

ẢNH HƯỞNG CỦA SÓNG SIÊU ÂM ĐẾN QUÁ TRÌNH TRÍCH LY POLYPHENOL TỪ LÁ TRÀ GIÀ

EFFECT OF ULTRASOUND ON EXTRACTION OF POLYPHENOL FROM OLD TEA LEAVES

Trần Chí Hải¹, Nguyễn Tấn Dân¹, Nguyễn Đình Nam¹, Lê Thị Hồng Ánh¹, Phan Văn Mẫn²

¹Trường Đại học Công nghiệp thực phẩm Tp. Hồ Chí Minh; haitc@cntp.edu.vn

²Trường Đại học Bà Rịa - Vũng Tàu; pvman.dbv@moet.edu.vn

Tóm tắt - Trong nghiên cứu này, ảnh hưởng của công suất siêu âm và thời gian xử lý đến hàm lượng polyphenol và độ tinh sạch của polyphenol trong dịch trích ly từ lá trà già đã được nghiên cứu. Phương pháp bề mặt đáp ứng được sử dụng để tối ưu hóa điều kiện trích ly có hỗ trợ siêu âm nhằm thu được hàm lượng polyphenol và độ tinh sạch cao nhất. Kết quả cho thấy, ở công suất và thời gian siêu âm tối ưu là 122,48 W/g và 7,84 phút, hàm lượng polyphenol và độ tinh sạch của chúng trong dịch trích ly tăng lần lượt 2,20 và 1,96 lần so với mẫu trích ly không có siêu âm hỗ trợ. Khả năng trích ly polyphenol trong phương pháp trích ly có hỗ trợ siêu âm tăng 1,13 lần so với phương pháp trích ly truyền thống, không sử dụng siêu âm. Phương pháp trích ly sử dụng hỗ trợ siêu âm có thể là một trong những phương pháp trích ly có hiệu quả, giúp tăng cường khả năng trích ly các chất tan trong lá trà, đặc biệt là polyphenol.

Từ khóa - polyphenol; siêu âm; trích ly polyphenol; lá trà già; phương pháp bề mặt đáp ứng.

1. Đặt vấn đề

Trà là loại thức uống phổ biến ở hầu hết các quốc gia trên khắp thế giới. Trong những năm gần đây, nhờ áp dụng các phương pháp nghiên cứu khoa học hiện đại, các nhà khoa học đã tìm thấy tác dụng sinh học của nước chiết lá trà chủ yếu là nhờ các hợp chất polyphenol. Polyphenol trong lá trà không chỉ có khả năng chống oxy hóa mà còn có tác dụng ức chế sự phát triển của vi sinh vật. Chúng có tác dụng ngăn ngừa bệnh ung thư, bệnh về đường tim mạch,... [1]

Từ những lợi ích đó mà công nghệ sản xuất trà xanh ngày càng phát triển và có nhiều sản phẩm mới ra đời. Nhiều nghiên cứu về trích ly các hợp chất polyphenol cũng được thực hiện với các công nghệ, phương pháp khác nhau. Trong đó phương pháp trích ly có hỗ trợ siêu âm là một phương pháp giúp tăng hiệu suất thu hồi các hợp chất polyphenol. Kỹ thuật siêu âm đã ứng dụng rộng rãi trên nhiều nguyên liệu để thu nhận polyphenol như búp trà, quả hồng sim,... nhưng trên lá trà già thì còn hạn chế. Vì vậy, trong nghiên cứu này, chúng tôi tiến hành khảo sát và đánh giá tác động của sóng siêu âm đến khả năng trích ly các hợp chất polyphenol trong lá trà già nhằm nâng cao việc sử dụng lá trà già trong việc sản xuất các sản phẩm từ nguyên liệu này.

