

QUY HOẠCH THỰC NGHIỆM TRONG CÔNG NGHỆ THỰC PHẨM

EXPERIMENTAL PLANNING IN FOOD TECHNOLOGY

TRƯƠNG THẾ QUANG(*)

THÔNG TIN	TÓM TẮT
<p>Ngày nhận bài: 28-6-2023 Ngày biên tập xong: 10-7-2023 Ngày duyệt đăng: 30-9-2023 Mã số: TCKH41-06-2023 ISSN: 2525 – 2429</p> <p>Từ khóa: các yếu tố ảnh hưởng; hàm mục tiêu; phương pháp quy hoạch thực nghiệm; tối ưu hóa.</p> <p>Key words: influencing factors; objective function; experimental planning method; optimization.</p>	<p>Chọn phương pháp quy hoạch thực nghiệm bậc 1, hai mức tối ưu để giải bài toán trích ly pectin từ nguyên liệu vỏ cà phê với hàm mục tiêu là hàm lượng pectin (y), các yếu tố ảnh hưởng là nhiệt độ trích ly (x_1), thời gian trích ly (x_2), pH dung môi trích ly (x_3). Kết quả ước lượng được hàm mục tiêu $y(x) = 9,658 + 0,403x_1 + 0,554x_2 - 0,635x_3$. Tối ưu hóa thực nghiệm hàm mục tiêu ước lượng được hàm lượng pectin lớn nhất là $y_{Tmax} = 13,65\%$ ứng với các yếu tố: Thời gian trích ly $x_{T1} = 1,1$ giờ, nhiệt độ trích ly $x_{T2} = 90\text{ }^{\circ}\text{C}$, pH dung môi trích ly $x_{T3} = 1$ cao hơn giá trị lý thuyết $y_{Lmax} = 12,36\%$.</p> <p>ABSTRACT: The problem of extracting pectin from coffee pods material has been selectet to solve by the first-order experimental planning method with two optimal levels. The objective function is pectin content (y), the influencing factors are extraction temperature (x_1), extraction time (x_2), extraction solvent pH (x_3). The estimated result is the objective function $y(x) = 9,658 + 0.403x_1 + 0.554x_2 - 0.635x_3$. The maximum pectin content as $y_{Tmax} = 13.65\%$ corresponding to the following factors: Extraction time $x_{T1} = 1.1$ hours, extraction temperature $x_{T2} = 90\text{ }^{\circ}\text{C}$, pH extraction solvent $x_{T3} = 1$ has been estimated by experimental optimization method. The maximum experimental pectin content as y_{Tmax} is higher than the theoretical value of $y_{Lmax} = 12.36\%$.</p>

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nhiệm vụ cơ bản của ngành công nghệ thực phẩm trong công tác lập kế hoạch sản xuất là phải dự toán được khối lượng của từng mặt hàng cần chế biến trong mỗi tháng, mỗi quý hoặc mỗi năm, căn cứ trên các yếu tố ảnh hưởng trong quá trình chế biến như sự thay đổi của các tham số kỹ thuật, nhu cầu tiêu thụ, biến

động thị trường, nhịp điệu cung cấp nguyên liệu, tình trạng vận hành của thiết bị... và luôn yêu cầu là kế hoạch đặt ra phải là một kế hoạch tối ưu. Ngày nay, trong lĩnh vực chế biến thực phẩm, người ta cần ứng dụng những phương pháp tối ưu để hoàn thiện chất lượng sản phẩm và giảm được giá thành. Trong điều kiện chế biến có nhiều yếu tố ảnh hưởng như sự thay đổi

(*) TS. Trường Đại học Văn Lang, quangtruongthe@gmail.com

hiệt độ, độ pH, thời gian thực hiện, nồng độ dung môi, tỷ lệ giữa nguyên liệu và dung môi, hoạt tính của xúc tác, các tham số kỹ thuật của thiết bị... Phương pháp quy hoạch thực nghiệm, tổ chức lập kế hoạch thí nghiệm và tối ưu hóa được ứng dụng là cần thiết để thực hiện nhiệm vụ này.

