

TỐI ƯU HÓA QUÁ TRÌNH THỦY PHÂN PECTIN CÓ TRONG DỊCH ÉP THANH LONG RUỘT ĐỎ BẰNG ENZYME PECTINASE

Trương Bảo Ngọc, Đặng Thúy Mùi, Trần Thị Phương Kiều,
Lê Hạnh Uyên, Nguyễn Ngọc Kim Ngân, Ngô Thị Kim Trân,
Phạm Hoàng Tiến Khang, Phạm Văn Thịnh*

Trường Đại học Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh

*Email: thinhpv@huit.edu.vn

Ngày nhận bài: 25/4/2024; Ngày chấp nhận đăng: 25/6/2024

TÓM TẮT

Mục tiêu của nghiên cứu này nhằm xác định ảnh hưởng của các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình thủy phân pectin có trong dịch ép trái thanh long thông qua xác định các nhân tố ảnh hưởng đến quá trình thủy phân bao gồm Nhiệt độ thủy phân (45 - 55 °C) và thời gian thủy phân (90 - 150 phút), hàm lượng enzyme (0,1 - 0,3%). Qua đó, dịch ép trong hơn và thuận lợi hơn cho sự phát triển nấm men trong quá trình lên men rượu vang thanh long. Kết quả nghiên cứu cho thấy tại điều kiện tối ưu ở nhiệt độ 48 °C, thời gian thủy phân 118,5 phút và hàm lượng enzyme là 0,188% thì độ truyền suốt cực đại là 77,42%. Sai lệch so với phần mềm dự đoán là 0,54%.

Từ khóa: Thanh long, pectin, thủy phân, enzyme.

1. MỞ ĐẦU

Cây thanh long (tên tiếng Anh là Pitahaya, hay còn gọi là Dragon fruit), thuộc họ Xương rồng Cactaceae, có nguồn gốc ở các vùng sa mạc thuộc Mexico và Colombia [1]. Thanh long ruột đỏ (*Hylocereus polyrhizus*) nói riêng có hàm lượng nước cao, giàu chất xơ và chứa nhiều nguyên tố dinh dưỡng bao gồm vitamin, khoáng chất cùng các hợp chất chống oxy hóa, đặc biệt là flavonoid, polyphenol và betalain [2]. Trên thế giới cũng như ở Việt Nam hiện cũng đã có một số công trình nghiên cứu trên đối tượng quả thanh long, nhằm định hướng ứng dụng những kết quả nghiên cứu vào thực tế sản xuất cụ thể như: Nur'Aliaa và các đồng nghiệp năm 2011 đã khảo sát tác động của các enzyme thương mại, ví dụ như Pectinex Ultra SP-L và Pectinex CLEAR đối với thành phần hóa học, vitamin C và hàm lượng polyphenol tổng số trong nước ép quả thanh long đỏ (*Hylocereus polyrhizus*). Kết quả cho thấy quá trình thủy phân sử dụng Pectinex CLEAR làm cho nước ép có hàm lượng protein cao hơn. Hàm lượng protein sau khi xử lý tăng lên 2,20% w/w - 0,23% w/w so với nước ép thô. Hàm lượng vitamin C trong các mẫu được xử lý bị giảm nhẹ do xử lý nhiệt. Tuy nhiên, lượng phenolics cao hơn một chút lên tới 7% trong các mẫu được xử lý, điều này cho thấy nước giải khát thanh long có nhiều khả năng chống oxy hóa hơn so với trái cây chưa qua chế biến [3] Hay gần đây nhất nhóm tác giả Đào Tân Phát và các đồng nghiệp (2023) đã nghiên cứu ảnh hưởng của việc bổ sung pectinase đến chất lượng nước ép thanh long ruột đỏ. Kết quả cho thấy nồng độ pectinase ở mức 5% và thời gian thủy phân trong 25 phút cho hiệu suất thủy phân cao nhất (88,16 ± 0,05)%, hàm lượng pectin tồn dư thấp (0,49 ± 0,02) g, độ nhớt thấp (1,15 ± 0,06) cP và hàm lượng betacyanin cao. Hàm lượng (20,06 ± 0,02) mg/100 mL và hàm lượng phenolic tổng số

(88,68 ± 0,46) mg/100 mL trong dung dịch thu hồi. Những phát hiện này cung cấp những kiến thức cần thiết cho quá trình chế biến đồ uống từ nước ép thanh long [4].

Mục tiêu của nghiên cứu này nhằm tối ưu hóa một số yếu tố ảnh hưởng tới quá trình thủy phân pectin của enzyme *pectinase* bao gồm nhiệt độ thủy phân, thời gian thủy phân, hàm lượng enzyme nhằm nâng cao hiệu quả quá trình thủy phân giúp loại bỏ tối đa thành phần pectin có trong dịch ép trái thanh long nhằm tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình lên men rượu vang cũng như tạo độ trong cho sản phẩm, nâng cao giá trị cảm quan cho sản phẩm.

2. NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên vật liệu và hóa chất

Thanh long: Thanh long ruột đỏ với vỏ hồng được trồng tại Bình Thuận. Kích cỡ trung bình mỗi quả thanh long ruột đỏ từ 300 đến 400 g/quả. Vận chuyển về phòng thí nghiệm Trung tâm Thí nghiệm Thực hành, Trường Đại học Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh.

Enzyme pectinase: Hoạt tính > 60.000 U/g, phạm vi hoạt động từ pH 3,0 đến 5,0; phạm vi nhiệt độ hiệu quả là từ 25 - 65 °C.

2.2. Phương pháp thí nghiệm

Mỗi thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với 3 lần lặp lại. Số liệu thu thập được xử lý bằng phần mềm Microsoft Excel và JMP Pro 17.

Các thí nghiệm lần lượt được bố trí và tiến hành như sau:

Thí nghiệm 1: Khảo sát sự ảnh hưởng của nhiệt độ đến khả năng thủy phân pectin [5]

Chuẩn bị dịch quả thanh long sau khi được xử lý, ép và lọc. Bổ sung 0,2% enzyme pectinase và đem ủ trong máy ổn nhiệt ở các khoảng nhiệt độ: 40 - 55 °C trong thời gian 90 phút. Hiệu quả của quá trình thủy phân được đánh giá bằng phương pháp đo quang phổ UV-Vis ở bước sóng $\lambda = 660$ nm.

Thí nghiệm 2: Khảo sát sự ảnh hưởng của thời gian đến khả năng thủy phân pectin [5]

Dịch ép thanh long sau khi bổ sung 0,2% enzyme pectinase, đem ủ trong máy ổn nhiệt ở nhiệt độ tối ưu từ thí nghiệm 1 trong các khoảng thời gian 60 - 150 phút. Sau đó tiến hành lọc và đánh giá hiệu quả thủy phân bằng phương pháp đo quang phổ UV-Vis ở bước sóng $\lambda = 660$ nm.

Thí nghiệm 3: Khảo sát sự ảnh hưởng của hàm lượng enzyme đến khả năng thủy phân pectin [5]

Dịch ép trái thanh long sau khi lọc, sẽ được bổ sung hàm lượng enzyme pectinase ở các mức 0,1 - 0,4% và đem ủ trong máy ổn nhiệt ở nhiệt độ của thí nghiệm 1 trong khoảng thời gian tối ưu thí nghiệm 2. Sau đó lọc và tiến hành đánh giá hiệu quả bằng phương pháp đo quang phổ UV-Vis ở bước sóng $\lambda = 660$ nm.

Thí nghiệm 4: Tối ưu hóa quá trình tiền xử lý enzyme bằng phương pháp bề mặt đáp ứng [6, 7]

Trong quá trình nghiên cứu, các yếu tố khảo sát có thể ảnh hưởng đến độ truyền suốt và chúng có tác động độc lập hoặc tương tác với nhau. Phương pháp Response Surface Method (RSM) được sử dụng để đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến độ truyền suốt.

Mục đích của thí nghiệm này là nghiên cứu ảnh hưởng của quá trình thủy phân tìm ra phương trình hồi quy biểu diễn sự ảnh hưởng đồng thời của ba yếu tố nhiệt độ thủy phân (°C) và thời gian thủy phân (phút), hàm lượng enzyme (%) đến hàm mục tiêu là độ truyền suốt. Song song đó, xác định nhiệt độ thủy phân (°C) và thời gian thủy phân (phút), hàm lượng enzyme (%) tối ưu để quá trình thủy phân đạt hàm mục tiêu là độ truyền suốt là cao nhất.

Nhiệt độ thủy phân (45 - 55 °C) và thời gian thủy phân (90 - 150 phút), hàm lượng enzyme

(0,1 - 0,3%) là các giá trị tại tâm. Mô hình thực nghiệm được áp dụng theo mô hình Box-Behnken, với sự hỗ trợ từ phần mềm Desgin Expert 13.0 với 15 thí nghiệm (3 thí nghiệm tại tâm) để phân tích kế hoạch thực nghiệm và dữ kiện quá trình.

Bảng 1. Các mức giá trị khảo sát của yếu tố sử dụng trong mô hình

Tên yếu tố	Ký hiệu	Mức độ		
		-1	0	+1
Nhiệt độ thủy phân (°C)	A	45	50	55
Thời gian thủy phân (phút)	B	90	120	150
Hàm lượng enzyme (%)	C	0,1	0,2	0,3

Các biến độc lập: A là yếu tố nhiệt độ thủy phân (°C), B là yếu tố thời gian thủy phân (phút), C là yếu tố hàm lượng enzyme (%) và biến phụ thuộc hàm lượng độ truyền suốt (Response 1). Các biến điều hành được xem xét ở ba cấp độ là thấp (-1), trung tâm (0) và cao (+1).