2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Nguyên liệu: Nguyên liệu sử dụng là lá trà được thu hái từ xã Lộc Châu, Bảo Lộc, Lâm Đồng. Lá trà đảm bảo còn tươi nguyên, không bị dập, nát, không bị sâu hại. Mẫu trà được diệt men ngay bằng hơi nước nóng ở 95 - 100°C trong 2 phút và sấy khô ở 40 - 50°C trong 8 giờ. Sau đó được xay nhỏ và bảo

Abstract - In this study, the effect of ultrasonic power and extraction time on the concentration and the purity of polyphenol extracted from old tea leaves are investigated. Response surface methodology is used to optimize the conditions of ultrasound assisted extraction in order to obtain concentration of polyphenol and the highest purity. The results show that when the optimal ultrasound power and extraction time are 122.48 W/g and 7.84 minutes respectively, the concentration of polyphenol and the polyphenol purity in mass extraction increase by gradually 2.20 and 1.96 times compared with the control sample without ultrasound assistance. Ultrasound treatment has significantly improved extraction capability of polyphenol; the extraction yield with ultrasound assistance increases 1.13 times more than traditional extraction methods without ultrasound use. Extraction method supported by ultrasound can be one of the effective extraction methods to enhance the extraction of solid solutions in tea leaves, especially polyphenol

Key words - Polyphenol, ultrasound, polyphenol extraction, old tea leaves, Response surface methodology

quản trong túi nilon kín, tối màu, tránh ánh sáng trực tiếp.

Hóa chất: acid gallic, thuốc thử Folin-Ciocalteu 0,1N, Na₂CO₃ 7,5%.

Thiết bị sử dụng: thiết bị sấy đối lưu; máy siêu âm mẫu VC 750 của công ty Sonics & Materials Inc – Mỹ, công suất 750 Watts, tần số 20 kHz; máy ly tâm Hermle Z206A, máy lắc ống nghiệm Vortex; máy đo quang Model Photolab 6100 Vis của hãng WTW - Đức.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Chuẩn bị dịch chiết polyphenol

Lá trà đã sấy khô khi phân tích sẽ được xay nhỏ đến kích thước 0,5 - 1,0 mm. Cân chính xác lượng trà (khoảng 2g) đã xay nhỏ, chuyển vào cốc 100 mL, tỉ lệ lượng trà và nước sử dụng trong trích ly là 1:15. Trong quá trình trích ly, đồng thời thực hiện các khảo sát về ảnh hưởng của các thông số siêu âm đến khả năng trích ly polyphenol. Kết thúc quá trình trích ly, toàn bộ dịch đem đi ly tâm ở tốc độ 3500 vòng/phút trong thời gian 10 phút.

2.2.2. Ảnh hưởng của công suất siêu âm đến hàm lượng polyphenol và độ tinh sạch của polyphenol trong dịch trích ly

Hỗn hợp nước và trà được trích ly dưới sự hỗ trợ của siêu âm. Công suất siêu âm sẽ được thay đổi lần lượt là 75 W/g, 93,75 W/g, 112,5 W/g, 131,25 W/g và một mẫu đối chứng không qua xử lý siêu âm. Siêu âm trong vòng 6 phút. Kết thúc quá trình trích ly, hỗn hợp được đem đi ly tâm ở 3500 vòng/phút trong 10 phút.

Độ tinh sạch phenolic (DTS): được tính theo dựa theo hàm lượng phenolic thu được (g) trên hàm lượng chất khô của dịch chiết (g).

$$DTS = \frac{m_{PP} \times 100}{m_{CKD}} (\%) \quad (1)$$

Trong đó: m_{PP} là khối lượng phenolic có trong dịch trích ly thô (g);

m_{CKD} là khối lượng chất khô trong dịch chiết (g).

2.2.3. Ảnh hưởng của thời gian siêu âm đến hàm lượng polyphenol và độ tinh sạch của polyphenol trong dịch trích ly

Trong thí nghiệm này, thời gian siêu âm sẽ được thay đổi lần lượt từ 0 (mẫu đối chứng) đến 2, 4, 6, 8, 10 phút. Công suất siêu âm được lựa chọn từ kết quả của thí nghiệm trước.

2.2.4. Tối ưu hóa điều kiện xử lý bằng sóng siêu âm bằng phương pháp quy hoạch thực nghiệm

Tối ưu hóa các thông số siêu âm trong trích ly polyphenol bằng phương pháp quy hoạch thực nghiệm với hai yếu tố ảnh hưởng là công suất (W) và thời gian siêu âm (t) theo mô hình trục giao cấp 2 có tâm xoay với 11 thí nghiệm, trong đó có 3 thí nghiệm ở tâm. Các giá trị ở tâm được chọn theo kết quả của các thí nghiệm trước. Hàm mục tiêu là hàm lượng polyphenol (Y_1) và độ tinh sạch của polyphenol trong chất khô của dịch trích ly (Y_2). Quy hoạch theo mô hình CCF, sử dụng phần mềm Modde 5.0 để thiết kế và xử lý số liệu thực nghiệm.

