

CHIẾT TÁCH CHẤT MÀU ANTHOCYANINS TỪ KHOAI LANG TÍM

EXTRACTION OF ANTHOCYANINS PIGMENT FROM PURPLE SWEET POTATOES

Tạ Thị Tố Quyên¹, Huỳnh Thị Kim Cúc¹, Cù Thị Ngọc Thúy², Đào Hùng Cường²

¹Trường Cao đẳng Lương thực - Thực phẩm; Email: tatoquyen2006@gmail.com

²Trường Đại học Sư phạm, Đại học Đà Nẵng; Email: cuongdh1949@gmail.com

Tóm tắt - Bài báo trình bày kết quả khảo sát một số điều kiện chiết tách chất màu anthocyanins từ khoai lang tím nhằm thu nhận chất màu tự nhiên ứng dụng trong công nghệ thực phẩm. Kết quả là khoai lang tím được làm chín trước khi chiết tách chất màu cho hàm lượng anthocyanins cao hơn 42,8% so với khoai lang tím sống. Dùng HCl để acid hóa môi trường chiết tách cho hàm lượng anthocyanins cao hơn so với acid citric 2,67% và acid acetic 3,64%. Tỷ lệ ethanol/nước = 75/25 với 1% HCl là dung môi chiết tách cho hàm lượng anthocyanins cao nhất, đồng thời hạn chế được sự hòa tan của tinh bột trong dịch chiết anthocyanins. Điều kiện thích hợp để chiết tách anthocyanins từ khoai lang tím ở áp suất thường là: nhiệt độ 800C, thời gian 180 giây và tỷ lệ nguyên liệu/dung môi = 1/16.

Từ khóa - Anthocyanins; chiết tách; chất màu; khoai lang tím; pH vi sai.

1. Đặt vấn đề

Anthocyanins là chất màu có khả năng thay đổi màu sắc tùy thuộc vào pH môi trường. Anthocyanins không chỉ tạo ra cho các sản phẩm có màu từ đỏ đến tím, mà nó còn có khả năng tạo màu xanh tùy thuộc vào pH môi trường của các sản phẩm [1]. Vì vậy, anthocyanins được xem là chất màu lý tưởng đối với ngành công nghệ thực phẩm.

Anthocyanins là các phân tử phân cực, do đó chúng hòa tan trong dung môi phân cực, tuy nhiên điều kiện chiết tách khác nhau là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến khả năng hòa tan của anthocyanins trong dung môi [3]. Các nghiên cứu về chiết tách anthocyanins đã chỉ ra rằng ancol được acid hóa là dung môi phù hợp để chiết tách anthocyanins [3], đồng thời, các điều kiện chiết tách như: tỷ lệ nguyên liệu/dung môi, nồng độ dung môi, nhiệt độ và thời gian ảnh hưởng lớn đến sự ổn định màu và hàm lượng anthocyanins chiết tách được [9].

Khoai lang tím (KLT) chứa hàm lượng lớn chất màu anthocyanins (khoảng 51,5-174,7mg/100g nguyên liệu tươi) [6]. Ngoài việc tạo màu sắc đẹp, hấp dẫn và an toàn cho thực phẩm, chất màu anthocyanins từ KLT còn có hoạt tính kháng oxy hóa cao [8]. KLT có đặc điểm sau khi thu hoạch hàm lượng các thành phần hóa học, đặc biệt là hàm lượng anthocyanins giảm nhanh chóng [5]. Do đó, việc nghiên cứu chiết tách anthocyanins từ KLT, tạo ra chế phẩm màu tự nhiên có màu sắc đẹp hấp dẫn, an toàn với hoạt tính kháng oxy hóa cao nhằm ứng dụng trong công nghệ thực phẩm là vấn đề cần đặt ra trong xu hướng hiện nay, đặc biệt đối với nguồn nguyên liệu KLT được trồng nhiều, rẻ tiền ở nước ta.