2.3. Các chỉ tiêu theo dõi và phương pháp phân tích

Phương pháp đo độ truyền suốt

Nguyên tắc:

Độ truyền suốt hay độ truyền suốt dựa trên việc đo cường độ dòng ánh sáng bị hấp thu hoặc khuếch tán bởi hệ keo được điều chế từ chất cần phân tích. Được đo bằng máy UV-Vis ở bước sóng 660 nm [9].

Cách thực hiện

Chuẩn bị dịch quả sau khi được xử lý, ép và lọc. Sau đó đem đi phối trộn và điều chỉnh các thông số cần khảo sát, thực hiện quá trình lên men sau đó tiến hành đánh giá hiệu quả bằng phương pháp đo quang phổ UV-vis ở bước sóng $\lambda = 660$ nm.

Tính kết quả

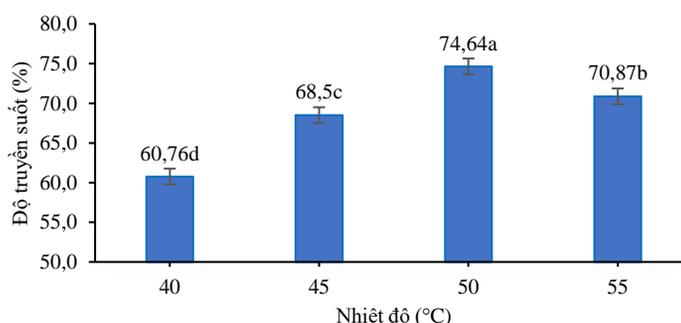
$$\%T = 100 \cdot 10^{-A}$$

Trong đó: A là độ hấp thụ quang ở bước sóng 660 nm [8].

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả khảo sát sự ảnh hưởng của nhiệt độ đến khả năng thủy phân pectin

Ảnh hưởng của yếu tố nhiệt độ đến khả năng thủy phân pectin bằng enzyme pectinase thông qua độ truyền suốt được trình bày ở Hình 1.



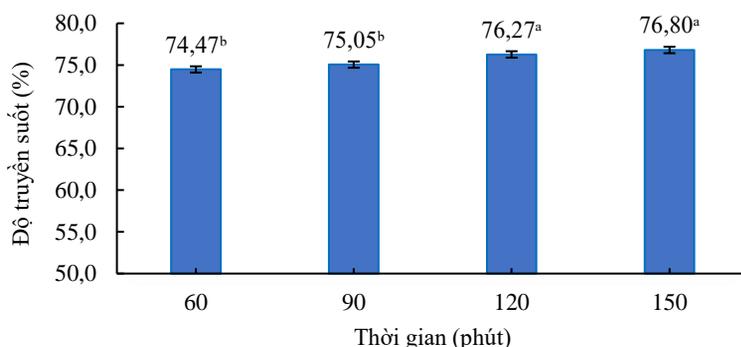
Hình 1. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến khả năng thủy phân pectin

Nhiệt độ thủy phân tăng từ 40 °C đến 55 °C đã giúp làm tăng độ truyền suốt. Độ truyền suốt đạt giá trị cao nhất tại nhiệt độ 50 °C với kết quả ghi nhận được lần lượt là 74,65%,

68,50% và 60,77%. Nhiệt độ thủy phân 50 °C có thể gần với nhiệt độ tối ưu. Kết quả này phù hợp với kết quả đã được công bố trước đó của nhóm tác giả Hoàng Quang Bình và cộng sự (2002) [10] khi tiến hành nghiên cứu điều kiện thủy phân dịch quả thanh long ruột đỏ (*Hylocereus polyrhizus*). Các phân tử enzyme có động năng lớn, tăng phản ứng giữa enzyme và cơ chất. Nhiệt độ tăng làm giảm độ nhớt dịch quả, tăng khả năng phân tán của enzyme trong dịch quả, tăng cơ hội tiếp xúc giữa enzyme với cơ chất. Nghiên cứu của một số tác giả cho thấy enzyme *Pectinase* có hiệu quả tốt khi thủy phân dịch quả: xương rồng [11], sơ ri [12], xoài [5] tại nhiệt độ 50 °C.

3.2. Kết quả khảo sát sự ảnh hưởng của thời gian đến khả năng thủy phân pectin

Ảnh hưởng của yếu tố thời gian đến khả năng thủy phân pectin bằng enzyme *pectinase* thông qua độ truyền suốt được trình bày ở Hình 2.

