

NGHIÊN CỨU CHẾ BIẾN BỘT QUẢ THANH LONG RUỘT ĐỎ (*Hylocereus polyrhizus*) BẰNG PHƯƠNG PHÁP SẤY BỘT XỐP

Nguyễn Chí Quyên^{1,2}, Phan Thị Thanh Quế¹, Nguyễn Thị Thu Thủy¹,
Mai Cát Duyên², Dương Thị Phụng Liên^{1,*}

¹ Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm, Đại học Cần Thơ

² Khoa Kỹ thuật - Công nghệ, Trường Đại học Nam Cần Thơ

*Email: dtplien@ctu.edu.vn

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, bột thanh long ruột đỏ (*Hylocereus polyrhizus*) được sản xuất bằng phương pháp sấy bột xốp nhằm tạo ra sản phẩm có chất lượng tốt. Mục tiêu của nghiên cứu là khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ glycerol monostearate (GMS) sử dụng (1, 2, 3, 4%) và dạng nguyên liệu (tươi và lạnh đông) đến hiệu suất thu hồi và chất lượng của bột thanh long ruột đỏ thành phẩm. Bột thanh long được phân tích về hàm lượng nước, hoạt độ nước, chỉ số độ hòa tan trong nước (WSI), màu sắc, hàm lượng betacyanin, phenolic và flavonoid cùng với hoạt tính chống oxy hóa được thể hiện qua khả năng loại gốc tự do 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH). Kết quả cho thấy, sử dụng nguyên liệu thanh long ruột đỏ dạng tươi cho sản phẩm có chất lượng tốt hơn so với dạng lạnh đông, đồng thời sử dụng GMS với tỷ lệ 3% cho độ giãn nở bột hiệu quả nhất dẫn đến hiệu suất thu hồi cao (87,94%), bột thành phẩm có hoạt độ nước thấp (0,53), chỉ số hòa tan tốt (62,34%) và đặc biệt là có hàm lượng betacyanin, phenolic và flavonoid cao, tương ứng với 34,09 mg/100 g, 1,91 mg GAE/g và 17,13 mg QE/100 g, các hợp chất này góp phần cho khả năng loại gốc tự do DPPH của bột đạt 48,68%. Kỹ thuật sấy bột xốp có thể được áp dụng như một kỹ thuật chế biến bột trái cây có khả năng bảo quản tốt vì tạo ra bột có hoạt độ nước thấp và hiệu suất thu hồi cao nên tiết kiệm chi phí hơn.

Từ khóa: Glycerol monostearate, hoạt tính chống oxy hóa, lạnh đông, phenolic, sấy bột xốp.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Thanh long (*Hylocereus polyrhizus*) là loại trái cây nhiệt đới có thể được trồng ở các vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới khác nhau trên thế giới như Đông Nam Á, Trung và Nam Mỹ. Việt Nam là nước sản xuất và xuất khẩu thanh long chủ yếu ở Đông Nam Á [1]. Theo Bộ Công Thương (2024) [2], tính đến hết tháng 10/2024, diện tích thanh long cả nước hơn 50.000 ha, riêng tại tỉnh Bình Thuận cũ, nay là tỉnh Lâm Đồng diện tích thanh long là 26.550 ha. Về sản lượng, trong tháng 10/2024, sản lượng thu hoạch thanh long ước đạt 147,3 nghìn tấn, tăng hơn 20% so với tháng 10/2023; trong đó, tỉnh Bình Thuận cũ thu hoạch 65 nghìn tấn, tỉnh Tiền Giang cũ nay là tỉnh Đồng Tháp có sản lượng 45 nghìn tấn, tỉnh Long An cũ nay là tỉnh Tây Ninh thu hoạch 25 nghìn tấn. Tính chung trong 10 tháng đầu năm 2024, sản lượng thanh long đạt 841,7 nghìn tấn,

trong đó, sản lượng thanh long của tỉnh Bình Thuận cũ ước đạt 405 nghìn tấn; tỉnh Tiền Giang cũ ước đạt 207 nghìn tấn, tỉnh Long An cũ là 142 nghìn tấn. Thanh long không chỉ phục vụ tiêu dùng nội địa mà còn xuất khẩu, giá trị xuất khẩu thanh long Việt Nam trong 11 tháng đầu năm 2024 đạt 473,7 triệu USD.

Thanh long có giá trị dinh dưỡng và chức năng cao. Thanh long giàu vitamin C, vitamin A và niacin; các chất khoáng như: Kali, natri, canxi, photpho, kẽm, magiê, sắt và chất xơ. Thanh long mang lại nhiều lợi ích về sức khỏe cho người tiêu dùng [3]. Chất chống oxy hóa rất dồi dào có trong thanh long như: Betacyanin, flavonoid và polyphenol [4]. Các thành phần này có khả năng loại bỏ các gốc tự do mạnh mẽ, làm giảm nguy cơ phát triển các bệnh mãn tính. Flavonoid có vai trò quan trọng trong việc bảo vệ tế bào não và mạch máu, giúp giảm nguy cơ mắc các vấn đề về tim [5]. Chính vì

vậy, tiềm năng thương mại của loại quả này cần được nghiên cứu.

