

ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP ĐỒ THỊ XÁC ĐỊNH THỜI GIAN SẤY PHẦN HOA

APPLICATION OF GRAPHICAL METHOD TO DETERMINE THE DRYING TIME

Trương Minh Thắng

TÓM TẮT

Bài báo ứng dụng phương pháp đồ thị để xác định thời gian sấy. Phương pháp này có đặc điểm đơn giản, dễ thực hiện và sử dụng để xác định thời gian sấy so với các phương pháp khác với sai số chấp nhận được. Tính toán theo phương pháp này đối với vật liệu là phấn hoa cho thấy kết quả sai lệch so với thực nghiệm khoảng 14% và so với phương pháp tương tự là 8%.

Từ khóa: Phương pháp đồ thị, thời gian sấy.

ABSTRACT

This paper introduces the application of graphical method to determine the drying time. It is simple method, easily to use than other theory methods and discrepancy acceptable. The results of this method with bee pollen as material for drying process show that the discrepancy is 14% experimental and 8% with similar method.

Key words: Graphical method, drying time.

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Giao thông Vận tải

Email: tmthangdhgt@gmail.com

Ngày nhận bài: 10/5/2020

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 18/6/2020

Ngày chấp nhận đăng: 24/6/2020

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khi tính toán quá trình sấy (QTS), vấn đề xác định thời gian sấy (TGS) là rất quan trọng và nó giúp các nhà thiết kế có thể đưa ra được các điều kiện và quá trình phù hợp để đạt được yêu cầu về công nghệ, chất lượng sản phẩm sấy và đặc biệt là tối ưu về quá trình vận hành. Đã có nhiều nghiên cứu để nhằm đưa ra các phương pháp xác định TGS sao cho chính xác, phù hợp với tính toán và công bố trong thời gian qua, nhưng còn phức tạp và chưa thực sự tiện dụng trong thực tế. Với mong muốn giới thiệu thêm một phương pháp để xác định TGS, bài báo này trình bày nội dung của phương pháp đồ thị xác định TGS do A.Z Sahin và I.Dincer giới thiệu trong [4, 5]. Phương pháp này có ưu điểm là đơn giản và dễ sử dụng với sai số chấp nhận được.

2. CƠ SỞ CỦA PHƯƠNG PHÁP ĐỒ THỊ XÁC ĐỊNH TGS

A.Z Sahin và I.Dincer [4, 5] trong đã trình bày một phương pháp đồ thị để xác định TGS. Nội dung của phương pháp dựa vào nghiệm giải tích chính xác của quá trình khuếch tán ẩm theo định luật Fick được lấy tương tự như

thực nghiệm của quá trình dẫn nhiệt theo Fourier. Theo hướng đó, phạm vi nghiên cứu được các tác giả giới hạn đối với tiêu chuẩn Bi truyền chất B_m nằm trong khoảng từ 0 đến 100 (đây cũng là phạm vi phổ biến cho các đối tượng vật liệu sấy thông thường). Một số giả thiết khi tính toán theo phương pháp này bao gồm:

- Các tính chất nhiệt vật lý của vật liệu không đổi.
- Bỏ qua ảnh hưởng của trường nhiệt độ đến trường độ ẩm.
- Khuếch tán ẩm chỉ xảy ra một chiều.

Lúc này phương trình vi phân khuếch tán được biểu diễn dưới dạng (1) và điều kiện đơn trị được viết dưới dạng (2):

$$D \frac{\partial^2 MR}{\partial x^2} = \frac{\partial MR}{\partial \tau} \tag{1}$$

$$MR(x, 0) = 1; \frac{\partial MR(0, \tau)}{\partial x} = 0; -D \frac{\partial(\pm R, \tau)}{\partial x} = \beta_m MR(\pm R, \tau) \tag{2}$$

Ở đây, D (m^2/s) là hệ số khuếch tán ẩm của vật liệu; β_m (m/s) là hệ số trao đổi chất; R (m) là kích thước xác định, đối với tấm phẳng $R = 1/2$ chiều dày và $MR = \frac{M - M_{cb}}{M_i - M_{cb}}$ là độ

chứa ẩm không thứ nguyên với M_{cb} , M_i ($kg/kgVLK$) lần lượt là độ chứa ẩm cân bằng và độ chứa ẩm ban đầu của vật liệu.