Quy hoạch thực nghiệm là một ngành khoa học có nhiệm vụ tổ chức nghiên cứu lập kế hoạch thí nghiệm để ước lượng các hàm mục tiêu, sau đó thay đổi các giá trị yếu tố ảnh hưởng để tối ưu hóa đưa hàm mục tiêu về giá trị tối ưu lý thuyết, ước lượng được tâm vùng dừng và sau đó là tối ưu thực nghiệm [3]. Để đạt được điều này phải tiến hành thực nghiệm liên tục trong các điều kiện sản xuất phức tạp, đây là một sự liên hệ ngược giữa thực nghiệm và công nghệ, là một phương pháp hiệu chỉnh quá trình công nghệ hoàn toàn hình thức hóa, giúp cho con người hoặc máy tính điều khiển được quá trình chế biến hoặc sản xuất. Bài viết này sẽ trình bày phương pháp quy hoạch thực nghiệm, ứng dụng phương pháp này trong quá trình nghiên cứu tách chiết pectin từ nguyên liệu vỏ cà phê và tối ưu hóa hàm mục tiêu là hàm lượng pectin thu được.

2. NỘI DUNG

2.1. Phương pháp quy hoạch thực nghiệm

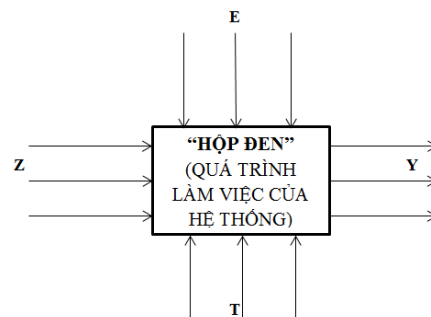
Quy hoạch thực nghiệm là tập hợp các tác động nhằm đưa ra phương án làm thực nghiệm từ giai đoạn đầu đến giai đoạn kết thúc của quá trình nghiên cứu đối tượng, từ nhận thông tin mô phỏng đến việc tạo ra mô hình toán, xác định các điều kiện tối ưu, trong điều kiện đã hoặc chưa hiểu biết đầy đủ về cơ chế của đối tượng [5, tr.13]. Các tập hợp này có mục đích hình thành được một quy luật vận động cho các đối tượng được tiến hành thí nghiệm, để các đối tượng này biến thiên theo quy luật đó. Dựa vào quy luật đó, nhà phân tích có thể dự đoán được khả năng tối ưu cho quy trình sản xuất, cho phương án thực nghiệm tốt nhất, có hiệu quả kinh tế, thời gian, công sức nhất. Cơ sở toán

học nền tảng của lý thuyết quy hoạch thực nghiệm là thống kê toán học với các lĩnh vực quan trọng là phân tích phương sai, phân tích hồi quy và tối ưu hóa. Ngày nay, để xử lý các kết quả thực nghiệm và tối ưu hóa ta còn có thể sử dụng rất nhiều phần mềm để hỗ trợ như: Microsoft Excel, Statistica, Design Expert...

Quy hoạch thực nghiệm là công cụ rất hữu ích trong việc giải quyết các vấn đề kỹ thuật, tối ưu hóa sản phẩm, quá trình và hệ thống theo các mô hình thực nghiệm. Quy hoạch thực nghiệm được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực công nghệ, đặc biệt là ngành công nghệ thực phẩm.

2.2. Đối tượng của quy hoạch thực nghiệm trong các ngành công nghệ

Đối tượng là một quá trình hoặc hiện tượng nào đó có những tính chất, đặc điểm chưa biết cần nghiên cứu. Nhà phân tích có thể chưa hiểu biết đầy đủ về đối tượng, nhưng đã có một số thông tin tiên nghiệm dù chỉ là sự liệt kê sơ lược những thông tin biến đổi, ảnh hưởng đến tính chất đối tượng. Có thể hình dung chúng như một “hộp đen” trong hệ thống điều khiển gồm các tín hiệu đầu vào và đầu ra (hình 1) [5, tr.13].



Hình 1. Sơ đồ đối tượng nghiên cứu [5, tr.14]

Các tín hiệu đầu vào được chia thành 3 nhóm:

Nhóm 1: Các biến kiểm tra được và điều khiển được, mà người nghiên cứu có thể điều chỉnh theo dự định, biểu diễn bằng ma trận hàng $Z = [z_1 z_2 \dots z_k]$;

Nhóm 2: Các biến kiểm tra được nhưng không điều khiển được, biểu diễn bằng ma trận hàng $T = [t_1 t_2 \dots t_h]$;

Nhóm 3: Các biến không kiểm tra được và không điều khiển được, biểu diễn bằng ma trận hàng $E = [e_1 e_2 \dots e_r]$.

