

Ứng dụng tối ưu hóa hàm hồi quy xác định các thông số của thiết bị SBOG-150 sấy long nhãn xoáy sử dụng năng lượng Biogas

Application of regression analysis to determine the parameters of SBOG-150 dried vortex longan using Biogas energy

Phạm Thị Minh Huệ^{1,*}, Phạm Văn Đông¹, Trần Thị Thu Thủy¹,
Nguyễn Xuân Hữu², Nguyễn Văn Thịnh³

¹Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

²Học viên Cao học Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

³Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên

*Email: Huespkt@gmail.com

Mobile: 0983.915.489

Tóm tắt

Từ khóa:

Thăm dò hàm hồi quy bậc 2 đa yếu tố; Thiết kế thí nghiệm hợp tử tại tâm (CCD); Mô hình Harrington tối ưu hoá nhiều hàm hồi quy; Sấy long nhãn

Nhãn lồng là đặc sản Hưng Yên và được coi là vị vua trong các loại trái cây ở Việt Nam. Ở nước ta hiện nay, nhãn tiêu thụ với hai loại sản phẩm tươi và sấy khô. Ngoài ra hầu hết nhãn được xuất khẩu là dưới hình thức long nhãn sấy khô. Tính chất nhiệt - vật lý và mô hình của long nhãn xoáy sấy khô là rất quan trọng cho thiết kế tối ưu của máy sấy nhãn. Bài báo giới thiệu phương pháp quy hoạch thực nghiệm để xác định các thông số tối ưu của hệ thống thiết bị sấy Long nhãn xoáy.

Kết quả nghiên cứu quy hoạch thực nghiệm đã xác định được giá trị tối ưu của các yếu tố vào: nhiệt độ tác nhân sấy, tốc độ chuyển động của tác nhân sấy, khoảng cách của các thanh treo vật liệu sấy và giá trị tối ưu của các thông số tối ra: độ khô không đều của sản phẩm sấy, điểm tổng hợp chất lượng sản phẩm sấy. Kết quả nghiên cứu trên là cơ sở quan trọng để hoàn thiện thiết kế và chế tạo các cơ thiết bị sấy long nhãn xoáy có năng suất khác nhau phù hợp với qui mô của các cơ sở sản xuất

Abstract

Keywords:

Multivariate regression function; Experimental design of zygote at heart; Optimizing the multiple regression function; Longan flesh drying.

Longan is a specialty of Hung Yen and is considered the king of fruits in Vietnam. In our country today, longan has two main fresh and dried products. In addition, most of its products which are exported are dried longan. Thermal properties - physical and swirling patterns of dried longan is very important for optimum design of the longan drying equipment. This paper presents experimental planning method to determine the equipment system.

Results of the study were determining optimum values of the elements on: the drying agent temperature, the rate of movement of the drying agent, the distance of the drying material hanger and the value of the optimal parameters out: dry temperature of the product was general point of the quality of the dried products. Research results are very important for completing the design, manufacturing longan drying equipment system with different capacities depending on the scale of enterprises.

Ngày nhận bài: 15/7/2018

Ngày nhận bài sửa: 10/9/2018

Ngày chấp nhận đăng: 15/9/2018

1. GIỚI THIỆU

Long nhãn là sản phẩm chế biến từ quả nhãn có nhiều công dụng không chỉ là loại thức ăn bổ dưỡng mà còn có tác dụng như vị thuốc bổ tỳ tâm, dưỡng huyết, ích khí, chữa thần kinh suy nhược, kém ngủ, hay quên, hốt hoảng,..., trong đông y. Do vậy long nhãn có thị trường tiêu thụ khá rộng, giá bán cao [2], [3]. Thực tế cho đến nay, ở nước ta vẫn chưa có thiết bị sấy long nhãn nào thực sự phù hợp để có thể triển khai áp dụng rộng rãi cho các cơ sở sản xuất cho người dân vùng trồng nhãn nên phần lớn long nhãn được làm khô trong hàng trăm lò sấy thủ công do bà con tự xây dựng sử dụng nguyên liệu chủ yếu từ than đá, than củi làm ô nhiễm môi trường do khí đốt, rác thải, khói bụi. Hơn nữa quy trình công nghệ sấy chưa được nghiên cứu hoàn thiện, đặc biệt là chưa xác lập được chế độ sấy phù hợp theo từng giai đoạn sấy, do đó chất lượng long nhãn bị ảnh hưởng, không ổn định, nhiều mẻ sấy có chất lượng rất kém không tiêu thụ được và cũng có nhiều lô hàng do không đạt tiêu chuẩn xuất khẩu phải trả về hoặc chịu chấp nhận giá bán thấp gây thiệt hại rất lớn cho người sản xuất.

Tác giả Keoheuangpaseut Samlanexay, Phạm Thị Minh Huệ [7] đã ứng dụng năng lượng khí sinh học trong quy trình sấy long nhãn xoáy và xác định một số thông số đến chất lượng long nhãn khô và chỉ nghiên cứu thực nghiệm đơn yếu tố đã xác định được ảnh hưởng của các yếu tố: nhiệt độ dòng khí sấy với nhiệt độ sấy vận tốc dòng khí sấy và khoảng cách giữa các khay sấy đến thời gian sấy T (h), hàm lượng đường Glucose (%). Hàm lượng đường Glucose chỉ là một tiêu chí đầu ra cơ bản của chất lượng sản phẩm sau khi sấy chưa nghiên cứu sự ảnh hưởng đồng thời của các yếu tố về màu sắc, mùi, vị đặc trưng, hình dáng của long nhãn để long có điểm tổng hợp chất lượng sản phẩm sau khi sấy là cao nhất. Đặc biệt, việc nghiên cứu tối ưu các thông số đầu vào gọi là các yếu tố ảnh hưởng để tối ưu hoá các thông số đầu ra, dưới dạng hàm của các yếu tố ảnh hưởng gọi là các hàm mục tiêu để thiết bị sấy SBOG 150 có năng suất và chất lượng sản phẩm sấy tốt nhất làm cơ sở thiết kế cho việc hoàn thiện quy trình công nghệ và cải tiến thiết bị sấy và chế tạo các cơ thiết bị sấy long nhãn có năng suất khác nhau phù hợp với quy mô của các cơ sở sản xuất.