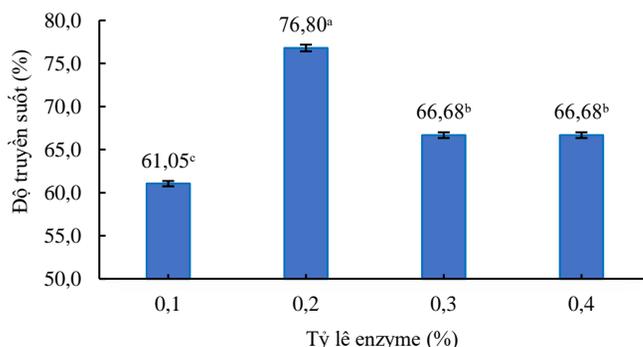


Hình 2. Ảnh hưởng của thời gian đến khả năng thủy phân pectin

Khi tăng thời gian thủy phân từ 60 đến 150 phút, tất cả các chỉ tiêu theo dõi đều tăng, tuy nhiên không có sự khác biệt về thống kê ($p > 0,05$) ở độ truyền suốt giữa các mẫu thủy phân trên 60 - 90 phút. Trong quá trình thủy phân dịch quả, enzyme *pectinase* có thể đã làm đứt gãy pectin, cellulose từ đó phá vỡ thành tế bào thực vật; điều này dẫn đến tăng khả năng giải phóng dịch quả cũng như các chất hòa tan [10]. Sau 120 phút thủy phân, có thể lúc này lượng enzyme đã không còn đủ để phản ứng với cơ chất; do đó không có sự thay đổi nhiều về giá trị ở các chỉ số khảo sát. Thủy phân dịch quả thanh long ruột đỏ trong 120 phút cho độ truyền suốt tối ưu (76,27%).

3.3. Kết quả khảo sát sự ảnh hưởng của hàm lượng enzyme đến khả năng thủy phân pectin

Ảnh hưởng của yếu tố hàm lượng enzyme đến khả năng thủy phân pectin bằng enzyme *pectinase* thông qua độ truyền suốt được trình bày ở Hình 3.



Hình 3. Ảnh hưởng của hàm lượng enzyme đến khả năng thủy phân pectin

Kết quả Hình 3 cho thấy độ truyền suốt đạt cao nhất ở tỷ lệ enzyme 0,2%. Kết quả này phù hợp với công bố của nhóm tác giả Nguyễn Nhật Minh Phương và cộng sự khi nghiên cứu ảnh hưởng hoạt động thủy phân pectin của chế phẩm enzyme *pectinase* [5]. Khi tăng nồng độ enzyme thì khả năng tiếp xúc của enzyme với cơ chất cũng tăng lên dẫn đến hiệu suất thủy phân tăng. Tuy nhiên, khi tăng hàm lượng enzyme lên quá cao thì hiệu suất tăng thêm không nhiều và không có lợi về mặt kinh tế [4]. Trong trường hợp thừa cơ chất, nồng độ enzyme tăng đã làm tăng tốc độ phản ứng. Lúc này, tốc độ phản ứng phụ thuộc tuyến tính với lượng enzyme; nồng độ enzyme càng lớn lượng cơ chất bị biến đổi nhiều. Tuy nhiên, khi nồng độ enzyme bão hòa với nồng độ cơ chất, vận tốc phản ứng không thay đổi hoặc không tăng thêm khi tăng nồng độ enzyme [13]. Vậy theo kết quả nghiên cứu hàm lượng enzyme sử dụng là 0,2% là kết quả tối ưu và sẽ được sử dụng cho các thí nghiệm tiếp theo.

3.4. Kết quả khảo sát thực nghiệm các thông số tối ưu hóa quá trình thủy phân pectin bằng phương pháp bề mặt đáp ứng

Giá trị thực nghiệm của 15 thí nghiệm RSM được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2. Giá trị thực nghiệm của 15 thí nghiệm RSM

STD	Run	A: Nhiệt độ thủy phân (%)	B: Thời gian thủy phân (phút)	C: Hàm lượng enzyme (%)	Response 1 độ truyền suốt (%)
9	1	50	90	0,1	44,86
12	2	50	150	0,3	41,97
13	3	50	120	0,2	76,46
3	4	45	150	0,2	49,11
8	5	55	120	0,3	20,22
6	6	55	120	0,1	25,15
11	7	50	90	0,3	40,44
10	8	50	150	0,1	43,16
4	9	55	150	0,2	19,54
7	10	45	120	0,3	47,75
2	11	55	90	0,2	27,02
15	12	50	120	0,2	76,80
5	13	45	120	0,1	48,43
1	14	45	90	0,2	46,22
14	15	50	120	0,2	76,97

Để xác định tầm quan trọng của mỗi hệ số, giá trị F-value và " Prob. > F" (giá trị p-value) được tính toán thông qua phần mềm xử lý số liệu ANOVA theo mô hình Box-Behnken. Bảng 3 trình bày kết quả ANOVA của mô hình cùng với giá trị kết quả thống kê của từng yếu tố.

Mô hình có kết quả F-value là 853,24 cho thấy rằng mô hình Box-Behnken có ý nghĩa quan trọng. Trong đó, giá trị p-value < 0,0001, mô hình thể hiện chỉ có chưa tới 0,01% khả năng giá trị F lớn như vậy có thể xảy ra do nhiễu. Giá trị p-value < 0,05 thể hiện yếu tố có ảnh hưởng có ý nghĩa thống kê đối với kết quả của mô hình. Nếu mô hình có nhiều yếu tố có giá trị p-value > 0,10 thì có thể làm giảm độ chính xác. Khi thiết kế, cần loại bỏ các yếu tố có p-value > 0,10 để cải thiện ý nghĩa thống kê của mô hình. Trong mô hình này, các yếu tố A²,

B^2 , C^2 có p-value < 0,05 nên trong quá trình thủy phân, thay đổi các yếu tố này sẽ ảnh hưởng có ý nghĩa thống kê đến độ truyền suốt của dịch ép thanh long.

