

TỐI ƯU HÓA CHIẾT XUẤT DẦU CÁM GẠO VÀ VITAMIN E BẰNG DUNG MÔI ETHANOL SỬ DỤNG PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH MẶT ĐÁP

Phạm Cảnh Em^{1*}, Lê Thị Tường Vi², Lê Thị Kim Châu⁴, Trương Ngọc Tuyên³

¹Khoa Dược, Đại học Quốc tế Hồng Bàng

²Khoa Dược, Bệnh viện Nhi đồng Thành phố Hồ Chí Minh

³Trường Dược, Đại học Y Dược Thành phố Hồ Chí Minh

⁴Khoa Khoa học - Tự nhiên, Đại học Cần Thơ

TÓM TẮT

Dầu cám gạo (RBO) được sử dụng rộng rãi trong nhiều ngành công nghiệp thực phẩm và phi thực phẩm. Trong nghiên cứu này, phương pháp bề mặt đáp ứng (RSM) được áp dụng để tối ưu hóa các điều kiện thí nghiệm nhằm chiết xuất dầu cám gạo và vitamin E. Thiết kế thí nghiệm bao gồm 30 lần chạy, trong đó có 6 lần lặp lại tại điểm trung tâm. Dữ liệu được phân tích bằng phần mềm Design Expert 11 (Stat-Ease Inc., USA) để xây dựng và đánh giá các mô hình, đồng thời vẽ biểu đồ bề mặt đáp ứng 3D. Kết quả thí nghiệm cho thấy hiệu suất chiết RBO đạt 19,17% và hàm lượng vitamin E đạt 2,425 mg/g RBO khi các thông số được tối ưu hóa bao gồm tỷ lệ ethanol/cám gạo, nhiệt độ chiết, thời gian chiết và nồng độ ethanol lần lượt là 16,02 (ml/g), 54,56°C, 5,08 giờ và 86,29%. Đặc biệt, các giá trị dự đoán của mô hình tương đồng tốt với các giá trị thực nghiệm. Kết quả này chứng minh rằng mô hình được phát triển là hợp lý và khả thi để áp dụng trong việc chiết xuất RBO và vitamin E tại Việt Nam.

Từ khóa: Dầu cám gạo, hiệu suất chiết, phương pháp RSM, vitamin E.

OPTIMIZATION OF RICE BRAN OIL AND VITAMIN E EXTRACTION BY ETHANOL SOLVENT USING RESPONSE SURFACE METHODOLOGY

SUMMARY

The use of bran oil in various edible and nonedible industries is very popular. In this research work, response surface methodology (RSM) was used to optimize experimental conditions for the extraction of rice bran oil (RBO) and vitamin E. The experiment design

Chịu trách nhiệm: Phạm Cảnh Em

Email: canhem112009@gmail.com

Ngày nhận: 01/7/2025

Ngày phân biện: 11/7/2025

Ngày duyệt bài: 25/7/2025

consisted of thirty runs, including six replicates of the center points. The data were analyzed using Design Expert 11 software (Stat-Ease Inc., USA) to develop and evaluate models and plot the 3-D response surfaces. Experimental results showed that RBO yield and vitamin E content were obtained at 19.17% and 2.425 mg/g RBO, respectively, when ethanol-rice bran ratio, extraction temperature, extraction time, and ethanol concentration were kept at 16.02 (ml/g), 54.56°C, 5.08 hours, and 86.29% respectively. In particular, the predicted values of the model are similar to the experimental values. This result proves that the developed model is reasonable and feasible to apply in the extraction of RBO and vitamin E in Vietnam.

Keywords: RBO, extraction yield, RSM method, vitamin E.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Dầu cám gạo (Rice Bran Oil - RBO) là dầu được chiết xuất từ cám gạo - một sản phẩm phụ của nhà máy xay xát gạo. Trong thành phần không xà phòng hóa của RBO có chứa γ -oryzanol, tocol và acid béo không bão hòa. Những hợp chất này có tác dụng kháng oxy hóa mạnh, ngăn ngừa bệnh thoái hóa và hạ cholesterol máu. RBO có nhiều lợi ích do có chứa hàm lượng tocopherol (vitamin E) cao, có tác dụng hạ cholesterol máu, kháng ung thư và bảo vệ thần kinh. Ngoài ra, các tocol khác trong RBO còn có tác dụng kháng viêm, bảo vệ tim mạch, đặc biệt có khả năng làm giảm quá trình peroxy hóa và yếu tố nguy cơ của lipid như tăng cholesterol LDL (lipoprotein mật độ thấp) và kết tập tiểu cầu [1, 2].

