

NGHIÊN CỨU TRÍCH LY PECTIN, POLYPHENOL TỪ THỊT, VỎ QUẢ CÀ PHÊ VÀ ỨNG DỤNG LÀM MỨT ĐÔNG

Trần Thị Thu Trà^{1,2*}, Tôn Nữ Minh Nguyệt^{1,2}

¹*Khoa Kỹ thuật Hóa học, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh*

²*Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh*

**Email: ttttra@hcmut.edu.vn*

TÓM TẮT

Thịt và vỏ quả cà phê là phụ phẩm của quá trình chế biến cà phê thóc theo phương pháp ướt. Phụ phẩm này chứa nhiều hợp chất sinh học rất tốt cho sức khỏe con người. Tuy nhiên, các phụ phẩm này thường chỉ được tận dụng làm phân bón, nhiên liệu đốt, hoặc làm cơ chất trong nuôi trồng nấm. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu xác định các điều kiện tối ưu để trích ly pectin và các hợp chất polyphenol với sự hỗ trợ của enzyme cellulase từ phụ phẩm thịt và vỏ quả cà phê. Nguyên liệu (NL) sử dụng là thịt và vỏ quả của hai giống cà phê là cà phê chè và cà phê vối. Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình trích ly đã được khảo sát bao gồm: Hàm lượng enzyme cellulase (từ 0 - 800 U/g NL), pH của dung dịch (từ 4,0 - 5,7), nhiệt độ trích ly (từ 40 - 60°C), tỷ lệ dung môi với NL (mL/g từ 4: 1 - 12: 1), thời gian trích ly (từ 30 - 90 phút). Kết quả cho thấy, với điều kiện nhiệt độ 55°C, pH 5,0, tỷ lệ dung môi và NL (mL/g) là 8: 1, thời gian 75 phút, quá trình trích ly pectin đạt hiệu quả cao nhất. Ở điều kiện này, trong 1 lít dịch trích ly thu được từ cà phê vối chứa 17,91 ± 0,33 g chất khô hòa tan, 1,70 ± 0,01 g pectin, 7,11 ± 0,14 g GAE. Đối với cà phê chè, các giá trị này lần lượt là: 9,77 ± 0,07 g chất khô hòa tan, 1,61 ± 0,03 g pectin, 0,53 ± 0,02 g GAE. Dịch trích ly sau đó được lọc, cô đặc, điều chỉnh với axit citric và đường để đạt pH 3,0 và nồng độ chất khô 65%, thanh trùng và đóng chai để tạo thành mứt đông. Mặc dù sản phẩm thu được có cấu trúc tương tự như mứt đông thương mại, nhưng vẫn còn tồn tại vị chát, đòi hỏi cần cải thiện thêm trong quá trình phát triển sản phẩm.

Từ khóa: *Thịt và vỏ quả cà phê, cà phê chè, cà phê vối, mứt đông, pectin, polyphenol.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh sản lượng cà phê toàn cầu không ngừng gia tăng, vấn đề xử lý các phụ phẩm từ quá trình chế biến cà phê, đặc biệt là thịt và vỏ quả cà phê đang trở thành một thách thức đáng quan tâm. Những phụ phẩm này chiếm một tỷ lệ đáng kể trong tổng khối lượng quả cà phê, tạo ra một lượng lớn chất thải hữu cơ hàng năm. Tại Việt Nam, với diện tích trồng cà phê rộng lớn và sản lượng hàng triệu tấn mỗi năm, lượng thịt và vỏ quả cà phê dư thừa cũng rất đáng kể [1, 2]. Thay vì chỉ sử dụng phụ phẩm này trong các mục đích hạn chế như làm phân bón hay chất đốt, việc khai thác các thành phần có giá trị từ các phế phụ phẩm này như polyphenol và các hợp chất hoạt tính sinh học khác, có thể mở ra những hướng đi mới cho ngành công nghiệp thực phẩm và dược phẩm. Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng, thịt và vỏ quả cà phê chứa nhiều chất dinh dưỡng và hợp chất sinh học

có lợi cho sức khỏe như: Các hợp chất polyphenol, flavonoid, anthocyanin. Những chất này không chỉ có khả năng chống oxy hóa mạnh mà còn có thể hỗ trợ trong việc giảm nguy cơ mắc các bệnh như ung thư và tim mạch [3]. Do đó, việc tận dụng thịt và vỏ quả cà phê để phát triển các sản phẩm thực phẩm bổ dưỡng như: Mứt đông, nước giải khát hay các loại thực phẩm chức năng khác đang trở thành một lĩnh vực nghiên cứu tiềm năng và thu hút sự chú ý.

Ở Việt Nam, đã có các nghiên cứu trong phòng thí nghiệm nhằm trích ly pectin [4], hay polyphenol từ vỏ quả cà phê [5, 6]. Tuy nhiên, chưa có công trình nào công bố về trích ly đồng thời cả pectin và polyphenol của hai giống cà phê chè và cà phê vối. Vì vậy, việc nghiên cứu trích ly đồng thời cả hợp chất pectin và polyphenol từ vỏ quả của 2 giống cà phê chè, cà phê vối và tạo ra

sản phẩm mứt đông phục vụ cho đời sống con người là cần thiết.

2. NGUYÊN VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu

Sử dụng phần thịt và vỏ quả cà phê chín đỏ từ hai giống cà phê chính: Arabica (*Coffea arabica* - cà phê chè) và Robusta (*Coffea robusta* - cà phê vối). Cà phê chè được thu hái từ xã Trạm Hành, Cầu Đất, thành phố Đà Lạt, tỉnh Lâm Đồng; cà phê vối được thu thập tại xã Vụ Bản, huyện Krông Pắc, tỉnh Đắk Lắk. NL từ mỗi giống cà phê được thu hái tại cùng một vườn cà phê và được bảo quản trong thùng carton để tránh ánh sáng, sau đó vận chuyển đến phòng thí nghiệm trong vòng 10 giờ ở nhiệt độ thường để xử lý sơ bộ. Quả cà phê được rửa sạch, chần qua nước nóng ở 85°C trong 5 phút để loại bỏ hoạt động của enzyme, sau đó làm lạnh nhanh, để ráo, chia thành các gói nhỏ 500 g và bảo quản ở nhiệt độ -18°C. Trước khi thí nghiệm, mỗi gói cà phê được rã đông bằng nước, tách bỏ hạt, thu lấy phần thịt và vỏ quả gọi chung là NL. Đường sử dụng trong nghiên cứu là đường RE và được nghiền mịn, rây qua rây 70 mesh (0,210 mm).

2.2. Dụng cụ và hóa chất

2.2.1. Dụng cụ

Các dụng cụ sử dụng trong nghiên cứu gồm: Máy xay sinh tố hút chân không Hafele BR230-19E00 của Đức, bể điều nhiệt (Mettler - Đức), máy quang phổ so màu Spectronic Genesys 8 - Mỹ, máy đo cấu trúc TAXtplusC (Stable Micro Systems, London, Anh), thiết bị ly tâm Sigma 3K30 (Sigma - Đức), thiết bị cô quay chân không của hãng BÜCHI Labortechnik AG (Thụy Sĩ) và các thiết bị cân đo trong phòng thí nghiệm.

