

Tối ưu hoá quá trình thủy phân Pectin dịch ép chanh dây bằng Enzyme Pectinase

Trần Thị Phương Kiều¹, Lê Hữu Thành¹, Phạm Quang Hưng¹, Nguyễn Huỳnh Trung Đức¹, Lê Hạnh Uyên², Phạm Văn Thịnh^{1*}

¹Trường Đại học Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh

²Viện Ứng dụng Công nghệ và Phát triển bền vững – Trường Đại học Nguyễn Tất Thành

*thinhpv@huit.edu.vn

Tóm tắt

Chanh dây là loại trái cây nhiệt đới giàu chất chống oxy hóa, thường bị dư thừa trong mùa thu hoạch do thời gian chín tập trung và điều kiện bảo quản kém. Nhằm tận dụng nguồn nguyên liệu này, nghiên cứu tiến hành khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ (35–55°C), thời gian (120–240 phút), và pH (3–5) đến quá trình thủy phân pectin trong dịch ép chanh dây – nhằm làm trong dịch quả và tạo điều kiện thuận lợi cho việc ứng dụng dịch ép chanh dây để chế biến các sản phẩm như nước giải khát, rượu vang. Kết quả cho thấy điều kiện tối ưu là pH 4.0, 45°C, trong 150,28 phút, đạt độ truyền suốt 97,72%, sai lệch so với dự đoán là 0,37%.

Nhận 25/06/2025

Được duyệt 30/08/2025

Công bố 26/11/2025

Từ khóa
chanh dây, enzyme
pectinase, rượu vang,
thủy phân

© 2025 Journal of Science and Technology - NTTU

1. Mở đầu

Trong những năm gần đây đồ uống lên men từ nguyên liệu tự nhiên đang nhận được sự quan tâm rộng rãi từ giới khoa học lẫn người tiêu dùng. Chanh dây tím (*Passiflora edulis Sims*) là loài rất giàu vitamin C, polyphenol và flavonoid. Các nghiên cứu chỉ ra rằng các hợp chất này có khả năng trung hòa gốc tự do, hỗ trợ tim mạch, tăng cường hệ miễn dịch và chậm quá trình lão hóa, đặc biệt trong vỏ và hạt chanh dây cung cấp một lượng đáng kể kali, đồng, magie, kẽm và sắt. Giá trị dinh dưỡng cho thấy chúng có thể đóng góp tích cực vào chế độ ăn uống vì chúng cung cấp một lượng đáng kể chất xơ và vitamin C cũng như một số khoáng chất quan trọng, bên cạnh một số hoạt tính sinh học có khả năng chống viêm, chống oxy hóa, bảo vệ dạ dày, kháng khuẩn, giảm đau, chống tiêu chảy, chống tiểu đường [1]. Trong lĩnh vực công nghệ thực phẩm, pectin đóng vai trò then chốt trong việc quyết định độ nhớt, độ đục và khả năng chiết xuất của dịch quả. Quá trình thủy phân pectin thông qua enzyme pectinase đã được chứng minh là giải pháp hiệu quả nhằm cải thiện khả năng truyền suốt tăng hiệu suất thu hồi nước quả và nâng cao chất lượng cảm quan sản phẩm. Tối ưu hóa quá trình thủy phân pectin không chỉ giúp nâng cao hiệu quả sản xuất dịch quả trong ngành công nghiệp nước giải khát mà còn mở ra tiềm năng ứng dụng lớn trong sản xuất rượu vang từ trái cây nhiệt đới. Việc loại bỏ pectin một cách có kiểm soát sẽ giúp dịch quả đạt độ trong suốt cần thiết tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình lên men và ổn định rượu vang về mặt hóa học lẫn cảm quan [2].

2. Nguyên liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Nguyên vật liệu hóa chất

Chanh dây: sử dụng chanh dây được trồng tại Lâm Đồng. Trái chanh dây được thu hái cùng thời vụ được chọn những quả tươi, không bị dập nát. Nguyên liệu sau đó được vận chuyển về phòng thí nghiệm Trường Đại học Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh.

Enzyme pectinase: Xuất xứ từ Trung Quốc và được phân phối bởi Công ty TNHH Sản xuất và Dịch vụ Biozym hoạt tính > 60.000U/mL, phạm vi hoạt động từ pH 3.0 – 5.0; phạm vi nhiệt độ hiệu quả từ 25 – 65°C. Natri bicarbonat được dùng để điều chỉnh pH với độ tinh khiết là ≥ 99% xuất xứ Xilong, Trung Quốc.

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 2020 và JMP Pro 17.