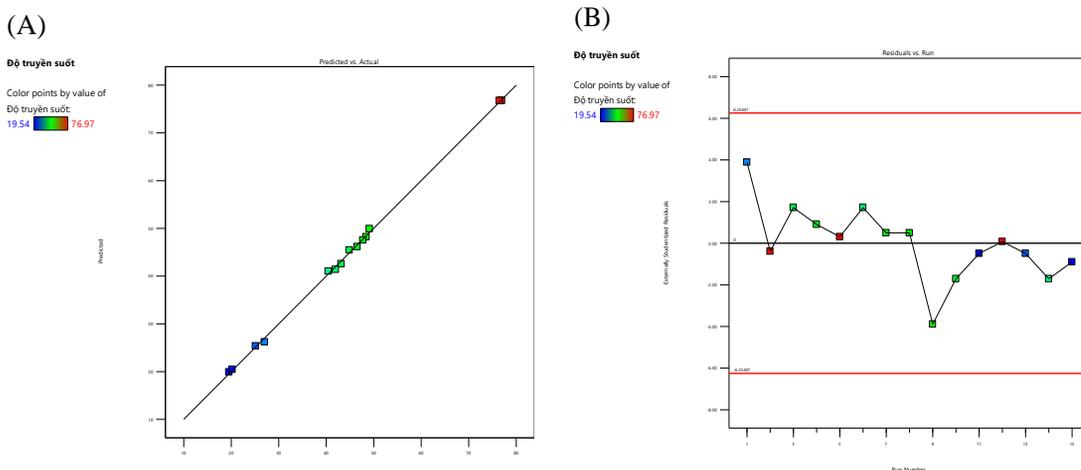
Bảng 3. Phân tích ANOVA cho mô hình hồi quy (Độ truyền suốt)

Nguồn	Tổng bình phương	Trung bình bình phương các sai số	Tỷ lệ -F	Giá trị -p	Nhận xét
Mô hình	5065,34	562,82	853,24	< 0,0001	Có ý nghĩa
A-Nhiệt độ thủy phân	1247,00	1247,00	1890,48	< 0,0001	
B-Thời gian thủy phân	3,20	3,20	4,85	0,0788	SD = 0,8122
C-Hàm lượng enzyme	15,74	15,74	23,86	0,0045	Mean = 45,63
AB	25,35	25,35	38,43	0,0016	CV (%) = 1,78
AC	4,52	4,52	6,85	0,0473	$R^2 = 0,9993$
BC	2,61	2,61	3,95	0,1034	$R^2(\text{adj.}) = 0,9982$
A^2	2163,78	2163,78	3280,32	< 0,0001	AP = 85,70
B^2	1065,56	1065,56	1615,41	< 0,0001	
C^2	1085,73	1085,73	1645,98	< 0,0001	
Dư	3,30	0,6596			
Không phù hợp	3,16	1,05	15,64	0,0607	Không đáng kể
Lỗi thuần túy	0,1349	0,0674			
Tổng cộng	5068,63				

Hệ số hồi quy (R^2) tính được là 0,9993 cho thấy có 99,93% số liệu thực nghiệm tương thích với số liệu tiên đoán theo mô hình. Theo Samart Sai-Ut và cộng sự (2015), giá trị $R^2 > 0,75$ thể hiện mô hình được xây dựng tương thích với thực nghiệm [14]. Ngoài ra, mô hình RSM có độ chính xác thích hợp với adequate precision (AP) = 85,700. Giá trị adequate precision được sử dụng để định hướng cho không gian thiết kế, nếu lớn hơn 4,0 là mô hình này có thể được sử dụng. Hệ số biến thiên (coefficient of variation) là thước đo thống kê độ phân tán của các dữ liệu trong một chuỗi dữ liệu so với giá trị trung bình. Giá trị CV (%) của điểm cảm quan trong 15 thí nghiệm RSM là 1,78% < 10% nên độ phân tán của kết quả RSM này chấp nhận được.

Giá trị Lack of Fit của mô hình có p-value = 0,0607 ($P > 0,05$), cho thấy sự sai khác giữa giá trị dự đoán của mô hình và giá trị thực tế không có ý nghĩa thống kê với độ tin cậy 95%. Vì vậy, phương trình hồi quy tuyến tính dự đoán độ truyền suốt thu được sau thủy phân là đáng tin cậy và có thể sử dụng để dự đoán trước các nghiệm thức cho ra độ truyền suốt cao.

Ngoài ra, một số yếu tố khác cũng được sử dụng để đánh giá mô hình hoàn toàn tương thích tốt với kết quả thực nghiệm hay không dựa trên các biểu đồ thực nghiệm và dự đoán (predicted and actual value plots) và các biểu đồ phân bố ngẫu nhiên của các lần thí nghiệm (residuals versus runs models).