Thanh long cũng như các loại quả khác, đều có hàm lượng nước cao và rất dễ hư hỏng, không thể bảo quản trong thời gian dài. Sấy khô là một trong những phương pháp phổ biến làm giảm độ ẩm để bảo quản thực phẩm, tạo ra các sản phẩm khử nước có thời hạn sử dụng kéo dài. Tuy nhiên, chất lượng của các sản phẩm sấy khô bằng không khí thông thường thường thấp hơn so với nguyên liệu ban đầu do thực phẩm tiếp xúc với nhiệt trong thời gian dài trong quá trình sấy. Sấy bột xộp là một quy trình áp dụng cho chất lỏng có độ đặc tương đối cao cùng với chất tạo bột thích hợp để đánh bông tạo thành bột ổn định và được khử nước dưới dạng một lớp màng bột mỏng ở nhiệt độ tương đối thấp. Diện tích bề mặt tăng lên và cấu trúc xộp của bột giúp đẩy nhanh quá trình loại bỏ độ ẩm, giảm đáng kể thời gian sấy khô và bảo quản tốt hơn các chất dinh dưỡng, màu sắc và hương vị nhạy cảm với nhiệt so với các phương pháp thông thường [6]. Phương pháp này phù hợp với bất kỳ vật liệu nhạy nhiệt, dính và nhớt mà không thể sấy khô. Sản phẩm sấy bột xộp có đặc tính phục hồi tốt hơn và vượt trội hơn so với sản phẩm sấy bằng phương pháp sấy trống và sấy phun [7] và đã được công nhận là một trong những phương pháp hiệu quả để rút ngắn thời gian sấy. Thanh long có lượng chất khô cao, đặc biệt là pectin tạo nên tính nhớt dẫn đến nhiều khó khăn cho quá trình sấy, do đó sấy bột xộp là lựa chọn thích hợp cho quy trình tạo bột từ quả thanh long. Từ các nhận định trên, việc nghiên cứu chế biến bột quả thanh long bằng phương pháp sấy bột xộp là rất cần thiết để tạo ra sản phẩm chất lượng tốt, có thời gian bảo quản dài, dễ vận chuyển và bổ sung vào các thực phẩm khác.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Địa điểm và nguyên liệu nghiên cứu

Thanh long ruột đỏ (*Hylocereus polyrhizus*) được cung cấp từ các hộ trồng tại tỉnh Long An cũ, nay là tỉnh Tây Ninh. Nguyên liệu sau thu hoạch trong vòng tối đa 2 ngày được vận chuyển về Phòng thí nghiệm, Viện Công nghệ sinh học và Thực phẩm, Đại học Cần Thơ.

2.2. Xử lý nguyên liệu và bố trí thí nghiệm

Thanh long được rửa sạch, để ráo, cắt làm 4, tách riêng phần vỏ quả và thịt quả. Phần thịt quả

được nghiền và tách phần hạt được gọi là puree và là nguyên liệu chính cho nghiên cứu này. Thí nghiệm được bố trí với 2 nhân tố: (i) là dạng nguyên liệu (tươi và lạnh đông), (ii) là tỷ lệ glycerol monostearate (GMS) sử dụng (1, 2, 3, 4%) cho phương pháp sấy bột xộp.

Nguyên liệu dạng tươi: Sử dụng ngay sau khi được nghiền mịn và lọc tách phần hạt. Nguyên liệu dạng lạnh đông: Trái thanh long được lạnh đông ở - 25°C trong 1 - 2 ngày được rã đông và tiến hành xử lý tương tự như nguyên liệu dạng tươi. Nguyên liệu sau khi rửa sạch, bỏ vỏ, cắt khúc khoảng 1 - 2 cm và rây để tách hạt thanh long. Phần thu được sau khi chà qua rây (puree thanh long) được thanh trùng bằng NaHSO₃ (114 mg/l) trong 30 phút. GMS với các tỷ lệ 1, 2, 3, 4% so với khối lượng puree được trộn đều với albumin (10%) để dễ dàng hòa tan vào puree thanh long. Hỗn hợp được đánh tạo bột bằng máy đánh trứng Philip trong thời gian 10 phút với tốc độ cao nhất. Hỗn hợp sau khi tạo bột được trải lên khay với chiều dày lớp bột 4 mm và sấy ở 60°C đến khi độ ẩm đạt ≤ 10%, tiến hành nghiền và sàng (kích thước lỗ sàng 0,25 mm) để thu được bột mịn. Sản phẩm được giữ trong túi zip phức hợp tráng nhôm ổn định 1 ngày ở 4°C để xác định các đặc tính hóa lý, các hợp chất có hoạt tính chống oxy hóa, hoạt tính chống oxy hóa của sản phẩm.

2.3. Phương pháp xác định các chỉ tiêu

2.3.1. Xác định độ giãn nở của bột và hiệu suất thu hồi chất khô

- Độ giãn nở của bột (%): Được xác định theo công thức sau [8]:

$$\text{Độ giãn nở của bột (\%)} = [(V_1 - V_0)/V_0] \times 100\%$$

Trong đó: V_0 và V_1 là thể tích của hỗn hợp trước và sau khi đánh tạo bột (cm³).

- Hiệu suất thu hồi chất khô (%): Được tính bằng tỷ lệ phần trăm chất khô trong bột thành phẩm trên chất khô trong hỗn hợp nguyên liệu trước khi sấy.

2.3.2. Xác định đặc tính hóa lý

- Xác định độ ẩm (%): Phương pháp sấy đến khối lượng không đổi [9].

- Xác định hoạt độ nước (A_w): Sử dụng máy đo hoạt độ nước Rotronic HP23 (Thụy Sĩ).

- Xác định hàm lượng betacyanin: Theo phương pháp của Chia và Chong (2015) [10]. Kết quả được thể hiện qua đơn vị mg/100 g chất khô.

- Xác định chỉ số hòa tan trong nước (Water solubility index - WSI) (g/g): Theo phương pháp của Hsu và cs (2003) [11].

- Xác định màu sắc: Màu sắc của thanh long nguyên liệu và bột quả thanh long được đo bằng máy đo màu Konika Minolta CR-20. Kết quả thể hiện qua hệ màu L^* , a^* , b^* . Độ khác biệt màu sắc ΔE so với mẫu đối chứng không nảy mầm được tính theo công thức:

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2}$$

Trong đó: L_0^* , a_0^* , b_0^* là giá trị màu của mẫu đối chứng là thịt quả thanh long ruột đỏ.

2.3.3. Xác định các hợp chất có hoạt tính chống oxy hóa và hoạt tính chống oxy hóa

- Xác định TPC: Theo phương pháp Folin-Ciocalteu [12], với chất chuẩn là axit garlic. TPC được thể hiện qua mg đương lượng axit garlic trên g chất khô mẫu phân tích (mg GAE/g ck).