Các thí nghiệm lần lượt được bố trí và thí hành như sau: Thí nghiệm 1: Khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ đến khả năng thủy phân pectin dịch chanh dây

Dịch chanh dây tươi, sau khi được lọc thô, sẽ được thủy phân bằng cách ủ trong bể ổn nhiệt. Thí nghiệm được thực hiện ở các mức nhiệt độ 30°C, 35°C, 40°C, 45°C và 50°C trong thời gian cố định 120 phút. pH của dịch được duy trì ở 4,0 bằng NaHCO₃ (0,1M) hoặc axit xitric (0,1M). Sau khi ủ, mẫu được làm nguội nhanh để dừng phản ứng enzyme, ly tâm loại bỏ cặn. Hiệu quả thủy phân được đánh giá thông qua sự thay đổi độ hấp thụ quang học tại bước sóng 660 nm bằng máy quang

phổ UV-Vis, dựa trên sự hình thành/giải phóng các hợp chất đặc trưng.

Thí nghiệm 2: Khảo sát ảnh hưởng của thời gian đến khả năng thủy phân pectin dịch chanh dây

Thí nghiệm thủy phân được tiến hành bằng cách ủ dịch trong bể ổn nhiệt ở các mốc thời gian: 120, 150, 180, 210 và 240 phút. Nhiệt độ ủ được cố định theo kết quả tối ưu từ Thí nghiệm 1, và pH được duy trì ở 4,0 (sử dụng NaHCO_3 0,1M hoặc axit xitric 0,1M). Sau khi ủ, mẫu được làm lạnh nhanh để dừng phản ứng enzyme, sau đó ly tâm. Hiệu quả thủy phân được đánh giá dựa trên sự thay đổi độ hấp thụ quang học tại bước sóng 660 nm (bằng máy quang phổ UV-Vis).

Thí nghiệm 3: Khảo sát ảnh hưởng của pH đến khả năng thủy phân pectin dịch chanh dây

Dịch chanh dây được điều chỉnh pH trong khoảng 3,0 đến 5,0 (bằng NaHCO_3 0,1M hoặc axit xitric 0,1M). Mẫu sau đó được thủy phân bằng cách ủ trong bể ổn nhiệt ở nhiệt độ tối ưu (từ TN1) và thời gian tối ưu (từ TN2). Kết thúc ủ, dịch được làm nguội và lọc qua giấy lọc Whatman số 1. Hiệu quả thủy phân được đánh giá bằng phương pháp đo quang phổ UV-Vis tại bước sóng $\lambda = 660\text{nm}$

Thí nghiệm 4: Tối ưu hóa quá trình tiền xử lý enzyme bằng Phương pháp Bề mặt Đáp ứng (RSM)

Phương pháp Bề mặt Đáp ứng (RSM) được áp dụng để đánh giá ảnh hưởng và mối quan hệ đồng thời của các yếu tố pH, nhiệt độ và thời gian đến độ truyền suốt (hàm mục tiêu).

Mục đích là xác định các điều kiện thủy phân tối ưu để đạt được độ truyền suốt cao nhất. Các khoảng khảo sát là: Nhiệt độ ($40 - 50^\circ\text{C}$), Thời gian (120 – 180 phút), và pH (3,5 – 4,5).

Mô hình thực nghiệm Box-Behnken được sử dụng (gồm 17 thí nghiệm với 5 thí nghiệm tại tâm), với sự hỗ trợ của phần mềm Design Expert 13.0, để xây dựng mô hình hồi quy bậc hai và phân tích dữ liệu.

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
pH	A	3,5	4,0	4,5
Nhiệt độ thủy phân ($^\circ\text{C}$)	B	40	45	50
Thời gian thủy phân (phút)	C	120	150	180

Các biến độc lập: A là yếu tố pH thủy phân, B là nhiệt độ thủy phân ($^\circ\text{C}$), C là thời gian thủy phân (phút) và

biến phụ thuộc độ truyền suốt (Response 1). Các biến điều hành được xem xét ở ba cấp độ (-1), trung tâm (0) và cao (+1).