Nghiệm của (1) với điều kiện (2) đã được giải và viết như sau:

$$MR = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \varphi(\mu_n \zeta) \exp(-\mu_n^2 Fo) \tag{3}$$

đối với tấm phẳng:

$$+ A_n = \frac{2Bi_m}{\varphi(\mu_n) [\mu_n^2 + Bi_m^2 + Bi_m]} \tag{3a}$$

$$+ \varphi(\mu_n \zeta) = \cos(\mu_n \zeta) \tag{3b}$$

$$+ \zeta = \frac{x}{R} \text{ kích thước không thứ nguyên}$$

$$+ \mu_n \text{ là nghiệm của phương trình } \frac{\partial \varphi(\mu_n \zeta)}{\partial \zeta} = -Bi_m \varphi(\mu_n \zeta) \tag{3c}$$

$$+ Bi_m = \frac{\beta_m R}{D} : \text{tiêu chuẩn Bi truyền chất}$$

+ Fo = $\frac{D\tau}{R^2}$: tiêu chuẩn Fourier (thời gian không thứ nguyên)

Nếu giá trị Fo > 0,2, nghiệm (3) chỉ cần tính cho giá trị đầu (n = 1) mà vẫn đảm bảo độ chính xác, lúc này (3), (3a) trở thành:

$$MR = A\varphi(\mu\zeta)\exp(-\mu^2Fo) \tag{4}$$

$$A = \frac{2Bi_m}{\varphi(\mu)[\mu^2 + Bi_m^2 + Bi_m]} \tag{4a}$$

- Độ chứa ẩm tại tâm của vật (ứng với $\zeta = 0$) sẽ bằng:

$$MR_c = A \exp(-\mu^2Fo) \tag{5}$$

Từ đó suy ra giá trị cần thiết của Fo để đạt đến một giá trị MR_c nào đó là:

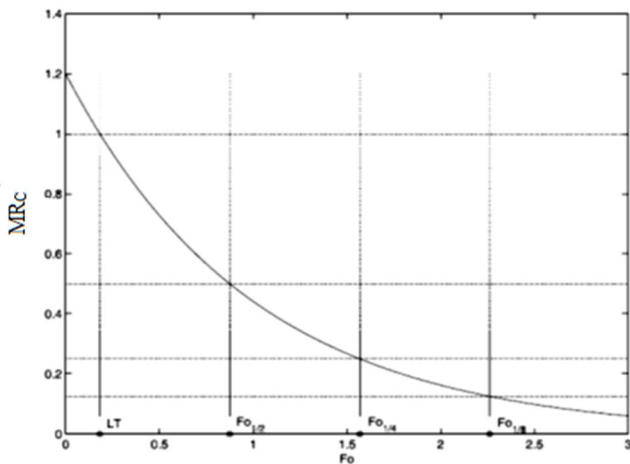
$$Fo = \frac{\ln\left(\frac{A}{MR_c}\right)}{\mu^2} \tag{5a}$$

- Thời gian trễ LT: Đây là khoảng thời gian không thứ nguyên Fo từ khi bắt đầu quá trình sấy đến khi bước vào chu kỳ giảm ẩm bán phần HT tại tâm của vật liệu sấy bắt đầu hay nói cách khác đó là khoảng thời gian từ lúc ban đầu QTS đến khi độ chứa ẩm không thứ nguyên ở tâm MR_c = 1, lúc này (5a) sẽ trở thành:

$$LT = \frac{\ln(A)}{\mu^2} \tag{5b}$$

- Thời gian giảm ẩm bán phần HT: Nếu lấy MR_c = 1/2 nghĩa là độ ẩm tại tâm giảm xuống còn 50%, giá trị Fo trong (5a) sẽ là:

$$Fo_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln(2A)}{\mu^2} \tag{6}$$



Hình 1. Đặc tính đường cong sấy theo MR_c và Fo [4,5]

Vì một nửa thời gian giảm ẩm bán phần ở tâm HT bao gồm cả thời gian trễ ban đầu LT nên khi trừ đi thành phần này ta được các khoảng thời gian giảm ẩm bán phần ứng với các giá trị MR_c = 1/4, 1/8... tức là $Fo_{\frac{1}{4}} = \frac{\ln(4A)}{\mu^2}$,

$$Fo_{\frac{1}{8}} = \frac{\ln(8A)}{\mu^2} \dots \text{hay:}$$

$$HT = Fo_{\frac{1}{2}} - LT = Fo_{\frac{1}{4}} - Fo_{\frac{1}{2}} = Fo_{\frac{1}{8}} - Fo_{\frac{1}{4}} = \dots = \frac{\ln(2)}{\mu_n^2} \tag{7}$$

- Số lượng các khoảng thời gian giảm ẩm bán phần N: Toàn bộ TGS bây giờ có thể biểu diễn thông qua tổng của các khoảng thời gian giảm ẩm bán phần HT cùng với thời gian trễ LT và nó được tính theo biểu thức sau:

$$N = \frac{Fo - LT}{HT} = \frac{\ln(MR_c)}{\ln(2)} \tag{8}$$

Như vậy, thời gian không thứ nguyên Fo sẽ tính được là:

$$Fo = LT + N.HT \tag{9}$$

- Sự tương quan của số liệu từ thực nghiệm QTS:

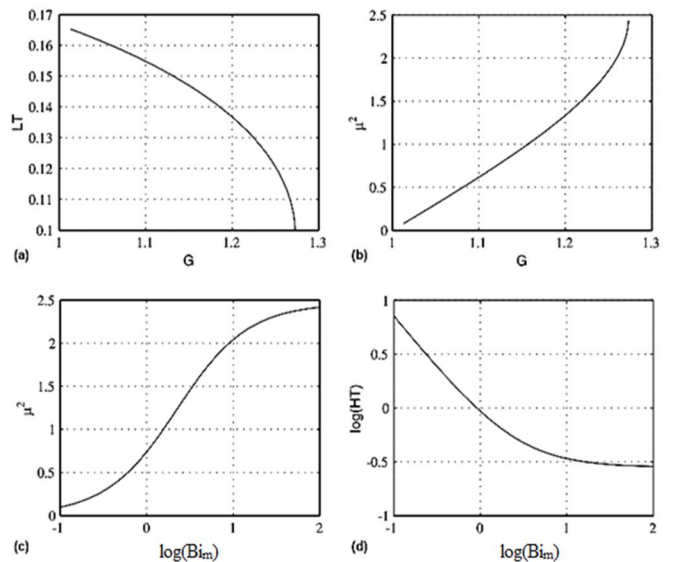
Biểu thức xác định độ chứa ẩm không thứ nguyên ở tâm vật được viết lại dưới dạng hàm số của hệ số sấy S (1/s) và hệ số trễ G (đại lượng đặc trưng cho ảnh hưởng của ẩm trở bên trong vật liệu đối với quá trình truyền ẩm [14]:

$$MR_c = G.\exp(-S\tau) \tag{10}$$

Lấy (10) và (5) đối chiếu với nhau sẽ thấy rằng có sự tương đồng về các hệ số như sau:

$$G = A \text{ và } S = \frac{\mu^2.D}{R^2} \tag{11}$$

Từ những phân tích trên, tác giả [4, 5] đã xây dựng các đồ thị (hình 2) và giới thiệu phương pháp xác định TGS cho tấm phẳng.



Hình 2. Đồ thị xác định TGS tấm phẳng [4, 5]

a) quan hệ LT và A theo (5b); b) quan hệ μ^2 và A theo (4a);

c) quan hệ μ^2 và $\log(Bi_m)$ theo (3c); d) quan hệ $\log(HT)$ và $\log(Bi_m)$ theo (7)

Đồ thị trên được xây dựng trong phạm vi giới hạn của giá trị Bi_m như đã trình bày ở trên: $0 < Bi_m < 100 \Leftrightarrow -1 < \log(Bi_m) < 2$ và như vậy $1 < A < 1,3$.

Cuối cùng, các bước để xác định TGS tấm phẳng bao gồm:

Cho trước hệ số trao đổi chất β_m , hệ số khuếch tán ẩm D, độ chứa ẩm tại tâm ở cuối quá trình sấy MR_c và tất nhiên là cả kích thước xác định của tấm phẳng R:

- Tính tiêu chuẩn Bi theo $Bi_m = \frac{\beta_m R}{D}$, từ đó xác định được

HT, μ^2 lần lượt theo đồ thị (d) và (c).

- Từ μ^2 đã biết, tra đồ thị (b) tìm ra hệ số A (mà A = G)
- Từ A đã biết tìm ra LT trên (a)
- Tính N theo (8)

Sau khi có được HT, LT, N sẽ tính được Fo theo (9) và TGS từ biểu thức:

$$\tau = \frac{Fo.R^2}{D} \tag{12}$$

Ta thấy, phương pháp xác định TGS bằng đồ thị vẫn dựa trên nguyên tắc chung của phương pháp giải tích kết hợp thực nghiệm như phương pháp của A.V Luikov và Phynhenko đã trình bày ở trên. Tuy nhiên, cách làm đơn giản hơn và với cách ngược lại, có thể xác định được các thông số của vật liệu ẩm như hệ số trao đổi ẩm β_m và hệ số khuếch tán ẩm D. Nội dung này sẽ được trình bày trong các bài báo khác.

