

SẢN XUẤT PECTIN TỪ PHỤ PHẨM BÃ LÁ QUẾ SAU KHI TÁCH TINH DẦU VÀ ĐÁNH GIÁ ĐẶC TÍNH LÝ HÓA CỦA SẢN PHẨM

NGUYỄN THÀNH DƯƠNG^{1*}, TRẦN THANH NGOAN²

¹Viện Khoa học vật liệu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

²Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

Tóm tắt

Hiện nay, cây quế là cây trồng chủ lực trong phát triển kinh tế hộ gia đình ở một số địa phương như Yên Bái, Lào Cai, Quảng Nam và Quảng Ngãi. Tuy nhiên, bã lá quế chủ yếu bị bỏ hoặc dùng làm phân hữu cơ với giá trị thấp, gây lãng phí tài nguyên và ô nhiễm môi trường nếu không xử lý đúng cách. Nghiên cứu này nhằm tận dụng phụ phẩm bã lá quế sau khi tách tinh dầu để chiết xuất pectin - một polysaccharide có giá trị trong công nghiệp thực phẩm và dược phẩm. Phương pháp thủy phân acid sử dụng acid citric được áp dụng, kết hợp khảo sát ảnh hưởng của pH, nhiệt độ, thời gian và tỷ lệ dung môi/nguyên liệu nhằm tối ưu hóa hiệu suất chiết. Kết quả cho thấy, điều kiện tối ưu là pH 1,0; 90°C; thời gian 30 phút và tỷ lệ dung môi 40:1; với hiệu suất đạt 7,23%. Pectin thu được có đặc tính hóa lý tương đương pectin thương mại: hàm lượng acid galacturonic 67%, độ ester hóa 45%, trọng lượng phân tử 350 kDa, khả năng tạo gel tốt và ổn định nhiệt cao. Nghiên cứu khẳng định tiềm năng sản xuất pectin từ bã lá quế như một hướng đi bền vững và khả thi về kinh tế tại Việt Nam.

Từ khóa: Pectin, lá quế, phụ phẩm nông nghiệp, chiết xuất acid, kinh tế tuần hoàn.

Ngày nhận bài: 19/8/2025; Ngày sửa chữa: 17/10/2025; Ngày duyệt đăng: 24/11/2025.

Production of pectin from cinnamon leaf residue after essential oil extraction and evaluation of the physicochemical properties of the product

Abstract

Currently, cinnamon is a key crop for household economic development in several provinces of Vietnam, including Yên Bái, Lào Cai, Quảng Nam, and Quảng Ngãi. However, cinnamon leaf residue, a by-product after essential oil extraction, is mostly discarded or used as low-value organic fertilizer, leading to resource waste and potential environmental pollution if not properly managed. This study aims to utilize cinnamon leaf residue to extract pectin—a valuable polysaccharide widely used in the food and pharmaceutical industries. Acid hydrolysis using citric acid was employed, along with an investigation into the effects of pH, temperature, extraction time, and solvent-to-material ratio to optimize the extraction yield. The optimal conditions were determined to be pH 1.0, 90°C, 30 minutes, and a solvent-to-material ratio of 40:1, resulting in an extraction yield of 7.23%. The extracted pectin exhibited physicochemical properties comparable to commercial pectin, including a galacturonic acid content of 67%, a degree of esterification of 45%, a molecular weight of 350 kDa, good gel-forming ability, and high thermal stability. The findings demonstrate the potential of cinnamon leaf residue as a sustainable and economically viable source for pectin production in Vietnam.

Keywords: Pectin, cinnamon leaf, agricultural by-products, acid extraction, circular economy.

JEL Classifications: N50, O13, Q51, Q56.

