

Động học chiết xuất anthocyanin từ trái Si rô (*Carissa carandas*) với sự hỗ trợ của microwave

Đặng Thanh Thủy, Nguyễn Thị Vân Linh*

Khoa Kỹ thuật Thực phẩm và Môi trường, Đại học Nguyễn Tất Thành

*ntvlinh@ntt.edu.vn

Tóm tắt

Cây Si rô (*Carissa carandas* L.) là một loài thực vật có hoa thuộc họ Trúc đào. Các bộ phận của cây có thể được sử dụng như là dược phẩm và thực phẩm, mà đặc biệt là trái Si rô. Trái chín được biết đến như là một nguồn giàu hoạt chất kháng oxy hóa, được xác định là anthocyanin. Trong nghiên cứu này, chiết xuất anthocyanin từ trái Si rô được thực hiện với sự hỗ trợ của microwave (MAE) nhằm tăng hiệu suất với hai thông số ban đầu là công suất microwave: 150, 300, 450 W và tỉ lệ nguyên liệu/nước 1:20, 1:40, 1:60 (g/ml). Kết quả cho thấy sự thay đổi nồng độ anthocyanin trong suốt quá trình chiết xuất có thể được tiên đoán bởi mô hình động học bậc 2. Hiệu suất chiết xuất bão hòa, hằng số tốc độ chiết xuất, và tốc độ chiết xuất ban đầu tăng tương ứng 1,3; 17,6; và 3,3 lần khi tăng công suất MW từ 150 đến 450 W và lượng nước chiết xuất tăng từ 20 đến 60 ml/g. Tuy nhiên, nồng độ chiết xuất bão hòa giảm 2,94 lần khi tăng lượng tỉ lệ nguyên liệu/nước. Kết quả đề tài góp phần thiết kế thí nghiệm và tối ưu hóa quá trình MAE.

Nhận 04.03.2020

Được duyệt 14.05.2020

Công bố 29.06.2020

Từ khóa

Anthocyanin, động học trích li, trái Si rô, chiết xuất có sự hỗ trợ microwave

© 2020 Journal of Science and Technology - NTTU

1 Đặt vấn đề

Cây Si rô (*Carissa carandas* L.) là cây nhiệt đới thuộc họ Trúc đào (Apocyanaceae). Cây có nguồn gốc từ Ấn Độ và được trồng ở Đài Loan, Indonesia, Malaysia, Myanmar, Sri Lanka, Thái Lan và Quần đảo Thái Bình Dương [1].

Các bộ phận của cây Si rô đều có dược tính. Trái cây Si rô chưa chín có thể được dùng để điều trị rối loạn chức năng gan, hạ sốt [1], chống đái tháo đường, giảm đau và chống viêm [2,3]; trái chín bổ sung vitamin C và chữa bệnh cáu gắt. Trái có màu đỏ đặc trưng của anthocyanin. Ba loại anthocyanin chính có trong trái Si rô là pelargonidin-3-O-glucoside, cyanidin-3-O-rhamnoside và cyanidin-3-O-glucoside. Hàm lượng của 3 loại này đạt cực đại trong giai đoạn quả chín và giảm dần khi quá chín [4]. Anthocyanin đã được chứng minh là có hoạt tính chống oxy hóa cao, góp phần phòng ngừa nhiều bệnh tật do tác nhân oxy hóa gây ra. Tuy nhiên, các nghiên cứu về chiết xuất anthocyanin từ trái Si rô chín vẫn còn rất hạn chế cho đến nay.

Chiết xuất là khâu kỹ thuật quan trọng trong lĩnh vực công nghệ hóa và thực phẩm. Đặc biệt, các chiết xuất với sự hỗ trợ của microwave (MAE) có thể làm tăng hiệu suất, giảm thời gian, tăng khả năng chọn lọc [5]. Dưới tác dụng của microwave, năng lượng điện từ chuyển thành nhiệt trong

