

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM XÁC ĐỊNH ẢNH HƯỞNG CỦA MIỀN NHIỆT ĐỘ TÁC NHÂN SẤY ĐẾN QUÁ TRÌNH SẤY ĐƯỜNG RS TRÊN MÁY SẤY TẦNG SÔI LIÊN TỤC CẤP KHÍ KIỂU XUNG

EXPERIMENTAL STUDY ON INFLUENCE DETERMINATION OF TEMPERATURE REGION OF HOT AIR TO THE REFINED SUGAR DRYING ON THE MODEL OF PULSED CONTINUOUS FLUIDIZED BED DRYER

Lê Hồng Long¹, Phạm Quang Phú², Bùi Trung Thành²

¹ Trường trung cấp nghề Quang Trung, Việt Nam

² Trường Đại học Công nghiệp TP.HCM, Việt Nam

Ngày toà soạn nhận bài 21/9/2018, ngày phân biên đánh giá 23/10/2018, ngày chấp nhận đăng 03/01/2019

TÓM TẮT

Một máy sấy tầng sôi liên tục cấp khí kiểu xung được sử dụng để thí nghiệm sấy đường RS (Refined Sugar). Nghiên cứu được thực hiện theo quy hoạch thực nghiệm đơn yếu tố để xác định miền ảnh hưởng của nhiệt độ tác nhân sấy (t_g , °C) đến độ ẩm sản phẩm sấy (%), tỷ lệ thu hồi sản phẩm (%), chi phí điện năng riêng (Wh/kg sản phẩm) và chi phí nhiệt năng riêng (kJ/kg sản phẩm). Thực nghiệm sấy được thực hiện trên mô hình có năng suất 20kg/giờ, miền nhiệt độ tác nhân sấy được xác định $t_g = 70\text{ °C} \pm 80\text{ °C}$, trên cơ sở cố định chiều cao lớp hạt trợ sôi tối thiểu $H_0 = 65\text{ mm}$, đường kính hạt sấy $d_p = 0,8\text{ mm}$, vận tốc tác nhân sấy $v_g = 2,0\text{ m/s}$, tần số cấp khí $f = 0,5\text{ Hz}$ cho chất lượng hạt sấy phù hợp theo tiêu chuẩn TCVN 6958: 2001, với độ ẩm sản phẩm đạt $0,05 \pm 0,06\%$, tiêu hao nhiệt lượng riêng trong phạm vi $1008 \pm 1116\text{ kJ/kg}$ sản phẩm; tiêu hao điện năng riêng trong phạm vi $193 \pm 211\text{ Wh/kg}$ sản phẩm và tỷ lệ thu hồi sản phẩm chính phẩm đạt $87 \pm 88\%$.

Từ khóa: Đường RS; chế độ sấy; máy sấy tầng sôi liên tục cấp khí kiểu xung; thực nghiệm đơn yếu tố; hàm mục tiêu của quá trình sấy.

ABSTRACT

A pulsed fluidized bed dryer is used to experimental refined sugar (RS) drying. The experiments were conducted on the single factor experiments to determine the influence of the hot air temperature region (t_g , °C) to the moisture content of the product (%), the collectable finished product efficiency (%), the specific electrical consumption (Wh/kg finished product) and the specific heat consumption (kJ/kg finished product). The experimental model has its capacity of 20kg per hour with the 04 (four) fixed technological parameters during doing experiments such as the height of basic dried layer (H_0 , mm) is 65mm, the hot air velocity (v_g , m/s) is 2m/s, pulsed frequency (f , Hz) is 0,5Hz and the mean diameter of RS (d_p , mm) and the temperature region of hot air were adjusted from 70 to 80 °C . The practical results are obtained that the quality of the dried grains met the TCVN 6958: 2001 with moisture content of finished product is 0,05- 0,06%, specific heat consumption is $1008 \pm 1116\text{ kJ /kg}$ finished product), the specific electrical consumption is $193 \pm 211\text{ Wh/ kg}$ finished product and the collectable efficiency of finished product is $87 \pm 88\%$.

Keywords: Refined sugar; pulsed continuous fluidized bed dryer; single factor experiments; the objective functions of drying process; drying regimes.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đường (Sugarcane) là thành phần quan trọng trong ngành công nghiệp thực phẩm và là nguồn cung cấp năng lượng cho con người. Đường RS được hình thành từ quá trình kết tinh, độ ẩm sau ly tâm thường từ 1% – 2% [1]. Nếu ẩm trong đường không được loại bỏ thì đường sẽ dễ bị nhiễm khuẩn và màu sẽ không sáng. Theo [2], độ ẩm của đường thô để bảo quản cần nhỏ hơn 0,2% và độ ẩm sản phẩm đường tinh luyện không lớn hơn 0,05% [3]. Do đó, quá trình sấy đường RS sau ly tâm là cần thiết để đảm bảo chất lượng và thời gian bảo quản. Trước đây, đường RS thường được sấy bằng máy sấy thùng quay, nhưng dần về sau máy sấy tầng sôi kiểu rung đã được thay thế với nhiều ưu điểm hơn [4], [5]. Nhược điểm lớn nhất của kỹ thuật sấy tầng sôi là chi phí năng lượng cao do phải vận hành sấy ở vận tốc và áp suất tác nhân sấy cao. Để giải quyết vấn đề này, Gawrzynski và cộng sự (1999) [6] đã đề xuất một phương pháp sấy tầng sôi mới gọi là tầng sôi xung khí hay còn gọi là tầng sôi cấp khí kiểu xung (pulsed fluidized bed - PFB). Các nghiên cứu được công bố trong lĩnh vực này đã cho thấy các kết quả khả quan về tiết kiệm năng lượng trong quá trình sấy [7], [8].