Các phương pháp chiết xuất RBO bao gồm chiết lỏng-lỏng, pha rắn, hỗ trợ của vi sóng, sóng siêu âm và chiết dung môi trực tiếp. Trong số đó, phương pháp chiết dung môi trực tiếp được sử dụng phổ biến vì không yêu cầu dụng cụ, thiết bị phức tạp, tiết kiệm chi phí và dễ ứng dụng ở quy mô sản xuất công nghiệp. Bên cạnh đó, ethanol là dung môi tiềm năng vì độc tính thấp, an toàn khi sử dụng và có thể lấy từ nguồn tái tạo sinh học. Việc lựa chọn ethanol làm dung

môi chiết là cần thiết nhằm để thực hiện khái niệm và nguyên tắc “chiết xuất xanh” [3]. Mục đích của nghiên cứu này là tối ưu hóa quy trình chiết xuất RBO và vitamin E bằng phương pháp chiết ngâm với dung môi ethanol thông qua phân tích mặt đáp (Response Surface Methodology - RSM), từ đó có thể ứng dụng vào sản xuất ở quy mô công nghiệp.

2. NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu

Mẫu cám gạo của giống lúa OM1490 (*Oryza spp.*) thu hoạch vào đầu tháng 4 năm 2020 và được thu mua từ nhà máy xay xát, chế biến gạo Đức Tạo (xã Bình Mỹ, huyện Châu Phú, tỉnh An Giang). Đây là một trong các giống lúa phổ biến ở đồng bằng sông Cửu Long phục vụ tiêu dùng trong nước và xuất khẩu.

2.2. Hóa chất và thiết bị nghiên cứu

Dung môi ethanol (99,5%) có nguồn gốc Việt Nam (Chemsol). Chất chuẩn α -tocopherol (vitamin E) có nguồn gốc từ Sigma (Mỹ). Ethyl acetat, methanol và cloroform có nguồn gốc từ Merck (Đức). Thiết bị nghiên cứu bao gồm: cân phân tích Shimadzu, bếp khuấy từ gia nhiệt IKA,

tủ sấy chân không Memmert, nồi hấp tiết trùng Hirayama, máy cô quay chân không Hei-VAP, máy ly tâm AX-51 và GC-MS Shimadzu.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

Chuẩn bị mẫu cám gạo

Độ ẩm được xác định bằng phương pháp sấy khô theo tiêu chuẩn TCVN 1867:2001. Các mẫu cám gạo có độ ẩm khoảng 20% được sấy khô đến dưới 12% trong tủ sấy chân không ở 40°C trong 2 giờ và bất hoạt enzym lipase nội sinh trong nồi hấp tiết trùng ở 100°C trong 15 phút, sàng qua rây 0,25 mm (60 mesh) để loại bỏ trấu, bảo quản lạnh ở nhiệt độ -5°C trong khí nitrogen.

Phương pháp ngâm động

Cân chính xác 50 g cám gạo cho vào bình tam giác 2000 mL. Sau đó, thêm 900 ml ethanol và khuấy hỗn hợp bằng bếp khuấy

từ gia nhiệt ở nhiệt độ phòng với tốc độ 1000 vòng/phút trong 24 giờ.

Phương pháp chiết xuất để tối ưu hóa
Dầu cám gạo (RBO) và vitamin E được chiết bằng phương pháp ngâm kết hợp khuấy trộn với dung môi ethanol. Cân chính xác 50 g cám gạo cho vào erlen. Lượng dung môi ethanol với nồng độ thích hợp được thêm vào để ngâm và khuấy trộn bằng bếp khuấy từ gia nhiệt với tốc độ 1000 vòng/phút ở nhiệt độ và thời gian thích hợp. Sau khi chiết, các mẫu cám gạo được ly tâm trong 10 phút với tốc độ 4000 vòng/phút. Dung môi được làm bay hơi hoàn toàn bằng máy cô quay chân không (nhiệt độ gia nhiệt: 40°C, nhiệt độ bay hơi: 25°C) thu được RBO. Hiệu suất RBO được tính theo công thức [4]:

$$\text{Hiệu suất RBO (\%)} = \frac{\text{Khối lượng dầu cám gạo (g)}}{\text{Khối lượng cám gạo (g)}} \times 100$$

Phương pháp định lượng vitamin E

Cân chính xác 0,012 g RBO, sau đó hòa tan trong 2 ml hỗn hợp dung môi methanol: cloroform (1:1) và đồng nhất bằng cách khuấy trộn đều. Sau đó, vitamin E trong RBO được định lượng bằng phương pháp GC-MS với cột mao quản Rxi SH-5Sil MS (30 m x 0,25 mm x 0,25 mm). Khí mang heli được cài đặt ở tốc độ dòng 14 ml/phút và tỷ lệ phân chia là 1:10. Nhiệt độ lò được cài đặt