Bảng 1. Bố trí thí nghiệm khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng trích ly và tạo mứt đông

Quá trình	Thí nghiệm (TN)	Yếu tố thay đổi	Yếu tố cố định
Trích ly	TN1: Ảnh hưởng của hàm lượng chế phẩm enzyme cellulose	Hàm lượng cellulase (U/gNL): 0, 200, 400, 600, 800	- pH của hỗn hợp NL và nước - Nhiệt độ 50°C - Tỷ lệ DM: NL = 6: 1 (mL:g) - Thời gian 60 phút

2.2.2. Hóa chất

Các hóa chất sử dụng trong phân tích bao gồm: Natri citrate, axit citric, gallic axit, folin-ciocalteu, 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), trolox và 2,4,6-Tris(2-pyridyl)-s-triazine (TPTZ). Tất cả đều đạt chuẩn phân tích và được cung cấp bởi Sigma - Aldrich. Chế phẩm enzyme cellulase được cung cấp bởi Angel Yeast Co., Ltd, có nguồn gốc từ *Aspergillus niger*. Chế phẩm có hoạt tính 10.000 U/g, hoạt động tốt nhất trong phạm vi pH 3,5 - 5,5 và nhiệt độ từ 40 - 60°C [7].

2.3. Phương pháp nghiên cứu

2.3.1. Bố trí thí nghiệm

Bố trí thí nghiệm được thiết kế để xác định các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình trích ly và khả năng tạo đông của sản phẩm mứt từ dịch trích ly của thịt và vỏ quả cà phê (Bảng 1). NL được trộn với nước (TN1) hoặc dung dịch đệm citric-natri citrate (từ TN2 - TN7) và xay nhuyễn. Hỗn hợp sau khi xay được rót vào các bình tam giác 250 mL, chỉnh pH bằng axit citric, bổ sung chế phẩm cellulase, đậy kín và ủ nhiệt (TN3) để enzyme hoạt động. Trong suốt quá trình trích ly, cứ cách 10 phút thì tiến hành lắc bình tam giác một lần. Từ TN1 - TN5 sẽ tiến hành xác định hàm lượng chất khô hòa tan (soluble solids content - SSC), hàm lượng pectin hòa tan (soluble pectin contents - SPC), hàm lượng polyphenol tổng số (total polyphenol content - TPC), khả năng kháng oxy hóa theo phương pháp sử dụng DPPH và khả năng kháng oxy hóa xác định theo phương pháp FRAP và lựa chọn điều kiện sao cho SSC, SPC, TPC, DPPH, FRAP đạt cao nhất.

	TN2: Ảnh hưởng của pH	pH: 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0	- Hàm lượng cellulase: Kết quả của TN1 - Nhiệt độ 50°C - Tỷ lệ DM: NL = 6: 1 (mL:g) - Thời gian 60 phút
	TN3: Ảnh hưởng của nhiệt độ	Nhiệt độ (°C): 40, 45, 50, 55, 60	- Hàm lượng cellulase: Kết quả của TN1 - pH: Kết quả của TN2 - Tỷ lệ DM: NL = 6: 1 (mL:g) - Thời gian 60 phút
	TN4: Ảnh hưởng của tỷ lệ DM: NL	Tỷ lệ DM: NL (mL:g): 4: 1, 6: 1, 8: 1, 10: 1, 12: 1	- Hàm lượng cellulase: Kết quả của TN1 - pH: Kết quả của TN2 - Nhiệt độ: Kết quả của TN3 - Thời gian 60 phút
	TN5: Ảnh hưởng của thời gian	Thời gian (phút): 30, 45, 60, 75, 90	- Hàm lượng cellulase: Kết quả của TN1 - pH: Kết quả của TN2 - Nhiệt độ: Kết quả của TN3 - Tỷ lệ DM: NL: Kết quả của TN4
Tạo đông	TN6: Ảnh hưởng của hàm lượng chất khô dịch trích ly sau khi cô đặc	Hàm lượng chất khô của dịch trích ly sau cô đặc (%): 20, 25, 30, 35	- Điều kiện trích ly: Kết quả của TN5 - Hàm lượng chất khô trong sản phẩm cuối sau phối trộn: 65%
Cảm quan	TN7: Đánh giá cảm quan sản phẩm mứt đông	NL cà phê chè và cà phê với	- Điều kiện trích ly và tạo đông: Kết quả của TN6

Dịch trích ly được thu nhận theo điều kiện tối ưu đã được lựa chọn trong TN5 sẽ được lọc và cô đặc chân không ở 60°C. Dịch trích sau khi cô đặc đến hàm lượng chất khô cần khảo sát (TN6) sẽ được điều chỉnh về pH 3,0 và nồng độ chất khô hòa tan 65% bằng axit citric và đường xay. Hỗn hợp được khuấy trộn ở nhiệt độ 70°C đến khi đồng nhất thì gia nhiệt đến 85°C giữ trong 5 phút. Tiếp theo, hỗn hợp được rót nhanh vào ống nghiệm hoặc lọ thủy tinh và đậy kín. Giữ đứng ống nghiệm hay lọ thủy tinh chứa sản phẩm ở nhiệt độ 25°C. Sau 24 giờ, sản phẩm hình thành cấu trúc và tiến hành đánh giá khả năng tạo đông. Mẫu có khả năng tạo đông mà có nồng độ dịch cô đặc thấp nhất sẽ được xác định cấu trúc mứt đông và đánh

giá cảm quan. Sản phẩm đối chứng là mẫu mứt jam thơm của hãng Golden Farm.

2.3.2. Phương pháp phân tích

Độ ẩm được xác định bằng phương pháp sấy đến khối lượng không đổi. Giá trị TPC trong mẫu dịch trích ly được xác định theo phương pháp quang phổ so màu với thuốc thử folin – ciocalteau, quy trình tham khảo theo Agbor và cs (2014) [8]; khả năng kháng oxy hóa theo DPPH được xác định theo phương pháp của Brand Williams và cs (1995) [9], theo FRAP được xác định theo phương pháp của Benzie và Strain (1999) [10]. Giá trị SPC được xác định bằng phương pháp canxi pectate dựa trên cơ sở thu nhận muối canxi pectate ở dạng kết tủa [11]. Mức độ ester hóa của pectin (chỉ số DE - Degree of Esterification) của pectin thu nhận

được từ dịch vỏ cà phê được xác định bằng phương pháp chuẩn độ [12]. Chỉ số DE được xác định dựa trên thể tích NaOH 0,1N cần để trung hòa hết lượng axit tự do và thể tích cần để trung hòa toàn bộ lượng axit pectic tự do sau khi thủy phân. Khả năng tạo đông của sản phẩm từ dịch trích NL được đánh giá bằng phương pháp xác định độ bền gel của gạo trắng theo TCVN 8369:2010 [13] có chỉnh sửa. Khả năng tạo đông được đánh giá dựa trên độ chảy dài của gel, mẫu có độ chảy dài lớn nghĩa là khả năng tạo đông không tốt và ngược lại, mẫu có độ chảy dài nhỏ hoặc không chảy nghĩa là mẫu có khả năng tạo đông tốt [13]. Cấu trúc gel được đánh giá bằng phép đo TPA (Texture Profile Analysis) thực hiện trên máy đo cấu trúc TA.XTplusC. Các chỉ tiêu cảm quan của sản phẩm được xác định bằng phương pháp đánh giá thị hiếu cho điểm trên thang 9 điểm [14]. Kết quả đánh giá cảm quan được tổng hợp từ 60 người thử là sinh viên của Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh và Trường Đại học Công nghệ Sài Gòn (STU).