Các tín hiệu đầu ra dùng để đánh giá đối tượng là ma trận hàng $Y = (y_1 y_2 \dots y_q)$. Chúng thường được gọi là các hàm mục tiêu [5, tr.14].

2.3. Các phương pháp quy hoạch thực nghiệm

Quy hoạch thực nghiệm là việc làm cần thiết để sử dụng các điều kiện ràng buộc thực tế, thiết lập hàm mục tiêu thỏa mãn tính quy hoạch đó. Muốn vậy, cần sử dụng các phương pháp quy hoạch thực nghiệm dựa trên các phương pháp thực nghiệm.

Phương pháp quy hoạch thực nghiệm cấp 1: Nếu không có thông tin tiên nghiệm cho biết hệ đang ở vùng dừng (vùng phi tuyến, vùng cực trị), để mô tả quá trình nên dùng hàm tuyến tính và không có các số hạng bình phương. Để xác định các tham số của nó, nên dùng quy hoạch thực nghiệm trực giao bậc 1 hai mức tối ưu của Box – Wilson là yếu tố toàn phần (2^k) hoặc trong điều kiện tiết kiệm thời gian dùng kế hoạch bán phần (2^{k-p}).

Phương pháp quy hoạch thực nghiệm cấp 2: Khi mô hình tuyến tính bậc 1 không tương hợp, mô hình đó đã ở vùng phi tuyến. Có các dạng quy hoạch thực nghiệm bậc 2 cơ bản như quy hoạch thực nghiệm trực giao cấp 2 của Box-Wilson, quy hoạch thực nghiệm bậc 2 tâm xoay của Box-Hunter, quy hoạch thực nghiệm bậc 2 tối ưu của Kiefer [2].

2.4. Nguyên tắc và trình tự thực hiện quy hoạch thực nghiệm

Các nguyên tắc cơ bản là thực hiện số lượng tối thiểu thí nghiệm nhưng thu được nhiều thông tin và kết quả có chất lượng [2]. Các nguyên tắc cơ bản gồm: Không lấy toàn bộ các trạng thái đầu vào, phức tạp dần mô hình toán học, đối chứng nhiều, ngẫu nhiên hóa và tối ưu hóa [6, tr.6].

Trình tự thực hiện quy hoạch thực nghiệm với mục tiêu xây dựng mô hình toán hồi quy cho đối tượng nghiên cứu, bao gồm các bước:

Chọn các nhân tố thay đổi, các nhân tố ổn định và các hàm mục tiêu đầu ra cho thực nghiệm; chọn mô hình phương trình hồi quy; xác định không gian các nhân tố và thực nghiệm thăm dò; chọn phương pháp quy hoạch thực nghiệm; lập phương pháp tiến hành thực nghiệm; tiến hành các thí nghiệm thăm dò, kiểm tra, phân phối chuẩn hàm mục tiêu đầu ra, xác định số thí nghiệm lặp lại trên mỗi thực nghiệm; tiến hành thực nghiệm chính; loại bỏ các quan trắc sai số thô, kiểm tra tính đồng nhất phương sai các thí nghiệm, ước lượng phương sai tái hiện; ước lượng các hệ số hồi quy của mô hình toán đã chọn [6, tr.6]; kiểm định quan hệ tương quan giữa hàm mục tiêu và các yếu tố; kiểm định sự phù hợp của mô hình phương trình hồi quy so với thực nghiệm; kiểm định ý nghĩa thống kê của các hệ số phương trình hồi quy; phân tích kết quả thu được [3].

2.5. Ước lượng hàm mục tiêu

Hãy xem xét và giải bài toán cụ thể: Nghiên cứu thu nhận pectin từ vỏ cà phê với hàm mục tiêu là hàm lượng pectin thu được từ nguyên liệu.