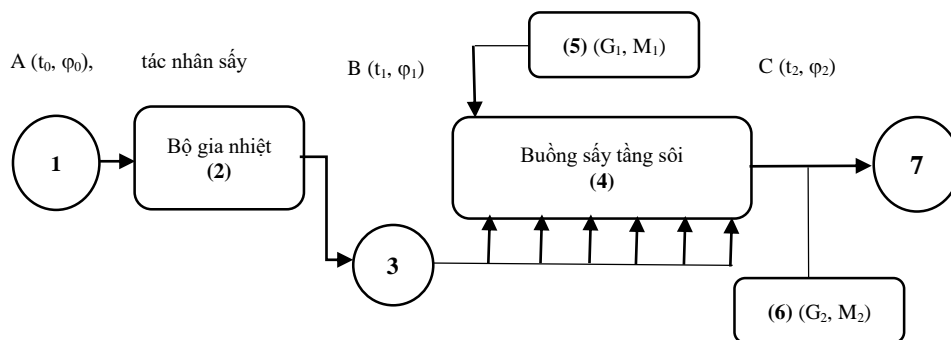
Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy, vận tốc tác nhân và tần số xung khí đến tổn thất áp suất, thời gian sấy đã được nghiên cứu trong [8]. Somkiat và cộng sự [9] đã công bố chi phí năng lượng cho quá trình sấy tầng sôi xung khí khi sấy lúa thấp hơn 30- 50% so với tầng sôi thông thường.

Nhiệt độ tác nhân sấy là một trong số các yếu tố quan trọng của kỹ thuật sấy, nhiệt độ sấy ảnh hưởng đến thời gian sấy và chi phí sấy. Đối với sấy đường, nhiệt độ sấy cao ảnh hưởng đến tiêu thụ nhiệt năng, nhưng còn ảnh hưởng đến màu sắc do bị caramel hóa, làm giảm mỹ quan và chất lượng sản phẩm [1]. Nội dung bài báo đề cập đến nghiên cứu thực nghiệm xác định ảnh hưởng của miền nhiệt độ tác nhân sấy, khi sấy đường RS trong lớp sôi cấp khí kiểu xung đến chất lượng hạt sấy, tiêu thụ điện năng riêng, tiêu thụ nhiệt năng riêng và tỉ lệ thu hồi sản phẩm chính phẩm.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Vật liệu và mô hình thí nghiệm

Tác giả định hướng nghiên cứu sấy đường RS bằng phương pháp sấy tầng sôi liên tục cấp khí kiểu xung nhằm ứng dụng cho các dây chuyền sản xuất đường RS công nghiệp tại Việt Nam, nên độ ẩm đường RS nguyên liệu có độ ẩm $M1 = 1,5\% \pm 0,2$, kích thước hạt sấy trung bình $d_p = 0,8\text{mm}$. Mô hình được thiết kế có năng suất $G1 = 20\text{kg/giờ}$, bộ cấp liệu rung cung cấp ổn định $0,33\text{ kg/phút}$, bộ điện trở gia nhiệt tác nhân sấy được lắp bộ điều khiển nhiệt độ, cho phép điều chỉnh nhiệt độ tác nhân sấy theo yêu cầu thí nghiệm về chế độ sấy. Độ ẩm tương đối của không khí môi trường trong thời gian thí nghiệm $\varphi_a = 70 \div 75\%$, nhiệt độ môi trường $t^0 = 30 \div 31^\circ\text{C}$. Lớp đường RS khô làm lớp đệm trợ sôi ban đầu được ứng dụng theo [10] có cấp hạt đa phân tán và độ ẩm 0,05%. Lưu trình cấp tác nhân sấy và hoạt động sấy được trình bày trên hình 1.

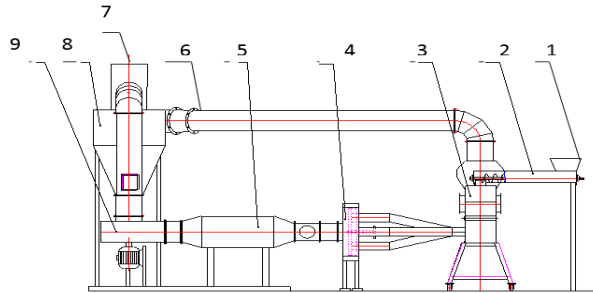


1- quạt cấp tác nhân sấy; 2- bộ gia nhiệt bằng điện trở; 3- Bộ cấp khí kiểu xung; 4- buồng sấy tầng sôi; 5- thiết bị cấp liệu; 6- cửa ra sản phẩm sấy; 7- cyclone thu hồi bụi đường;

Hình 1. Lưu trình của tác nhân sấy và vật liệu sấy trong mô hình sấy tầng sôi xung khí liên tục

