

THỰC NGHIỆM XÁC ĐỊNH ẢNH HƯỞNG CỦA TẦN SỐ CẤP TÁC NHÂN SẤY ĐẾN QUÁ TRÌNH SẤY MUỐI TINH BẰNG MÁY SẤY TẦNG SÔI XUNG KHÍ

EXPERIMENTS DETERMINES THE EFFECT OF DRYING AIR FREQUENCIES WHICH IS SUPPLIED TO THE REFINED SALT DRYING IN THE PULSED FLUIDIZED BED DRYER

Bùi Trung Thành, Phạm Quang Phú

Khoa Công nghệ Nhiệt lạnh, Trường Đại học Công nghiệp TP. Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Sấy muối tinh bằng máy sấy tầng sôi cho chất lượng hạt sấy cao hơn phương pháp sấy bằng máy sấy thùng quay, tuy nhiên, chi phí tiêu thụ điện năng riêng của quạt cấp tác nhân sấy cao hơn nhiều so với các loại máy sấy khác [2]. Bài báo trình bày một phương pháp sấy muối tinh mới bằng máy sấy tầng sôi cấp khí kiểu xung. Phạm vi bài báo trình bày thực nghiệm xác định ảnh hưởng của tần số cấp tác nhân sấy kiểu xung khí đến quá trình sấy muối tinh. Kết quả thực nghiệm đã xác định được ở tần số cấp khí $f = 0,33s$; Vận tốc tác nhân sấy $2,4 m/s$; nhiệt độ sấy $160^{\circ}C$; Đường kính hạt sấy trung bình $1,05mm$, cho chất lượng hạt sấy đạt yêu cầu (bao gồm: Độ ẩm, màu sắc, hình dạng hạt), tỷ lệ thu hồi sản phẩm sấy đạt 93%, tiêu hao nhiệt lượng riêng là $914,8kcal/kg$ ẩm và tiêu hao điện năng riêng phạm vi $430 Wh/kg$ ẩm

Từ khóa: *Máy sấy tầng sôi xung khí; Tần số cấp xung khí; Cấp khí tầng sôi xung khí kiểu quay; Tầng sôi cùng với việc cấp khí kiểu quay, Máy sấy tầng sôi xung khí sấy muối tinh.*

ABSTRACT

Refined salt drying in fluidized bed dryer is higher product quality than the method of drying drum dryers, but the cost of energy consumption of centrifugal fan is much higher than with other dryers [2] This paper presents a new drying method for the refined salt in the model of the pulsed fluidized bed dryer. Scope of the paper is presented the experiments determines the effect of the air pulse frequency to the drying process of refined salt. The experimental results have been identified that the hot gas supplying frequency (f) is $0,33s$; Hot air velocity is $2.4 m/s$; drying air temperature is $160^{\circ}C$. The average particle diameter of the refined salt is $1,05mm$ which get out good drying grain quality (moisture, colour, grain shape). The product recovery rate is 93%, the specific energy consumption is $914,8kcal/kg$ vapour and the special power consumption is $430Wh/kg$ vapour

Keywords: *Pulsed fluidised bed dryer; Frequency of pulsation; The rotating-pulsed fluidized bed; Fluidized bed with rotating distributor, Pulsed fluidised bed dryer for refined salt and RS sugar*

1. GIỚI THIỆU

Từ trước đến nay, các nhà máy chế biến muối tinh trong cả nước thường sấy sản phẩm muối tinh chế bằng máy sấy thùng quay, nhà máy hiện đại hơn thì sấy máy sấy tầng sôi kiểu rung, và những năm 2010 có máy sấy tầng sôi thông thường [2]. Sấy muối tinh bằng máy sấy tầng sôi thông thường cho chất lượng hạt sấy cao hơn, tuy vậy, chi phí tiêu thụ điện năng cho quạt cấp tác nhân sấy cao hơn nhiều so với các loại máy sấy khác. Theo thực nghiệm của chính tác giả khi sấy vật liệu hạt < 1mm - 1,5 mm, đối với máy sấy tĩnh thì vận tốc tác nhân sấy từ 0,1-0,2m/s, máy sấy thùng quay 1-1,2m/s, thì máy sấy tầng sôi thông thường phải từ 1,5-2,5m/s [2]. Máy sấy tầng sôi có nhiều ưu điểm vượt trội hơn so với các loại máy sấy vật liệu rời khác nhưng có 2 hạn chế chính (a) yêu cầu quạt cấp tác nhân phải có áp suất cao, lưu lượng lớn, do đó làm tăng chi phí đầu tư và tăng chi phí điện trong vận hành; (b) Yêu cầu kích thước hạt sấy nằm trong phạm vi giới hạn và có độ đồng đều cao. Đối với vật liệu có kích thước đa phân tán thì khi sấy các hạt có kích thước bé sẽ bị cuốn theo dòng khí đi ra ngoài, đối với vật liệu mịn (kích thước nhỏ) hoặc thô (kích thước lớn) thì khó hóa sôi và dễ xảy ra hiện tượng phân tầng, lớp sôi không ổn định và làm giảm khả năng truyền nhiệt và truyền khối [2].