2.3.3. Phương pháp xử lý số liệu

Hiệu suất trích ly được xác định là tỷ lệ phần trăm khối lượng chất được trích ly ra so với khối lượng chất ban đầu có trong NL.

Tất cả các thí nghiệm đều được lặp lại 3 lần. Kết quả là giá trị trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn. Các số liệu được xem là khác nhau có nghĩa khi $P < 0,05$. Phương pháp phân tích phương sai một yếu tố được thực hiện trên phần mềm StatGraphics 18.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Xác định hàm lượng pectin, polyphenol tổng số có trong NL thịt và vỏ quả cà phê

Các giá trị SSC, SPC, TPC, DPPH, FRAP (khi trích ly bằng dung môi methanol 80%) được trình bày trong bảng 2.

Bảng 2 cho thấy, so với NL cà phê chè thì hàm lượng SSC có trong NL tươi ban đầu của NK cà phê vối cao hơn 15%, hàm lượng TPC cao hơn 778 lần và hàm lượng SPC không khác biệt.

Bảng 2 cho thấy, giá trị SPC của cà phê vối là $7,1 \pm 0,5$ g/100 g CKNL, tương đương với SPC có trong thịt quả cà phê vối của Ấn Độ là 6,0 – 6,9 g/100 g CKNL [15, 16]. Giá trị này nhỏ hơn so với

kết quả nghiên cứu trích ly pectin từ vỏ cà phê vối khô từ tỉnh Đắk Lắk của Bùi Anh Võ và Nguyễn Đức Lượng (2010) là 17,6 g/100 g CKNL [4]. Tuy nhiên, NL vỏ cà phê vối trong nghiên cứu này là NL khô, độ ẩm 8%.

Giá trị SPC của cà phê chè là $7,3 \pm 0,3$ g/100 g CKNL, cao khoảng 16% so với giá trị SPC trong cà phê chè của Brazil là $1,6 \pm 1,2$ g/100 g NLT, tương đương với 6,1 g/100 g CKNL [17, 18].

So sánh với nguồn NL truyền thống để sản xuất pectin như vỏ táo có SPC là $1,21 \pm 0,11$ g/100 g NL, tương đương với 4,58 g/100 g CKNL thì hàm lượng pectin trong thịt và vỏ quả cà phê khá cao (7,1 – 7,3 g/100 g CKNL) [19]. Điều này cho thấy, thịt và vỏ quả cà phê là một nguồn NL tiềm năng để sản xuất pectin.

Bảng 2. Giá trị SSC, SPC, TPC và khả năng kháng oxy của thịt và vỏ quả cà phê

Thành phần	Giống cà phê	Cà phê chè	Cà phê vối
SSC (g/100 g NLT)		$25,5 \pm 0,2^a$	$29,3 \pm 0,2^b$
SPC (g/100 g CKNL)		$7,3 \pm 0,3^a$	$7,1 \pm 0,5^a$
TPC (gGAE/100 g CKNL)		$2,2 \pm 0,1^a$	$17,0 \pm 1,0^b$
DPPH (mM TEAC/100 g CKNL)		$15,1 \pm 0,3^a$	$58,0 \pm 13,0^b$
FRAP (mM TEAC/100 g CKNL)		$7,5 \pm 0,1^a$	$37,0 \pm 3,0^b$

Ghi chú: Các giá trị được ký hiệu với những chữ cái khác nhau trong cùng một cột thì khác nhau có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$); NLT: Nguyên liệu tươi; CKNL: Chất khô nguyên liệu.

3.2. Ảnh hưởng của một số yếu tố đến quá trình trích ly pectin, polyphenol tổng số có trong NL

3.2.1. Ảnh hưởng của hàm lượng enzyme cellulase

Trong nghiên cứu này, đã giữ nguyên pH 5,7 là pH vốn có của NL, tỷ lệ DM: NL là 6: 1 (mL: g), nhiệt độ 50°C, thời gian trích ly 60 phút. Với cả hai NL cà phê vối và cà phê chè, khi hàm lượng cellulase tăng từ 0 - 400 U/g NL thì tất cả các thông số khảo sát (SSC, SPC, TPC, DPPH, FRAP) của dịch trích ly đều tăng, nhưng khi tiếp tục tăng hàm lượng cellulase lên 600 và 800 U/gNL thì các giá trị này không thay đổi, sự khác biệt không có ý

nghĩa thống kê. Khi sử dụng enzyme để hỗ trợ quá trình trích ly, cellulase thủy phân cellulose trong màng tế bào nên làm tăng hiệu quả của quá trình trích ly các chất qua màng tế bào. Với lượng cellulase nhất định thì chỉ cần một lượng enzyme vừa đủ, nếu tăng hàm lượng enzyme thì hiệu quả

thủy phân cũng không tăng thêm, thậm chí còn có xu hướng giảm do sự ức chế ngược lại quá trình thủy phân do nồng độ enzyme cao quá mức bão hòa so với lượng cơ chất. Như vậy, hàm lượng cellulase 400 U/g NL sẽ được sử dụng cho các thí nghiệm sau.

Bảng 3. Ảnh hưởng của hàm lượng enzyme cellulase đến quá trình trích ly pectin và polyphenol

Hàm lượng cellulase (U/g NL)	SSC (g/L)		SPC (g/L)		TPC (g GAE/L)		DPPH (mM TEAC/L)		FRAP (mM TEAC/L)	
	Cà phê với	Cà phê chè	Cà phê với	Cà phê chè	Cà phê với	Cà phê chè	Cà phê với	Cà phê chè	Cà phê với	Cà phê chè
0	8,11 ± 0,69 ^a	6,90 ± 0,33 ^a	0,696 ± 0,048 ^a	1,556 ± 0,022 ^a	5,82 ± 0,11 ^a	0,17 ± 0,03 ^a	38,7 ± 3,3 ^a	4,8 ± 0,5 ^a	18,88 ± 1,62 ^a	2,03 ± 0,21 ^a
00	10,45 ± 0,48 ^b	7,02 ± 0,1 ^a	1,310 ± 0,071 ^b	1,626 ± 0,033 ^b	6,13 ± 0,11 ^b	0,21 ± 0,11 ^b	42,4 ± 1,7 ^a	5,7 ± 0,2 ^a	20,68 ± 0,83 ^a	2,44 ± 0,08 ^b
400	14,74 ± 0,27 ^c	7,73 ± 0,1 ^b	1,582 ± 0,071 ^c	1,798 ± 0,055 ^c	7,23 ± 0,1 ^c	0,34 ± 0,02 ^c	50,1 ± 2,0 ^b	8,3 ± 0,3 ^b	24,43 ± 0,96 ^b	3,52 ± 0,14 ^c
600	14,98 ± 0,16 ^c	8,13 ± 0,64 ^b	1,587 ± 0,092 ^c	1,847 ± 0,035 ^c	7,21 ± 0,1 ^c	0,33 ± 0,01 ^c	51,3 ± 0,5 ^b	8,2 ± 0,5 ^b	25,02 ± 0,24 ^b	3,48 ± 0,21 ^c
800	14,98 ± 0,26 ^c	7,99 ± 0,15 ^b	1,588 ± 0,071 ^c	1,834 ± 0,022 ^c	7,24 ± 0,1 ^c	0,33 ± 0,01 ^c	50,8 ± 2,5 ^c	8,4 ± 0,5 ^b	24,78 ± 1,22 ^b	3,58 ± 0,22 ^c

Ghi chú: Các giá trị được ký hiệu với những chữ cái khác nhau trong cùng một cột thì khác nhau có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$).