Bảng 1. Các thông số cơ bản của mô hình sấy tầng sôi xung khí

STT	Thiết bị/bộ phận	Thông số kỹ thuật
1	Quạt cấp tác nhân	Lưu lượng: 0,63 m ³ /s Tổng áp: 1244 Pa Công suất động cơ: 2,2 kW
2	Bộ gia nhiệt điện trở	Kích thước tổng thể (DxRxC): 600mm x 630mm x 275mm Công suất nhiệt: 1,0 kW Số thanh điện trở: 6
3	Thiết bị tạo xung khí	Kích thước tổng thể (DxRxC): 600mm x 550mm x 550mm Đường kính đĩa quay và đĩa tĩnh: 500mm và 550mm Đường kính lỗ phân phối: 150mm Số lỗ trên đĩa quay và đĩa tĩnh: 01 và 06 Công suất động cơ: 1 Hp
4	Buồng sấy	Kích thước tổng thể (DxRxC): 1750mm x 300mm x 350mm Vật liệu chế tạo: SUS304
5	Buồng lắng	Kích thước tổng thể (DxRxC): 1750mm x 450mm x 350mm Vật liệu chế tạo: SUS304



1- Phễu chứa đường RS ẩm; 2- Vít tải nguyên liệu; 3-Buồng sấy tầng sôi; 4- Bộ cấp khí kiểu xung; 5- Bộ gia nhiệt tác nhân sấy; 6- Ống thải khí ẩm; 7- Ống thoát khí ẩm ra khỏi hệ thống sấy; 8- Cyclone; 9- quạt cấp khí tươi vào bộ trao đổi nhiệt

Hình 2. Mô hình máy sấy tầng sôi xung khí phục vụ thí nghiệm

2.2 Dụng cụ thí nghiệm

Các thí nghiệm được thực hiện trên mô hình máy sấy tầng sôi liên tục cấp khí kiểu xung, đặt tại khoa công nghệ Nhiệt Lạnh, trường Đại học công nghiệp Tp. HCM (hình 2). Không khí được gia nhiệt bằng điện trở, nhiệt độ tác nhân sấy được điều khiển bằng bộ điều khiển Autonics TZN4M. Quạt cấp khí được lắp biến tần Hitachi X200 để điều khiển lưu lượng cấp vào buồng sấy. Động cơ điện dùng truyền động cho van cấp khí vào buồng sấy được lắp biến tần Schneider

ATV312HU15M2 để điều khiển số vòng quay, nhằm điều chỉnh được tần số cấp xung khí vào buồng sấy. Độ ẩm của đường RS được đo bằng máy phân tích độ ẩm Axis AGS100, có sai số đo 0,01%, vận tốc tác nhân sấy được đo bằng thiết bị Extech SDL350 với sai số 0,01 m/s, đồng hồ điện 3 pha EMIC MV3E4 được sử dụng để xác định điện năng tiêu thụ. Ngoài ra còn có bộ điều khiển nhiệt độ Autonics TZN4M và bộ ghi PNTECH DDC-C46 được sử dụng để điều khiển và ghi dữ liệu nhiệt độ trong quá trình sấy phạm vi đo từ 0÷400°C và sai số 0,5°C.

2.3 Phương pháp nghiên cứu

▪ Giai đoạn thí nghiệm thăm dò

Tiến hành xây dựng bộ số liệu thí nghiệm thăm dò trước khi thực hiện thí nghiệm đơn yếu tố. Mức thí nghiệm nhiệt độ sấy dựa vào các nguồn tài liệu kỹ thuật sấy đường RS trong [1], [4], số liệu khảo sát thực tế và các ý kiến của các chuyên gia trong lĩnh vực sấy đường RS tại các nhà máy đường tại Việt Nam.

▪ Giai đoạn thực hiện các thí nghiệm

Phương pháp được áp dụng cho nghiên cứu này là cố định các yếu tố công nghệ đầu vào gồm: vận tốc tác nhân sấy (vg, m/s), chiều cao lớp trợ sôi ban đầu (H0, mm), tần số cấp khí kiểu xung (f, Hz) và đường kính trung bình hạt sấy (dp, mm) ảnh hưởng đến hàm mục tiêu, trong khi yếu tố nhiệt độ tác nhân sấy (tg, °C) được điều chỉnh theo kỹ thuật sấy để xác định miền ảnh hưởng của yếu tố nhiệt độ tới các hàm mục tiêu nghiên cứu [11].

2.4 Xác định các thông số công nghệ và các hàm mục tiêu

2.4.1 Xác định các thông số công nghệ

a) Nhiệt độ tác nhân sấy tg (°C)

Qua các nguồn tài liệu về sấy đường RS trên thế giới, ý kiến chuyên gia và căn cứ theo cũng như sử dụng kết quả các thí nghiệm thăm dò cho thấy nhiệt độ sấy đường RS có thể biến thiên phạm vi từ 50°C ÷ 90°C [1][4] trong thí nghiệm này ta chọn tg biến thiên từ 50°C đến 90°C với khoảng biến thiên Δt = 10°C. Nhiệt độ sấy được điều khiển bằng thiết bị Autonics TZN4M và được ghi dữ liệu tự động bằng thiết bị PNTECH DDC-C46 tại 12 vị trí dọc theo chiều dài máy sấy.

b) Vận tốc tác nhân sấy vg (m/s)

Vận tốc tác nhân sấy là thông số phản ánh tính đặc thù của sấy tầng sôi. Vận tốc dòng khí được cấp thổi qua lớp hạt có lực đủ lớn để nâng được lớp hạt ở trạng thái lơ lửng, thắng được lực cản và trọng lực của hạt, nhưng phải giới hạn không làm thổi hạt

đường RS bay ra khỏi buồng sấy [12]. Vận tốc tác nhân sấy được đo tại 9 vị trí cách đều nhau trên mặt cắt ngang của lớp hạt ở một buồng cấp khí bằng thiết bị Extech SDL350. Trong các thí nghiệm này, vận tốc tác nhân sấy được cố định ở mức vg = 2m/s.