2. NGUYÊN VẬT LIỆU, THIẾT BỊ ĐO VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

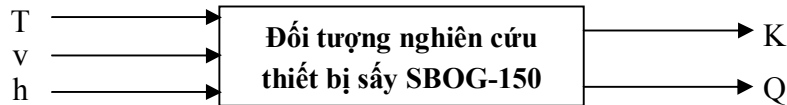
2.1. Nguyên vật liệu

Khi tạo cơ sở cho những nghiên cứu này, chúng tôi đã thiết kế và tiến hành các thí nghiệm với vật liệu là: Nhãn đường phèn được trồng tại Hưng Yên, đường kính trung bình của quả là $1 \div 1,5$ cm, chiều dài trung bình từ $2 \div 2,5$ cm, khối lượng trung bình $13 \div 15$ g. Lấy 150kg nhãn quả tươi, tiến hành bóc vỏ, bỏ hạt ta thu được cùi nhãn với độ ẩm ban đầu: $\omega_1 = 81,36\%$. Nguyên liệu sử dụng là khí sinh học có nhiệt trị 5200kcal/m^3 [1], [3].

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Trong quá trình sấy long nhãn xoáy có rất nhiều yếu tố làm ảnh hưởng tới chất lượng sản phẩm như thời gian sấy, nhiệt độ sấy, tốc độ tác nhân sấy, khoảng cách giữa các khay đựng vật liệu sấy, độ ẩm ban đầu của vật liệu sấy,... Theo kinh nghiệm sấy long nhãn xoáy của một số nước như Trung Quốc, Thái Lan... và tìm hiểu ý kiến của các chuyên gia có kinh nghiệm về vấn đề đang nghiên cứu, nhờ đó có thể loại bớt những yếu tố không cần thiết. Cuối cùng chúng tôi đã chọn được 3 yếu tố: nhiệt độ T ($^{\circ}\text{C}$) tác nhân sấy, tốc độ v (m/s) tác nhân sấy và khoảng cách h (cm) giữa các khay đựng vật liệu sấy có ảnh hưởng nhiều nhất đến các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của quá trình sấy là độ khô không đồng đều d (%) của sản phẩm sấy và điểm tổng hợp $Q(d)$ chất

lượng sấy. Khi sử dụng lý thuyết quy hoạch thực nghiệm [6,7,11] để xác định các yếu tố ảnh hưởng nhằm tối ưu hoá các hàm mục tiêu trước hết ta cần lựa chọn mối quan hệ giữa các yếu tố đầu vào và ra trên hình 1.



Hình 1. Các yếu tố đầu vào và đầu ra của thiết bị

- Áp dụng phương pháp nghiên cứu thực nghiệm đa yếu tố để nghiên cứu ảnh hưởng đồng thời của các yếu tố nhằm tìm ra mô hình hồi qui biểu diễn mối quan hệ giữa các yếu tố ảnh hưởng với các thông số hàm mục tiêu làm cơ sở cho việc xác định giá trị tối ưu của các thông số.

- Áp dụng phương pháp tối ưu tổng quát lập “hàm mong muốn” của E.C. Harrington để xác định giá trị tối ưu chung của các yếu tố vào cho tất cả các thông số ra làm cơ sở cho việc hoàn thiện qui trình công nghệ và thiết kế cải tiến thiết bị sấy nhằm triển khai ứng dụng rộng rãi trong thực tiễn sản xuất.

2.3. Phương pháp xác định một số thông số của quá trình sấy

Trong mô hình trên các thông số nghiên cứu được xác định như sau [4], [5]:

- Nhiệt độ tác nhân $T(^{\circ}C)$ sấy được xác định bằng thiết bị đo điện tử hiện số mã hiệu SGK-MF-904 (Hồng Kông).

- Tốc độ chuyển động của tác nhân sấy $v(m/s)$ được xác định bằng máy đo tốc độ gió điện tử hiện số, mã hiệu AR 863 (hãng SMART SENSOR Hồng Kông).

- Độ khô đồng đều của sản phẩm sấy $K(\%)$ được xác định theo phương sai đo đặc của các mẫu sản phẩm sấy ở các vị trí khác nhau trong buồng sấy.

- Điểm tổng hợp chất lượng sản phẩm sấy $Q(\text{đ})$ được xác định bằng phương pháp cảm quan theo TCVN 3215-79.

- Thời gian sấy mỗi mẻ $\tau(h)$ là khoảng thời gian từ khi bắt đầu sấy cho đến khi long nhãn xoáy đạt độ ẩm 14%.

3. XÂY DỰNG MÔ HÌNH TÍNH TOÁN

3.1. Lựa chọn mô hình và phương án thí nghiệm

Kết quả nghiên cứu đơn yếu tố cho thấy mối quan hệ của yếu tố nhiệt độ tác nhân sấy, vận tốc chuyển động của tác nhân sấy và khoảng cách giữa các thanh treo vật liệu sấy đến độ khô không đều của sản phẩm sấy δ , điểm tổng hợp chất lượng sản phẩm sấy Q không hoàn toàn là tuyến tính. Vì vậy, ta có thể bỏ qua phương án quy hoạch thực nghiệm bậc 1 chuyển sang phương án quy hoạch thực nghiệm bậc 2 của Box-Wilson [6], [7], [10], trong đó các hàm mục tiêu có dạng đa thức bậc 2 theo các biên điều tiết được x_i , biểu thị giá trị thực của yếu tố ảnh hưởng thứ i . Từ kinh nghiệm sản xuất long nhãn xoáy của một số nước như Thái Lan, Trung Quốc và kết quả nghiên cứu long nhãn xoáy [3], [9], khoảng biến thiên, mức biến thiên, của của các yếu tố ảnh hưởng được lựa chọn theo kết quả nghiên cứu thực nghiệm đơn yếu tố lần lượt là:

Nhiệt độ tác nhân sấy $x_1 = T = 71,59 \div 88,41^{\circ}C$ và mức biến thiên $s_1 = DT = 5^{\circ}C$ tương ứng với biến mã hoá x_1 . Tốc độ tác nhân sấy $x_2 = v = 0,23 \div 0,57m/s$ và mức biến thiên

$s_2 = Dv = 0,1m/s$ tương ứng với biến mã hoá x_2 . Khoảng cách các khay đựng vật liệu sấy $x_3 = h = 6,59 \div 23,41cm$ và mức biến thiên $s_3 = \Delta h = 5 cm$ tương ứng với biến mã hoá x_3 .

Các hàm mục tiêu và khái niệm tối ưu tương ứng trong trường hợp này lần lượt là:

$$\begin{cases} Y_1 \rightarrow \min \\ Y_1 + \varepsilon_1 \geq Y_{10} \end{cases}; \quad \begin{cases} Y_2 \rightarrow \max \\ Y_2 + \varepsilon_2 \geq Y_{20} \end{cases}$$

Trong đó $Y_{10}=1,0$ (%), $Y_{20}=20$ (điểm), $Y_j=Y_j(x)$, $j=1,2$ là các hàm hồi quy theo các biến mã hoá $x = (x_1, x_2, x_3)$, còn ε_i ($i = 1, 2$) là các sai số quan sát trong thí nghiệm. Với $\delta = Y_1 + \varepsilon_1$ là độ không đồng đều của sản phẩm sấy, còn $Q = Y_2 + \varepsilon_2$ là điểm tổng hợp chất lượng sản phẩm sấy.

Ở công trình này, chúng tôi thiết kế thí nghiệm trong dạng hợp tử tại tâm (CCD), xem [10] trang 482, trong đó giá trị thực của các yếu tố được mã hoá theo công thức:

$$x_i = \frac{X_i - X_{io}}{S_i}; \quad S_i = \frac{X_{it} - X_{id}}{2}, \quad (1 \leq i \leq 3) \quad (1)$$

x_i : giá trị mã hoá của yếu tố thứ i

X_{it}, X_{io}, X_{id} : giá trị thực của yếu tố thứ i ở mức trên, mức cơ sở tâm thí nghiệm và mức dưới (xem Bảng 1).

S_i : khoảng biến thiên của yếu tố thứ i .

Các giá trị X_{it}, X_{io}, X_{id} có giá trị mã hoá là: -1, 0,+1. Ma trận thí nghiệm được xây dựng trên cơ sở của ma trận thí nghiệm trực giao bậc 1 (cho trên 3 cột đầu của Bảng 2). Các giá trị quan sát tương ứng Y_1, Y_2 cho trên hai cột cuối của Bảng 2.

Số lượng thí nghiệm theo phương án này được tính theo công thức:

$$N = 2^3 + N_\alpha + N_0 = 8 + 6 + 6 = 20 \quad (2)$$

Trong đó: 2^3 : số thí nghiệm ở mức trên và dưới:

$N_\alpha=6$: số thí nghiệm ở mức phụ (gọi là các điểm “sao”)

$N_0=6$: số thí nghiệm ở mức cơ sở.

Do 6 đỉnh của một “sao” 3 chiều (trong các thí nghiệm 9-14 của Bảng 2) thoả mãn các điều kiện $\alpha = 2^{k/4}$ (với $\alpha = 1,682$, $k = 3$), nên thiết kế nói trên có tính chất quay được ([10] tr. 483).

Bảng 1. Mức biến thiên và giá trị mã hóa của các yếu tố vào

Các mức mã hóa	Giá trị mã hoá	Các yếu tố ảnh hưởng		
		$X_1(^{\circ}C)$	$X_2(m/s)$	$X_3(cm)$
Mức sao trên	- 1,682	71,59	0,23	6,59
Mức trên	-1,000	75,00	0,30	10,00
Mức cơ sở	0,000	80,00	0,40	15,00
Mức dưới	1,000	85,00	0,50	20,00
Mức sao dưới	1,682	88,41	0,57	23,41
Khoảng biến thiên	1,000	5,00	0,10	5,00

3.2. Thăm dò hàm hồi quy

Trong quá trình sấy nói chung, các biến không những độc lập ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng long nhãn mà chúng còn có tác dụng tương hỗ cho nhau ảnh hưởng đến chất lượng của

long nhãn sậy. Do vậy mô hình của quá trình sậy phải xây dựng mô hình thống kê đầy đủ với 3 yếu tố đầu vào theo phương án quy hoạch thực nghiệm bậc hai Box-Willson, tổng quát với các hàm mục tiêu trên $Y = Y_j$ ($j = 1, 2$) có dạng hàm hồi quy [7], [10]:

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^3 b_i x_i + \sum_{i=1}^2 \sum_{j=i+1}^3 b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^3 b_{ii} x_i^2, \quad (x=x_1, x_2, x_3) \quad (3)$$

trong đó: $b_0, b_1, b_2, b_3, b_{12}, b_{23}, b_{13}, b_{11}, b_{22}, b_{32}$ là các hệ số hồi quy được tính theo phương pháp bình phương tối thiểu. Khi đó từ tính quay được của thiết kế bậc 2

$$\begin{cases} b_0 = a_1 \sum_{u=1}^N Y_u - a_5 \sum_{i=1}^k \sum_{u=1}^N x_{iu}^2 Y_u, b_i = a_2 \sum_{u=1}^N x_{iu} Y_u \\ b_{ij} = a_3 \sum_{u=1}^N x_{iu} Y_u x_{ju}, b_{ii} = a_4 \sum_{u=1}^N x_{iu}^2 Y_u - a_5 \sum_{u=1}^N Y_u + a_6 \sum_{i=1}^3 \sum_{u=1}^N x_{iu}^2 Y_u \end{cases} \quad (4)$$