2. Nguyên liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Nguyên liệu

Nguyên liệu: KLT sử dụng trong nghiên cứu được trồng

Abstract - This paper presents the results from a study of the conditions for extracting anthocyanin from purple sweet potatoes in order to gather the natural colourants used in the food industry. The sweet potato roots which were previously cooked before being subjected to extraction yielded anthocyanin contents of ~42.8 w%, which was higher than that from the uncooked roots. HCl used as an acidifying agent resulted in anthocyanin contents of ~2.67 w% and ~3.64 w%, which was higher than the use of citric acid and acetic acid, respectively. The mixture of ethanol and water (ethanol/water: 75/25 by volume) plus 1.00 V% HCl resulted in the highest extraction efficiency and at the same time, it was capable of minimising the starch dissolution. Recommended conditions for extraction of anthocyanins from purple sweet potatoes at ambient pressure are (1) temperature: 80°C, (2) duration: 180 seconds, and (3) raw material/solvent: 1/16 by volume.

Key words - Anthocyanins; extraction; pigment; purple sweet potatoes; pH differential.

tại Bình Tân, Vĩnh Long.

Hóa chất: Na₂HPO₄.12H₂O, KCl, C₂H₅OH, CH₃OH, HCl, acid citric, acid acetic đạt tiêu chuẩn phân tích.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp chiết tách anthocyanins từ KLT

Để chiết tách anthocyanins từ KLT tiến hành cố định các yếu tố khác và lần lượt thay đổi từng yếu tố để tìm điều kiện tối ưu cho quá trình chiết tách. Các yếu tố được chọn để thay đổi khi chiết tách anthocyanins từ KLT là:

- Mẫu KLT sống và mẫu KLT được hấp chín;
- Hệ dung môi ethanol/nước và methanol/nước;
- Dùng acid acetic, citric và HCl với các hàm lượng khác nhau để acid hóa môi trường chiết tách;
- Thay đổi tỷ lệ các thành phần trong hệ dung môi chiết tách;
- Nhiệt độ chiết tách từ 50-80°C;
- Thời gian chiết tách từ 60-300 giây;
- Tỷ lệ nguyên liệu/dung môi chiết tách từ 1/2 đến 1/20.

2.2.2. Phương pháp xác định hàm lượng anthocyanins

Sử dụng phương pháp pH vi sai (the pH differential method) [2]. Đây là một phương pháp cho phép xác định hàm lượng anthocyanins trong hỗn hợp chứa anthocyanins không tính khiết một cách đơn giản, nhanh chóng, chính xác.

Nguyên tắc của phương pháp màu là dựa trên sự đổi màu và thay đổi độ hấp thụ của anthocyanins theo sự thay đổi của pH. Tại pH = 1,0 các anthocyanins ở dạng muối oxonium (còn gọi là cation flavylium) có màu và có độ hấp thụ cực đại. Ở pH = 4,5, anthocyanins có dạng carbinol không màu nên độ hấp thụ gần như bằng không.

2.2.3. Phương pháp phân tích số liệu

Các thí nghiệm được thực hiện với 3 lần lặp. Các kết quả nghiên cứu là trung bình của 3 lần lặp lại. So sánh sự khác biệt đáng kể được thực hiện ở $P < 0,05$ bằng phần mềm Minitab 16.

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Ảnh hưởng phương pháp xử lý KLT trước khi chiết tách anthocyanins

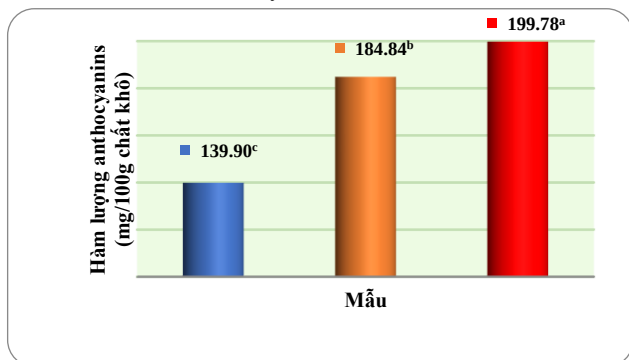
Để nghiên cứu lựa chọn phương pháp xử lý nguyên liệu KLT trước khi chiết tách anthocyanins, điều kiện chiết tách được chọn là hệ dung môi methanol: nước: acid acetic với tỷ lệ 70: 23: 7, tỷ lệ nguyên liệu/dung môi: 1/14, nhiệt độ: 70°C, thời gian: 120 giây [3]. Tiến hành chiết tách anthocyanins từ KLT với 3 mẫu được chuẩn bị như sau:

M1: KLT sống được xay nhỏ trước khi chiết tách;

M2: KLT sống được ngâm dung môi vừa xay nhỏ vừa chiết tách;

M3: KLT tím được hấp chín, đánh mịn, sau đó tiến hành chiết tách.

Kết quả hàm lượng anthocyanins của 3 mẫu KLT M1, M2 và M3 được trình bày ở Hình 1.



Hình 1. Ảnh hưởng của phương pháp chiết đến hàm lượng anthocyanins của KLT

Hình 1 cho thấy mẫu M3 có hàm lượng anthocyanins nhiều nhất, tiếp đến là mẫu M2 và mẫu M1 cho hàm lượng anthocyanins ít nhất. Điều này có thể được giải thích như sau:

- Mẫu M1, KLT sống nên trong tế bào có chứa enzyme oxy hóa các hợp chất polyphenol, khi nghiền các hợp chất polyphenol đã tiếp xúc với oxy không khí nên đã bị oxy hóa dưới tác dụng của enzyme polyphenoloxidase (trong đó có anthocyanins), vì vậy làm cho hàm lượng anthocyanins giảm đáng kể.

- Với mẫu M2, do quá trình nghiền ướt trong dung môi methanol/nước ở nhiệt độ 70°C nên hạn chế sự tiếp xúc với oxy không khí, đồng thời ở nhiệt độ 70°C đã vô hoạt được một phần enzyme oxy hóa các hợp chất polyphenol nên hàm lượng anthocyanins thu được cao hơn mẫu M1.

- Với mẫu M3, do quá trình hấp chín đã vô hoạt hóa hoàn toàn hệ enzyme oxy hóa các hợp chất polyphenol nên hàm lượng anthocyanins thu được cao nhất (gấp 1,43 lần so với mẫu M1 và 1,08 lần so với mẫu M2).

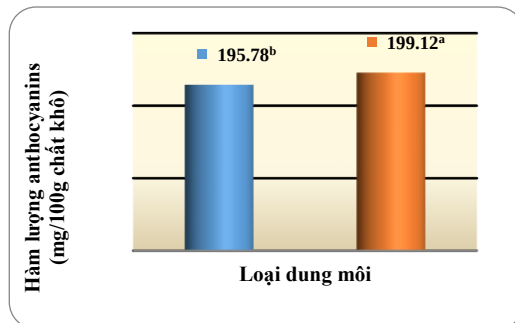
Từ kết quả nghiên cứu, phương pháp xử lý nguyên liệu là KLT đã được làm chín để vô hoạt các enzyme oxy hóa

hợp chất polyphenol trước khi chiết tách anthocyanins.

3.2. Ảnh hưởng của loại dung môi đến quá trình chiết tách anthocyanins từ KLT

Anthocyanins có các gốc hidrocarbon kỵ nước, chỉ tan tốt trong các dung môi hữu cơ, tuy nhiên nó lại có các nhóm chức polyphenol phân cực tan tốt trong dung môi phân cực. Do đó, ancol/nước là hệ dung môi thông dụng dùng trong chiết tách anthocyanins.

Theo các kết quả đã công bố, methanol và ethanol là hai loại ancol thường dùng để chiết tách anthocyanins [2, 3, 9]. Để chọn loại ancol nào chiết tách anthocyanins từ KLT cho hàm lượng cao nhất, tiến hành chiết tách ở điều kiện như mục 3.1 nhưng trên 2 loại dung môi methanol và ethanol, kết quả thể hiện Hình 2.



