

ẢNH HƯỞNG CỦA ENZYME PROTEASE ĐẾN KHẢ NĂNG TRÍCH TINH BỘT TỪ HẠT MÍT (*Artocarpus heterophyllus* Lam.)

Dương Thị Phượng Liên¹, Hồ Thị Khả Tú²,

Võ Thị Diệu¹, Dương Kim Thanh^{1, *}

¹ Viện Công nghệ sinh học và Thực phẩm, Trường Đại học Cần Thơ

² Sinh viên ngành Công nghệ thực phẩm, Trường Đại học Cần Thơ

* Email: dkthanh@ctu.edu.vn

TÓM TẮT

Mít (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) là loại trái cây phổ biến được trồng ở nhiều nước châu Á. Hạt mít tuy rất giàu tinh bột, protein và chất khoáng nhưng thường được xem như phế phẩm bị loại bỏ trong quá trình sản xuất sản phẩm từ thịt quả mít. Nghiên cứu khả năng trích tinh bột từ hạt mít được thực hiện với nội dung khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ enzyme protease (0 - 3 U/mL) và thời gian xử lý enzyme (2 - 4 giờ) đến hiệu suất thu hồi tinh bột và chất lượng tinh bột hạt mít. Kết quả cho thấy, hạt mít được xử lý enzyme protease với tỉ lệ 2 U/mL, trong thời gian ngâm trích 3 giờ cho hiệu suất thu hồi tinh bột cao ($57,02 \pm 1,41\%$), bột thành phẩm có hàm lượng tinh bột $88,49 \pm 0,23\%$, hàm lượng protein duy trì ở mức thấp ($2,38 \pm 0,09\%$), chỉ số hấp thụ nước (WAI) và khả năng trương nở (SP) của bột tương ứng với $2,12 \pm 0,02$ g/g và $3,35 \pm 0,11\%$, đồng thời có độ trắng cao (giá trị $L^* = 96,67 \pm 0,12$), khối lượng riêng biểu kiến, khối lượng riêng thực, độ tạo bột (FC) và khả năng ổn định bột (FS) của tinh bột hạt mít lần lượt là $0,50 \pm 0,01$ g/cm³, $0,60 \pm 0,01$ g/cm³, $27,46 \pm 0,66\%$ và $6,38 \pm 0,23\%$. Nghiên cứu mở ra triển vọng trích và tinh sạch tinh bột từ nguồn phế phẩm hạt mít để ứng dụng trong nhiều lĩnh vực như: Thực phẩm, dược phẩm, mỹ phẩm mang lại giá trị cao hơn cho nguồn nguyên liệu này.

Từ khóa: Hạt mít, enzyme protease, protein, tinh bột.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Mít thuộc họ Moraceae, là loại trái cây nổi tiếng được trồng rộng rãi ở các nước nhiệt đới. Mít có hương vị thơm ngon, quả mít giàu vitamin, khoáng chất, protein, carbohydrate và nhiều hợp chất có hoạt tính sinh học như: Carotenoid, flavonoid và tanin. Năm 2022, cả nước trồng gần 60.000 ha mít, sản lượng gần 550.000 tấn [1], riêng đồng bằng sông Cửu Long sản lượng mít đạt 419.900 tấn [2]. Hạt mít chiếm từ 10 - 15% khối lượng trái mít [3]. Nhiều nghiên cứu đã chứng minh, hạt mít chứa giá trị dinh dưỡng cao. Thành phần dinh dưỡng của hạt mít rất đa dạng. Theo Noor và cs (2014) [4], hạt mít chứa lignan, isoflavone, saponin, có thể chống ung thư, giúp hạ huyết áp, chống oxy hóa, chống viêm loét... và là nguồn cung cấp dồi dào protein, tinh bột [3].

Trong những năm gần đây, việc sử dụng các nguồn tinh bột thay thế trong các ứng dụng công nghiệp ngày càng tăng và là vấn đề đang được quan tâm. Tinh bột mít có đặc tính chức năng mong muốn và khác biệt với một số loại tinh bột từ nguồn nguyên liệu khác như hàm lượng amylose cao, nhiệt độ hồ hóa cao... Ngoài ra, tinh bột hạt mít có hàm lượng tinh bột kháng cao hơn các loại tinh bột khác [5]. Nhiều nghiên cứu đã ứng dụng tinh bột hạt mít cho nhiều loại thực phẩm và thay thế hương thơm của ca cao. Trên thế giới đã có một số nghiên cứu bổ sung tinh bột hạt mít vào các sản phẩm bánh khác nhau như: Bánh quy, bánh chocolate, các loại bánh ăn kiêng. Các sản phẩm có kết hợp bột hạt mít có sức hấp dẫn về mặt dinh dưỡng và cảm quan tốt hơn, dẫn đến khả năng chấp nhận của người tiêu dùng được cải thiện.

Enzyme là chất xúc tác sinh học đóng vai trò rất quan trọng trong công nghệ chế biến thực phẩm. Dưới tác dụng của enzyme, cơ chất có những thay đổi không chỉ về cấu trúc hóa học mà còn thay đổi tính chất hóa học [6]. Enzyme protease được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực như: Công nghệ sữa, công nghệ chế biến thịt, công nghệ da, hương phẩm, mỹ phẩm, y học... Protease là enzyme có tính đặc hiệu rộng, có khả năng thủy phân hơn 90% các liên kết peptide thành các amino axit [7]. Quá trình thủy phân ảnh hưởng đến quá trình chế biến thực phẩm, quá trình thủy phân tinh bột bao gồm sự khuếch tán của enzyme lên bề mặt hạt, sau đó là sự hấp phụ và các xúc tác tiếp theo [8]. Quá trình thủy phân tinh bột bằng enzyme cho sản phẩm có hàm lượng protein thấp, chỉ số hấp thụ và hòa tan trong nước cao hơn các phương pháp xử lý khác [4]. Với mục đích trích và tinh sạch tinh bột từ hạt mít có hàm lượng tinh bột cao và giảm thiểu hàm lượng protein, nghiên cứu ảnh hưởng của tỷ lệ enzyme protease và thời gian xử lý enzyme đến hiệu suất thu hồi và chất lượng tinh bột hạt mít đã được thực hiện.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Thí nghiệm được thực hiện tại Phòng thí nghiệm Bộ môn Công nghệ thực phẩm, Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm, Trường Đại học Cần Thơ.