1. GIỚI THIỆU

Pectin là một polysaccharide phức tạp, chủ yếu bao gồm acid α -(1 $\rightarrow$ 4)-D-galacturonic, tồn tại dưới dạng chuỗi thẳng hoặc phân nhánh, với khả năng tạo gel trong môi trường acid hoặc có ion kim loại như Ca^{2+} (Thakur và c.s. 1997). Nhờ đặc tính tạo đặc, ổn định nhũ tương và tạo gel, pectin được ứng dụng rộng rãi trong công nghiệp thực phẩm (mứt, thạch, sữa chua, nước ép trái cây), dược phẩm (kháng oxy hóa, hỗ trợ tiêu hóa) và mỹ phẩm (chất làm đặc, ổn định) (Wang và c.s. 2007). Theo báo cáo của Grand view research, quy mô thị trường pectin toàn cầu được định giá 1.9 tỷ

USD vào năm 2025, với tốc độ tăng trưởng dự kiến là 7,1%, chủ yếu do nhu cầu thực phẩm lành mạnh và ít đường (“Pectin Market Size, Share & Trends | Industry Growth Forecast, 2025”).

Thông thường, pectin được chiết xuất từ vỏ cam, bã táo và phụ phẩm chế biến trái cây. Tuy nhiên, các nguồn này đòi hỏi nguyên liệu ổn định, công nghệ tiên tiến, tiêu tốn năng lượng lớn, dẫn đến chi phí sản xuất cao (Kumar và c.s. 2023). Tại Việt Nam, pectin hoàn toàn phụ thuộc vào nhập khẩu từ các nước như Đức, Brazil, Mỹ, với giá trung bình 8.000 - 12.000 USD/tấn, gây áp lực kinh tế cho doanh nghiệp (Nguyen, Nguyen,



và Savage 2019). Điều này thúc đẩy nhu cầu tìm kiếm nguồn nguyên liệu thay thế rẻ, sẵn có và bền vững trong nước.

Hiện nay, quế là cây trồng khá quen thuộc tại nước ta, với hơn 180.000 ha, tập trung tại Yên Bái, Lào Cai, Quảng Nam và Quảng Ngãi (Derks, Turner, và Thúy Hạnh 2020)). Quá trình chưng cất tinh dầu từ lá quế tạo ra lượng lớn bã thải, ước tính 600 - 700 kg bã/tấn lá, tương đương hàng chục nghìn tấn mỗi năm. Bã lá quế chủ yếu bị bỏ hoặc dùng làm phân hữu cơ với giá trị thấp, gây lãng phí tài nguyên và ô nhiễm môi trường nếu không xử lý đúng cách (Ettish và c.s. 2021). Đáng chú ý, các nghiên cứu quốc tế gần đây đã ghi nhận lá của nhiều loài thuộc chi *Cinnamomum* chứa hàm lượng đáng kể polysaccharide hòa tan, bao gồm các phân đoạn pectic có cấu trúc galacturonic đặc trưng (Zheng và c.s. 2021; Shubharani và c.s. 2017). Họ đã cung cấp bằng chứng định lượng cho thấy lá của các loài thuộc chi *Cinnamomum* chứa hàm lượng đáng kể polysaccharide hòa tan và các phân đoạn pectic. Zheng, Guo và Qian (2021) cho thấy polysaccharide thô chiết từ lá quế cassia đạt 6,8-9,5% khối lượng khô; trong đó phân đoạn pectic chiếm xấp xỉ 30% tổng polysaccharide, với hàm lượng acid galacturonic 42,1% - là thành phần đặc trưng phản ánh bản chất pectin của polysaccharide. Tương tự, Shubharani, Mahesh và Raghavendra (2017) khi phân tích quế verum đã ghi nhận hàm lượng carbohydrate tổng số 18,6%, trong đó các polysaccharide hòa tan (bao gồm pectin) chiếm hơn 10% trọng lượng khô của lá. Đồng thời, các nghiên cứu cấu trúc cũng cho thấy quá trình sấy và chưng cất hơi nước không làm phá hủy hoàn toàn cấu trúc pectic: Shubharani và c.s. (2017) xác nhận các nhóm chức đặc trưng của pectin (COO⁻, C-O-C, -OH) vẫn được bảo toàn sau xử lý nhiệt. Zheng và c.s. (2021) cũng ghi nhận polysaccharide từ lá quế Cassia có cấu trúc rhamnogalacturonan-I và galacturonan ổn định, ít bị suy giảm khi xử lý ở 80-100°C. Các số liệu này củng cố luận điểm rằng lá quế - và đặc biệt là bã lá quế sau chưng cất - chứa hàm lượng polysaccharide pectic đủ lớn để trở thành nguồn nguyên liệu tiềm năng cho chiết xuất pectin.