Hình 2. Ảnh hưởng của loại dung môi đến quá trình chiết tách anthocyanins từ KLT

Hình 2 cho thấy rằng khi chiết bằng dung môi methanol cho hàm lượng anthocyanins cao hơn dung môi ethanol 1,7%. Điều này có thể được giải thích do methanol có phân tử lượng nhỏ hơn nên có khả năng xâm nhập sâu vào cấu trúc tế bào KLT để lôi kéo phân tử anthocyanins tốt hơn, do đó hàm lượng anthocyanins thu được cao hơn.

Tuy hàm lượng anthocyanins thu được khi chiết tách bằng dung môi methanol cao hơn ethanol nhưng methanol là dung môi độc, còn ethanol là dung môi được sử dụng phổ biến trong công nghệ thực phẩm, đồng thời rẻ tiền và khi chiết tách bằng ethanol cho hàm lượng anthocyanins cũng tương đối cao (đạt được 98,32% so với methanol). Vì vậy, dung môi ethanol được chọn để chiết tách anthocyanins từ KLT.

3.3. Ảnh hưởng loại acid và hàm lượng acid đến quá trình chiết tách anthocyanins từ KLT

Để acid hóa môi trường chiết tách anthocyanins có thể sử dụng nhiều loại acid khác nhau như: acid HCl, acid acetic, acid citric [1, 7, 9]. Tuy nhiên, cần nghiên cứu loại acid nào khi chiết tách cho hàm lượng anthocyanins cao hơn. Các loại acid này có độ mạnh yếu khác nhau, do đó không thể chọn chung một nồng độ acid để khảo sát ảnh hưởng của loại acid đến quá trình chiết tách anthocyanins. Vì vậy, cần nghiên cứu ảnh hưởng của từng loại acid đến quá trình chiết tách anthocyanins.

Tiến hành chiết tách trong như điều kiện mục 3.1 trong dung môi ethanol: nước và acid hóa môi trường với các acid và hàm lượng như sau:

- Với acid HCl: 0,25%; 0,5%; 0,75%; 1% và 1,25% (% theo thể tích, V/V) [1];

- Với acid acetic: 2%; 4%; 6%; 8% và 10% (% theo thể

tích, V/V) [9];

- Với acid citric: 0,5%; 1%; 1,5%; 2% và 2,5% (% khối lượng/thể tích, w/V) [7].

Kết quả hàm lượng anthocyanins chiết tách được trình bày ở Bảng 1.

Bảng 1. Ảnh hưởng của loại acid và hàm lượng acid đến hàm lượng màu anthocyanins

Loại acid	Nồng độ	Hàm lượng anthocyanins
Acid acetic (nồng độ V/V)	2	183,21 ^d ± 1,18
	4	188,77 ^c ± 0,93
	6	193,83 ^b ± 0,58
	8	195,85 ^a ± 0,64
	10	196,02 ^a ± 0,82
Acid citric (nồng độ w/V)	0,5	188,41 ^c ± 0,96
	1	193,18 ^b ± 1,53
	1,5	197,21 ^a ± 0,84
	2	197,58 ^a ± 0,95
	2,5	197,87 ^a ± 0,68
Acid HCl (nồng độ V/V)	0,25	187,90 ^d ± 0,86
	0,5	194,73 ^c ± 1,07
	0,75	198,48 ^b ± 0,82
	1	202,72 ^a ± 0,79
	1,25	203,16 ^a ± 1,24

Kết quả Bảng 1 cho thấy:

- Với acid acetic khi tăng hàm lượng từ 2-8% (V/V) hàm lượng anthocyanins thu được tăng lên và đạt 195,85mg/100g chất khô; nếu tiếp tục tăng hàm lượng acid acetic thì hàm lượng anthocyanins tăng lên không đáng kể (sự khác nhau không có nghĩa). Điều này có thể được giải thích khi tăng hàm lượng acid acetic khả năng phân ly tạo ion H⁺ tăng làm tăng độ phân cực của dung môi chiết tách nên hàm lượng anthocyanins tăng lên; nếu tiếp tục tăng hàm lượng acid acetic lên trên 8% thì khả năng phân ly của acid acetic không tăng lên nữa nên hàm lượng anthocyanins tăng lên không đáng kể.

