

THU NHẬN VÀ ĐẶC TÍNH CỦA PECTIN TỪ VỎ MÍT: TIỀM NĂNG ỨNG DỤNG TRONG SẢN XUẤT MỨT QUẢ

ISOLATION AND CHARACTERIZATION OF PECTIN FROM JACKFRUIT PEEL:
POTENTIAL APPLICATIONS IN JAM PRODUCTION

Ngô Thị Tú Anh¹, Nguyễn Tiến Danh¹, Đặng Thanh Dương¹,
Vũ Minh Hằng¹, Ninh thị Thu Hiền¹, Trần Ý Đoan Trang^{2,*}

DOI: <http://doi.org/10.57001/huih5804.2025.161>

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, pectin đã được chiết xuất từ vỏ mít và đánh giá các đặc tính hóa học cơ bản, bao gồm độ ẩm, hàm lượng protein tổng số, hàm lượng glucit tổng số, hàm lượng pectin và hàm lượng kim loại nặng. Khảo sát lựa chọn điều kiện chiết xuất pectin từ vỏ mít cho thấy rằng hiệu suất thu nhận pectin đạt 17,15% khi thực hiện ở nhiệt độ 90°C, pH dung môi 2, thời gian chiết 90 phút và tỷ lệ nguyên liệu/dung môi 1/20g/mL. Pectin thu nhận được thuộc loại HPM với mức độ DE đạt 69,85%, độ tinh khiết 52,47%, khả năng hòa tan 98,47%, độ ẩm 11,47% và hàm lượng axit galacturonic 58,4%. Kết quả cho thấy pectin từ vỏ mít có khả năng cải thiện đáng kể độ kết dính, độ đặc và trạng thái của sản phẩm mứt dứa. Tuy nhiên, màu sắc của pectin có thể ảnh hưởng đến màu sắc của sản phẩm cuối cùng. Những phát hiện này cho thấy vỏ mít là nguồn nguyên liệu tiềm năng để sản xuất pectin. Pectin từ vỏ mít có thể được ứng dụng trong các sản phẩm mứt quả có màu sắc đậm như việt quất và dâu tây.

Từ khóa: Pectin, vỏ mít, chiết xuất, mức độ DE, mứt dứa.

ABSTRACT

In this study, pectin was extracted from jackfruit peel and evaluated for its basic chemical properties, including moisture content, total protein content, total carbohydrate content, pectin content, and heavy metal content. Optimization of the extraction conditions revealed that the pectin yield reached 17.15% when extracted at 90°C, with a solvent pH of 2, an extraction time of 90 minutes, and a material-to-solvent ratio of 1/20g/mL. The extracted pectin was classified as high-methoxyl pectin (HMP) with a degree of esterification (DE) of 69.85%, a purity of 52.47%, a solubility of 98.47%, a moisture content of 11.47%, and a galacturonic acid content of 58.4%. The results indicated that jackfruit peel pectin significantly enhanced the adhesion, viscosity, and texture of pineapple jam. However, its color could affect the final product's appearance. These findings suggest that jackfruit peel is a potential raw material for pectin production. Jackfruit peel pectin could be feasibly applied in fruit preserves with dark colors, such as blueberry and strawberry jams.

Keywords: Pectin, jackfruit peel, extraction, DE level, pineapple jam.

¹Lớp 2021DHHTP02 - K14, Khoa Công nghệ Hóa, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

²Viện Công nghệ HaUI, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: tydtrang@hauai.edu.vn

Ngày nhận bài: 23/02/2025

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 18/5/2025

Ngày chấp nhận đăng: 28/5/2025

1. GIỚI THIỆU

Quả mít (*Artocarpus Heterophyllus*), thuộc họ Moraceae, là một loại cây ăn quả phổ biến ở Việt Nam. Thuộc họ Moraceae, là một loại cây ăn quả phổ biến tại Việt Nam. Theo thống kê năm 2018, cả nước có 26.174 ha

diện tích trồng mít, với sản lượng đạt 307.534 tấn. Trong đó, khu vực Đồng bằng sông Cửu Long có diện tích lớn nhất, đạt 10.105 ha, diện tích thu hoạch 6.396 ha, chiếm 38,6% tổng diện tích và 37,1% tổng sản lượng trên cả nước [1]. Tuy nhiên, phần ăn được của quả mít chỉ chiếm

khoảng 40%, trong khi 50 - 60% còn lại là phế phẩm không sử dụng trực tiếp, bao gồm vỏ gai, cùi, xơ mít và vỏ hạt [2]. Lượng phế phẩm này chiếm tỷ trọng đáng kể, gây áp lực đối với ngành chế biến thực phẩm (sản xuất mứt, trái cây sấy, bột hoa quả, nước ép) cũng như ngành nông nghiệp nói chung. Hiện nay, các phế phẩm từ quả mít vẫn chưa được tận dụng hiệu quả để tạo ra sản phẩm có giá trị gia tăng, chủ yếu do hạn chế trong nghiên cứu và ứng dụng công nghệ [3]. Việc khai thác các thành phần hữu ích từ chất thải trái cây không chỉ giúp nâng cao hiệu quả kinh tế cho ngành chế biến mà còn góp phần giảm thiểu ô nhiễm môi trường.

Trong số các hợp chất sinh học có thể thu nhận từ phế phẩm nông nghiệp, pectin là một trong những nguyên liệu tiềm năng. Pectin là một polyme tự nhiên có trong thành tế bào thực vật, thuộc nhóm chất xơ hòa tan trong nước. Thành phần chính của pectin bao gồm các gốc axit D-galacturonic được liên kết bằng liên kết α -(1,4), với mức độ este hóa khác nhau [4, 5]. Trong công nghiệp thực phẩm, pectin đóng vai trò quan trọng như chất tạo gel, chất làm đặc, chất ổn định, chất nhũ hóa và chất dẫn thuốc [6, 7]. Đáng chú ý, hợp chất này có hàm lượng cao trong cùi, lõi và vỏ của nhiều loại trái cây - những phần thường bị loại bỏ trong quá trình chế biến. Hiện nay, pectin thương mại chủ yếu được chiết xuất từ vỏ cam quýt và bã táo và một số nguồn nguyên liệu phi truyền thống như vỏ ca cao, vỏ dưa hấu, chất thải bí ngô, chất thải cà chua, vỏ xoài và vỏ chuối ... nhằm tận dụng phế phẩm nông nghiệp và phát triển các sản phẩm giá trị gia tăng [7-12]. Việc khai thác pectin từ các nguồn nguyên liệu này không chỉ góp phần tận dụng phế phẩm nông nghiệp mà còn mở ra cơ hội phát triển các sản phẩm giá trị gia tăng cho phụ phẩm nông nghiệp.

Cho đến nay, đã có nhiều nghiên cứu tập trung vào việc thu nhận pectin từ các loại vỏ hoa quả hoặc phụ phẩm nông nghiệp khác nhau. Tuy nhiên, các công trình nghiên cứu khai thác pectin từ vỏ mít - một loại chất thải có tiềm năng nhưng chưa được khai thác đúng mức - vẫn còn rất hạn chế, đặc biệt là tại Việt Nam, nơi có sản lượng mít cao. Ngoài ra, phần lớn các nghiên cứu hiện tại chỉ dừng lại ở việc chiết xuất và đánh giá đặc tính của pectin, trong khi việc ứng dụng thử nghiệm cụ thể của sản phẩm này trong thực tiễn vẫn chưa được quan tâm đúng mức.