Tuy nhiên, đến nay, chưa có nghiên cứu nào công bố về chiết xuất pectin từ bã lá quế, tạo ra khoảng trống kiến thức cần được lấp đầy (Derks, Turner, và Thúy Hạnh 2020). Việc khai thác bã lá quế để chiết xuất pectin không chỉ mang ý nghĩa khoa học trong việc khám phá nguồn nguyên liệu mới, mà còn có giá trị kinh tế và sinh thái. Sản xuất pectin từ phụ phẩm giúp giảm chi phí nguyên liệu, tăng thu nhập cho nông dân, giảm thiểu ô nhiễm từ chất thải nông nghiệp, phù hợp với xu hướng kinh tế tuần hoàn (Campos và c.s. 2020). Với sản lượng

lá quế lớn tại Việt Nam, phát triển công nghệ chiết xuất pectin từ bã lá quế có thể tạo ra sản phẩm giá trị cao, giảm phụ thuộc nhập khẩu, đóng góp vào chiến lược phát triển bền vững ngành nông nghiệp.

2. NGUYÊN VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên vật liệu

Nguyên liệu là bã lá quế (*Cinnamomum cassia*) thu gom từ các cơ sở sản xuất tinh dầu tại huyện Văn Yên, tỉnh Lào Cai, trong vụ thu hoạch tháng 3 - 4/2024. Bã được tạo ra sau chưng cất tinh dầu bằng phương pháp lôi cuốn hơi nước (nhiệt độ 100°C, thời gian 4 giờ). Để đảm bảo chất lượng, bã được kiểm tra độ ẩm ban đầu (50 - 60%) và phơi khô tự nhiên dưới ánh sáng mặt trời (25 - 30°C, 48 giờ) đến độ ẩm < 10%. Sau đó, bã được nghiền bằng máy nghiền búa (Model HM-200, Hsiangtai) qua rây 1 mm, đạt kích thước hạt 0,5 - 1,0 mm, bảo quản trong túi polyethylene kín tại 25°C, độ ẩm tương đối 50%. Phân tích hóa học sơ bộ cho thấy bã chứa 25% cellulose, 15% hemicellulose và 10% pectic substances (trên cơ sở khô).

Hóa chất sử dụng bao gồm acid citric ($\geq 99.5\%$, Sigma-Aldrich, CAS 77-92-9), ethanol 96% (Merck, CAS 64-17-5), NaOH ($\geq 98\%$, Merck, CAS 1310-73-2), HCl (37%, Merck, CAS 7647-01-0), thuốc thử carbazole ($\geq 95\%$, Sigma-Aldrich, CAS 86-74-8), metanol ($\geq 99.8\%$, Merck, CAS 67-56-1) và các dung môi chuẩn cho phân tích FTIR và HPLC. Tất cả hóa chất đạt độ tinh khiết phân tích và được sử dụng trực tiếp. Nước cất hai lần được sử dụng làm dung môi chính.

2.2. Quy trình chiết xuất pectin

Quy trình chiết xuất pectin được thực hiện bằng phương pháp thủy phân acid, dựa trên nghiên cứu của Moura và cộng sự với điều chỉnh (Aline de Moura và c.s. 2020). Cụ thể, 5g bột bã lá quế khô được ngâm trong dung dịch acid citric (200 mL) trong nồi thủy nhiệt (Model HT-300, Haier, dung tích 500 mL, công suất 800 W) có gắn hệ thống khuấy từ (tốc độ 300 rpm). Các thông số được khảo sát gồm:

pH: 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 (điều chỉnh bằng HCl 1 M hoặc NaOH 1 M).

Nhiệt độ: 60; 70; 80; 90; 100°C (điều khiển bằng bộ điều nhiệt $\pm 0,5^\circ\text{C}$).

Thời gian: 30; 60; 90; 120; 150 phút.

Tỷ lệ dung môi/nguyên liệu: 10:1; 20:1; 30:1; 40:1; 50:1 mL/g.