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

Bảng 2: Các phương pháp phân tích

TT	Chỉ tiêu	Phương pháp phân tích
1	Chất khô hòa tan ($^\circ\text{Brix}$)	Phương pháp khúc xạ
2	Hàm lượng acid(g/L)	Phương pháp chuẩn độ điện thế
3	Độ truyền suốt (%)	Phương pháp quang phổ UV-Vis tại bước sóng 660nm
4	Hàm lượng đường khử (%)	Phương pháp quang phổ UV-Vis với thuốc thử DNS tại bước sóng 540 nm
5	Khả năng kháng oxy hóa DPPH (%)	Phương pháp quang phổ UV-Vis bước sóng 517 nm.
6	Hàm lượng polyphenol tổng (mg GAE/g CK)	Phương pháp so màu (phương pháp Folin- Ciocalteu)
7	Hàm lượng vitamin C (mg AA/100g)	Phương pháp quang phổ UV-Vis tại bước sóng 521nm.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Thành phần hóa lý dịch ép chanh dây

Bảng 3: Thành phần hóa lý dịch ép chanh dây

CÁC TIÊU	CHỈ	HÀM LƯỢNG	Đơn vị
		Dịch chanh dây	
pH		3,2	-
Brix		15	⁰ Bx
Acid		13,26	g/L
Đường khử		56,28	g/L
DPPH		60,49	%
Polyphenol		461,75	mgGAE/100 g
Vitamin C		291,74	mmAA/100g

Kết quả Thành phần Hóa lý Dịch ép Chanh dây Nguyên liệu

Dịch ép chanh dây có tính acid đặc trưng: pH 3,2 và Acid tổng (13,26 g/L), phù hợp với mức pH 3,06–3,27 đã công bố (Santos et al., 2021), góp phần tạo vị chua và tăng khả năng bảo quản.

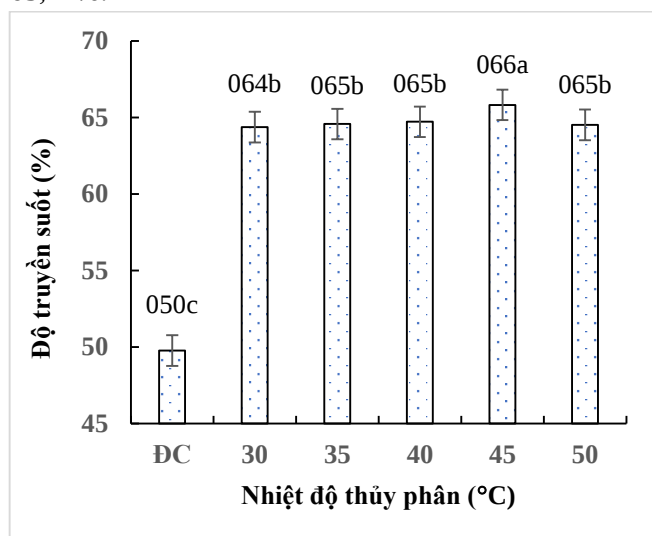
Về dinh dưỡng: Độ Brix (15°Bx) cao hơn mức 10,77–11,6°Bx (Santos et al., 2021), cho thấy độ ngọt tự nhiên và tiềm năng chế biến. Đường khử (56,28 g/L) cao hơn mức 39,77–44,26 g/L (Santos et al., 2021), đóng góp vào giá trị năng lượng.

Về hoạt tính sinh học, dịch ép thể hiện tiềm năng lớn: Khả năng chống oxy hóa (DPPH: 60,49%): Hoạt tính mạnh, nằm trong khoảng 50–70%, (Guimarães et al., 2020), phù hợp cho ứng dụng thực phẩm chức năng. Polyphenol (461,75 mgGAE/100g): Hàm lượng rất cao, vượt trội so với mức 36,5–47,6 mgGAE/100g (Barbosa Santos et al., 2021). Vitamin C (291,74 mgAA/100g): Vượt trội đáng kể so với mức 17,61–26,42 mg/100g (Barbosa Santos et al., 2021), là nguồn cung cấp Vitamin C tự nhiên tiềm năng.

3.2. Khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ đến khả năng thủy phân pectin

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

Nhiệt độ thủy phân tăng từ 30°C đến 45°C đã giúp tăng độ truyền suốt, tuy nhiên không có sự khác biệt về thống kê ($p > 0,05$) ở độ truyền suốt 30 – 40°C. Độ truyền suốt đạt giá trị cao nhất tại 45°C với kết quả ghi nhận là 65,72%.