ở 110°C trong 2 phút và tăng lên 200°C với tốc độ 10°C/phút và giữ ở nhiệt độ 200°C trong 9 phút. Phổ MS thu được ở dải m/z 40 - 450, nhiệt độ mặt phân cách (interface) ở 280°C và nhiệt độ nguồn ion ở 200°C. Peak của vitamin E trong RBO được xác định bằng cách so sánh thời gian lưu và chiều dài mạch tương đương với chất chuẩn vitamin E (100 - 500 mg/l). Hàm lượng vitamin E được tính theo công thức:

$$\text{Hàm lượng vitamin E (mg/g RBO)} = \frac{\text{Khối lượng vitamin E (mg)}}{\text{Khối lượng dầu cám gạo (g)}}$$

Phương pháp tối ưu hóa điều kiện chiết xuất

Để tối ưu chiết RBO và vitamin E, mô hình tâm phức hợp (CCD) với 4 biến độc lập và 5 mức được sử dụng trong nghiên cứu

này. Các biến độc lập bao gồm: tỷ lệ ethanol/ cám gạo, nhiệt độ chiết, thời gian chiết, nồng độ ethanol và biến phụ thuộc là hiệu suất RBO (%) và hàm lượng vitamin E (mg/g RBO). Thông qua nghiên cứu sàng lọc

sơ bộ, khoảng biến thiên và mức biến đổi của 4 biến độc lập được thể hiện trong bảng 1. Số thí nghiệm $N = 2^k + 2k + 6$ ($N = 30$ với $k = 4$). Trong đó, k là số biến độc lập và $2k$ là số thí nghiệm bổ sung tại điểm sao. Khoảng cách từ tâm đến điểm sao $\alpha = 2^{k/4}$ ($\alpha = 2$ với $k = 4$). Thiết kế thí nghiệm được thực hiện ở 5 mức ($-\alpha, -1, 0, +1, +\alpha$). Như vậy, trong nghiên cứu này 30 thí nghiệm sẽ được thực hiện với 2^4 số thí nghiệm của quy hoạch

toàn phần, 6 thí nghiệm lặp lại tại tâm để đánh giá sai số và 8 thí nghiệm bổ sung tại điểm sao nằm cách vị trí tâm thực nghiệm một khoảng $\pm \alpha$.

Mô hình thống kê biểu diễn sự phụ thuộc của hiệu suất RBO và hàm lượng vitamin E vào các biến độc lập được mã hóa là một phương trình đa thức bậc hai có dạng như sau:

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i X_i + \sum_{i=1}^k b_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=i+1}^k b_{ij} X_i X_j + e$$

Trong đó:

Y - Hiệu suất RBO (%) và hàm lượng vitamin E (mg/g RBO);

X_i, X_j - Biến độc lập;

b_0 - Hệ số hồi quy bậc 0;

b_i - Hệ số hồi quy bậc 1 mô tả ảnh hưởng của X_i với Y;

b_{ii} - Hệ số hồi quy bậc 2 mô tả ảnh hưởng của X_i với Y;

b_{ij} - Hệ số tương tác giữa i và j ;

k - Số biến độc lập;

e - Sai số ngẫu nhiên.

Bảng 1. Xác định khoảng biến thiên và mức biến đổi của các biến độc lập

Biến	Ký hiệu	Đơn vị	Mức nghiên cứu				
			-2	-1	0	+1	+2
Tỷ lệ ethanol/ cám gạo	X_1	ml/g	5	10	15	20	25
Nhiệt độ chiết	X_2	°C	30	40	50	60	70
Thời gian chiết	X_3	giờ	3	4	5	6	7
Nồng độ ethanol	X_4	%	60	70	80	90	100

Các hệ số hồi quy bậc 0, bậc hai và tương tác của mô hình đa thức bậc hai được tính toán bằng phần mềm Design Expert 11 với phương pháp RSM. Chất lượng của mô hình đa thức thể hiện qua hệ số $R^2_{\text{hiệu chỉnh}}$ và phân tích phương sai ANOVA (analysis of variance). Tính có nghĩa của hệ số hồi quy được xác định qua kiểm định t và tính có nghĩa thống kê được xác định qua kiểm định F. Ngoài ra, 6 thí nghiệm ở tâm để kiểm định độ lặp lại của thí nghiệm (lack-of-fit).

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Điều kiện chiết xuất RBO và vitamin E được tối ưu hóa bằng phương pháp RSM. Thông qua phương pháp này, các biến độc lập tỷ lệ ethanol/ cám gạo (ml/g, X_1), nhiệt độ chiết (°C, X_2), thời gian chiết (giờ, X_3) và nồng độ ethanol (% , X_4) được thiết kế thành ma trận 30 thí nghiệm. Kết quả hiệu suất RBO (%) và hàm lượng vitamin E (mg/g RBO) được trình bày trong bảng 2.