Do đó, nghiên cứu này tập trung vào quá trình thu nhận pectin từ vỏ mít - một phụ phẩm nông nghiệp giàu tiềm năng nhưng ít được nghiên cứu; và đánh giá các đặc tính của pectin thành phẩm. Thành phần hóa học của vỏ mít được phân tích, bao gồm độ ẩm, hàm lượng protein

tổng số, hàm lượng glucit tổng số, hàm lượng pectin và hàm lượng kim loại nặng. Các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu suất thu nhận pectin, bao gồm nhiệt độ, thời gian, pH của dung môi và tỷ lệ nguyên liệu/dung môi, được khảo sát nhằm tối ưu hóa điều kiện chiết xuất. Ngoài ra, các đặc tính lý hóa của pectin thu nhận được cũng được đánh giá để định hướng ứng dụng trong thực phẩm. Cuối cùng, pectin từ vỏ mít được thử nghiệm trong sản xuất mứt dưa, nhằm đánh giá tiềm năng ứng dụng thực tiễn của nguyên liệu này.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên vật liệu

Vỏ mít được thu nhận từ các chợ địa phương thuộc thành phố Hà Nội. Sau khi thu mua, nguyên liệu được đưa về phòng thí nghiệm và tiến hành xử lý sơ bộ bao gồm các bước: rửa sạch, để ráo, cắt nhỏ thành các mảnh có kích thước khoảng 5cm, và sấy ở 80°C đến khối lượng không đổi bằng tủ sấy chân không OFA-32-8 (Esco, Singapo). Vỏ mít đã được sấy khô được nghiền mịn bằng máy nghiền bột SK200 (Seka, Nhật Bản) và bảo quản trong túi kín ở điều kiện thường, tránh ánh sáng để sử dụng cho toàn bộ các thí nghiệm trong nghiên cứu. Các hóa chất sử dụng trong nghiên cứu bao gồm: axit clohydric (Việt Nam), ethanol (Việt Nam), natri hydroxyt (Trung Quốc), natri hypoclorit (nước Javen, Pháp), ete dầu hỏa (Trung Quốc), canxi clorua (Việt Nam), axit citric (Việt Nam), axit axetic (Trung Quốc), nước cất một lần, natri clorua (Việt Nam), phenolphthalein (Việt Nam) và thuốc thử DNS (Đức).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp xác định các thành phần cơ bản của nguyên liệu

Độ ẩm của nguyên liệu được xác định bằng phương pháp sấy đến khối lượng không đổi [13]. Xác định hàm lượng lipid có trong nguyên liệu bằng phương pháp chiết Soxhlet [14]. Hàm lượng protein được xác định bằng phương pháp Kjeldahl [15]. Hàm lượng chất xơ thô có trong vỏ mít được xác định theo phương pháp [16]. Xác định hàm lượng các kim loại có trong vỏ mít được thực hiện bằng phương pháp AOAC 2015.01, AOAC 2015.01, AOAC 2015.06, AOAC 2015.06, TCVN 5780:1994, TCVN 10915:2015, TCVN 12275-1:2018, TCVN 5918:1995, 1813:2009, TCVN 12523:2018.

2.2.2. Phương pháp chiết xuất pectin

Pectin vỏ mít được chiết bằng phương pháp chiết trong môi trường axit và kết tủa bằng cồn. Trong các bình tam giác, bột nguyên liệu và nước cất đã được axit hóa bằng dung dịch HCl 10% được thêm vào với tỷ lệ nguyên

liệu/dung môi, pH khác nhau. Tiến hành quá trình chiết xuất trong điều kiện nhiệt độ và thời gian khảo sát. Sau đó, hỗn hợp sau khi gia nhiệt được lọc qua giấy lọc và thu lấy phần dịch lọc. Bổ sung từ từ ethanol 96° vào dịch lọc thu được và khuấy liên tục trong 5 phút. Hỗn hợp được để yên trong 1 giờ để kết tủa hoàn toàn. Kết tủa thu được được lọc và rửa trên giấy lọc nhiều lần bằng ethanol 96°. Phần kết tủa ướt được sấy khô ở nhiệt độ 55°C cho đến khối lượng không đổi để thu bột pectin khô [17, 18]. Hiệu suất thu nhận pectin được tính theo công thức (1):

$$H = \frac{m_1}{m_0} \cdot 100 \quad (1)$$

trong đó: H - Hiệu suất thu nhận pectin từ vỏ mít, %; m_1 - khối lượng pectin khô thu nhận được, g; m_0 - khối lượng bột nguyên liệu ban đầu, g.

2.2.3. Phương pháp xác định đặc tính hoá lý của pectin

Độ ẩm của mẫu được xác định bằng phương pháp sấy đến khối lượng không đổi [13]. Độ tinh khiết của pectin được xác định bằng phương pháp canxi pectat [19].

Mức độ DE và hàm lượng axit anhydrouronic của pectin thu nhận được xác định bằng phương pháp như mô tả bởi Franchi [20, 21]. Cụ thể, cân 0,5g pectin cho vào 5ml ethanol 96°, sau đó thêm 100ml nước cất ấm. Hỗn hợp được chuẩn độ bằng dung dịch NaOH 0,1 M sau khi bổ sung 1 - 2 giọt phenolphthalein, đến khi xuất hiện màu hồng bền trong 30 giây. Ghi lại thể tích NaOH đã sử dụng (V_1). Tiếp theo, thêm 25ml dung dịch NaOH 0,25N vào hỗn hợp và khuấy đều ở nhiệt độ phòng trong 30 phút. Sau đó, bổ sung 25ml dung dịch HCl 0,25N và lắc đều cho đến khi mất màu hồng. Hỗn hợp được tiếp tục chuẩn độ bằng dung dịch NaOH 0,1N, ghi lại thể tích NaOH đã sử dụng lần hai (V_2). Mức độ DE và hàm lượng axit anhydrouronic của mẫu được tính theo công thức (2) và (3):

$$DE = \frac{V_1}{V_1 + V_2} \cdot 100 \quad (2)$$

$$AUA = \frac{176 \cdot 0,1 \cdot (V_1 + V_2) \cdot 100}{m \cdot 1000} \quad (3)$$

trong đó: DE: Mức độ DE của pectin, %; V_1 : Thể tích NaOH sử dụng để chuẩn độ lần đầu tiên, ml; V_2 : Thể tích NaOH tiêu tốn để chuẩn độ lần hai, ml; AUA: Hàm lượng axit anhydrouronic, %.