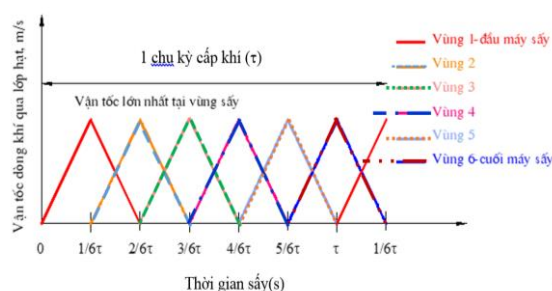
c) Tần số cấp khí kiểu xung f (Hz)

Cấp khí kiểu xung là một nghiên cứu chính của bài báo nhằm thể hiện sự khác biệt giữa sấy lớp hạt sôi cấp khí kiểu xung và tầng sôi liên tục thông thường.

Tần số cấp khí xung được thay đổi theo số lần đóng mở các van bướm cấp khí vào buồng sấy và được điều chỉnh bằng cách thay đổi số vòng quay của động cơ tạo xung nhờ biến tần Schneider ATV312HU15M2. Tần số cấp khí xung được ký hiệu là (f). Trong các thí nghiệm này ta cho tần số cấp khí ở mức f = 0,5Hz. Nếu ta gọi f (s) là thời gian để dòng khí cấp vào cùng một vị trí trên mặt cắt ngang của buồng sấy, khi đó tần số xung khí được xác định bằng:

$$f = \frac{1}{\tau_f} \text{ (Hz)} \quad (1)$$

Với tần số xung khí là f = 0,5Hz, có nghĩa là cứ sau mỗi 2 giây, dòng khí nóng sẽ được cấp trở lại vị trí cũ. Như vậy với mô hình thí nghiệm đang sử dụng có 6 vị trí cấp khí thì chu kỳ cấp khí sẽ như sau:



Hình 3. Mô tả chu kỳ cấp khí trên mô hình sấy

d) Kích thước hạt sấy dp (mm)

Kích thước hạt sấy là thông số ảnh hưởng đến vận tốc tác nhân sấy và chất lượng lớp sôi. Kích thước hạt cũng ảnh hưởng đến trở lực của dòng khí qua lớp hạt. Nếu hạt có kích thước càng bé thì quá trình

sôi càng khó [8], trở lực qua lớp hạt lại lớn, ngược lại, hạt càng lớn thì yêu cầu vận tốc tác nhân sấy qua lớp hạt hóa sôi càng lớn, tổn thất áp suất tăng [13] đã làm tăng công suất quạt cấp khí ảnh hưởng đến đến chi phí tiêu thụ điện năng riêng. Kích thước hạt sấy được phân loại và xác định bằng phương pháp sàng (rây) với các cỡ rây tiêu chuẩn (0,4, 0,6, 0,8, 1,0, 1,2 mm). Trong các thí nghiệm này, đường kính trung bình được chọn $d_p = 0,8\text{mm}$.

e) Chiều dày lớp hạt trợ sôi H_0 (mm)

Do đường RS cũng có đặc tính kết khối khi cấp nhiệt nên trước khi sấy được bố trí sẵn một lớp hạt trợ sôi ban đầu giống như kỹ thuật sấy muối tinh, được trình bày trong [10]. Thông qua kết quả nghiên cứu thực nghiệm sơ bộ đã cho thấy chiều dày lớp hạt sấy cấp vào buồng sấy được xác định bằng chính chiều dày lớp hạt đường RS làm lớp đệm trợ sôi ngay tại thời điểm bắt đầu khởi động quá trình sấy [10]. Chiều dày lớp hạt trợ sôi trong thí nghiệm này được chọn ở mức $H_0 = 65\text{mm}$.

2.4.2. Xác định các hàm mục tiêu

Các hàm mục tiêu được xác định trong sấy đường RS gồm 4 chỉ tiêu gồm: độ ẩm sản phẩm, tỉ lệ thu hồi chính phẩm, chi phí điện năng riêng và chi phí nhiệt năng riêng. Những thông số này chịu ảnh hưởng của các thông số công nghệ: nhiệt độ sấy, vận tốc tác nhân sấy, tần số cấp khí kiểu xung và đường kính trung bình của hạt đường RS và chiều cao lớp hạt trợ sôi ban đầu.

a) Chất lượng sấy

Chất lượng sản phẩm đường RS được đánh giá qua các chỉ tiêu gồm, độ ẩm M_2 , màu sắc, thành phần vi lượng,... Trong phạm vi nghiên cứu tác giả chọn độ ẩm M_2 (%) được mã hóa Y_1 (%) làm chỉ tiêu đánh giá chất lượng. Giá trị độ ẩm được đối chiếu theo tiêu chuẩn TCVN 6958: 2001[3].