Bảng 2. Ma trận kế hoạch và kết quả thực nghiệm

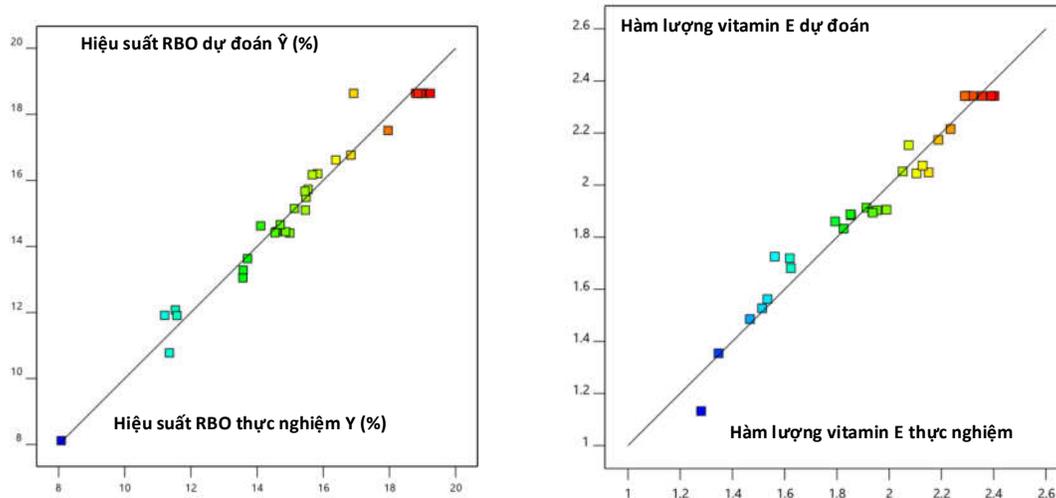
STT	Giá trị thực				Hàm mục tiêu			
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	Y	Ŷ	Y'	Ŷ'
1	-1	-1	-1	-1	11,35	10,78	1,347	1,355
2	1	-1	-1	-1	15,54	15,73	2,151	2,050
3	-1	1	-1	-1	11,53	12,07	1,467	1,487
4	1	1	-1	-1	15,48	15,48	2,104	2,047
5	-1	-1	1	-1	11,58	11,91	1,534	1,564
6	1	-1	1	-1	14,11	14,62	1,913	1,915
7	-1	1	1	-1	13,58	13,28	1,623	1,682
8	1	1	1	-1	14,59	14,45	1,936	1,900
9	-1	-1	-1	1	11,21	11,91	1,513	1,528
10	1	-1	-1	1	15,45	15,67	1,953	1,905
11	-1	1	-1	1	14,99	14,40	1,825	1,835
12	1	1	-1	1	16,38	16,61	2,128	2,077
13	-1	-1	1	1	13,71	13,63	1,793	1,862
14	1	-1	1	1	15,13	15,15	1,937	1,896
15	-1	1	1	1	15,83	16,20	2,075	2,155
16	1	1	1	1	15,67	16,17	2,052	2,055
17	-2	0	0	0	8,08	8,12	1,28	1,134
18	2	0	0	0	13,57	13,04	1,562	1,728
19	0	-2	0	0	14,86	14,44	1,854	1,885
20	0	2	0	0	16,84	16,76	2,188	2,176
21	0	0	-2	0	14,54	14,41	1,619	1,721
22	0	0	2	0	15,46	15,10	1,99	1,907
23	0	0	0	-2	14,70	14,66	1,852	1,889
24	0	0	0	2	17,96	17,51	2,235	2,217
25	0	0	0	0	19,05	18,63	2,29	2,344
26	0	0	0	0	19,24	18,63	2,297	2,344
27	0	0	0	0	16,92	18,63	2,32	2,344
28	0	0	0	0	18,95	18,63	2,39	2,344
29	0	0	0	0	18,79	18,63	2,356	2,344
30	0	0	0	0	18,86	18,63	2,403	2,344

Y: hiệu suất RBO thực nghiệm (%);