Nguồn nguyên liệu hạt mít sử dụng trong nghiên cứu từ quả mít Thái thu mua cố định tại vườn thuộc tỉnh Hậu Giang, được vận chuyển về phòng thí nghiệm để thực hiện nghiên cứu. Sau khi lấy phần thịt quả sử dụng cho nội dung nghiên cứu khác (cùng đề tài nghiên cứu đa dạng hóa sản phẩm từ mít của tỉnh Hậu Giang) hạt mít được thu nhận, tách bỏ lớp vỏ bên ngoài, rửa sạch sử dụng ngay hoặc giữ trong tủ mát (15 - 20°C) không quá 24 giờ.

Angel complex enzyme MF101 (hỗn hợp gồm enzyme protease trung tính E1101 (i), enzyme papain E1101 (ii) và maltodextrin) do Công ty TNHH Angel Yeast Trung Quốc sản xuất, Công ty TNHH ICFOOD Việt Nam đóng gói, phân phối và chịu trách nhiệm về sản phẩm).

2.2. Bố trí thí nghiệm

Sau khi loại bỏ lớp vỏ quả bên ngoài và vỏ lụa, hạt mít được cắt thành lát và nghiền với tỷ lệ nguyên liệu: nước = 1: 4. Hạt mít sau khi nghiền được phối trộn với nước theo tỷ lệ 1: 15 (tính theo nguyên liệu hạt mít ban đầu). Thí nghiệm được bố trí ngẫu nhiên với 2 nhân tố tỷ lệ enzyme protease thay đổi từ 0 - 3 U/mL (mỗi nghiệm thức cách nhau 1 U/mL) và thời gian ngâm trích từ 2 - 4 giờ (mỗi nghiệm thức cách nhau 1 giờ). Nhiệt độ ngâm trích và pH dịch ngâm xử lý enzyme được điều chỉnh trong khoảng hoạt tính enzyme tối ưu (50°C và pH = 6,5). Tinh bột sau khi trích được sấy ở 60°C đến độ ẩm dưới 10%, nghiền mịn, sàng qua rây kích thước 0,25 mm, đóng gói trong túi phức hợp tráng nhôm và được giữ ổn định trong 1 ngày. Tiến hành phân tích các chỉ tiêu: Hàm lượng protein, hàm lượng tinh bột, chỉ số hấp thụ nước, khả năng trương nở, màu sắc (giá trị L^* , a^* , b^*), chỉ số hóa nâu BI (Browning Index), hiệu suất thu hồi tinh bột, khối lượng riêng biểu kiến, khối lượng riêng thực, độ tạo bọt và khả năng ổn định bọt của tinh bột hạt mít. Bột tinh bột sau khi trích khối lượng mẫu phân tích là 5 g/nghiệm thức, thí nghiệm được lặp lại ba lần.

2.3. Phương pháp phân tích

- Hàm lượng tinh bột: Phương pháp Lane-Eynon có sửa đổi [4].

- Hàm lượng protein: Phương pháp chưng cất đạm Kjeldahl [9].

- Chỉ số hấp thụ nước (WAI): Phương pháp của Noor và cs (2014) [4]: $WAI = \frac{W_2}{W_1}$

Trong đó: W_1 là khối lượng mẫu khô (g), W_2 là khối lượng chất rắn lắng bên dưới (g).

- Khả năng trương nở (SP): Phương pháp của Noor và cs (2014) [4]: $SP (g/g) = \frac{W_2}{W_1}$

Trong đó: W_1 là khối lượng mẫu khô ban đầu (g), W_2 là khối lượng kết tủa (g).

- Khả năng tạo bọt (FC) và độ bền bọt (FS) được đo theo phương pháp của Jan và cs (2019) [9]. $FC (\%) = \frac{(V_1 - V_2)}{V_0} \times 100$; $PS (\%) = \frac{(V_1 - V_2)}{V_0} \times 100$.

Trong đó: V_0 là thể tích (mL) trước khi tạo bọt; V_1

là thể tích (mL) sau khi tạo bột; V_2 là thể tích (mL) sau khi để yên trong một giờ.

- Khối lượng riêng biểu kiến, khối lượng riêng thực (g/cm^3): Phương pháp của Jan và cs (2019) [9]. Khối lượng riêng biểu kiến (g/cm^3) = $\frac{m}{V_0}$; khối lượng riêng thực (g/cm^3) = $\frac{m}{V_1}$.

Trong đó: m là khối lượng mẫu (g), V_0 là thể tích đầu (mL), V_1 là thể tích sau khi nén (mL).

- Hiệu suất thu hồi tinh bột (%) tính theo công thức:
$$\text{Hiệu suất thu hồi tinh bột (\%)} = \frac{\text{khối lượng tinh bột trong sản phẩm}}{\text{khối lượng tinh bột trong nguyên liệu}} \times 100.$$

- Màu sắc thịt quả được xác định bằng máy đo màu cầm tay Konica Minolta (model CR-20, Nhật Bản) thể hiện qua hệ màu CIE các giá trị L^* , a^* , b^* .

- Chỉ số hóa nâu BI xác định theo công thức
$$BI = \frac{100(x-0.31)}{0.172}, \text{ với } x = \frac{a^*+1.75L^*}{5.64L^*+a^*-3.012b^*} [10].$$
 L^* , a^* , b^* trong công thức là giá trị màu đo được từ kết quả xác định màu sắc của sản phẩm bằng máy đo màu Colorimeter như đã trình bày ở trên.

2.4. Phương pháp xử lý số liệu

Sử dụng phương pháp phân tích phương sai (ANOVA) và phép kiểm định LSD để xác định sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các giá trị trung bình của các nghiệm thức bằng chương trình STATGRAPHICS Centurion XV.I. Phần mềm Microsoft Excel được sử dụng để tính toán số liệu và vẽ đồ thị. Tất cả các số liệu thu thập dựa trên kết quả 3 lần lặp lại, kết quả được trình bày dưới dạng giá trị trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn ($n=3$).

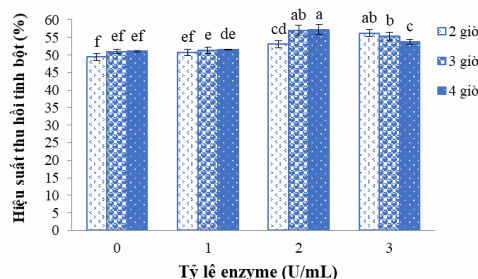
3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của tỷ lệ enzyme và thời gian xử lý enzyme protease đến hiệu suất thu hồi tinh bột

Tỷ lệ enzyme và thời gian xử lý enzyme ảnh hưởng có ý nghĩa thống kê đến hiệu suất thu hồi tinh bột hạt mít (Hình 1).