vật liệu nhờ tác động làm quay các phân tử phân cực và sự dẫn các ion [6]. MAE gia nhiệt thể tích nhờ vậy rút ngắn được thời gian gia nhiệt và giảm gradient nhiệt. Cơ chế của MAE được giả định qua 3 giai đoạn [7]: (i) phá vỡ liên kết giữa chất tan với mạng cấu trúc của mẫu; (ii) sự khuếch tán của dung môi vào mẫu; (iii) giải phóng chất tan và hòa tan vào dung môi. Ưu điểm của kỹ thuật MAE đã được xác định [8] gồm (i) gia nhiệt nhanh hơn; (ii) giảm các gradient nhiệt; (iii) giảm kích thước thiết bị và (iv) tăng hiệu suất chiết xuất. So với các phương pháp chiết xuất truyền thống, MAE có tốc độ nhanh hơn và hiệu suất thu hồi cao hơn. MAE phù hợp với chiết xuất các hợp chất hữu cơ và hữu cơ-kim loại do cấu trúc sản phẩm được bảo toàn; đồng thời nó là kỹ thuật xanh vì giảm việc sử dụng dung môi hữu cơ [7]. Trong nghiên cứu này, anthocyanin từ trái Si rô được chiết xuất bằng kỹ thuật MAE, với 2 thông số đầu vào là công suất microwave (MW) và tỉ lệ nguyên liệu/dung môi. Dữ liệu thực nghiệm được dùng để chọn lựa mô hình chiết xuất phù hợp, dự báo sự thay đổi hàm lượng anthocyanin trong suốt quá trình MAE. Các thông số động học được xác định và phân tích. Kết quả đề tài góp phần thiết kế thí nghiệm và tối ưu hóa quá trình MAE nhằm tiết kiệm thời gian, chi phí và tối đa hàm lượng các hợp chất giàu hoạt tính sinh học.



2 Giải quyết vấn đề

2.1 Nguyên liệu

Trái Si rô được thu mua từ vườn cây Si rô, phường An Phú Đông, quận 12, thành phố Hồ Chí Minh vào tháng 07 năm 2019. Trái sử dụng trong nghiên cứu ở giai đoạn chín, trái màu tím đen, có kích thước từ 2–3 cm, khối lượng từ 1–2 g. Nguyên liệu sau khi tiếp nhận được rửa sạch, trữ đông ở -18°C. Mẫu trước khi chiết xuất, được tiền xử lý bằng cách rửa đông, rồi chần ở 80°C, làm nguội nhanh bằng nước lạnh, để ráo. Quả được tách hạt và cắt nhỏ.



Hình 1 Trái Si rô trong nghiên cứu.

2.2 Hóa chất

Các hóa chất dùng trong nghiên cứu đạt chuẩn phân tích gồm nước cất, HCl, KCl, CH₃COONa.3H₂O.

2.3 Quá trình chiết xuất anthocyanin có sự hỗ trợ của bức xạ microwave

Trong thí nghiệm, trái Si rô được chiết xuất với dung môi là nước cất. Thí nghiệm bố trí toàn phần 2 nhân tố gồm công suất MW và tỉ lệ nguyên liệu/nước. Thiết bị hỗ trợ phát bức xạ MW là hệ thống lò vi ba thương mại ELECTROLUX EMM2001W, công suất MW được thay đổi lần lượt 150, 300, và 450 W. Tỉ lệ nguyên liệu/dung môi khảo sát ở 3 mức gồm 1:20, 1:40, và 1:60 (g/ml). Quá trình chiết xuất được theo dõi trong suốt 15 phút.

2.4 Xác định hàm lượng anthocyanin

Hàm lượng anthocyanin tổng được xác định bằng phương pháp pH vi sai [9] với một vài thay đổi nhỏ. Phương pháp dựa trên sự thay đổi về cấu trúc của anthocyanin xảy ra khi pH thay đổi. Dịch chiết xuất trái Si rô được pha loãng bằng dung dịch đệm pH 1,0 và 4,5 rồi được đặt trong bóng tối trong 1 giờ. Độ hấp thụ của mỗi dung dịch được đo tại bước sóng 520 nm và 700 nm bằng máy quang phổ (UV-1800; SHIMADZU, Nhật Bản) sử dụng nước cất làm mẫu trắng. Độ hấp thụ của dịch trích được tính toán theo công thức sau:

$$Abs = (A_{520} - A_{700})_{pH1,0} - (A_{520} - A_{700})_{pH4,5} \quad (1)$$

Tổng hàm lượng anthocyanin được tính toán theo đương lượng cyanidin-3-glucoside sử dụng công thức sau:

$$C_{anthocyanin} \text{ (mg/ml)} = \frac{Abs \times MW \times DF}{\epsilon \times L} \quad (2)$$

trong đó, Abs là độ hấp thụ của dịch trích; ϵ là hệ số tắt phân tử của cyanidin-3-glucoside (26900 l/mol/cm); L là

chiều dài cuvet (1 cm); MW là khối lượng phân tử của cyanidin-3-glucoside (449,2 Da) và DF là hệ số pha loãng.