Độ hòa tan của pectin được xác định bằng cách phân tán 50mg mẫu pectin trong 40mL nước cất ở nhiệt độ phòng và nước nóng. Hỗn hợp được khuấy liên tục trong 20 phút, sau đó ly tâm ở tốc độ 2.200 vòng/phút trong 20

phút. Phần kết tủa không hòa tan được thu lại, sấy khô ở 50°C cho đến khi khối lượng không đổi. Khối lượng phần kết tủa được cân và tính toán tỷ lệ phần trăm so với khối lượng pectin ban đầu theo công thức (4) [22]:

$$S = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100 \quad (4)$$

trong đó: S: Độ hòa tan của mẫu pectin, %; m_1 : Khối lượng pectin ban đầu, g; m_2 : Khối lượng pectin sau khi sấy, g.

2.2.4. Phương pháp xác định khả năng tạo gel

Khả năng tạo gel của bột pectin thu nhận được được thực hiện theo mô tả của Kastner và cộng sự. Bột pectin khô (2,75 g) được hòa tan trong nước khử khoáng (430g). Trong khi khuấy, hỗn hợp được đun nhanh đến điểm sôi. Sau đó, 647,25g sucrose được thêm vào và hỗn hợp HMP-sucrose được cô đặc đến một giá trị khối lượng xác định. Tiếp theo, pH của hỗn hợp được điều chỉnh bằng cách bổ sung 7ml dung dịch acid tartaric [23].

2.2.5. Phương pháp sản xuất mứt dứa

Dứa được tách vỏ, xay nhuyễn và trộn với đường với hàm lượng 73% trong 1 giờ. Thêm axit citric dạng bột vào cho đến khi pH của hỗn hợp đạt 3 - 4. Tiếp theo, bổ sung axit citric dạng bột cho đến khi pH của hỗn hợp đạt khoảng 3 - 4. Pectin thu nhận từ vỏ mít được bổ sung vào hỗn hợp mứt với hàm lượng 1% (tính theo khối lượng dứa). Hỗn hợp được gia nhiệt đến 90°C trong 5 phút, sau đó làm nguội và bảo ôn trong 24 giờ để quan sát sự hình thành cấu trúc gel [19]. Mẫu đối chứng là mẫu mứt dứa không chứa pectin.

2.2.6. Xử lý số liệu

Mỗi thí nghiệm được thực hiện ba lần lặp lại, và kết quả được biểu diễn dưới dạng giá trị trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn. Phân tích phương sai ANOVA giữa các trung bình được thực hiện bằng phần mềm Minitab 16.0.0.2, với mức ý nghĩa thống kê được xác định là $p < 0,05$. Các ký tự a,b,c phía trên đầu các dữ liệu trung bình được thể hiện cho sự khác biệt có nghĩa thống kê giữa các trung bình thông qua phân tích phương sai ANOVA.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Một số thành phần cơ bản có trong vỏ mít

Việc khảo sát thành phần cơ bản của vỏ mít không chỉ mang ý nghĩa khoa học mà còn có giá trị thực tiễn, góp phần tận dụng nguồn phế phẩm nông nghiệp, giảm thiểu lãng phí và mở rộng tiềm năng ứng dụng của nguyên liệu này trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Thành phần hóa học cơ bản của vỏ mít được trình bày như ở bảng 1.

Từ kết quả cho thấy độ ẩm trung bình của mẫu bột nguyên liệu sau khi xử lý đạt $5,93 \pm 0,02\%$. Với mức độ ẩm này, cho thấy quá trình tiền xử lý nguyên liệu đạt yêu cầu. Mức ẩm thấp giúp hạn chế sự phát triển của vi sinh vật và kéo dài thời gian bảo quản. Đồng thời, với độ ẩm thấp như vậy sẽ tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình chiết xuất pectin ở phần sau của nghiên cứu bởi vì khi độ ẩm cao sẽ làm thay đổi giá trị pH của dung môi, từ đó làm cho quá trình chiết sẽ khó kiểm soát.

Bảng 1. Một số thành phần hóa học cơ bản của vỏ mít nguyên liệu

Chỉ tiêu	Kết quả	Chỉ tiêu	Kết quả
Độ ẩm, %	$5,93 \pm 0,02$	Kẽm, mg/kg	1,318
Hàm lượng lipid, %	$12,82 \pm 0,09$	Sắt, mg/kg	1,598
Hàm lượng protein, %	$22,85 \pm 0,13$	Đồng, mg/kg	0,596
Hàm lượng glucit, %	$24,00 \pm 0,13$	Cadimi, mg/kg	0,095
Crôm, mg/kg	0,324	Chì, mg/kg	0,146
Niken, mg/kg	0,568	Asen, mg/kg	0,095
Mangan, mg/kg	0,742	Thủy ngân, mg/kg	0,055

Lipid trong thực vật thường có hàm lượng không cao, tuy nhiên, thành phần này vẫn hiện diện trong vỏ của nhiều loại trái cây. Kết quả phân tích cho thấy hàm lượng lipid trong bột vỏ mít đạt 12,82%, tương đối cao so với một số nguyên liệu thực vật khác.

Bên cạnh đó, hàm lượng protein đạt 22,85%, vượt trội hơn so với nhiều nguồn nguyên liệu thực vật thông thường, cho thấy vỏ mít có tiềm năng sử dụng làm nguồn protein thực vật trong một số ứng dụng. Hàm lượng glucit đạt 24,00%, phản ánh sự hiện diện đáng kể của chất xơ trong nguyên liệu. Điều này có ý nghĩa quan trọng đối với các ứng dụng trong thực phẩm chức năng hoặc sản xuất chất xơ thực phẩm.

Ngoài ra, vỏ mít còn chứa một lượng khoáng chất quan trọng đối với sức khỏe con người, bao gồm sắt, kẽm, đồng và mangan. Mặc dù hàm lượng các nguyên tố này không cao, nhưng chúng là các vi lượng thiết yếu, tham gia vào nhiều quá trình sinh hóa trong cơ thể, đồng thời đóng vai trò quan trọng trong hoạt động của enzyme và các phản ứng oxy hóa khử.

Kim loại nặng có thể gây ảnh hưởng tiêu cực đến sức khỏe, do đó, việc kiểm soát hàm lượng kim loại nặng trong nguyên liệu là rất quan trọng, đặc biệt khi sử dụng để chiết xuất pectin hoặc ứng dụng trong thực phẩm. Kết quả phân tích cho thấy các kim loại nặng như chì (0,146mg/kg), cadimi (0,095mg/kg), asen (0,095mg/kg) và thủy ngân (0,055mg/kg) đều có mặt nhưng ở nồng độ thấp. Hàm lượng này nằm trong giới hạn an toàn theo

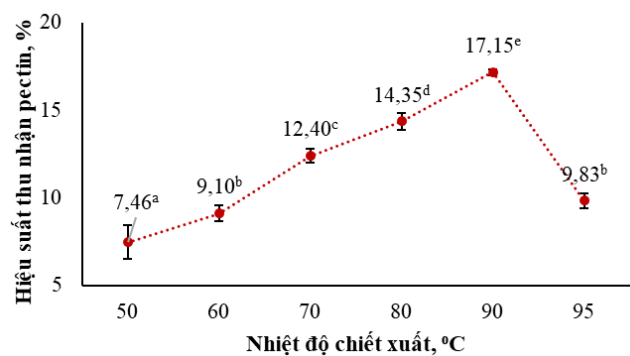
quy định của Bộ Y tế, đảm bảo nguyên liệu có thể được sử dụng an toàn trong các ứng dụng thực phẩm hoặc tiềm năng cho các lĩnh vực khác.