- Xác định TFC: Phương pháp so màu phức với clorua nhôm với chất chuẩn quercetin [13].

Kết quả được thể hiện qua đơn vị mg đương lượng quercetin trên 100 g chất khô mẫu phân tích (mg QE/100 g ck).

- Xác định hoạt tính chống oxy hóa: Đo hoạt tính loại gốc tự do thông qua sự mất màu của dung dịch màu tím của DPPH trong methanol khi đo tại bước sóng 517 nm [14]. Kết quả thể hiện qua tỷ lệ phần trăm khả năng loại gốc tự do DPPH.

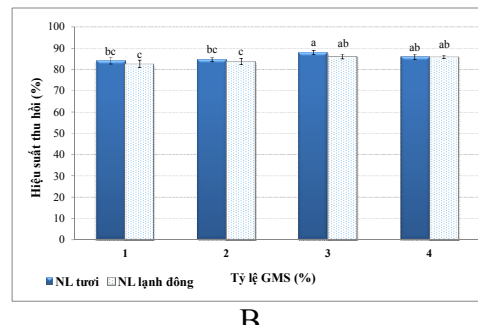
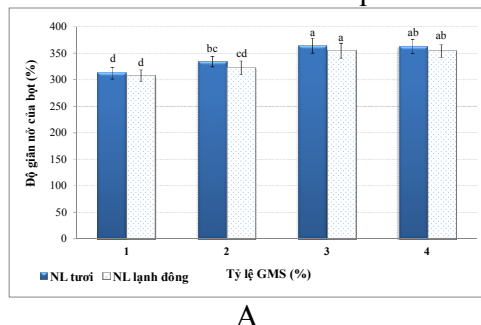
2.4. Phương pháp xử lý số liệu

Xử lý thống kê số liệu theo phương pháp phân tích phương sai (ANOVA) và kiểm định LSD sử dụng phần mềm STATGRAPHICS Centurion XVI.I để so sánh sự khác biệt giữa các trung bình nghiệm thức. Đồ thị được xây dựng bằng phần mềm Microsoft Excel 2007.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Độ giãn nở của bột và hiệu suất thu hồi của bột thanh long

Kết quả thống kê ảnh hưởng của dạng nguyên liệu và tỷ lệ GMS sử dụng đến độ giãn nở của bột và hiệu suất thu hồi bột quả thanh long được trình bày ở hình 1.



Hình 1. Ảnh hưởng của dạng nguyên liệu và tỷ lệ GMS đến độ giãn nở của bột (A) và hiệu suất thu hồi bột quả thanh long (B)

Ghi chú: Kết quả được thể hiện qua trung bình và độ lệch chuẩn, các chữ cái khác nhau phía trên các cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Khi tăng tỷ lệ GMS từ 1 - 4% theo khối lượng, độ giãn nở của bột tăng lên rõ rệt (Hình 1.A). Tỷ lệ GMS ở mức 3 và 4% ghi nhận giá trị độ giãn nở của bột cao hơn khác biệt so với sử dụng GMS 1 và 2%, song sự gia tăng độ giãn nở của bột khi gia tăng tỷ lệ GMS từ 3 - 4% là không đáng kể, kết quả này thể hiện cho cả hai dạng nguyên liệu tươi và lạnh đông. Quy luật biến đổi độ giãn nở bột theo tỷ lệ GMS trong nghiên cứu này phù hợp với kết quả nghiên cứu của Krishna và Minati (2020) [15] khi sấy bột măng cầu bằng

phương pháp sấy bột xốp sử dụng GMS. Sự giãn nở của bột tăng lên khi tỷ lệ GMS tăng lên do sự giảm sức căng bề mặt để tạo thành màng phân pha làm tăng sự giãn nở của bột [16]. Sự gia tăng độ giãn nở của bột làm quá trình sấy dễ dàng hơn, dẫn đến hiệu suất thu hồi cao, kết quả này thể hiện rõ qua đồ thị hình 1.B. Khi sử dụng GMS tỷ lệ cao (3 - 4%), hiệu suất thu hồi cao khác biệt so với sử dụng GMS tỷ lệ thấp (1 - 2%) cho cả hai dạng nguyên liệu tươi và lạnh đông. Xu hướng tăng tương tự về hiệu suất thu hồi bột khi tăng

nồng độ chất tạo bọt đã được ghi nhận trong các nghiên cứu về sấy bột xốp với các nguyên liệu khác như ôi [17], đu đủ [7]. Trong nghiên cứu này, nguyên liệu tươi và nguyên liệu lạnh đông không khác biệt về độ giãn nở của bột cũng như hiệu suất thu hồi chất khô. Cả hai đều cho hiệu suất thu hồi cao khi sử dụng tỷ lệ GMS thích hợp là 3%.

3.2. Độ ẩm, hoạt độ nước và chỉ số hòa tan của bột thanh long

Độ ẩm của bột thanh long cùng với kết quả thống kê ảnh hưởng của dạng nguyên liệu và tỷ lệ GMS sử dụng đến hoạt độ nước và chỉ số hòa tan trong nước của bột quả thanh long được trình bày ở bảng 1. Kết quả cho thấy, độ ẩm các mẫu dao động trong khoảng 6,37 - 8,12%, không khác biệt nhiều. Các mẫu bột khoai tây sấy bột xốp sử dụng GMS trong kết quả nghiên cứu của Darniadi và cs (2022) [18] có hàm lượng ẩm $\leq 8\%$. Hoạt độ nước của bột không khác biệt có ý nghĩa thống kê và dao động trong khoảng 0,51 - 0,53. Hoạt độ nước tất cả các nghiệm thức đều $< 0,6$ đã đáp ứng ngưỡng an toàn vì sinh vật được báo cáo bởi Chirife và Buera (1994) [19], cho thấy quá trình sấy đã kiểm soát hiệu quả trạng thái nước tự do của sản phẩm, giúp đảm bảo các mẫu bột có thể bảo quản tốt ở nhiệt độ môi trường trong điều kiện kín tránh hút ẩm trở lại.