Với $N = 20$ ta tính được:

$$a_1 = 0,16627, a_3 = 0,125, a_5 = 0,05676; a_2 = 0,07322, a_4 = 0,0625, a_6 = 0,0068$$

Với mục đích thăm dò hàm hồi quy (3) ta cần loại bỏ các hệ số hồi quy vô nghĩa (4) thông qua việc kiểm tra mức ý nghĩa các hệ số hồi quy theo tiêu chuẩn Student. Bởi vậy, trước hết ta ước lượng phương sai S_Y^2 tính theo các giá trị của thông số ra Y_u ở các mức cơ sở của các yếu tố:

$$S_Y^2 = \frac{\sum_{u=1}^{N_0} (Y_u - \bar{Y}_0)^2}{N_0 - 1}; \quad \bar{Y}_0 = \frac{\sum_{u=1}^{N_0} Y_u}{N_0} \quad (5)$$

Y_u : giá trị các thí nghiệm ở mức cơ sở

\bar{Y}_0 : giá trị trung bình của các thí nghiệm ở mức cơ sở

N_0 : là số thí nghiệm ở mức cơ sở.

Sai số các hệ số hồi quy được tính theo công thức:

$$S_{b_0} = S_Y \sqrt{a_1}, S_{b_i} = S_Y \sqrt{a_2}, S_{b_{ii}} = S_Y \sqrt{a_4 + a_6}, S_{b_{ij}} = S_Y \sqrt{a_3}, \quad (6)$$

Lập các tỷ số theo các công thức:

$$t_{b_0} = \frac{|b_0|}{S_{b_0}}, t_{b_i} = \frac{|b_i|}{S_{b_i}}, t_{b_{ii}} = \frac{|b_{ii}|}{S_{b_{ii}}}, t_{b_{ij}} = \frac{|b_{ij}|}{S_{b_{ij}}} \quad (7)$$

Đối chiếu theo tiêu chuẩn Student với mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$, bậc tự do $f = N_0 - 1$ tra bảng tìm t^b . Các hệ số hồi quy của phương trình có nghĩa khi các hệ số $t_{b_0} > t_b, t_{b_i} > t_b, t_{b_{ij}} > t_b, t_{b_{ii}} > t_b$ ngược lại thì vô nghĩa và ta loại bỏ hệ số đó, theo nghĩa chọn giá trị tương ứng trong (3) bằng 0.

Ta lưu ý rằng: Sau việc loại bỏ các hệ số vô nghĩa nói trên, hàm hồi quy (3) có dạng đơn giản hơn và phương pháp bình phương tối thiểu dùng để xác định các hệ số trong dạng mới này

sẽ đưa đến những công thức trùng với (4), đối với các hệ số có nghĩa. Để kết thúc quá trình thăm dò hàm hồi quy, ta cần kiểm tra tính thích ứng của mô hình toán, nghĩa là của hàm hồi quy đã hiệu chỉnh.

Để thực hiện được công việc kiểm tra này, trước hết ta phải tính phương sai thích ứng theo công thức sau:

$$S_{tt}^2 = \frac{\sum_{u=1}^N (Y_{tt} - Y_u)^2 - \sum_{u=1}^N (Y_u - \bar{Y}_0)^2}{N - n - (N_0 - 1)} = \frac{S_R - S_B}{N - n - (N_0 - 1)} \quad (8)$$

$$S_R = \sum_{u=1}^N (Y_{tt} - Y_u)^2, S_B = \sum_{u=1}^{N_0} (Y_u - \bar{Y}_0)^2$$

trong đó: Y_{tt} : giá trị tính toán từ phương trình hồi quy,
 Y_u : giá trị trung bình của các thông số ra ở các mức,
 Y_0 : giá trị trung bình của thông số ra của các thí nghiệm ở mức cơ sở,
 n : số hệ số hồi quy có nghĩa

Lập tỉ số

$$F = \frac{S_{tt}^2}{S_Y^2} \quad (8^*)$$

Đối chiếu với tiêu chuẩn Fisher, tra bảng tìm F^b với $\alpha = 0,05$ và bậc tự do $f = N - n - (N_0 - 1)$

Nếu $F < F^b$ thì mô hình bậc 2 thích ứng.

Nếu $F > F^b$ thì mô hình bậc 2 không thích ứng, ta phải chuyển sang phương án bậc cao hơn. Trong trường hợp mô hình bậc 2 thích ứng ta có thể chuyển phương trình hồi quy từ dạng mã sang dạng thực bằng cách thay (1) vào (3) để được công thức sau:

$$Y = c_0 + \sum_{i=1}^3 c_i X_i + \sum_{i=1}^2 \sum_{j=i+1}^3 c_{ij} X_i X_j + \sum_{i=1}^3 c_{ii} X_i^2 \quad (9)$$

trong đó: c_0, c_i, c_{ij}, c_{ii} là các hệ số của phương trình hồi quy dạng thực:

$$c_0 = b_0 - \sum_{i=1}^3 \frac{b_i}{S_i} X_{0i} + \sum_{j=i+1}^3 \frac{b_{ij}}{S_i S_j} X_{0i} X_{0j} + \sum_{i=1}^3 \frac{b_{ii}}{S_i^2}, \quad (10)$$

$$c_i = \frac{b_i}{S_i} - \frac{2b_{ii}}{S_i^2} X_{0i} + \sum_{j=i+1}^3 \frac{b_{i \neq j}}{S_i S_j} X_{0j}, c_{ij} = \frac{b_{ij}}{S_i S_j}, c_{ii} = \frac{b_{ii}}{S_i^2}$$