Hiệu suất thu hồi tinh bột hạt mít dao động từ 49,45 - 57,23%. Thời gian ngâm trích tinh bột 2 giờ, khi tỷ lệ enzyme protease sử dụng tăng thì hiệu suất thu hồi tăng khác biệt có ý nghĩa giữa các nghiệm thức. Thời gian trích 3 giờ với tỉ lệ enzyme

tăng từ 1 lên 2 U/mL thì hiệu suất thu hồi tăng khác biệt có ý nghĩa và khi tỷ lệ enzyme tăng lên 3 U/mL thì hiệu suất thu hồi khác biệt không ý nghĩa. Thời gian trích là 4 giờ và tỷ lệ enzyme sử dụng tăng từ 1 lên 2 U/mL thì hiệu suất thu hồi tăng khác biệt có ý nghĩa và khi tăng lên 3 U/mL thì hiệu suất thu hồi giảm khác biệt có ý nghĩa. Điều này có thể do các hạt tinh bột được gắn chặt với nhau bởi vách protein, muốn giải phóng tinh bột thuận lợi phải phá vỡ khuôn protein này. Bên cạnh đó, tạp chất protein cũng làm chậm quá trình lắng tách các hạt nhỏ của tinh bột, dẫn đến thất thoát trong quá trình phân tách và tinh chế [11]. Khi sử dụng enzyme protease có thể giúp giải quyết các vấn đề này và hỗ trợ quá trình giải phóng tinh bột hiệu quả.



Hình 1. Ảnh hưởng của tỷ lệ enzyme và thời gian xử lý enzyme đến hiệu suất thu hồi tinh bột

Ghi chú: Kết quả được thể hiện qua giá trị trung bình và độ lệch chuẩn của 3 lần lặp lại. Các chữ cái giống nhau kèm ở các cột trong cùng một hình thì không khác biệt về mặt thống kê ở mức ý nghĩa 5%.

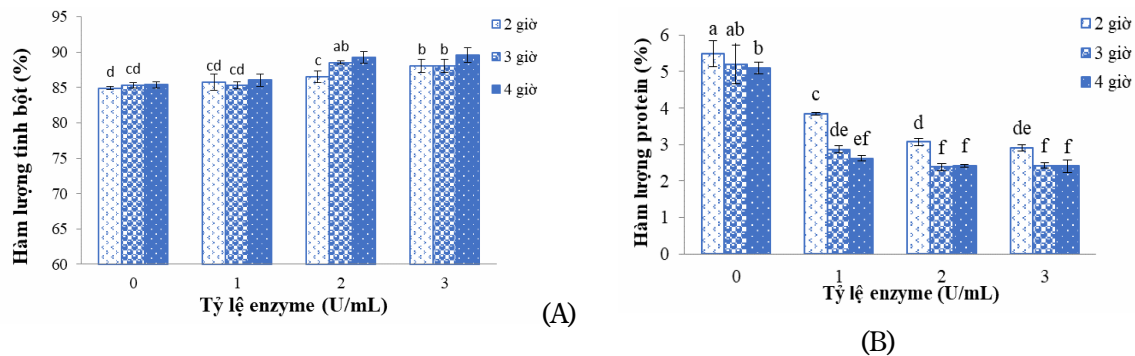
Tỷ lệ enzyme protease 1 U/mL, hiệu suất thu hồi so với mẫu đối chứng và giữa các nghiệm thức khác biệt không có ý nghĩa. Tỷ lệ enzyme 2 U/mL, thời gian xử lý tăng từ 2 giờ lên 3 giờ, hiệu suất thu hồi tăng khác biệt có ý nghĩa, tuy nhiên khi tăng thời gian xử lý lên 4 giờ thì khác biệt không có ý nghĩa. Với tỷ lệ enzyme 3 U/mL, thời gian xử lý kéo dài đến 4 giờ, hiệu suất thu hồi giữa các nghiệm thức giảm khác biệt có ý nghĩa từ 56,26 xuống 53,83%. Khi thời gian tiếp xúc giữa enzyme và cơ chất dài, quá trình thủy phân diễn ra càng mạnh, đồng thời thời gian ngâm trích kéo dài giúp quá trình trích nguyên liệu được triệt để hơn nên sản phẩm tinh bột thu được càng nhiều. Nhưng

thời gian ngâm trích quá dài có thể dẫn đến sự phân hủy các chất và hiệu suất thu hồi giảm dần. Theo Nguyễn Trọng Cần và cs (1998) [12], trong điều kiện nồng độ cơ chất thích hợp, vận tốc phản ứng tuyến tính với nồng độ enzyme. Tuy nhiên, khi nồng độ enzyme tăng đến giới hạn thì tốc độ phản ứng không tăng lên nữa. Giai đoạn đầu khi nồng độ cơ chất thừa, vận tốc phản ứng tỷ lệ thuận với nồng độ enzyme. Càng về sau, sản phẩm tạo thành tăng lên, vừa đóng vai trò chất ức chế không cạnh tranh, vừa làm cho lượng cơ chất

trong môi trường giảm, nên khi tiếp tục tăng nồng độ enzyme thì vận tốc phản ứng tăng không đáng kể.

3.2. Ảnh hưởng của tỷ lệ enzyme và thời gian xử lý enzyme protease đến hàm lượng tinh bột và hàm lượng protein của tinh bột hạt mít

Hình 2 cho thấy, ảnh hưởng của tỷ lệ enzyme protease và thời gian xử lý có ý nghĩa thống kê đến hàm lượng tinh bột và hàm lượng protein của tinh bột hạt mít.



Hình 2. Ảnh hưởng của tỷ lệ enzyme protease và thời gian xử lý đến (A) hàm lượng tinh bột (%) và (B) hàm lượng protein (%) trong tinh bột hạt mít

Ghi chú: Kết quả được thể hiện qua giá trị trung bình và độ lệch chuẩn của 3 lần lặp lại. Các chữ cái giống nhau kèm ở các cột trong cùng một hình thì không khác biệt về mặt thống kê ở mức ý nghĩa 5%.