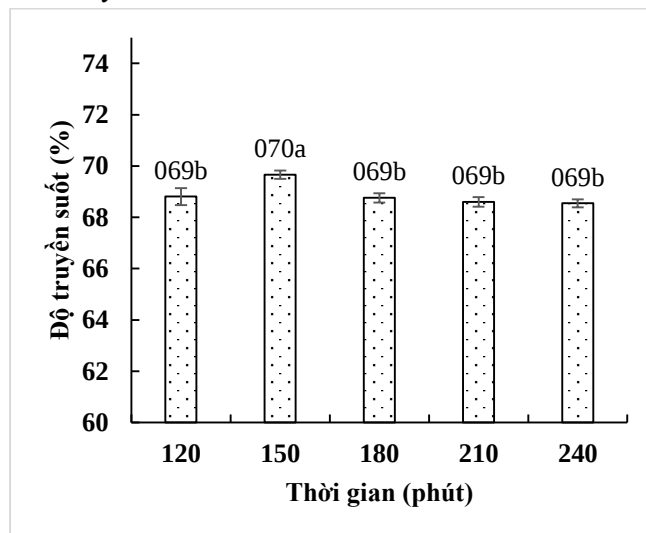
Hình 1. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến khả năng thủy phân pectin

Khi pectin bị phân giải, các hạt keo lớn bị vỡ nhỏ hoặc biến mất, cho phép các tiểu phân nhỏ hơn kết tụ hoặc lắng xuống, làm cho dịch trở nên trong hơn. Khi nhiệt độ thấp (<30°C), Enzyme hoạt động yếu dẫn đến quá trình phân giải pectin không hiệu quả, dịch vẫn đục. Khi nhiệt độ tăng lên vùng tối ưu (thường 45–50°C), hoạt tính enzyme cao nhất giúp cho Pectin phân giải tốt dẫn đến hiệu quả làm trong (độ truyền suốt) tăng. Khi nhiệt độ vượt quá mức tối ưu (>50°C) khi đó enzyme bắt đầu

bị biến tính làm cho hoạt tính giảm dần đến pectin không bị phân giải hiệu quả từ đó làm độ đục tăng trở lại (Patel et al., 2022). Ở 45°C cấu trúc enzyme vẫn ổn định và tốc độ phản ứng cao, cân bằng giữa động năng phân tử và độ bền của enzyme [4].

3.3. Khảo sát ảnh hưởng của thời gian đến khả năng thủy phân pectin

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

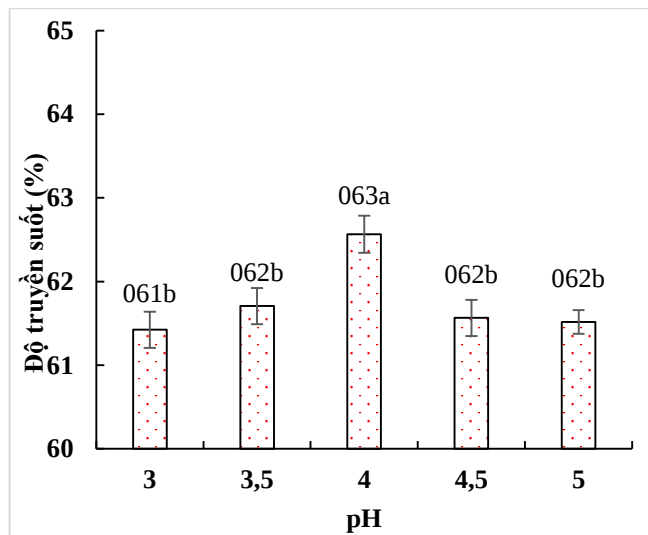


Hình 2. Ảnh hưởng của thời gian đến khả năng thủy phân pectin

Kết quả từ Hình 2 cho thấy, khi tăng thời gian thủy phân từ 120 – 150 phút, độ truyền suốt tăng. Điều này là do enzyme pectinase hoạt động mạnh trong giai đoạn này, cắt chuỗi pectin dài thành các oligomer và monomer galacturonic acid (Pham et al., 2024). Việc phân giải pectin thành các phân tử nhỏ hơn làm giảm độ nhớt và phá vỡ cấu trúc gây vẩn đục, từ đó tăng độ truyền suốt và độ trong của dịch ép (Pham et al., 2024; Guo, 2024). Tuy nhiên, khi tăng thời gian ủ từ 180 – 240 phút, độ truyền suốt lại giảm dần. Sự giảm này là do hoạt tính enzyme giảm (hiện tượng bất hoạt enzyme) và phản ứng đạt trạng thái cân bằng thủy phân. Ngoài ra, sự tái kết hợp và kết tủa giữa protein/polyphenol với các oligomer galacturonic acid (sản phẩm thủy phân) cũng làm giảm độ truyền suốt của dịch (Ninga et al., 2021).