Chỉ số độ hòa tan trong nước (WSI) đề cập đến khả năng hòa tan của bột với nước. Bột lý tưởng cần phải dễ dàng hấp thụ nước, thấm ướt hoàn toàn, chìm xuống và hòa tan hoặc phân tán

mà không bị vón cục [20]. Độ hòa tan có liên quan chặt chẽ đến hàm lượng protein trong bột thanh long ruột đỏ. Các nhóm axit amin phân cực cung cấp tính chất ưa nước cho các phân tử protein, cho phép chúng liên kết với nước. Tương tác ion hoặc tương tác protein - nước dẫn đến tăng độ hòa tan [21]. Trong nghiên cứu này, WSI của bột thanh long dao động trong khoảng 55,21 - 62,34%, phù hợp với kết quả nghiên cứu của Akman và cs (2024) [22] khi sấy bột xốp bột quả thanh long sử dụng albumen trứng và whey protein isolate làm chất tạo bọt, bột thanh long ruột đỏ có WSI trong khoảng 56,98 - 71,03. Tỷ lệ chất tạo bọt cũng ảnh hưởng đáng kể đến chỉ số WSI của bột thanh long ruột đỏ. Tỷ lệ GMS thấp (1 - 3%), WSI không bị ảnh hưởng đáng kể, tuy nhiên khi tỷ lệ GMS tăng cao (4%), chỉ số WSI của bột thanh long ruột đỏ giảm rõ rệt cho cả nguyên liệu tươi và lạnh đông. Điều này có thể do tổng lượng chất rắn tăng lên khi nồng độ chất tạo bọt tăng cao, làm gián đoạn tương tác ưa nước của protein với nước [23]. Nguyên liệu tươi có xu hướng tạo ra bột có WSI cao hơn so với nguyên liệu lạnh đông có thể do protein trong thanh long bị biến tính một phần trong quá trình lạnh đông dẫn đến giảm khả năng hòa tan của bột thành phẩm. Ngoài ra, theo Kilicli và Erol (2023) [24], khi tỷ lệ chất tạo bọt quá cao có thể dẫn đến sự hình thành cấu trúc đặc hơn, chặt hơn trong bột sấy khô bằng phương pháp bột xốp, dẫn đến làm giảm khả năng tiếp cận của nước với cấu trúc bên trong của các hạt bột, hạn chế sự thấm và độ hòa tan vào nước.

Bảng 1. Độ ẩm, hoạt độ nước và WSI của bột quả thanh long

Dạng nguyên liệu	Tỷ lệ GMS (%)	Độ ẩm bột (%)	Hoạt độ nước (A_w)	WSI (%)
Nguyên liệu tươi	1	$7,12 \pm 0,69$	$0,51 \pm 0,01^{ns}$	$60,96 \pm 0,57^{ab}$
	2	$7,61 \pm 0,73$	$0,52 \pm 0,01^{ns}$	$61,25 \pm 1,10^{ab}$
	3	$8,03 \pm 0,42$	$0,53 \pm 0,02^{ns}$	$62,34 \pm 0,75^a$
	4	$7,78 \pm 0,42$	$0,52 \pm 0,01^{ns}$	$57,64 \pm 0,89^c$
Nguyên liệu lạnh đông	1	$8,12 \pm 0,51$	$0,53 \pm 0,01^{ns}$	$58,86 \pm 1,64^c$
	2	$6,85 \pm 0,50$	$0,51 \pm 0,01^{ns}$	$59,31 \pm 1,68^{bc}$
	3	$6,37 \pm 0,68$	$0,51 \pm 0,02^{ns}$	$59,25 \pm 1,10^{bc}$
	4	$7,65 \pm 0,83$	$0,52 \pm 0,02^{ns}$	$55,21 \pm 1,34^d$

Ghi chú: Kết quả được thể hiện qua trung bình và độ lệch chuẩn. ns: Sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê. Các chữ cái khác nhau phía trên các số trong cùng một cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

3.3. Màu sắc của bột quả thanh long

Màu sắc là một trong những thuộc tính chất lượng quan trọng nhất của bột, bao gồm cả bột thanh long và bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố trên quy trình chế biến. Bảng 2 trình bày ảnh hưởng của tỷ lệ GMS lên các giá trị màu (L^* , a^* , b^*) cùng với độ khác biệt màu so với nguyên liệu thanh long ban đầu ΔE của bột được chế biến từ nguyên liệu tươi và lạnh đông. Giá trị L^* của các mẫu bột trong khoảng 51,07 - 53,87, giá trị a^*

trong khoảng 23,80 - 27,93 và b^* trong khoảng - 8,37 đến -7,03, các khoảng giá trị này phù hợp với kết quả nghiên cứu của Akman và cs (2024) [22], theo đó bột thanh long ruột đỏ có các giá trị màu L^* , a^* và b^* tương ứng trong khoảng 49,07 - 73,44; 21,76 - 34,46 và -7,15 đến -1,69. Độ khác biệt màu của các mẫu bột dao động từ 14,00 - 16,72. Các giá trị này trong khoảng 11 - 49, theo Minaker và cs (2021) [25], màu sắc các mẫu bột tương tự nguyên liệu ban đầu hơn là đối lập.

