sánh với số liệu thực nghiệm của quá trình sấy cà phê không thực hiện được ở trong bài viết này bởi không có những số liệu trong những điều kiện tương tự.



Hình 2



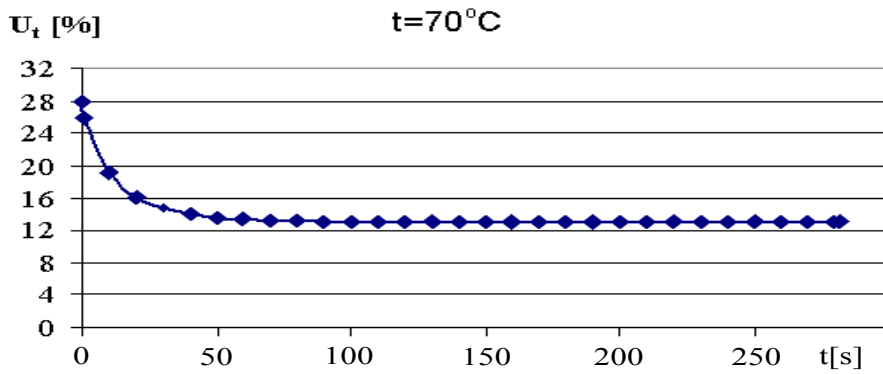
Hình 3



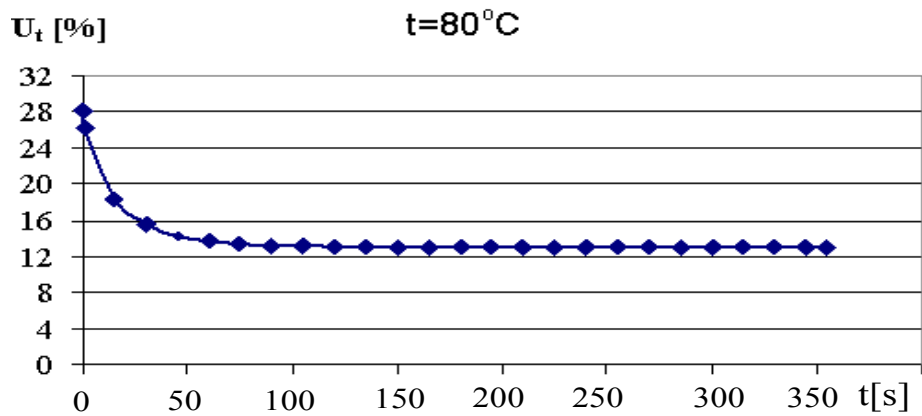
Trên hình 6,7 và 8 đã chỉ ra kết quả tính toán lý thuyết của quá trình sấy cà phê với các số liệu đưa ra của nhóm tác giả Việt Nam. Theo các số liệu tính toán này thì độ ẩm ban đầu là $u_{t0} = 28\%$. Còn sự thay đổi độ ẩm hạt cà phê trong 3 trường hợp nhiệt độ sấy khác nhau theo thời gian (t,s) cũng đã được mô tả. Vận tốc của pha khí là $u_g = 10 \text{ m/s}$.

Quá trình sấy ở độ ẩm ban đầu thấp được tiếp tục diễn ra trong thời gian ngắn.