2.5 Mô hình động học chiết xuất anthocyanin

Nhiều lý thuyết toán học đã được sử dụng để mô hình hóa quá trình chiết xuất. Các mô hình thiết lập dựa trên cả lý thuyết lẫn thực nghiệm. Nhiều mô hình đã được ứng dụng và nghiên cứu rộng rãi đối với các đường cong chiết xuất gồm định luật Fick về khuếch tán, các phương trình động học hóa học và các phương trình thực nghiệm. Trong nghiên cứu này, để nghiên cứu đặc tính quá trình chiết xuất anthocyanin từ trái Si rô bằng kỹ thuật MAE, mô hình định luật tốc độ bậc 2 (gọi tắt là mô hình bậc 2) và mô hình mũ định luật Fick (gọi tắt là mô hình mũ) được phân tích, đánh giá mức độ tương thích với dữ liệu thực nghiệm.

Mô hình bậc 2 [10-13]:

$$C = \frac{C_{\infty}^2 k_1 t}{1 + C_{\infty} k_1 t} \quad (3)$$

Trong đó, C_{∞} là nồng độ anthocyanin bão hòa (mg/ml), k_1 là hằng số tốc độ chiết xuất (ml/mg/phút).

Mô hình mũ [14]:

$$\frac{C}{C_{\infty}} = 1 - A \exp(-kt) \quad (4)$$

Trong đó, A là hằng số mô hình và k là hằng số tốc độ khuếch tán (1/phút).

Mô hình được so sánh dựa trên các thông số thống kê gồm độ lệch chuẩn RMSE và khi bình phương χ^2 có giá trị thấp nhất, và giá trị R² cao nhất để lựa chọn mô hình nào là phù hợp.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (C_{exp,i} - C_{pre,i})^2}{\sum_{i=1}^N (\overline{C_{exp}} - C_{pre,i})^2} \quad (5)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (C_{exp,i} - C_{pre,i})^2} \quad (6)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (C_{exp,i} - C_{pre,i})^2}{N - Z} \quad (7)$$

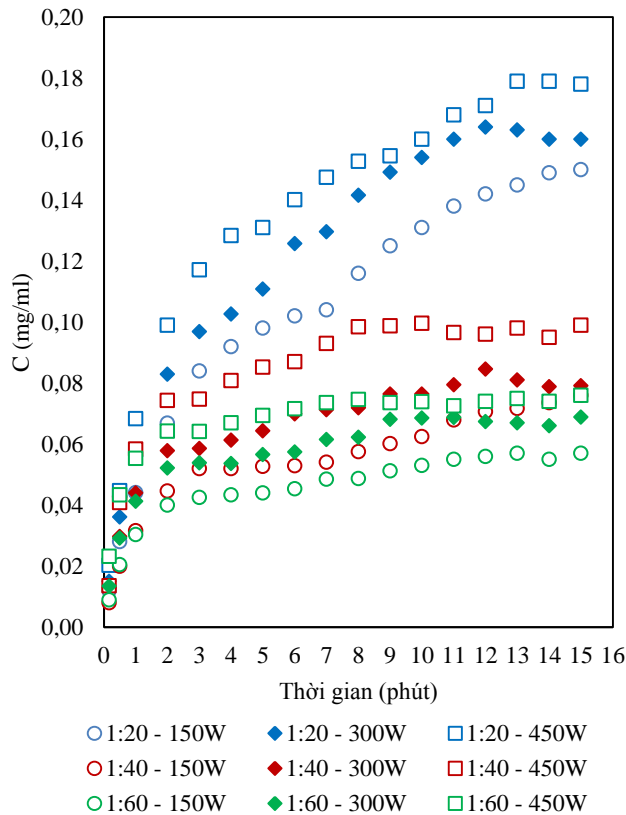
Trong đó, $C_{exp,i}$ là hàm lượng anthocyanin tổng thực nghiệm thứ i; $C_{pre,i}$ là giá trị hàm lượng anthocyanin tổng tiên đoán thứ i; N là số mẫu quan sát; Z là số hằng số trong phương trình tiên đoán.

2.6 Xử lý số liệu

Tất cả thí nghiệm được lặp lại 3 lần. Các giá trị được biểu diễn bằng giá trị trung bình và sai số chuẩn của các giá trị trung bình, tính toán bằng phần mềm Microsoft Excel (2016). Phần mềm MATLAB R2014 được sử dụng để kiểm tra dữ liệu thực nghiệm với các mô hình dựa trên phương pháp Levenberg-Marquardt.