3.2.2. Ảnh hưởng của pH dịch trích ly

Kết quả của TN2 (Bảng 4) cho thấy, tất cả các thông số khảo sát: SSC, SPC, TPC, DPPH, FRAP của cả hai giống cà phê chè và cà phê với đều đạt cao nhất khi pH dịch trích ly ở giá trị 5,0. Ở giá trị pH này, hiệu quả trích ly chất khô hòa tan từ NL cà

phê với cao hơn 2,1 lần so với NL cà phê chè. Dịch trích ly từ NL cà phê với còn có hàm lượng polyphenol tổng cao hơn 16,8 lần so với dịch trích từ NL cà phê chè. Ngược lại, dịch trích ly từ NL cà phê chè lại có giá trị SPC cao hơn 20% so với dịch trích ly từ NL cà phê với.

Bảng 4. Ảnh hưởng của pH đến quá trình trích ly pectin và polyphenol

pH	SSC (g/L)		SPC (g/L)		TPC (g GAE/L)		DPPH (mM TEAC/L)		FRAP (mM TEAC/L)	
	Cà phê với	Cà phê chè	Cà phê với	Cà phê chè	Cà phê với	Cà phê chè	Cà phê với	Cà phê chè	Cà phê với	Cà phê chè
4	16,25 ± 0,48 ^b	7,04 ± 0,03 ^a	1,415 ± 0,066 ^a	1,703 ± 0,029 ^a	7,55 ± 0,12 ^b	0,28 ± 0,01 ^a	50,6 ± 0,9 ^a	7,8 ± 0,4 ^a	24,68 ± 0,44 ^a	3,31 ± 0,19 ^a
4,5	17,35 ± 0,74 ^c	7,85 ± 0,1 ^b	1,584 ± 0,079 ^b	1,937 ± 0,036 ^c	7,97 ± 0,12 ^c	0,47 ± 0,02 ^d	57,7 ± 1,3 ^b	10,7 ± 0,4 ^b	28,13 ± 0,62 ^b	4,57 ± 0,16 ^b
5	19,61 ± 0,4 ^d	9,21 ± 0,06 ^d	1,629 ± 0,073 ^b	1,960 ± 0,027 ^c	8,06 ± 0,14 ^c	0,48 ± 0,01 ^d	61,0 ± 2,9 ^b	11,8 ± 0,3 ^b	29,77 ± 1,39 ^b	5,02 ± 0,15 ^c
5,5	14,89 ± 0,42 ^a	8,66 ± 0,03 ^c	1,608 ± 0,054 ^b	1,912 ± 0,02 ^c	7,68 ± 0,13 ^b	0,43 ± 0,02 ^c	60,5 ± 1,8 ^b	11,4 ± 0,2 ^b	29,51 ± 0,90 ^b	4,84 ± 0,10 ^c
5,7	14,74 ± 0,27 ^a	7,73 ± 0,1 ^b	1,582 ± 0,071 ^b	1,798 ± 0,055 ^b	7,23 ± 0,10 ^a	0,34 ± 0,02 ^b	50,1 ± 2,0 ^a	8,3 ± 0,3 ^a	24,43 ± 0,96 ^a	3,52 ± 0,14 ^a

Ghi chú: Các giá trị được ký hiệu với những chữ cái khác nhau trong cùng một cột thì khác nhau có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$).

Hoạt độ của ion H^+ vừa ảnh hưởng đến hoạt tính thủy phân cellulose của cellulase vừa ảnh hưởng đến độ bền của màng tế bào thực vật [5, 6]. Ngoài ra, pH cũng làm thủy phân pectin và thay đổi tính chất của các hợp chất phenolic [4]. Theo khuyến cáo của nhà sản xuất, chế phẩm cellulase có phạm vi pH hoạt động từ pH 3,5 – 5,5. Trong thí nghiệm này, khi pH dịch trích ly đạt 5,0 thì enzyme sẽ hoạt động tốt nhất, thủy phân cellulose trên bề mặt tế bào làm tăng khả năng khuếch tán các chất từ trong tế bào ra bên ngoài. Theo Verma và cs (2014) [20], khi pH dịch trích tăng từ 4,0 lên 6,5 thì hàm lượng polyphenols trích ly từ cây dứa hoa cao nhất khi pH đạt 5,5. Nghiên cứu của Hai và cs (2016) [21] cũng cho thấy, khi pH tăng từ 3,5 lên 7,5 thì hàm lượng chất phenolics trích ly ra được từ lá trà già sẽ tăng đạt cực đại ở pH 5,5 rồi giảm.

Vi pH 5,0 là giá trị mà cả SSC, SPC, TPC là cao nhất nên giá trị pH này sẽ được tiếp tục sử dụng cho các nghiên cứu sau.

3.2.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ trích ly

Kết quả thực nghiệm từ TN3 (Bảng 5) cho thấy, khi nhiệt độ trích ly tăng từ 40°C lên 55°C các giá trị SSC, SPC và TPC trong dịch trích ly từ NL cà phê vối và cà phê chè đều tăng. Khi nhiệt độ tiếp tục tăng lên 60°C thì số liệu thu nhận được giảm nhẹ. Ở nhiệt độ trích ly là 55°C, so với cà phê chè, dịch trích ly cà phê vối có SSC cao hơn 2,2 lần, SPC thấp hơn 17%. Do TPC trong 1 lít dịch trích của cà phê vối cao hơn 16,9 lần nên DPPH cao hơn 5,2 lần và FRAP cao hơn 6,5 lần so với cà phê chè. Như vậy, 55°C là nhiệt độ thích hợp để trích ly tốt nhất cả SSC, SPC và TPC vào nước nên sẽ được giữ cho các thí nghiệm tiếp theo.