2.5.1. Chọn các yếu tố thực nghiệm

Trong trích ly pectin, theo các nghiên cứu trước, ba yếu tố nhiệt độ, thời gian, pH có ảnh hưởng qua lại với nhau, chọn ba yếu tố này để khảo sát quy hoạch thực nghiệm. Trước hết, cần dò tìm khoảng yếu tố tối ưu cho trích ly. Khoảng nhiệt độ trích ly từ 50 đến 90 °C ở ba điểm 50, 70 và 90 °C. Khoảng pH trích ly từ 1 đến 5 ở ba điểm 1, 3 và 5. Khoảng thời gian trích ly từ 1 đến 5 giờ ở ba điểm 1, 3 và 5 giờ.

Hàm mục tiêu quy hoạch thực nghiệm là hàm lượng pectin thu được nhiều nhất. Các tham số khác về kích thước nguyên liệu không vượt quá 0,70 mm, dung môi acid được chọn là H_2SO_4 , tỷ lệ nguyên liệu và dung môi 1/20, chế độ tua còn 96 %, nhiệt độ sấy 90 °C, thời gian trích ly 1 giờ và pH = 1 được giữ cố định ở mức tối ưu đã khảo sát.

2.5.2. Chọn phương pháp quy hoạch thực nghiệm cấp 1

Chọn phương pháp quy hoạch thực nghiệm cấp 1, tổ chức thí nghiệm yếu tố toàn phần (TYT) 2^k , với hai mức của các yếu tố, $k = 3$ yếu tố ảnh hưởng để giải bài toán trích ly pectin từ nguyên liệu vỏ cà phê.

Chọn mô hình toán học nghiên cứu thu nhận pectin từ vỏ cà phê có dạng phương trình tuyến tính tổng quát, bỏ qua các hệ số tương tác đôi và tương tác ba (1).

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 \quad (1)$$

Trong đó:

b_0 là hệ số tự do;

b_1, b_2, b_3 là các hệ số tuyến tính;

y (%) là hàm mục tiêu (hàm lượng pectin trong nguyên liệu).

Nghiên cứu thu nhận hàm lượng pectin từ vỏ cà phê theo ba yếu tố thời gian, nhiệt độ và pH.

Bảng 1. Các mức giá trị của các yếu tố thực nghiệm

Yếu tố	Mức cao (max)	Mức thấp (min)	Trung bình
Thời gian (x_1)	3 giờ	1 giờ	2 giờ
Nhiệt độ (x_2)	100 °C	80 °C	90 °C
pH (x_3)	2	1	1,5

Dựa vào kết quả thực nghiệm và bảng quy hoạch thực nghiệm ta tính được các hệ số phương trình hồi quy tuyến tính b_j theo công thức (2) [6, tr.35].

$$b_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{ij} \cdot y_i \quad (2)$$

Kiểm định quan hệ tương quan giữa hàm mục tiêu và các biến của phương trình hồi quy.

Kiểm định sự tương thích của phương trình so với thực nghiệm theo tiêu chuẩn

Fisher. Các hệ số b_j được kiểm định có ý nghĩa thống kê theo tiêu chuẩn Student [1].

2.5.3. Tối ưu hóa hàm mục tiêu

Có nhiều phương pháp dùng để tối ưu hóa hàm đa mục tiêu chẳng hạn áp dụng phương pháp thừa số Lagrange. Phương pháp này như sau: Trước hết, cần chuyển bài toán tối ưu hóa nhiều mục tiêu về bài toán cực trị có điều kiện. Chọn một trong những hàm mục tiêu cần tối ưu hóa làm hàm cần tìm cực trị: $f_i(x_1, \dots, x_k)$, những hàm mục tiêu còn lại xem như ràng buộc: $g_i(x_1, \dots, x_k) = 0$, với $i = \overline{1, m}$.

Lập hàm Lagrange (3).

$$f(x, \lambda) = f(x) + \sum_{i=1}^m \lambda_i \cdot g_i(x) \quad (3)$$

Trong đó $\lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_m)$ là những thừa số bất định Lagrange. Sau đó, tìm cực trị không điều kiện của hàm $F(x, \lambda)$. Phương pháp thừa số Lagrange quy về giải hệ phương trình (4).

$$\begin{cases} \frac{\partial F}{\partial x} = 0 \\ \frac{\partial F}{\partial \lambda} = 0 \end{cases} \quad (4)$$

Có thể ứng dụng chương trình Solver của Microsoft Excel hoặc các chương trình máy tính khác để tối ưu hóa và tìm ra cực trị cần xác định ứng với các yếu tố thực nghiệm [3].

