

KHẢO SÁT QUÁ TRÌNH SẤY PHUN TẠO BỘT MÀU TỰ NHIÊN TỪ LÁ CÂY TAI TƯỢNG ĐỎ

Trần Văn Cao, Trần Thiện Nguyên, Lưu Thị Ngọc Duyên,

Nguyễn Ngọc Minh Ngân, Nguyễn Văn Anh*

Trường Đại học Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh

*Email: anhnv@huit.edu.vn

Ngày nhận bài: 02/4/2025; Ngày nhận bài sửa: 07/6/2025; Ngày chấp nhận đăng: 16/6/2025

TÓM TẮT

Lá cây tai tượng đỏ (*Acalypha wilkesiana*) là nguồn giàu anthocyanin và polyphenol có hoạt tính sinh học cao. Tuy nhiên, tiềm năng sử dụng nguyên liệu này trong công nghiệp vẫn chưa được khai thác. Nghiên cứu này nhằm thu nhận các nhóm chất có hoạt tính sinh học bằng hệ dung môi ethanol-nước có hỗ trợ siêu âm và khảo sát các yếu tố ảnh hưởng trong quá trình sấy phun tạo bột màu tự nhiên. Bột màu sau khi sấy phun được đánh giá các đặc tính hóa lý và hàm lượng anthocyanin, polyphenol. Kết quả chỉ ra rằng, điều kiện tốt nhất để sấy phun bao gồm: hàm lượng maltodextrin bổ sung 10% (so với khối lượng của dịch chiết), nhiệt độ sấy phun 120 °C và tốc độ sấy là 360 mL/giờ. Tại điều kiện đó, bột màu thu được có màu đỏ đặc trưng với hiệu suất thu hồi anthocyanin và polyphenol đạt 88,91 và 60,55%. Bột màu thu được chứa hàm lượng polyphenol đạt 36,44 mg GAE/g và anthocyanin 91,23 mg Cy3Glu/100 g, trong đó thành phần chính anthocyanin được xác định là cyanidin-3-O-(2"-galloyl- β -galactopyranoside). Bột màu từ lá cây tai tượng đỏ cần được đánh giá độc tính cấp và mạn, cũng như thử nghiệm trên động vật hoặc tế bào, để làm rõ khả năng ứng dụng trong các ngành công nghiệp như mỹ phẩm, thực phẩm và dược phẩm.

Từ khóa: Tai tượng đỏ (*Acalypha wilkesiana*), anthocyanin, bột màu tự nhiên, sấy phun.

1. MỞ ĐẦU

Tai tượng đỏ (*Acalypha wilkesiana*) là loại cây thuộc họ Euphorbiaceae, thuộc loại cây bụi phát triển nhanh và được trồng để làm cây cảnh, làm hàng rào. Lá tai tượng đỏ có phiên hình trái xoan, màu đỏ hồng đến đỏ nhạt, cam, vàng, tím tùy vào thổ nhưỡng [1]. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng, lá cây tai tượng đỏ chứa nhiều hợp chất có hoạt tính sinh học như tannins, saponin, flavonoids, glycoside và steroid và có khả năng kháng khuẩn phổ rộng [2, 3]. Haruna và cộng sự (2013), Anokwuru và cộng sự (2015) đã chỉ ra rằng lá của *Acalypha wilkesiana* khả năng diệt khuẩn [4, 5]. Dịch chiết từ lá tai tượng đỏ ức chế sự phát triển của các chủng vi khuẩn và nấm bao gồm *Staphylococcus aureus*, *Trichophyton rubrum*, *Trichophyton mentagrophytes*, *Candida albicans* và *Aspergillus flavus* [6]. Một số nghiên cứu sơ bộ về độc tính cấp của dịch chiết ethanol từ lá cây tai tượng đỏ trên chuột Wistar trưởng thành đã chỉ ra rằng, không có dấu hiệu ngộ độc cấp tính hoặc tử vong ở liều 5 g/kg, chứng tỏ độ an toàn cao của dịch chiết ở ngưỡng liều lượng đang xét [7].

Trong công nghiệp, bột màu được sử dụng trong nhiều lĩnh vực như mỹ phẩm, dược phẩm, thực phẩm, dệt may với mục đích tăng cường màu sắc, đặc tính cảm quan cho các sản phẩm [8]. Mặc dù, các chất tạo màu tổng hợp được ứng dụng rộng rãi do chi phí thấp, khả năng bền màu, nhưng đang có xu hướng dần bị thay thế bởi các chất màu có nguồn gốc từ tự nhiên, do các tác động tiêu cực của chất màu tổng hợp đến sức khỏe người tiêu dùng [9]. Chất màu tự nhiên là những chất tạo màu được thu nhận trực tiếp từ các nguồn thiên nhiên bao gồm các nhóm phổ biến như anthocyanin, carotenoid, hợp chất phenolic và một số curcuminoid [8]. Trong đó, anthocyanin, một loại chất màu tự nhiên thuộc nhóm flavonoid, đã được chứng minh có vai trò hỗ trợ phòng ngừa một số bệnh ung thư, tiểu đường, nhiễm trùng do vi khuẩn. Anthocyanin có khả năng tạo dải màu rộng, thay đổi tùy theo pH của dung dịch, do đó có thể được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp thực phẩm cũng như các ngành công nghiệp khác như mỹ phẩm [10, 11]. Tuy nhiên, anthocyanin vốn không ổn định, dễ bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ, ánh

sáng và pH; do đó, các kỹ thuật để cải thiện sự ổn định và tiện dụng của các chất màu này trong công nghiệp là rất quan trọng. Một trong những kỹ thuật phổ biến để vi bao các chất màu trong chất nền thích hợp là kỹ thuật sấy phun, trong đó hỗn hợp chất nền và chất cần vi bao được chuyển thành dạng bột mịn bằng khí nóng. Trong quá trình này, một số thông số cần được tối ưu để giảm độ nhớt của dung dịch ban đầu, tăng hiệu suất vi bao và giảm khả năng mất mát của các chất màu ban đầu. Các nguồn anthocyanin trong tự nhiên khá đa dạng, do nhóm chất này được sinh tổng hợp trong nhiều loài thực vật và thường tồn tại trong hoa, quả, vỏ và lá của một số loài thực vật. Tuy nhiên các nguồn này sản lượng hạn chế khó mở rộng quy mô trong công nghiệp. Qua nghiên cứu sơ bộ, lá cây tai tượng đỏ là nguồn giàu anthocyanin và polyphenol, tuy nhiên rất ít các nghiên cứu đề cập đến quá trình chiết và ứng dụng chúng trong sản xuất. Ngoài ra, đây là một dạng cây bụi, phát triển rất nhanh nên lá tai tượng đỏ có tiềm năng trở thành nguồn nguyên liệu ổn định trong quy mô công nghiệp. Vì vậy, mục tiêu của nghiên cứu này là khảo sát quá trình sấy phun tạo bột màu tự nhiên từ lá cây tai tượng đỏ. Bột màu sau sấy phun đã được đánh giá các đặc tính và xác định thành phần của anthocyanin có trong bột màu thu được.

2. NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu

10 kg lá cây tai tượng đỏ tươi được thu hái tại khu vực xã Hòa Thắng, Buôn Ma Thuật, Đắk Lắk trong thời gian từ tháng 10/2024-11/2024. Lựa chọn các lá nguyên vẹn, không bị dập, có màu đỏ đều. Lá sẽ được rửa sạch, cắt nhỏ, để ráo và sấy ở nhiệt độ 40 °C đến độ ẩm dưới 10% và được giữ trong điều kiện mát, tránh ánh sáng trước khi sử dụng.

Thiết bị đo màu Colorimeter CR-400 (Konica, Nhật Bản), thiết bị sấy phun SD-06 (Labplant, Anh), máy đo pH, thiết bị siêu âm VC750 (Sonics, Mỹ), máy đo quang UV-VIS V-730 (Jasco, Nhật Bản) đã được sử dụng trong nghiên cứu.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Trích ly chất màu và polyphenol từ lá cây tai tượng đỏ

Quá trình trích ly chất màu và polyphenol được tiến hành bằng phương pháp trích ly dung môi có hỗ trợ siêu âm, sử dụng dung môi ethanol 60% được acid hóa ở pH=1 bằng HCl. Nguyên liệu được trộn với dung môi theo tỉ lệ 1:50 (w/v), được siêu âm trong thời gian 15 phút với công suất 35%. Sau đó, hỗn hợp được lọc và cô đặc 3 lần bằng hệ thống cô quay chân không N-1300 Eyela (Nhật Bản) cho đến khi hàm lượng chất khô đạt 3% (dung dịch sau khi cô đặc). 2 lít dung dịch sau cô quay có hàm lượng anthocyanin (12,5 mg Cy3Glu/100 mL) và polyphenol (7,3 mg GAE/mL) được sử dụng làm nguyên liệu đầu vào cho quá trình sấy phun.

2.2.2. Khảo sát quá trình sấy phun

Quá trình sấy phun tạo bột màu được tiến hành với chất nền là maltodextrin. Các thông số về tỉ lệ chất nền, nhiệt độ sấy phun và tốc độ bơm được khảo sát để chọn thông số tốt nhất cho quá trình tạo bột màu với hàm mục tiêu là hiệu suất thu hồi anthocyanin và polyphenol. 100 mL dịch chiết sau khi cô đặc ở trên được bổ sung maltodextrin với các tỉ lệ khối lượng 5, 10, 15 và 20% (so với khối lượng của dịch chiết), sau đó tiến hành sấy phun ở các nhiệt độ 100, 120, 140, 160, 180 °C và tốc độ bơm 225, 360, 495, 630, 765 mL/giờ. Bột màu sau khi sấy phun được xác định khối lượng, hàm lượng anthocyanin và polyphenol, độ ẩm và đo màu sắc. Quá trình khảo sát được thiết kế theo phương pháp luân phiên từng biến, trong đó giá trị tốt nhất của thí nghiệm trước được sử dụng làm yếu tố cố định cho các thí nghiệm sau đó.

2.2.3. Khảo sát tính chất của bột màu

Các đặc tính của bột màu được đánh giá bao gồm: độ ẩm, mật độ khối, mật độ hạt, độ rỗng của hạt và khả năng hòa tan. Bột màu được sấy phun ở các điều kiện tốt nhất về tỉ lệ chất nền, nhiệt độ sấy phun và tốc độ bơm phun (xác định được ở các thí nghiệm trước đó) được sử dụng để xác định đặc tính (trong vòng 1 tuần sau khi sấy phun).



Hình 1. Nguyên liệu và sản phẩm trong quá trình làm thí nghiệm

a. Lá tai tượng đỏ tươi; b. Lá tai tượng đỏ sau sấy khô, c. dịch chiết, d. bột màu sau khi sấy phun

2.3. Phương pháp phân tích

Hàm lượng anthocyanin được xác định bằng phương pháp pH vi sai (AOAC 2005.02) [12].

Tổng hàm lượng polyphenol (TPC) được xác định theo TCVN 9745-1:2013 [13].

Màu sắc của bột màu được xác định bằng thiết bị so màu vật rắn Colorimeter CR-400.

Độ ẩm của mẫu được xác định bằng cân sấy ẩm hồng ngoại MB120 OHAUS-Mỹ.

Độ nhớt của sản phẩm được đo bằng thiết bị đo độ nhớt Brookfield.

Hiệu suất thu hồi bột màu của quá trình sấy phun được xác định theo công thức [14].

$$DY\% = \frac{m_2 \times (1 - y)}{m_1 \times x} \times 100$$

Trong đó: m_1 : khối lượng dung dịch mang đi sấy (g), x : nồng độ chất khô trong dung dịch mang đi sấy (%), m_2 : khối lượng bột màu thu được (g), y : độ ẩm của bột màu thu được (%).

Hiệu suất thu hồi của anthocyanin và polyphenol trong quá trình sấy được tính theo công thức:

$$H\% = \frac{m_2}{m_1} \times 100$$

Trong đó: m_1 : lượng anthocyanin/polyphenol trong dung dịch trước khi sấy, m_2 : lượng anthocyanin/polyphenol trong bột màu thu được sau khi sấy.