Hàm lượng tinh bột dao động từ 84,91 - 89,56% (Hình 2A). Nhìn chung, hàm lượng tinh bột tăng theo thời gian ngâm trích. Tuy nhiên, với tỷ lệ enzyme 2 và 3 U/mL, khi kéo dài thời gian xử lý từ 3 lên 4 giờ và 2 lên 3 giờ tương ứng, thì hàm lượng tinh bột giữa các nghiệm thức khác biệt không có ý nghĩa thống kê. Với cùng thời gian ngâm, tỷ lệ enzyme protease sử dụng tăng thì hàm lượng tinh bột cao. So với mẫu đối chứng không sử dụng enzyme, với tỷ lệ enzyme 1 U/mL ở các khoảng thời gian ngâm trích, hàm lượng tinh bột thu được không khác biệt có ý nghĩa thống kê, hàm lượng tinh bột khác biệt có ý nghĩa thống kê khi tăng nồng độ enzyme từ 2 lên 3 U/mL. Điều này do enzyme protease có thể hỗ trợ cải thiện hàm lượng tinh bột trong thành phẩm. Các hạt tinh bột thường liên kết chặt chẽ với mạng protein. Theo Ozturk và cs (2021) [13], mạng lưới protein là nguyên nhân chủ yếu gây ra vấn đề giữ lại tinh bột trong tế bào. Khi sử dụng enzyme protease sẽ giúp phá vỡ mạng lưới protein này, tạo điều kiện thuận

lợi cho quá trình giải phóng tinh bột, do đó hàm lượng tinh bột trong sản phẩm thu hồi được cao hơn. Kết quả này tương tự với kết quả nghiên cứu của Kringel và cs (2020) [14], theo đó xử lý bằng enzyme sẽ tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình loại bỏ protein và thu hồi tinh bột hiệu quả. Một số enzyme như protease, amylase và cellulase có thể được sử dụng để nâng cao chất lượng và độ tinh khiết của tinh bột thu được.

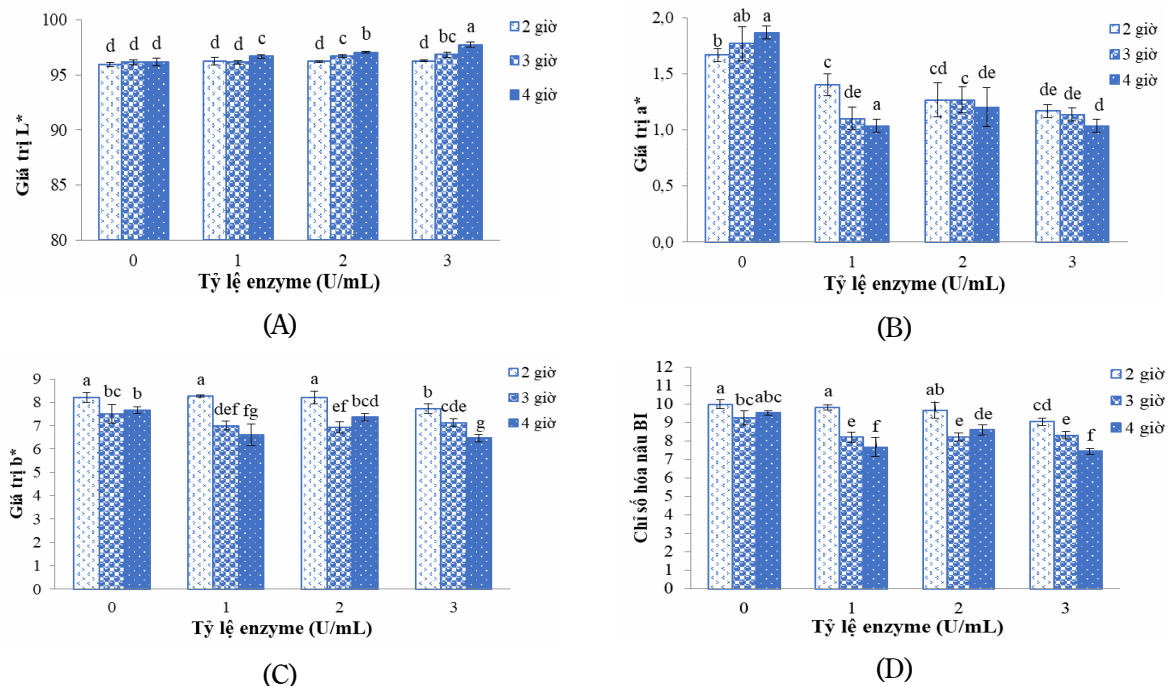
Theo kết quả thu nhận được, hàm lượng protein của tinh bột hạt mít dao động từ 2,34 - 5,49% (Hình 2B). Thời gian xử lý 2 - 3 giờ, tỷ lệ enzyme protease sử dụng tăng thì hàm lượng protein trong thành phẩm tinh bột hạt mít có xu hướng giảm và khác biệt có ý nghĩa giữa các nghiệm thức. Tuy nhiên, tăng thời gian xử lý lên 3 - 4 giờ, với tỷ lệ enzyme 2 và 3 U/mL, hàm lượng protein khác biệt không có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức. Nguyên nhân là do enzyme protease giúp phân cắt các phân tử protein thành các peptide phân tử thấp hoặc amino axit, làm suy

yếu liên kết giữa protein và tinh bột. Do đó, quá trình phân tách protein ra khỏi hạt tinh bột xảy ra mạnh dẫn đến giảm hàm lượng các thành phần phi tinh bột như protein trong thành phẩm tinh bột thu được. Khi tăng tỷ lệ enzyme sử dụng thì số phân tử enzyme trên một đơn vị diện tích tăng, chúng sẽ phân cắt được nhiều cơ chất hơn. Mặt khác, khi thừa cơ chất, vận tốc phản ứng tăng khi nồng độ enzyme tăng, nhưng khi nồng độ enzyme bão hòa với nồng độ cơ chất thì vận tốc phản ứng không thay đổi hoặc không tăng thêm khi tăng nồng độ enzyme [15].

Khi sử dụng cùng tỷ lệ enzyme protease, thời gian xử lý enzyme dài dẫn đến hàm lượng protein trong thành phẩm tinh bột hạt mít giảm khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức. Điều này có thể giải thích, là do hoạt động phản ứng thủy phân xúc tác enzyme trong điều kiện enzyme vẫn còn hoạt động khi còn tiếp xúc với cơ chất.