3.4. Khảo sát sự ảnh hưởng của pH dịch chanh dây đến khả năng thủy phân pectin

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



Hình 3. Ảnh hưởng của pH đến khả năng thủy phân pectin

Khi pH tăng từ 3 – 4 thì độ truyền suốt tăng dần tuy nhiên không có sự khác biệt về thống kê ($p > 0.05$) ở độ truyền suốt pH 3 và 3.5. Điều này có thể được giải thích vì enzyme pectinase thể hiện hoạt tính cao trong môi trường acid nhẹ, pH khoảng 3,5 – 4 sẽ là điểm tối ưu. Tại khoảng pH này sẽ ion hóa thích hợp các amino acid

trong vùng hoạt động đảm bảo cấu trúc ba chiều và khả năng tương tác với pectin, phân giải pectin hiệu quả làm giảm độ nhớt và phá vỡ vẩn đục từ đó mà độ truyền suốt tăng [5]. Khi pH từ 4,5 – 5 làm độ truyền suốt giảm vì các nhóm amino acid mất cân bằng ion hóa dẫn đến enzyme mất cấu trúc hoạt động, hình thành phức chất không tan giữa oligogalacturonate với polyphenol hoặc protein, dẫn đến độ truyền suốt giảm [6].

3.5. Kết quả tối ưu hóa quá trình tiền xử lý enzyme bằng phương pháp bề mặt đáp ứng

Mô hình có kết quả F-value là 17,08 cho thấy rằng mô hình Box-Behnken có ý nghĩa quan trọng. Trong đó, giá trị p-value $< 0,0006$, mô hình thể hiện chỉ có chưa tới 0,06% khả năng giá trị F lớn như vậy có thể xảy ra do nhiều. 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 $> 0,1$ thì có thể giảm độ chính xác. Khi thiết kế, cần loại bỏ các yếu tố có p-value $> 0,1$ để cải thiện ý nghĩa thống kê của mô hình. Trong mô hình này, các yếu tố A^2 , B^2 , C^2 có giá trị p-value $< 0,05$ nên trong quá trình thủy phân, thay đổi các yếu tố sẽ ảnh hưởng có ý nghĩa thống kê đến độ truyền suốt của dịch nước chanh dây.

Bảng 5. Phân tích ANOVA cho mô hình hồi quy (Độ truyền suốt)

Nguồn	Tổng bình phương	Bậc tự do	Trung bình bình phương các sai số	Tỷ lệ F	Giá trị p	Nhận xét
Mô hình	41,43	9	4,60	17,08	0,0006	Có ý nghĩa
A-pH	0,0008	1	0,0008	0,0003	0,9681	
B-Nhiệt độ thủy phân	0,0210	1	0,0210	0,0780	0,7881	SD= 0,5191
C-Thời gian thủy phân	0,0066	1	0,0066	0,0245	0,8800	Mean = 95,40
AB	1,04	1	1,04	3,86	0,0902	CV(%)=0,5442
AC	0,4624	1	0,4624	1,72	0,2316	$R^2 = 0,9564$
BC	0,4290	1	0,4290	1,59	0,2475	$R^2(\text{adj}) = 0,9004$
A^2	12,40	1	12,40	467,02	0,0003	AP=10,2691
B^2	6,05	1	6,05	22,45	0,0021	
C^2	17,07	1	17,07	63,36	$< 0,0001$	
Dur	1,89	7	0,2695			
Không phù hợp	1,03	3	0,3440	1,61	0,3204	Không đáng kể
Lỗi thuần túy	0,8544	4	0,2136			
Tổng	43,31	16				

Đánh giá Độ phù hợp và Ý nghĩa Thống kê của Mô hình Tối ưu hóa RSM

Mô hình Box-Behnken cho thấy ý nghĩa quan trọng với F-value 17,08 và p-value < 0.0006 (thấp hơn p-value $< 0,05$), chứng tỏ mô hình đáng tin cậy.

Độ phù hợp của mô hình: Hệ số hồi quy (R^2) là 0,9564 (95,64% và R^2 điều chỉnh 90,04%, cho thấy mô hình giải thích tốt sự biến thiên của dữ liệu và có độ tin cậy cao (phù hợp tiêu chuẩn $R^2 > 0,75$ theo Sai-Ut et al., 2015). Độ chính xác thích hợp (AP) là (AP)= 10,2691 ($> 4,0$), khẳng định mô hình có thể được sử dụng để

định hướng không gian thiết kế. Hệ số biến thiên (CV) là 0,5442% (< 10%) phản ánh mức độ lặp lại và độ chính xác rất tốt của dữ liệu. Kiểm định độ không phù hợp (Lack of Fit) có p-value 0,3204 (> 0,05), cho thấy sự sai khác giữa giá trị dự đoán và thực tế không có ý nghĩa thống kê, do đó phương trình hồi quy là đáng tin cậy để dự đoán độ truyền suốt.