Mật độ khối của bột được xác định bằng cách lấy chính xác khoảng 2 g bột cho vào một ống đong có thể tích 10 mL, đặt trên bề mặt phẳng và thể tích cuối cùng được ghi lại. Sau đó mật độ khối được tính theo công thức [15]:

$$\text{Mật độ khối (g/mL)} = \frac{\text{Khối lượng bột (g)}}{\text{Thể tích mẫu bột (mL)}}$$

Xác định mật độ hạt của màu được tiến hành theo tài liệu [15] với một số thay đổi. Khoảng 1 g mẫu bột được cân chính xác và chuyển vào ống đong 10 mL, thêm 5 mL ether dầu hỏa và lắc cho đến khi các hạt bột được phân tán đều. Sau đó tráng thành ống bằng 1 mL dung môi và đo thể tích có bột phân tán. Mật độ hạt được tính theo công thức sau:

$$\text{Mật độ hạt (g/mL)} = \frac{\text{Khối lượng bột (g)}}{\text{Tổng thể tích ete dầu hỏa chứa bột (mL)} - 6}$$

Độ hòa tan của mẫu bột vi bao được tiến hành theo nghiên cứu của de Melo Ramos và cộng sự (2019) [16]. Cân 1 g mẫu bột vi bao hòa tan vào 25 mL nước cất sau đó khuấy đều bằng máy khuấy từ ở 25 °C. Hỗn hợp được chuyển vào ống ly tâm 50 mL và ly tâm ở 3000 vòng/phút trong 10 phút. Hút 20 mL phần nổi phía trên và sấy khô ở 105 °C trong 4 giờ. Độ hòa tan của mẫu bột vi bao được tính bằng công thức sau:

$$\text{Độ hòa tan (\%)} = \frac{\text{Khối lượng sấy khô (g)}}{\text{Khối lượng bột ban đầu thêm vào (g)}} \times 100$$

Độ rỗng của bột vi bao được xác định dựa trên mật độ hạt và tỷ trọng của hạt [17]. Độ rỗng được xác định bằng công thức sau:

$$\text{Độ rỗng (\%)} = \frac{\text{Mật độ hạt} - \text{Tỷ trọng}}{\text{Mật độ hạt}} \times 100$$

Thành phần anthocyanin trong bột màu được phân tích bằng phương pháp sắc ký lỏng hiệu năng cao sử dụng đầu dò mảng diot kết hợp khối phổ HPLC-DAD-MS. Điều kiện sắc ký bao gồm: Hệ thống Agilent 1260 infinite chromatograph system (Agilent, Germany) và đầu dò khối phổ MS (Agilent Technologies, 76337 Waidbronn, Germany); Pha động đẳng dòng: 1% HCOOH và 7% acetonitrile trong nước; Cột tách: Kromasil 5×100C18 4,6×250 mm; Nhiệt độ cột: 40 °C; Tốc độ dòng: 1 mL/phút, λ=515 nm. Chế độ hoạt động của đầu dò phổ khối: phương pháp ion hóa: phun điện; quét các ion tích điện dương trong phạm vi khối lượng từ 180 đến 1200 m/z; điện áp: 4000 V; nhiệt độ khí bốc hơi: 350 °C; lưu lượng khí (nitơ): 10 L/phút; và áp suất phun sương: 30 psig. Điện áp phân mảnh được cài đặt ở 85 V.

2.4. Phương pháp xử lý số liệu

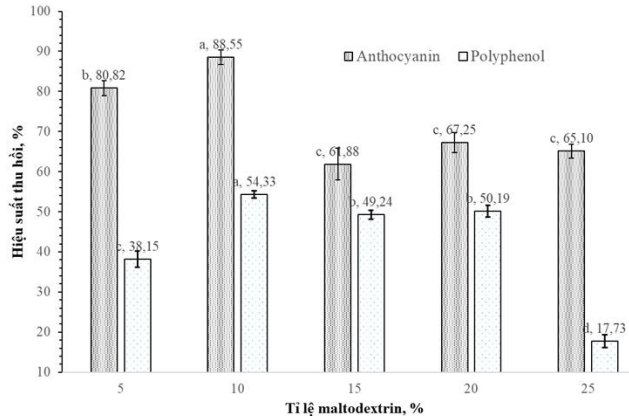
Các kết quả phân tích được tiến hành lặp 3 lần, kết quả được biểu diễn dưới dạng: giá trị trung bình ± Độ lệch chuẩn. Kết quả được xử lý ANOVA bằng phần mềm Minitab19. Đánh giá sự khác biệt của các mức thí nghiệm bằng chuẩn Tukey với độ tin cậy 95%.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình sấy phun

3.1.1. Kết quả khảo sát tỉ lệ maltodextrin

Trong kỹ thuật sấy phun, chất mang đóng vai trò quan trọng, ảnh hưởng đến hiệu quả của quá trình sấy phun, giúp hình thành các nền polymer để tăng cường hiệu quả đóng gói. Trong đó maltodextrin là chất mang được sử dụng phổ biến nhờ hiệu quả vi bao và tính kinh tế. Trong nghiên cứu này, hàm lượng maltodextrin bổ sung (tính theo phần trăm khối lượng dịch chiết) đã được khảo sát. Kết quả chỉ ra trong Hình 2.



Hình 2. Ảnh hưởng của tỷ lệ chất mang đến hiệu suất thu hồi anthocyanin và polyphenol

Đối với mỗi hàm mục tiêu (hiệu suất thu hồi anthocyanin và polyphenol), các chữ cái (a, b...) khác nhau trên mỗi hàm mục tiêu biểu hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$); yếu tố cố định: Nhiệt độ đầu vào 140 °C, tốc độ bơm 360 mL/giờ

Kết quả chỉ ra rằng, ở hàm lượng 10% maltodextrin, hiệu suất thu hồi anthocyanin và polyphenol đạt giá trị cao nhất lần lượt là 88,55% và 54,33%. Khi tỷ lệ maltodextrin bổ sung ở mức thấp (5%), bột màu có xu hướng bám dính trên thành buồng sấy và dưới đáy cyclon, dẫn đến thất thoát lượng bột màu thu hồi và làm giảm hiệu suất thu hồi của cả anthocyanin và polyphenol. Khi tăng tỷ lệ phối trộn từ 10% đến 15%, hiệu suất thu hồi lại có xu hướng giảm. Hiện tượng này có thể giải thích do nồng độ chất khô tăng cao làm gia tăng độ nhớt của dung dịch trước khi sấy gây bất lợi cho quá trình sấy, ảnh hưởng đến hiệu suất thu hồi của quá trình. Nghiên cứu của Ibrahim và cộng sự (2015) đã cho thấy rằng việc bổ sung maltodextrin ở tỷ lệ không phù hợp có thể gây hiện tượng kết dính bột trong quá trình sấy phun [18].