Để giải quyết vấn đề chi phí năng lượng cho quạt sử dụng trong quá trình sấy, một số tác giả trên thế giới đã nghiên cứu một phương pháp sấy tầng sôi kiểu xung khí (pulsed fluidized bed dryer) Theo Jezowska (1993) [4], thì khi sấy vật liệu bằng máy sấy lớp hạt sôi kiểu xung khí cho phép tiết kiệm năng lượng được hơn 50% so với sấy bằng máy sấy tầng sôi thông thường. Năm 1998, các tác giả Gawrzyński, Kudra, Glaser [6] đã công bố patent máy sấy tầng sôi xung khí.

Tác giả Ambrosio-Ugri, M.C.B (2007) [1], công bố phương pháp sấy bằng xung khí

cho ưu điểm về mặt tiết kiệm năng lượng, tiết kiệm lưu lượng khí cấp vào buồng sấy trong quá trình sấy.

Ở Việt Nam, hiện chưa có nghiên cứu nào về máy sấy tầng sôi xung khí được công bố. Phạm vi bài báo tác giả trình thực nghiệm sấy muối tinh trên máy sấy tầng sôi xung khí do chính tác giả thiết kế, chế tạo nhằm thăm dò và có các kết luận về loại máy sấy mới này trong sấy muối sau tinh chế từ dây chuyền sản xuất muối tinh liên tục trong các nhà máy hiện đại.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Vật liệu sấy

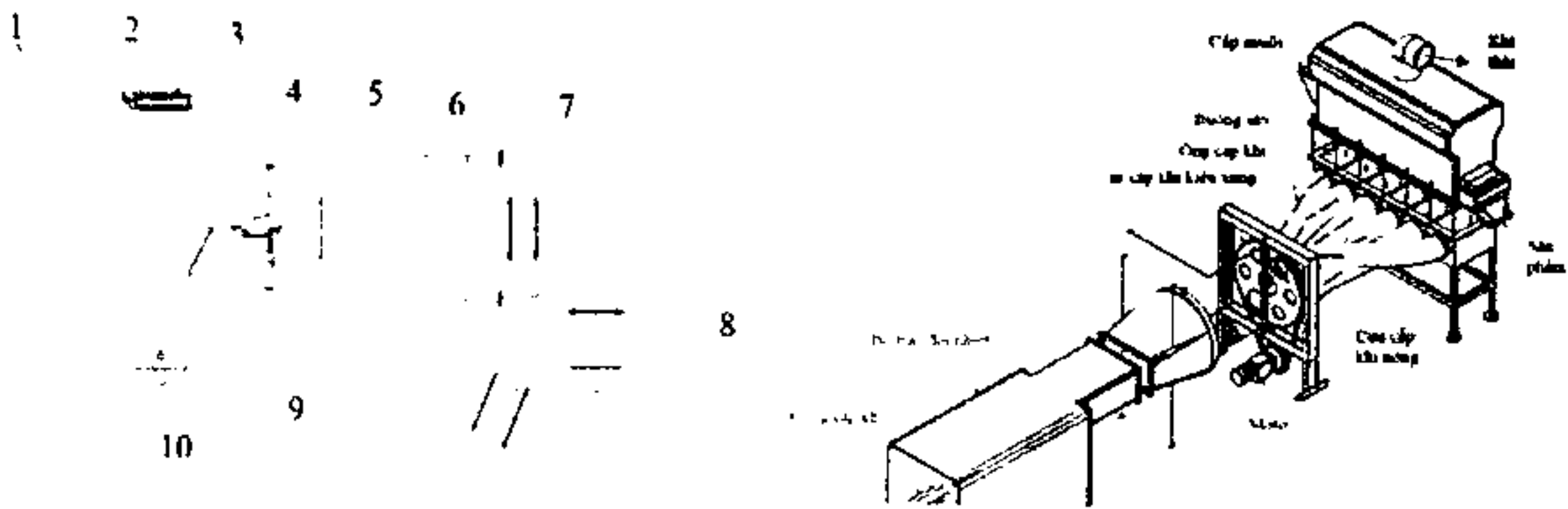
Muối tinh, tên tiếng Anh là refine salt hoặc table salt, thường có thành phần NaCl (98%) và có 2% là các thành phần khác, bao gồm: $Ca^{2+} \leq 0,4\%$; $Mg^{2+} \leq 0,4\%$, $SO_4^{2-} \leq 1,5\%$; tạp chất không tan $\leq 0,3\%$ và 80 chất vi lượng khác. Độ ẩm muối tinh (tính theo cơ sở ướt) sau ly tâm liên tục phạm vi từ 4,5%, độ ẩm sản phẩm bảo quản yêu cầu 0,2% [7]. Muối tinh được sử dụng rộng rãi trong đời sống và sản xuất công nghiệp. Đối với mục đích công nghiệp thì muối tinh làm phụ gia trong sản xuất bột giấy, hãm màu, nhuộm vải, kem đánh răng, chế biến thực phẩm các loại, sản xuất xà phòng, chất tẩy rửa có giá trị thương mại lớn. Sản xuất và chế biến muối tinh chất lượng cao mang tính công nghiệp ở nước ta còn mới, đặc biệt là trong khâu kỹ thuật sấy. Tiêu thụ sản phẩm muối tinh trong sinh hoạt gia đình và chế biến thực phẩm trên thị trường trong nước hiện chủ yếu ở ngay công đoạn sau ly tâm độ ẩm cao, nên sau một thời gian lưu giữ, muối tinh thường chảy nước, gây vón cục ảnh hưởng đến quá trình sử dụng và chất lượng sử dụng.