3.3. Xác định giá trị tối ưu của thông số vào và ra

Sau khi đã lập được các hàm hồi quy bậc hai $Y_j = Y_j(x)$ ($j = 1, 2$) ta có thể xác định được giá trị cực trị $\min(\max)Y_j$ của mỗi hàm Y_j bằng cách xác định điểm dừng như là nghiệm $x = x^j := (x_1^j, x_2^j, x_3^j)$ của một hệ phương trình tuyến tính.

$$\frac{\partial Y_j}{\partial x_i} = 0, \quad 1 \leq i \leq 3$$

Tiếp theo, thông qua việc khảo sát tính xác định dương (âm) của ma trận đạo hàm cấp 2 $\left(\frac{\partial^2 Y_j(x)}{\partial x_i \partial x_k}\right)$ tại $x = x^j$, để suy ra $\min(\max)Y_j = Y_j(x^j)$. Tuy nhiên, do các hàm Y_j có cực trị ứng với các giá trị của các yếu tố vào x_2^j khác nhau, vì vậy cần phải tìm giá trị của các yếu tố vào $x_i = x_i^*$ chung cho tất cả các thông số ra Y_j . Áp dụng phương pháp giải bài toán tối ưu tổng quát theo phương pháp lập “hàm mong muốn” của E. Harrington, gồm các bước sau: [2],[3].

- Lập “hàm mong muốn” thành phần d_j theo công thức:

$$d_j = \exp\left[-\exp\left(-Y_j'\right)\right], j = 1, 2 \quad (11)$$

$$Y_1' = \frac{Y_1 - Y_{1\max}}{Y_1 - Y_{1\max}}, Y_2' = \frac{Y_2 - Y_{2\min}}{Y_2 - Y_{2\min}} \quad (12)$$

$Y_j \min(\max)$: giá trị thí nghiệm xấu nhất của hàm các Y_j

Y_{j_0} : giá trị tốt nhất hay “mong muốn nhất” của hàm Y_j

Lập hàm tối ưu tổng quát d theo công thức:

$$d = \sqrt{\prod_{j=1}^2 d_j} \rightarrow \max \quad (13)$$

Tính toán giá trị hàm tối ưu tổng quát d cho từng thí nghiệm của ma trận. Việc thăm dò hàm hồi quy, kiểm tra mức ý nghĩa của các hệ số hồi quy, kiểm tra tính thích ứng và xác định giá trị tối ưu của hàm tối ưu tổng quát d tương tự như đối với các hàm Y_j .

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Tiến hành thí nghiệm sầy long nhãn xoáy với các thí nghiệm bố trí theo ma trận quy hoạch trực giao cấp 2 ba yếu tố. Ma trận và kết quả thí nghiệm được ghi trong bảng 2.

Bảng 2. Ma trận quy hoạch trực giao cấp 2 ba yếu tố

Thí nghiệm	Các yếu tố ảnh hưởng			Các hàm thành phần Y_j	
	x_1 (°C)	x_2 (m/s)	x_3 (cm)	Y_1 (%)	Y_2 (đ)
1	-1,00	-1,00	-1,00	1,75	7,30
2	1,00	-1,00	-1,00	1,94	10,05
3	-1,00	1,00	-1,00	1,81	8,53
4	1,00	1,00	-1,00	2,04	13,12
5	-1,00	-1,00	1,00	1,72	9,25
6	1,00	-1,00	1,00	1,93	14,50
7	-1,00	1,00	1,00	1,82	10,41

8	1,00	1,00	1,00	2,14	16,93
9	-1,682	0,00	0,00	1,72	8,25
10	1,682	0,00	0,00	2,70	14,41
11	0,00	-1,682	0,00	1,83	7,95
12	0,00	1,682	0,00	2,72	15,83
13	0,00	0,00	-1,682	1,64	9,49
14	0,00	0,00	1,682	2,65	15,35
15	0,00	0,00	0,00	1,83	18,30
16	0,00	0,00	0,00	1,73	17,75
17	0,00	0,00	0,00	1,75	19,05
18	0,00	0,00	0,00	1,84	16,74
19	0,00	0,00	0,00	1,82	17,87
20	0,00	0,00	0,00	1,73	19,15

Khi thực hiện quy trình tính toán (4)- (7) theo các số liệu trong Bảng 2 và đối chiếu tiêu chuẩn Student với mức nghĩa $\alpha = 0,05$, và bậc tự do $f = N_0 - 1$ ta tìm được $t^b = 3,7 > t_{b_{12}}, t_{b_{13}}, t_{b_{23}}$, đó đó chọn trong (3) $b_{12} = b_{13} = b_{23} = 0$ (loại bỏ các hệ số hồi quy này).

Sau khi đã loại bỏ các hệ số hồi quy không có nghĩa ta có bảng 3, thế vào phương trình (4) ta xác định được mô hình toán của các hàm mục tiêu Y_1, Y_2 như sau:

$$Y_1 = 1,7942758 + 0,1902411x_1 + 0,1427826x_2 + 0,1295056x_3 + 0,0790395x_1^2 + 0,1002475x_2^2 + 0,05642x_3^2 \quad (14)$$

$$Y_2 = 18,1477795 + 2,1570204x_1 + 1,5488194x_2 + 1,61006x_3 - 2,4581324x_1^2 - 2,21913x_2^2 - 2,0728541x_3^2 \quad (15)$$

Kiểm tra tính thích ứng của các mô hình toán (14, 15) theo tiêu chuẩn Fisher với bậc tự do $f = 8$ và $\alpha = 0,05$ ta thấy các giá trị tính toán $F = 2,15; 1,55$ của các hàm Y_1, Y_2 đều nhỏ hơn giá trị tra bảng $F^b = 3,69$. Vì vậy, mô hình của hàm mục tiêu đã chọn phía trên là phù hợp.