Nhìn chung, vỏ mít có thành phần dinh dưỡng phong phú, hàm lượng protein cao và chứa nhiều khoáng chất quan trọng, đồng thời hàm lượng kim loại nặng ở mức thấp, cho thấy tiềm năng sử dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau.

3.2. Nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố đến hiệu suất thu nhận pectin từ vỏ mít

3.2.1. Nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ chiết xuất

Nhiệt độ chiết xuất là một trong những yếu tố công nghệ quan trọng ảnh hưởng đáng kể đến hiệu quả quá trình thu nhận pectin. Khi nhiệt độ tăng, sự khuếch tán và hòa tan các phân tử pectin trong dung môi chiết xuất được thúc đẩy, dẫn đến hiệu suất thu nhận cao hơn. Tuy nhiên, ở nhiệt độ quá cao, cấu trúc pectin có thể bị phân hủy do tác động nhiệt, làm giảm hiệu suất thu hồi và ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm. Đồng thời, nhiệt độ cao cũng làm gia tăng chi phí năng lượng, do đó việc khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ chiết xuất là cần thiết nhằm tạo điều kiện thu nhận pectin với hiệu suất lớn nhất.



Hình 1. Ảnh hưởng của nhiệt độ chiết xuất đến hiệu suất thu nhận pectin từ vỏ mít

Hình 1 trình bày kết quả nghiên cứu về ảnh hưởng của nhiệt độ chiết xuất trong khoảng 50 - 100°C, với thời gian chiết 90 phút, pH dung dịch: 2, và tỷ lệ nguyên liệu/dung môi là 1/20 g/mL. Kết quả cho thấy hiệu suất thu nhận pectin từ vỏ mít tăng dần từ 4,99% ở 50°C lên mức cao nhất 10,88% tại 90°C, sau đó giảm xuống còn 6,57% ở 100°C. Sự gia tăng hiệu suất thu nhận pectin trong khoảng 50 - 90°C có thể được giải thích bởi sự tăng cường quá trình thủy phân protopectin thành pectin hòa tan trong môi trường axit và nước nóng. Ở nhiệt độ cao hơn, liên kết giữa pectin và thành tế bào bị phá vỡ hiệu quả hơn, làm tăng lượng pectin được giải phóng vào dung dịch chiết. Ngoài ra, nhiệt độ cao cũng giúp tăng tốc độ

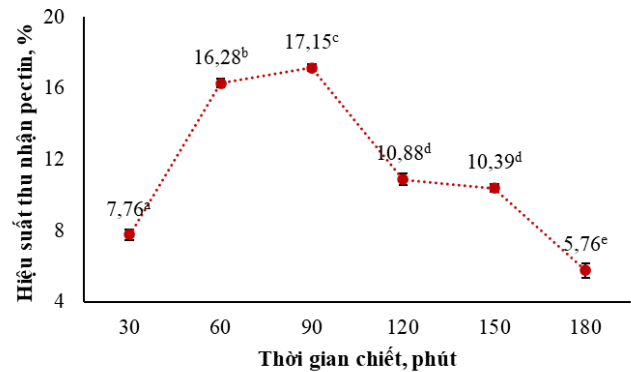
khuếch tán và hòa tan pectin trong dung dịch chiết xuất, góp phần nâng cao hiệu suất thu nhận. Tuy nhiên, khi nhiệt độ đạt 100°C, hiệu suất thu nhận pectin giảm đáng kể. Hiện tượng này có thể do quá trình phân hủy nhiệt của pectin, trong đó các chuỗi polysaccharide dài bị cắt thành các đoạn ngắn hơn, làm giảm khả năng kết tủa và thu hồi.

Nhìn chung, nhiệt độ chiết xuất là yếu tố có ảnh hưởng đáng kể đến hiệu suất thu nhận pectin từ vỏ mít. Hiệu suất thu nhận pectin từ vỏ mít đạt tốt nhất khi chiết ở nhiệt độ 90°C.

3.2.2. Nghiên cứu ảnh hưởng của thời gian chiết xuất

Trong quá trình chiết xuất, các hiện tượng khuếch tán, thẩm thấu và thẩm tích đóng vai trò quan trọng trong việc giải phóng các cấu tử từ nguyên liệu vào dung môi. Do đó, thời gian chiết cần được khảo sát để đảm bảo hiệu suất thu hồi pectin cao nhất. Nếu thời gian chiết quá ngắn, pectin chưa kịp hòa tan hoàn toàn vào dung môi, dẫn đến hiệu suất thu nhận thấp. Ngược lại, nếu thời gian chiết quá dài, không chỉ làm tăng khả năng hòa tan các tạp chất không mong muốn mà còn có nguy cơ gây phân hủy pectin do tác động của nhiệt độ và môi trường axit. Để xác định thời gian chiết tốt nhất, quá trình chiết pectin được tiến hành ở các khoảng thời gian khác nhau trong cùng điều kiện thí nghiệm nhằm đánh giá mức độ ảnh hưởng của thời gian đến hiệu suất thu nhận pectin.

Hình 2 thể hiện kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của thời gian chiết khác nhau từ 30 phút đến 180 phút ở nhiệt độ 90°C, pH dung dịch: 2 và tỷ lệ nguyên liệu/dung môi: 1/20g/ml. Kết quả cho thấy hiệu suất thu nhận pectin tăng nhanh khi thời gian chiết tăng từ 30 phút (7,76%) đến 90 phút (17,15%), sau đó giảm đáng kể khi kéo dài thời gian chiết đến 180 phút (5,76%). Giai đoạn đầu (30 - 90 phút), hiệu suất thu nhận pectin tăng đáng kể, có thể do thời gian chiết lâu hơn giúp tăng cường quá trình khuếch tán và hòa tan pectin từ thành tế bào vào dung môi. Điều này phù hợp với cơ chế trích ly pectin, trong đó sự phá vỡ cấu trúc protopectin dưới tác động của nhiệt độ và môi trường axit giúp giải phóng nhiều pectin hơn vào dung dịch chiết xuất. Tuy nhiên, khi thời gian chiết kéo dài trên 90 phút, hiệu suất thu nhận pectin giảm dần. Sự suy giảm này có thể được giải thích bởi hiện tượng phân hủy pectin do tác động của nhiệt độ và môi trường axit trong khoảng thời gian dài. Khi thời gian chiết quá lâu, các chuỗi polysaccharide của pectin có thể bị thủy phân thành các đoạn nhỏ hơn, làm giảm khả năng kết tủa và thu hồi. Ngoài ra, thời gian chiết dài cũng có thể làm tăng sự hòa tan của các hợp chất không mong muốn, ảnh hưởng đến độ tinh khiết và khả năng thu hồi pectin.