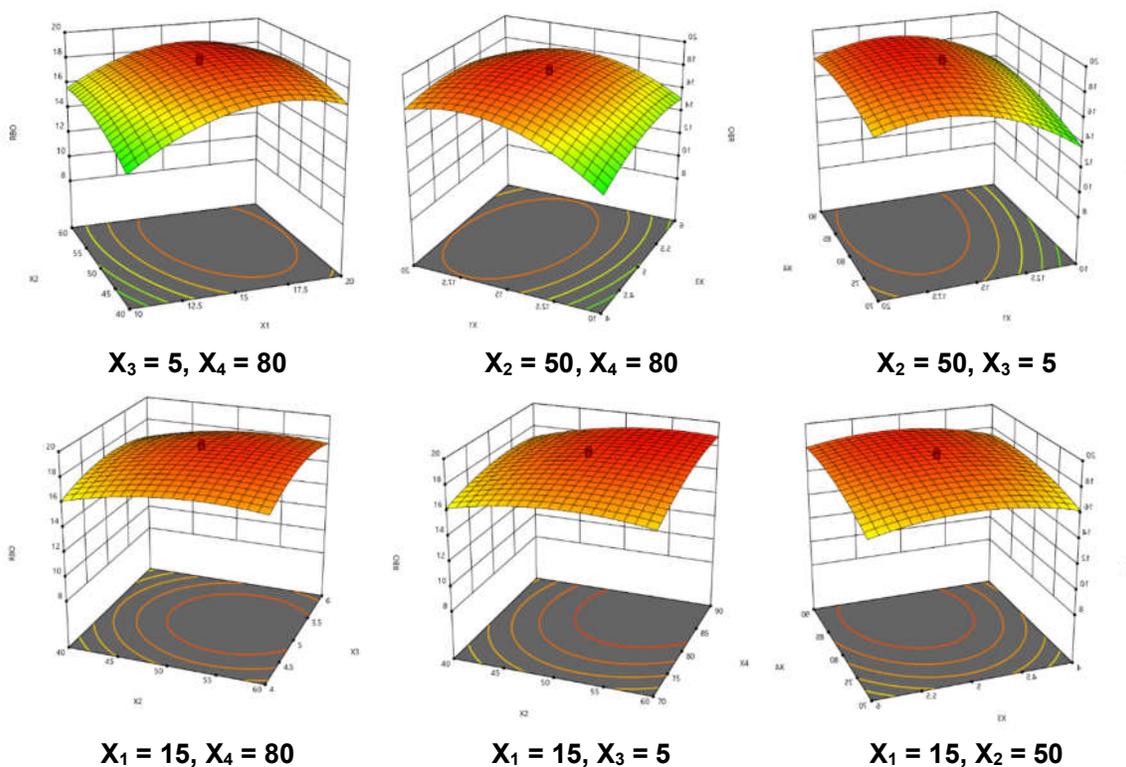
Ŷ: hiệu suất RBO dự đoán dựa trên mô hình (%);

Y': hàm lượng vitamin E thực nghiệm (mg/g RBO);

Ŷ': hàm lượng vitamin E dự đoán dựa trên mô hình (mg/g RBO).



Hình 1. So sánh hiệu suất RBO (%) và hàm lượng vitamin E (mg/g RBO) từ thực nghiệm và từ mô hình dự đoán



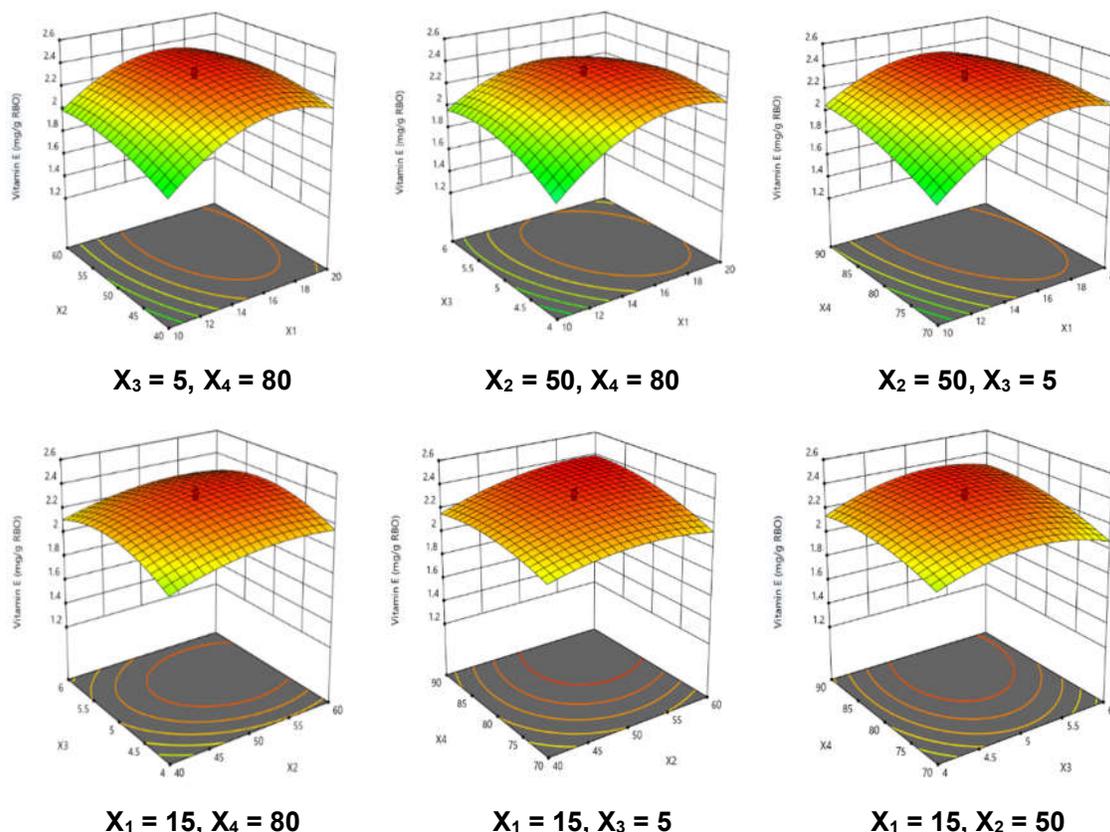
Hình 2. Kết quả ảnh hưởng của các cặp biến độc lập đến hiệu suất RBO (%)