Bảng 5. Ảnh hưởng của nhiệt độ trích ly đến quá trình trích ly pectin và polyphenol

Nhiệt độ (°C)	SSC (g/L)		SPC (g/L)		TPC (g GAE/L)		DPPH (mM TEAC/L)		FRAP (mM TEAC/L)	
	Cà phê vối	Cà phê chè	Cà phê vối	Cà phê chè	Cà phê vối	Cà phê chè	Cà phê vối	Cà phê chè	Cà phê vối	Cà phê chè
40	18,18 ± 1,03 ^a	6,44 ± 0,07 ^a	1,194 ± 0,052 ^a	1,769 ± 0,018 ^a	7,08 ± 0,06 ^a	0,34 ± 0,02 ^a	49,6 ± 1,5 ^a	5,7 ± 0,3 ^a	24,22 ± 0,75 ^a	2,43 ± 0,11 ^a
45	18,68 ± 0,50 ^{ab}	7,49 ± 0,06 ^b	1,519 ± 0,014 ^b	1,901 ± 0,02 ^b	7,55 ± 0,10 ^b	0,44 ± 0,02 ^{bc}	56,0 ± 1,6 ^b	8,5 ± 0,2 ^b	27,33 ± 0,8 ^b	3,62 ± 0,07 ^b
50	19,61 ± 0,40 ^b	9,21 ± 0,06 ^c	1,629 ± 0,073 ^{bc}	1,960 ± 0,027 ^{bc}	8,06 ± 0,14 ^c	0,48 ± 0,01 ^{cd}	61,0 ± 2,9 ^c	11,8 ± 0,3 ^c	29,77 ± 1,39 ^c	5,02 ± 0,15 ^d
55	20,85 ± 0,48 ^c	9,47 ± 0,03 ^d	1,711 ± 0,158 ^c	2,055 ± 0,036 ^d	8,52 ± 0,09 ^d	0,5 ± 0,02 ^d	69,1 ± 2,2 ^e	12,3 ± 0,3 ^c	33,7 ± 1,06 ^d	5,23 ± 0,11 ^d
60	18,08 ± 0,42 ^a	9,49 ± 0,12 ^d	1,739 ± 0,053 ^c	1,995 ± 0,05 ^c	7,99 ± 0,09 ^c	0,41 ± 0,03 ^b	58,5 ± 2,1 ^d	10,8 ± 0,4 ^d	28,52 ± 1,01 ^{bc}	4,59 ± 0,17 ^c

Ghi chú: Các giá trị được ký hiệu với những chữ cái khác nhau trong cùng một cột thì khác nhau có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$).

Hoạt tính của enzyme phụ thuộc vào nhiệt độ. Theo khuyến cáo của nhà sản xuất, chế phẩm cellulase sử dụng trong nghiên cứu này có phạm vi nhiệt độ hiệu quả là từ 40 - 60°C và nhiệt độ tốt nhất cho enzyme hoạt động là 55°C. Chính vì lý do đó, khi nhiệt độ dịch trích được giữ ở 55°C, cellulase hoạt động tốt nhất, thủy phân vách tế bào làm tăng khả năng khuếch tán các chất từ trong tế bào ra bên ngoài. Ngoài ra, nhiệt độ tăng thì hàm lượng chất khô hòa tan trích ly ra được tăng nhưng giá trị TPC có thể giảm còn được giải thích do nhiệt độ tăng làm độ nhớt giảm và hệ số khuếch

tán chất khô từ nguyên liệu vào nước tăng. Ngoài ra, ở nhiệt độ cao, sức căng bề mặt của dung môi giảm, giúp cho sự tiếp xúc của dung môi với nguyên liệu tốt hơn, do đó hiệu quả trích ly cao hơn [22].

3.2.4. Ảnh hưởng của tỷ lệ dung môi và nguyên liệu

Tỷ lệ DM: NL càng tăng thì nồng độ của các chất trong 1 L dịch trích ly sẽ càng giảm (Bảng 6). Tuy nhiên, nếu xét trên hiệu suất trích ly thì SSC, SPC, TPC của NL cà phê chè và cà phê vối đều có chung quy luật: Tăng khi tỷ lệ DM: NL tăng từ 4: 1

- 8: 1 và không đổi khi tiếp tục tăng dung môi lên đến tỷ lệ 12: 1. Tại tỷ lệ DM: NL = 8: 1, 45,2% SSC, 58,5% SPC và 114,1% TPC của NL cà phê vối chiết xuất được ra dịch trích ly. Các giá trị tương ứng của NL cà phê chè là 29,8%, 64,7%, 75%. Cùng một thể tích dịch trích ly, so với NL cà phê chè, cà phê vối có SSC cao hơn 1,74 lần, SPC không khác

biệt và TPC cao hơn 13,6 lần. Trong đó, TPC được trích ly ra ở trong dịch trích ly cà phê vối cao hơn so với giá trị có trong NL. Điều này có thể được giải thích, trong khảo sát sử dụng nhiệt độ cao kết hợp với enzyme cellulase đã giải phóng thêm phần polyphenol liên kết thành polyphenol tự do trích ly ra ngoài dung dịch.

Bảng 6. Ảnh hưởng của tỷ lệ dung môi và nguyên liệu đến quá trình trích ly pectin và polyphenol

Tỷ lệ DM: NL (mL: g)	SSC (g/L)		SPC (g/L)		TPC (g GAE/L)		DPPH (mM TEAC/L)		FRAP (mM TEAC/L)	
	Cà phê vối	Cà phê chè	Cà phê vối	Cà phê chè	Cà phê vối	Cà phê chè	Cà phê vối	Cà phê chè	Cà phê vối	Cà phê chè
4: 1	27,27 ± 1,55 ^e	8,68 ± 0,06 ^c	2,125 ± 0,128 ^e	2,687 ± 0,072 ^e	11,82 ± 0,09 ^e	0,26 ± 0,04 ^a	58,4 ± 2,2 ^a	9,1 ± 0,4 ^a	42,75 ± 1,64 ^e	5,82 ± 0,24 ^e
6: 1	20,85 ± 0,48 ^d	9,47 ± 0,03 ^d	1,711 ± 0,158 ^d	2,055 ± 0,036 ^d	8,52 ± 0,09 ^d	0,5 ± 0,02 ^{cd}	69,1 ± 2,2 ^b	12,3 ± 0,3 ^b	33,7 ± 1,06 ^d	5,23 ± 0,11 ^d
8: 1	16,53 ± 0,22 ^c	9,49 ± 0,07 ^d	1,52 ± 0,072 ^c	1,513 ± 0,055 ^c	7,12 ± 0,10 ^c	0,52 ± 0,02 ^d	73,1 ± 1,4 ^c	14,4 ± 0,2 ^c	26,75 ± 0,52 ^c	4,59 ± 0,05 ^c
10: 1	13,12 ± 0,15 ^b	8,05 ± 0,15 ^b	1,157 ± 0,037 ^b	1,216 ± 0,045 ^b	5,58 ± 0,07 ^b	0,46 ± 0,03 ^{bc}	71,0 ± 2,2 ^c	14,3 ± 0,2 ^c	20,78 ± 0,65 ^b	3,65 ± 0,06 ^b
12: 1	11,01 ± 0,25 ^a	6,48 ± 0,16 ^a	0,966 ± 0,017 ^a	0,955 ± 0,019 ^a	4,67 ± 0,10 ^a	0,44 ± 0,03 ^b	70,5 ± 1,7 ^c	13,5 ± 0,3 ^c	17,21 ± 0,4 ^a	2,87 ± 0,06 ^a

Ghi chú: Các giá trị được ký hiệu với những chữ cái khác nhau trong cùng một cột thì khác nhau có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$).