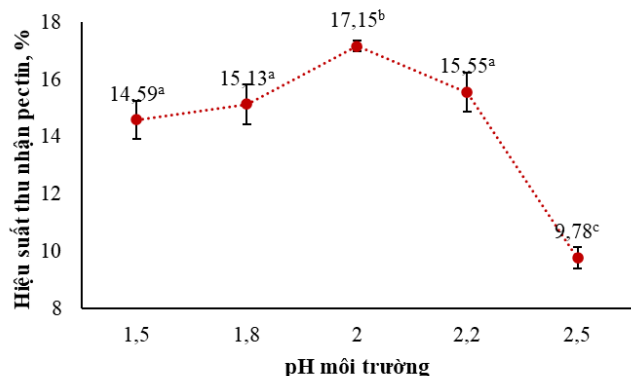


Hình 2. Ảnh hưởng của thời gian chiết xuất đến hiệu suất thu nhận pectin từ vỏ mít

Như vậy, thời gian chiết tốt nhất để đạt hiệu suất thu nhận pectin cao nhất từ vỏ mít là khoảng 90 phút.

3.2.3. Nghiên cứu ảnh hưởng của pH môi trường

Trong quá trình chiết xuất pectin, môi trường axit thường giúp nâng cao hiệu suất thu hồi do khả năng phá vỡ liên kết giữa pectin và thành tế bào thực vật. Tuy nhiên, nếu pH quá thấp, cấu trúc pectin có thể bị phân hủy, làm giảm hiệu suất thu nhận. Do đó, việc xác định giá trị pH phù hợp là cần thiết để đạt được hiệu suất chiết xuất cao nhất mà vẫn bảo toàn được cấu trúc pectin. Kết quả Nghiên cứu ảnh hưởng của pH dung môi khác nhau từ 1,5 đến 2,5 ở nhiệt độ chiết 90°C, thời gian chiết: 90 phút, tỷ lệ nguyên liệu/dung môi: 1/20g/ml được trình bày ở hình 3.



Hình 3. Ảnh hưởng của pH môi trường đến hiệu suất thu nhận pectin từ vỏ mít

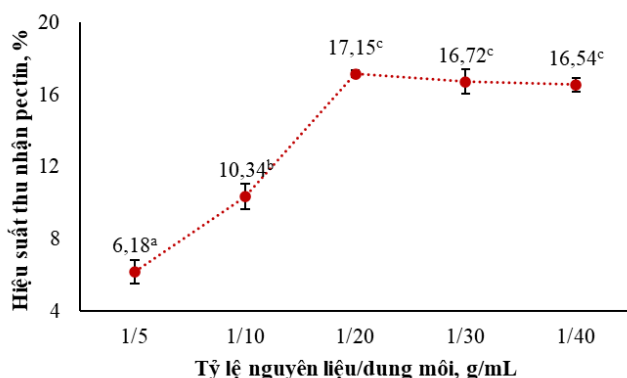
Kết quả cho thấy hiệu suất thu nhận pectin tăng dần khi pH tăng từ 1,5 (14,59%) lên mức tối ưu tại pH 2,0 (17,15%), sau đó giảm đáng kể khi pH tiếp tục tăng đến 2,5 (9,78%). Ở pH thấp (1,5 - 2,0), môi trường axit mạnh giúp phá vỡ liên kết giữa pectin và các thành phần cấu trúc trong thành tế bào, đặc biệt là protopectin, thúc đẩy quá trình hòa tan pectin vào dung dịch chiết xuất. Điều này giải thích vì sao hiệu suất thu nhận pectin đạt giá trị

cao nhất ở pH 2,0. Tuy nhiên, khi pH tăng trên 2,0, hiệu suất thu nhận có xu hướng giảm. Ở pH 2,2, hiệu suất thu hồi pectin giảm nhẹ (15,55%), trong khi ở pH 2,5, sự suy giảm này trở nên rõ rệt (9,78%). Nguyên nhân có thể do độ axit giảm làm hạn chế quá trình thủy phân protopectin, dẫn đến giảm lượng pectin hòa tan trong dung dịch. Ngoài ra, ở pH cao hơn, pectin có thể bị kết tủa trở lại hoặc bị ảnh hưởng bởi sự hòa tan của các hợp chất không mong muốn, làm giảm hiệu suất thu hồi.

Như vậy, pH đóng vai trò quan trọng trong quá trình chiết xuất pectin từ vỏ mít, trong đó pH = 2,0 là điều kiện pH tốt nhất giúp đạt hiệu suất thu nhận cao nhất.

3.2.4. Nghiên cứu ảnh hưởng của tỉ lệ nguyên liệu/dung môi

Trong quá trình chiết xuất, tỷ lệ nguyên liệu/dung môi là một yếu tố quan trọng ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu suất chiết. Khi tỷ lệ nguyên liệu/dung môi tăng, sự chênh lệch nồng độ giữa tế bào thực vật và dung môi sẽ gia tăng, thúc đẩy quá trình khuếch tán dung môi vào trong tế bào, từ đó tăng tốc độ truyền khối lượng và nâng cao hiệu suất chiết xuất. Tuy nhiên, nếu tỷ lệ nguyên liệu/dung môi vượt quá cao, dung dịch chiết sẽ bị bão hòa với chất tan, gây cản trở sự xâm nhập của pectin vào dung dịch và làm giảm hiệu suất chiết. Hơn nữa, việc sử dụng tỷ lệ này không hợp lý còn dẫn đến việc lãng phí dung môi trong quá trình chiết xuất. Chính vì vậy, việc khảo sát và đánh giá ảnh hưởng của tỷ lệ nguyên liệu/dung môi là điều cần thiết để hiệu quả của quy trình chiết xuất là tốt nhất. Hình 4 minh họa ảnh hưởng của các tỷ lệ nguyên liệu/dung môi khác nhau, từ 1/5 đến 1/40g/mL, khi thực hiện quá trình chiết xuất ở nhiệt độ 90°C trong 90 phút với pH dung môi là 2,0.



Hình 4. Ảnh hưởng của tỷ lệ nguyên liệu/dung môi đến hiệu suất thu nhận pectin

Kết quả cho thấy hiệu suất thu nhận pectin tăng lên khi tăng tỷ lệ dung môi, đạt giá trị cao nhất tại tỷ lệ 1/20g/mL

(17,15%). Khi tiếp tục tăng tỷ lệ dung môi lên 1/30 và 1/40g/mL, hiệu suất thu nhận có xu hướng giảm nhẹ.

Trong phần thực nghiệm này của chúng tôi, ngoài các tỷ lệ rắn/lỏng đã nói ở trên, tỷ lệ nguyên liệu: dung môi - 1/5g/mL cũng đã được chúng tôi khảo sát. Tuy nhiên, quan sát quá trình chiết xuất nhận thấy rằng hỗn hợp chiết xuất là quá đặc, dung môi không đủ để hòa tan pectin mà chỉ đủ để làm ẩm bột nguyên liệu. Do đó, hầu như không thu nhận được pectin ở tỷ lệ 1/5g/mL. Sự gia tăng hiệu suất thu nhận pectin khi tăng tỷ lệ dung môi từ 1/5 đến 1/20g/mL có thể được giải thích bởi sự khuếch tán hiệu quả của dung môi vào cấu trúc vỏ mít, giúp hòa tan pectin một cách tối ưu. Ở tỷ lệ dung môi thấp (1/5 và 1/10g/mL), lượng dung môi không đủ để phá vỡ liên kết giữa pectin và thành tế bào, dẫn đến hiệu suất chiết thấp. Tuy nhiên, khi tiếp tục tăng tỷ lệ dung môi lên 1/30 và 1/40g/mL, hiệu suất thu nhận pectin không tăng thêm đáng kể mà thậm chí còn có xu hướng giảm nhẹ. Nguyên nhân có thể do hiện tượng pha loãng, làm giảm nồng độ chất hòa tan, từ đó ảnh hưởng đến động lực trích ly.