X_1 : tỷ lệ ethanol/ cám gạo (ml/g cám gạo)

X_2 : nhiệt độ chiết ($^{\circ}\text{C}$)

X_3 : thời gian chiết (giờ)

X_4 : nồng độ ethanol (%)



Hình 3. Kết quả ảnh hưởng của các cặp biến độc lập đến hàm lượng vitamin E (mg/g RBO)

(X_1 : tỷ lệ ethanol/ cám gạo (ml/g cám gạo), X_2 : nhiệt độ chiết ($^{\circ}$ C), X_3 : thời gian chiết (giờ) và X_4 : nồng độ ethanol (%))

Bảng 3. Kết quả phân tích ANOVA cho mô hình đa thức bậc hai

Nguồn biến thiên	Tổng bình phương	Bậc tự do	Trung bình bình phương	F	p
Hiệu suất RBO					
Mô hình	197,73	14	14,14	30,57	< 0,0001
Phần dư	6,94	15	0,4626		
Sự không tương thích LOF	3,28	10	0,33	0,45	0,8679
Sai số ngẫu nhiên	3,65	5	0,7307		
Tổng số	204,87	29			
CV% = 4,49, $R^2 = 0,9661$ ($R^2_{\text{hiệu chỉnh}} = 0,9345$; $R^2_{\text{dự đoán}} = 0,8820$)					
Hàm lượng vitamin E					
Mô hình	2,91	14	0,21	26,39	< 0,0001
Phần dư	0,12	15	0,0079		
Sự không tương thích LOF	0,11	10	0,01	4,67	0,0515
Sai số ngẫu nhiên	0,0114	5	0,0023		
Tổng số	3,03	29			
CV% = 4,59, $R^2 = 0,9610$ ($R^2_{\text{hiệu chỉnh}} = 0,9246$; $R^2_{\text{dự đoán}} = 0,7916$)					

LOF: lack of fit

Mô hình toán học mô tả mối quan hệ giữa hiệu suất RBO (\hat{Y}) và hàm lượng vitamin E (\hat{Y}') với các biến mã hóa như sau:

$$\hat{Y} = 18,64 + 1,23X_1 + 0,5804X_2 + 0,1712X_3 + 0,7137X_4 - 0,3869X_1X_2 - 0,5606X_1X_3 - 0,2994X_1X_4 + 0,0194X_2X_3 + 0,2981X_2X_4 + 0,1469X_3X_4 - 2,01X_1^2 - 0,7576X_2^2 - 0,9701X_3^2 - 0,6376X_4^2$$

$$\hat{Y}' = 2,34 + 0,1484X_1 + 0,0724X_2 + 0,0465X_3 + 0,0820X_4 - 0,0336X_1X_2 - 0,0857X_1X_3 - 0,0793X_1X_4 - 0,0032X_2X_3 + 0,0437X_2X_4 + 0,0313X_3X_4 - 0,2284X_1^2 - 0,0784X_2^2 - 0,1326X_3^2 - 0,0728X_4^2$$

Hai mô hình RBO và vitamin E ($p < 0,05$) có hệ số xác định cao ($R^2 = 0,9661$ đối với hiệu suất RBO và $R^2 = 0,9610$ đối với hàm lượng vitamin E) và sự không tương thích LOF ($p > 0,05$) cho thấy có thể sử dụng mô hình để dự đoán thực nghiệm và phương trình hồi quy đã mô tả chính xác các số liệu thực nghiệm. Kết quả so sánh hiệu suất RBO và hàm lượng vitamin E thu được từ thực nghiệm với giá trị dự đoán dựa trên mô hình thể hiện ở hình 1. Kết quả phân tích ANOVA của mô hình đa thức bậc hai và điều kiện tối ưu khi hiệu suất RBO và hàm lượng vitamin E đạt tối đa (trong đó hàm lượng vitamin E có mức quan trọng cao hơn hiệu suất RBO) thể hiện ở bảng 3 và 4.