Quy luật khi tỷ lệ DM: NL tăng thì hiệu suất trích ly tăng cho đến một tỷ lệ DM: NL nhất định thì hiệu suất trích ly sẽ không tăng thêm nữa cũng được ghi nhận trong nghiên cứu của Tan và cs (2011) [23] khi trích ly polyphenols từ rau má, Wong và cs (2013) [24] khi trích ly các hợp chất polyphenols từ diệp hạ châu. Nguyên nhân của quy luật này có thể được giải thích, là do khi lượng dung môi so với NL tăng thì sự chênh lệch nồng độ của các chất tan bên trong tế bào NL và dung môi tăng, động lực của quá trình trích ly tăng. Vì vậy, cùng một điều kiện trích ly hiệu suất trích ly sẽ tăng khi tỷ lệ dung môi: NL tăng cho đến khi đạt cân bằng thì hiệu suất trích ly chất khô sẽ không đổi [25]. Dựa vào hiệu suất trích ly pectin và polyphenol tổng mà tỷ lệ DM: NL 8: 1 sẽ được sử dụng cho nghiên cứu tiếp theo.

3.2.5. Ảnh hưởng của thời gian trích ly
Cả hai dịch trích ly NL cà phê chè và cà phê vối

đều có giá trị SSC và SPC trong dịch trích ly đạt bão hòa sau 75 – 90 phút và TPC đạt cao nhất trong khoảng 60 – 75 phút trích ly. Khi thời gian trích ly kéo dài đến 90 phút, TPC của dịch trích ly cà phê vối giảm nhẹ khoảng 5,0% dẫn đến khả năng kháng oxy hóa theo DHHP và FRAP đều giảm. Sau 75 phút trích ly, so với dịch trích ly cà phê chè, dịch trích ly cà phê vối có SSC cao hơn 1,8 lần, SPC là tương đương và TPC cao hơn 13,5 lần. Cùng 1 thể tích dịch trích, khả năng kháng oxy hóa của cà phê vối cao hơn cà phê chè 5,1 lần theo DPPH và 5,8 lần theo FRAP. Nguyên nhân của hiện tượng trên có thể được giải thích, do sự thủy phân và thoái hóa các hợp chất ở nhiệt độ cao trong thời gian dài [26]. Kết quả nghiên cứu này tương tự với kết quả nghiên cứu của Chew và cs (2011) [27] khi trích ly các chất từ cây râu mèo; Wissam và cs (2012) [28] khi nghiên cứu khả năng kháng oxy hóa của thịt quả lựu.

Bảng 7. Ảnh hưởng của thời gian trích ly đến quá trình trích ly pectin và polyphenol

Thời gian trích ly (phút)	SSC (g/L)		SPC (g/L)		TPC (g GAE/L)		DPPH (mM TEAC/L)		FRAP (mM TEAC/L)	
	Cà phê với	Cà phê chè	Cà phê với	Cà phê chè	Cà phê với	Cà phê chè	Cà phê với	Cà phê chè	Cà phê với	Cà phê chè
30	13,17 ± 0,34 ^a	8,52 ± 0,07 ^a	1,327 ± 0,021 ^a	1,319 ± 0,015 ^a	4,96 ± 0,06 ^a	0,27 ± 0,04 ^a	40,1 ± 1,1 ^a	7,2 ± 0,1 ^a	14,66 ± 0,39 ^a	2,3 ± 0,02 ^a
45	15,38 ± 0,69 ^b	8,86 ± 0,06 ^b	1,45 ± 0,015 ^b	1,449 ± 0,011 ^b	6,74 ± 0,11 ^b	0,38 ± 0,02 ^b	55,3 ± 1 ^b	8,7 ± 0,1 ^b	20,22 ± 0,35 ^b	2,77 ± 0,04 ^b
60	16,53 ± 0,22 ^c	9,49 ± 0,07 ^c	1,52 ± 0,072 ^c	1,513 ± 0,055 ^c	7,12 ± 0,1 ^c	0,52 ± 0,02 ^c	73,1 ± 1,4 ^d	14,4 ± 0,2 ^d	26,75 ± 0,52 ^d	4,59 ± 0,05 ^d
75	17,91 ± 0,33 ^d	9,77 ± 0,07 ^d	1,699 ± 0,013 ^d	1,613 ± 0,026 ^d	7,11 ± 0,14 ^c	0,53 ± 0,02 ^c	65 ± 2,3 ^c	14,3 ± 0,7 ^d	23,78 ± 0,85 ^c	4,55 ± 0,21 ^d
90	18,13 ± 0,52 ^d	9,67 ± 0,09 ^d	1,747 ± 0,036 ^d	1,649 ± 0,042 ^d	6,83 ± 0,06 ^b	0,53 ± 0,02 ^c	53,7 ± 1,3 ^b	12,8 ± 0,2 ^c	19,64 ± 0,47 ^b	4,08 ± 0,08 ^c

Ghi chú: Các giá trị được ký hiệu với những chữ cái khác nhau trong cùng một cột thì khác nhau có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$).

3.3. Khảo sát quá trình tạo đông của dịch trích ly thịt và vỏ quả cà phê

Kết quả về khả năng tạo đông được trình bày trong bảng 8. Tiến hành đánh giá mức độ ester hóa của pectin trích ly được từ thịt và vỏ quả cà phê ở điều kiện pH 5,0, nhiệt độ 55°C, tỉ lệ DM: NL = 8: 1 và thời gian trích ly là 75 phút, kết quả thu được chỉ số DE của pectin từ cà phê chè là 78,13 ± 1,11% và của cà phê với là 74,13 ± 1,31%. Theo Liang và cs (2022) [12].

Pectin trong NL của cả hai giống cà phê có giá trị DE >50%, thuộc loại “high methoxyl pectin” – HMP. Theo Tôn Nữ Minh Nguyệt và cs (2009) [29], pectin thuộc nhóm HMP có khả năng tạo gel tốt trong sản phẩm có hàm lượng chất khô lớn hơn 60%, pH trong khoảng 3 – 3,5 và hàm lượng pectin 0,5 – 1,5%. Do đó, dịch trích ly từ thịt và vỏ quả cà phê sẽ được cô đặc, điều chỉnh pH khoảng 3,0 và bổ sung thêm đường đến SSC 65% để khảo sát khả năng tạo đông.

Bảng 8. Khả năng tạo đông của hỗn hợp 65% chất khô của mứt đông cà phê chè và cà phê với

	SSC dịch cô đặc (%)	SPC (% khối lượng hỗn hợp)	Khả năng tạo gel*	Độ chảy (mm)	Mô tả trạng thái
Cà phê với	20,1 ± 0,3 ^a	0,81 ± 0,02 ^a	-	72 ± 3,11 ^a	Lỏng, nhót
	24,6 ± 0,5 ^b	1,05 ± 0,03 ^b	+	1,07 ± 0,13 ^b	Đặc, nhót
	29,5 ± 0,6 ^c	1,35 ± 0,04 ^c	+	0,00 ± 0,00 ^c	Gel mềm
	35,1 ± 0,2 ^d	1,74 ± 0,02 ^d	+	0,00 ± 0,00 ^c	Gel cứng
Cà phê chè	19,9 ± 0,5 ^a	1,39 ± 0,04 ^a	+	2,67 ± 0,58 ^a	Đặc, nhót
	25 ± 0,3 ^b	1,86 ± 0,02 ^b	+	0,00 ± 0,00 ^b	Gel mềm
	30 ± 0,3 ^c	2,39 ± 0,03 ^c	+	0,00 ± 0,00 ^b	Gel cứng
	35,1 ± 0,4 ^d	3,01 ± 0,05 ^d	+	0,00 ± 0,00 ^b	Gel cứng

Ghi chú: Các giá trị được ký hiệu với những chữ cái khác nhau trong cùng một cột thì khác nhau có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$).

