

**Assessment of the effectiveness of pectinase treatment on cocoa mesocarp
(*Theobroma cacao* L.)**

Dieu M. T. Nguyen, Phuong H. T. Vo, Do N. Nguyen, Nghi N. Duong, & Phuong H. Le*

Department of Chemical Engineering, Faculty of Chemical Engineering and Food Technology, Nong Lam University, Ho Chi Minh City, Vietnam

ARTICLE INFO**Research Paper**

Received: September 10, 2024

Revised: November 14, 2024

Accepted: November 18, 2024

Keywords

Mesocarp cocoa

Pectinase

Treatment efficiency

Viscosity

***Corresponding author**

Le Hong Phuong

Email:

phuonghle@hcmuaf.edu.vn

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the use of pectinase to degrade pectin in cocoa mesocarp. A completely randomized design with two factors was used: enzyme concentration (0.5, 1, & 3%) and treatment time (30, 60, 90, and 120 min). The results showed that increasing both enzyme concentration and treatment time significantly decreased the pectin content in cocoa mesocarp, from 4.86 to 0.08%. Similarly, viscosity decreased with increasing enzyme concentration and treatment time. Pectin was greatly degraded when treated with a 3% enzyme concentration for 120 min. These findings underscore the potential of pectinase to modify the properties of cocoa pod husk, which can be used to develop high-value products, contributing to maximize the utilization of this agricultural by-product.

Cited as: Nguyen, D. M. T., Vo, P. H. T., Nguyen, D. N., Duong, N. N., & Le, P. H. (2025). Assessment of the effectiveness of pectinase treatment on cocoa mesocarp (*Theobroma cacao* L.). *The Journal of Agriculture and Development* 24(4), 89-98.

Đánh giá hiệu quả sử dụng pectinase để xử lý thịt vỏ quả cacao (*Theobroma cacao* L.)

Nguyễn Mai Thị Diệu, Võ Hoàng Trúc Phương, Nguyễn Nam Đô, Dương Ngọc Nghi & Lê Hồng Phương*
Khoa Công Nghệ Hóa Học và Thực Phẩm, Trường Đại Học Nông Lâm TP.HCM, TP. Hồ Chí Minh

THÔNG TIN BÀI BÁO

Bài báo khoa học

Ngày nhận: 10/04/2024

Ngày chỉnh sửa: 13/06/2024

Ngày chấp nhận: 27/06/2024

Từ khóa

Độ nhớt

Hiệu quả xử lý

Pectinase

Thịt vỏ quả cacao

*Tác giả liên hệ

Lê Hồng Phương

Email:

phuonghle@hcmuaf.edu.vn

TÓM TẮT

Nguyên cứu này nhằm đánh giá ảnh hưởng của pectinase đến quá trình xử lý thịt vỏ quả cacao. Thí nghiệm được bố trí theo kiểu khối hoàn toàn ngẫu nhiên với hai yếu tố là nồng độ enzyme (0,5; 1 và 3%) và thời gian xử lý (30, 60, 90 và 120 phút). Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng, việc tăng nồng độ enzyme và thời gian xử lý làm giảm đáng kể hàm lượng pectin có trong vỏ quả cacao, từ 4,86% xuống còn 0,08%. Tương tự, độ nhớt của mẫu giảm khi tăng nồng độ enzyme và thời gian xử lý. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng, sử dụng pectinase ở nồng độ 3% và thời gian xử lý 120 phút là điều kiện để đạt được hiệu quả xử lý pectin cao nhất. Kết quả nghiên cứu này mở ra triển vọng ứng dụng pectinase để làm thay đổi đặc tính của vỏ quả cacao, từ đó ứng dụng để phát triển các sản phẩm có giá trị cao, góp phần tận dụng tối đa nguồn nguyên liệu phụ phẩm này.

1. Đặt Vấn Đề

Cây cacao (*Theobroma cacao* L.) có nguồn gốc từ các vùng nhiệt đới ở Trung và Nam Mỹ (Afoakwa, 2014). Ở Việt Nam, cây cacao được trồng rộng rãi tại một số khu vực như Tây Nguyên và một số tỉnh thuộc Đồng bằng sông Cửu Long (Nguyen & Luu, 2014). Tuy nhiên, ngành công nghiệp cacao hiện nay đang đối mặt với thách thức lớn trong việc xử lý lượng lớn phụ phẩm phát sinh trong quá trình chế biến, ước tính chiếm 85% sản lượng quả cacao (Handoyo & ctv., 2019). Những phụ phẩm này bao gồm vỏ quả, lớp nhầy và vỏ hạt cacao (Barišić & ctv., 2020). Trong đó, thịt vỏ chiếm khối lượng lớn trong quả cacao, xấp xỉ 50% (Sobamiwa & Longe, 1994). Nhiều nghiên cứu gần đây đã tìm cách tận dụng vỏ quả cacao để ứng dụng trong thực phẩm, chẳng hạn như sử dụng chất xơ hòa tan từ thịt vỏ quả cacao làm chất thay thế chất béo trong bánh nướng xốp sô cô la (Martínez & ctv., 2011), làm giàu chất dinh dưỡng cho sản phẩm bánh ép đùn (Jozinović & ctv., 2019).