b) Tỷ lệ thu hồi chính phẩm (η_1)

Sản phẩm sấy gồm hai loại, loại thứ nhất gọi là chính phẩm ký hiệu (G2) được thu hồi ngay tại cửa ra buồng sấy, loại thứ 2 là phụ

phẩm gồm các bụi đường thu hồi dưới đáy cyclone. Trong phần nghiên cứu này chỉ đề cập đến loại chính phẩm G2, giá trị này được đối chiếu với tổng sản phẩm lý thuyết (giá trị lý thuyết có được từ kết quả tính toán) được mã hoá Y_2 (%).

c) Chi phí điện năng riêng (N_i)

Tiêu thụ điện năng riêng là tiêu thụ điện dùng để sấy được 1kg sản phẩm đạt độ ẩm tiêu chuẩn. Tiêu hao điện sẽ gồm toàn bộ tiêu thụ điện của quạt cấp và các động cơ lắp theo mô hình thí nghiệm sấy, được mã hoá Y_3 , đơn vị Wh/kg sản phẩm. Tổng điện năng tiêu thụ cho các thiết bị sẽ được đo bằng đồng hồ điện 3 pha EMIC MV3E4.

d) Tiêu hao nhiệt lượng riêng (q)

Nhiệt lượng riêng tiêu hao để sấy được 1kg sản phẩm đạt độ ẩm tiêu chuẩn trong đó có tính đến tổn thất nhiệt, được mã hoá Y_4 , đơn vị kJ/kg sản phẩm. Tổng nhiệt lượng cung cấp cho bộ gia nhiệt được quy đổi từ giá trị điện năng tiêu thụ thực tế cho bộ điện trở gia nhiệt (điện năng tiêu thụ của điện trở sẽ được đo bằng 01 đồng hồ điện 3 pha EMIC loại gián tiếp).

2.5 Bố trí thí nghiệm

Các thông số được cố định theo [11],[14] bao gồm: Độ ẩm nguyên liệu (tính theo cơ sở ướt) cố định $M_1 = 1,5^{+0,2\%}$; Kích thước hạt sấy trung bình $d_p = 0,8\text{mm}$; Chiều dày lớp đệm trợ sôi bố trí $H_0 = 65\text{mm}$; vận tốc tác nhân sấy $v_g = 2\text{m/s}$; mức năng suất cấp vào mô hình sấy $0,33^{+0,2}$ kg /phút (năng suất 20kg/giờ); độ ẩm sản phẩm (M_2) yêu cầu đạt 0,05% (theo TCVN 6958: 2001)[3], do đó khối lượng sản phẩm thu được theo lý thuyết (G_{2lt}) là:

$$G_{2lt} = G_1 \frac{100 - M_1}{100 - M_2} = 20 \frac{100 - 1,5}{100 - 0,05} = 19,7 \text{ kg/h} \quad (2)$$

▪ **Xác định độ ẩm sản phẩm (Y_1 , %):** Sáu mẫu sản phẩm sấy được lấy ngẫu nhiên sau mỗi 10 phút sấy trong quá trình sấy (60 phút), sản phẩm được lấy ngay tại cửa ra của máy sấy và cho vào các hũ đựng mẫu. Do máy sấy hoạt động liên tục nên để đảm bảo độ chính xác và đồng đều, độ ẩm sản phẩm

được tính theo giá trị trung bình của 6 mẫu theo công thức:

$$Y_1 = \frac{M_{10} + M_{20} + M_{30} + M_{40} + M_{50} + M_{60}}{6}, \% \quad (3)$$

Với $M_{10}, M_{20}, M_{30}, M_{40}, M_{50}, M_{60}$ lần lượt là độ ẩm trung bình của mỗi mẫu được lấy theo thời gian (10, 20, 30, 40, 50 và 60 phút).

▪ **Xác định tỉ lệ thu hồi chính phẩm ($Y_2, \%$):**

$$Y_2 = \frac{G_2}{G_{2lt}} 100\% \quad (4)$$

Với: G_2 – khối lượng sản phẩm thu được thực tế (kg/h); G_{2lt} – khối lượng sản phẩm theo lý thuyết (kg/h)

Tỉ lệ thu hồi chính phẩm là thông số mục tiêu để đánh giá năng suất thực tế của máy sấy. Đối với máy sấy tầng sôi có sử dụng lớp đệm trợ sôi thì tỉ lệ này không vượt quá 100% do khi vật liệu ra khỏi máy sấy quá nhiều thì lớp đệm khô trợ sôi bị phá vỡ và chế độ sôi bị dừng lại.

▪ **Xác định chi phí điện năng riêng ($Y_3, \text{Wh/kg SP}$)** là lượng điện năng tiêu hao để sấy được 1 kg sản phẩm, được xác định bằng công thức sau:

$$Y_3 = \frac{A}{G_2} \quad (5)$$

Trong đó: A - tổng điện năng tiêu thụ của quạt và các động cơ (Wh) được đo bằng đồng hồ điện 3 pha EMIC MV3E4.