Mứt đông làm từ dịch trích ly NL cà phê chè được cô đặc đến nồng độ chất khô 25% và hàm lượng pectin đạt 0,86% (viết tắt là mứt đông cà phê chè) và từ dịch trích ly NL cà phê với được cô đặc đến nồng độ chất khô 30% và có hàm lượng pectin đạt 0,82% (viết tắt là mứt đông cà phê với) sẽ được xác định thông số cấu trúc của mứt đông. Thông

số cấu trúc mứt đông được đánh giá bằng phép đo TPA được trình bày trong bảng 9.

So với mứt đông làm trong phòng thí nghiệm thì 3 lô mứt thơm của Công ty Golden Farm sản xuất khác nhau có khoảng sai số khá lớn. Vì vậy, độ cứng, độ phục hồi và độ cố kết của 2 mẫu mứt cà phê đều nằm trong khoảng biến đổi của mẫu

đối chứng. Độ cứng của sản phẩm mứt cà phê chè cao hơn 15% so với mứt cà phê vối. Độ phục hồi và độ cố kết của cả hai mẫu mứt cà phê là không khác biệt. Riêng độ dính thì cả hai mẫu mứt cà phê

đều dính hơn so với mứt thơm. Mứt cà phê vối có độ dính cao hơn gấp đôi và mứt cà phê chè có độ dính cao hơn gấp ba lần mẫu đối chứng.

Bảng 9. Thông số cấu trúc của mứt đông làm từ thịt và vỏ cà phê

Mẫu	Thông số	Độ cứng (g)	Độ dính (g.sec)	Độ phục hồi (%)	Độ cố kết
Mứt jam thơm		449 ± 20 ^{ab}	610 ± 28 ^a	5,8 ± 1,7 ^a	0,49 ± 0,31 ^a
Mứt đông từ NL cà phê chè		486 ± 21 ^b	1.904 ± 189 ^c	4,8 ± 0,1 ^a	0,58 ± 0,01 ^a
Mứt đông từ NL cà phê vối		423 ± 21 ^a	1.367 ± 68 ^b	4,4 ± 0,2 ^a	0,60 ± 0,06 ^a

Ghi chú: Các giá trị được ký hiệu với những chữ cái khác nhau trong cùng một cột thì khác nhau có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$).

Các đặc tính của sản phẩm mứt đông từ thịt và vỏ quả cà phê được trình bày trong bảng 10. Về mặt cảm quan, màu của mứt cà phê chè có màu nâu ánh đỏ, trong khi mứt cà phê vối có màu đỏ đậm. Cả hai mẫu mứt đông cà phê đều có cấu trúc gel đồng nhất, bề mặt láng. Các mẫu mứt cà phê đều có mùi chua và hương cà phê rất nhẹ. Do đó, cần bổ sung thêm hương cà phê cho sản phẩm.

Nhược điểm chung của sản phẩm mứt đông từ thịt và vỏ quả là vị chát, đặc biệt là mứt cà phê vối. Chính điều này đã làm giảm mức độ yêu thích chung của dòng sản phẩm này. Nhìn chung, sản phẩm mứt đông cà phê đạt TCVN 10393:2014 [30], với điểm cảm quan về mức độ ưa thích chung của mứt từ cà phê vối là $5,1 \pm 0,7$ và từ NL cà phê chè là $6,2 \pm 1,7$. Từ các kết quả cảm quan, sản phẩm từ mứt đông từ cà phê chè sẽ cho kết quả tốt hơn.

Bảng 10. Các đặc tính của sản phẩm mứt đông từ thịt và vỏ quả cà phê

Mứt đông từ NL	Điểm cảm quan					SSC (g/100 g mứt)	TPC (mg GAE/g mứt)	Khả năng chống oxy hóa ($\mu\text{M TE/g mứt}$)	
	Màu sắc	Trạng thái	Mùi	Vị	Mức độ ưa thích chung			DPPH	FRAP
Cà phê chè	5,6 ± 1,1 ^a	6,3 ± 0,9 ^a	5,2 ± 1,5 ^a	5,7 ± 1,4 ^b	6,2 ± 1,7 ^b	65,3 ± 0,8 ^a	0,06 ± 0,00 ^a	1,68 ± 0,02 ^a	0,54 ± 0,01 ^a
Cà phê vối	7,3 ± 1,3 ^b	7,1 ± 0,8 ^b	5,3 ± 1,7 ^a	4,3 ± 1,3 ^a	5,1 ± 0,7 ^a	65,2 ± 0,7 ^a	1,05 ± 0,00 ^b	10,73 ± 0,1 ^b	3,92 ± 0,01 ^b

Ghi chú: Các giá trị được ký hiệu với những chữ cái khác nhau trong cùng một cột thì khác nhau có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$).

4. KẾT LUẬN

Thịt và vỏ quả cà phê chín đỏ có hàm lượng pectin, polyphenol tổng số và khả năng kháng oxy hóa cao nên là NL tiềm năng để sản xuất sản phẩm mứt đông có hoạt tính sinh học. Điều kiện thích hợp để trích ly pectin và polyphenol từ NL này là: Hàm lượng cellulase 400 U/g NL, pH 5,0, nhiệt độ trích ly 55°C, tỉ lệ dung môi: NL (mL: g) = 8: 1, thời gian trích ly 75 phút.

Sản phẩm mứt đông được tạo thành bằng cách lọc dịch trích ly và cô đặc đến SSC 25% đối với cà phê chè và 30% đối với cà phê vối. Dịch cô đặc sẽ được bổ sung axit citric và đường xay để đạt pH 3,0 và hàm lượng chất khô 65%. Hỗn hợp được thanh trùng ở 85°C trong 5 phút, rót chai và giữ

nhệt độ 25°C trong 24 giờ để ổn định cấu trúc gel. Sản phẩm mứt đông từ vỏ và thịt quả cà phê đạt TCVN 10393:2014, với điểm cảm quan về mức độ ưa thích chung là $6,2 \pm 1,7$. Mứt đông từ cà phê chè được lựa chọn cho các nghiên cứu tiếp theo để cải thiện mùi vị cho sản phẩm.

LỜI CẢM ƠN

Chúng tôi xin cảm ơn Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh đã hỗ trợ cho nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. FAOSTAT. Crops and livestock products. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Truy cập ngày 20/8/2024.