Pectin là polysaccharides có trong tự nhiên ở thực vật, bao gồm các đơn vị acid galacturonic được liên kết bởi các liên kết α - (1 \rightarrow 4) (Chan & Choo, 2013). Thịt vỏ quả cacao được coi là nguồn cung cấp hàm lượng pectin đáng kể (Blakemore & ctv., 1966) và có tiềm năng làm thành phần trong chế biến mứt. Do độ nhớt của pectin khá cao đã làm ảnh hưởng giá trị cảm quan của sản phẩm (Oddoye & ctv., 2013) nên việc loại bỏ pectin trước khi chế biến cũng là một công đoạn cần thiết trong sản xuất mứt cacao. Để phân giải pectin người ta thường sử dụng pectinase giúp làm giảm độ nhớt và giải phóng các phân tử đường đơn (Mulluye & Atnafu, 2022) và nhờ đó phần thịt vỏ sau khi xử lý enzyme được ứng dụng làm mứt cacao.

Nghiên cứu này tập trung vào việc ứng dụng pectinase để xử lý pectin có trong thịt vỏ quả cacao. Qua đó, đánh giá hiệu quả của pectinase trong việc phân huỷ pectin và mở ra những ứng dụng tiềm năng của thịt vỏ quả cacao sau khi xử lý.

2. Vật Liệu và Phương Pháp Nghiên Cứu

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Nguyên liệu: Quả cacao (*Theobroma cacao* L.) giống *Trinitario* được mua tại vườn của tỉnh Trà Vinh.

Pectinase được cung cấp bởi NJDULY của Trung Quốc, dạng bột, màu nâu vàng nhạt, được chiết xuất bởi *Aspergillus niger* và được bảo quản ở 2 - 8°C. Điều kiện tối ưu của Pectinase là pH 2 - 5; nhiệt độ từ 30 đến 50°C và hoạt độ ≥ 35 u/mg. Acid citric và ethanol được cung cấp bởi công ty Xilong Scientific của Trung Quốc.

2.2. Khảo sát sự ảnh hưởng của nồng độ enzyme và thời gian xử lý của Pectinase đến thịt vỏ quả cacao

Thịt vỏ quả cacao được xay nhuyễn với nước (1:2, v/w), trong 2 phút như thí nghiệm thăm dò đã thực hiện trước đó. Sau đó, mẫu được khảo sát với nồng độ enzyme 0,5; 1 và 3% so với nguyên liệu (v/w) và thời gian xử lý là 30, 60, 90 và 120 phút. Trong suốt quá trình xử lý thì mẫu được giữ ổn định ở nhiệt độ 50°C trong bể điều nhiệt (Mai & ctv., 2016). Sau quá trình thủy phân, mẫu được bất hoạt enzyme ở nhiệt độ 95°C trong 15 phút (Hoang & ctv., 2020).

2.3. Các phương pháp phân tích các chỉ tiêu

Màu sắc: Được xác định bằng máy đo màu Colorimeter Cs - 10 (Trung Quốc) theo hệ L^* , a^* , b^* .

Độ Brix: Được xác định bằng khúc xạ kế HI96800 (Mỹ).

Ấm độ: Được xác định theo phương pháp AOAC (Horwitz, 2010).

Hàm lượng pectin: Được xác định bằng phương pháp thủy phân sử dụng acid citric với một số hiệu chỉnh (Dos Santos & ctv., 2021). Mẫu được sấy khô ở nhiệt độ 60°C và được nghiền thành bột. Ban đầu, bột vỏ được hydrat hóa bằng nước cất trong 10 phút đồng thời khuấy bằng máy khuấy từ (WH220-HT). Sau đó, axit citric ở nồng độ 0,1% được thêm vào (1:50, w/v) và

dung dịch được đun nóng trên bếp điện trong khi khuấy ở nhiệt độ 90°C trong 60 phút. Tiếp theo, dung dịch được làm nguội đến 30°C trong bể nước đá rồi lọc bằng giấy lọc để thu được phần nổi phía trên. Sau đó, pectin được kết tủa bằng cách thêm ethanol 96% (1:2, v/v) vào phần nổi phía trên trong 30 phút ở nhiệt độ lạnh. Cuối cùng, kết tủa được sấy khô trong lò ở 40°C trong khoảng 12 giờ để thu được pectin. Phần trăm pectin được tính theo công thức sau:

$$\text{Hàm lượng pectin (\%)} = \frac{\text{Khối lượng pectin thu được}}{\text{Khối lượng mẫu sử dụng}} \times 100\%$$