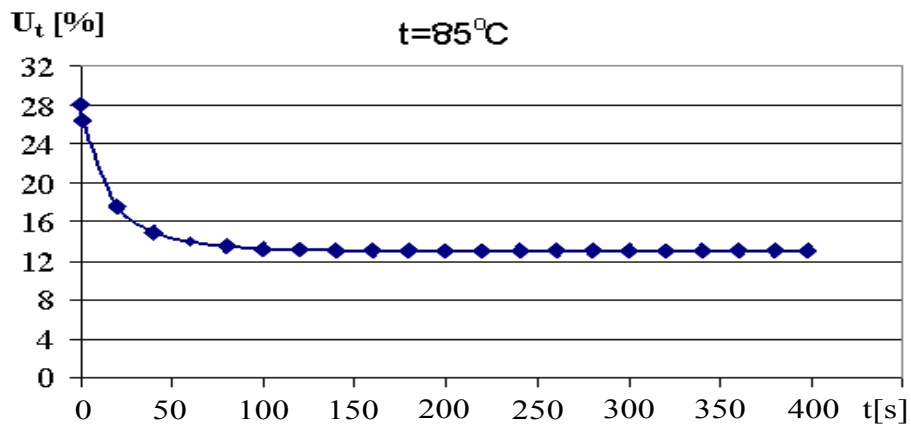
Trên hình 9 mô tả sự biến đổi khối lượng hạt cà phê theo thời gian trong 3 trường hợp kích thước hạt cà phê khác nhau: $D_p = 0,003; 0,007$ và $0,009 \text{ m}$.



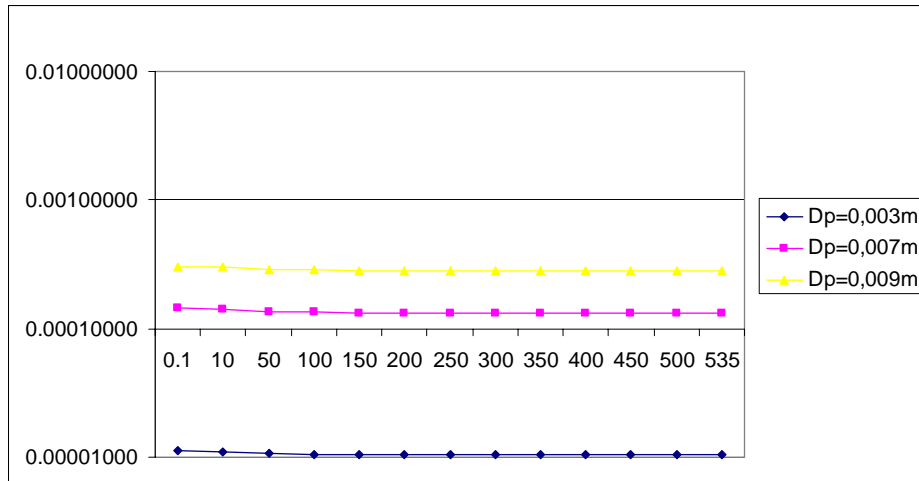
Hình 6



Hình 7



Hình 8



Hình 9

4. KẾT LUẬN

Từ kết quả tính toán số trên dẫn đến kết luận là với phương pháp tính toán số sử dụng phương pháp hỗn hợp tạp chất đơn đã nhận được số liệu tính toán lý thuyết đáng tin cậy đối với một quá trình sấy cà phê. ứng dụng mô hình tính toán trên là cơ sở lý thuyết cần thiết trong những trường hợp tương tự có thể áp dụng để phân tích, nghiên cứu quá trình sấy các sản phẩm nông nghiệp tương tự khác, góp phần nhằm nâng cao chất lượng, giảm thiểu chi phí năng lượng cho sản phẩm sấy.

Tài liệu tham khảo

1. Шрайбер А. А., Л. Б. Гавин, В. А. Наумов, В. П. Яценко, (1987). *Турбулентные течения газовзвеси*, Киев, Наукова думка.
2. http://members.tripod.com/tiendattea/Coffee_Type.htm
3. Невенкин С., (1993). *Сушене и сушилна техника*, издателство “ТЕХНИКА”, София, стр. 55 – 58.
4. http://www.tis-gdv.de/tis_e/ware/genuss/kaffee/kaffee.htm;
<http://www.professionalequipment.com/xq/ASP/ProductID.781/id.17/subID.260/qx/default.htm>

¹ Đại học Nông nghiệp I - Hà nội

² Đại học Bách khoa Sofia - Bulgaria