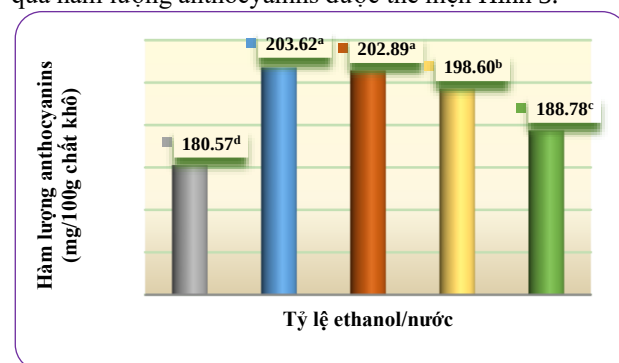
- Với acid citric khi tăng hàm lượng từ 0,5-1,5% (w/V) hàm lượng anthocyanins thu được tăng lên và đạt 197,21mg/100g chất khô; nếu tiếp tục tăng hàm lượng acid citric trên 1,5% thì hàm lượng anthocyanins không tăng lên nữa, điều này có thể được giải thích tương tự như với acid acetic.

- Với acid HCl khi tăng hàm lượng từ 0,25-1% (V/V) hàm lượng anthocyanins tăng lên và đạt 202,72mg/100g chất khô; nếu tiếp tục tăng hàm lượng HCl thì hàm lượng anthocyanins không tăng lên nữa, điều này có thể được giải thích tương tự như acid acetic và acid citric.

Hàm lượng anthocyanins thu được khi chiết tách bằng dung môi được acid hoá với HCl cao hơn so với acid acetic 3,64% và acid citric 2,67%. Điều này được giải thích do khi chiết trong môi trường có HCl thì anthocyanins đã kết hợp với ion Cl⁻ tạo muối clorua bền, nên anthocyanins không bị thoái hóa trong quá trình chiết tách [1]. Với kết quả nghiên cứu này acid HCl nồng độ 1% được chọn để acid hóa dung môi chiết tách anthocyanins từ KLT.

3.4. Ảnh hưởng của tỷ lệ hệ dung môi đến quá trình chiết tách anthocyanins từ KLT

Để nghiên cứu ảnh hưởng của tỷ lệ dung môi đến quá trình chiết tách anthocyanins từ KLT, tiến hành chiết tách trong hệ dung môi ethanol/nước chứa 1% HCl với các điều kiện chiết tách như mục 3.1 nhưng thay đổi tỷ lệ ethanol/nước là: 100/0, 75/25, 50/50, 25/75 và 0/100. Kết quả hàm lượng anthocyanins được thể hiện Hình 3.



Hình 3. Ảnh hưởng của tỷ lệ dung môi ethanol/nước đến hàm lượng anthocyanins

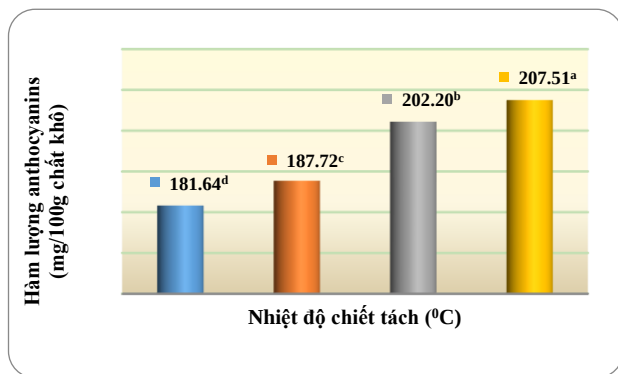
Kết quả đồ thị Hình 3 cho thấy với dung môi 100% ethanol và 100% nước cho hàm lượng anthocyanins thu được thấp hơn nhiều so với dung môi hỗn hợp ethanol và nước. Với tỷ lệ ethanol/nước = 75/25 và ethanol/nước = 50/50 cho hàm lượng anthocyanins cao nhất và không khác nhau nhiều (sự khác nhau không có nghĩa). Với tỷ lệ ethanol/nước = 25/75 cũng cho hàm lượng anthocyanins tương đối cao (đạt 97,6% so với tỷ lệ ethanol/nước = 75/25).