2.5.4. Tối ưu hóa thực nghiệm

Sau khi thực hiện tối ưu hóa hàm mục tiêu lý thuyết, thu được các điều kiện trích ly tối ưu là nhiệt độ 90 °C, thời gian 1 giờ ở pH = 1 để áp dụng vào thí nghiệm thực tế. Tiến hành thử nghiệm quy trình tách chiết pectin với các điều kiện tối ưu trên, ước lượng các giá trị tối ưu thực tế.

2.6. Kết quả và thảo luận

2.6.1. Ước lượng hàm mục tiêu

Bảng 2. Số liệu thực nghiệm phương án trực giao cấp 1 của hệ thực [4]

Số thí nghiệm	x_1 (Thời gian)	x_2 (Nhiệt độ)	x_3 (pH)	y_r (giá trị cảm quan của 3 lần lặp lại)			$y = \frac{1}{3} \sum_{r=1}^3 y_r$
				y_1	y_2	y_3	
1	1	80	1	10,26	10,30	10,31	10,29
2	1	80	2	9,36	9,34	9,32	9,34
3	1	100	1	12,38	12,40	12,45	12,41
4	1	100	2	10,33	10,28	10,32	10,31
5	3	80	1	10,69	10,73	10,74	10,72
6	3	80	2	11,27	11,29	11,19	11,25
7	3	100	1	12,19	12,23	12,22	12,22
8	3	100	2	11,11	10,93	10,96	11,00

Trong phương án trực giao cấp 1, để thuận lợi cho việc tính toán người ta chuyển sang hệ mã hóa. Các biến mới trong hệ mã hóa được trình bày trong bảng 3.

Bảng 3. Các mức giá trị của các biến trong hệ thực và hệ mã hóa [4]

Số thí nghiệm	Biến thực (x_i)			Biến mã hóa (z_i)				Kết quả $y(z)$
	x_1	x_2	x_3	z_0	z_1	z_2	z_3	
1	1	80	1	+	-	-	-	10,29
2	1	80	2	+	-	-	+	9,34
3	1	100	1	+	-	+	-	12,41
4	1	100	2	+	-	+	+	10,31
5	3	80	1	+	+	-	-	10,72
6	3	80	2	+	+	-	+	11,25
7	3	100	1	+	+	+	-	12,22
8	3	100	2	+	+	+	+	11,00

Dựa vào Bảng 3 và công thức (2), ước lượng được các hệ số b_0, b_1, b_2, b_3 và hàm mục tiêu trong hệ thực (5). $y(x) = 9,658 + 0,403x_1 + 0,554x_2 - 0,635x_3$ (5)

2.6.2. Kiểm định thống kê phương trình hồi quy trong hệ thực

1) Kiểm định quan hệ tương quan giữa hàm mục tiêu và các biến

Bảng 4. Kết quả phân tích tương quan [4]

Hệ số thống kê	Ký hiệu	Giá trị
Hệ số tương quan	R	0,858
Bình phương hệ số tương quan	R^2	0,737
R^2 đã hiệu chỉnh	R^2_A	0,539
Sai số chuẩn của R	SE_R	0,694
Số thí nghiệm	n	8

Hệ số tương quan $R = 0,858$ (Bảng 4) nằm trong khoảng từ 0,7 đến 1 nên hàm $y(x)$ có quan hệ tương quan tuyến tính chặt chẽ với các biến x_i .

2) Kiểm định sự tương thích của phương trình hồi quy với thực nghiệm: Kiểm định sự tương thích của phương trình hồi quy với thực nghiệm theo tiêu chuẩn Fisher, so sánh số Fisher F với số Fisher tới hạn $F_{0,05}$ (tra bảng Fischer): $F = 6,734 > F_{0,05} = 6,591$ hoặc $\text{Sig}F = 0,012 < \alpha = 0,05$ nên chấp nhận giả thuyết H_1 (Bảng 5). Vậy, phương trình hồi quy (5) tương thích với thực nghiệm.