Hình 4. Biểu đồ giá trị thực nghiệm – dự đoán (A) và phân bố ngẫu nhiên (B) của 15 thí nghiệm

*Tối ưu hóa các tham số thủy phân

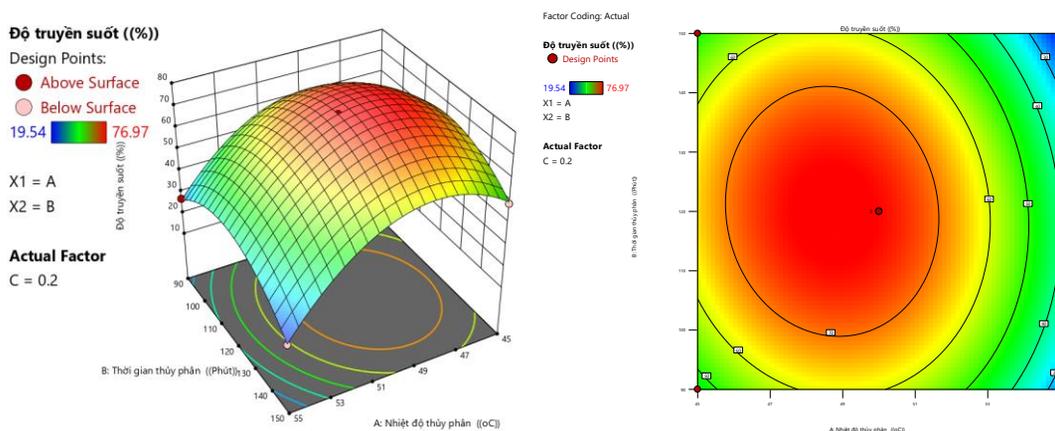
Mối quan hệ giữa độ truyền suất và các biến độc lập A, B từ phần mềm Design-Expert 13 biểu thị trong phương trình hồi quy thực tế (Final Equation in Terms of Actual Factors) như sau:

$$\text{Độ truyền suất (\%)} = 76,74 - 12,49*A - 24,21*A^2 - 16,99*B^2 - 17,15*C^2$$

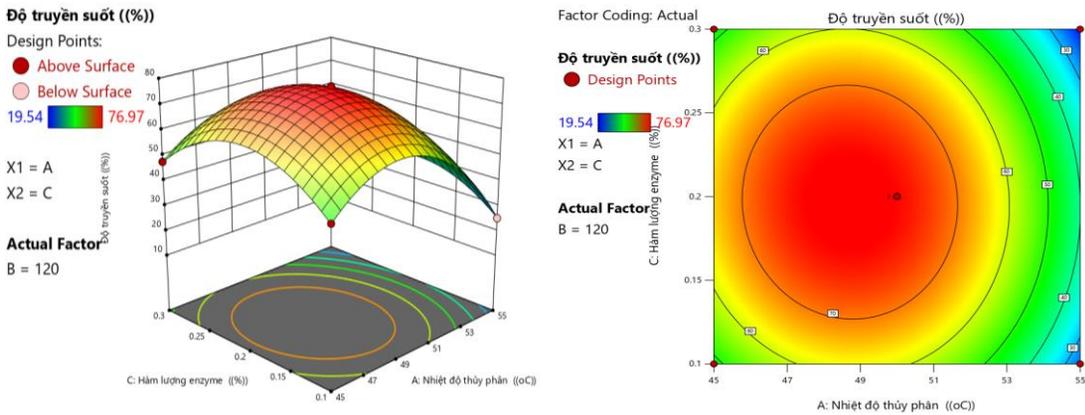
A = Nhiệt độ thủy phân (°C)

B = Thời gian thủy phân (phút)

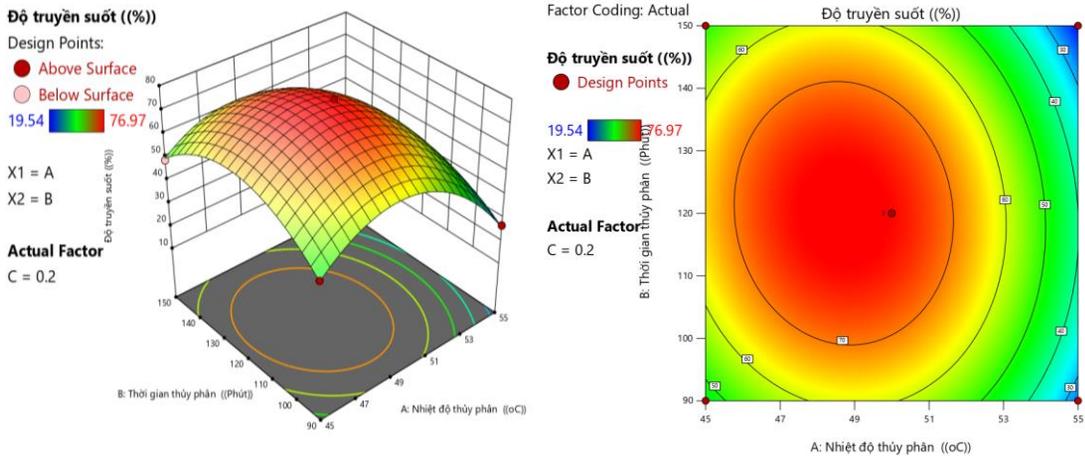
C = Hàm lượng enzyme (%)