Bảng 4. Điều kiện tối ưu khi hiệu suất RBO và hàm lượng vitamin E đạt tối đa

Biến	Giá trị tối ưu	\hat{Y}	\hat{Y}'	Y	R_Y	Y'	$R_{Y'}$
X_1	16,0232	19,12	2,405	19,21 ± 0,29	99,33	2,408 ± 0,19	99,47
X_2	54,5571						
X_3	5,0822						
X_4	86,2860						

Y : hiệu suất RBO thực nghiệm (%);

\hat{Y} : hiệu suất RBO dự đoán (%);

Y' : hàm lượng vitamin E thực nghiệm (mg/g RBO);

\hat{Y}' : hàm lượng vitamin E dự đoán (mg/g RBO);

R : độ thu hồi (%);

R_Y = khối lượng RBO ở điều kiện tối ưu/khối lượng RBO ở phương pháp ngâm động;

$R_{Y'}$ = khối lượng vitamin E ở điều kiện tối ưu/khối lượng vitamin E ở phương pháp ngâm động.

4. BÀN LUẬN

Một số công trình nghiên cứu đã công bố cho thấy dung môi phân cực có tiềm năng hơn nhiều so với các dung môi kém phân cực về hàm lượng γ -oryzanol và tocol chiết được cũng như hoạt tính kháng oxy hóa toàn phần của RBO [5]. Vì những lo ngại về môi trường, ngày nay dung môi ít độc, ít gây ảnh hưởng đến môi trường được ưu tiên sử dụng. Do đó, dung môi ethanol được ứng dụng rộng rãi do dễ thu hồi, chi phí thấp và được phân loại là dung môi xanh thân thiện với môi trường.

Giá trị p liên quan đến kiểm định F của mô hình nhỏ hơn 0,05 ($p < 0,0001$). Ngoài ra, hệ số hiệu chỉnh cao ($R^2_{\text{hiệu chỉnh}} = 0,9345$ đối với hiệu suất RBO và $R^2_{\text{hiệu chỉnh}} = 0,9246$ đối với hàm lượng vitamin E) cho thấy độ tương

thích tốt của phương trình hồi quy với thực nghiệm từ đó chứng minh độ tin cậy thống kê (Bảng 3). Hệ số $R^2_{\text{hiệu chỉnh}}$ cho biết 93,45% sự biến đổi của hiệu suất RBO và 92,46% sự biến đổi của hàm lượng vitamin E là do ảnh hưởng của các biến độc lập như tỷ lệ ethanol/ cám gạo (ml/g), nhiệt độ chiết ($^{\circ}\text{C}$), thời gian chiết (giờ) và nồng độ ethanol (%); chỉ có dưới 10% sự thay đổi là do các yếu tố không xác định gây ra (sai số ngẫu nhiên). Bên cạnh đó, hệ số biến thiên CV% thấp chứng tỏ rằng các thí nghiệm được thực hiện chính xác cao. Hệ số $p_{\text{lack-of-fit}} > 0,05$ (RBO = 0,8679, vitamin E = 0,0515) của RBO và hàm lượng vitamin E chứng minh sự không tương thích là không đáng kể và mô hình có độ lặp lại tốt. Kết quả ảnh hưởng của các cặp biến độc lập đến hiệu suất RBO và hàm lượng vitamin E thể hiện ở hình 3 và 4.

Hiệu suất RBO và hàm lượng vitamin E tỷ lệ thuận và có sự tăng đáng kể khi các biến (X_1, X_2, X_3 và X_4) tăng đến giá trị tối ưu. Tuy nhiên, khi các biến tăng lớn hơn giá trị tối ưu thì hiệu suất RBO và hàm lượng vitamin E tỷ lệ nghịch và giảm đáng kể (Hình 3 và 4). Điều này có thể do các thành phần trong RBO dễ phân hủy, đặc biệt là dễ phân hủy bởi yếu tố nhiệt độ cao và thời gian chiết dài. Ngoài ra, lượng ethanol và nồng độ ethanol cần ở mức

độ thích hợp để tiết kiệm chi phí sản xuất và đảm bảo sự cân bằng giữa dung môi với cám gạo, giữa dung môi với thời gian cũng như tốc độ khuấy trong quá trình chiết để hiệu suất RBO và hàm lượng vitamin E đạt tối đa.