2.2.5. Xác định các thông số động học của quá trình trích ly polyphenol

Xác định các thông số động học của quá trình trích ly các hợp chất polyphenol. Các thông số bao gồm: khả năng trích ly C_e (mg.g^{-1}), tốc độ trích ly ban đầu v_0 ($\text{mg.g}^{-1}.\text{phút}^{-1}$), và hằng số tốc độ trích ly k ($\text{g.mg}^{-1}.\text{phút}^{-1}$).

Quá trình trích ly các hợp chất polyphenol có thể được biểu diễn dưới dạng phương trình bậc hai tổng quát như sau [2]:

$$\frac{dC_t}{dt} = k \cdot (C_e - C_t)^2 \quad (2)$$

Trong đó: C_e (mg.g^{-1}) là khả năng trích ly, C_t (mg.g^{-1}) là nồng độ chất chiết trong dịch trích tại thời điểm t và k ($\text{g.mg}^{-1}.\text{phút}^{-1}$) là hằng số tốc độ trích ly bậc 2.

Quy luật trích ly theo mô hình bậc hai nằm trong điều kiện biên $t = 0$ đến t và $C_t = 0$ đến C_t , có thể viết theo phương trình đường thẳng như sau:

$$C_t = \frac{C_e \cdot k \cdot t}{1 + C_e \cdot k \cdot t} \quad (3)$$

$$\frac{t}{C_t} = \frac{1}{k \cdot C_e^2} + \frac{t}{C_e} \quad (4)$$

Tốc độ trích ly ban đầu v_0 ($\text{mg.g}^{-1}.\text{phút}^{-1}$) là C_t/t khi t tiến đến 0 và được xác định bởi phương trình sau:

$$v_0 = k \cdot C_e^2 \quad (5)$$

Tốc độ trích ly ban đầu v_0 ($\text{mg.g}^{-1}.\text{phút}^{-1}$), khả năng trích ly C_e (mg.g^{-1}) và hằng số tốc độ trích ly k ($\text{g.mg}^{-1}.\text{phút}^{-1}$) sẽ được xác định từ đồ thị đường thẳng trên hai trục tọa độ t và t/C_t .

2.3. Phương pháp phân tích và xử lý số liệu

2.3.1. Phương pháp phân tích

Tổng hàm lượng các hợp chất polyphenol được phân tích dựa trên phương pháp quang phổ so màu, sử dụng

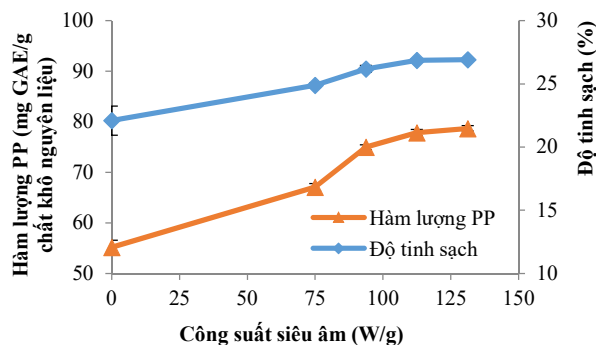
thuốc thử Folin - Ciocalteu và chất chuẩn là acid gallic, đo độ hấp thụ quang học ở bước sóng 765 nm [3].

2.3.2. Phương pháp xử lý số liệu

Trong nghiên cứu này, mỗi thí nghiệm tiến hành lặp lại ba lần, kết quả được trình bày ở dạng giá trị trung bình $\pm$ giá trị sai số. Đánh giá sự khác biệt có ý nghĩa giữa các mẫu thí nghiệm được thực hiện bằng phương pháp thống kê ANOVA ($\alpha = 5\%$). Tối ưu hóa các thông số sử dụng bằng phần mềm Modde 5.0

3. Kết quả và bàn luận

Ảnh hưởng của công suất siêu âm đến hàm lượng polyphenol và độ tinh sạch của polyphenol trong dịch trích ly:



Hình 1. Ảnh hưởng của công suất siêu âm đến hàm lượng polyphenol và hiệu suất tinh sạch khi trích ly polyphenol từ lá trà già