Độ nhớt: Được xác định bằng máy đo độ nhớt Brookfield Viscometer DV2T extra (Mỹ). Mẫu được rót vào ống chứa khi mẫu ổn định ở nhiệt độ phòng trong 24 giờ, mẫu được đo với đầu đo V-73 ở tốc độ cắt 0,11; 0,21; 0,42; 1,05; 2,10; 4,20; 6,30; 10,50; 21,01; 33,61 và 42,02 1/s (Potanin & Maron, 2021).

2.4. Xử lý số liệu

Các thí nghiệm được lặp lại 3 lần. Thí nghiệm được xử lý thống kê bằng phần mềm IBM SPSS Statistic 20 và Microsoft Excel 2016. Phân tích ANOVA cho thí nghiệm 2 yếu tố với độ tin cậy 95% được sử dụng để đánh giá ảnh hưởng của các

yếu tố khảo sát. Trắc nghiệm Tukey được sử dụng để so sánh sự khác biệt giữa các nghiệm thức.

3. Kết Quả và Thảo Luận

3.1. Ấm độ và độ Brix

Ấm độ và độ Brix là 2 chỉ tiêu có thể liên quan đến hiệu quả xử lý pectinase đối với thịt vỏ quả cacao. Việc đánh giá tác động của nồng độ và thời gian xử lý pectinase từ đó tìm ra được điều kiện xử lý pectinase phù hợp để ứng dụng vào thực phẩm. Kết quả xử lý enzyme đến ẩm độ và Brix của sản phẩm được trình bày ở Bảng 1.

Bảng 1. Ảnh hưởng của thời gian và nồng độ enzyme đến ẩm độ và độ Brix của mẫu

Thời gian (phút)	Ấm độ			Độ Brix		
	Nồng độ (%)			Nồng độ (%)		
	0,5	1	3	0,5	1	3
30	90,14 ± 0,29	93,52 ± 1,47	94,13 ± 0,24	2 ± 0,02 ^{xx}	2 ± 0,01 ^{xy}	3 ± 0,01 ^{xz}
60	93,11 ± 1,25	94,21 ± 0,22	94,40 ± 0,12	2 ± 0,01 ^{xx}	2 ± 0,05 ^{xy}	3 ± 0,01 ^{xz}
90	93,56 ± 0,07	94,26 ± 0,54	94,65 ± 0,074	2 ± 0,04 ^{yx}	3 ± 0,01 ^{yy}	3 ± 0,01 ^{yz}
120	94,53 ± 0,82	94,79 ± 0,21	95,05 ± 0,37	2 ± 0,01 ^{yx}	3 ± 0,01 ^{yy}	3 ± 0,02 ^{yz}

Các giá trị đi kèm chữ cái viết nhỏ x,y thể hiện sự khác biệt của độ Brix trong cùng một thời gian xử lý enzyme ở $P < 0,05$. Các giá trị đi kèm chữ cái viết lớn X, Y, Z thể hiện sự khác biệt của độ Brix trong cùng một nồng độ xử lý enzyme ở $P < 0,05$.

Kết quả phân tích ANOVA từ Bảng 1 cho thấy khi sử dụng enzyme ở các nồng độ và thời gian khác nhau ảnh hưởng không có ý nghĩa đến ẩm độ ($P > 0,05$) nhưng ảnh hưởng có ý nghĩa đến độ Brix của sản phẩm ($P < 0,05$). Cụ thể, khi kéo dài thời gian xử lý từ 30 phút đến 120 phút thì ẩm độ của mẫu càng nhiều từ 90,14 đến 94,53% tại nồng độ 0,5%, và khi tăng nồng độ pectinase lên 3% thì ẩm độ của mẫu tăng lên đến 95,05% ở thời gian 120 phút. Điều này có thể giải thích, việc tăng thời gian xử lý làm tăng khả năng pectinase cắt các liên kết glucoside nối giữa các axit galacturonic với nhau, ảnh hưởng đến khả năng giữ nước, khiến cho hàm lượng nước luôn thay đổi. Thật vậy, trong cấu trúc phân tử, pectin sẽ tạo thành mạng lưới không gian ba chiều gian giữ các phân tử nước bên trong hoặc liên kết với các phân tử nước nhờ vào các nhóm -OH. Khi tăng nồng độ pectin hoặc kéo dài thời gian xử lý, cấu trúc pectin bị phân cắt dẫn đến mạng không gian ba chiều bị phá hủy sẽ giải phóng các phân tử nước thành dạng tự do. Do vậy, xác định ẩm độ nước có thể dễ dàng hơn.