2.2. Mô hình thí nghiệm

Tác giả thiết kế và chế tạo mô hình vật lý để làm thực nghiệm với chiều rộng 30cm, chiều

dài 165cm và cao 60cm. Phía trên là buồng phân ly có tiến điện lớp gấp 3 lần phân kích thước buồng tầng sôi. Toàn bộ hai thành bên của buồng sấy lắp kính chịu nhiệt để dễ quan sát lớp hạt vật liệu khi sấy. Phía trong buồng sôi có vạch các mức kích thước để có thể đọc được chiều cao lớp sôi ở các trạng thái khác nhau. Cụm máy đánh toi được lắp ở vị trí nhận vật liệu có nhiệm vụ làm toi khối hạt và cấp vung vào khoang sấy. Tại vị trí cửa ra sản phẩm được lắp một tấm chắn cho phép điều chỉnh chiều cao của lớp hạt sôi. Bộ gia nhiệt tác nhân là điện trở. Quạt cấp tác

nhân là quạt ly tâm có công suất động cơ điện là 5,5kWh, số vòng quay được điều chỉnh qua bộ biến tần phạm vi điều chỉnh từ 700 vòng/phút đến 2.500 vòng/phút; tương ứng với vận tốc khí qua ghi phân phối khí từ 0,2m/s đến 3,8m/s. Lưu lượng khí tối đa cho phép điều chỉnh là Q_{mg} 0,85m³/s, cột áp $\Delta P = 3200N/m^2$. Nhiệt độ khí nóng cấp vào buồng sấy được điều chỉnh vô cấp có dải nhiệt độ min 120°C và max là 200°C. Đặc biệt mô hình sấy tầng sôi này được lắp một van bướm cấp khí kiểu quay, làm nhiệm vụ cấp khí vào tầng khoang của buồng sấy (chi tiết 5 hình 1).



Hình 1. Bố trí chung của mô hình sấy tầng sôi xung khí:

- 1) Vít tải định lượng; 2) Cụm đánh toi; 3) Buồng sấy; 4) Ống cấp khí vào tầng buồng sấy; 5) Bô van phân phối khí kiểu xung; 6) Bô trao đổi nhiệt; 7) Quạt cấp khí; 8) Cyclone; 9) Ống gom khí thải; 10) Cửa ra sản phẩm sấy

2.3. Thực nghiệm đơn yếu tố xác định tần số cấp khí kiểu xung

2.3.1. Xác định các thông số nghiên cứu thực nghiệm

a) Xác định các hàm mục tiêu

Độ ẩm sản phẩm sấy: Chất lượng sấy được đánh giá qua nhiều thông số khác nhau, nhưng độ ẩm sản phẩm sấy M_2 (%) được xem là thông số quan trọng nhất, được gọi là chỉ tiêu chất lượng sản phẩm sấy được mã hóa (Y_1).

Tỷ lệ thu hồi chính phẩm: Khối lượng muối tinh thu ngay tại cửa ra của máy sấy (%) được mã hóa (Y_2)

Tiêu hao nhiệt lượng riêng: Nhiệt lượng riêng sử dụng làm bay ẩm trong vật liệu sấy để tạo ra thành phẩm sấy. Chi phí tiêu thụ nhiệt lượng riêng q (kcal/kg ẩm) được mã hóa (Y_3)

Chi phí tiêu thụ điện năng riêng: Điện năng riêng tiêu thụ N (Wh/kg ẩm) sử dụng cho quạt ly tâm cấp tác nhân vào buồng sấy và bộ cấp khí kiểu xung được mã hóa (Y_4).

b) Các thông số đầu vào (các biến số)

Các biến đầu vào ảnh hưởng đến các hàm mục tiêu đầu ra bao gồm:

Vận tốc tác nhân sấy: Đối với sấy tầng sôi, vận tốc khí là thông số quan trọng, vận tốc

tác nhân khí là một hàm chịu ảnh hưởng của các biến $Vg = f(d_p, \rho_b, h_0)$. Vận tốc tác nhân sấy ký hiệu là (Vg) đơn vị m/s được mã hóa X_1 .

Nhiệt độ tác nhân sấy: Nhiệt độ tác nhân sấy được ký hiệu (t) đơn vị ($^{\circ}C$) mã hóa thành X_2 .

Tần số cấp khí kiểu xung: Cấp khí kiểu xung nghiên cứu chính của đề tài để thể hiện sự khác biệt giữa sấy tầng sôi xung khí và sấy tầng sôi thông thường. Tần số cấp khí xung được thay đổi theo tần số đóng mở các van bướm cấp khí vào buồng. Tần số khí được ký hiệu là (f) đơn vị là giây và được mã hóa thành X_3 .

Kích thước hạt: Trong kỹ thuật sấy tầng sôi, kích thước hạt vật liệu cũng là một trong số các thông số quan trọng, ảnh hưởng đến chất lượng sôi. Kích thước hạt được ký hiệu là (d) đơn vị là (m) và được mã hóa thành X_4 .