Bảng 5. Kết quả phân tích phương sai (ANOVA) [4]

Nguồn sai số	Bậc tự do (df)	Phương sai tổng (SS)	Phương sai trung bình (MS)	Số Fisher (F)	Mức ý nghĩa của F (SigF)
Sai số hồi quy	3	5,398	1,799	6,734	0,012
Sai số dư	4	1,927	0,481		
Sai số tổng	7	7,326			

3) Kiểm định ý nghĩa thống kê của các hệ số phương trình hồi quy: Kiểm định ý nghĩa thống kê của các hệ số phương trình hồi quy

theo tiêu chuẩn Student, tức xem xét mức độ ảnh hưởng của các yếu tố đến hàm mục tiêu có đáng kể hay không.

Bảng 6. Kết quả phân tích hồi quy [4]

Các hệ số của phương trình hồi quy	Giá trị các hệ số (b)	Sai số chuẩn (SE)	Giá trị thống kê (t)	Mức ý nghĩa của t (P)	Cận dưới khoảng tin cậy P=95%	Cận trên khoảng tin cậy P=95%
b ₀	9,658	2,392	2,783	0,048	0,015	13,300
b ₁	0,403	0,245	2,640	0,036	-0,279	1,084
b ₂	0,554	0,025	2,821	0,042	-0,014	0,122
b ₃	-0,635	0,491	2,905	0,013	-2,298	0,428

So sánh giá trị thống kê t_i với giá trị tới hạn t_{0,05} (tra bảng Student):

Bảng 7. Sai số tuyệt đối của giá trị hàm mục tiêu lý thuyết so với thực nghiệm [4]

Số thí nghiệm	Giá trị lý thuyết của y	Sai số tuyệt đối
1	10,465	-0,175
2	9,530	-0,190
3	12,355	0,670
4	10,615	-0,305
5	11,270	-0,550
6	10,335	0,915
7	11,550	0,055
8	11,420	-0,420

t₀ = 2,783 > t_{0,05} = 2,447 hoặc P₀ = 0,048 < α = 0,05 nên chấp nhận giả thuyết H₁;

t₁ = 2,640 > t_{0,05} = 2,447 hoặc P₁ = 0,036 < α = 0,05 nên chấp nhận giả thuyết H₁;

t₂ = 2,821 > t_{0,05} = 2,447 hoặc P₂ = 0,042 < α = 0,05 nên chấp nhận giả thuyết H₁;

t₃ = 2,905 > t_{0,05} = 2,447 hoặc P₃ = 0,013 < α = 0,05 nên chấp nhận giả thuyết H₁.

Theo tiêu chuẩn Student, tất cả các hệ số b₀, b₁, b₂ và b₃ của phương trình hồi quy (5) đều có ý nghĩa thống kê, nói một cách khác các yếu tố x_i đều có ảnh hưởng đáng kể đến hàm mục tiêu y(x).

2.6.3. Tối ưu hóa lý thuyết

Tối ưu hóa lý thuyết là ước lượng giá trị lớn nhất của hàm mục tiêu y_{max} ứng với các giá trị của các yếu tố ảnh hưởng x_{m1}, x_{m2}, x_{m3} theo hệ phương trình và bất phương trình (6), ứng dụng chương trình Solver của Microsoft Excel 2010.

$$\begin{cases} y(x) = 9,658 + 0,403x_1 + 0,554x_2 - 0,635x_3 \rightarrow \max \\ 1 \leq x_1 \leq 3 \\ 80 \leq x_2 \leq 100 \\ 1 \leq x_3 \leq 2 \end{cases} \quad (6)$$

Bảng 8. Kết quả tối ưu hóa lý thuyết [4]

2.1.1. Số thí nghiệm	2.1.2. Thời gian x ₁ (giờ)	2.1.3. Nhiệt độ x ₂ (°C)	2.1.4. pH x ₃	2.1.5. Hàm lượng pectin y (%)
2.1.6. 1	2.1.7. 1	2.1.8. 80	2.1.9. 1	2.1.10. 10,47
2.1.11. 2	2.1.12. 1	2.1.13. 80	2.1.14. 2	2.1.15. (Min) 9,53

2.1.16. 3	2.1.17. 1	2.1.18. 100	2.1.19. 1	2.1.20. (Max) 12,36
2.1.21. 4	2.1.22. 1	2.1.23. 100	2.1.24. 2	2.1.25. 10,62
2.1.26. 5	2.1.27. 3	2.1.28. 80	2.1.29. 1	2.1.30. 11,27
2.1.31. 6	2.1.32. 3	2.1.33. 80	2.1.34. 2	2.1.35. 11,34
2.1.36. 7	2.1.37. 3	2.1.38. 100	2.1.39. 1	2.1.40. 11,55
2.1.41. 8	2.1.42. 3	2.1.43. 100	2.1.44. 2	2.1.45. 11,42