Kết quả đo màu của sản phẩm bột chỉ ra rằng, khi tỷ lệ maltodextrin tăng từ 5% đến 25%, giá trị L tăng từ 68,81 lên 78,97 mẫu trở nên sáng hơn (Bảng 1). Giá trị Chroma (C) giảm dần từ 17,15 xuống 13,76 phản ánh sự suy giảm cường độ màu sắc của bột màu. Giá trị h tăng nhẹ từ 35,39 lên 41,29, chỉ ra rằng màu sắc chuyển dần từ đỏ cam sang vàng cam. Đồng thời, giá trị a giảm từ 13,98 xuống 10,34 và giá trị b giảm nhẹ từ 9,93 xuống 9,08, cho thấy maltodextrin làm nhạt màu sắc tổng thể của bột. Xu hướng này tương đồng với nghiên cứu của Lao và cộng sự (2017) về ảnh hưởng của tỉ lệ chất nền maltodextrin đến hàm lượng anthocyanin từ lõi ngô tím, giá trị L giảm, giá trị C và h tăng khi tỷ lệ maltodextrin tăng [19].

Bảng 1. Ảnh hưởng của tỉ lệ maltodextrin đến thông số đo màu sắc của bột màu

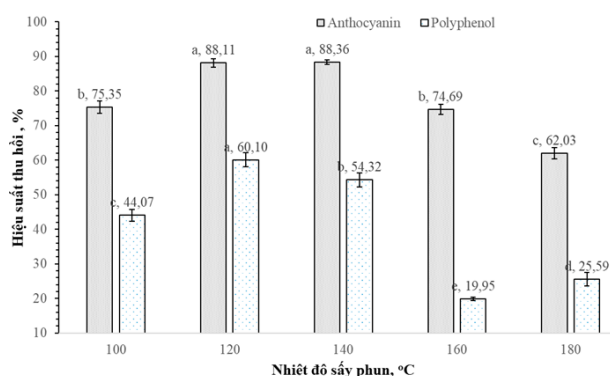
Tỷ lệ (%)	L	a	b	C	h
5	68,81 ± 0,11 ^c	13,98 ± 0,20 ^a	9,93 ± 0,08 ^a	17,15 ± 0,17 ^a	35,39 ± 0,63 ^d
10	72,89 ± 0,53 ^d	11,83 ± 0,14 ^b	10,10 ± 0,03 ^a	15,56 ± 0,11 ^b	40,49 ± 0,40 ^b
15	74,74 ± 0,09 ^c	11,55 ± 0,09 ^b	9,54 ± 0,07 ^b	14,98 ± 0,08 ^c	39,56 ± 0,36 ^c
20	75,96 ± 0,24 ^b	11,25 ± 0,28 ^b	9,20 ± 0,09 ^c	14,53 ± 0,22 ^c	39,28 ± 0,92 ^c
25	78,97 ± 0,48 ^a	10,34 ± 0,14 ^c	9,08 ± 0,04 ^d	13,76 ± 0,11 ^d	41,29 ± 0,46 ^a

Đối với cùng hàm mục tiêu, các chữ cái (a, b...) khác nhau trên mỗi cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê ($p < 0,05$)

Chính vì vậy, tỷ lệ maltodextrin 10% là mức phù hợp để tạo ra bột có màu sáng, độ bão hòa vừa phải, đồng thời duy trì đặc điểm màu sắc tự nhiên.

3.1.2. Kết quả khảo sát ảnh hưởng nhiệt độ sấy phun

Kết quả ảnh hưởng của nhiệt độ đầu vào trong quá trình sấy phun (Hình 3) chỉ ra rằng, nhiệt độ sấy tăng từ 100 đến 180 °C thì độ ẩm bột giảm từ 7,58% xuống còn 4,49%. Khi bột màu được sấy ở nhiệt độ thấp 100 °C, bột màu thu được có độ ẩm còn khá cao, dẫn đến hiện tượng bám dính trên thành buồng sấy và đáy cyclon, do đó làm giảm hiệu suất thu hồi của quá trình. Khi tăng nhiệt độ trên 140 °C thì hiệu suất thu hồi anthocyanin giảm, có thể do sự phân hủy một phần các chất này khi tiếp xúc với nhiệt ở nhiệt độ cao [18]. Hiệu suất thu hồi anthocyanin đạt giá trị cao nhất khoảng 88% ở nhiệt độ sấy 120 °C và 140 °C, bột mịn, khô và màu đỏ tươi mà không bị cháy khét, trong khi đó hiệu suất thu hồi của polyphenol đạt cao nhất ở nhiệt độ sấy 120 °C với giá trị 60,10%.



Hình 3. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy phun đến hiệu suất thu hồi anthocyanin và polyphenol

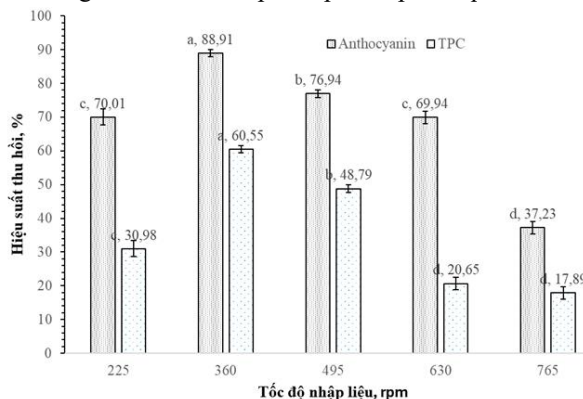
Đối với mỗi hàm mục tiêu (hiệu suất thu hồi anthocyanin và polyphenol), các ký tự (a, b, c, d) khác nhau trên mỗi cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$); yếu tố cố định: hàm lượng maltodextrin 10%, tốc độ bơm 360 mL/giờ