Bên cạnh đó, kết quả từ bảng 1 cho thấy, độ Brix của mẫu dao động từ 2 đến 3. Khi tăng nồng độ enzyme từ 0,5 lên 3% thì độ Brix tăng lên 3, trong trường hợp này có thể kết luận là pectinase phân giải pectin tạo ra các nguồn

monosaccharide làm tăng hàm lượng chất khô. Các monosaccharide thường có vị ngọt. Do đó, việc tăng độ Brix có thể tăng vị ngọt của sản phẩm, góp phần hạn chế lượng đường trong quá trình chế biến. Thật vậy, sự gia tăng về độ Brix này có thể được giải thích do pectinase phân giải protopectin không hòa tan trong thịt quả thành dạng pectin hòa tan, tạo điều kiện để dịch bào thoát ra nhiều hơn, đồng thời làm tăng lượng chất khô hòa tan trong dịch quả (Tapre & Jain, 2014).

3.2. Màu sắc

Màu sắc là một nhân tố quan trọng ảnh hưởng đến hình thức cuối cùng của sản phẩm. Theo kết quả từ Bảng 2, phân tích ANOVA cho thấy nồng độ và thời gian xử lý enzyme ảnh hưởng có ý nghĩa ($P < 0,05$) đến màu sắc của sản phẩm. Cụ thể, khi tăng nồng độ enzyme 0,5; 1 và 3% trong cùng thời gian 30 phút thì giá trị L^* của sản phẩm giảm lần lượt là $6,40 \pm 0,45$; $2,77 \pm 0,29$ và $1,72 \pm 0,04$; điều này cho thấy khi tăng nồng độ enzyme thì màu sắc của sản phẩm đậm hơn so với ban đầu. Tương tự như vậy, khi kéo dài thời gian xử lý từ 30 lên 120 phút tại nồng độ 0,5% thì giá trị L^* cũng giảm lần lượt là $6,40 \pm 0,45$; $6,39 \pm 0,05$; $3,67 \pm 0,84$ và $0,08 \pm 0,01$; điều này cũng cho thấy màu sắc của sản phẩm cũng đậm dần khi kéo dài thời gian.

Bảng 2. Ảnh hưởng của thời gian và nồng độ enzyme đến màu sắc của sản phẩm

Thời gian (phút)	Nồng độ (%)	Màu sắc		
		L*	a*	b*
30	0,5	6,40 ± 0,45 ^{CB}	0,41 ± 0,08 ^{aAB}	21,84 ± 1,81 ^{CB}
	1	2,77 ± 0,29 ^{CA}	-1,87 ± 0,10 ^{aB}	21,79 ± 1,63 ^{CC}
	3	1,72 ± 0,04 ^{CA}	-1,61 ± 0,21 ^{aA}	20,91 ± 0,08 ^{CA}
60	0,5	6,39 ± 0,05 ^{CB}	-1,94 ± 0,33 ^{bAB}	14,20 ± 2,70 ^{BB}
	1	1,72 ± 0,04 ^{CA}	-0,46 ± 0,83 ^{BB}	18,01 ± 1,92 ^{BC}
	3	1,58 ± 0,16 ^{CA}	4,24 ± 0,81 ^{bA}	16,38 ± 0,38 ^{BA}
90	0,5	3,67 ± 0,84 ^{BB}	1,57 ± 0,26 ^{cAB}	13,90 ± 0,23 ^{BB}
	1	0,15 ± 0,10 ^{BA}	4,24 ± 0,81 ^{CB}	18,78 ± 0,17 ^{BC}
	3	1,80 ± 0,16 ^{BA}	0,40 ± 0,37 ^{CA}	9,92 ± 0,46 ^{BA}
120	0,5	0,08 ± 0,01 ^{aB}	1,33 ± 0,04 ^{abAB}	11,00 ± 1,33 ^{aB}
	1	1,64 ± 0,24 ^{aA}	3,10 ± 0,66 ^{abB}	16,11 ± 0,01 ^{aC}
	3	1,14 ± 0,08 ^{aA}	-4,51 ± 1,73 ^{abA}	-2,74 ± 1,34 ^{aA}

Các giá trị đi kèm chữ cái viết lớn A, B, C thể hiện sự khác biệt của màu trong cùng một nồng độ xử lý enzyme ở $P < 0,05$. Các giá trị đi kèm chữ cái nhỏ a,b,c thể hiện sự khác biệt của màu trong cùng một thời gian xử lý enzyme ở $P < 0,05$.