Ảnh hưởng của các yếu tố: Các hiệu ứng chính (A-pH, B-nhiệt độ, C-thời gian) không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$). Tuy nhiên, các thành phần bậc hai A2, B2, C2 thể hiện ảnh hưởng rất rõ rệt ($p < 0,05$), đặc biệt là A2 với $F = 467,02$, cho thấy sự biến thiên mạnh mẽ của đáp ứng theo pH. Tương tác AB (pH với nhiệt độ) gợi ý xu hướng gần có ý nghĩa ($p=0,0902$), cần được quan tâm trong tối ưu hóa.

*Tối ưu hóa các tham số thủy phân

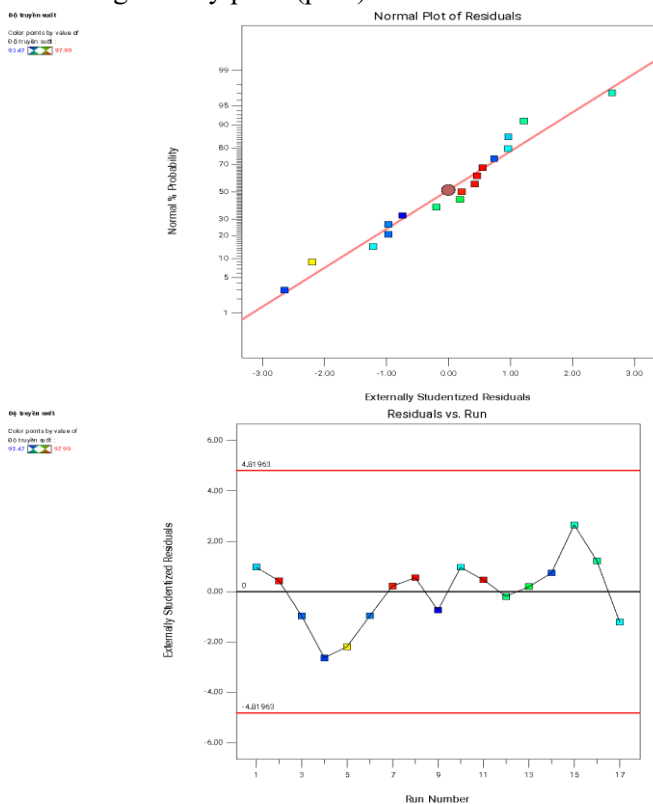
Mối quan hệ giữa độ truyền suốt và các biến độc lập A, B từ phần mềm Design-Expert 13 biểu thị trong phương trình hồi quy thực tế (Final Equation in Terms of Actual Factors) như sau:

$$\text{Độ truyền suốt (\%)} = 97,72 - 1,72 \cdot A^2 - 1,20 \cdot B^2 - 2,01 \cdot C^2$$

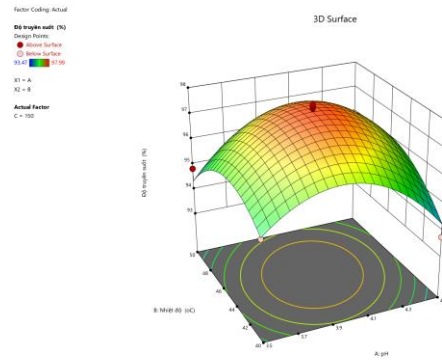
A = pH thủy phân

B = nhiệt độ thủy phân (°C)

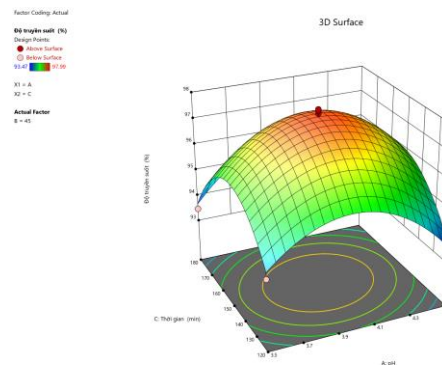
C = thời gian thủy phân (phút)



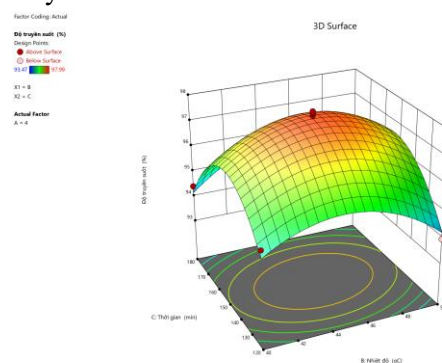
Hình 4. Biểu đồ giá trị thực nghiệm – dự đoán (A) và phân bố ngẫu nhiên (B) của 17 thí nghiệm