Kết quả đo màu chỉ ra rằng, khi nhiệt độ sấy tăng từ 100 °C đến 140 °C, giá trị L tăng nhẹ từ 71,95 lên 74,29, cho thấy bột sáng hơn. Tuy nhiên, khi nhiệt độ đạt 180 °C, giá trị L giảm xuống 71,17, có thể do cháy hoặc sẫm màu. Giá trị C giảm dần từ 19,34 ở 100 °C xuống còn 14,12 ở 180 °C, phản ánh sự suy giảm cường độ màu sắc do phân hủy các sắc tố. Giá trị h tăng từ 28,78 lên 46,52, cho thấy màu sắc chuyển từ đỏ sang vàng do phản ứng maillard hoặc caramel hóa [19]. Đồng thời, giá trị a giảm mạnh từ 16,95 xuống 9,72, trong khi giá trị b tăng từ 9,31 lên 10,25, chỉ ra rằng nhiệt độ cao thúc đẩy sự phân hủy anthocyanin và hình thành màu vàng. Nhìn chung, nhiệt độ tối ưu để duy trì độ sáng và màu sắc tự

nhiên có thể nằm trong khoảng 120 °C - 140 °C. Nhiệt độ sấy 120 °C là nhiệt độ phù hợp để hiệu suất thu hồi hàm lượng anthocyanin và polyphenol cao nhất, bên cạnh đó giữ được màu sắc tự nhiên của bột.

3.1.3. Kết quả khảo sát tốc độ nhập liệu

Kết quả ảnh hưởng của tốc độ nhập liệu đến hiệu suất thu hồi anthocyanin và polyphenol, được thể hiện trong Hình 4. Ở tốc độ nhập liệu 360 mL/giờ, hiệu suất thu hồi anthocyanin và polyphenol đạt mức cao nhất, nhờ sản phẩm sau sấy có độ ẩm thấp và ít bám dính vào thành buồng sấy. Tuy nhiên, nếu tốc độ nhập liệu quá thấp (225 mL/giờ), anthocyanin và polyphenol dễ bị tổn thất do thời gian tiếp xúc với không khí nóng kéo dài, làm tăng nguy cơ phân hủy các hợp chất này. Ngược lại, khi tốc độ nhập liệu tăng lên từ 495 đến 765 mL/giờ, mức độ tiếp xúc với không khí nóng giảm, nhưng độ ẩm trong sản phẩm tăng, dẫn đến hiện tượng bột chế phẩm bám nhiều hơn vào thành buồng sấy, khiến hiệu suất thu hồi giảm [20]. Vì vậy, 360 mL/giờ là tốc độ nhập liệu phù hợp cho quá trình sấy phun tạo bột màu.



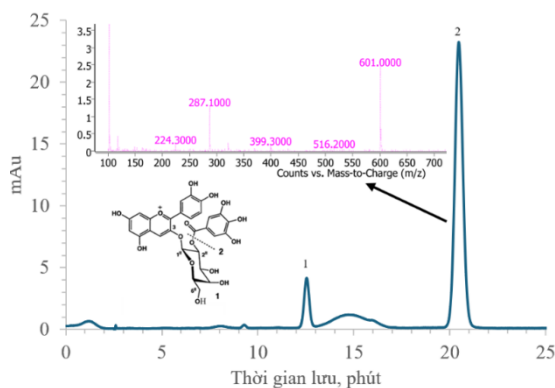
Hình 4. Ảnh hưởng của tốc độ nhập liệu đến hiệu suất thu hồi anthocyanin và polyphenol
Đối với mỗi hàm mục tiêu (hiệu suất thu hồi anthocyanin và polyphenol), các ký tự (a, b, c, d) khác nhau trên mỗi cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$); yếu tố cố định: hàm lượng maltodextrin 10%, nhiệt độ sấy phun 120 °C.

Như vậy, điều kiện phù hợp sấy phun dịch chiết từ lá tai tượng để thu bột màu bao gồm tỷ lệ maltodextrin 10%, nhiệt độ sấy 120 °C và lưu lượng nhập liệu là 360 mL/giờ. Tại điều kiện đó hiệu suất thu hồi anthocyanin và polyphenol đạt 88,91 và 60,55%. Kết quả thu được khá tương đồng với hiệu suất thu hồi anthocyanin đạt 86,0% [21] khi tối ưu hóa quá trình sấy phun dịch chiết anthocyanin từ củ khoai tây ruột tím sử dụng chất mang là maltodextrin tại nhiệt độ sấy phun tại 130 °C.

3.2. Đặc tính của bột màu thu được

3.2.1. Phổ UV và Phổ IR

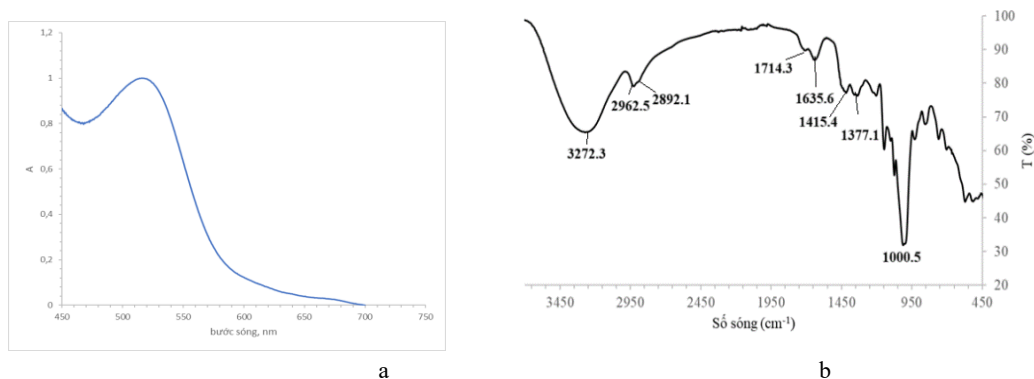
Kết quả phân tích thành phần anthocyanin trong bột màu và dịch chiết bằng phương pháp HPLC-DAD-MS chỉ rằng, thành phần anthocyanin trong bột màu thu được chứa 2 anthocyanin, trong đó cyanidin-3-O-(2"-galloyl- β -galactopyranoside) là thành phần chính với hàm lượng phần trăm tương đối (tính theo diện tích peak) là 89,6%, thành phần còn lại là 1-cyanidin 3-O-beta-galactopyranoside.