Bảng 3. Các hệ số hồi quy có nghĩa của các hàm Y_1, Y_2

Các hệ số hồi quy	Y_1	Y_2
b0	1,7942758	18,4477795
b 1	0,1902411	2,1570204
b 2	0,1427826	1,5488194
b 3	0,1295056	1,61006
b12	-	-
b13	-	-
b23	-	-
b 11	0,0790395	-2,4581324
b 22	0,1002475	-2,21913
b 33	0,05642	-2,0728541

Do các ma trận đạo hàm cấp 2: $Y_j'' = \left(\frac{\partial^2 Y_j(x)}{\partial x_i \partial x_k} \right)$ có dạng đường chéo (với các phần tử trên đường chéo lần lượt là $2b_{11}, 2b_{22}, 2b_{33}$) và do các phần tử này dương (khi $j = 1$) âm (khi $j = 2$) nên ma trận $Y_j''(x)$ là xác định dương (với $j = 1$) và xác định âm (với $j = 2$). Bởi vậy điểm dừng $x^j := (x_1^j, x_2^j, x_3^j)$ sẽ là điểm cực tiểu (khi $j = 1$), cực đại (khi $j = 2$).

Kết quả xác định giá trị tối ưu của các yếu tố vào x_1^j và các hàm thành phần Y_j được ghi trong bảng 4.

Bảng 4. Giá trị tối ưu của các yếu tố vào x_j và các hàm Y_j

j	1	2
Các yếu tố vào:		
- Giá trị mã hoá: x_1^j	-1,2034557	0,4387519
x_2^j	-0,7121505	0,3426302
x_3^j	-1,1549762	0,3874128
- Giá trị thực: $X_1^j = T$ (°C)	73,9827213	82,193754
$X_2^j = v$ (m/s)	4,5756990	6,685230
$X_3^j = h$ (cm)	9,2251187	16,937064
Các thông số ra:	min $Y_1 = 1,55417308$	max $Y_2 = 19,197423$

Chuyển phương trình hồi quy từ dạng mã sang dạng thực dựa theo công thức (23), trong đó mức cơ sở của các yếu tố là: $X_{10} = 80^\circ C$, $X_{20} = 6$ m/s và $X_{30} = 15$ cm, khoảng biến thiên của các yếu tố là: $S_1 = 5^\circ C$, $S_2 = 0,1$ m / s và $S_3 = 5$ cm được ghi trong trong bảng 5.

Bảng 5. Các hệ số hồi quy dạng thực

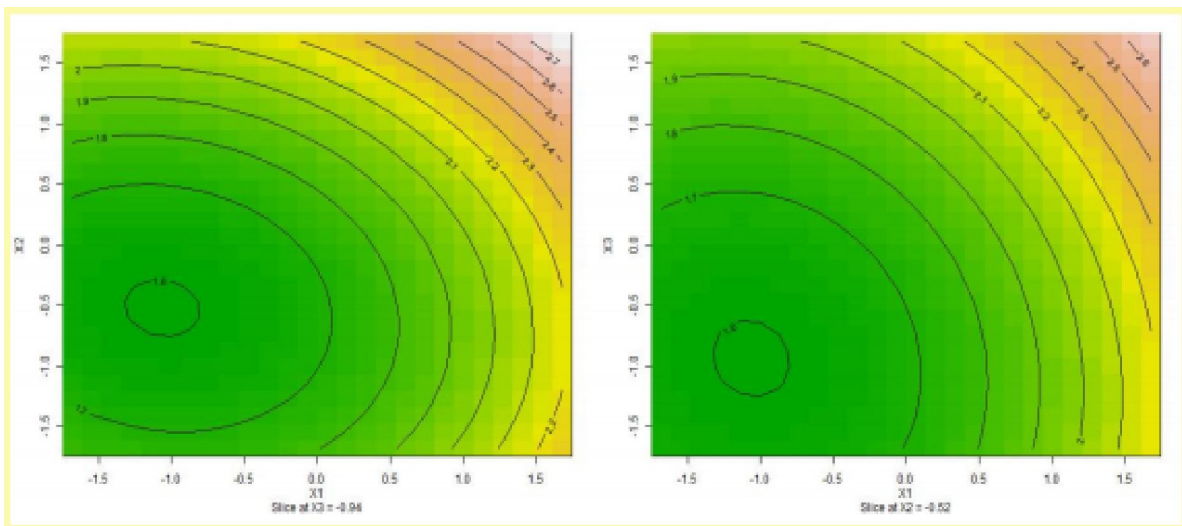
	Y_1	Y_2
c_0	4,56805165	-71,43177406
c_1	-0,00647578	0,28213224
c_2	-0,43946485	13,08689971
c_3	-3,19007933	181,88933578
c_{12}	0,00000000	0,00000000
c_{13}	0,00000000	0,00000000
c_{23}	0,00000000	0,00000000
c_{11}	0,00000790	-0,00024581
c_{22}	0,04455444	-1,00452945
c_{33}	5,64195300	-207,28541251

Từ các hệ số hồi qui dạng thực trong bảng 5 ta có thể viết phương trình hồi qui dạng thực cho các hàm độ khô không đều Y_1 và điểm tổng hợp chất lượng sản phẩm sấy Y_2 như sau:

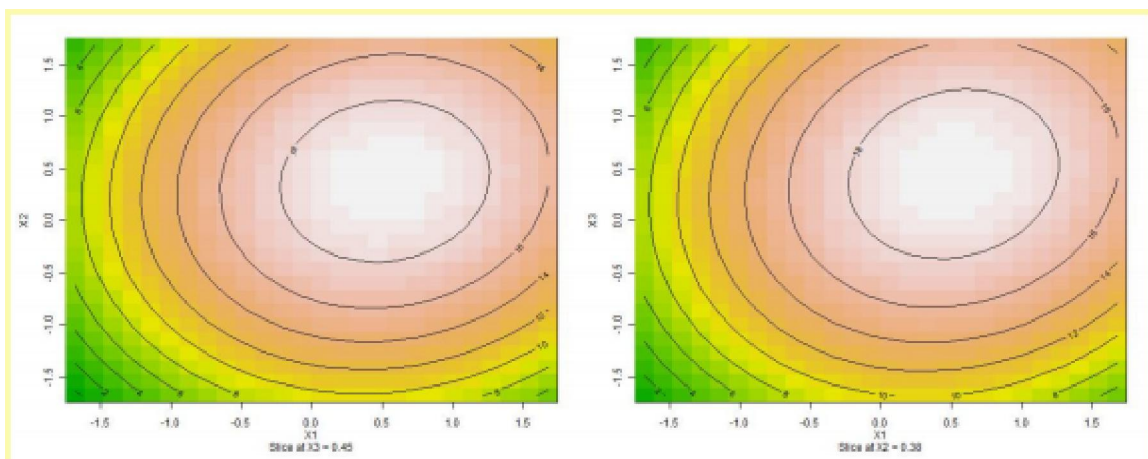
$$Y_1 = 4,56805165 - 0,00647578T - 0,43946485v - 3,19007933h + 0,00000790T^2 + 0,04455444v^2 + 5,641953h^2 \quad (16)$$

$$Y_2 = -71,43177406 + 0,28213224T + 13,08689971v + 181,88933578h - 0,00024581T^2 - 1,00452945v^2 - 207,28541251h^2 \quad (17)$$

Chúng tôi sử dụng phần mềm RSM để xác định Ảnh hưởng của các yếu tố đến các hàm mục tiêu được thể hiện thông qua mô hình 2D cho đồ thị đường đồng mức của hai hàm Y_1, Y_2 trên các hình 2 và hình 3 như sau:



Hình 2. Ảnh hưởng của $T(^{\circ}C)$ và $v(m/s)$ đến độ khô không đều của sản phẩm sấy K%



Hình 3. Ảnh hưởng của $v(m/s)$ và $h(cm)$ đến điểm tổng hợp chất lượng của sản phẩm sấy Q

Qua thực nghiệm trên hình 2, 3 ta có thể giải thích điều trên như sau: nếu nhiệt độ sấy $T < 65^{\circ}C$ xảy ra hiện tượng đọng sương (ngưng tụ hơi nước) trên bề mặt lớp long nhãn sấy, gây

tồn thất các chất hoà tan làm giảm bớt vị ngọt của long nhãn. Nếu nhiệt độ khí sấy $T > 90^{\circ}C$ duy trì liên tục sẽ làm cho nó bị cháy và biến đổi một số thành phần: độ ẩm, hàm lượng đường tổng số, sự thay đổi của hàm lượng saccaroza, glucoza và đặc biệt là hàm lượng vitamin C dẫn đến chất lượng của sản phẩm có sự thay đổi.

Khi tốc độ tác nhân sấy $v < 0,23 \text{ m/s}$ do lưu lượng không khí xuyên qua lớp cùi nhãn yếu làm cho quá trình thoát ẩm trong buồng sấy chậm, kéo dài thời gian sấy nhưng nếu tốc độ tác nhân sấy v tăng quá $0,6 \text{ m/s}$ thì làm cho bề mặt phía trên của long nhãn bị khô cứng, làm cho nhãn kém dẻo dai.

Nếu ở khoảng cách các khay sấy nhỏ hơn 6 cm gây trở lực lớn cho không khí nóng đi qua làm cho khả năng thoát ẩm giảm là nguyên nhân dẫn đến các phản ứng hóa học bất lợi xảy ra và đặc biệt là biến đổi về giá trị cảm quan của sản phẩm. Nếu khoảng cách giữa các khay sấy vượt quá 25 cm thì năng suất thấp.

Để chuyển các hàm Y_1, Y_2 chuyển chúng sang dạng đặc trưng là “hàm mong muốn” d , ta dựa vào số liệu của bảng 2, ta chọn được giá trị của hàm tối ưu tổng quát d theo các công thức (11)-(13) như sau:

$$Y_{1\max} = 2,72\%, Y_{10} = 1,0\%, Y_{2\min} = 7,4\text{đ}, Y_{20} = 20\text{đ}$$

Kết quả tính toán của hàm tối ưu tổng quát d được ghi trong bảng 6.

Bảng 6. Giá trị của hàm tối ưu tổng quát d

Thí nghiệm	Các yếu tố ảnh hưởng			Hàm “mong muốn” thành d_j		Hàm tối ưu tổng quát d
	X_1 ($^{\circ}C$)	X_2 (m/s)	X_3 (cm)	d_1	d_2	
1	-1,00	-1,00	-1,00	0,887	0,318	0,531
2	1,00	-1,00	-1,00	0,833	0,526	0,662
3	-1,00	1,00	-1,00	0,872	0,413	0,600
4	1,00	1,00	-1,00	0,796	0,715	0,754
5	-1,00	-1,00	1,00	0,893	0,468	0,646
6	1,00	-1,00	1,00	0,836	0,778	0,806
7	-1,00	1,00	1,00	0,869	0,552	0,805
8	1,00	1,00	1,00	0,752	0,861	0,591
9	-1,682	0,00	0,00	0,893	0,391	0,540
10	1,682	0,00	0,00	0,376	0,775	0,565
11	0,00	-1,682	0,00	0,866	0,368	0,552
12	0,00	1,682	0,00	0,368	0,828	0,665
13	0,00	0,00	-1,682	0,910	0,486	0,665
14	0,00	0,00	1,682	0,416	0,811	0,581
15	0,00	0,00	0,00	0,866	0,894	0,880
16	0,00	0,00	0,00	0,891	0,881	0,886
17	0,00	0,00	0,00	0,887	0,909	0,898
18	0,00	0,00	0,00	0,864	0,855	0,859
19	0,00	0,00	0,00	0,869	0,884	0,877
20	0,00	0,00	0,00	0,891	0,910	0,901