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Trong thí nghiệm, ta sử dụng lớp hạt muối tinh khô làm lớp đệm trợ sôi có kích thước đa phân tán, đường kính trung bình $d_m = 0,953mm$, chiều cao lớp đệm (h_0) = 45mm [3]. Trong thí nghiệm ta cố định nhiệt độ tác nhân khí $t_g = 160^{\circ}C$, kích thước hạt muối tinh

âm nguyên liệu $d_m = 1,050mm$, độ ẩm nguyên liệu $M_1 = 4,5\%$, vận tốc cấp khí $Vg=2,4m/s$, mức năng suất cấp vào buồng sấy: 8kg/phút (cấp đều), độ ẩm sản phẩm sấy trong phạm vi từ 0,15- 0,35% (tính theo cơ sở ướt). Độ ẩm sản phẩm yêu cầu đạt chuẩn $M_2 = 0,2\%$ [7], tương ứng tỷ lệ đạt độ ẩm chuẩn là 100%.

Nguyên tắc của cấp khí kiểu xung là cấp tuần tự khí từng khoang sấy nhờ một van bướm kiểu quay thay cho việc cấp khí cho toàn bộ ghi phân phối khí (đối với máy sấy tầng sôi thông thường). Trong thí nghiệm này, ta đi xác định ảnh hưởng của tần số cấp khí kiểu xung (X_3) đến các hàm mục tiêu. Thí nghiệm được tiến hành trong phạm vi điều chỉnh 7 mức cấp khí xung gồm các mức 0,07s; 0,13s; 0,20s; 0,24s; 0,27s; 0,33s; 0,40s; 0,47; 0,53s.

Thời điểm lấy số liệu:

Thời gian theo dõi chỉ tiêu năng suất sấy được đánh giá trong vòng 30 phút, thời điểm đo, lấy số liệu và lấy mẫu phân tích thực hiện ngẫu nhiên trong quá trình máy hoạt động sấy liên tục. Thí nghiệm được lặp lại 7 lần, kết quả số liệu trình bày trong bảng bên dưới.

Bảng kết quả thí nghiệm xác định ảnh hưởng của tần số cấp khí xung đến các hàm mục

Thứ tự	Số vòng quay van (vòng/phút)	Tần số xung khí (giây)	Tỷ lệ so với độ ẩm chuẩn (%)	Độ ẩm sản phẩm (%)	Tỷ lệ thu hồi sản phẩm (%)	Nhiệt lượng riêng (kcal/kg ẩm)	Tiêu thụ điện năng riêng (Wh/kg)
1	4	0 07	55	0.110	60 5	2496 8	950 8
2	8	0 13	65	0.130	65 2	2050.6	780.7
3	12	0 20	70	0.140	70 5	1575 6	650 6
4	25	0 24	80	0 160	76 6	1270 5	550 5
5	16	0.27	95	0.190	85 0	1012.5	450 7
6	20	0 33	110	0.220	93 0	914.8	430 4
7	24	0 40	140	0.280	110.6	1018	508 5
8	28	0.47	190	0.380	138.9	1320	639 4
9	32	0 53	300	0.600	168 7	1650	939 7

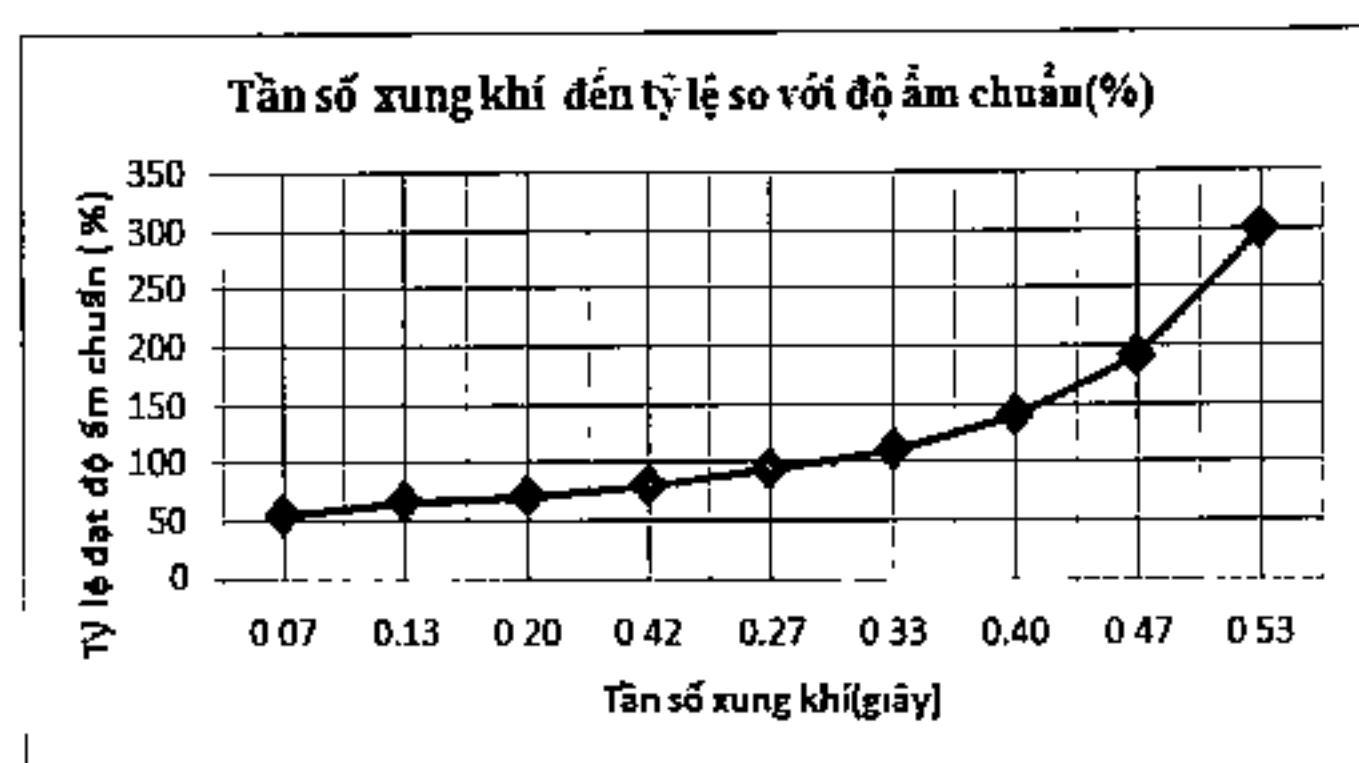
Sử dụng phần mềm SPSS xử lý số liệu thí nghiệm cho các kết quả như sau:

3.1. Thực nghiệm xác định tần số xung khí đến độ ẩm sản phẩm sấy

Kết quả thí nghiệm trình bày trong bảng cho phép ta lập được phương trình hồi quy.

$$Y_{31} = -0,0574 + 2,939f + 12,5498f^2 + 17,5377f^3 \quad (5.1)$$

Và xây dựng được đồ thị quan hệ tần số xung khí đến độ ẩm sản phẩm sấy (Hình 2).



Hình 2. Đồ thị quan hệ tần số xung khí đến độ ẩm sản phẩm sấy

Nhận xét:

- Ở tần số xung thấp (0,07- 0,24 giây) độ ẩm sản phẩm sấy trở nên quá khô, tỷ lệ thu hồi sản phẩm sấy ở cửa ra thấp, điều này cho thấy hạt sấy chuyển động chậm lại thời gian lưu trong buồng sấy kéo dài, hạt bị lấy ẩm nhiều hơn. Kết quả là năng suất không đạt yêu cầu trong khi sản phẩm sấy lại quá khô là không cần thiết.

- Ở tần số xung 0,27 đến 0,33 giây, cho thấy sản phẩm sấy đạt độ ẩm chuẩn và tỷ lệ thu hồi chính phẩm đạt tỷ lệ thu hồi cao.

Ở tần số xung 0,4s, lớp sấy sôi nhanh hơn và ở 0,47s thì độ ẩm sản phẩm sấy tăng lên rõ rệt, điều này cho thấy thời gian lưu của hạt

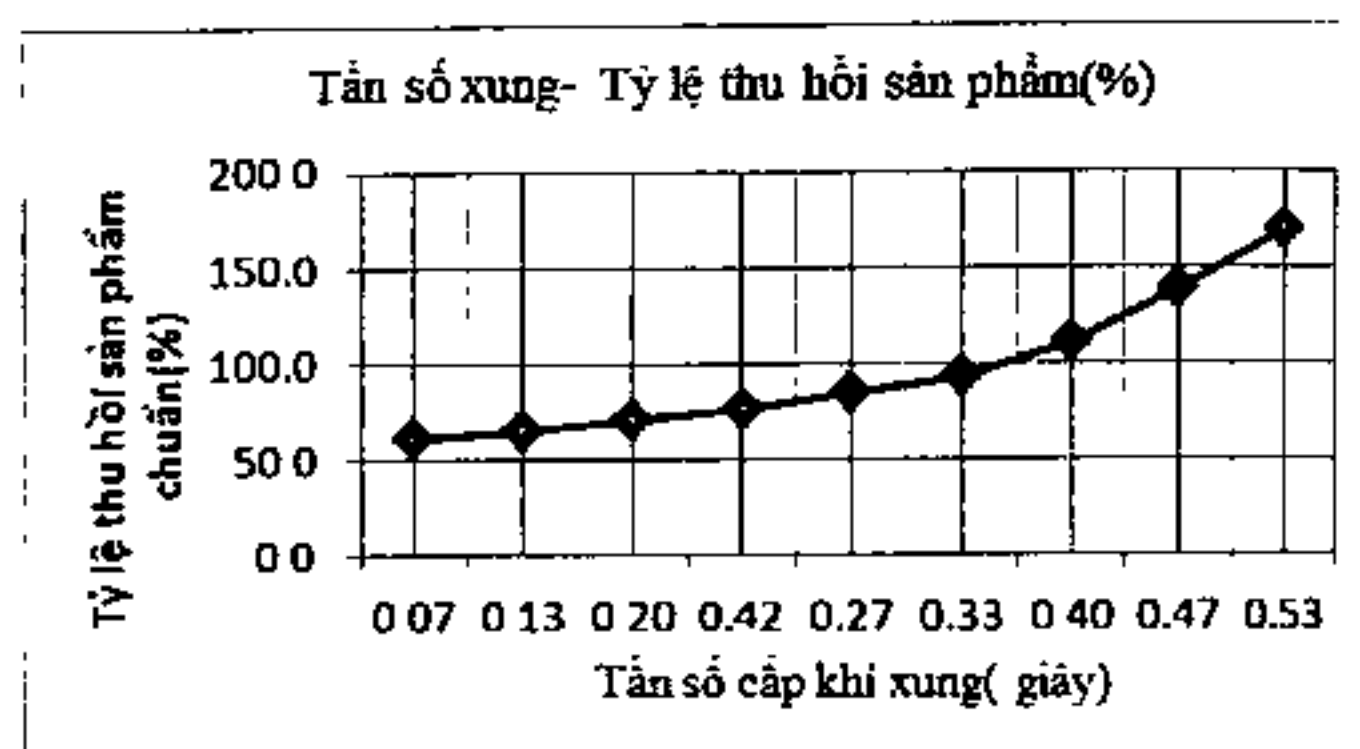
giảm dần nên độ ẩm hạt không đạt yêu cầu.