Hình 5. Sắc ký đồ anthocyanin trong bột màu thu được từ lá tai tượng để
1-cyanidin-3-O-beta-galactopyranoside; cyanidin-3-O-(2"-galloyl- β -galactopyranoside)

So sánh với thành phần anthocyanin trong dịch chiết ban đầu được phân tích bằng phương pháp HPLC-DAD-MS cho thấy không có sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê ($n=3$, $p=0,05$) (hàm lượng cyanidin-3-O-(2"-galloyl- β -galactopyranoside) là $88,1 \pm 0,8\%$ và 1-cyanidin 3-O-beta-galactopyranoside là $12,9 \pm 0,8\%$), chứng tỏ rằng quá trình sấy phun bảo toàn được thành phần anthocyanin có trong dịch chiết.

Phổ hấp thụ phân tử của bột màu sau khi hoàn nguyên trong nước ở pH=1 thể hiện trong hình 6a. So sánh với phổ UV-Vis của dịch chiết hoàn toàn tương đồng với bước sóng hấp thụ cực đại tại 515 nm tương ứng với đặc điểm cực đại hấp thụ của chất màu anthocyanin.



Hình 6. Phổ hấp thụ phân tử UV-VIS của bột màu sau khi hòa tan trong dung dịch nước ở pH=1, nồng độ 0,018 g bột màu/mL (a), và phổ hồng ngoại (FTIR) của bột màu (b)

Phổ FT-IR của bột màu cho thấy sự hiện diện của các vùng hấp thụ đặc trưng cho bột màu giàu polyphenol và anthocyanin (Hình 6b). Phổ FT-IR của bột sau sấy phun xuất hiện các dải hấp thụ đặc trưng tại 3272,3; 2962,5; 2892,1; 1714,3; 1635,6; 1377,1; 1000,5 cm⁻¹. Các dải này cung cấp thông tin có giá trị về các nhóm chức và tương tác phân tử có trong bột. Dải phổ hấp thụ trong vùng 3500 - 3100 cm⁻¹ đặc trưng cho dao động của nhóm -OH (trong các hợp chất polyphenol và maltodextrin). Vùng 2950 - 2800 cm⁻¹ liên quan đến dao động biến dạng của nhóm C-H. Dải 1700 - 1600 cm⁻¹ cho thấy sự hiện diện của nhóm C=O, thường gặp ở các dẫn xuất axit phenolic và anthocyanin ester hóa. Đỉnh peak 1714,3 cm⁻¹ được gán cho các dao động kéo dài của vòng thơm, đặc trưng của anthocyanin [22]. Vùng 1600 - 1500 cm⁻¹ phản ánh dao động C=C trong vòng thơm và dải 1100 - 1000 cm⁻¹ phản ánh nhóm C-O-H hoặc C-O-C trong cấu trúc glycoside. Các đặc điểm này xác nhận sự có mặt của anthocyanin và polyphenol có trong bột màu thu được từ quá trình xử lý sấy phun.

3.2.2. Đặc tính của bột màu thu được

Bột màu sau khi sấy phun được xác định các tính chất lý hóa như độ ẩm, mật độ khối, mật độ hạt, độ xốp, khả năng lưu chuyển, độ hòa tan và hiệu quả đóng gói. Kết quả được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2. Các đặc tính của bột màu thu được

Thông số	Đơn vị	Giá trị
Độ ẩm	%	5,84±0,40
Mật độ khối	g/cm ³	0,35±0,11
Mật độ hạt	g/cm ³	1,85±0,38
Độ hòa tan	%	95,8±2,1
Độ xốp	%	71,6±1,4
Hiệu suất thu hồi bột màu	%	93,9 ± 3,6
Anthocyanin	mg Cy3Glu/100 g	91,23 ± 1,101
TPC	mg GAE/g	36,44 ± 0,510

Kết quả chỉ ra rằng, độ ẩm của bột anthocyanin là 5,84%, đáp ứng yêu cầu về độ ẩm đối với bột màu được sử dụng trong công nghiệp để bảo quản lâu dài (3 - 6%). Mật độ khối và mật độ hạt là những yếu tố liên quan mật thiết đến chi phí vận chuyển, khả năng đóng gói và độ màu tổng thể của sản phẩm [23]. Đại lượng này cũng liên quan với hàm lượng ẩm, kích thước hạt và hình dạng hạt. Bột có mật độ

khối lớn thì lượng không khí trong bột thấp hơn góp phần bảo vệ chống lại sự hao hụt hoặc oxy hóa trong quá trình bảo quản. Đồng thời bột có mật độ hạt lớn hơn sẽ bị lấp đầy khoảng trống giữa các hạt dễ hơn vì vậy nó sẽ chiếm ít thể tích và có mật độ khối cao hơn [24]. Tuy nhiên khoảng không gian giữa các hạt lớn thì dẫn đến nồng độ oxy cao khiến xảy ra những thay đổi thoái hóa và làm giảm các đặc tính hoạt tính sinh học của bột được sản xuất.

Trong nghiên cứu này, mật độ khối và mật độ hạt của bột xác định lần lượt là 0,35 và 1,85 g/cm³. Mật độ khối khá cao (0,35 g/cm³), cho thấy hàm lượng không khí thấp trong bột có thể giúp ngăn ngừa quá trình oxy hóa trong quá trình bảo quản [25]. Độ xốp là một đặc tính quan trọng của vật liệu dạng bột trong ngành công nghiệp thực phẩm. Điều này đặc biệt quan trọng trong việc hoàn nguyên bột sậy phun. Độ xốp của bột biểu thị tỷ lệ khoảng trống giữa các hạt và thể tích của các khoảng trống so với tổng thể tích mà bột chiếm giữ. Các giá trị độ xốp cao hơn có nghĩa là số lượng khoảng trống giữa các hạt lớn hơn, có thể chứa oxy có thể gây ra phản ứng oxy hóa. Độ xốp của bột anthocyanin là 71,6%, kết quả này phù hợp với kết quả trong nghiên cứu trước đó với độ xốp khoảng 70% [26]. Độ hòa tan là một yếu tố thiết yếu để xác định chất lượng của bột được sử dụng trong ngành công nghiệp thực phẩm. Các loại bột hòa tan kém có thể dẫn đến quá trình xử lý khó khăn và tổn thất kinh tế. Kết quả độ hòa tan của bột anthocyanin là 95,8% trong khoảng 30 giây, cao hơn so với nghiên cứu của Hoàng T.N.N và cộng sự về bột sậy phun của bột giấm trên nền maltodextrin và gum arabic [26]. Hiệu quả đóng gói là một chỉ số quan trọng trong cả quá trình vi bao. Hiệu quả của vi nang hóa được đánh giá dựa trên các hạt bên trong vi nang so với tổng số hạt. Kết quả trong nghiên cứu này là 90,9% tương đồng với báo cáo của Idham và cộng sự (2012) khi sử dụng maltodextrin trong quá trình sấy phun anthocyanin từ hoa bột giấm [27].