2. Esquivel, P. and Jimenez, V. M. (2012). Functional properties of coffee and coffee by-products. *Food Research International*, 46(2), 488 - 495.
3. Galanakis, C. M. (2017). Handbook of coffee processing by-products: Sustainable applications. Elsevier science.
4. Bùi Anh Võ, Nguyễn Đức Lượng (2010). Nghiên cứu thu nhận pectin từ vỏ cà phê. *Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ*, 13(K2), 46 - 56.
5. Phạm Thị Hoài Trâm, Trần Thị Thu Trà (2020). Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng trích ly các hợp chất có khả năng kháng oxy hóa từ vỏ và thịt quả cà phê. *Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ: Kỹ thuật và Công nghệ*, 3(1), 375 - 382.
6. Trần Thị Thu Trà, Trần Minh Khánh, Tôn Nữ Minh Nguyệt, Lê Văn Việt Mẫn (2021). Kết hợp enzyme cellulase và pectinase để tăng khả năng trích ly các hợp chất polyphenol từ vỏ và thịt quả cà phê. *Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ: Kỹ thuật và Công nghệ*, 4(2), 968 - 976.
7. Angel. Products Catalog. https://en.angelyeast.com/upload/files/2021/8/Products_Catalog_of_Angel.pdf. Truy cập ngày 16/12/2021.
8. Agbor, G. A., Vinson, J. A., Donnelly, P. E. (2014). Folin - ciocalteau reagent for polyphenolic assay. *International Journal of Food Science, Nutrition and Dietetics (IJFS)*, 3(8), 147 - 156.
9. Brand Williams, W., Cuvelier, M. E., Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25 - 30.
10. Benzie, I. F. Strain, J. (1999). Ferric reducing/antioxidant power assay: Direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic Acid concentration. *Methods in enzymology*, 299, 15 - 27.
11. Wang, F., Du, C., Chen, J., Shi, L. and Li, H. (2021). A new method for determination of pectin content using spectrophotometry. *Polymers*, 13(17), 2847.
12. Liang, W. L., Liao, J. S., Qi, J. R., Jiang, W. X. and Yang, X. Q. (2022). Physicochemical characteristics and functional properties of high methoxyl pectin with different degree of esterification. *Food Chemistry*, 375, 131806.
13. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 8369:2010. Gạo trắng - Xác định độ bền gel.
14. Hà Duyên Tư (2006). *Kỹ thuật phân tích cảm quan thực phẩm*. Nxb Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
15. Murthy, P. S. and Naidu, M. M. (2011). Improvement of Robusta coffee fermentation with microbial enzymes. *European Journal of Applied Sciences*, 3(4), 130 - 139.
16. Manasa, V., Padmanabhan, A. and Anu Appaiah, K. A. (2021). Utilization of coffee pulp waste for rapid recovery of pectin and polyphenols for sustainable material recycle. *Waste Manag*, 120, 762 - 771.
17. Bonilla-Hermosa, V. A., Duarte, W. F. and Schwan, R. F. (2014). Utilization of coffee by-products obtained from semi-washed process for production of value-added compounds. *Bioresource technology*, 166, 142 - 150.
18. Murthy, P. S. and Madhava Naidu, M. (2012). Sustainable management of coffee industry by-products and value addition - a review. *Resources, Conservation and Recycling*, 66, 45 - 58.
19. Virk, B. S. and Sogi, D. S. (2004). Extraction and characterization of pectin from apple (*Malus pumila*. Cv Amri) peel waste. *International Journal of food properties*, 7(3), 693 - 703.
20. Verma, M., Das, S., Dutta, D. and Chaudhuri, S. (2014). Kinetic modeling of cellulase enzyme assisted extraction of polyphenols from nyctanthes arbortristis leaves. *Advances in Biotechnology Patenting*, 219.
21. Hai TC, N. N., Hong Anh LT, Vu TA and Man PV (2016). Enzyme assisted extraction of polyphenols from the old tea leaves. *Journal of Nutrition and Health Sciences*, 3(4), 404 - 410.
22. Dai, J. and Mumper, R. J. (2010). Plant phenolics: Extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 15(18), 7313 - 7352.
23. Tan, P., Tan, C. and Ho, C. (2011). Antioxidant properties: Effects of solid-to-solvent

ratio on antioxidant compounds and capacities of pegaga (*Centella asiatica*). *International Food Research Journal*, 18(2), 557 - 562.

24. Wong, B., Tan, C. and Ho, C. (2013). Effect of solid-to-solvent ratio on phenolic content and antioxidant capacities of "Dukung Anak" (*Phyllanthus niruri*). *International Food Research Journal*, 20(1), 325 - 330.

25. Watson, R. R. (2018). Polyphenols in plants: Isolation, purification and extract preparation. Academic Press, United Kingdom.

26. Ajila, C., Brar, S., Verma, M. *et al.* (2011). Extraction and analysis of polyphenols: Recent trends. *Critical Reviews in Biotechnology*, 31(3), 227 - 249.

27. Chew, K., Khoo, M., Ng, S. *et al.* (2011). Effect of ethanol concentration, extraction time

and extraction temperature on the recovery of phenolic compounds and antioxidant capacity of orthosiphon stamineus extracts. *International Food Research Journal*, 18(4), 1427.

28. Wissam, Z., Ghada, B., Wassim, A. and Warid, K. (2012). Effective extraction of polyphenols and proanthocyanidins from pomegranate's Peel. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 4(3), 675 - 682.

29. Tôn Nữ Minh Nguyệt, Lê Văn Việt Mẫn, Trần Thị Thu Trà (2009). *Công nghệ chế biến rau trái. Tập 1: Nguyên liệu và công nghệ bảo quản sau thu hoạch*. Nxb Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh.

30. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 10393:2014. Mứt nhuyễn, mứt đông và mứt từ quả có múi.

EXTRACTION OF PECTIN AND POLYPHENOLS FROM COFFEE PULP AND PEEL FOR JAM PRODUCTION

Tran Thi Thu Tra^{1, 2}, Ton Nu Minh Nguyet^{1, 2}

¹*Faculty of Chemical Engineering, Ho Chi Minh city University of Technology - Vietnam
National University Ho Chi Minh city*

²*Vietnam National University Ho Chi Minh city*

Summary

The pulp and peel of coffee cherries, which are by-products of coffee bean processing, are rich in valuable bioactive compounds. However, these by-products are typically repurposed as fertilizers, fuel, or substrates for mushroom cultivation. This study focuses on optimizing the extraction conditions for pectin and total polyphenols from these by-products through treatment with cellulolytic enzymes. The materials used in the study were derived from the pulp and peel of two coffee varieties: Arabica and Robusta. The research examined various parameters that affect the extraction process, including the cellulase enzyme content (from 0 to 800 U/g of raw material), the pH of the extraction solvent mixture (from 4.0 to 5.7), extraction temperature (from 40°C to 60°C), the solvent-to-material ratio (from 4: 1 to 12: 1) and the extraction duration (from 30 to 90 minutes). The results indicate that the optimal conditions for pectin extraction are a temperature of 55°C, a pH of 5.0, a solvent-to-material ratio of 8: 1 and an extraction time of 75 minutes. Under these conditions, the extract obtained from Robusta coffee yields 17.91 ± 0.33 g of soluble solids, 1.70 ± 0.01 g of pectin and 7.11 ± 0.14 g GAE per liter. In contrast, Arabica coffee yields 9.77 ± 0.07 g of soluble solids, 1.61 ± 0.03 g of pectin and 0.53 ± 0.02 g GAE per liter under similar conditions. The extracts were subsequently filtered, concentrated and adjusted with citric acid and sugar to achieve a pH of 3.0 and a solid soluble content of 65%, followed by pasteurization and bottling to produce jam. Although the final product exhibits a structure similar to commercial jams, it retains a certain bitterness, indicating a need for further refinement in product development.

Keywords: *Coffee pulp and peel, arabica, robusta, jam, pectin.*

Ngày nhận bài: 15/8/2024

Ngày chuyển phản biện: 29/8/2024

Ngày thông qua phản biện: 16/9/2024

Ngày duyệt đăng: 27/9/2024