3 Kết quả và thảo luận

3.1 Xác định mô hình mô tả động học chiết xuất anthocyanin
Sự thay đổi hàm lượng anthocyanin tổng trong suốt quá trình chiết xuất ở những điều kiện khác nhau được trình bày trong Hình 2.



Hình 2 Sự thay đổi nồng độ anthocyanin trong suốt quá trình chiết xuất ở những công suất MW và tỉ lệ chiết xuất khác nhau.

Từ kết quả Hình 2 cho thấy các đường cong chiết xuất anthocyanin trong nghiên cứu phù hợp với những đường cong lí tưởng chiết xuất các hợp chất hóa học từ thực vật gồm 2 pha. Pha ban đầu của quá trình MAE là giai đoạn chiết xuất nhanh chóng Anthocyanin, diễn ra trong 2 phút đầu của quá trình chiết xuất. Trong giai đoạn này, các chất tan ở bề mặt nguyên liệu được hòa tan nhanh chóng vào dung môi. Pha thứ hai là bước khuếch tán, trong giai đoạn này tốc độ gia tăng nồng độ anthocyanin giảm rõ rệt so với giai đoạn đầu và sau một thời gian dài hệ rắn-lỏng sẽ đạt trạng thái bão hòa [15].

Kết quả phân tích hồi qui phi tuyến của các mô hình toán học bằng phương pháp Levenberg-Marquardt dựa trên giá trị thực nghiệm hàm lượng anthocyanin tổng thay đổi theo thời gian trích li được trình bày ở Bảng 1.

Dựa vào kết quả Bảng 1 cho thấy mô hình bậc 2 có hệ số tương quan cao, hầu như các điều kiện chiết xuất đều có giá trị R^2 lớn hơn 0,99, ngoại trừ khi chiết xuất ở 150W, tỉ lệ 1:20 (0,9789); 300W, tỉ lệ 1:20 (0,9892); 150W, tỉ lệ 1:40 (0,9748) nhưng các giá trị R^2 thu được vẫn lớn hơn 0,95.

Trong khi đó, mô hình mũ có hệ số tương quan thấp ở tất cả các điều kiện so với mô hình bậc 2, và dao động từ 0,7659 đến 0,9778. Bên cạnh đó, các thông số thống kê về RMSE và χ^2 của mô hình bậc 2 thấp hơn so với mô hình mũ. Như vậy, trong nghiên cứu này khi thay đổi công suất MW và tỉ lệ chiết xuất thì mô hình bậc 2 tiên đoán sự thay đổi hàm lượng anthocyanin trong suốt quá trình chiết xuất trái Si rô tốt hơn so với mô hình mũ. Cho đến nay, các công bố về mô hình dự đoán quá trình chiết xuất anthocyanin còn khá hạn chế. Trong đó, Ben Amor và Allaf (2009) đã sử dụng mô hình mũ để nghiên cứu quá trình chiết xuất anthocyanin từ Maysian Roselle (*Hibiscus sabdariffa*) bằng phương pháp tiên xử lí (giảm áp suất tức thời) và sau đó chiết xuất bằng kĩ thuật truyền thống [16].

Bảng 1 Phân tích hồi qui phi tuyến các mô hình toán học trong nghiên cứu động học chiết xuất anthocyanin bằng kĩ thuật MAE

Ti lệ	Công suất W	Mô hình bậc 2			Mô hình mũ		
		R^2	RMSE	χ^2	R^2	RMSE	χ^2
1:20	150	0,9789	0,00633	4,26E-05	0,9778	0,00748	5,94E-05
	300	0,9892	0,00624	4,13E-05	0,9688	0,01087	1,25E-04
	450	0,9937	0,00533	3,02E-05	0,9583	0,01204	1,54E-04
1:40	150	0,9748	0,00467	2,32E-05	0,9251	0,00544	3,14E-05
	300	0,9944	0,00344	1,26E-05	0,9102	0,00637	4,31E-05
	450	0,9970	0,00326	1,13E-05	0,8489	0,01074	1,23E-04
1:60	150	0,9933	0,00266	7,54E-06	0,9085	0,00425	1,92E-05
	300	0,9954	0,00305	9,90E-06	0,8919	0,00543	3,13E-05
	450	0,9993	0,00164	2,87E-06	0,8463	0,00573	3,49E-05