Sau chiết xuất, dịch chiết được lọc qua vải muslin (lỗ 100 μm), sau đó ly tâm ở 6000 rpm trong 10 phút (máy ly tâm Beckman Coulter Avanti J-26S, rotor JA-10). Phần dịch nổi được kết tủa bằng ethanol 96% (tỷ lệ 1:2 theo thể tích), giữ tại 4°C trong 12 giờ. Pectin kết tủa được thu bằng lọc chân không qua giấy lọc

Whatman No.1 (11 μ m), rửa 3 lần với ethanol 70% để loại bỏ tạp chất, sấy khô tại 50°C trong lò sấy đối lưu (Memmert UN55) đến khối lượng không đổi và bảo quản trong hộp kín tại 25°C.

2.3. Phân tích đặc tính pectin

Pectin từ điều kiện tối ưu được phân tích các đặc tính sau:

Hàm lượng acid anhydrogalacturonic (AUA, %): Phương pháp m-phenylphenol theo AOAC 983.19, đo hấp thụ tại 450 nm bằng máy quang phổ UV-Vis (Shimadzu UV-1800, độ chính xác $\pm 0,001$ AU).

Chỉ số methoxyl (MI, %): Chuẩn độ với NaOH 0,1 N theo Food Chemical Codex, sử dụng chỉ thị phenolphthalein.

Độ ester hóa (DE, %): Tính toán từ AUA và MI.

Trọng lượng phân tử trung bình (Mw, kDa): Sắc ký gel thẩm thấu (GPC) trên hệ thống Agilent 1260 Infinity II, cột PL aquagel-OH MIXED-H, dung môi nước cất, chuẩn dextran (10 - 500 kDa).

Thành phần monosaccharide: Thủy phân pectin bằng H₂SO₄ 2 M (100°C, 2 giờ), phân tích bằng HPLC (Agilent 1260, cột Zorbax Carbohydrate, detector RI, pha động acetonitrile:nước 80:20).

Khả năng tạo gel: Đánh giá bằng thử nghiệm với 0,1% CaCl₂ (pH 4,0, 25°C), đo độ bền gel bằng Texture Analyzer (TA.XT Plus, Stable Micro Systems, đầu dò 5 mm, tốc độ 1 mm/s).

Độ ổn định nhiệt: Phân tích nhiệt trọng lượng (TGA) trên máy PerkinElmer TGA 4000, khoảng 30 - 500°C, tốc độ gia nhiệt 10°C/phút, khí nitơ.

Mỗi phân tích được thực hiện 3 lần, kết quả báo cáo dưới dạng trung bình $\pm$ sai số chuẩn (SE). Phân tích thống kê sử dụng ANOVA một chiều, kết hợp kiểm định post-hoc Tukey ($p < 0,05$) trên phần mềm SPSS 26 để xác nhận sự khác biệt giữa các mức thí nghiệm.

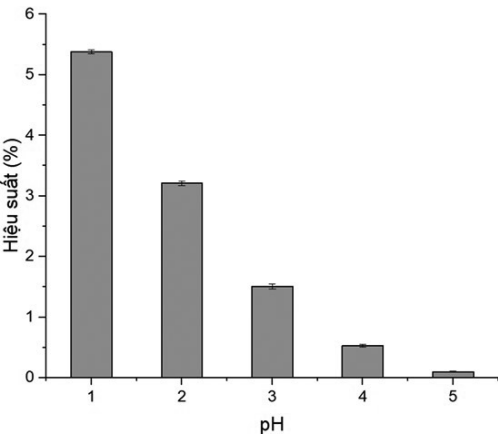
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của pH đến hiệu suất chiết tách