Tuy tỷ lệ ethanol/nước = 50/50 cho hàm lượng anthocyanins gần bằng với tỷ lệ ethanol/nước = 75/25 nhưng với tỷ lệ này khả năng kết tủa của tinh bột kém, gây khó khăn cho việc lọc tách bã ra khỏi dịch chiết và dịch chiết thu được đục do tinh bột bị hoà tan. Với ethanol/nước = 75/25 đã hạn chế được sự hòa tan của tinh bột nên thuận lợi cho quá trình lọc tách dịch chiết chất màu ra khỏi bã và dịch chiết thu được trong suốt. Do đó, tỷ lệ ethanol/nước = 75/25 với 1% HCl được chọn để chiết tách anthocyanins từ KLT.

3.5. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến quá trình chiết tách anthocyanins từ KLT

Chiết tách anthocyanins từ KLT thường khó hơn so với các nguyên liệu chứa anthocyanins khác do KLT chứa nhiều tinh bột nên khi chiết ở nhiệt độ cao sẽ xảy ra hiện tượng tinh bột bị hồ hóa nên khó tách dịch chiết ra khỏi bã. Do đó, khi chiết tách anthocyanins từ KLT ở nhiệt độ cao chỉ nên chiết tách trong thời gian ngắn, đồng thời sử dụng dung môi có nồng độ ethanol cao để hạn chế sự hoà tan của tinh bột.

Theo kết quả nghiên cứu của Bridgers và cộng sự [3], nhiệt độ chiết tách càng cao hàm lượng anthocyanins thu được từ KLT càng nhiều. Do đó, khoảng nhiệt độ được chọn để nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ đến quá trình chiết tách anthocyanins từ KLT là 50 đến 80°C, thời gian chiết 120 giây, tỷ lệ ethanol/nước = 75/25 với 1% HCl. Tiến hành chiết tách và xác định hàm lượng anthocyanins, kết quả được thể hiện Hình 4.



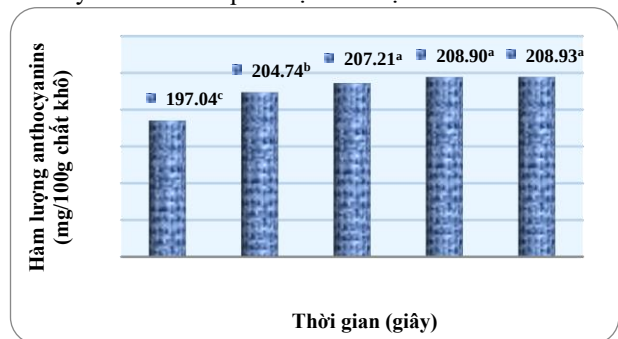
Hình 4. Ảnh hưởng của nhiệt độ chiết tách đến hàm lượng màu anthocyanins

Hình 4 cho thấy rằng khi tăng nhiệt độ chiết tách từ 50 đến 80°C hàm lượng anthocyanins thu được càng tăng. Tuy nhiên, khi chiết ở áp suất thường với thiết bị hồ và tỷ lệ ethanol/nước = 75/25 với 1% HCl nhiệt độ dung môi tối đa chỉ có thể nâng lên 80°C, nếu trên 80°C dung môi sôi và bay hơi mạnh nên khó thực hiện quá trình chiết tách.