Thời gian xử lý enzyme càng dài, sự thủy phân các cơ chất diễn ra càng nhiều, hàm lượng protein trong thành phẩm càng giảm. Nhưng trong môi trường trích có mặt của enzyme, nếu thời gian trích quá dài thì hoạt tính của enzyme có thể bị ảnh hưởng bởi chính các thành phần các chất có trong dịch chiết. Theo Nguyễn Đức Lượng và cs (2004) [6], enzyme tạo ái lực với các sản phẩm tạo thành của phản ứng và cơ chất, các sản phẩm sinh ra đóng vai trò như một chất kìm hãm không cạnh tranh và kìm hãm hoạt động của enzyme. Mặt khác, khi lượng cơ chất giảm xuống mức thấp thì phản ứng thủy phân của enzyme sẽ giảm tốc độ, điều này cũng làm giảm khả năng của hoạt động của enzyme.

3.3. Ảnh hưởng của tỷ lệ enzyme và thời gian xử lý enzyme protease đến màu sắc (L^* , a^* , b^*) và chỉ số hóa nâu BI của tinh bột hạt mít



Hình 3. Ảnh hưởng của tỷ lệ enzyme protease và thời gian xử lý enzyme đến màu sắc (A) L^* , (B) a^* , (C) b^* và (D) chỉ số hóa nâu BI của tinh bột hạt mít

Ghi chú: Kết quả được thể hiện qua giá trị trung bình và độ lệch chuẩn của 3 lần lặp lại. Các chữ cái giống nhau kèm ở các cột trong cùng một hình thì không khác biệt về mặt thống kê ở mức ý nghĩa 5%.

Các thông số màu sắc của tinh bột gồm: L^* , a^* , b^* và chỉ số hóa nâu BI của tinh bột hạt mít được trình bày ở hình 3. Giá trị độ sáng (L^*) dao

động từ 0 - 100 và là thông số đặc trưng cho độ sáng và tối của mẫu. Giá trị L^* của tinh bột hạt mít dao động từ 95,93 - 97,73. Mẫu không sử dụng

enzyme với thời gian trích 2 giờ có giá trị L^* thấp nhất (95,93) và khác biệt có ý nghĩa thống kê với mẫu có sử dụng enzyme ở nồng độ 3 U/mL với thời gian trích 4 giờ (có giá trị cao nhất 97,73). Thời gian trích từ 1 - 2 giờ ở cả 3 nồng độ enzyme và thời gian trích 3 giờ với nồng độ enzyme 1 U/mL ảnh hưởng không có ý nghĩa thống kê đến giá trị L^* của tinh bột hạt mít. Khi tăng thời gian xử lý enzyme 3 và 4 giờ, giá trị L^* tăng có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức. Enzyme protease giúp hỗ trợ sự phân tách protein ra khỏi bề mặt tinh bột tạo điều kiện cho quá trình trích tinh bột thuận lợi, thành phẩm tinh bột tạo thành tinh sạch hơn. Theo Villarreal và cs (2013) [16], sản phẩm tinh bột thu được có độ tinh khiết cao thì độ trắng sáng của sản phẩm càng cao.

Giá trị a^* thể hiện sự thay đổi màu từ xanh lá cây sang đỏ. Giá trị b^* thể hiện sự thay đổi màu từ xanh da trời sang vàng. Giá trị a^* , b^* càng cao tương ứng màu đỏ và vàng càng đậm. Giá trị a^* và b^* dao động tương ứng trong khoảng từ 1,03 - 1,87 và 6,47 - 8,27. Giá trị a^* và b^* đều có xu hướng giảm khi tăng thời gian trích và nồng độ enzyme. Tuy nhiên, với thời gian ngâm 2 giờ, nồng độ enzyme 0; 1; 2 U/mL, giá trị b^* khác biệt không có ý nghĩa thống kê. Giá trị a^* và b^* giảm (Hình 3B

và C), cùng với giá trị L^* tăng theo thời gian trích nên màu sắc đo được của sản phẩm càng trắng sáng.

Chỉ số hóa nâu BI được xác định nhờ công thức dựa trên hệ màu L^* , a^* và b^* nên ảnh hưởng bởi kết quả màu sắc đo được của sản phẩm (Hình 3D). Chỉ số hóa nâu BI của tinh bột hạt mít cao nhất ở mẫu đối chứng với thời gian trích 2 giờ (9,99) và thấp nhất tương ứng với mẫu sử dụng nồng độ enzyme 3 U/mL và thời gian trích 4 giờ (7,45). Chỉ số hóa nâu của sản phẩm cũng ảnh hưởng có giá trị thống kê bởi tỷ lệ enzyme và thời gian trích.

3.4. Ảnh hưởng của tỷ lệ enzyme và thời gian xử lý enzyme protease đến chỉ số hấp thụ nước (WAI), khả năng trương nở (SP), khối lượng riêng biểu kiến, khối lượng riêng thực, độ tạo bọt (FC) và khả năng ổn định bọt (FS) của tinh bột hạt mít

Tỷ lệ enzyme và thời gian xử lý enzyme protease ảnh hưởng có ý nghĩa thống kê đến chỉ số hấp thụ nước (WAI), khả năng trương nở (SP), khối lượng riêng biểu kiến, khối lượng riêng thực, độ tạo bọt (FC) và khả năng ổn định bọt (FS) của tinh bột hạt mít (Bảng 1).