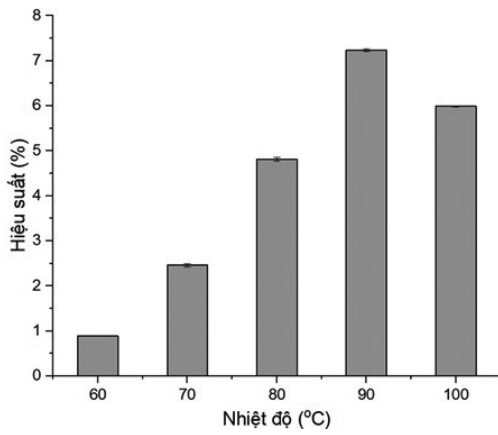
Hiệu suất chiết tách giảm đáng kể khi pH tăng từ 1,0 đến 5,0 ($p < 0,05$, ANOVA). Tại pH 1,0, hiệu suất đạt $5,38 \pm 0,03\%$, cao hơn đáng kể so với pH 2,0 ($3,21 \pm 0,04\%$, post-hoc Tukey, $p < 0,01$). Ở pH thấp, proton hóa nhóm carboxyl (-COOH) trong pectin tăng cường khả năng hòa tan, phá vỡ liên kết với cellulose và hemicellulose trong thành tế bào (Celus và c.s. 2018). Khi pH tăng, nhóm carboxyl ion hóa (-COO⁻), giảm khả năng chiết tách (Kaya và c.s. 2014). Tuy nhiên, pH quá thấp có thể làm tăng chi phí acid và yêu cầu thiết bị chống ăn mòn, cần cân nhắc khi mở rộng quy mô (Hình 1).

3.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ

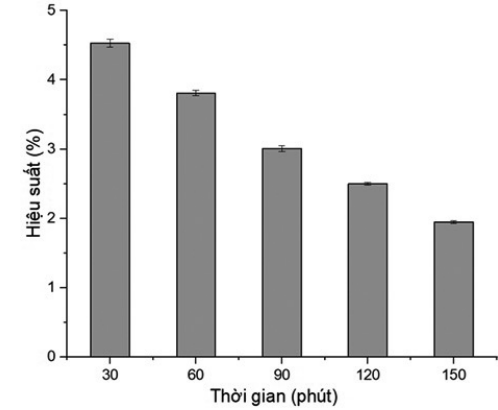
Hiệu suất tăng từ 60°C ($0,89 \pm 0,01\%$) đến 90°C ($7,23 \pm 0,03\%$, $p < 0,05$), nhưng giảm tại 100°C ($5,99 \pm 0,01\%$, $p < 0,01$, post-hoc Tukey). Nhiệt độ cao tăng tốc độ khuếch tán và phá vỡ liên kết hydro giữa pectin và thành tế bào, cải thiện hiệu suất (Cui và c.s. 2021). Tuy nhiên, tại 100°C, chuỗi polysaccharide có thể bị thủy phân, giảm hiệu suất (Liu và c.s. 2016). Chen và cộng sự báo cáo 90°C tối ưu cho việc bảo toàn cấu trúc pectin và có hiệu suất tốt (Chen và c.s. 2021). Nhiệt độ 90°C là điểm cân bằng giữa hiệu suất và bảo toàn cấu trúc pectin, phù hợp cho quy mô công nghiệp (Hình 2).



Hình 1. Ảnh hưởng của pH đến hiệu suất chiết tách pectin



Hình 2. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến hiệu suất chiết tách pectin



Hình 3. Ảnh hưởng của thời gian chiết đến hiệu suất chiết tách pectin

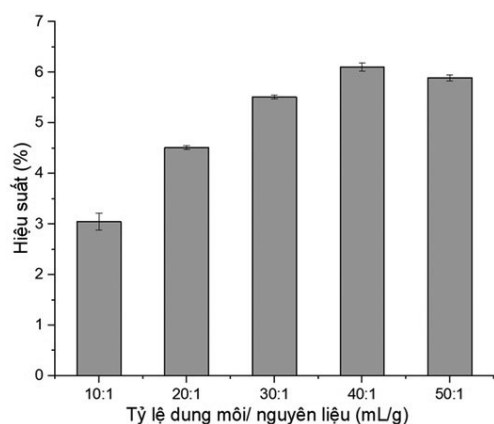
3.3. Ảnh hưởng của thời gian chiết

Hiệu suất đạt cao nhất tại 30 phút ($4,53 \pm 0,06\%$, $p < 0,05$), giảm dần khi kéo dài ($1,95 \pm 0,02\%$ tại 150 phút, $p < 0,01$, post-hoc Tukey). Trong môi trường acid và nhiệt độ cao, pectin dễ bị thủy phân, làm ngắn chuỗi polysaccharide và giảm hiệu suất (Kaya và

c.s. 2014). Pasandide và cộng sự báo cáo 30 phút tối ưu cho vỏ kiwi vàng (Pasandide và c.s. 2017). Thời gian ngắn không chỉ tăng hiệu suất mà còn tiết kiệm năng lượng, phù hợp cho sản xuất công nghiệp (Hình 3).