Để minh chứng cho việc tiện dụng cũng như độ chính xác của phương pháp này, ở đây sử dụng các thông số trong [1] để tính toán và tiện so sánh. Trong đó, tác giả sử dụng phương pháp tương tự để xác định TGS, phương pháp này đã được giới thiệu và ứng dụng nhiều trong một số công trình gần đây như [2, 3]... các thông số dùng để tính toán bao gồm [1]:

- Vật liệu sấy: Phấn hoa
- Chiều dày lớp Phấn hoa: $2.R = 0,01$ (m)
- Độ chứa ẩm ban đầu của vật liệu:
 $M_i = 0,4389 \text{ kg/kgVLK}$
- Độ chứa ẩm cuối QTS: $M_{end} = 0,111 \text{ kg/kgVLK}$
- Nhiệt độ tác nhân sấy: 45°C
- Hệ số trao đổi chất: $\beta_m = 7,17.10^{-7}$ (m/s)
- Hệ số khuếch tán ẩm: $D = 9,57.10^{-9}$ (m^2/s)
- TGS thực nghiệm sấy: 223 phút
- TGS tính theo phương pháp tương tự: 204,6 phút

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Ở nhiệt độ 45°C , theo các bước đã trình bày trên ta tìm được TGS ở chế độ này như sau:

- Tính tiêu chuẩn Bi ô truyền chất:

$$Bi_m^{45} = \frac{\beta_m R}{D} = \frac{7,17.10^{-7}.0,005}{9,57.10^{-9}} = 0,375$$

- Sau khi lấy $\log(Bi_m) = -0,4264$ sử dụng đồ thị (d) tìm được $\log(HT) = 0,33$ suy ra $HT = 2,14$; sử dụng đồ thị (c) tìm được $\mu^2 = 0,33$

- Từ $\mu^2 = 0,33$ tra trên (b) tìm được $G = 1,053 = A$ và trên (a) tìm được $LT = 0,16$.

- Tính N theo biểu thức (8), tuy nhiên do độ chứa ẩm cân bằng rất nhỏ nên có thể bỏ qua giá trị này và

$$MR_c = \frac{M_{end}}{M_i}$$

$$N = \frac{\ln(MR_c)}{\ln(2)} = \frac{\ln(\frac{M_{end}}{M_i})}{\ln(2)} = \frac{\ln(\frac{0,111}{0,4389})}{\ln(2)} = 1,983$$

- Thời gian không thứ nguyên Fo (9) bằng:

$$Fo = LT + N.HT = 0,16 + 1,983.2,14 = 4,4$$

Cuối cùng tìm được TGS là:

$$\tau = \frac{Fo.R^2}{D} = \frac{4,4.0,005^2}{9,57.10^{-9}} = 11494,3 \text{ (s) hay } \tau = 191,6 \text{ phút}$$

Như vậy, với kết quả tính toán theo phương pháp đồ thị trình bày ở trên, sự chênh lệch về TGS giữa tính toán và thực nghiệm chỉ bằng $223 - 191,6 = 31,4$ phút, bằng (14% so với thực nghiệm) và sai lệch so với phương pháp tương tự là $204,6 - 191,6 = 13$ phút (bằng 6,3% so với phương pháp tương tự).

Có thể nói phương pháp đồ thị đã trình bày ở trên cho kết quả tính toán trong trường hợp này và đơn giản hơn so với phương pháp tương tự [1, 2, 3]. Tuy nhiên để đánh giá toàn diện đối với các trường hợp khác cũng như quá trình sấy khác rất cần phải có những nghiên cứu tiếp theo.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày cơ sở lý thuyết của phương pháp đồ thị để xác định TGS đối với vật liệu sấy có hình dạng tấm phẳng. Kết quả tính toán đối với quá trình sấy phấn hoa đã thể hiện sự tiện dụng và đảm bảo độ chính xác không quá 15% so với thực nghiệm. Tuy nhiên, như đã trình bày ở trên, phương pháp này còn có thể sử dụng theo cách ngược lại để xác định các thông số của quá trình sấy như hệ số trao đổi chất, hệ số khuếch tán ẩm... Mặt khác, để khẳng định độ tin cậy và đảm bảo tính phổ quát, sự phù hợp với các hình dạng vật liệu sấy khác nhau, điều kiện sấy khác nhau cần phải có những nghiên cứu ứng dụng trong thời gian tới. Các nội dung này sẽ được trình bày trong các công bố tiếp theo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Lê Quang Huy, 2017. *Nghiên cứu kỹ thuật sấy phấn hoa ở Việt Nam*. LATS KT Trường Đại học Nông lâm TP. Hồ Chí Minh

[2]. Trương Minh Thắng, 2013. *Ứng dụng phương pháp tương tự xác định thời gian sấy sợi và rớt*. Tạp chí năng lượng nhiệt, số 112.

[3]. Trương Minh Thắng, 2015. *Nghiên cứu ảnh hưởng của hiện tượng co ngót vật liệu sấy đến thời gian sấy và rớt dạng thái lát*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam, số 11.

[4]. A.Z. Sahin, I.Dincer, 2002. *Graphical determination of drying process and moisture transfer parameters for solids drying*. International Journal of Heat and Mass transfer 45-3267-3273

[5]. Ibrahim Dincer, Calin Zamfirescu, 2016. *Drying phenomena theory and applications*. 3rd John Wiley & Sons, Ltd.

AUTHOR INFORMATION

Nguyen Minh Thang

Faculty of Mechanical Engineering, University of Transport and Communications