Như vậy, kết quả nghiên cứu cho thấy tỷ lệ nguyên liệu/dung môi tốt nhất để thu nhận pectin từ vỏ mít trong điều kiện thí nghiệm này là 1/20g/mL, đảm bảo hiệu suất cao nhất mà không gây lãng phí dung môi.

Từ kết quả khảo sát ảnh hưởng của các yếu tố đến hiệu suất thu nhận pectin từ vỏ mít, có thể kết luận rằng quá trình chiết pectin đạt hiệu suất cao nhất khi thực hiện dưới các điều kiện sau: nhiệt độ 90°C, thời gian 90 phút, pH = 2 và tỷ lệ nguyên liệu/dung môi là 1/20g/mL.

3.3. Khảo sát một số tính chất của pectin thu nhận được

3.3.1. Các tính chất hóa lý

Các đặc tính của pectin thu nhận có ảnh hưởng đáng kể đến tính chất và khả năng ứng dụng của nó trong các ngành lĩnh vực công nghiệp khác nhau. Do đó, việc khảo sát các đặc tính của pectin là cần thiết để đánh giá chất lượng và tiềm năng sử dụng của sản phẩm. Bảng 2 trình bày các thông số hóa lý của pectin thu nhận từ vỏ mít.

Bảng 2. Các đặc tính hóa lý của pectin thu nhận được từ vỏ mít

Thông số	Kết quả trong nghiên cứu này	Tiêu chuẩn của pectin theo FAO [24]	Tiêu chuẩn của pectin thương mại theo IPPA [25]
Độ ẩm, %	11,47±0,41	Không nhỏ hơn 12%	Không nhỏ hơn 12%
Độ tinh khiết, %	52,74±0,61	-	-
Mức độ DE, %	69,85±0,21	-	-
Hàm lượng axit galactunoic, %	58,40±0,47	Không nhỏ hơn 65%	Không nhỏ hơn 35%
Độ hòa tan, %	98,47±0,50	-	-

Độ ẩm trong pectin có ảnh hưởng đáng kể đến tính chất và khả năng bảo quản của sản phẩm. Nếu độ ẩm quá cao, pectin có xu hướng kết dính, vón cục, làm giảm chất lượng và tính ứng dụng. Ngược lại, độ ẩm thấp giúp kéo dài thời gian bảo quản, hạn chế sự phát triển của vi sinh vật và sự phân hủy do enzyme. Bảng 1 cho thấy độ ẩm của pectin thu nhận từ vỏ mít đạt 11,47%, cao hơn so với báo cáo của Sontakke và cộng sự (7,758 - 8,456%) [26], nhưng vẫn nằm trong giới hạn cho phép theo tiêu chuẩn của Hiệp hội Pectin Quốc tế (IPPA) (12,0%) [25]. Với giá trị độ ẩm này sẽ giúp duy trì sự ổn định của pectin, ngăn chặn sự phân hủy sinh học và hạn chế sự phát triển của vi sinh vật, đảm bảo chất lượng sản phẩm trong quá trình bảo quản và ứng dụng [26].

Độ tinh khiết của pectin là một yếu tố quan trọng quyết định tính ứng dụng của sản phẩm, đặc biệt trong công nghiệp thực phẩm và dược phẩm. Mức độ tinh khiết cao hơn thường liên quan đến hàm lượng polysaccharide cao, trong khi mức thấp hơn có thể phản ánh sự hiện diện của tạp chất như protein, lipid hoặc polyphenol. Kết quả khảo sát độ tinh khiết của pectin thu nhận từ vỏ mít cho thấy sản phẩm đạt 52,74%. Kết quả này cho thấy phương pháp chiết tách và tinh chế pectin từ vỏ mít trong nghiên cứu này đã đạt hiệu quả nhất định, giúp loại bỏ phần lớn tạp chất không mong muốn.

Mức độ ester hóa (DE) là một thông số quan trọng quyết định tính chất và ứng dụng của pectin. Dựa trên giá trị DE, pectin được phân loại thành hai nhóm chính: pectin có hàm lượng methoxyl cao (HMP, DE > 50%) và pectin có hàm lượng methoxyl thấp (LMP, DE < 50%) [27]. Do đó, việc xác định mức độ DE là cần thiết để đánh giá đặc tính và khả năng ứng dụng của pectin thu nhận được. Kết quả khảo sát cho thấy pectin thu nhận từ vỏ mít có mức độ DE đạt 69,85%, thuộc nhóm HMP. So sánh với các báo cáo trước đó, mức độ DE này cao hơn đáng kể so với nghiên cứu của Sontakke và cộng sự (30,580 - 34,913%) [26] cũng như pectin từ vỏ mít thu nhận tại Bangladesh (43,30%) [2]. Sự khác biệt này có thể bắt nguồn từ sự khác nhau về giống mít, điều kiện môi trường trồng trọt. Với mức độ DE cao, pectin thu nhận từ vỏ mít trong nghiên cứu này có tiềm năng lớn trong sản xuất thực phẩm chế biến có hàm lượng đường cao.

Hàm lượng axit galacturonic là một chỉ tiêu quan trọng đánh giá độ tinh khiết và chất lượng của pectin. Theo tiêu chuẩn của IPPA, pectin thương mại phải có hàm lượng axit galacturonic $\geq 35\%$ để đảm bảo tính chất tạo gel tốt [25]. Tuy nhiên, pectin thu nhận từ các nguồn nguyên liệu khác nhau có thể có hàm lượng axit

galacturonic dao động đáng kể, phụ thuộc vào phương pháp chiết xuất, điều kiện xử lý và đặc tính nguyên liệu ban đầu. Kết quả khảo sát cho thấy hàm lượng axit galacturonic trong pectin thu nhận từ vỏ mít đạt 58,40%, cao hơn so với các báo cáo trước đó của Sontakke và cộng sự (42,140 - 45,347%) [26] cũng như pectin vỏ mít thu nhận tại Bangladesh (44,79%) [2]. Điều này cho thấy phương pháp chiết tách sử dụng trong nghiên cứu này đã hiệu quả trong việc loại bỏ các tạp chất không mong muốn, chẳng hạn như protein, polyphenol hoặc tro, góp phần nâng cao hàm lượng axit galacturonic trong pectin thu được. Với hàm lượng axit galacturonic đạt 58,40%, pectin thu nhận từ vỏ mít trong nghiên cứu này được xem là tiềm năng để ứng dụng trong công nghiệp thực phẩm và có thể được cải thiện để đạt tiêu chuẩn thương mại.