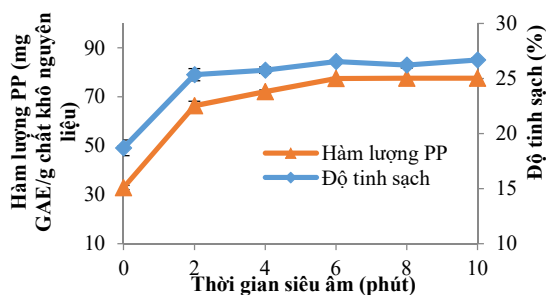
Từ Hình 1 cho thấy, các mẫu xử lý với sóng siêu âm đều cho hàm lượng polyphenol và độ tinh sạch cao hơn mẫu đối chứng. Mẫu không xử lý bằng sóng siêu âm hàm lượng polyphenol chỉ đạt 55,28mg GAE/g chất khô, độ tinh sạch đạt 22,1%. Mẫu xử lý siêu âm với công suất 112,5 W/g, hàm lượng polyphenol tăng 1,36 lần so với mẫu không siêu âm và gấp 1,16 lần so với mẫu chỉ xử lý ở công suất 75 W/g. Nếu tiếp tục tăng công suất xử lý siêu âm, hàm lượng polyphenol và độ tinh sạch trong dịch chiết tăng không đáng kể. Kết quả này là do tác dụng của sóng siêu âm, cấu trúc tế bào bị phá vỡ một phần giúp các hợp chất trong tế bào dễ dàng thoát ra ngoài, trong đó có polyphenol [3]. Tuy nhiên, khi công suất siêu âm tăng cao, năng lượng siêu âm cao có thể sinh ra gốc hydroxyl sẽ tác động đến polyphenol. Từ đó làm giảm hàm lượng và hoạt tính kháng oxy hóa của chúng [4], [5].

3.1. Ảnh hưởng của thời gian siêu âm đến hàm lượng polyphenol và độ tinh sạch của polyphenol trong dịch trích ly

Ở mẫu đối chứng không xử lý siêu âm, hàm lượng polyphenol trích ly được là 32,94 mg GAE/g chất khô nguyên liệu với độ tinh sạch là 18,71% (Hình 2). Hàm lượng polyphenol thu được tăng dần theo thời gian xử lý siêu âm, với thời gian xử lý 6 phút hàm lượng polyphenol đạt 77,46 mg GAE/g chất khô nguyên liệu, độ tinh sạch đạt 25,75%. Tại các mức thời gian khảo sát 8 phút, 10 phút, hàm lượng polyphenol và độ tinh sạch của polyphenol trong dịch trích có thay đổi nhưng không nhiều so với tại thời điểm xử lý 6 phút. Kết quả trên cho thấy các mẫu có hỗ trợ siêu âm, hàm lượng polyphenol và độ tinh sạch của nó đều cao hơn so với mẫu không có sự hỗ trợ.

Theo kết quả nghiên cứu của Vo, H. D. and Le, V. V. M, nếu thời gian siêu âm quá lâu, cả hàm lượng và hoạt

tính của polyphenol trong thực vật sẽ bị giảm [5]. Do đó, nghiên cứu của các tác giả này cũng chọn thời gian thích hợp để siêu âm là 6 phút. Kết quả này tương tự như nghiên cứu của Phan và cộng sự (2012) trên cây dâu tằm [6].



Hình 2. Ảnh hưởng của thời gian phát sóng siêu âm đến hàm lượng polyphenol và hiệu suất tinh sạch khi trích ly polyphenol từ lá trà già

Tối ưu hóa các thông số siêu âm trong trích ly polyphenol

Kết quả quy hoạch thực nghiệm được biểu diễn trong Bảng 1.