▪ **Xác định chi phí nhiệt năng riêng ($Y_4, \text{kJ/kg SP}$):** là lượng nhiệt năng cần thiết để sấy được 1 kg sản phẩm, được xác định:

$$Y_4 = \frac{Q}{G_2} \quad (6)$$

Trong đó, Q - tổng nhiệt lượng cung cấp bởi bộ gia nhiệt điện trở, kJ. Để xác định được tổng nhiệt năng tiêu thụ, 01 đồng hồ điện 3 pha loại gián tiếp EMIC MV3E4 5A được lắp riêng để xác định điện năng tiêu thụ cho các thanh điện trở và qua đó quy đổi về giá trị nhiệt năng.

Với hệ số công suất của điện trở $\cos\varphi = 1$ thì $Q = 3600.A_1$ (kJ)

Trong đó A_1 là tổng điện năng tiêu thụ bởi các thanh điện trở (kWh).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Đối với thực nghiệm xác định ảnh hưởng của miền nhiệt độ tác nhân sấy đến các hàm mục tiêu, 05 thí nghiệm đã được tiến hành và kết quả thực nghiệm được trình bày trong bảng 2.

Bảng 2. Kết quả thực nghiệm đơn yếu tố xác định ảnh hưởng của nhiệt độ tác nhân sấy đến các hàm mục tiêu

TN	Thông số công nghệ				Hàm mục tiêu			
	t_g (°C)	v_g (m/s)	f (Hz)	d_p (μm)	Y_1 (%)	Y_2 (%)	Y_3 (Wh/kgSP)	Y_4 (kJ/kgSP)
1	50	2	0,5	800	0,135	82,23	228	520
2	60				0,089	86,29	218	684
3	70				0,06	88,83	211	1008
4	80				0,05	97,46	193	1116
5	90				0,073	95,43	197	1268

Sử dụng phần mềm SPSS phiên bản 22.0 [15] để xử lý và đánh giá các số liệu thực nghiệm cho các kết cùng với các nhận xét như sau:

3.1 Xác định ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến độ ẩm sản phẩm

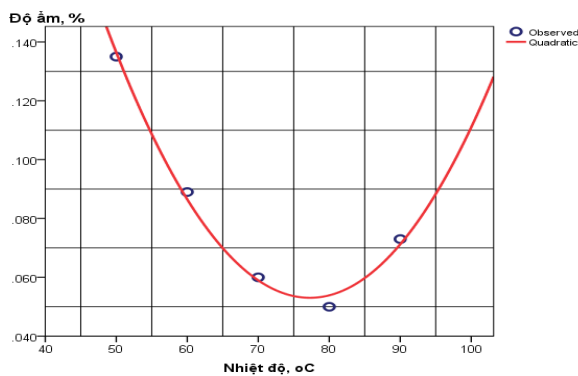
Căn cứ kết quả xử lý số liệu và xây dựng được đồ thị (hình 4) có được một số nhận xét như sau:

Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến độ ẩm sản phẩm theo quy luật hàm bậc 2 với hệ số ý nghĩa trong phân tích phương sai (0,994 > 0,95), hệ số tương quan lớn ($R = 0,997$). Mức ý nghĩa của các hệ số đều lớn hơn 0,95, tiêu chuẩn Fisher (159,725), tiêu chuẩn Student của các hệ số đều đáp ứng. Phương trình hồi quy được thiết lập:

$$Y_1 = 0,7226 - 0,0173.t_g + 1,121.10^{-4}.t_g^2 \quad (7)$$

Ở các mức nhiệt độ sấy (<60°C), nhiệt lượng cung cấp không đủ để bay hơi ẩm nên độ ẩm sản phẩm không đạt, đồng thời do độ ẩm vật liệu ở đầu và giữa máy sấy cao nên ảnh hưởng đến chế độ sôi, các hạt khô trợ sôi không được hòa trộn tốt với hạt ẩm cũng dẫn đến làm độ ẩm cuối của quá trình sấy còn cao hơn tiêu chuẩn.

Ở các mức nhiệt độ sấy cao, vật liệu vào máy sấy được làm khô quá nhanh trong giai đoạn đầu, kéo theo năng suất đầu ra lớn, gây phá vỡ lớp đệm trợ sôi dẫn đến độ ẩm sản phẩm cũng không đạt. Phạm vi nhiệt độ sấy đạt yêu cầu để đảm bảo quá trình sấy diễn ra ổn định là từ 70 ÷ 80°C.



Hình 4. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến độ ẩm sản phẩm

3.2 Xác định ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến tỷ lệ thu hồi chính phẩm

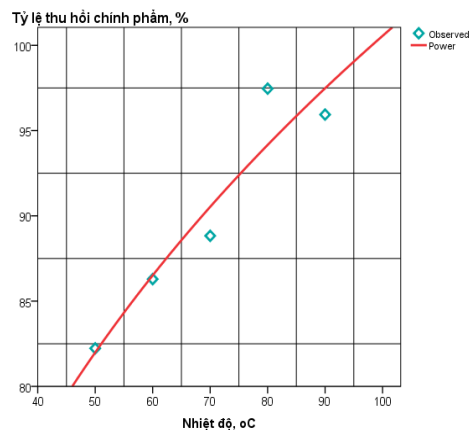
Căn cứ kết quả xử lý số liệu và đồ thị như (hình 5) một số nhận xét được rút ra như sau:

Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến tỷ lệ thu hồi chính phẩm theo quy luật hàm power, hệ số ý nghĩa trong phân tích phương sai (0,989 > 0,95), hệ số tương quan lớn ($R =$