Độ hòa tan là một thông số quan trọng trong đánh giá chất lượng và khả năng ứng dụng của pectin. Độ hòa tan cao cho thấy pectin dễ dàng tạo dung dịch đồng nhất trong môi trường nước, điều này đặc biệt quan trọng đối với các ứng dụng trong công nghiệp thực phẩm, dược phẩm và mỹ phẩm. Kết quả khảo sát cho thấy pectin thu nhận từ vỏ mít có độ hòa tan 98,47%, cao hơn so với pectin từ vỏ sầu riêng (90,09%) [18]. Như vậy, kết quả độ hòa tan cho thấy pectin từ vỏ mít có tiềm năng ứng dụng cao trong nhiều lĩnh vực, đặc biệt là trong công nghiệp thực phẩm và dược phẩm.

3.3.2. Khả năng tạo gel

Pectin loại HMP có đặc tính tạo gel phụ thuộc vào hàm lượng đường và môi trường pH thấp, nên thường được ứng dụng rộng rãi trong công nghiệp thực phẩm, đặc biệt trong sản xuất mứt, thạch và các sản phẩm có kết cấu gel ổn định. Kết quả thí nghiệm tạo gel cho thấy, khi sử dụng nồng độ đường 73,0%, pectin thu nhận từ vỏ mít có khả năng tạo gel tương đối tốt (hình 5). Ở nồng độ đường cao, lượng nước tự do trong hệ bị giảm, đồng thời các nhóm carboxyl ($-\text{COO}^-$) trên chuỗi pectin bị trung hòa do tác động của môi trường acid. Điều này làm giảm tích điện trên các phân tử pectin, từ đó tăng khả năng liên kết nội phân tử, dẫn đến sự hình thành cấu trúc gel. Trong trường hợp này, sự liên kết giữa các phân tử pectin chủ yếu xảy ra thông qua các liên kết hydro giữa các nhóm hydroxyl ($-\text{OH}$) trên chuỗi polymer. Tuy nhiên, do liên kết hydro tương đối yếu, các phân tử trong mạng lưới gel vẫn có thể dịch chuyển đáng kể, làm cho gel có độ mềm dẻo cao. Nhìn chung, với khả năng tạo gel trong điều kiện nồng độ đường cao, pectin từ vỏ mít có tiềm năng ứng dụng trong công nghiệp thực phẩm, đặc biệt là trong các sản phẩm gel có kết cấu dẻo và ổn định.



Hình 5. Khả năng tạo gel của pectin thu nhận từ vỏ mít khi ở nồng độ đường 73,0%

3.4. Ứng dụng thử nghiệm pectin trong sản phẩm mít dứa

Kết quả thử nghiệm ứng dụng pectin thu nhận từ vỏ mít vào sản phẩm mít dứa được thể hiện trong hình 6. Quá trình thực nghiệm cho thấy, việc bổ sung pectin đã làm thay đổi đáng kể màu sắc của sản phẩm, khiến màu mít chuyển sang tông nâu. Điều này cho thấy pectin từ vỏ mít có thể chứa một số hợp chất polyphenol hoặc phản ứng Maillard có thể xảy ra trong quá trình chế biến, ảnh hưởng đến màu sắc cuối cùng của sản phẩm. Do đó, để đảm bảo tính thẩm mỹ, pectin từ vỏ mít được khuyến nghị ứng dụng trong các loại mít có màu sắc đậm, chẳng hạn như mít dâu tây, mít táo, mít việt quất... nhằm hạn chế ảnh hưởng đến màu sắc tự nhiên của sản phẩm.



Hình 6. Hình ảnh mít dứa khi bổ sung pectin (bên phải) và không có pectin (bên trái)

Bên cạnh đó, quan sát trong quá trình sản xuất cho thấy mít dứa không bổ sung pectin có cấu trúc lỏng lẻo hơn, mức độ đồng đặc kém hơn. Trong khi đó, mít dứa có bổ sung pectin đặc hơn, kết cấu sệt hơn và đặc sánh hơn, cho thấy khả năng tăng cường độ nhót và kết dính của sản phẩm. Như vậy, việc bổ sung pectin vào mít hoa quả giúp cải thiện đáng kể cấu trúc sản phẩm, tạo độ dẻo và đồng nhất tốt hơn.

Tóm lại, pectin từ vỏ mít trong nghiên cứu này có tiềm năng ứng dụng trong sản xuất mít hoa quả, đặc biệt là những sản phẩm yêu cầu kết cấu đặc, độ kết dính cao. Tuy nhiên, do ảnh hưởng đến màu sắc, nên ưu tiên sử dụng trong các loại mít có màu đậm để không làm thay đổi đáng kể ngoại quan của sản phẩm.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xác định thành phần hóa học cơ bản của vỏ mít thu nhận tại Hà Nội, bao gồm: độ ẩm 5,93%, protein 22,85%, glucit 24,0% và lipit 12,82%. Ngoài ra, vỏ mít còn chứa một số khoáng chất quan trọng như Fe, Zn, Mn, Cu, với hàm lượng kim loại nặng nằm trong giới hạn cho phép theo quy định của Bộ Y tế.

Quá trình khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến chiết xuất pectin từ vỏ mít đã xác định được điều kiện chiết xuất tốt nhất ở nhiệt độ 90°C, pH = 2, thời gian chiết 90 phút, và tỷ lệ nguyên liệu/dung môi 1/20 g/mL, với hiệu suất thu nhận pectin đạt 17,15%.

Pectin thu nhận được thuộc loại HMP, với mức độ este hóa đạt 69,85%, độ tinh khiết 52,47%, độ hòa tan 98,47%, độ ẩm 11,47%, và hàm lượng acid galacturonic 58,4%.

Ứng dụng pectin từ vỏ mít trong sản xuất mít dứa cho thấy sản phẩm có độ kết dính tốt hơn, cấu trúc đặc hơn và ổn định hơn. Tuy nhiên, mít dứa có bổ sung pectin từ vỏ mít có màu sẫm hơn so với mẫu đối chứng. Kết quả này cho thấy tiềm năng ứng dụng của pectin từ vỏ mít trong công nghiệp thực phẩm, đặc biệt đối với các sản phẩm yêu cầu độ kết dính cao như mít quả.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được thực hiện trong khuôn khổ đề tài sinh viên nghiên cứu khoa học năm học 2022-2023. Nhóm tác giả xin gửi lời cảm ơn chân thành đến Viện Công nghệ HaUI (HIT) và Khoa Công nghệ Hóa, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội, đã tạo điều kiện về thiết bị và dụng cụ, góp phần quan trọng vào quá trình thực hiện và hoàn thành nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Dự án Hỗ trợ Hợp tác kinh tế khu vực Châu Á (SRECA), *Sổ tay hướng dẫn xuất khẩu trái cây tươi sang thị trường Trung Quốc - Sản phẩm: Quả mít*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH và Cục Xúc tiến thương mại (VIETRADE), 2020.
- [2]. Islam Md.R., Biswas Md.M.H., Esham Md.K.H., Roy P., Khan Md.R., Hasan S.M.K., "Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) by-products a novel source of pectin: Studies on physicochemical characterization and its application in soup formulation as a thickener," *Food Chemistry Advances*, 2, 100273, 2023. Doi: 10.1016/j.focha.2023.100273
- [3]. Islam Md.R., Haque A.R., Kabir Md.R., Hasan Md.M., Khushe K.J., Hasan S.M.K., "Fruit by-products: the potential natural sources of antioxidants and α -glucosidase inhibitors," *J. Food Sci. Technol.*, 58(5), 1715-1726, 2021. Doi: 10.1007/s13197-020-04681-2