Theo kết quả nghiên cứu chiết tách anthocyanins từ KLT của Trương và cộng sự [9], nhiệt độ tối ưu khi chiết tách anthocyanins từ KLT trong thiết bị kín, áp suất 1500psi là 80-120°C. Tuy nhiên, với điều kiện thiết bị tại phòng thí nghiệm không thể tạo được áp suất cao, nên nhiệt độ chiết tách anthocyanins từ KLT được chọn là 80°C.

3.6. Khảo sát ảnh hưởng của thời gian đến quá trình chiết tách anthocyanins từ KLT

Để nghiên cứu ảnh hưởng của thời gian chiết đến hàm lượng anthocyanins thu được từ KLT. Tiến hành chiết chất màu ở 80°C, tỷ lệ ethanol/nước = 75/25 với 1% HCl, thời gian chiết 60 đến 300 giây. Tiến hành xác định hàm lượng anthocyanins và kết quả được thể hiện Hình 5.

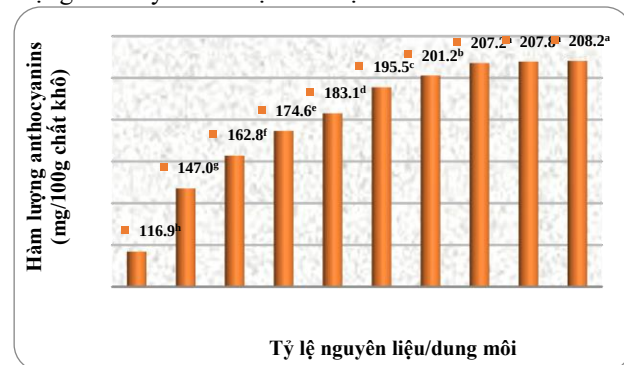


Hình 5. Ảnh hưởng của thời gian chiết tách đến hàm lượng màu anthocyanins

Đồ thị Hình 5 cho thấy rằng trong khoảng thời gian 60-180 giây, thời gian chiết tách càng lâu thì hàm lượng anthocyanins thu được càng cao và đạt cực đại sau 180 giây. Nếu tiếp tục tăng thời gian chiết thì hàm lượng anthocyanins thu được tăng lên không đáng kể (sự khác nhau không có nghĩa). Điều này cho thấy sau 180 giây ở 80°C hầu hết các anthocyanins từ KLT đã được chiết tách gần hết nên khi tiếp tục tăng thời gian chiết tách thì hàm lượng anthocyanins tăng lên không đáng kể. Vì vậy, thời gian chiết tách anthocyanins từ KLT ở 80°C được chọn là 180 giây.

3.7. Khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ nguyên liệu/dung môi đến quá trình chiết tách anthocyanins từ KLT

Khi chiết tách anthocyanins tỷ lệ dung môi so với nguyên liệu càng nhiều thì hàm lượng anthocyanins thu được càng lớn. Tuy nhiên, lượng dung môi càng nhiều sẽ tốn dung môi và kéo dài thời gian cô đặc để tách dung môi có thể làm cho chất màu bị thoái hóa [1]. Chính vì vậy cần phải xác định tỷ lệ nguyên liệu/dung môi để hiệu quả chiết tách cao nhất, đồng thời lượng dung môi sử dụng không quá nhiều. Tiến hành chiết chất màu ở 80°C, tỷ lệ ethanol/nước = 75/25 với 1% HCl, thời gian chiết 180 giây, tỷ lệ nguyên liệu/dung môi là: 1/2, 1/4,... 1/20, kết quả hàm lượng anthocyanins được thể hiện Hình 6.



Hình 6. Ảnh hưởng của tỷ lệ nguyên liệu/dung môi đến hàm lượng màu anthocyanins

Hình 6 cho thấy khi tăng tỷ lệ nguyên liệu/dung môi từ 1/2 lên 1/12 hàm lượng anthocyanins tăng mạnh, nếu tiếp tục tăng tỷ lệ nguyên liệu/dung môi từ 1/12 lên 1/16 thì hàm lượng anthocyanins tăng nhẹ. Với tỷ lệ nguyên liệu/dung môi là 1/12 cho hàm lượng anthocyanins đạt 94,4% so với tỷ lệ nguyên liệu/dung môi là 1/16.