Bảng 1. Ảnh hưởng của tỷ lệ enzyme và thời gian xử lý enzyme protease đến chỉ số hấp thụ nước, khả năng trương nở, khối lượng riêng biểu kiến, khối lượng riêng thực, độ tạo bọt và khả năng ổn định bọt của tinh bột hạt mít

Thời gian xử lý enzyme (giờ)	Tỷ lệ enzyme protease (U/mL)	WAI (g/g)	SP (%)	Khối lượng riêng biểu kiến (g/cm ³)	Khối lượng riêng thực (g/cm ³)	FC (%)	FS (%)
2	0	2,11 ± 0,09 ^a	2,95 ± 0,05 ^c	0,45 ± 0,01 ^c	0,56 ± 0,01 ^c	60,44 ± 0,45 ^a	9,03 ± 0,23 ^a
	1	2,17 ± 0,04 ^a	2,98 ± 0,09 ^c	0,45 ± 0,01 ^c	0,56 ± 0,01 ^c	50,76 ± 0,15 ^b	8,92 ± 0,14 ^a
	2	2,14 ± 0,03 ^a	3,30 ± 0,09 ^b	0,48 ± 0,01 ^b	0,56 ± 0,01 ^c	35,78 ± 0,85 ^c	7,57 ± 0,69 ^{bc}
	3	2,15 ± 0,05 ^a	3,55 ± 0,10 ^a	0,49 ± 0,01 ^{ab}	0,59 ± 0,01 ^{ab}	27,59 ± 0,69 ^d	6,72 ± 0,151 ^d
3	0	2,16 ± 0,04 ^a	3,02 ± 0,05 ^c	0,46 ± 0,02 ^c	0,57 ± 0,01 ^c	35,53 ± 0,28 ^c	7,97 ± 0,49 ^b
	1	2,16 ± 0,03 ^a	3,01 ± 0,07 ^c	0,48 ± 0,01 ^b	0,58 ± 0,01 ^b	27,81 ± 0,5 ^d	6,74 ± 0,49 ^d
	2	2,12 ± 0,02 ^a	3,35 ± 0,11 ^b	0,50 ± 0,01 ^a	0,60 ± 0,01 ^a	27,46 ± 0,66 ^{de}	6,38 ± 0,23 ^{de}
	3	2,12 ± 0,02 ^a	3,52 ± 0,06 ^a	0,49 ± 0,01 ^{ab}	0,59 ± 0,01 ^{ab}	25,18 ± 0,46 ^f	5,26 ± 0,12 ^{fg}
4	0	2,14 ± 0,03 ^a	3,05 ± 0,08 ^c	0,46 ± 0,01 ^c	0,57 ± 0,01 ^c	35,84 ± 0,23 ^c	6,91 ± 0,39 ^{cd}

	1	2,13 ± 0,02 ^a	3,08 ± 0,08 ^c	0,49 ± 0,01 ^{ab}	0,59 ± 0,01 ^{ab}	26,72 ± 0,52 ^e	5,87 ± 0,61 ^{ef}
	2	2,11 ± 0,05 ^a	3,38 ± 0,02 ^b	0,50 ± 0,01 ^a	0,60 ± 0,01 ^a	25,14 ± 0,28 ^f	4,82 ± 0,38 ^g
	3	2,11 ± 0,04 ^a	3,60 ± 0,08 ^a	0,50 ± 0,01 ^a	0,60 ± 0,01 ^a	25,46 ± 0,55 ^f	4,66 ± 0,23 ^g

Ghi chú: Số liệu trong bảng là giá trị trung bình của 3 lần lặp lại và độ lệch chuẩn. Các giá trị trung bình có cùng chữ cái đi kèm a - g trong cùng một hàng và cột thì không khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 5%.

Chỉ số hấp thụ nước (WAI) của tinh bột hạt mít dao động từ 2,11 - 2,17 g/g (Bảng 1) và có sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức. WAI phụ thuộc vào một số yếu tố như: Nguồn gốc tinh bột, hàm lượng amylose và amylopectin, cấu trúc của hạt tinh bột, quy trình phân lập, quá trình gia nhiệt [17]. Sự thay đổi WAI có thể là do sự khác biệt về mức độ gắn kết các nhóm hydroxyl để tạo thành liên kết hydro và cộng hóa trị giữa các chuỗi tinh bột. Sự gia tăng chỉ số hấp thụ nước thường đi kèm với sự thay đổi cấu trúc tinh thể của tinh bột [18]. Kết quả cho thấy, sử dụng enzyme protease trong quá trình trích có thể ảnh hưởng không nhiều đến cấu trúc tinh thể tinh bột thu được. Điều này tương tự với kết quả nghiên cứu của Puchongkavarin và cs (2005) [11], với phương pháp sử dụng enzyme, tinh bột thay đổi cấu trúc với mức độ thấp.

Khả năng trương nở của tinh bột hạt mít không có sự thay đổi về mặt thống kê ở mẫu đối chứng và mẫu bổ sung 1 U/mL enzyme với cả 3 mức thời gian trích. Mẫu bổ sung enzyme 2 và 3 U/mL có SP khác biệt có ý nghĩa thống kê với tất cả các mức thời gian xử lý. Khả năng trương nở của tinh bột hạt mít có thể bị ảnh hưởng bởi các yếu tố khác nhau như: Giống, nhiệt độ, kích thước hạt tinh bột, quá trình và phương pháp chiết xuất [19]. Theo Debet và Gidley (2006) [20], protein, lipid và amylose đều có liên quan đến việc hạn chế độ trương nở của tinh bột.

Tỷ lệ enzyme protease và thời gian xử lý enzyme trong quá trình ngâm ảnh hưởng có ý nghĩa đến khối lượng riêng biểu kiến và khối lượng riêng thực của tinh bột hạt mít (Bảng 2).

Khối lượng riêng biểu kiến của tinh bột hạt mít dao động từ 0,45 - 0,50 g/cm³. Tỷ lệ enzyme tăng từ 1 - 2 U/mL trong cùng thời gian ngâm (2, 3 và 4 giờ), khối lượng riêng biểu kiến của tinh bột có xu hướng tăng khác biệt có ý nghĩa thống kê

giữa các nghiệm thức. Khi tăng tỷ lệ enzyme lên 3 U/mL, khối lượng riêng biểu kiến của tinh bột hầu như khác biệt không có ý nghĩa theo thời gian.

Với thời gian ngâm trích 2 giờ, sử dụng tỷ lệ enzyme 1 - 2 U/mL, cho khối lượng riêng thực của tinh bột hạt mít khác biệt không có ý nghĩa thống kê với mẫu đối chứng; khi tăng tỷ lệ enzyme lên 3 U/mL, khối lượng riêng thực của tinh bột hạt mít khác biệt có ý nghĩa thống kê. Với thời gian ngâm trích 3 giờ, khối lượng riêng thực của tinh bột hạt mít khác biệt có ý nghĩa thống kê khi tỷ lệ enzyme tăng từ 1 - 2 U/mL. Khối lượng riêng thực của tinh bột hạt mít khác biệt không có ý nghĩa thống kê khi tăng tỷ lệ enzyme lên 3 U/mL và tăng thời gian ngâm trích lên 4 giờ cho tất cả các mức tỷ lệ enzyme khảo sát.