3.2 Ảnh hưởng của công suất MW và tỉ lệ đến quá trình chiết xuất Anthocyanin

Từ mô hình động học chiết xuất bậc 2, các thông số đặc tả quá trình chiết xuất MAE từ trái Si rô được xác định gồm nồng độ anthocyanin bão hòa (C_s , mg/ml, với $C_s = C_\infty$),

hiệu suất chiết xuất bão hòa (Y_s , mg/g, với $Y_s = \frac{C_s \times V}{m}$

trong đó V là tổng thể tích chiết xuất, m là khối lượng (mẫu), hằng số tốc độ chiết xuất (k , ml/mg/phút), tốc độ chiết xuất ban đầu (h , mg/ml/phút, với $h = k_1 C_\infty^2$). Kết quả được trình bày chi tiết ở Bảng 2.

Bảng 2 Thông số đặc tả quá trình chiết xuất anthocyanin từ trái Si rô bằng kĩ thuật MAE

Ti lệ	Công suất W	C_s (mg/ml)	Y_s (mg/g)	k (ml/mg/phút)	h (mg/ml/phút)
1:20	150	0,17851	3,57	1,61732	0,05154
	300	0,19222	3,84	1,91203	0,07065
	450	0,20020	4,00	2,34909	0,09415
1:40	150	0,08098	3,24	5,70882	0,03744
	300	0,08690	3,48	9,21232	0,06957
	450	0,10483	4,19	10,0981	0,11097
1:60	150	0,06069	3,64	12,1493	0,04475
	300	0,07234	4,34	14,1552	0,07407
	450	0,07717	4,63	28,4719	0,16956

Tỉ lệ nguyên liệu/nước rất quan trọng trong kĩ thuật MAE vì nguyên liệu cần được nhúng ngập hoàn toàn trong dung môi chiết xuất và đảm bảo tốc độ gia nhiệt mẫu đồng nhất.

Với tỉ lệ nguyên liệu/nước được khảo sát trong nghiên cứu này, mẫu trái Si rô có thể được nhúng ngập hoàn toàn trong nước. Tỉ lệ nguyên liệu/ nước có thể thay đổi bằng cách giữ thể tích nước không đổi (thay đổi khối lượng mẫu) hoặc giữ khối lượng không đổi (thay đổi thể tích nước). Trong nghiên cứu này, thể tích nước được giữ cố định và thay đổi khối lượng nguyên liệu. Vì vậy, ở cùng một mức công suất MW khi thay đổi tỉ lệ nguyên liệu nước thì năng lượng hấp thụ bởi nước được xem như không khác biệt có nghĩa. Từ kết quả bảng 2 cho thấy khi thay đổi tỉ lệ nguyên liệu/ nước từ 1:20 đến 1:60 thì hiệu suất chiết xuất bão hòa tăng. Ở tỉ lệ nước thấp, những rào cản truyền khối ảnh hưởng đến quá trình khuếch tán các hợp chất từ tế bào thực vật, dẫn đến hiệu suất chiết xuất thấp [11,17]. Khi tăng tỉ lệ nguyên liệu/ nước sẽ làm tăng gradient nồng độ dẫn đến thúc đẩy quá trình truyền khối và tăng hiệu quả chiết xuất [11]. Hay nói cách khác, tỉ lệ nước so với nguyên liệu càng lớn sẽ làm tăng khả năng khuếch tán của chất tan. Theo những nghiên cứu trước kia, khi tỉ lệ nguyên liệu/dung môi giảm, hiệu quả chiết xuất các hợp chất phenolic sẽ tăng lên, cho đến khi đạt giá trị tối ưu [18]. Đối với nồng độ anthocyanin bão hòa, kết quả cho thấy khi thay đổi tỉ lệ nguyên liệu/dung môi từ 1:20 đến 1:60 thì nồng độ anthocyanin bão hòa càng thấp. Kết quả phù hợp với qui luật chung khi chiết xuất hệ rắn-lỏng [19]. Mặc dù nồng độ anthocyanin bão hòa có thấp hơn, nhưng hiệu suất chiết xuất bão hòa vẫn cao hơn khi chiết xuất ở tỉ lệ 1:60. Như vậy, tỉ lệ nguyên liệu/ nước tăng sẽ có tác dụng cải thiện hiệu quả quá trình chiết xuất. Kết quả cũng tương tự như kết luận trong nghiên cứu của Krishnan và Rajan [20]. Tốc độ chiết xuất ban đầu giảm khi tỉ lệ nguyên liệu/nước thay đổi từ 1:20 đến 1:60, có lẽ do nồng độ bão hòa thấp hơn ở tỉ lệ 1:60. Tốc độ chiết xuất ban đầu tỉ lệ thuận với hằng số tốc độ chiết xuất và bình phương nồng độ bão hòa. Điều đó có nghĩa là nồng độ bão hòa ảnh hưởng đến tốc độ chiết xuất ban đầu lớn hơn so với hằng số tốc độ chiết xuất.