Bảng 2. Các giá trị màu và độ khác biệt màu ΔE của bột quả thanh long

Dạng nguyên liệu	Tỷ lệ GMS (%)	L^*	a^*	b^*	ΔE
Nguyên liệu tươi	1	$53,87 \pm 0,91^a$	$26,72 \pm 0,84^a$	$-7,87 \pm 0,38^{ab}$	$15,06 \pm 1,18^{abc}$
	2	$53,40 \pm 0,92^a$	$27,67 \pm 1,06^a$	$-7,77 \pm 0,61^{ab}$	$14,14 \pm 0,98^c$
	3	$53,20 \pm 0,70^a$	$27,93 \pm 0,87^a$	$-8,07 \pm 0,65^{ab}$	$14,00 \pm 1,14^c$
	4	$53,10 \pm 0,70^{ab}$	$27,17 \pm 0,87^a$	$-7,37 \pm 0,59^{ab}$	$14,14 \pm 0,62^c$
Nguyên liệu lạnh đông	1	$53,33 \pm 0,81^a$	$23,80 \pm 1,05^c$	$-7,03 \pm 0,64^a$	$16,72 \pm 0,74^a$
	2	$51,23 \pm 0,87^c$	$24,10 \pm 1,61^{bc}$	$-7,53 \pm 0,40^{ab}$	$15,95 \pm 1,70^{ab}$
	3	$51,77 \pm 0,49^{bc}$	$24,70 \pm 1,47^{bc}$	$-7,10 \pm 0,95^a$	$15,46 \pm 0,96^{abc}$
	4	$51,07 \pm 0,81^c$	$26,07 \pm 1,10^{ab}$	$-8,37 \pm 0,59^b$	$14,76 \pm 0,49^{bc}$

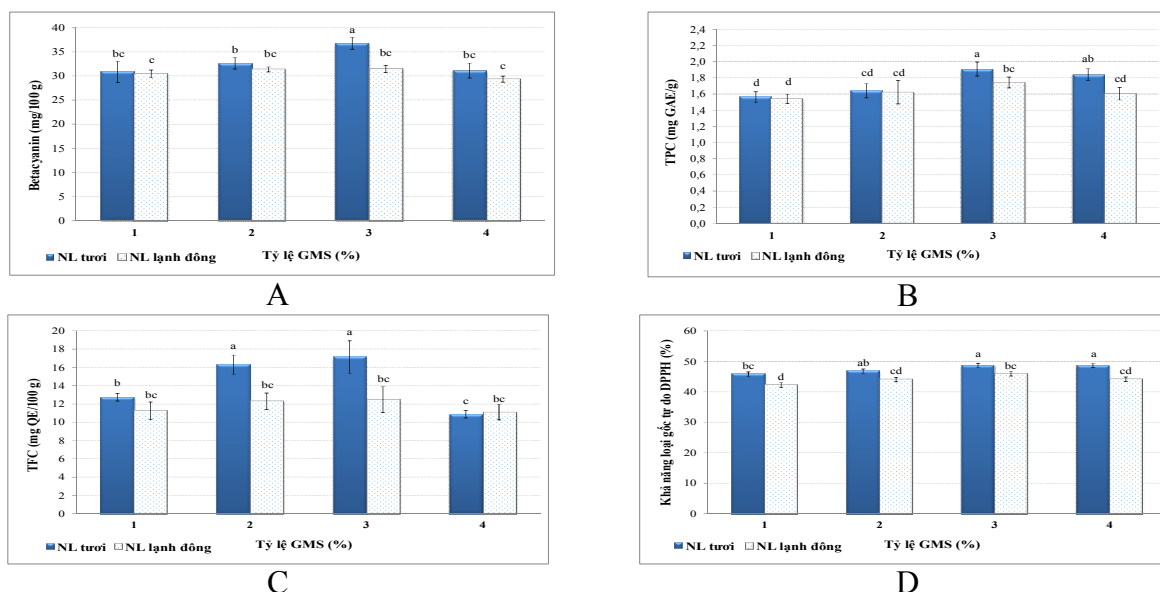
Ghi chú: Kết quả được thể hiện qua trung bình và độ lệch chuẩn. Các chữ cái khác nhau phía trên các số trong cùng một cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Bột làm từ nguyên liệu tươi có các giá trị màu và độ khác biệt màu so với nguyên liệu ban đầu không bị ảnh hưởng đáng kể bởi tỷ lệ GMS bổ sung. Tuy nhiên, bột làm từ nguyên liệu lạnh đông các giá trị màu và độ khác biệt màu so với nguyên liệu ban đầu có sự biến đổi có ý nghĩa thống kê khi so sánh bột bổ sung 1% GMS và 4% GMS. Khi so sánh với bột bổ sung GMS 1%, bột bổ sung 4% GMS có L^* , b^* và ΔE giảm, giá trị a^* tăng. Khi so sánh với nhóm bột từ nguyên liệu tươi, giá trị L^* và b^* của mẫu bột từ nguyên liệu lạnh đông sử dụng 1% GMS khác biệt không có ý nghĩa thống kê so với các mẫu bột từ nguyên liệu tươi, song giá trị a^* giảm rõ rệt, dẫn đến độ khác biệt màu ΔE cũng khác biệt so với các mẫu bột từ nguyên liệu tươi. Khi tăng tỷ lệ GMS, các mẫu bột từ nguyên liệu lạnh đông có L^* và độ khác biệt màu ΔE giảm, giá trị a^* có khuynh hướng tăng và khác biệt có ý nghĩa ở mẫu bổ sung 4% GMS. Sự biến đổi các giá trị màu trong bột từ

nguyên liệu lạnh đông có thể do sự phá vỡ cấu trúc tế bào do tính thể đá hình thành khi lạnh đông và rã đông làm chất màu dễ bị oxy hóa trong quá trình sấy. Khi tăng tỷ lệ GMS, độ giãn nở bột nhiều hơn, quá trình sấy dễ dàng hơn nên khắc phục được sự biến đổi chất màu.

3.4. Các hợp chất có hoạt tính chống oxy hóa và hoạt tính chống oxy hóa của bột quả thanh long

Quá trình chế biến thực phẩm, đặc biệt là chế biến nhiệt có thể gây mất chất dinh dưỡng trong các sản phẩm thực phẩm, thực phẩm dạng bột sau quá trình sấy cũng không ngoại lệ. Do đó, việc duy trì các hợp chất hoạt tính sinh học trong bột thanh long ruột đỏ là mối quan tâm lớn trong nghiên cứu này. Kết quả thống kê ảnh hưởng của dạng nguyên liệu và tỷ lệ GMS sử dụng đến các hợp chất có hoạt tính chống oxy hóa và hoạt tính chống oxy hóa của bột quả thanh long được trình bày ở hình 2.