Sự dao động của khối lượng riêng biểu kiến và khối lượng riêng thực của tinh bột có thể do hình dạng hạt, sự phân bố kích thước, độ ẩm của hạt tinh bột [21]. Enzyme protease có thể giúp giảm kích thước của tinh bột nhờ hoạt động thủy phân của enzyme lên liên kết giữa protein và tinh bột. Ngoài ra, sự tăng hay giảm của hàm lượng tinh bột có thể dẫn đến sự thay đổi khối lượng riêng của tinh bột [22].

Khả năng tạo bọt tốt và độ ổn định bọt là những đặc tính mong muốn đối với các loại bọt dùng để sản xuất nhiều loại sản phẩm nướng như bánh quy, bánh nướng xốp... Việc sử dụng enzyme protease làm thay đổi cấu trúc protein, đồng thời loại bỏ protein để tinh sạch tinh bột, do đó có thể làm giảm khả năng tạo bọt [23]. Việc kiểm tra khả năng tạo bọt và ổn định bọt ngoài việc minh chứng tác động của protease, còn thể hiện phạm vi sử dụng tinh bột hạt mít vào các dạng sản phẩm thực phẩm nào. Độ tạo bọt của tinh bột hạt mít có giá trị cao nhất ở mẫu không xử lý enzyme với thời gian ngâm trích 2 giờ (60,44%) và thấp nhất ở mẫu sử dụng tỷ lệ enzyme 2 U/mL với thời gian ngâm

trích 4 giờ (25,14%). Thời gian ngâm trích tăng từ 3 - 4 giờ, khi tăng tỷ lệ enzyme lên 1 - 2 U/mL, FC giảm khác biệt có ý nghĩa thống kê. Tỷ lệ enzyme 3 U/mL, thời gian trích tăng từ 3 - 4 giờ, FC tăng không có ý nghĩa. Bản chất của sự tạo bột do protein tạo thành màng mỏng liên kết bao quanh không khí. Hàm lượng protein của tinh bột có xu hướng giảm dần do enzyme protease xúc tác thủy phân các liên kết peptide trong phân tử protein. Protein là yếu tố quan trọng quyết định sự hình thành và ổn định kết cấu bột của tinh bột nên việc giảm hàm lượng protein cũng kéo theo độ tạo bột của tinh bột có xu hướng giảm theo.

Với cùng 1 tỷ lệ enzyme (từ 1 - 3 U/mL), khi tăng thời gian ngâm trích từ 2 - 4 giờ, khả năng ổn định bột của tinh bột hạt mít có xu hướng giảm ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức. Tuy nhiên, ở nồng độ enzyme 3 U/mL, thời gian ngâm trích tăng từ 3 - 4 giờ, FS của tinh bột hạt mít giảm không có ý nghĩa thống kê. Điều này có thể là do khả năng ổn định bột của tinh bột cũng phụ thuộc vào hàm lượng protein trong tinh bột. Thủy phân bằng enzyme đã được chứng minh là một công cụ hiệu quả để cải thiện chức năng của protein, bên cạnh đó các đặc tính chức năng khác có thể bị ảnh hưởng như giảm khả năng ổn định bột của protein. Do hàm lượng protein giảm kéo theo sự thiếu ái lực giữa bột khí và môi trường dẫn đến hiện tượng căng bề mặt nên bột hình thành không ổn định được lâu [24].

4. KẾT LUẬN

Enzyme protease có tác động hiệu quả đối với quá trình trích và tinh sạch tinh bột từ hạt mít. Với các thông số kỹ thuật ứng dụng enzyme protease thích hợp được xác định từ kết quả nghiên cứu là sử dụng enzyme protease với tỉ lệ 2 U/ml trong thời gian ngâm trích 3 giờ đạt hiệu quả tốt hơn các điều kiện còn lại. Kết quả nghiên cứu mở ra triển vọng ứng dụng enzyme protease để trích và tinh sạch tinh bột từ nguồn phế phẩm hạt mít để ứng dụng trong nhiều lĩnh vực như: Thực phẩm, dược phẩm, mỹ phẩm mang lại giá trị cao hơn.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được thực thông qua sự tài trợ kinh phí từ đề tài nghiên cứu khoa học cấp tỉnh:

“Nghiên cứu quy trình công nghệ sản xuất đa dạng hóa các sản phẩm từ nguồn nguyên liệu mít trên địa bàn tỉnh Hậu Giang”, mã số: DP2022-14 thuộc Sở Khoa học và Công nghệ tỉnh Hậu Giang.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trường Đại học Nông Lâm thành phố Hồ Chí Minh (2024). Tác nhân gây đen xơ mít tại một số tỉnh, thành phía Nam và đề xuất giải pháp phòng trừ. <https://dost.hochiminhcity.gov.vn/hoat-dong-so-khcn/tac-nhan-gay-den-xo-mit-tai-mot-so-tinh-thanh-phi-nam-va-de-xuat-giai-phap-phong-tru/>. Ngày truy cập: 11/7/2024.
2. Minh An (2022). Sản lượng 12 loại trái cây chủ lực vùng đồng bằng sông Cửu Long ước đạt 4,15 triệu tấn năm 2022. <https://thuonghieucongluan.com.vn/12-loai-trai-cay-chu-luc-vung-dong-bang-song-cuu-long-uoc-dat-4-15-trieu-tan-nam-2022-a184932.html>. Ngày truy cập: 11/6/2024.
3. Ocloo, F., Bansa, D., Boatin, R., Adom, T. & Agbemavor, W. (2010). Physico-chemical, functional and pasting characteristics of flour produced from Jackfruits (*Artocarpus heterophyllus*) seeds. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1(5): 903 - 908.
4. Noor, F., Rahman, M. J., Mahomud, M. S., Akter, M. S., Talukder, M. A. I. & Ahmed, M. (2014). Physicochemical properties of flour and extraction of starch from jackfruit seed. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 3(4): 347 - 354.
5. Chen, J., Liang, Y., Li, X., Chen, L. & Xie, F. (2016). Supramolecular structure of jackfruit seed starch and its relationship with digestibility and physicochemical properties. *Carbohydrate polymers*, 150: 269 - 277.
6. Nguyễn Đức Lượng, Cao Cường, Nguyễn Ánh Tuyết, Lê Thị Thủy Tiên, Tạ Thu Hằng, Huỳnh Ngọc Oanh & Nguyễn Thủy Hương (2004). *Công nghệ enzyme*, Nxb Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh, 534 trang.
7. Phạm Thị Tuyết Ngân, Vũ Hùng Hải, Huỳnh Trường Giang & Vũ Ngọc Út (2021). Tối ưu các điều kiện sinh enzyme protease ngoại bào