Sự tác động giữa pH và nhiệt độ thủy phân tới độ truyền suốt



Sự tác động giữa pH và thời gian thủy phân tới độ truyền suốt



Sự tác động của nhiệt độ và thời gian thủy phân tới độ truyền suốt

Hình 5. Biểu đồ bề mặt đáp ứng 3D về mối quan hệ tương tác của độ truyền suốt với pH, nhiệt độ thủy phân, thời gian thủy phân

Ảnh hưởng của các yếu tố đến quá trình thủy phân với độ truyền suốt cao nhất được mô tả bằng biểu đồ đáp ứng bề mặt hai chiều và ba chiều: vùng màu đỏ biểu thị hàm lượng 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) pH, (B) nhiệt độ thủy phân, (C) thời gian thủy phân lên đến độ truyền suốt trong quá trình thủy phân pectin chanh dây. Sự biến thiên của thang màu trong biểu đồ, ta thấy khi thay đổi giá trị của ba yếu tố này thì độ truyền suốt có sự thay đổi. Đầu tiên, ta xét mỗi ảnh hưởng của nhiệt độ

thủy phân đến độ truyền suốt. Có thể thấy rằng nhiệt độ thủy phân tương tác thuận với độ truyền suốt. Khi nhiệt độ thủy phân tăng, độ truyền suốt cũng tăng, nhưng khi vượt quá 45°C, độ truyền suốt lại giảm. Kể đến là thời gian thủy phân, khi thời gian thủy phân tăng từ 120 đến 150 phút, thì độ truyền suốt tăng và đạt cực đại tại thời gian 150,28 phút. Tuy nhiên, nếu tiếp tục tăng thời gian thủy phân, độ truyền suốt giảm do đó thời gian ảnh hưởng nhiều đến độ truyền suốt. Tiếp theo là pH khi tăng từ 3 đến 4 thì độ truyền suốt tăng, tuy nhiên khi tăng quá 4 thì độ truyền suốt có xu hướng giảm. Kết quả nghiên cứu cũng phù hợp với nhóm tác giả Bruna Detoni và cộng sự (2025)[7], thông qua tổng hợp 33 nghiên cứu với enzyme pectinase từ *Aspergillus* và *Bacillus* cho thấy hầu hết enzyme hoạt động tối ưu trong pH 3,5–5,0, nhiệt độ tối ưu thường ở 40–60 °C, thời gian xử lý phù hợp là ≤2 giờ (120 phút)[8]. Bên cạnh đó tác giả Cricket et al (2007) cũng cho rằng nhiệt độ, thời gian và hàm lượng enzyme đều có hiệu ứng tuyến tính và tương tác đáng kể tới độ trong. Nhiệt độ tăng giúp độ trong tăng cho đến mức tối ưu (~50 °C), sau đó giảm. Thời gian tăng đến một giới hạn (~120 phút) thì độ truyền suốt đạt cực đại rồi giảm nhẹ về sau [9].

Mô hình đáp ứng bề mặt (Hình 5) thể hiện sự tương tác từng cặp yếu tố 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 97,721% tại pH 4,004, nhiệt độ thủy phân 45,121°C và thời gian thủy phân 150,282 phút. Kết quả trên cũng tương đồng

với công bố trước đây của Rishab Dhar & Snehasis Chakraborty (2022). Tác giả đã dùng phương pháp bề mặt đáp ứng (RSM) để tối ưu hóa ba yếu tố: nồng độ enzyme, nhiệt độ (30–60 °C) và thời gian (30–240 phút) để thủy phân pectin có trong Nước ép trái cây Bael (*Aegle marmelos*). Kết quả cho thấy độ truyền suốt tăng theo nhiệt độ lên khoảng 43 °C, tăng theo thời gian đến ~169 phút tối ưu, sau đó giảm nếu kéo dài hơn [8].

Để thực hiện cho phần thực nghiệm, chúng tôi tiến hành thực nghiệm tại điều kiện tối ưu ở nhiệt độ 45°C, thời gian thủy phân là 150,2 phút, pH thủy phân là 4,0 thì độ truyền suốt cực đại 97,72%. Sai lệch so với phần mềm dự đoán là 0,37%.