0,955), mức ý nghĩa của các hệ số đều lớn hơn 0,95, tiêu chuẩn Fisher (30,911) và các tiêu chuẩn Student của các hệ số đều đáp ứng. Phương trình hồi quy được thiết lập:

$$Y_2 = 25,91.t^{0,294} \quad (8)$$

Ở nhiệt độ sấy thấp, chế độ sấy diễn ra không ổn định, các hạt đường còn độ ẩm cao, khả năng hóa sôi và sự hòa trộn giữa hạt ẩm và hạt trợ sôi kém, kết quả là sản phẩm bị lưu lại nhiều hơn trong buồng sấy, làm giảm năng suất đầu ra. Khi tăng nhiệt độ sấy đã làm cải thiện chế độ sôi, làm tăng năng suất thu hồi sản phẩm. Tuy nhiên, theo kết quả thí nghiệm và quan sát thực tế cho thấy ở nhiệt độ sấy 90°C quá trình sôi diễn ra rất mạnh vào giai đoạn đầu của quá trình sấy (khoảng 10 phút đầu quá trình) kéo theo một lượng lớn lớp trợ sôi ban đầu ra ngoài nên ở giai đoạn cuối quá trình lượng sản phẩm ra khỏi máy sấy không đạt năng suất theo yêu cầu. Do đó, nếu xét toàn bộ quá trình sấy thì năng suất thu hồi giảm đi so với quá trình sấy ở nhiệt độ 80°C.



Hình 5. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến tỷ lệ thu hồi chính phẩm

3.3 Xác định ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến chi phí điện năng riêng

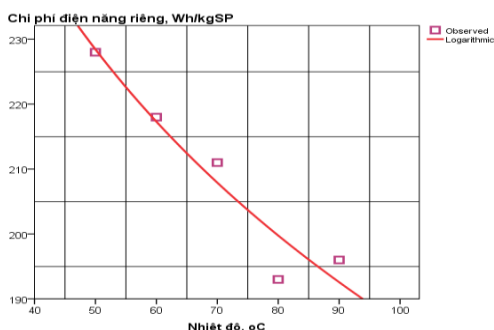
Căn cứ kết quả xử lý số liệu và đồ thị như (hình 6) một số nhận xét được rút ra như sau:

Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến chi phí điện năng riêng theo quy luật hàm logarit, trong đó hệ số ý nghĩa trong phân tích phương sai (0,991 > 0,95), hệ số tương quan

$R = 0,960$, mức ý nghĩa của các hệ số đều lớn hơn $0,95$, tiêu chuẩn Fisher ($35,607$) và các tiêu chuẩn Student của các hệ số đều đáp ứng. Phương trình hồi quy được thiết lập:

$$Y_3 = 467,13 - 61,016 \cdot \ln(t) \quad (9)$$

Xét về mặt tổng tiêu thụ điện năng cho toàn bộ quá trình sấy thì việc tăng hay giảm nhiệt độ sấy không làm thay đổi điện năng cung cấp cho quạt và các động cơ. Tuy nhiên khi xét đến chi phí điện năng riêng tính cho (01) một kg sản phẩm thì giá trị này phụ thuộc vào khối lượng chính phẩm của sản phẩm sấy thu được sau khi sấy, nên chi phí điện năng riêng sẽ giảm đi khi sấy ở nhiệt độ cao, nhưng lại tăng lên khi sấy ở nhiệt độ tác nhân sấy thấp. Điều này được giải thích, do sấy ở nhiệt độ thấp hạt sấy không đạt độ ẩm nên không thể nhảy qua được tấm chắn (một tấm chắn được bố trí cuối buồng sấy) kết quả là lượng thu hồi sản phẩm G_2 ít lại so với thiết kế do vậy chi phí tiêu thụ điện năng riêng cao hơn so với khi sấy ở nhiệt độ cao. Miền nhiệt độ sấy hợp lý trong thực nghiệm được xác định phạm vi $80 - 90^\circ\text{C}$



Hình 6. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến chi phí điện năng riêng

3.4 Xác định ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến chi phí tiêu hao nhiệt năng riêng

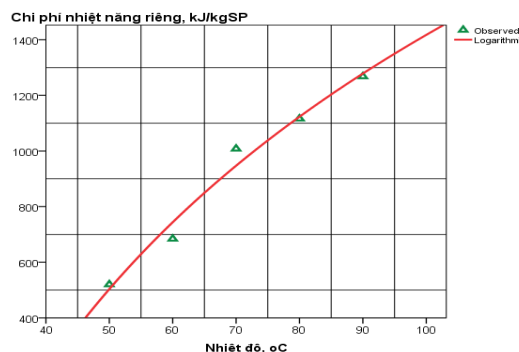
Căn cứ kết quả xử lý số liệu và đồ thị (hình 7), một số nhận xét được rút ra như sau:

Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến chi phí nhiệt năng riêng theo quy luật hàm logarit với hệ số ý nghĩa trong phân tích phương sai ($0,999 > 0,95$), hệ số tương quan $R = 0,990$, mức ý nghĩa của các hệ số lớn hơn $0,95$. Tiêu chuẩn Fisher ($145,716$) và các tiêu chuẩn

Student của các hệ số đều đáp ứng. Phương trình hồi quy được thiết lập:

$$Y_4 = -4656,04 + 1318,85 \cdot \ln(t) \quad (10)$$

Chi phí nhiệt năng riêng phụ thuộc chủ yếu vào nhiệt độ sấy, do đó khi sấy ở nhiệt độ cao thì chi phí này tăng lên đáng kể.