- của vi khuẩn *Streptomyces* DH3. 4. *Tạp chí Khoa học, Trường Đại học Cần Thơ*, 57(4): 186 - 193.
8. Colonna, P., Leloup, V. & Buleon, A. (1992). Limiting factors of starch hydrolysis. *European Journal of Clinical Nutrition*, 46: S17 - 32.
9. Jan, K., Ahmad, M., Rehman, S., Gani, A. & Khaqan, K. (2019). Effect of roasting on physicochemical and antioxidant properties of kalonji (*Nigella sativa*) seed flour. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13: 1364 - 1372.
10. Hatamian, M., Noshad, M., Abdanan-Mehdizadeh, S. & Barzegar, H. (2020). Effect of roasting treatment on functional and antioxidant properties of chia seed flours. *NFS Journal*, 21: 1 - 8.
11. Puchongkavarin, H., Varavinit, S. & Bergthaller, W. (2005). Comparative study of pilot scale rice starch production by an alkaline and an enzymatic process. *Starch-Stärke*, 57(3 - 4): 134 - 144.
12. Nguyễn Trọng Cẩn, Nguyễn Thị Hiền, Đỗ Thị Giang & Trần Thị Luyện (1998). *Công nghệ enzyme*. Nxb Nông nghiệp thành phố Hồ Chí Minh, 378 trang.
13. Ozturk, O. K., Kaasgaard, S. G., Palmén, L. G., Vidal Jr, B. & Hamaker, B. R. (2021). Protein matrix retains most starch granules within corn fiber from corn wet-milling process. *Industrial crops and products*, 165: 113429.
14. Kringel, D. H., Dias, A. R. G., Zavareze, E. d. R. & Gandra, E. A. (2020). Fruit wastes as promising sources of starch: Extraction, properties and applications. *Starch-Stärke*, 72(3 - 4): 1900200.
15. Nguyễn Nhật Minh Phương, Chế Văn Hoàng & Lý Nguyễn Bình (2011). 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, Trường Đại học Cần Thơ*, (20a): 127 - 136.
16. Villarreal, M. E., Ribotta, P. D. & Iturriaga, L. B. (2013). Comparing methods for extracting amaranthus starch and the properties of the isolated starches. *LWT-Food Science and Technology*, 51(2): 441 - 447.
17. Singh, N., Singh, J., Kaur, L., Sodhi, N. S. & Gill, B. S. (2003). Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. *Food Chemistry*, 81(2): 219 - 231.
18. Gunaratne, A. & Hoover, R. (2002). Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of tuber and root starches. *Carbohydrate polymers*, 49(4): 425 - 437.
19. Zhang, Y., Li, B., Xu, F., He, S., Zhang, Y., Sun, L., Zhu, K., Li, S., Wu, G. & Tan, L. (2021). Jackfruit starch: Composition, structure, functional properties, modifications and applications. *Trends in Food Science & Technology*, 107: 268 - 283.
20. Debet, M. R. & Gidley, M. J. (2006). Three classes of starch granule swelling: Influence of surface proteins and lipids. *Carbohydrate polymers*, 64(3): 452 - 465.
21. Machuka, J. S., Okeola, O. G., Chrispeels, M. J. & Jackai, L. E. (2000). The African yam bean seed lectin affects the development of the cowpea weevil but does not affect the development of larvae of the legume pod borer. *Phytochemistry*, 53(6): 667 - 674.
22. Iwe, M., Onyeukwu, U. & Agiriga, A. (2016). Proximate, functional and pasting properties of FARO 44 rice, African yam bean and brown cowpea seeds composite flour. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1): 1142409.
23. Lyu, S., Chen, M., Wang, Y., Zhang, D., Zhao, S., Liu, J., Pan, F. & Zhang, T. (2023). Foaming properties of egg white proteins improved by enzymatic hydrolysis: The changes in structure and physicochemical properties. *Food Hydrocolloids*, 141: 108681.
24. Amagliani, L., Silva, J. V., Saffon, M. & Dombrowski, J. (2021). On the foaming properties of plant proteins: Current status and future opportunities. *Trends in Food Science & Technology*, 118: 261 - 272.

EFFECT OF PRETREATMENT METHODS ON THE QUALITY OF VACUUM FRIED JACKFRUIT
(*Artocarpus heterophyllus* Lam.) BULBS

Duong Thi Phuong Lien¹, Ho Thi Kha Tu²,

Vo Thi Dieu¹, Duong Kim Thanh¹

¹ Institute of Food and Biotechnology, Can Tho University

² Student of Food Technology, Can Tho University

Summary

The jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) is well-known in many Asian countries. Jackfruit seeds contain considerable nutritional benefits such as starch, protein and minerals, but they are underutilized and often discarded during fruit processing. This study determined the effects of protease enzyme ratio (0 - 3 U/mL) and enzyme treatment time (2 - 4 hours) on starch recovery and the quality of extracted jackfruit starch. The results showed that protease enzyme treatment at a ratio of 2 U/mL for 3 hours was the most effective method, with high starch recovery ($57.02 \pm 1.41\%$). The product has a high starch content ($88.49 \pm 0.23\%$) and low protein content ($2.38 \pm 0.09\%$). The extracted starch has high whiteness (L^* value = 96.67 ± 0.12). The water absorption index (WAI), swelling power (SP), bulk density, tapped density, foaming capacity (FC) and foam stability (FS) of jackfruit starch were 2.12 ± 0.02 g/g, $3.35 \pm 0.11\%$, 0.50 ± 0.01 (g/cm³), 0.60 ± 0.01 g/cm³, $27.46 \pm 0.66\%$ and $6.38 \pm 0.23\%$, respectively. The research opened the prospect of extracting and purifying starch from jackfruit seed waste for application in many fields, such as food, pharmaceuticals and cosmetics, bringing higher value to this raw material source.

Keywords: *Jackfruit seeds, protease enzymes, protein, starch.*

Ngày nhận bài: 20/6/2024

Ngày chuyển phản biện: 28/6/2024

Ngày thông qua phản biện: 19/7/2024

Ngày duyệt đăng: 26/7/2024