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy, điều kiện thích hợp để tiến hành quá trình thủy phân dịch quả chanh dây bằng enzyme pectinase là ở pH 4,0, nhiệt độ thủy phân 45°C, thời gian thủy phân 150,28 phút. Khi đó độ truyền suốt cao nhất thu được là 97,72%. Sai lệch so với phần mềm dự đoán 0,37%. Qua đó cho thấy hiệu quả của việc sử dụng enzyme pectinase là khá cao, điều này góp phần quan trọng giúp nâng cao hiệu quả quá trình lên men cũng như nâng cao giá trị cảm quan cho sản phẩm nước ép dịch chanh dây.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này do Trường Đại học Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh bảo trợ và cấp kinh phí theo Hợp đồng số Số 67/HĐ-DCT, ngày 17 tháng 1 năm 2025.

Tài liệu tham khảo

- [1] V. B. Patel, S. Chatterjee, and A. S. Dhoble, "A review on pectinase properties, application in juice clarification, and membranes as immobilization support," *J Food Sci*, vol. 87, no. 8, pp. 3338–3354, Aug. 2022, doi: 10.1111/1750-3841.16233.
- [2] S. Uzuner and D. Cekmecelioglu, "Optimising clarification of carrot juice by bacterial crude pectinase," *Int J Food Sci Technol*, vol. 50, no. 12, pp. 2707–2712, Dec. 2015, doi: 10.1111/IJFS.12961.
- [3] P. Ghosh, R. C. Pradhan, and S. Mishra, "Optimization of process parameters for enhanced production of Jamun juice using Pectinase (*Aspergillus aculeatus*) enzyme and its characterization," *3 Biotech*, vol. 6, no. 2, pp. 1–11, Dec. 2016, doi: 10.1007/S13205-016-0561-0/FIGURES/4.
- [4] N. Thị, T. Hồng, M. Tuấn, N. T. Hùng, T. Đại, and T. Giang, "Ảnh hưởng của xử lý enzyme và chế độ thanh trùng đến chất lượng sản phẩm nước ép duraluối," vol. 55, no. 2, pp. 241–249, 2019, doi: 10.22144/ctu.jsi.2019.067.
- [5] L. V. Trindade et al., "Biochemical characterization, thermal stability, and partial sequence of a novel exopolygalacturonase from the thermophilic fungus *rhizomucor pusillus* a13.36 obtained by submerged cultivation," *Biomed Res Int*, vol. 2016, 2016, doi: 10.1155/2016/8653583.
- [6] S. Satapathy, J. R. Rout, R. G. Kerry, H. Thatoi, and S. L. Sahoo, "Biochemical Prospects of Various Microbial Pectinase and Pectin: An Approachable Concept in Pharmaceutical Bioprocessing," Aug. 06, 2020, *Frontiers Media S.A.* doi: 10.3389/fnut.2020.00117.
- [7] A. C. S. and A. M. Bruna Detoni, "Use of Pectinases in Juice Clarification Processes: A Scoping Review," *Novel Techniques in Nutrition & Food Science*, vol. 8, no. 2, Mar. 2025, doi: 10.31031/ntnf.2025.08.000685.



- [8] A. Singh, H. K. Sharma, S. Kumar, A. Upadhyay, and K. P. Mishra, “Comparative effect of crude and commercial enzyme on the juice recovery from bael fruit (*Aegle marmelos* Correa) using principal component analysis,” *Int J Food Sci*, vol. 2013, 2013, doi: 10.1155/2013/239839.
- [9] A. G. Liew Abdullah, N. M. Sulaiman, M. K. Aroua, and M. J. Megat Mohd Noor, “Response surface optimization of conditions for clarification of carambola fruit juice using a commercial enzyme,” *J Food Eng*, vol. 81, no. 1, pp. 65–71, Jul. 2007, doi: 10.1016/J.JFOODENG.2006.10.013.

Optimization of Pectin hydrolysis of passion fruit juice with Pectinase Enzyme

Tran Thi Phuong Kieu¹, Le Huu Thanh¹, Pham Quang Hung¹, Nguyen Huynh Trung Duc¹, Le Hanh Uyen², Pham Van Thinh^{1*}

¹Ho Chi Minh City University of Industry and Trade

²Institute of Technology Application and Sustainable Development – Nguyen Tat Thanh University

*thinhpv@huit.edu.vn

Abstract Passion fruit is a tropical fruit rich in antioxidants, which is often in excess during the harvest season due to concentrated ripening time and poor storage conditions. To take advantage of this raw material, the study investigated the effects of temperature (35–55°C), time (120–240 minutes), and pH (3–5) on the hydrolysis of pectin in passion fruit juice –to do so in fruit juice and facilitate the application of passion fruit juice to the processing of products such as beverages, wine. The results showed that the optimal condition was pH 4.0, 45°C, for 150.28 minutes, achieving a transmission of 97.72%, a deviation from the prediction of 0.37%

Keywords hydrolysis, passion fruit, pectinase enzyme, wine