Kết quả tối ưu hóa lý thuyết ước lượng được hàm lượng pectin lớn nhất $y_{Lmax} = 12,36$ % ứng với các yếu tố ảnh hưởng: Thời gian trích ly $x_{L1} = 1$ giờ, nhiệt độ trích ly $x_{L2} = 100$ °C, pH dung môi trích ly $x_{L3} = 1$ (Bảng 8) và tìm được tâm vùng dừng $G_L(x_{L1}, x_{L2}, x_{L3}) = G_L(1, 100, 1)$.

2.6.4. Tối ưu hóa thực nghiệm

Tiếp tục làm thí nghiệm ở xung quanh tâm vùng dừng $G_L(1, 100, 1)$ để tối ưu hóa thực nghiệm, kết quả ước lượng được giá trị cực đại của hàm lượng pectin thực nghiệm là $y_{Tmax} = 13,65$ % ứng với các yếu tố: Thời gian trích ly $x_{T1} = 1,1$ giờ, nhiệt độ trích ly $x_{T2} = 90$ °C, pH dung môi trích ly $x_{T3} = 1$ (Bảng 9) cao hơn giá trị lý thuyết lớn nhất $y_{Lmax} = 12,36$ %.

Bảng 9. Kết quả tối ưu hóa thực nghiệm [4]

Thời gian x_{T1} (giờ)	Nhiệt độ x_{T2} (°C)	pH x_{T3}	y_{Tmax}			y_{Tmax}
			y_{T1max}	y_{T2max}	y_{T3max}	
1,1	90	1	14,35	13,72	12,89	13,65

3. KẾT LUẬN

Chọn phương pháp quy hoạch thực nghiệm bậc 1, hai mức tối ưu toàn phần để giải bài toán trích ly pectin từ nguyên liệu vỏ cà phê với hàm mục tiêu là hàm lượng pectin (y), các yếu tố ảnh hưởng là nhiệt độ trích ly (x_1), thời gian trích ly (x_2), pH dung môi trích ly (x_3). Khảo sát nhiệt độ ở ba điểm 50, 70 và 90 °C; thời gian ở ba điểm 1, 3 và 5 giờ; pH ở ba điểm

1, 3 và 5. Kết quả ước lượng được hàm mục tiêu $y(x) = 9,658 + 0,403x_1 + 0,554x_2 - 0,635x_3$. Tối ưu hóa thực nghiệm hàm mục tiêu ước lượng được hàm lượng pectin lớn nhất là $y_{Tmax} = 13,65$ % ứng với các yếu tố: Thời gian trích ly $x_{T1} = 1,1$ giờ, nhiệt độ trích ly $x_{T2} = 90$ °C, pH dung môi trích ly $x_{T3} = 1$ cao hơn giá trị lý thuyết lớn nhất dự đoán $y_{Lmax} = 12,36$ %.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bùi Công Cường và Bùi Minh Trí (1997), *Giáo trình xác suất và thống kê ứng dụng*, Nxb Giao thông Vận tải.
- [2] Giang Thị Kim Liên (2009), *Bài giảng quy hoạch thực nghiệm (Các phương pháp thống kê xử lý số liệu thực nghiệm)*, Trường Đại học Đà Nẵng.
- [3] Trương Thế Quang (2021), *Bài giảng Tin học ứng dụng công nghệ sinh học*, Trường Đại học Văn Lang.
- [4] Trương Thế Quang và Lê Kỳ Trân (2015), *Nghiên cứu thu nhận pectin từ vỏ cà phê*, Trường Đại học Văn Lang.
- [5] Nguyễn Minh Tuyển (2005), *Quy hoạch thực nghiệm*, Nxb Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [6] KUPDF (2017), *Bài giảng quy hoạch thực nghiệm*, https://kupdf.net/download/bai-giang-quy-hoach-thuc-nghiem_5971de07dc0d60fe65a88e77_pdf, ngày truy cập: 14-06-2023.