Việc kéo dài thời gian xử lý và tăng nồng độ pectinase làm giảm độ nhớt sản phẩm, nhưng khi kéo dài thời gian xử lý như vậy thì sản phẩm tiếp xúc ngoài không khí càng lâu. Điều này, thúc đẩy quá trình oxy hoá và làm thay đổi màu sắc của sản phẩm. Thật vậy, giá trị L* bị giảm đi cho thấy việc cắt mạch pectin xảy ra đồng thời với phản ứng oxy hoá làm thay đổi màu sắc của sản phẩm.

3.3. Hàm lượng pectin

Pectin là một polysaccharide phức tạp có chứa axit D-galacturonic liên kết với nhau

bằng liên kết β -1,4 glycosidic (Nguyen & ctv., 2022). Khi tăng nồng độ và thời gian xử lý của pectinase, pectin có thể bị thủy phân, enzyme lúc này có thể cắt các liên kết glycosidic nối giữa các axit galacturonic với nhau. Cụ thể, ở nồng độ enzyme cao và thời gian xử lý lâu hơn, pectin càng dễ bị thủy phân thành các monosaccharide và oligosaccharide. Thật vậy, điều này thống nhất với kết quả đã được trình bày ở Bảng 3, hàm lượng pectin giảm khi tăng nồng độ enzyme và kéo dài thời gian xử lý.

Bảng 3. Ảnh hưởng của nồng độ và thời gian xử lý enzyme đến hàm lượng pectin

Thời gian (phút)	Nồng độ (%)		
	0,5	1	3
30	4,86 ± 0,12 ^{aA}	0,24 ± 0,02 ^{aB}	0,20 ± 0,02 ^{aB}
60	1,67 ± 0,63 ^{bA}	0,34 ± 0,01 ^{bB}	0,18 ± 0,01 ^{bB}
90	1,39 ± 0,03 ^{bA}	0,52 ± 0,01 ^{bB}	0,13 ± 0,03 ^{bB}
120	0,3 ± 0,02 ^{cA}	0,26 ± 0,01 ^{cB}	0,08 ± 0,01 ^{cB}

Các giá trị đi kèm chữ cái viết lớn A, B, C thể hiện sự khác biệt của pectin trong cùng một nồng độ xử lý enzyme ở $P < 0,05$. Các giá trị đi kèm chữ cái viết nhỏ a,b,c thể hiện sự khác biệt của pectin trong cùng một thời gian xử lý enzyme ở $P < 0,05$.

Khi sử dụng nồng độ là 0,5% và thời gian xử lý 30 phút, thì hàm lượng pectin còn lại sau khi thủy phân là $4,86 \pm 0,12\%$, sau đó kéo dài thời gian xử lý lên 120 phút thì nồng độ còn lại là $0,3 \pm 0,02\%$. Khi tăng nồng độ enzyme lên 6 lần, nếu thời gian xử lý 30 phút thì pectin hầu như bị phá hủy hết, hàm lượng còn lại là $0,20 \pm 0,02\%$.

Theo kết quả ở Bảng 3, phân tích ANOVA cho thấy nồng độ và thời gian xử lý enzyme ảnh hưởng có ý nghĩa ($P < 0,05$) đến hàm lượng pectin trong việc xử lý thịt vỏ quả cacao. Do vậy, thời gian xử lý enzyme được chọn là 120 phút, khi đó hàm lượng pectin là $0,3 \pm 0,02\%$ tại nồng

độ 0,5% và giảm còn $0,08 \pm 0,01\%$ khi tăng nồng độ lên 3%.

3.4. Ảnh hưởng của nồng độ và thời gian xử lý pectinase đến độ nhớt của thịt vỏ quả cacao

Trong vỏ quả cacao, hàm lượng pectin chứa 6,0 - 12,6% khối lượng chất khô (Lu & ctv., 2018) là nguyên nhân tạo nên độ nhớt cao, làm cản trở đáng kể quá trình chế biến tạo ra sản phẩm mứt cacao. Việc sử dụng pectinase để thủy phân pectin là một giải pháp hiệu quả nhằm giảm độ nhớt của sản phẩm.

Bảng 4. Ảnh hưởng độ nhớt của thịt vỏ quả cacao bởi nồng độ và thời gian xử lý enzyme