3.4. Ảnh hưởng của tỷ lệ dung môi/nguyên liệu

Hiệu suất tăng từ 10:1 ($3,05 \pm 0,17\%$) đến 40:1 ($6,10 \pm 0,08\%$, $p < 0,05$), giảm nhẹ tại 50:1 ($5,89 \pm 0,06\%$, $p < 0,05$, post-hoc Tukey). Tỷ lệ dung môi cao cải thiện tiếp xúc và hòa tan pectin, nhưng khi quá cao, dung dịch loãng làm giảm hiệu quả kết tủa (Fakayode và Abobi 2018). Moura và cộng sự báo cáo 40:1 tối ưu cho vỏ cà chua (Aline de Moura và c.s. 2020). Tỷ lệ 40:1 là lựa chọn cân bằng giữa hiệu suất và chi phí dung môi (Hình 4).



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

3.5. Đặc tính hóa lý và chức năng của pectin

Điều kiện tối ưu (pH 1,0, 90°C, 30 phút, 40:1) được chọn để chiết xuất pectin phân tích đặc tính.

Pectin từ bã lá quế có AUA $67,0 \pm 0,5\%$, đạt tiêu chuẩn FAO/WHO ($\geq 65\%$) (S. Saeed et al., 2023), cho thấy độ tinh khiết tốt. MI $6,8 \pm 0,2\%$ và DE $45,0 \pm 1,0\%$ xác nhận pectin ít ester hóa (LMP), phù hợp

cho thực phẩm ít đường hoặc cần ion Ca^{2+} để tạo gel (Fakayode và Abobi 2018). Mw 350 ± 10 kDa thấp hơn pectin thương mại (500 ± 15 kDa), có thể do thủy phân acid mạnh (pH 1,0) làm ngắn chuỗi [13] (Kaya và c.s. 2014). So với vỏ cam (AUA 70 - 75%, DE 60 - 70%) và bã táo (AUA 65 - 70%, DE 50 - 60%), pectin từ bã lá quế có AUA tương đương nhưng DE thấp hơn, phù hợp cho ứng dụng đặc thù như thạch ít đường hoặc dược phẩm.

Thành phần monosaccharide: Phân tích HPLC cho thấy pectin chứa $85 \pm 2\%$ galacturonic acid, $10 \pm 1\%$ rhamnose và $5 \pm 0,5\%$ arabinose, tương tự pectin thương mại (86% galacturonic acid), xác nhận cấu trúc pectic đặc trưng. Sự hiện diện của rhamnose và arabinose cho thấy vùng rhamnogalacturonan-I, tăng khả năng nhũ hóa.

Khả năng tạo gel: Thử nghiệm với 0,1% CaCl_2 (pH 4,0) cho độ bền gel 120 ± 5 g/cm², thấp hơn pectin thương mại (150 ± 7 g/cm², $p < 0,05$, t-test), do DE thấp hơn cần nhiều Ca^{2+} hơn để tạo liên kết chéo. Tuy nhiên, độ bền này đủ cho ứng dụng thạch và mứt ít đường.

Độ ổn định nhiệt: Phân tích TGA cho thấy pectin ổn định đến $220 \pm 5^\circ\text{C}$, tương đương pectin thương mại ($230 \pm 5^\circ\text{C}$), với phân hủy chính tại 250 - 300°C do phá vỡ chuỗi galacturonic (Volza, 2024). Điều này đảm bảo pectin phù hợp cho chế biến thực phẩm ở nhiệt độ cao (80 - 100°C).