Trên cơ sở giá trị của hàm tối ưu tổng quát d đã xác định được ở bảng trên ta có thể giải bài toán (13) (tương tự như khi dựa vào bảng 2 để giải bài toán $Y_2(x) \rightarrow \max$). Gọi $x^* = (x_1^*, x_2^*, x_3^*)$ và $X^* = (X_1^*, X_2^*, X_3^*)$ là giá trị mã hoá và giá trị thực của lời giải bài toán trên và dựa vào (14), (15) để xác định $\delta_i^* = Y_1(x^*), Q^* := Y_2(x^*)$. Khi đó ta có giá trị tối ưu tổng quát của yếu tố vào:

$$\begin{aligned} x_1^* &= 0,19984226 & X_1^* &= 80,9992113^\circ C \\ x_2^* &= 0,06445966 & X_2^* &= 0,41289193 \text{ m / s} \\ x_3^* &= 0,13827449 & X_3^* &= 15,6193725 \text{ cm} \end{aligned}$$

Giá trị tối ưu của thông số ra:

$$\delta = 2,55190378 \% ; Q^* = 19,05356838 \text{ (đ)}$$

5. KẾT LUẬN

Áp dụng phương pháp qui hoạch thực nghiệm, kết hợp với phương pháp nghiên cứu tối ưu tổng quát E. Harrington đã xác định được giá trị tối ưu của các yếu tố vào: nhiệt độ tác nhân sấy $T = 81^\circ C$, tốc độ chuyển động của tác nhân sấy $v = 0,4 \text{ m/s}$, khoảng cách của các thanh treo vật liệu sấy $h = 15,6 \text{ cm}$ và giá trị tối ưu của các thông số tối đa: độ khô không đều của sản phẩm sấy $\delta = 2,55\%$, điểm tổng hợp chất lượng sản phẩm sấy $Q = 19$ (đ). Kết quả nghiên cứu trên đã xác định được các thông số tối ưu trong quá trình sấy long nhãn xoáy là cơ sở quan trọng để hoàn thiện thiết kế và chế tạo các cỡ thiết bị sấy long nhãn có năng suất khác nhau phù hợp với qui mô vừa và nhỏ của các cơ sở sản xuất.

LỜI CẢM ƠN

Trong quá trình nghiên cứu, nhóm nghiên cứu đã nhận được sự giúp đỡ, tạo điều kiện thuận lợi từ Ban Giám Hiệu, phòng Khoa học Công nghệ trường Đại học Công nghiệp Hà Nội. Vụ Khoa học Công nghệ - Bộ Công Thương đã hỗ trợ về kinh phí cho các tác giả hoàn thành nội dung nghiên cứu này. Sự chỉ đạo sâu sát, tận tình của Ban lãnh đạo khoa Cơ khí, sự cộng tác tham gia nhiệt tình của các Nhà khoa học, cũng như phòng chức năng, các đồng nghiệp trong và ngoài cơ quan. Gia đình ông Ngô Đình Chiến và Ngô Văn Minh đã phối hợp, giúp đỡ và tạo điều kiện về cơ sở vật chất cho chúng tôi trong quá trình nghiên cứu, thực nghiệm. Xin được bày tỏ lòng cảm ơn chân thành nhất đến sự giúp đỡ và hợp tác trên.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. *Dự án Công nghệ khí sinh học cho ngành chăn nuôi Việt Nam* (2006), Tổ chức phát triển Hà Lan - Việt Nam.
- [2]. Nguyễn Mạnh Dũng (2001), *Bảo quản chế biến và những giải pháp phát triển ổn định cây vải, nhãn*, NXB Nông nghiệp Hà Nội.
- [3]. Phạm Thị Minh Huệ (2009), “*Nghiên cứu ứng dụng năng lượng khí sinh học làm khô nông sản thực phẩm trong điều kiện đồng bằng sông Hồng*”, Đề tài NCKH & CN cấp bộ, Đại học Sư phạm kỹ thuật Hưng Yên.

[4]. Phạm Thị Minh Huệ, Trần Như Khuyên (2010), *Một số kết quả nghiên cứu thiết kế thiết bị sấy vải quả sử dụng năng lượng khí sinh học*, Tạp chí Nông nghiệp & phát triển Nông thôn Số 148, Tr60 - 64.

[5]. Phạm Thị Minh Huệ, Trần Như Khuyên (2010), *Xác định các thông số tối ưu của thiết bị sấy vải quả SBOG-150 sử dụng năng lượng khí sinh học*, Tạp chí Nông nghiệp & phát triển Nông thôn, Số 14 năm 2010, Tr 44 - 48.

[6]. Phạm Văn Lang, Bạch Quốc Khang (1998), *Cơ sở lý thuyết quy hoạch thực nghiệm và ứng dụng kỹ thuật trong nông nghiệp*, NXB Nông nghiệp Hà Nội.

[7]. Nguyễn Minh Tuyên (2005), *Quy hoạch thực nghiệm*, NXB Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.

[8]. Ratana Attabhanyo, Ms.Suwanna Srisawas (2006), *Dried longan flest for further processsing*, Thai agriculture standard - Bangkok, 3, 367 - 403.

[9]. John A. Cornell (1990), *How to apply response surface methodology*, Amer Society for Quality, pp 1 - 45.

[10]. Tô Cẩm Tú (1999), *Thiết kế và phân tích thí nghiệm*, NXB Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội.

[11]. G.E.P. Box and K.B. Wilson (1951), *On the experimental attainment of optimum conditions*. J. Roy. Statist. Soc. Ser B 13, 1-45.