Hình 7. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến chi phí nhiệt năng riêng

4. KẾT LUẬN

Nhiệt độ tác nhân sấy tăng thì cường độ thoát ẩm trong vật liệu sấy càng nhanh, nhưng khi tăng trên mức cần thiết lại không mang lại hiệu quả nhưng lại làm tăng tiêu hao nhiệt lượng riêng trong khi độ ẩm sản phẩm lại không cần quá khô. Ngược lại, nhiệt độ tác nhân sấy thấp, quá trình bốc hơi kém, không đáp ứng với lượng đường RS nạp vào theo thiết kế dẫn đến làm phá hỏng lớp hạt giả lỏng và quá trình sấy sớm kết thúc.

Miền nhiệt độ tác nhân sấy $t_g = 70^\circ\text{C}$ cùng với chiều cao lớp hạt trợ sôi tối thiểu $H_0 = 65\text{mm}$, đường kính hạt sấy $d_p = 0,8\text{mm}$, vận tốc tác nhân sấy $v_g = 2\text{m/s}$ cho chất lượng hạt sấy đạt độ ẩm tiêu chuẩn; tiêu hao nhiệt lượng riêng phạm vi $1008 \div 1116\text{ kJ/kg}$ sản phẩm; tiêu hao điện năng riêng từ $193 \div 211\text{ Wh/kg}$ sản phẩm và tỷ lệ thu hồi chính phẩm đạt $87 \div 88\%$.

Cần tiến hành các thực nghiệm đa yếu tố để xét đồng thời ảnh hưởng của 5 thông số công nghệ đến 4 hàm mục tiêu thì mới có thể xác định đúng được giá trị hợp lý của các thông số công nghệ này. Mức nhiệt độ sấy $t_g = 70^\circ\text{C}$ được chọn làm giá trị cơ sở của nhiệt độ tác nhân sấy trong thực nghiệm đa yếu tố ở bước nghiên cứu tiếp theo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Baikow, V. E., *Manufacture and refining of raw cane sugar*. Elsevier, 2013.
- [2] Bộ khoa học và Công nghệ, *TCVN 6961: 2001 tiêu chuẩn TCVN về đường thô*, 2001.
- [3] Bộ khoa học và Công nghệ, *TCVN 6958: 2001 Tiêu chuẩn đường tinh luyện*, 2001.
- [4] Bùi Trung Thành, Nguyễn Huy Bích, *Nghiên cứu & phát triển các loại máy sấy đường cát trắng trong các nhà máy đường công nghiệp Việt Nam*. Tạp chí thông tin cơ điện nông nghiệp, 2004, trang 15-22
- [5] Daud, W. R. W., *Fluidized Bed Dryers Recent Advances. Advanced Powder Technology*, 19(5), p403–418, 2008.
- [6] Gawrzynski Z., Glaser R., Kudra T. Drying of powdery materials in a pulsed fluid bed dryer. *Drying Technology*, p1523-1532, 1999.
- [7] Kudra, T., & Mujumdar, A. S., *Advanced drying technologies*. CRC Press, 2009.
- [8] Marcello Nitz, Osvaldir P. Taranto, *Drying of a porous material in a pulsed fluid bed dryer: the influences of temperature, frequency of pulsation and air flow rate*. *Drying technology*, p212-219, 2009.
- [9] Somkiat Prachayawarakorn, Warunee Tia, Korakot Poopaiboon, Somchart Soponronnarit, *Comparison of performace of pulsed and conventional fluidised bed dryer*. *Journal of Stored Products Research*, 41(5), p479–497, 2005.
- [10] Bùi Trung Thành, *Nghiên cứu và thực nghiệm sử dụng lớp muối khô làm lớp đệm trợ sôi trong sấy tầng sôi*. *Tạp chí Năng lượng nhiệt*, Số 108 tháng 11/2012, trang 11-18
- [11] Bùi Minh Trí(2005), *Xác xuất thống kê và quy hoạch thực nghiệm*, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, trang 64-82.
- [12] Howard.J.R (1989) *Fluidized bed Technology, principles and application*, Publisher Taylor & Francis Group, pages 15-23
- [13] Roy, G. K., & Sengupta, P., Prediction of the pressure drop across a gas-solid semi-fluidized bed. *The Chemical Engineering Journal*, 5(2), p191-196, 1973.
- [14] Phan Hiếu Hiền, *Phương pháp bố trí thí nghiệm và xử lý số liệu thực nghiệm*. Nhà xuất bản Nông nghiệp, 2001.
- [15] Võ Văn Huy, Võ Thị Lan, Hoàng Trọng, *Ứng dụng SPSS for windows để xử lý và phân tích dữ kiện nghiên cứu marketing, quản trị, kinh tế, tâm lý, xã hội*, NXB Khoa học Kỹ thuật, 1997.

Tác giả chịu trách nhiệm bài viết:

PGS.TS Bùi Trung Thành

Trường ĐH Công nghiệp Tp. HCM.

Email: buitrunghanh@iuh.edu.vn