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã tối ưu hóa chiết xuất pectin từ bã lá quế tại pH 1,0, 90°C, 30 phút và tỷ lệ dung môi 40:1, đạt hiệu suất $7,23 \pm 0,03\%$. Pectin có AUA $67,0 \pm 0,5\%$, MI $6,8 \pm 0,2\%$, DE $45,0 \pm 1,0\%$, Mw 350 ± 10 kDa, thuộc loại pectin ít ester hóa, phù hợp cho thạch ít đường và dược phẩm. Phân tích FTIR, HPLC, TGA xác nhận cấu trúc và độ ổn định tương đồng với pectin thương mại. Thử nghiệm thạch ít đường cho thấy độ bền gel (115 ± 4 g/cm²) và cảm quan (8,5/10) gần tương đương pectin thương mại. So với vỏ cam (15 - 20%) và bã táo (10 - 15%), hiệu suất thấp hơn nhưng khả thi để tái sử dụng phụ phẩm. Chi phí sản xuất ước tính ~5.000 USD/tấn, thấp hơn nhập khẩu (8.000 - 12.000 USD/tấn), và tái sử dụng bã lá quế giảm ~600 kg chất thải/tấn lá, góp phần giảm ô nhiễm. Kết quả mở ra tiềm năng sản xuất pectin bền vững, tăng giá trị ngành quế Việt Nam.

Trong các nghiên cứu tiếp theo, nhóm nghiên cứu đề xuất tập trung vào tối ưu hóa quy trình bằng phương pháp tối ưu đa biến (Response Surface Methodology – RSM) nhằm đánh giá đồng thời tương tác giữa các yếu tố pH – nhiệt độ – thời gian – tỷ lệ dung môi, từ đó nâng cao hiệu suất chiết một cách toàn diện. Bên cạnh đó, ứng dụng kết hợp enzyme, đặc biệt là các nhóm pectinase, cellulase và hemicellulase, sẽ giúp phá vỡ cấu trúc thành tế bào hiệu quả

hơn, hạn chế thủy phân quá mức và tăng khả năng thu hồi pectin có trọng lượng phân tử cao. Ngoài ra, các thử nghiệm ở quy mô pilot, đánh giá độ ổn định vận hành theo mẻ và liên tục, cũng là hướng cần thiết nhằm đảm bảo khả năng mở rộng sản xuất công nghiệp, nâng cao chất lượng sản phẩm và tính bền vững của quy trình ■

Bảng 1. Đặc tính hóa lý của pectin từ bã lá quế so với pectin thương mại và các nguồn khác

Đặc tính	Bã lá quế	Pectin thương mại	Vỏ cam [4]	Bã táo [3]
AUA (%)	$67,0 \pm 0,5$	$72,0 \pm 0,4$	70 - 75	65 - 70
MI (%)	$6,8 \pm 0,2$	$9,5 \pm 0,3$	8 - 10	7 - 9
DE (%)	$45,0 \pm 1,0$	$70,0 \pm 1,2$	60 - 70	50 - 60
Mw (kDa)	350 ± 10	500 ± 15	400 - 500	300 - 400