Bảng 1. Bảng ma trận quy hoạch thực nghiệm và kết quả

STT	W (%)	T (phút)	Công suất siêu âm (%)	Thời gian (phút)	Hàm lượng polyphenol (mg GAE/g CK NL)	Độ tinh sạch của polyphenol (%)
1	-1	-1	93,75	4	67,560	22,604
2	1	-1	131,25	4	76,008	26,642
3	-1	1	93,75	8	73,857	26,065
4	1	1	131,25	8	79,047	26,723
5	-1	0	93,75	6	72,536	25,677
6	1	0	131,25	6	80,898	27,173
7	0	-1	112,5	4	75,273	26,838
8	0	1	112,5	8	81,676	27,327
9	0	0	112,5	6	78,539	27,235
10	0	0	112,5	6	77,069	27,392
11	0	0	112,5	6	78,373	27,731

Mô hình dạng toàn phương bậc hai được xác định bằng hồi quy đa biến, có dạng:

$$Y_1 = b_0 + b_1.W + b_2.t + b_{11}.W^2 + b_{22}.t^2 + b_{12}.W.t \quad (6)$$

Với b_0 ; b_1 ; b_2 ; b_{11} ; b_{22} ; b_{12} là hằng số, hệ số W ; t ; W^2 ; t^2 ; $W.t$ tương ứng.

Sau đó tiến hành tối ưu hóa các biến thông số của quá trình siêu âm đến hàm lượng polyphenol, ta thu được kết quả ở Bảng 2.

Bảng 2 cho thấy ảnh hưởng của mỗi biến số trong hàm hồi quy ở mức ý nghĩa 95%. Thay các hệ số của Bảng 2 vào phương trình (6) ta được phương trình hồi quy:

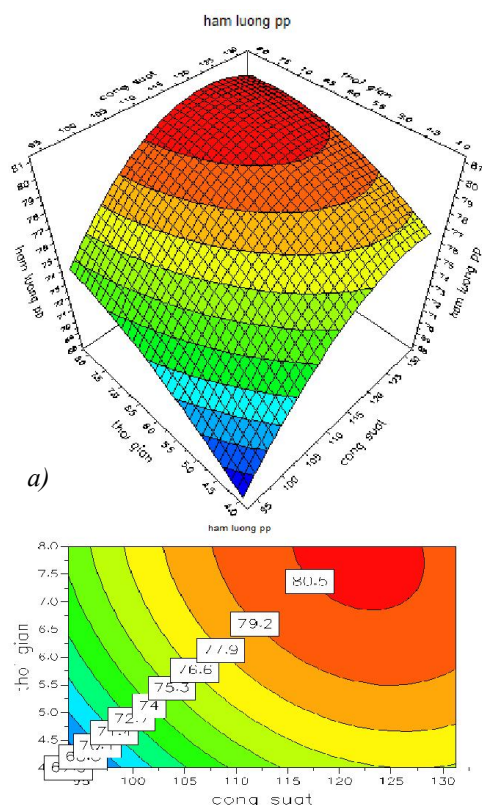
$$Y_1 = 78,642 + 3,66667 \times W + 2,62317 \times t - 2,89763 \times W^2 \quad (7)$$

Theo Gabrielsson và cộng sự (2002), giá trị R^2 trong khoảng 0,8 - 0,9, giá trị Q^2 lớn hơn 0,5 là những giá trị tốt. Kết quả thực nghiệm có giá trị $Q^2 = 0,626$ và $R^2 = 0,945$ cho thấy mô hình hồi quy là phù hợp và đáng tin cậy.

Phương trình hồi quy được biểu diễn trên trục tọa độ không gian ba chiều và hai chiều như Hình 3.

Bảng 2. Ảnh hưởng của các biến độc lập đến hàm lượng polyphenol

Hàm lượng PP	Hệ số	Sai số	P	Độ tin cậy
Constant	78,642	0,691455	9,96e-10	1,77744
W	3,66667	0,550275	0,00120	1,41453
t	2,62317	0,550275	0,0050	1,41453
W*W	-2,89763	0,846855	0,018804	2,17692
t*t	-1,14013	0,846855	0,236013	2,17692
W*t	-0,814505	0,673947	0,280864	1,73244



Hình 3. Đồ thị đáp ứng bề mặt hàm lượng polyphenol theo phương trình hồi quy trên không gian hai chiều (a) và ba chiều (b)

Tiến hành kiểm tra thực nghiệm, kết quả thu được ở Bảng 3.

Bảng 3. Kết quả kiểm tra thực nghiệm với các thông số tối ưu từ phương trình hồi quy của hàm lượng polyphenol

	Hàm lượng polyphenol (mg GAE/g CK NL)
Kết quả trích ly cổ điển	36,256 ± 1,062
Giá trị tối ưu theo phương trình hồi quy	80,822
Kết quả kiểm tra từ giá trị tối ưu	79,677 ± 0,779

Kết quả ở Bảng 3 cho thấy, sự khác biệt giữa kết quả thực nghiệm và kết quả dự đoán của phương trình hồi quy là 1,44 %. Như vậy, giá trị thực nghiệm rất gần với giá trị dự đoán của phương trình hồi quy.