3.2. Thực nghiệm xác định tần số xung khí đến tỷ lệ thu hồi sản phẩm sấy

Kết quả thí nghiệm trình bày trong bảng, cho phép ta lập được phương trình hồi quy:

$$Y_{32} = 30,325 + 512,5f - 2005,42f^2 + 2889,4f^3 \quad (5.2)$$

Và xây dựng được đồ thị quan hệ tần số xung khí đến tỷ lệ thu hồi sản phẩm chính so với độ ẩm chuẩn.



Hình 3. Đồ thị quan hệ tương quan tần số xung khí đến tỷ lệ thu hồi sản phẩm

Nhận xét:

- Ở tần số xung thấp (0,07- 0,24 lần/giây) tỷ lệ thu sản phẩm sấy ở cửa ra đạt mức độ ẩm thấp (sản phẩm quá khô), điều này cho thấy, hạt sấy chuyển động chậm trong buồng sấy, thời gian lưu trong buồng sấy kéo dài, năng suất không đạt yêu cầu.

- Ở tần số xung 0,27 đến 0,33 giây, sản phẩm sấy đạt độ ẩm chuẩn và tỷ lệ thu hồi sản phẩm sấy đạt tỷ lệ thu hồi cao.

- Ở tần số xung 0,4, lớp sấy sôi nhanh hơn. Ở tần số 0,47, độ ẩm sản phẩm sấy tăng lên rõ rệt, điều này cho thấy thời gian lưu của hạt giảm nên độ ẩm hạt không đạt yêu cầu,

nhưng khối lượng muối sản phẩm thu hồi ở cửa ra tăng cao hơn mức chuẩn.

- Ở tần số 0,47giây, tỷ lệ thu hồi mức 139 % (do một phần lớp đệm đã cùng bị chuyển đi).

3.3. Thực nghiệm xác định tần số xung khí đến tiêu thụ nhiệt lượng riêng

Kết quả thí nghiệm trình bày trong bảng cho phép ta lập được phương trình hồi quy.

$$Y_{33} = 3639,395 - 17820,032f + 41157,586 f^2 - 33035,36098f^3 \quad (5.3)$$

và xây dựng được đồ thị quan hệ tần số xung khí đến tiêu hao nhiệt lượng riêng (Hình 4).

Nhận xét:

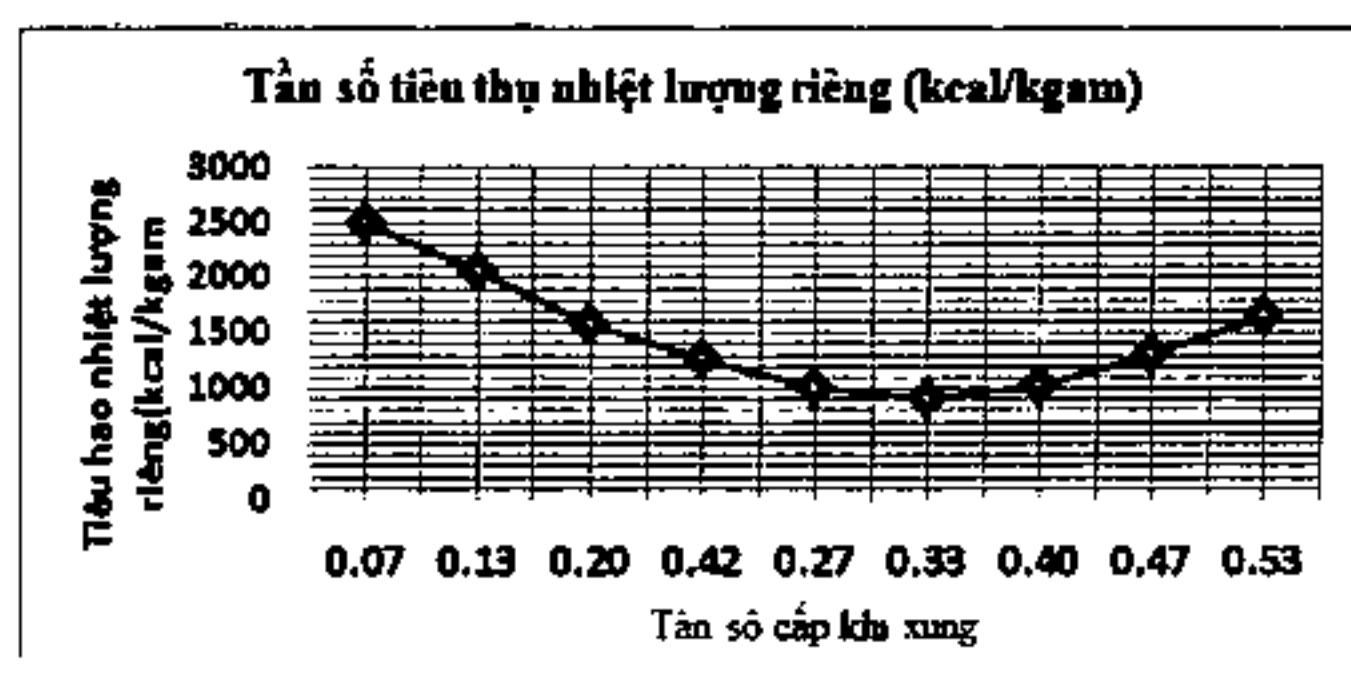
- Tiêu hao nhiệt lượng riêng có dạng đồ thị đường cong bậc 2 giảm dần khi tần số xung khí tăng và min ở tần số 0,33, tăng lên dần ở tần số 0,47 đến 0,53.