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Aline de Moura, Fernanda, Fernanda Teixeira Macagnan, Carmen Lúcia de Oliveira Petkowicz, và Leila Picolli da Silva. 2020. "Partially hydrolyzed pectin extracted from passion fruit peel: Molar mass and physicochemical properties". *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre* 21 (Tháng Giêng):100206. <https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2019.100206>.
2. Campos, Débora A., Ricardo Gómez-García, Ana A. Vilas-Boas, Ana Raquel Madureira, và Maria Manuela Pintado. 2020. "Management of Fruit Industrial By-Products-A Case Study on Circular Economy Approach". *Molecules* 25 (2): 320. <https://doi.org/10.3390/molecules25020320>.
3. Celus, Miete, Clare Kyomugasho, Ann M. Van Loey, Tara Grauwet, và Marc E. Hendrickx. 2018. "Influence of Pectin Structural Properties on Interactions with Divalent Cations and Its Associated Functionalities". *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 17 (6): 1576–94. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12394>.
4. Chen, Jianle, Huan Cheng, Zijian Zhi, Hua Zhang, Robert J. Linhardt, Fuming Zhang, Shiguo Chen, và Xingqian Ye. 2021. "Extraction temperature is a decisive factor for the properties of pectin". *Food Hydrocolloids* 112 (Tháng Ba):106160. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106160>.
5. Cui, Kuanbo, Liling Yang, Chang Shu, Jia Liu, Zhanjiang Zhu, Zhongqiang Yang, Xuan Zhu, và Weibo Jiang. 2021. "Near freezing temperature storage alleviates cell wall polysaccharide degradation and softening of apricot (*Prunus armeniaca* L.) fruit after simulated transport vibration". *Scientia Horticulturae* 288 (Tháng Mười):110296. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110296>.
6. Derks, Annuska, Sarah Turner, và Ngô Thúy Hạnh. 2020. "Bastard Spice or Champagne of Cinnamon? Conflicting Value Creations along Cinnamon Commodity Chains in Northern Vietnam". *Development and Change* 51 (3): 895–920. <https://doi.org/10.1111/dech.12582>.
7. Ettish, M. Nasr, Gharieb S. El-Sayyad, Mohamed A. Elsayed, và Osama Abuzalat. 2021. "Preparation and characterization of new adsorbent from Cinnamon waste by physical activation for removal of Chlorpyrifos". *Environmental Challenges* 5 (Tháng Chạp):100208. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100208>.
8. Fakayode, Olugbenga Abiola, và Kingsley Emmanuel Abobi. 2018. "Optimization of Oil and Pectin Extraction from Orange (*Citrus Sinensis*) Peels: A Response Surface Approach". *Journal of Analytical Science and Technology* 9 (1): 20. <https://doi.org/10.1186/s40543-018-0151-3>.
9. Kaya, Merve, António G. Sousa, Marie-Jeanne Crépeau, Susanne O. Sørensen, và Marie-Christine Ralet. 2014. "Characterization of citrus pectin samples extracted under different conditions: influence of acid type and pH of extraction". *Annals of Botany* 114 (6): 1319–26. <https://doi.org/10.1093/aob/mcu150>.
10. Kumar, Santosh, Jyotismita Konwar, Manashi Das Purkayastha, Sweetie Kalita, Avik Mukherjee, và Joydeep Dutta. 2023. "Current progress in valorization of food processing waste and by-products for pectin extraction". *International Journal of Biological Macromolecules* 239 (Tháng Sáu):124332. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.124332>.
11. Liu, Wei, Yameng Liu, Rui Zhu, Juping Yu, Weisheng Lu, Chun Pan, Wenbing Yao, và Xiangdong Gao. 2016. "Structure characterization, chemical and enzymatic degradation, and chain conformation of an acidic polysaccharide from *Lycium barbarum* L.". *Carbohydrate Polymers* 147 (Tháng Tám):114–24. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.03.087>.
12. Nguyen, Hoa D. H., Ha V. H. Nguyen, và Geoffrey P. Savage. 2019. "Properties of Pectin Extracted from Vietnamese Mango Peels". *Foods* 8 (12): 629. <https://doi.org/10.3390/foods8120629>.
13. Pasandide, Bahare, Faramarz Khodaiyan, Zeinab E. Mousavi, và Seyed Saeid Hosseini. 2017. "Optimization of aqueous pectin extraction from *Citrus medica* peel". *Carbohydrate Polymers* 178 (Tháng Chạp):27–33. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.08.098>.
14. "Pectin Market Size, Share & Trends | Industry Growth Forecast, 2025". không ngày. Truy cập 18 Tháng Sáu 2025. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/pectin-market>.
15. Thakur, Beli R., Singh, Rakesh K., Handa, Avtar K., và M. A. and Rao. 1997. "Chemistry and uses of pectin - A review". *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 37 (1): 47–73. <https://doi.org/10.1080/10408399709527767>.
16. Wang, Sijin, Fang Chen, Jihong Wu, Zhengfu Wang, Xiaojun Liao, và Xiaosong Hu. 2007. "Optimization of pectin extraction assisted by microwave from apple pomace using response surface methodology". *Journal of Food Engineering* 78 (2): 693–700. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.11.008>.
17. Zheng, X., Guo, Y., Qian, H. (2021). Polysaccharides from cinnamon leaves: Extraction, structural characteristics, and bioactivities. *Industrial Crops & Products*, 170, 113812. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113812>.
18. Shubharani, R., Mahesh, M., Raghavendra, Y. (2017). Chemical composition of cinnamon leaf extracts and evaluation of their biological activities. *Food Chemistry*, 217, 706–713. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.002>.