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã tiến hành khảo sát và đánh giá khả năng tạo bột màu từ lá tai tượng đỏ bằng phương pháp sấy phun. Kết quả cho thấy hiệu suất thu hồi anthocyanin và polyphenol cao nhất lần lượt là 88,9% và 60,55% với điều kiện sấy phun gồm tỷ lệ maltodextrin 10%, nhiệt độ sấy 120 °C và lưu lượng nhập liệu là 360 mL/giờ. Hai anthocyanin chính được xác định trong bột màu là cyanidin-3-O-(2"-galloyl-β-galactopyranoside) (10,4%) và cyanidin-3-O-β-galactopyranoside (89,6%), dựa trên diện tích peak được phân tích bằng phương pháp HPLC-DAD-MS. Các đặc tính lý hóa của bột màu (độ ẩm, mật độ khối, mật độ hạt, độ hòa tan, hàm lượng anthocyanin và polyphenol) cũng đã được xác định. Mặc dù lá cây tai tượng đỏ là một loài thực vật có giá trị dược liệu, việc ứng dụng trong công nghệ thực phẩm hoặc được phẩm cần được đánh giá toàn diện về mức độ an toàn sinh học và độc tính tiềm tàng. Do đó, các nghiên cứu sâu hơn về độc tính cấp và mạn, cũng như thử nghiệm trên động vật hoặc tế bào, là cần thiết để mở rộng khả năng ứng dụng nguyên liệu này theo hướng an toàn và bền vững trong ngành công nghiệp thực phẩm và dược phẩm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] H. A. Madziga, S. Sanni, and U. K. Sandabe, "Study on phytochemical and elemental analysis of *Acalypha wilkesiana* Leaf" *Current Approaches in Science and Technology Research*, vol. 10, pp. 96–101, Jul. 2021, doi: <https://doi.org/10.9734/bpi/castr/v10/10633D>
- [2] A. N. Sulaiman, and A. E. James, "Phytochemical constituents and antifungal activity of *Acalypha wilkesiana* leaves on *Candida albicans*" *FUDMA Journal of Sciences*, vol. 7, no.3, pp. 209-214, Jun. 2023, doi: <http://doi.org/10.33003/fjs-2023-0703-1735>
- [3] N. A. R. Gow, and B. Yadav, "Microbe Profile: *Candida albicans*: a shape-changing, opportunistic pathogenic fungus of humans" *Microbiology*, vol. 163, no. 8, pp.1145–1147, Aug. 2017, doi: <https://doi.org/10.1099/mic.0.000499>
- [4] M. T. Haruna, C. P. Anokwuru, A. A. Akeredolu, A. A. Akinsemolu, and O. A. Alabi, "Antibacterial and antifungal activity of *Acalypha wilkesiana*" *European Journal of Medicinal Plants*, vol. 3, no. 1, pp. 52–64, 2013, doi: <https://doi.org/10.9734/EJMP/2013/2220>
- [5] C. P. Anokwuru, A. Sinisi, A. Samie, and O. Taglialatela-Scafati, "Antibacterial and antioxidant constituents of *Acalypha wilkesiana*" *Natural product research*, vol. 29, no. 12, pp. 1180-1183, 2015, doi: <https://doi.org/10.1080/14786419.2014.983105>

- [6] P. I. Alade, and O. N. Irobi, “Antimicrobial activities of crude leaf extracts of *Acalypha wilkesiana*” *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 39, no. 3, pp. 171-174, Aug. 1993, doi: [https://doi.org/10.1016/0378-8741\(93\)90033-2](https://doi.org/10.1016/0378-8741(93)90033-2)
- [7] A. O. Iyamu, U. Akpamu, and K. Uwarobehi, “Phytochemical evaluation and acute toxicity study of ethanol leaf extract of *Acalypha wilkesiana*” *Journal of Biomedical Research & Environmental Sciences*, vol. 2, no. 8, pp. 713-720, Aug. 2021, doi: <https://doi.org/10.37871/jbres1302>
- [8] E. O. Alegbe, and T. O. Uthman, “A review of history, properties, classification, applications and challenges of natural and synthetic dyes” *Heliyon*, vol. 10, no. 13, Jul. 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33646>
- [9] A. Kendrick, “Coloring Aqueous Food Types” in *Handbook on Natural Pigments in Food and Beverages*. Woodhead Publishing, pp. 163-177, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100371-8.00007-5>
- [10] M. Yüçetepe, Z. T. Özaslan, M. Ş. Karakuş, M. Akalan, A. Karaaslan, M. Karaaslan, and B. Başıyigit, “Unveiling the multifaceted world of anthocyanins: Biosynthesis pathway, natural sources, extraction methods, copigmentation, encapsulation techniques, and future food applications” *Food Research International*, vol. 187, Jul. 2024 114437, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114437>
- [11] R. B. Malabadi, K. P. Kolkar, and R. K. Chalannavar, “Plant natural pigment colorants-health benefits: toxicity of synthetic or artificial food colorants” *International Journal of Innovation Scientific Research and Review*, vol. 4, no. 10, pp. 3418–3429, Oct. 2022
- [12] Lee, Jungmin, Durst, Robert, Wrolstad, and Rnald, “AOAC official method 2005.02: total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method” in *Official Methods of Analysis of AOAC International*, Chapter 37. Nov. 2005
- [13] Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 9745-1:2013 (ISO 14502-1:2005, Định chính kỹ thuật 1:2006) về Chè - Xác định các chất đặc trưng của chè xanh và chè đen - Phần 1 - Hàm lượng polyphenol tổng số trong chè - Phương pháp đo màu dùng thuốc thử Folin-Ciocalteu. 2013
- [14] S. M. Jafari, M. G. Ghalenoei, and D. Dehnad, “Influence of spray drying on water solubility index, apparent density, and anthocyanin content of pomegranate juice powder” *Powder technology*, vol. 311, pp. 59-65, Apr. 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2017.01.070>
- [15] N. Jinapong, M. Suphantharika, and P. Jamnong, “Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration” *Journal of Food Engineering*, vol. 84, no. 2, pp. 194-205, Jan. 2008, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.04.032>
- [16] F. de Melo Ramos, V. Silveira Júnior, and A. S. Prata, “Assessing the Vacuum Spray Drying Effects on the Properties of Orange Essential Oil Microparticles” *Food Bioprocess Technology*, vol. 12, pp. 1917-1927, Nov. 2019, doi: <https://doi.org/10.1007/s11947-019-02355-2>
- [17] S. Santhalakshmy, S. J. D. Bosco, S. Francis, and M. Sabeena, “Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder” *Powder Technology* vol. 274, pp. 37-43, Apr. 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2015.01.016>
- [18] N. M. B. Ibrahim, N. B. A. Rahman, and S. B. A. Hashib, “Effect of Maltodextrin in Production of Spray Dried Kaffir Lime” *Advanced Materials Research*, vol. 1113, pp. 296–299, Jul. 2015, doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.1113.296>
- [19] F. Lao, and M. M. Giusti, “The effect of pigment matrix, temperature and amount of carrier on the yield and final color properties of spray dried purple corn (*Zea mays* L.) cob anthocyanin powders” *Food Chemistry*, vol. 227, pp. 376–382, Jul. 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.091>
- [20] R. V. Tonon, C. Brabet, and M. D. Hubinger, “Influence of process conditions on the physicochemical properties of acai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying” *Journal of Food Engineering*, vol. 88, no. 3, pp. 411-418, Oct. 2008, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.02.029>
- [21] C. Vergara, M. T. Pino, O. Zamora, J. Parada, R. Pérez, M. Uribe, and J. Kalazich, “Microencapsulation of Anthocyanin Extracted from Purple Flesh Cultivated Potatoes by Spray Drying and Its Effects on In Vitro Gastrointestinal Digestion” *Molecules*, vol. 25, no. 3, pp. 722, Feb. 2020, doi: <https://doi.org/10.3390/molecules25030722>