Trong cám gạo, RBO chiếm tỷ lệ khoảng 15 - 20% (theo Anwar và cộng sự, 2005) [6] và 10 - 26% (theo Purali và cộng sự, 2009) [7]. Mặc khác, hàm lượng vitamin E trong RBO khoảng 0,37 - 1,84 mg/g RBO (theo Xu và cộng sự, 2007) [8], 170-218 µg/g RBO (theo Schramm và cộng sự, 2007) [9] và 665 µg/g RBO (theo Al-Okbi và cộng sự, 2014) [5]. So với các nghiên cứu đã công bố, RBO và vitamin E chiết được tại điều kiện tối ưu trong cám gạo Việt Nam khá cao (19,21% RBO và 2,408 mg vitamin E/g RBO). Độ thu hồi RBO và vitamin E tại điều kiện tối ưu so với phương pháp ngâm động đạt trên 99% (Bảng 4). Kết quả nghiên cứu đã cho thấy Việt Nam có tiềm năng lớn về sản xuất RBO và vitamin E do hiệu suất RBO cũng như hàm lượng vitamin E cao và trữ lượng cám gạo ở Việt Nam khá lớn. Đặc biệt, phương pháp chiết xuất RBO và vitamin E của nghiên cứu cũng cho thấy ưu thế lớn trong giảm chi phí sản xuất do giá thành dung môi ethanol công nghiệp rẻ hơn isopropanol, methanol và hexan trong khi hiệu suất chiết tương đương nếu áp dụng phương pháp phù hợp [3]; giảm chi phí xử lý hóa chất sau sản xuất do ethanol là “dung môi xanh”; khả năng thu hồi và tái sử dụng của ethanol tốt; giảm thời gian chiết xuất so với phương pháp ngâm động, đồng thời điều kiện chiết RBO và vitamin E đã được tối ưu hóa.

5. KẾT LUẬN

RBO và vitamin E được chiết xuất bằng phương pháp ngâm kết hợp khuấy trộn với dung môi ethanol rất triển vọng để ứng dụng trong sản xuất RBO và vitamin E ở quy mô công nghiệp. Đây là một nỗ lực thực hiện khái niệm “chiết xuất xanh” an toàn cho người tiêu dùng và môi trường. Các thông số chiết xuất như tỷ lệ ethanol/ cám gạo, nhiệt độ chiết, thời gian chiết và nồng độ ethanol ảnh hưởng đến hiệu suất RBO và hàm lượng vitamin E được tối ưu hóa bằng cách sử dụng phương pháp RSM của mô hình CCD. Các giá trị dự đoán của mô hình tương đồng với giá trị thực nghiệm đã chứng

minh rằng mô hình được phát triển là hợp lý và khả thi để áp dụng trong quá trình chiết xuất RBO và vitamin E tại Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Duangkamol R., Chitti T., Sujitra S. and Kittisak K. (2021), “Effect of Subcritical Solvent Extraction Conditions on Amount of γ -Oryzanol and γ -Tocopherol in Dawk Pa-Yom Rice Bran Oil”, *Current Applied Science and Technology*, 21(1), pp. 154-164.
2. Xu Z., Hua N. and Godber J. S. (2001), “Antioxidant activity of tocopherols, tocotrienols, and gamma oryzanol components from rice bran against cholesterol oxidation accelerated by 2,2'-Azobis (2-methylpropionamide) dihydrochloride”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, pp. 2077-2081.
3. Oliveira R., Oliveira V., Aracava K. K. and Rodrigues C. E. C. (2012), “Effects of the extraction conditions on the yield and composition of rice bran oil extracted with ethanol - A response surface approach”, *Food Bioprod Process*, 90(C1), pp. 22-31.
4. Sani I. (2014), “Soxhlet extraction and physicochemical characterization of *Mangifera indica* L. Seed kernel oil”, *Research & Reviews: Journal of Food and Dairy Technology*, 2(1), pp. 20-24.
5. Al-Okbi S. Y., Ammar N. M., Mohamed D.A., Hamed I., El Desoky A. E., El Bakry H. F. and Helal A. (2014), “Egyptian rice bran oil: Chemical analysis of the main phytochemicals”, *Rivista Italiana delle Sostanze Grasse*, 91, pp. 47-58.
6. Anwar F., Tabreez A. and Zahid M. (2005), “Methodical characterization of rice (*Oryza sativa*) bran oil from Pakistan”, *Grasas Aceites* 56 Fasc, 2, pp. 125-134.
7. Purali O., Feridoun S. A. and Hiroyuki Y. (2009), “Simultaneous rice bran oil stabilization and extraction using sub-critical water medium”, *Journal of Food Engineering*, 95, pp. 510-516.
8. Xu Y. X., Hanna M. A. and Josiah S. J. (2007), “Hybrid hazelnut oil characteristics and its potential oleochemical application”, *Industrial Crops and Products*, 26, pp. 69-76.
9. Schramm R. C., Alicia M., Na H. and Marybeth L. (2007), “Fractionation of the rice bran layer and quantification of vitamin E, oryzanol, protein, and rice bran saccharide”, *Journal of Biological Engineering*, 1, pp. 9.