Sự tác động giữa thời gian thủy phân và nhiệt độ thủy phân tới độ truyền suất



Tác động của hàm lượng enzyme và nhiệt độ thủy phân tới độ truyền suất



Tác động của thời gian thủy phân và nhiệt độ thủy phân tới độ truyền suất

Hình 5. Biểu đồ bề mặt phản ứng 2D và 3D về mối quan hệ tương tác của độ truyền suất với nhiệt độ thủy phân, thời gian thủy phân, hàm lượng enzyme

Ảnh hưởng của các yếu tố đến quá trình thủy phân với độ truyền suất cao nhất được mô tả bằng biểu đồ đáp ứng bề mặt hai chiều và ba chiều: vùng màu đỏ biểu thị hàm lượng quan cao nhất, trong khi vùng màu xanh biểu thị kết quả thấp hơn.

Hình 5 thể hiện sự tương tác giữa 3 yếu tố (A) nhiệt độ thủy phân, (B) thời gian thủy phân, (C) hàm lượng enzyme lên độ truyền suất trong quá trình thủy phân dịch ép thanh long. Sự biến thiên của thang màu trong biểu đồ, ta thấy khi thay đổi giá trị của ba yếu tố này thì độ truyền suất cũng thay đổi theo. Đầu tiên, ta xét mỗi ảnh hưởng của nhiệt độ thủy phân đến độ truyền suất. Có thể thấy rằng nhiệt độ thủy phân tương tác thuận với độ truyền suất. Khi nhiệt độ thủy phân tăng, độ truyền suất cũng tăng, nhưng khi vượt quá 48 °C, độ truyền suất lại giảm. Kế đến là thời gian thủy phân, khi thời gian thủy phân tăng từ 90 đến 120 phút, thì độ truyền suất tăng và đạt cực đại tại thời gian 118,57 phút. Tuy nhiên, nếu tiếp tục tăng thời gian thủy phân, độ truyền suất giảm do đó thời gian siêu âm ảnh hưởng nhiều đến độ truyền suất. Tiếp theo là hàm lượng enzyme khi tăng hàm lượng enzyme từ 0,1 đến 0,2% thì độ truyền suất

tăng, tuy nhiên khi tăng quá hàm lượng 0,2% thì độ truyền suốt có xu hướng giảm, nguyên nhân có thể do hàm lượng enzyme cao quá ảnh hưởng tới màu sắc của dịch ép.

Mô hình đáp ứng bề mặt (Hình 5) thể hiện sự tương tác của từng cặp yếu tố và dựa vào mô hình này có thể xác định được giá trị tối ưu của từng yếu tố ảnh hưởng làm cho hàm đáp ứng đạt giá trị cực đại. Kết quả cho thấy độ truyền suốt đạt cực đại là 77,32% khi nhiệt độ thủy phân đạt 47,77 °C, thời gian thủy phân 118,57 phút và hàm lượng enzyme là 0,188%.