Thời gian (phút)	Nồng độ (%)	Tốc độ cắt (1/s)										
		0,11	0,21	0,42	1,05	2,1	4,2	6,3	10,5	21,01	33,61	42,02
30	0,5	223,43	150,69	71,24	25,61	7,94	3,71	2,76	1,89	1,21	0,88	0,76
	1	215,27	147,84	70,53	23,29	6,76	3,63	2,54	1,80	1,14	0,83	0,69
	3	210,08	129,83	66,88	19,40	6,72	3,85	2,82	1,84	1,16	0,81	0,69
60	0,5	186,54	141,24	65,09	21,97	7,06	3,66	2,73	1,89	1,23	0,86	0,75
	1	174,77	134,46	66,07	24,29	7,49	3,83	2,81	1,94	1,15	0,80	0,70
	3	163,71	122,69	60,37	16,91	6,33	3,55	2,74	1,90	1,22	0,90	0,74
90	0,5	181,54	137,32	71,33	26,54	8,06	3,84	2,88	2,00	1,29	0,94	0,82
	1	157,44	121,98	55,37	15,76	6,62	3,66	2,72	1,97	1,21	0,86	0,70
	3	149,65	120,02	51,18	15,16	6,74	3,81	2,94	2,03	1,18	0,80	0,66
120	0,5	141,24	110,92	50,56	14,62	5,78	3,48	2,62	1,85	1,12	0,83	0,72
	1	142,67	105,57	46,81	12,52	6,10	3,76	2,82	2,02	1,26	0,88	0,77
	3	141,24	108,43	50,56	13,02	6,03	3,54	2,71	1,87	1,16	0,78	0,67

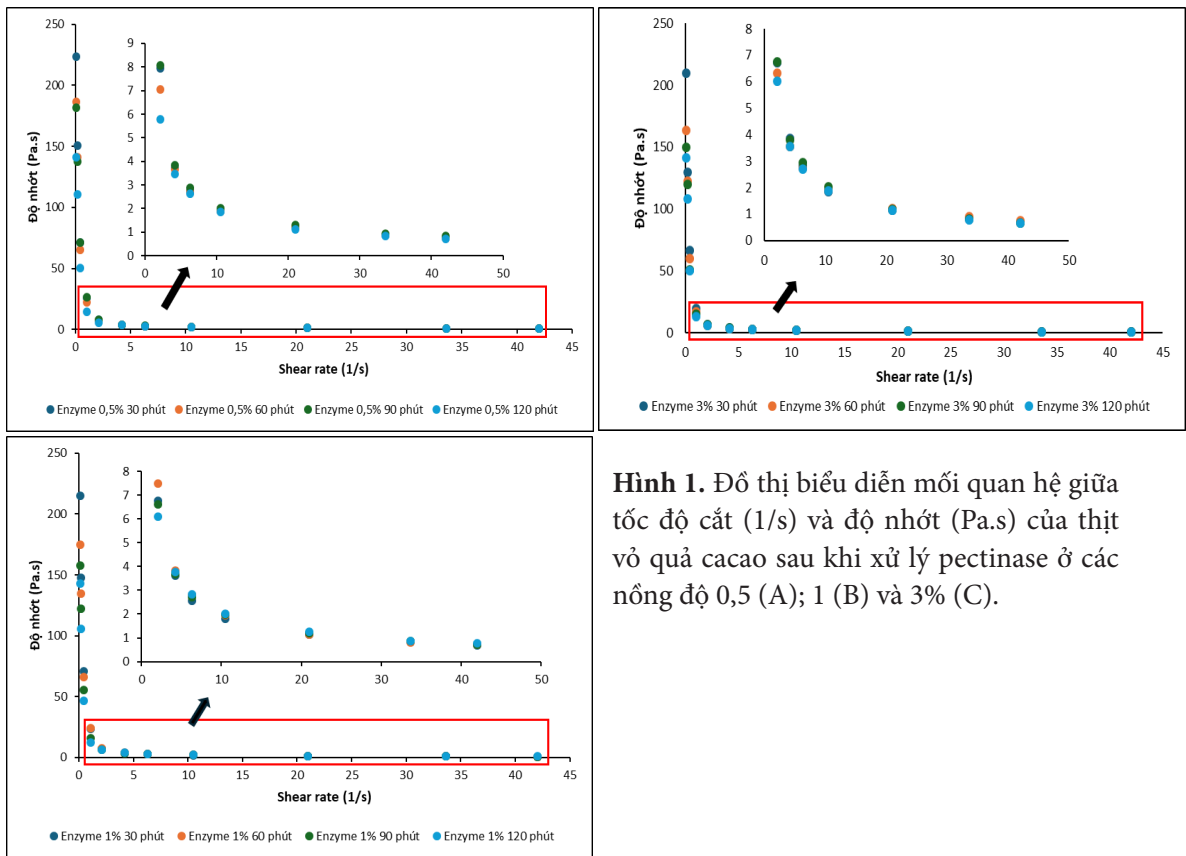
Phân tích ANOVA cho thấy các yếu tố thời gian xử lý và nồng độ enzyme có tác động đáng kể ($P < 0,05$; Bảng 4) đến quá trình thủy phân pectin cũng như độ nhớt của thịt vỏ quả cacao. Cụ thể theo kết quả thí nghiệm ở Bảng 4, khi tăng

thời gian xử lý từ 30 phút lên 120 phút với nồng độ 0,5% và tốc độ cắt 0,11 1/s thì độ nhớt của thịt vỏ quả cacao giảm từ 223,43 xuống còn 141,24 Pa.s. Tương tự, khi tăng nồng độ enzyme từ 0,5 lên 3% ở thời gian xử lý 30 phút và tốc độ cắt 0,11