Hình 2. Ảnh hưởng của dạng nguyên liệu và tỷ lệ GMS đến hàm lượng betacyanin (A), TPC (B), TFC (C) và khả năng loại gốc tự do DPPH (D) của bột quả thanh long

Ghi chú: Kết quả được thể hiện qua trung bình và độ lệch chuẩn. Các chữ cái khác nhau phía trên các cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Betacyanin của bột thanh long dao động từ 29,35 - 36,76 mg/100 g, thấp hơn không nhiều so với kết quả nghiên cứu của Nguyen và cs (2025) [26] khi sấy phun bột thanh long sử dụng maltodextrin (44,95 mg/100 g). Nồng độ GMS ảnh hưởng đáng kể và tích cực đến hàm lượng betacyanin khi sử dụng tỷ lệ thấp (1 - 3%), song khi sử dụng tỷ lệ cao hơn (4%) betacyanin giảm xuống rõ rệt. Các hợp chất betacyanin rất nhạy cảm với nhiệt và dễ bị phân hủy khi tiếp xúc với nhiệt độ kéo dài trên 60°C, do cấu trúc phân tử không ổn định [27]. Sử dụng tỷ lệ GMS tăng từ 1 - 3% làm gia tăng độ giãn nở của bột (Bảng 1), duy trì cấu trúc xốp, tăng diện tích bề mặt của vật liệu được sấy khô, giúp đẩy nhanh quá trình sấy [28], từ đó hạn chế được sự phân hủy này, kết quả là betacyanin được duy trì nhiều hơn trong bột. Tuy nhiên, khi tăng tỷ lệ GMS lên mức cao (4%) làm độ nhớt puree tăng lên, độ giãn nở của bột cũng không tăng nữa (Hình 1), làm giảm sự bay hơi nước giảm hiệu quả của quá trình sấy [26], đồng thời do tác dụng pha loãng khi sử dụng GMS tỷ lệ cao nên hàm lượng betacyanin giảm. Bột thanh long từ nguyên liệu tươi và nguyên liệu lạnh đông có xu hướng duy trì hàm lượng betacyanin không khác biệt đáng kể theo thống kê, chỉ trừ trường hợp sử dụng GMS 3%, có thể là do betacyanin bị phân hủy phần nào trong quá trình lạnh đông và rã đông nên không còn được

duy trì tốt khi sử dụng với tỷ lệ GMS thích hợp nhất cho quá trình tạo bột và sấy.

TPC của bột thanh long dao động từ 1,54 - 1,91 mg GAE/g, cao hơn so với kết quả nghiên cứu của Nguyen và cs (2025) [26] là 0,79 mg GAE/g. TPC trong bột thanh long làm từ nguyên liệu tươi và nguyên liệu lạnh đông có xu hướng biến đổi giống nhau theo tỷ lệ GMS: Khi tăng tỷ lệ GMS từ 1 - 3%, TPC tăng rõ rệt sau đó giảm xuống khi tiếp tục tăng GMS lên mức cao hơn (4%). Theo Hamad và cs (2024) [28], lý do chính dẫn đến sự gia tăng hàm lượng phenolic là sự giải phóng các hợp chất phenolic liên kết trong quá trình tạo bột bằng cách đánh bông; ngoài ra, sự hình thành nhiều bọt ổn định có một lớp màng dày bao quanh các bọt khí, giúp bảo vệ tốt hơn các hợp chất hoạt tính sinh học, bao gồm cả nhóm hợp chất phenolic, nằm giữa các bọt khí [28]. Sử dụng GMS tỷ lệ 3% cho độ giãn nở bột tốt nhất, nên hợp chất phenolic trong bột cũng đạt cao nhất.

Hàm lượng flavonoid trong các mẫu bột thanh long trong khoảng 11,09 - 17,13 mg QE/100 g, phù hợp với kết quả nghiên cứu của Nguyen và cs (2025) [26] là 17 mg QE/100 g. Quy luật biến đổi của TFC trong bột thanh long từ nguyên liệu tươi theo tỷ lệ GMS khá tương đồng với biến đổi TPC, song TFC trong bột thanh long từ nguyên liệu lạnh đông không bị ảnh hưởng đáng kể bởi tỷ lệ

GMS. TPC và TFC trong bột thanh long từ nguyên liệu tươi có xu hướng cao hơn so với trong bột từ nguyên liệu lạnh đông khi sử dụng tỷ lệ GMS cao (3 - 4% đối với TPC và 2 - 3% đối với TFC). Kết quả này có thể do sự biến đổi nguyên liệu trong quá trình lạnh đông và rã đông làm cho hợp chất phenolic không tập trung nhiều ở bề mặt phân pha nên khả năng được bảo vệ của lớp bột bị giảm.

Khả năng loại gốc tự do DPPH của các mẫu bột thanh long ruột đỏ trong khoảng 42,26 - 48,68%. Tỷ lệ chất tạo bột GMS cũng ảnh hưởng đáng kể đến hoạt tính chống oxy hóa của bột thanh long đỏ được thể hiện qua khả năng loại gốc tự do DPPH. Hoạt tính chống oxy hóa có xu

hướng biến đổi khá giống với TPC và TFC, tức là có xu hướng tăng khi tăng tỷ lệ GMS. Sự đóng góp của betacyanin, TPC và TFC vào hoạt tính chống oxy hóa thể hiện qua khả năng loại gốc tự do DPPH được thể hiện qua bảng 3. Kết quả ở bảng 3 cho thấy, cả betacyanin, TPC và TFC đều đóng góp có nghĩa thống kê vào khả năng loại gốc tự do DPPH của các mẫu bột ($p < 0,05$). Trong đó, ảnh hưởng nhiều nhất là TPC với hệ số tương quan 0,685 và mức ý nghĩa 0,001. Kết quả nghiên cứu của Hamad và cs (2024) [28] cũng cho thấy, hoạt tính chống oxy hóa tương quan tuyến tính với hàm lượng tổng phenolic và flavonoid trong sản phẩm.