Sau khi tiến hành tối ưu hóa chế độ siêu âm theo phương pháp quy hoạch thực nghiệm thì hàm lượng polyphenol tăng lên 79,677 mg GAE/g chất khô nguyên liệu, tăng 4,67% so với phương pháp trích ly ban đầu. Như vậy, phương pháp tối ưu hóa bằng quy hoạch thực nghiệm đã làm tăng hiệu quả trích ly polyphenol có trong lá trà già. Kết quả này tương tự như nghiên cứu của Vo, H. D. và Le,

V. V. M khi tối ưu hóa việc xử lý siêu âm trong trích ly polyphenol từ cây sim hòng (rose myrtle); kết quả tối ưu tăng 4,7% so với ở điều kiện chưa tối ưu [5].

3.2. Xác định các thông số động học của quá trình trích ly polyphenol

Các thông số tối ưu: Công suất siêu âm là 122,48W/g và thời gian siêu âm là 7,84 phút. Khi đó, hàm lượng polyphenol dự đoán theo phương trình hồi quy là 80,822 mg GAE/g chất khô nguyên liệu, lớn hơn so với mẫu đối chứng (36,256 mg GAE/g chất khô nguyên liệu).

Với các thông số tối ưu đã chọn, ta tiến hành xây dựng phương trình động học bằng cách lấy mẫu ở những khoảng thời gian khác nhau. Thay đổi giá trị thời gian lần lượt là 0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180 phút.

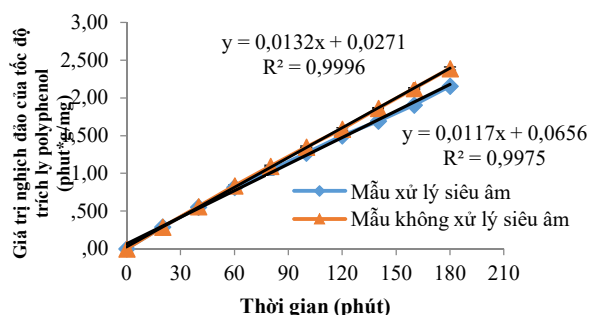
Bảng 4. Hàm lượng polyphenol trích ly theo thời gian

Thời gian (phút)	Hàm lượng polyphenol (mg GAE/g chất khô nguyên liệu)	
	Mẫu không xử lý siêu âm	Mẫu được xử lý siêu âm
0	(28,588 ± 1,104) ^a	(64,951 ± 0,717) ^a
20	(69,952 ± 0,933) ^b	(69,360 ± 0,652) ^b
40	(71,601 ± 0,729) ^c	(72,518 ± 0,591) ^c
60	(71,824 ± 0,930) ^c	(73,690 ± 1,088) ^c
80	(72,571 ± 0,642) ^{cd}	(76,907 ± 1,109) ^d
100	(73,449 ± 0,658) ^d	(78,894 ± 0,434) ^e
120	(75,722 ± 0,834) ^e	(80,086 ± 0,550) ^e
140	(74,981 ± 0,336) ^e	(82,587 ± 0,427) ^f
160	(75,067 ± 0,357) ^e	(84,014 ± 0,861) ^g
180	(75,098 ± 0,644) ^e	(83,446 ± 0,718) ^g

*Các giá trị khác nhau trong cùng một cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê ($P < 0,05$).

Sau đó, lấy giá trị nghịch đảo của tốc độ trích ly các hợp chất polyphenol (t/C_t) và kết quả thu được được biểu diễn bằng đồ thị Hình 4.

Từ Hình 4, ta xác định được các thông số: khả năng trích ly C_e , tốc độ trích ly ban đầu v_0 và hằng số tốc độ trích ly k .