1/s, thì quá trình thủy phân pectin diễn ra càng nhanh, dẫn đến độ nhớt của thịt vỏ quả cacao càng giảm với giá trị từ 223,43 xuống còn 210,08 Pa.s. Tuy nhiên, độ nhớt đạt ổn định khi ở thời gian 120 phút tại các nồng độ 0,5; 1 và 3% với giá trị lần lượt là 141,24; 142,67 và 141,24 Pa.s, điều này cho thấy các liên kết pectin có khả năng đã bị thủy phân gần như hoàn toàn trong khoảng thời gian khảo sát này. Bên cạnh đó, thí nghiệm tiến hành xác định độ nhớt của thịt vỏ quả cacao dựa vào tốc độ cắt. Kết quả nghiên cứu cho thấy, tốc độ cắt càng lớn thì độ nhớt tương ứng càng bé.

Điều này phù hợp với các nghiên cứu trước đó, trong đó pectin thường thể hiện tính chất giả dẻo hoặc làm loãng do tác động của lực cắt, tuân theo tính chất của chất lỏng phi Newton ở tốc độ cắt cao (Pinkaw & ctv., 2024). Tính chất dòng chảy tương tự cũng được quan sát thấy trong dung dịch pectin sấu riêng (Jong & ctv., 2023).

Số liệu trên Bảng 4 được thể hiện rõ hơn thông qua Hình 1. Đồ thị minh họa sự khác biệt rõ ràng mối quan hệ giữa tốc độ cắt và độ nhớt thông qua sự giảm độ nhớt khi càng tăng tốc độ cắt.



Hình 1. Đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa tốc độ cắt (1/s) và độ nhớt (Pa.s) của thịt vỏ quả cacao sau khi xử lý pectinase ở các nồng độ 0,5 (A); 1 (B) và 3% (C).

Kết quả thí nghiệm cho thấy rằng ở điều kiện thời gian xử lý ngắn, nồng độ enzyme thấp và tốc độ cắt nhỏ, độ nhớt của mẫu đạt giá trị cao nhất 223,43 Pa.s. Ngược lại, ở điều kiện thời gian xử lý lâu, nồng độ enzyme cao và tốc độ cắt lớn, độ nhớt giảm xuống mức thấp nhất 0,67 Pa.s.

4. Kết Luận

Nghiên cứu đã cho thấy việc điều chỉnh nồng độ và thời gian xử lý pectinase là yếu tố quyết định trong việc điều chỉnh hàm lượng pectin trong thịt vỏ quả cacao, với tác dụng của pectinase làm giảm pectin trong mẫu đáng kể.

Cụ thể, ở nồng độ 0,5% và thời gian xử lý 30 phút hàm lượng pectin còn 4,86%, sau khi tăng nồng độ lên 3% và thời gian xử lý 120 phút giảm còn 0,08% hàm lượng pectin còn lại trong mẫu. Đồng thời, việc sử dụng pectinase cũng làm gia tăng hàm lượng chất khô hòa tan có trong mẫu với nồng độ 3% và thời gian xử lý 120 phút đạt độ Brix là 3. Bên cạnh đó, việc sử dụng pectinase để phân hủy pectin làm thay đổi độ nhớt của thịt vỏ quả cacao giúp mở rộng khả năng ứng dụng của vỏ quả để chế biến các sản phẩm, góp phần nâng cao giá trị và đa dạng hóa sản phẩm từ phụ phẩm vỏ quả cacao.

Lời Cam Đoan

Chúng tôi cam đoan bài báo do nhóm tác giả thực hiện và không có bất kỳ mâu thuẫn giữa các tác giả.

Lời Cảm Ơn

Công trình này được tài trợ bởi Trường Đại học Nông Lâm TP.HCM với mã số đề tài CS-SV23-HHPT-04.

Tài Liệu Tham Khảo (References)

Afoakwa, E. O. (2014). *Cocoa production and processing technology* (1st ed.). London, England: CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b16546>.

Barišić, V., Jozinović, A., Flanjak, I., Šubarić, D., Babić, J., Miličević, B., Doko, K., & Ačkar, Đ. (2020). Difficulties with use of cocoa bean shell in food production and high voltage electrical discharge as a possible solution. *Sustainability* 12(10), 3981. <https://doi.org/10.3390/su12103981>.

Blakemore, W. R., Dewar, E. T., & Hodge, R. A. (1966). Polysaccharides of the cocoa pod husk. *Journal of The Science of Food and Agriculture* 17(12), 558-560. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740171208>.