Bảng 3. Tương quan giữa betacyanin, TPC và TFC và khả năng loại gốc tự do DPPH của bột thanh long ruột đỏ

	Betacyanin (mg/100 g)	TPC (mg GAE/g)	TFC (mg QE/100 g)
Khả năng loại gốc tự do DPPH (%)	0,4245 ^{(1)*}	0,6852 ^{***}	0,4214 [*]

Ghi chú: (1): Hệ số tương quan; *: Mức ý nghĩa 0,05; ***: Mức ý nghĩa 0,001.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu đã thể hiện sự thành công trong việc sản xuất bột quả thanh long ruột đỏ bằng phương pháp sấy bột xốp. Quan sát thấy rằng, việc sử dụng tỷ lệ GMS tăng đến giá trị thích hợp (3%) làm tăng hiệu suất thu hồi, hàm lượng các hợp chất chống oxy hóa cũng như hoạt tính chống oxy hóa của bột thành phẩm. Bột có màu sắc đẹp, hoạt độ nước an toàn cho việc bảo quản, đồng thời có chỉ số hòa tan khá cao. Bột được chế biến từ nguyên liệu tươi cho chất lượng tốt hơn so với làm từ nguyên liệu lạnh đông do có các hợp chất có hoạt tính chống oxy hóa và hoạt tính chống oxy hóa cao hơn. Sấy bột xốp là một kỹ thuật kết hợp những lợi ích của việc tạo bột và sấy mang đến một phương pháp hiệu quả để loại bỏ độ ẩm đồng thời bảo toàn chất lượng sản phẩm thực phẩm.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được thực hiện thông qua sự tài trợ kinh phí từ đề tài nghiên cứu khoa học cấp cơ sở “Chế biến sản phẩm bột vỏ và bột quả thanh long ruột đỏ (*Hylocereus polyrhizus*) - Ứng dụng trong chế biến yaourt”, mã số: CTCS2025-04-04, thuộc Chương trình Khoa học và Công nghệ cấp cơ sở “Phát triển các sản phẩm thực phẩm từ các phần của quả thanh long

ruột đỏ (*Hylocereus polyrhizus*)”, mã số: CTCS2025-04 - Đại học Cần Thơ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Ghorai, D. (2023). A comprehensive review of dragon fruit (*Hylocereus* spp.): Botanical attributes, nutritional value, health benefits, and culinary applications. *The Pharma Innovation Journal*, 12(8): 1578 - 1584.
- [2]. Bộ Công thương (2024). Phân tích tình hình cung cầu và dự báo mặt hàng thanh long tháng 12 và 12 tháng năm 2024. <https://thongtincongtuong.vn/phan-tich-tinh-hinh-cung-cau-va-du-bao-mat-hang-qua-thanh-long-thang-12-va-12-thang-nam-2024>. Truy cập ngày 29 tháng 4 năm 2026.
- [3]. Tarte, I., Singh, A., Dar, A. H., Sharma, A., Altaf, A. & Sharma, P. (2023). Unfolding the potential of dragon fruit (*Hylocereus* spp.) for value addition: A review. *Food*, 4(2): 1 - 19.
- [4]. Huang, Y., Brennan, M. A., Kasapis, S., Richardson, S. J. & Brennan, C. S. (2021). Maturation process, nutritional profile, bioactivities and utilisation in food products of red pitaya fruits: A Review. *Foods*, 10(11): 1 - 21.
- [5]. Hossain, F. M., Numan, S. M. N. & Akhtar, S. (2021). Cultivation, nutritional

value, and health benefits of Dragon Fruit (*Hylocereus* spp.): A Review. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 8(3): 259 - 269.

[6]. Djaeni, M., Prasetyaningrum, A., Sasongko, S. B., Widayat, W. & Hii, C. L. (2015). Application of foam-mat drying with egg white for carrageenan: Drying rate and product quality aspects. *Journal of Food Science and Technology*, 52(2): 1170 - 1175.

[7]. Verma, A., Saini, R., Shivani, Verma, S. & Sharma, R. (2020). Formulation and acceptability of foam mat dried papaya (*Carica papaya* L.) powder. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(3): 226 - 231.

[8]. Susanti, D. Y., Sediawan, W. B., Fahrurrozi, M. & Hidayat, M. (2021). Foam-mat drying in the encapsulation of red sorghum extract: Effects of xanthan gum addition on foam properties and drying kinetics. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 20(4): 270 - 279.

[9]. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 10788:2015: Malt - Xác định độ ẩm - Phương pháp khối lượng.

[10]. Chia, S. & Chong, G. (2015). Effect of drum drying on physico-chemical characteristics of dragon fruit peel (*Hylocereus polyrhizus*). *International journal of food engineering*, 11(2): 285 - 293.

[11]. Hsu, C.-L., Chen, W., Weng, Y.-M. & Tseng, C.-Y. (2003). Chemical composition, physical properties, and antioxidant activities of yam flours as affected by different drying methods. *Food Chemistry*, 83(1): 85 - 92.

[12]. Ojwang, R. A., Muge, E. K., Mbatia, B., Mwanza, B. & Ogoyi, D. O. (2018). Compositional, elemental, phytochemical and antioxidant characterization of Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) Pulp and seeds from selected regions in Kenya and Uganda. *European Journal of Medicinal Plants*, 23(3): 1-12.

[13]. Meda, A., Lamien, C. E., Romito, M., Millogo, J. & Nacoulma, O. G. (2005). Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Faso honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry*, 91(3): 571 - 577.