- [4]. Cui J., et al., "Pectins from fruits: Relationships between extraction methods, structural characteristics, and functional properties," *Trends Food Sci. Technol.*, 110, 39-54, 2021. Doi: 10.1016/j.tifs.2021.01.077
- [5]. Chen J., et al., "Extraction temperature is a decisive factor for the properties of pectin," *Food Hydrocoll.*, 112, 106160, 2021. Doi: 10.1016/j.foodhyd.2020.106160
- [6]. Lara-Espinoza C., et al., "Composition, Physicochemical Features, and Covalent Gelling Properties of Ferulated Pectin Extracted from Three Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) Cultivars Grown under Desertic Conditions," *Agronomy.*, 11(1), 40, 2020. Doi: 10.3390/agronomy11010040
- [7]. Spinei M., Oroian M., "The Influence of Extraction Conditions on the Yield and Physico-Chemical Parameters of Pectin from Grape Pomace," *Polymers (Basel)*, 14(7), 1378, 2022. Doi: 10.3390/polym14071378
- [8]. Khamsocharit P., Laohaphatanalert K., Gavinlertvatana P., Sriroth K., Sangseethong K., "Characterization of pectin extracted from banana peels of different varieties," *Food Sci. Biotechnol.*, 27(3), 623–629, 2018. Doi: 10.1007/s10068-017-0302-0
- [9]. Torkova A.A., et al., "Physicochemical and functional properties of Cucurbita maxima pumpkin pectin and commercial citrus and apple pectins: A comparative evaluation," *PLoS One*, 13(9), e0204261, 2018. Doi: 10.1371/journal.pone.0204261
- [10]. Sengar A.S., Rawson A., Muthiah M., Kalakandan S.K., "Comparison of different ultrasound assisted extraction techniques for pectin from tomato processing waste," *Ultrason. Sonochem.*, 61, 104812, 2020. Doi: 10.1016/j.ultsonch.2019.104812
- [11]. Méndez D.A., Fabra M.J., Gómez-Mascaraque L., López-Rubio A., Martínez-Abad A., "Modelling the Extraction of Pectin towards the Valorisation of Watermelon Rind Waste," *Foods*, 10(4), 738, 2021. Doi: 10.3390/foods10040738
- [12]. Hennessey-Ramos L., Murillo-Arango W., Vasco-Correa J., Paz Astudillo I.C., "Enzymatic Extraction and Characterization of Pectin from Cocoa Pod Husks (*Theobroma cacao* L.) Using Celluclast® 1.5 L," *Molecules*, 26(5), 1473, 2021. Doi: 10.3390/molecules26051473
- [13]. Bodily H.L., "Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists," *Am. J. Public Health Nations. Health*, 46(7), 916-916, 1956. Doi: 10.2105/AJPH.46.7.916-a
- [14]. Saedi S., Kim J.T., Lee E.H., Kumar A., Shin G.H., "Fully transparent and flexible antibacterial packaging films based on regenerated cellulose extracted from ginger pulp," *Ind. Crops Prod.*, 197, 116554, 2023. Doi: 10.1016/j.indcrop.2023.116554
- [15]. Aguirre L., et al., "Chemical composition, protein quality indicators and in vitro protein digestibility of commercial soybean meals from different origins for use in poultry feeding," *Anim Feed Sci. Technol.*, 293, 115473, 2022. Doi: 10.1016/j.anifeedsci.2022.115473
- [16]. Kjeldahl J., "Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern," *Fresenius' Zeitschrift für analytische Chemie*, 22(1), 366-382, 1983. Doi: 10.1007/BF01338151
- [17]. Tran T.T.B., Saifullah M., Nguyen N.H., Nguyen M.H., Vuong Q.V., "Comparison of ultrasound-assisted and conventional extraction for recovery of pectin from Gac (*Momordica cochinchinensis*) pulp," *Future Foods*, 4, 100074, 2021. Doi: 10.1016/j.fufo.2021.100074
- [18]. Trang T.Y.D., Quynh P.H., Huong T.T., Hanh D.T., Dung H.T., Lan V.P., "Application of Response Surface Methodology for Statistical Optimization of the Pectin Recovery from Durian Peel," *Food Science and Technology*, 12(2), 128-146, 2024. Doi: 10.13189/fst.2024.120202
- [19]. Nguyễn H.K.N., Trần T.T., Bạch L.G., "Trích ly pectin từ vỏ bưởi năm roi (*Citrus grandis* (L.) Osbeck) bằng phương pháp trích ly có hỗ trợ nhiệt," *Can Tho University Journal of Science*, 59(1), 66-75, 2023. Doi: 10.22144/ctu.jvn.2023.008
- [20]. Luisa Franchi M., "Evaluation of Enzymatic Pectin Extraction by a Recombinant Polygalacturonase (PGI) From Apples and Pears Pomace of Argentinean Production and Characterization of the Extracted Pectin," *J. Food Process Technol.*, 05(08), 2014. Doi: 10.4172/2157-7110.1000352
- [21]. Kamal Md.M., Ali Md.R., Hossain A., Shishir M.R.I., "Optimization of microwave-assisted extraction of pectin from *Dillenia indica* fruit and its preliminary characterization," *J. Food Process Preserv.*, 44(6), 2020. Doi: 10.1111/jfpp.14466
- [22]. Ren J.N., et al., "Extraction of orange pectin based on the interaction between sodium caseinate and pectin," *Food Chem.*, 283, 265-274, 2019. Doi: 10.1016/j.foodchem.2019.01.046
- [23]. Kastner H., Einhorn-Stoll U., Senge B., "New Parameters for the Examination of the Pectin Gelation Process," *The Royal Society of Chemistry*, 191–197, 2012. Doi: 10.1039/9781849734554-00191
- [24]. FAO, *Pectin*. FAO. 7. 2009.
- [25]. IPPA, *Pectin commercial production and pectin in organic food products*. IPPA, 1–14, 2014.
- [26]. Sontakke P.B., et al., "Pectin extraction from Jackfruit waste by Acid extraction method," *International Journal of Advanced Biochemistry Research*, 8(5), 415-422, 2024. Doi: 10.33545/26174693.2024.v8.i5e.1129
- [27]. Wu C., Liao J., Wang J., Qi J., "Gelation behavior and mechanism of low methoxyl pectin in the presence of erythritol and sucrose: The role of co-solutes," *Int. J. Biol. Macromol.*, 271, 132261, 2024. Doi: 10.1016/j.ijbiomac.2024.132261

AUTHORS INFORMATION

**Ngo Thi Tu Anh¹, Nguyen Tien Danh¹, Dang Thanh Duong¹,
Vu Minh Hang¹, Ninh Thi Thu Hien¹, Tran Y Doan Trang²**

¹Class 2021DHHTP02 - K14, Faculty of Chemical Technology, Hanoi University of Industry, Vietnam

²HaUI Institute of Technology (HIT), Hanoi University of Industry, Vietnam