Chan, S. Y., & Choo, W. S. (2013). Effect of extraction conditions on the yield and chemical properties of pectin from cocoa husks. *Food Chemistry* 141(4), 3752-3758.

Dos Santos, E. S. B., Leal, I. L., & Nery, T. B. R. (2021). Extraction of pectin from epicarp and mesocarp fractions of cocoa shell. *Journal of Bioengineering, Technologies and Health* 4(2), 52-57. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.06.097>.

Handojo, L., Triharyogi, H., & Indarto, A. (2019). Cocoa bean shell waste as potential raw material for dietary fiber powder. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture* 8, 485-491. <https://doi.org/10.34178/JBTH.V4I2.160>.

Hoang, B. Q., Duong, D. T. N., Le, N. T., & Mai, T. T. (2020). Study on hydrolysis conditions of red-fleshed dragon fruit juice (*Hylocereus polyrhizus*) and alcohol fermentation testing. *Can Tho University Journal of Science* 56(3): 86-92. <https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2020.057>.

Horwitz, W. (2010). *Official methods of analysis of AOAC International. Agricultural chemicals, contaminants, drugs* (Volume I). Maryland, USA: AOAC International.

Jong, S. H., Abdullah, N., & Muhammad, N. (2023). Optimization of low-methoxyl pectin extraction from durian rinds and its physicochemical characterization. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications* 5, 100263. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2022.100263>.

Jozinović, A., Panak Balentić, J., Ačkar, Đ., Babić, J., Pajin, B., Miličević, B., Guberac, S., Vrdoljak, A., & Šubarić, D. (2019). Cocoa husk application in the enrichment of extruded snack products. *Journal of Food Processing and Preservation* 43(2), e13866. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13866>.

Lu, F., Rodriguez-Garcia, J., Van Damme, I., Westwood, N. J., Shaw, L., Robinson, J. S., Warren, G., Chatzifragkou, A., McQueen, M. S., Gomez, L., Faas, L., Balcombe, K., Srinivasan, C., Picchioni, F., Hadley, P., & Charalampopoulos, D. (2018). Valorization strategies for cocoa pod

- husk and its fractions. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry* 14, 80-88. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2018.07.007>.
- Mai, T. T. N., Nguyen, V. V. T., Nguyen, H. C & Le, D. N. D. (2016). Study on factors affecting the ability to extract acerola fruit juice (*Magnolyophyta glabra*) by enzyme. *Can Tho University Journal of Science* (42), 11-18. <https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2016.011>.
- Martínez, C. S., Salvador, A., Muguerza, B., Moulay, L., & Fiszman, S. (2011). Cocoa fibre and its application as a fat replacer in chocolate muffins. *LWT-Food Science and Technology* 44(3), 729-736. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.06.035>.
- Mulluye, K., & Atnafu, Y. (2022). Biotechnological application of pectinase. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research* 13(8), 3069-3077. [http://dx.doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.13\(8\).3069-77](http://dx.doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.13(8).3069-77).
- Nguyen, Q. N., Tran, K. T., & Vu, D. X. (2022). Research on the production and testing of the ability to preserve some fruits of pectin-carboxymethyl cellulose film supplemented with herbal essential oils. *Hung Vuong University Journal of Science and Technology* 26(1), 28-37.
- Nguyen, T. H., & Luu, H. Đ. T. (2014). Research on cocoa product value chain in Ben Tre province. *Can Tho University Journal of Science* (35), 8-15.
- Oddoye, E. O., Agyente-Badu, C. K., & Gyedu-Akoto, E. (2013). Cocoa and its by-products: Identification and utilization. *Chocolate in Health and Nutrition* 7, 23-37. <https://doi.org/10.1007/978-1-61779-803-03>.
- Pinkaew, T., Inthachat, W., Khemthong, C., Kemsawasd, V., On-Nom, N., & Temviriyankul, P. (2024). High pectin recovery from cocoa husks using an autoclave approach: An analysis of its physicochemical, structural, and genotoxicity properties. *Foods* 13(5), 669. <https://doi.org/10.3390/foods13050669>.
- Potanin, A., & Marron, G. (2021). Rheological characterization of yield-stress fluids with Brookfield viscometer. *De Gruyter* 31, 1-9.
- Sobamiwa, O., & Longe, O. (1994). Utilization of cocoa-pod pericarp fractions in broiler chick diets. *Animal Feed Science and Technology* 47(3-4), 237-244. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(94\)90127-9](https://doi.org/10.1016/0377-8401(94)90127-9).
- Tapre, A. R., & Jain, R. K. (2014). Pectinases: Enzymes for fruit processing industry. *International Food Research Journal* 21(2), 447-453.