Để tiện cho phần thực nghiệm, chúng tôi tiến hành thực nghiệm tại điều kiện tối ưu ở nhiệt độ 48 °C, thời gian thủy phân 118,5 phút và hàm lượng enzyme là 0,188 % thì độ truyền suốt cực đại là 77,42%. Sai lệch so với phạm mềm dự đoán là 0,54%.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy, điều kiện thích hợp để tiến hành quá trình thủy phân dịch ép thanh long bằng enzyme *pectinase* là ở nhiệt độ 48 °C, thời gian thủy phân 118,5 phút và hàm lượng enzyme là 0,188%. Khi đó độ truyền suốt cực đại là 77,42%. Sai lệch so với phạm mềm dự đoán là 0,54%. Qua đó cho thấy hiệu quả của việc sử dụng enzyme *pectinase* là khá cao, điều này sẽ góp phần quan trọng giúp nâng cao hiệu quả của quá trình lên men cũng như nâng cao giá trị cảm quan cho sản phẩm nước ép lên men từ trái thanh long.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Prisa D. - Pitahaya a new superfood: Cultivation methods and medicinal properties of the fruit, *Indian Journal of Natural Sciences* **12** (70) (2022) 37731-37741.
2. Safira A., Savitri S.L., Putri A.R.B., Hamonangan J.M., Safinda B., Solikhah T., Khairullah A.R., Puspitarani G.A. - Review on the pharmacological and health aspects of *Hylocereus* or Pitaya: An update, *Journal of Drug Delivery and Therapeutics* **11** (6) (2021) 297–303. <http://dx.doi.org/10.22270/jddt.v11i6.5181>
3. Nur'Aliaa A. R., Siti Mazlina M. K., and Taip F. S. - Effects of commercial pectinases application on selected properties of red pitaya juice, *Journal of Food Process Engineering* **34** (5) (2011) 1523-1534. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2009.00388.x>
4. Dao T. P, Nguyen L. P. U, Le D. T, Tran T. Y. N, and Huynh X. P. - Effects of pectinase treatment on the quality of red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) juice, *International Food Research Journal* **30** (4) (2023) 945-952. <https://doi.org/10.47836/ifrj.30.4.12>
5. Nguyễn Nhật Minh Phương, Chế Văn Hoàng, Lý Nguyễn Bình, Châu Trần Diễm Ái - Tác động enzyme pectinase đến khả năng trích ly dịch quả và các điều kiện lên men đến chất lượng rượu vang xoài sau thời gian lên men chính, *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ* **20a** (2011) 127-136.
6. Raina N., Slathia P.S., and Sharma P. - Response surface methodology (RSM) for optimization of thermochemical pretreatment method and enzymatic hydrolysis of deodar sawdust (DS) for bioethanol production using separate hydrolysis and co-fermentation (SHCF), *Biomass Convers Biorefin* **12** (11) (2022) 5175-5195. <https://doi.org/10.1007/s13399-020-00970-0>
7. Kaur S., Sarkar B.C., Sharma H. K., and Singh C. - Optimization of enzymatic hydrolysis pretreatment conditions for enhanced juice recovery from guava fruit using response surface methodology, *Food and Bioprocess Technology* **2** (1) (2009) 96-100 <https://doi.org/10.1007/s11947-008-0119-1>

8. Cai M., Xie C., Lv Y., Yang K., and Sun P. - Changes in physicochemical profiles and quality of apple juice treated by ultrafiltration and during its storage, *Food Science & Nutrition* **8** (6) (2020) 2913-2919. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1593>
9. Chauhan S., Vohra A., Lakhanpal A., and Gupta R. - Immobilization of commercial pectinase (Polygalacturonase) on celite and its application in juice clarification, *Journal of Food Processing and Preservation* **39** (6) (2015) 2135-2141. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12457>
10. Hoàng Quang Bình, Dương Thị Ngọc Diệp, Lê Thị Như và Mai Thanh Tòng - Nghiên cứu điều kiện thủy phân dịch quả thanh long ruột đỏ (*Hylocereus polyrhizus*) và thử nghiệm lên men rượu, *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ* **56** (3B) (2020) 86-92. <https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2020.057>
11. Davara P. R, Varshney A. K, Naliapara V. A, and Sangani V. P. - Response surface modeling of prickly pear juice clarification, *Advances in Food Science and Engineering* **1** (2) (2017) 81-93. <https://dx.doi.org/10.22606/afse.2017.12004>
12. Mai Thanh Trung, Nguyễn Vương Tường Vân, Nguyễn Công Hà, Lê Nguyễn Đoàn Duy - Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng trích ly dịch quả sơ ri (*Magnolyophyta glabra*) bằng enzyme, *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, Phần B: Nông nghiệp, Thủy sản và Công nghệ Sinh học* **42** (2016) 11-18. <https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2016.011>
13. Edwards V.H. - The influence of high substrate concentrations on microbial kinetics, *Biotechnology and Bioengineering* **12** (5) (1970) 679-712. <https://doi.org/10.1002/bit.260120504>
14. Sai-Ut S., Benjakul S., Kraithong S., and Rawdkuen S. - Optimization of antioxidants and tyrosinase inhibitory activity in mango peels using response surface methodology, *LWT - Food Science and Technology* **64** (2) (2015) 742-749. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.06.003>

ABSTRACT

OPTIMIZING THE HYDROLYSIS OF PECTIN IN RED DRAGON FRUIT USING THE PECTINASE ENZYME

Trương Bảo Ngọc, Đặng Thúy Mùi, Trần Thị Phương Kiều, Lê Hạnh Uyên,
Nguyễn Ngọc Kim Ngan, Ngô Thị Kim Trần, Phạm Hoàng Tiên Khang, Phạm Văn Thịnh*
Ho Chi Minh City University of Industry and Trade, Ho Chi Minh City, Vietnam
*Email: thinhpv@huit.edu.vn

The objective of this study is to determine the influence of factors affecting the hydrolysis of pectin in dragon fruit juice by deciding factors affecting the hydrolysis process, including hydrolysis temperature (45 - 55 °C) and hydrolysis time (90 - 150 minutes), and enzyme content (0.1 - 0.3%). Thereby, the juice is more transparent and more favorable for yeast growth during dragon fruit wine fermentation. Research results show that at optimal conditions at a temperature of 48 °C, hydrolysis time of 118.5 minutes, and enzyme content of 0.188%, the maximum transmittance is 77.42%. The deviation from the prediction software is 0.54%.

Keywords: Dragon fruit, pectin, hydrolysis, enzymes.