Hình 4. Đồ thị biểu diễn mối quan hệ nghịch đảo của tốc độ trích ly polyphenol trong lá trà già khi xử lý bằng sóng siêu âm

Theo Bảng so sánh 5 cho thấy khả năng trích ly polyphenol của mẫu có qua hỗ trợ siêu âm cao hơn so với mẫu không hỗ trợ siêu âm. Khả năng trích ly của phương pháp có sự hỗ trợ của siêu âm tăng 1,13 lần khi so sánh với phương pháp truyền thống. Mặc dù tốc độ trích ly ban đầu và hằng số

tốc độ trích ly có thấp hơn (tương ứng bằng 0,41 và 0,33 lần) so với mẫu không hỗ trợ siêu âm, nhưng khả năng trích ly theo thời gian của phương pháp có hỗ trợ siêu âm trên toàn diện vẫn cao hơn so với khi không có hỗ trợ siêu âm.

Bảng 5. Các thông số động học quá trình trích ly khi có và không có sự hỗ trợ của siêu âm

Mẫu	Khả năng trích ly C_e (mg/g)	Tốc độ trích ly ban đầu v_0 (mg/g.phút)	Hằng số tốc độ trích ly k (g/mg.phút)	R^2
Không xử lý siêu âm	75,758 ± 0,01	36,90 ± 3,95	0,0064 ± 0,0007	0,9996
Xử lý siêu âm	85,4 ± 0,41	15,244 ± 1,29	0,0021 ± 0,02	0,9975

Tương tự thu được kết quả như nghiên cứu của Fernando and Soysa về khả năng trích ly polyphenol và các chất có hoạt tính kháng oxy hóa trong trà đen [7].

Bảng 5 cũng cho thấy mô hình bậc hai là phù hợp với các kết quả thí nghiệm vì hệ số R^2 khá cao. Như vậy, mô hình động học bậc hai sử dụng trong bài nghiên cứu mô tả tốt cho những kết quả thực nghiệm thu được khi trích ly polyphenol.

4. Kết luận

Phương pháp trích ly có sự hỗ trợ của siêu âm có thể sử dụng để nâng cao hiệu quả trích ly polyphenol từ lá trà già. Khi sử dụng hỗ trợ siêu âm, hiệu quả trích ly tăng 12,82% về khả năng trích ly so với mẫu trích ly không được sự hỗ trợ của siêu âm.

Điều kiện tối ưu khi trích ly có hỗ trợ siêu âm để có được hàm lượng polyphenol cao nhất là khi công suất ở 122,48W/g và thời gian siêu âm là 7,84 phút. Hàm lượng polyphenol tổng đạt 79,677 mg GAE/g chất khô nguyên liệu, tăng 43,421 mg GAE/g chất khô nguyên liệu so với mẫu không xử lý enzyme; độ tinh sạch đạt 27,749%, tăng 13,582%.

Khảo sát động học quá trình trích ly tổng polyphenol từ lá trà già khi có sự hỗ trợ của siêu âm cho thấy phương pháp trích ly này làm tăng khả năng trích ly polyphenol (gấp 1,13 lần) khi so sánh với phương pháp truyền thống.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] M. Saxena, J. Saxena, and A. Pradhan, "Flavonoids and phenolic acids as antioxidants in plants and human health," *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res.*, vol. 16, pp. 130-134, 2012.
- [2] A. M. Goula, "Ultrasound-assisted extraction of pomegranate seed oil—Kinetic modeling," *Journal of Food Engineering*, vol. 117, pp. 492-498, 2013.
- [3] D. J. Charles, *Antioxidant properties of spices, herbs and other sources*: Springer Science & Business Media, 2012.
- [4] T. J. Mason and J. P. Lorimer, "Applied sonochemistry," *The uses of power ultrasound in chemistry and processing*, pp. 1-48, 2002.
- [5] H. Vo and V. Le, "Optimization of ultrasonic treatment of rose myrtle mash in the extraction of juice with high antioxidant level," *International Food Research Journal*, vol. 21, pp. 2331-2335, 2014.
- [6] L. H. N. Phan, T. N. T. Nguyen, and V. V. M. Le, "Ultrasonic treatment of mulberry (*Morus alba*) mash in the production of juice with high antioxidant level," *Journal of Science and Technology*, vol. 50, pp. 204-209, 2012.
- [7] C. D. Fernando and P. Soysa, "Extraction Kinetics of phytochemicals and antioxidant activity during black tea (*Camellia sinensis* L.) brewing," *Nutrition journal*, vol. 14, p. 1, 2015.

(BBT nhận bài: 01/08/2016, phân biên xong: 05/09/2016)