- Ở tần số cấp khí xung thấp phạm vi 07-0,2, mức tiêu thụ nhiệt lượng riêng tăng đều đó đúng với quy luật ở tần số thấp, khả năng chuyển dịch hạt sấy thấp, năng suất sấy không đạt, trong khi nhiệt độ tác nhân và vận tốc tác nhân không đổi, thời gian hạt lưu kéo dài, kết quả là hạt quá khô, nhưng năng suất thấp. Tiêu thụ nhiệt lượng riêng ở dải tần xung khí này là 2.536 kcal/kg ẩm -1.595 kcal/kg ẩm. Quan sát chiều dày lớp sôi tăng lên dẫn đến chất lượng hạt sấy cũng không đạt yêu cầu.

- Ở tần số 0,33 giây, có mức tiêu hao nhiệt lượng riêng là thấp nhất là 914kcal/kg ẩm và phù hợp theo năng suất đã tính toán trước đó, độ ẩm hạt đạt yêu cầu theo chuẩn.

Ở tần số lớn hơn 0,4 đến 0,53 giây, tiêu hao nhiệt lượng riêng tăng dần, chất lượng

sấy không đạt, độ ẩm trong sản phẩm sấy tăng, năng suất thu sản phẩm sấy cửa ra tăng hơn tính toán, lớp sôi không ổn định (do lớp đệm trợ sôi giảm dần).



Hình 4. Đồ thị quan hệ tương quan tần số xung khí đến tiêu hao nhiệt lượng riêng

3.4. Thực nghiệm xác định tần số xung khí đến tiêu thụ điện năng riêng

Kết quả thí nghiệm trình bày trong bảng cho phép ta lập được phương trình hồi quy:

$$Y_{34} = 1147,411 - 2622,211f - 2968,6425f^2 + 13526,075f^3 \quad (5.4)$$

Và xây dựng được đồ thị quan hệ tần số xung khí đến tiêu hao điện năng riêng (Hình 5).

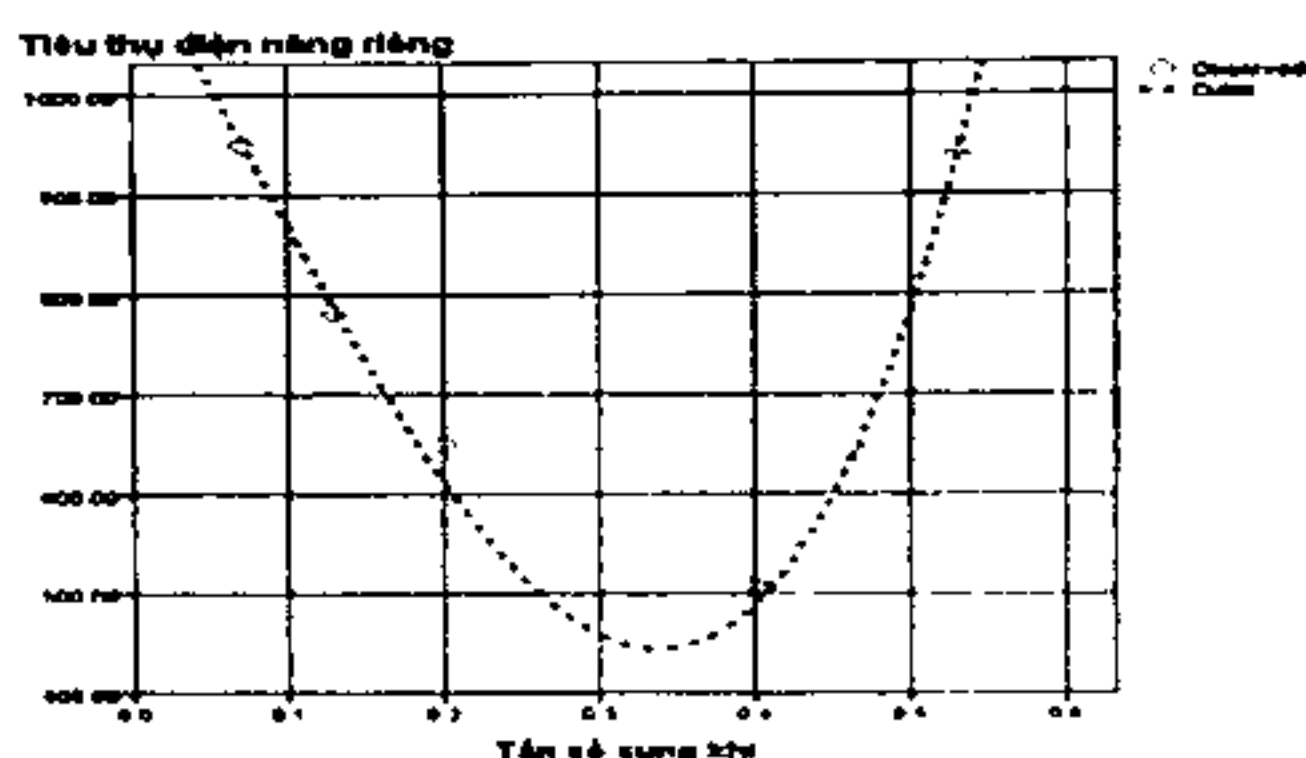
Nhận xét:

- Tiêu hao điện năng riêng với tần số cấp khí kiểu xung có dạng đồ thị bậc 3. Ở tần số 0,33 giây và mức tiêu hao điện năng riêng 430 Wh/kg ẩm.

- Ở tần số xung thấp (0,07- 0,24 lần/giây) tiêu hao điện năng riêng cao do lượng ẩm bay hơi ít. Ở tần số 0,13 giây, tiêu hao điện riêng là 780Wh/kg ẩm, tiêu hao này sẽ giảm dần ở tần số cấp xung là 0,33 lần/giây.

- Ở tần số > 0,4 đến 0,53 giây tiêu hao điện năng riêng tăng dần. Ở tần số cấp 0,53 giây, tiêu hao mức 939Wh/kg ẩm.

- Ở tần số xung 0,33 giây cho thấy, sản phẩm sấy đạt độ ẩm chuẩn và tỷ lệ thu hồi sản phẩm sấy đạt tỷ lệ thu hồi cao và tiêu thụ điện năng thấp nhất là 430,4 Wh/kg ẩm.



Hình 5. Đồ thị quan hệ tương quan tần số xung khí đến tiêu thụ điện năng riêng

4. KẾT LUẬN

Đã thực nghiệm xác định được ảnh hưởng của tần số cấp khí kiểu xung trên máy sấy tầng sôi xung khí đến các hàm mục tiêu. Thực nghiệm cũng đã xác định được tần số cấp khí $f = 0,33$; vận tốc tác nhân sấy 2,4 m/s; nhiệt độ sấy 160°C ; đường kính hạt sấy trung bình 0,9 đến 1,05 mm cho chất lượng hạt sấy đạt yêu cầu (độ ẩm, màu sắc, hình dạng hạt), tỷ lệ thu hồi sản phẩm sấy đạt 93%; tiêu hao nhiệt lượng riêng 914,8kcal/kg ẩm và tiêu hao điện năng riêng phạm vi 430 Wh/kg ẩm. ❖

Ngày nhận bài: 10/10/2016

Ngày phản biện: 18/11/2016

Tài liệu tham khảo:

- [1] Ambrosio-Ugri. M. C. B., & Taranto. O. P. (2007); *Drying in the rotating-pulsed fluidized bed* Brazilian Journal of Chemical Engineering, 24 (1), 95-100.
- [2] Bùi Trung Thành; *Máy sấy muối tinh lớp sôi liên tục*. Tạp chí Năng lượng Nhiệt, số 88 -Tháng 7 2009
- [3] Bùi Trung Thành (2012); *Nghiên cứu và thực*

nghiệm sử dụng lớp muối khô làm lớp đệm trợ sôi trong sấy muối tinh lớp sôi liên tục, Tạp chí Năng lượng Nhiệt, số 108 - Tháng 11/2012.

- [4]. Bùi Trung Thành (2014); *Xây dựng các mô hình toán cho phép điều chỉnh độ ẩm sản phẩm, hiệu quả thu hồi và các chi phí năng lượng trong công nghệ sấy muối tinh bằng phương pháp sấy tầng sôi*, Tạp chí Năng lượng Nhiệt, số 120 - Tháng 11 năm 2014.
- [3]. Jezowska (1993), *Kinetics of drying in cyclically shifted spouted bed*, *Drying Technology*, vol.11, number.2,p.319-337.
- [4]. Marcello Nitz and Osvaldir P. Taranto (2009), *Drying of a porous material in a pulsed fluid bed dryer: the influences of temperature, frequency of pulsation and air flow rate*, *Drying technology*, p 212-219.
- [5]. Somkiat Prachayawarakorn, Warunee Tia, Korakot Poopaiboon, Somchart Soponronnarit (2005), *Comparison of performance of pulsed and conventional fluidised bed dryer*, *Journal of Stored Products Research*, Volume 41, Issue 5, Pages 479-497.
- [6]. Tiêu chuẩn muối tinh sấy (2008) Công ty Hóa chất Cơ bản miền Nam Tiêu chuẩn.
- [7]. Võ Văn Huy, Võ Thị Lan, Hoàng Trọng (1997); *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.