[14]. Liu, J., Wang, C., Wang, Z., Zhang, C., Lu, S. & Liu, J. (2011). The antioxidant and free-radical scavenging activities of extract and fractions from corn silk (*Zea mays* L.) and related flavone glycosides. *Food Chemistry*, 126(1): 261 - 269.

[15]. Krishna, D. & Minati, M. (2020). Foam-mat drying characteristics of custard apple pulp. *Journal of Food and Nutrition Sciences*, 8(4): 89 - 95.

[16]. Kandasamy, P., Varadharaju, N. & Shaik, K. (2012). Foam-mat drying of papaya (*Carica papaya* L.) using glycerol monostearate as foaming agent. *Food Science and Quality Management*, 9, 17 - 27.

[17]. Thakur, C., Verma, A. & Bhardwaj, M. (2020). Effect of foaming agents on foaming properties and powder yield of rainy season guava fruits cv. Lalit. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(5): 2574 - 2581.

[18]. Darniadi, S., Amiarsi, D., Hidayat, T. & Setyadjit (2022). Foam-mat drying of potato powder: Effect of foaming agents and preservatives agents on the physical attributes. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1024(1): 1 - 7.

[19]. Chirife, J. & Buera, P. (1994). Water activity, glass transition and microbial stability in concentrated/semimoist food systems. *Journal of Food Science*, 59, 921 - 927.

[20]. Shaari, N., Sulaiman, R., Abdul Rahman, R. & Bakar, J. (2017). Production of pineapple fruit (*Ananas comosus*) powder using foam mat drying: Effect of whipping time and egg albumen concentration. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(2): 1 - 10.

[21]. Locali Pereira, A. R., Gonçalves Cattelan, M. & Nicoletti, V. R. (2019). Microencapsulation of pink pepper essential oil: Properties of spray-dried pectin/SPI double-layer versus SPI single-layer stabilized emulsions. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 581: 123806.

[22]. Akman, T., Yusof, N., Rois Anwar, N. Z. & Che Ku Jusoh, T. F. I. (2024). Effects of foaming agent types and ratio with red flesh pitaya puree on physicochemical properties of foam-mat dried powder. *Journal of Tropical*

Resources and Sustainable Science (JTRSS), 12, 19 - 27.

[23]. Kanha, N., Regenstien, J. & Laokuldilok, T. (2020). Optimization of process parameters for foam mat drying of black rice bran anthocyanin and comparison with spray- and freeze-dried powders. *Drying Technology*, 40, 1 - 14.

[24]. Kilicli, M. & Erol, K. F. (2023). Production of tomato powder from tomato puree with foam-mat drying using green pea aquafaba: Drying parameters and bioaccessibility of bioactive compounds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 103(7): 3691 - 3700.

[25]. Minaker, S. A., Mason, R. H. & Chow, D. R. (2021). Optimizing color performance of the Ngenuity 3-Dimensional visualization system. *American Academy of Ophthalmology*, 1(3): 1 - 9.

[26]. Nguyen, D. V., Do, V. P., Le, V. N. H., Nguyen, T. L. A., Nguyen, T. T. & Ngo, T. L.

(2025). Technical properties and preservation ability of spray-dried red flesh dragon fruit (*Hylocereus costaricensis*) powder. *Journal of Science and Technology - IUH*, 75, 53 - 64.

[27]. Harish, T., Narayana, C. K., Preethi, P., Rupa, T., Karunakaran, G. & kolar, P. (2025). Effect of cabinet tray drying method on physicochemical, nutritional and antioxidant status of dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) powder: A comparative analysis on laboratory and commercial market sample. *Plant Science Today*, 12(3): 1 - 8.

[28]. Hamad, A., Mulyadi, A., Yulianti, H., Hartanti, D. & Naveed, M. (2024). Foaming agents affect the physicochemical and antioxidants in red dragon fruit powder drinks from foam mat drying. *Journal of Applied Science, Engineering, Technology and Education*, 6, 48 - 59.

RESEARCHING ON PROCESSING RED DRAGON FRUIT POWDER (*Hylocereus polyrhizus*) BY FOAM MAT DRYING METHOD

**Nguyen Chi Quyen^{1,2}, Phan Thi Thanh Que¹, Nguyen Thi Thu Thuy¹,
Mai Cat Duyen², Duong Thi Phuong Lien¹**

¹*Institute of Food and Biotechnology, Can Tho University*

²*Faculty of Engineering and Technology, Nam Can Tho University*

Abstract

In this study, red dragon fruit powder (*Hylocereus polyrhizus*) was produced using foam mat drying to create a high-quality product. The objective of this study was to investigate the effect of the glycerol monostearate (GMS) ratio (1, 2, 3, 4%) and the form of raw material (fresh and frozen) on the yield and quality of the red dragon fruit powder product. The powder product was analyzed for water content, water activity, water solubility index (WSI), color, betacyanin, total phenolic and total flavonoid contents, along with antioxidant activity demonstrated by the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) free radical scavenging. The results showed that using fresh red dragon fruit resulted in a higher quality product compared to frozen dragon fruit. Furthermore, using GMS at a ratio of 3% yielded the most effective foam expansion, leading to a high yield (87.94%). The powder product had low water activity (0.53), good solubility (62.34%) and notably, high betacyanin, phenolic, and flavonoid contents, corresponding to 34.09 mg/100 g, 1.91 mg GAE/g and 17.13 mg QE/100 g, respectively. These compounds contributed to the DPPH free radical scavenging of 48.68%. Foam mat drying techniques can be applied as a processing method for fruit powders with good preservation capabilities because it produces powders with low water activity and high yield, thus saving costs.

Keywords: *Antioxidant activity, foam mat drying, freezing, glycerol monostearate, phenolic.*

Ngày nhận bài: 24/02/2026

Ngày chuyển phản biện: 3/3/2026

Ngày thông qua phản biện: 19/3/2026

Ngày duyệt đăng: 13/4/2026