- [22] A. V. Nguyen, A. T. N. Vu, L. V. Bazan, T. G. Ravil, A. N. Utenyshev, E. V. Markova, V. T. Le and O. V. Kovalchukova, “ Synthesis, characterization, and sorption activity of novel azo- colorants derived from phloroglucinol and antipyrine and their metal complexes” *RSC Advances*, vol. 12, pp. 888-898, 2022, doi: [https://doi.org/ 10.1039/D1RA07254D](https://doi.org/10.1039/D1RA07254D)
- [23] D. E. Walton, “The morphology of spray- dried particles a qualitative view” *Drying Technology*, vol. 18, no. 9, pp. 1943-1986, Oct. 2000, doi: <https://doi.org/10.1080/07373930008917822>
- [24] K. J. A. Lim, A. A. Cabajar, M. K. V. Migallos, C. F. Y. Lobarbio and E. B. Taboada, “Microencapsulation of phenolic compounds from waste mango seed kernel extract by spray drying technology” *Nature Environment and Pollution Technology*, vol. 18, no. 3, pp. 765-775, 2019.
- [25] H. C. F. Carneiro, R. V. Tonon, C. R. F. Grosso and M. D. Hubinger, “Encapsulation efficiency and oxidative stability of flaxseed oil microencapsulated by spray drying using different combinations of wall materials” *Journal of food engineering*, vol. 115, no. 4, pp. 443-451, Apr. 2013, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.03.033>
- [26] N. T. N. Hoang, N. N. K. Nguyen, L. T. K. Nguyen, A. T. H. Le and D. T. A. Dong, “Research on optimization of spray drying conditions, characteristics of anthocyanins extracted from *Hibiscus sabdariffa* L. flower, and application to marshmallows” *Food Science & Nutrition*, vol. 12, no. 3, pp. 2003-2015, 2024, doi: <https://doi.org/10.1002/fsn3.3898>
- [27] Z. Idham, I. I. Muhamad and M. R. Sarmidi, “Degradation kinetics and color stability of spray-dried encapsulated anthocyanins from *Hibiscus sabdariffa* L” *Journal of Food Process Engineering*, vol. 35, no. 4, pp. 522-542, 2013, doi: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2010.00605.x>

ABSTRACT

NATURAL PIGMENT POWDER FROM *Acalypha wilkesiana* LEAVES VIA SPRAY DRYING: PREPARATION, CHARACTERIZATION

Tran Van Cao, Tran Thien Nguyen, Luu Thi Ngoc Duyen,

Nguyen Ngoc Minh Ngan, Nguyen Van Anh*

Faculty of Food Science and Technology, Ho Chi Minh City University of Industry and Trade

*Email: anhnv@huit.edu.vn

Leaves of *Acalypha wilkesiana* are a rich source of anthocyanins and polyphenols; however, their applications in food technology remain underexplored. This study aimed to extract these bioactive compounds using ultrasound-assisted extraction with an ethanol–water solvent system and to investigate the spray-drying process for producing natural pigment powders. The pigments obtained were evaluated for their physicochemical characteristics, as well as anthocyanin and polyphenol contents. Optimal spray-drying conditions were identified as 10% maltodextrin (w/w relative to extract), an inlet temperature of 120 °C, and a feed rate of 360 mL/h. Under these parameters, the pigment powder exhibited a vibrant red color with anthocyanin and polyphenol recovery efficiencies of 88,91% and 60,55%, respectively. The final product contained 36,44 mg GAE/g of polyphenols and 91,23 mg Cy3Glu/100 g of anthocyanins. HPLC-DAD-MS analysis identified cyanidin-3-O-(2"-galloyl-β-galactopyranoside) as the predominant anthocyanin compound. The pigment powders extracted from *A. wilkesiana* leaves should be evaluated for both acute and chronic toxicity, and tested on animal models or cell cultures to determine their suitability for use in industries such as cosmetics, food, and pharmaceuticals.

Keywords: *Acalypha wilkesiana*, anthocyanin, natural pigment powder, spray-drying.