Các thông số đặc tả quá trình chiết xuất anthocyanin từ trái Si rô bằng kĩ thuật MAE cũng thay đổi theo sự thay đổi của công suất MW. Tương ứng với mỗi tỉ lệ nguyên liệu/nước, công suất MW tăng thì hiệu suất chiết xuất bão hòa cũng tăng theo. Sự ảnh hưởng của MW đến quá trình chiết xuất có ý nghĩa ở cả hai giai đoạn. Ở giai đoạn đầu quá trình chiết xuất, việc tăng công suất bức xạ làm cho lượng nước có trong hệ rắn-lỏng hấp thụ nhiều năng lượng và nhiệt độ tăng lên nhanh chóng nhờ vào việc phát sinh nhiệt thể tích thông qua cơ chế dẫn ion và quay phân cực [21], dẫn đến có thể tăng tốc sự tương tác giữa dung môi-chất rắn. Khi nhiệt độ tăng, sự chuyển động của phân tử và hệ số khuếch tán tăng lên rõ rệt. Bên cạnh đó, dung môi ở nhiệt độ cao cũng có mức độ hòa tan tốt hơn. Việc

di chuyển liên tục của các phân tử cùng sự gia tăng tương tác giữa dung môi-chất rắn làm tăng lực ma sát giữa chất rắn và dung môi, dẫn đến góp phần rửa trôi chất tan ở bề mặt chất rắn [22]. Ở giai đoạn thứ hai của quá trình chiết xuất, tương ứng với quá trình khuếch tán trong, giai đoạn này có tốc độ chậm hơn so với quá trình khuếch tán ngoài. Công suất MW làm tăng tốc sự chuyển động của các phân tử và sự khuếch tán trong, và làm phá vỡ cấu trúc tế bào thực vật [23]. Theo Dong và cộng sự thì các mạng lưới bị phá vỡ trở nên mềm đi và cho phép nhiều dung môi khuếch tán vào trong mạng lưới tế bào thực vật [22]. Công suất MW gây ra sự phá vỡ vật lí [24]. Ở đây, khi tế bào bị phá vỡ đã làm tăng sự truyền khối bằng việc tăng độ hòa tan và cải thiện khả năng tiếp xúc giữa chất tan và dung môi [20]. Mức độ phá vỡ càng lớn, nồng độ chất tan thu được càng cao. Tuy nhiên, Gao cùng cộng sự cũng xác nhận khi ứng dụng công suất MW cao hơn rất khó kiểm soát nhiệt độ chiết xuất [25]. Đối với nồng độ bão hòa, khi tăng công suất MW thì giá trị nồng độ bão hòa cũng tăng. Việc tăng nồng độ bão hòa ở công suất cao hơn do ở công suất MW cao làm yếu đi các tương tác giữa chất tan-chất tan và chất tan-chất rắn (solute-solid) [20]. Hằng số tốc độ chiết xuất cũng tăng khi tăng công suất MW, có thể do năng lượng nhiệt cao hơn làm tăng khả năng khuếch tán chất tan. Tốc độ chiết xuất ban đầu cũng cao hơn ở những công suất MW cao.

4 Kết luận và đề xuất

Động học chiết xuất anthocyanin từ trái Si rô bằng kĩ thuật MAE đã được thực hiện và đánh giá. Kết quả cho thấy, mô hình bậc 2 phù hợp để tiên đoán sự thay đổi nồng độ anthocyanin trong suốt quá trình MAE. Công suất MW và tỉ lệ nguyên liệu/nước ảnh hưởng có ý nghĩa đến quá trình MAE. Việc tăng công suất MW có tác dụng tăng nồng độ anthocyanin bão hòa, hiệu suất chiết xuất bão hòa, hằng số tốc độ chiết xuất và tốc độ trích ban đầu nhờ vào năng lượng bức xạ MW làm tăng tốc độ chuyển động các phân tử, phá vỡ tế bào và làm tăng hiệu quả chiết xuất. Trong khi đó, việc tăng lượng nước chiết xuất có tác dụng tăng tốc độ và hiệu suất chiết xuất, tuy nhiên làm giảm nồng độ chiết xuất bão hòa. Từ kết quả nghiên cứu, qui luật ảnh hưởng của điều kiện chiết xuất anthocyanin có sự hỗ trợ microwave được dùng để qui hoạch thực nghiệm xác định điều kiện chiết xuất tối ưu hàm lượng anthocyanin tổng, tối thiểu thời gian chiết xuất...