Nếu tiếp tục tăng lượng dung môi lên so với nguyên liệu trên 1/16 thì hàm lượng anthocyanins tăng lên không đáng kể (sự khác nhau không có nghĩa). Do đó, tỷ lệ nguyên liệu/ dung môi được chọn để chiết tách anthocyanins từ KLT là 1/16.

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu đã tìm được điều kiện thích hợp để chiết tách chất màu anthocyanins từ KLT là: nguyên liệu KLT cần làm chín để vô hoạt enzyme trước khi chiết tách chất màu; khi acid hóa môi trường chiết tách bằng acid HCl cho hàm lượng anthocyanins cao hơn so với acid citric và acid acetic. Điều kiện thích hợp để chiết tách anthocyanins từ KLT là tỷ lệ dung môi ethanol/nước là 75/25 bổ sung 1% HCl, nhiệt độ 80°C, thời gian chiết là 180 giây, tỷ lệ nguyên liệu/dung môi 1/16; khi đó hàm lượng anthocyanins thu được là 207,2mg/100g chất khô nguyên liệu KLT.

TAI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Huỳnh Thị Kim Cúc (2007), *Luận án tiến sĩ kỹ thuật* “Nghiên cứu thu nhận và ứng dụng chất màu anthocyanins trong công nghệ thực phẩm”, Đại học Đà Nẵng.
- [2] AOAC Official Method 2005.02. Total Monomeric Anthocyanin Pigment. Content of Fruit Juices, Beverages, Natural, Colorants, and Wines.
- [3] Bridgers, E. N., et al. (2010), "Extraction of anthocyanins from

- industrial purple-fleshed sweetpotatoes and enzymatic hydrolysis of residues for fermentable sugars", *Industrial Crops and Products* 32(3): 613-620.
- [4] Che-Lun Huang, Wayne-Chang Liao, Chin-Feng Chan, Yung-Chang Lai (2010), "Optimization for the anthocyanins extraction from purple sweet potato roots, using response surface methodology", *J. Taiwan of Agric. Res.* 59(3):143-150.
- [5] Huynh Thi Kim Cuc, Tran Thi Thanh Man, Ta Thi To Quyen (2013), "Changes in chemical compositions of post-harvest purple sweet potato", *For International Workshop on Agricultural Engineering and Post-harvest Technology for Asia Sustainability*, December 5-6, 2013; Hoa Binh Hotel, Hanoi, Vietnam.
- [6] Steed, L. E. and Truong, V. D., 2008, Anthocyanins Content, Antioxidant Activity, and Selected Physical Properties of Flowable Purple-Fleshed Sweet potato Purees, *Journal of Food science*, Vol. 73, 215-221.
- [7] Truong, A.N. and Truong, V.D. (2011), *Effect of acidification on polyphenol oxydase activity, total phenolics and anthocyanins in juice processed from purple-fleshed sweetpotatoes*, Presented at the 2011 Annual Meeting of the Institute of Food Technologists, New Orleans, Louisiana, USA, June 11-14, 2011.
- [8] Ta Thi To Quyen, Huynh Thi Kim Cuc, Thai Thi Anh Ngoc (2013), "Study on antioxidant capacity of anthocyanins from purple sweet potato" For International Workshop on Agricultural Engineering and Post-harvest Technology for Asia Sustainability, December 5-6, 2013; Hoa Binh Hotel, Hanoi, Vietnam.
- [9] Truong, V.-D. et al. (2012), "Pressurized liquid extraction and quantification of anthocyanins in purple-fleshed sweet potato genotypes", *Journal of Food Composition and Analysis* 26(1): 96-103.

(BBT nhận bài: 07/08/2014, phản biện xong: 10/09/2014)