Lời cảm ơn

Nghiên cứu được tài trợ bởi Quỹ Phát triển Khoa học và Công nghệ - Đại học Nguyễn Tất Thành, đề tài mã số 2019.01.30/HĐ-NCKH.

Tài liệu tham khảo

1. C. Wiart, *Medicinal plants of Asia and the Pacific*. CRC Press, 2006.
2. P. R. Itankar, S. J. Lokhande, P. R. Verma, S. K. Arora, R. A. Sahu, and A. T. Patil, “Antidiabetic potential of unripe *Carissa carandas* Linn. fruit extract”, *J. Ethnopharmacol.*, vol. 135, no. 2, pp. 430–433, 2011, doi: 10.1016/j.jep.2011.03.036.
3. S. Begum, S. A. Syed, B. S. Siddiqui, S. A. Sattar, and M. I. Choudhary, “Carandinol: First isohopane triterpene from the leaves of *Carissa carandas* L. and its cytotoxicity against cancer cell lines”, *Phytochem. Lett.*, vol. 6, no. 1, pp. 91–95, 2013, doi: 10.1016/j.phytol.2012.11.005.
4. M. F. A. Aliño, “*Carissa Carandas* fruit extract as a natural fabric dye”, *J. Nat. Stud.*, vol. 13, no. 2, pp. 1–12.
5. J. R. J. Paré, J. M. R. Bélanger, and S. S. Stafford, “Microwave-assisted process (MAPTM): a new tool for the analytical laboratory”, *TrAC Trends Anal. Chem.*, vol. 13, no. 4, pp. 176–184, 1994.
6. T. Jain, V. Jain, R. Pandey, A. Vyas, and S. S. Shukla, “Microwave assisted extraction for phytoconstituents—an overview”, *Asian J. Res. Chem.*, vol. 2, no. 1, pp. 19–25, 2009.
7. A. Alupului, I. Calinescu, and V. Lavric, “Microwave extraction of active principles from medicinal plants”, *UPB Sci. Bull. Ser. B*, vol. 74, no. 2, pp. 1454–2331, 2012.
8. G. Cravotto, L. Boffa, S. Mantegna, P. Perego, M. Avogadro, and P. Cintas, “Improved extraction of vegetable oils under high-intensity ultrasound and/or microwaves”, *Ultrason. Sonochem.*, vol. 15, no. 5, pp. 898–902, 2008.
9. J. Lee and R. Wrolstad, “Extraction of Anthocyanins and Polyphenolics from blueberry processing waste”, *JFS CFood Chem. Toxicol.*, vol. 69, no. 7, pp. C564–C573, 2004, doi: 10.1111/j.1365-2621.2004.tb13651.x.
10. Z. Pan, W. Qu, H. Ma, G. G. Atungulu, and T. H. McHugh, “Continuous and pulsed ultrasound-assisted extractions of antioxidants from pomegranate peel”, *Ultrason. Sonochem.*, vol. 19, no. 2, pp. 365–372, 2012.
11. W. Qu, Z. Pan, and H. Ma, “Extraction modeling and activities of antioxidants from pomegranate marc”, *J. Food Eng.*, vol. 99, no. 1, pp. 16–23, 2010.
12. L. Rakotondramasy-Rabesiaka, J.-L. Havet, C. Porte, and H. Fauduet, “Solid–liquid extraction of protopine from *Fumaria officinalis* L.—analysis determination, kinetic reaction and model building”, *Sep. Purif. Technol.*, vol. 54, no. 2, pp. 253–261, 2007.
13. L. Rakotondramasy-Rabesiaka, J.-L. Havet, C. Porte, and H. Fauduet, “Solid–liquid extraction of protopine from *Fumaria officinalis* L.—kinetic modelling of influential parameters”, *Ind. Crops Prod.*, vol. 29, no. 2–3, pp. 516–523, 2009.
14. E. E. Perez, A. A. Carelli, and G. H. Crapiste, “Temperature-dependent diffusion coefficient of oil from different sunflower seeds during extraction with hexane”, *J. Food Eng.*, vol. 105, no. 1, pp. 180–185, 2011.
15. S. Meziane and H. Kadi, “Kinetics and thermodynamics of oil extraction from olive cake”, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, vol. 85, no. 4, pp. 391–396, 2008.
16. B. Ben Amor and K. Allaf, “Impact of texturing using instant pressure drop treatment prior to solvent extraction of anthocyanins from Malaysian Roselle (*Hibiscus sabdariffa*)”, *Food Chem.*, vol. 115, no. 3, pp. 820–825, 2009, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.12.094>.
17. D. Franco, M. Pinelo, J. Sineiro, and M. J. Núñez, “Processing of *Rosa rubiginosa*: Extraction of oil and antioxidant substances”, *Bioresour. Technol.*, vol. 98, no. 18, pp. 3506–3512, 2007.
18. S. Mukhopadhyay, D. L. Luthria, and R. J. Robbins, “Optimization of extraction process for phenolic acids from black cohosh (*Cimicifuga racemosa*) by pressurized liquid extraction”, *J. Sci. Food Agric.*, vol. 86, no. 1, pp. 156–162, 2006.
19. A. Alupului, I. Calinescu, and V. Lavric, “Ultrasonic vs. microwave extraction intensification of active principles from medicinal plants”, in AIDIC conference series, 2009, vol. 9, pp. 1–8.
20. R. Y. Krishnan and K. S. Rajan, “Microwave assisted extraction of flavonoids from *Terminalia bellerica*: study of kinetics and thermodynamics”, *Sep. Purif. Technol.*, vol. 157, pp. 169–178, 2016.
21. M. Gfrerer and E. Lankmayr, “Screening, optimization and validation of microwave-assisted extraction for the determination of persistent organochlorine pesticides” *Anal. Chim. Acta*, vol. 533, no. 2, pp. 203–211, 2005, doi: <https://doi.org/10.1016/j.aca.2004.11.016>.

22. Z. Dong, F. Gu, F. Xu, and Q. Wang, "Comparison of four kinds of extraction techniques and kinetics of microwave-assisted extraction of vanillin from *Vanilla planifolia* Andrews" Food Chem., vol. 149, pp. 54–61, 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.052>.
23. M. J. Alfaro, J. M. R. Bélanger, F. C. Padilla, and J. R. Jocelyn Paré, "Influence of solvent, matrix dielectric properties, and applied power on the liquid-phase microwave-assisted processes (MAPTM) I I MAP is a Trademark of Her Majesty the Queen in Right of Canada as represented by the Minister of the Environment. extraction of", Food Res. Int., vol. 36, no. 5, pp. 499–504, 2003, doi: [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(02\)00198-9](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(02)00198-9).
24. G. R. Askari, Z. Emam-Djomeh, and S. M. Mousavi, "An Investigation of the Effects of Drying Methods and Conditions on Drying Characteristics and Quality Attributes of Agricultural Products during Hot Air and Hot Air/Microwave-Assisted Dehydration", Dry. Technol., vol. 27, no. 7–8, pp. 831–841, Jul. 2009, doi: 10.1080/07373930902988106.
25. M. Gao, B.-Z. Song, and C.-Z. Liu, "Dynamic microwave-assisted extraction of flavonoids from *Saussurea medusa* Maxim cultured cells", Biochem. Eng. J., vol. 32, no. 2, pp. 79–83, 2006, doi: <https://doi.org/10.1016/j.bej.2006.09.004>.

Kinetics of anthocyanin extraction from Karonda fruit (*Carissa carandas* L.)

Dang Thanh Thuy, Nguyen Thi Van Linh*

Faculty of Environmental and Food Engineering

Nguyễn Tất Thành University

*ntvlinh@ntt.edu.vn

Abstract Karonda fruit (*Carissa carandas* L.) is a tropical fruit rich in biological value. In this study, the kinetic of anthocyanin extraction from the karonda fruit by microwave-assisted extraction technique was investigated with two main factors, including microwave power (150, 300, 450 W) and the ratio of material/solvent (1:20, 1:40, and 1:60 (g/ml)). A second-order kinetic model provided the best fit to experimental data. The extraction of anthocyanin from karonda was affected significantly by microwave power and material/solvent ratio. The extraction efficiency, extraction rate constant, and initial extraction rate in the saturation state increased when the microwave power and amount of extraction solvent increased. However, the saturated concentration decreased with an increasing amount of extraction solvent.

Keywords Anthocyanin, kinetic of extraction, karonda fruit, microwave-assisted extraction.