

SỰ BIẾN ĐỔI HÀM LƯỢNG BETACYANIN TRONG QUÁ TRÌNH CHẾ BIẾN, BẢO QUẢN RAU QUẢ VÀ CÁC BIỆN PHÁP KỸ THUẬT HẠN CHẾ PHÂN HỦY BETACYANIN

Đoàn Như Khuê¹*, Võ Thị Thìn¹, Nguyễn Minh Trung¹,
Nguyễn Như Thuận¹, Nguyễn Thị Hương¹, Lê Nhất Tâm¹, Phạm Minh Tuấn¹

TÓM TẮT

Betacyanin là một chất chống oxy hóa có hàm lượng cao trong một số loại rau quả. Betacyanin cũng là một chất màu tự nhiên, được sử dụng rộng rãi trong chế biến sản phẩm thực phẩm. Bài báo này tổng quan sự biến đổi của hàm lượng betacyanin trong quá trình chế biến và bảo quản rau quả. Ảnh hưởng của các yếu tố như chế độ gia nhiệt, pH, chất chống oxy hoá, phương pháp chế biến, ánh sáng, nhiệt độ và thời gian chế biến và bảo quản rau quả đến sự biến đổi của betacyanin được tổng hợp, từ đó xác định thông số xử lý phù hợp và đề xuất giải pháp nhằm hạn chế sự phân hủy betacyanin. Nhiệt độ nhỏ hơn 80°C, thời gian giữ nhiệt dưới 30 phút, bổ sung axit ascorbic trong quá trình chế biến từ 0,25 - 0,3% (w/v) hạn chế sự phân hủy betacyanin. Các phương pháp chế biến tiên tiến như xử lý vi sóng, xử lý trong điều kiện chân không... giữ lại hàm lượng betacyanin cao hơn so với gia nhiệt truyền thống. pH có ảnh hưởng đến sự phân hủy betacyanin trong quá trình chế biến, tuy nhiên pH tối ưu để hạn chế sự phân hủy betacyanin vẫn còn khác nhau ở nhiều nghiên cứu, cần được khảo sát thêm. Bảo quản ở điều kiện không có ánh sáng hoặc chứa trong bao bì tối màu sẽ giữ được hàm lượng betacyanin tốt nhất. Nhiệt độ dưới 25°C phù hợp để bảo quản các sản phẩm chứa betacyanin. Bổ sung chất chống oxy hóa sau quá trình chế biến cũng góp phần làm ổn định chất màu betacyanin.

Từ khóa: *Betacyanin, sự biến đổi, bảo quản, chế biến, rau quả.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Betacyanin là sắc tố thực vật tự nhiên có chứa nitơ, nguồn gốc indoline và dihydropyridine có thể hòa tan trong nước, có màu đỏ tím và xuất hiện ở hầu hết các họ thuộc bộ Caryophyllales. Betacyanin và betaxanthin tạo thành một nhóm sắc tố betalains là một trong những sắc tố thực vật phổ biến nhất được tìm thấy trong tự nhiên cùng với anthocyanins, carotenoid và chlorophyll. Theo Strack và cs (2003) [1], hợp chất betacyanin được tìm thấy trong rễ, quả và hoa của một số loại thực vật. Một số nguồn betacyanin có thể ăn được là củ dền đỏ (*Beta vulgaris* L), hạt hoặc lá dền (*Amaranthus sp.*), rau mồng tơi, quả xương rồng,

quả thuộc chi *Opuntia* và *Hylocereus*... [2]. Bổ sung betacyanin vào chế độ ăn uống đóng vai trò quan trọng trong việc duy trì sức khỏe và hoạt động của con người. Hoạt tính sinh học của betacyanin mang lại các lợi ích cho con người như chống oxy hóa, kháng khuẩn và khả năng chống ung thư [3]. Trong ngành công nghiệp thực phẩm, betacyanin được sử dụng làm chất phụ gia tạo màu tự nhiên. Các hợp chất betacyanin từ củ cải đỏ và rau dền được sử dụng để tạo màu các sản phẩm từ sữa (sữa chua và kem), nước sốt salad, kẹo mút, kẹo cao su trái cây, bánh, xúc xích, nước sốt, nước ngọt và bột để pha đồ uống.

Tuy nhiên, quá trình chế biến và bảo quản làm biến đổi hoặc phân hủy chất màu betacyanin. Sự ổn định của hợp chất màu betacyanin bị ảnh hưởng rất lớn bởi nhiệt độ, pH, ánh sáng, chất chống oxy hoá... [4]. Từ thực tế trên, nghiên cứu về điều kiện

¹ Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm, Trường Đại học Công nghiệp thành phố Hồ Chí Minh
*Email: doannhukhue@iuh.edu.vn

chế biến, bảo quản betacyanin và chỉ ra điều kiện xử lý phù hợp nhất giúp ổn định betacyanin là rất cần thiết. Bên cạnh đó, đề xuất các kỹ thuật xử lý tiên tiến nhằm hạn chế sự biến đổi các hợp chất nhạy nhiệt, các hợp chất dễ bị oxy hóa để áp dụng chế biến các sản phẩm chứa betacyanin.

2. CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN SỰ BIẾN ĐỔI HÀM LƯỢNG BETACYANIN TRONG QUÁ TRÌNH CHẾ BIẾN VÀ BẢO QUẢN RAU QUẢ

2.1. Các yếu tố ảnh hưởng đến sự biến đổi hàm lượng betacyanin trong quá trình chế biến rau quả

2.1.1. Ảnh hưởng của chế độ gia nhiệt

Sự ổn định của betacyanin bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố trong đó chế độ gia nhiệt là yếu tố có thể ảnh hưởng đáng kể đến hàm lượng betacyanin. Trong nghiên cứu khảo sát ảnh hưởng của chế độ thanh trùng đến hàm lượng betacyanin trong nước ép quả thanh long ruột đỏ, Thanh và cs (2017) [5] gia nhiệt nước ép ở 80, 85 và 90°C và giữ nhiệt trong thời gian 5, 10 và 15 phút, đã cho thấy, tỷ lệ betacyanin còn lại khoảng 98, 95, 90%, tương ứng với 3 mốc thời gian trên ở nhiệt độ 80°C. Hàm lượng này cao hơn so với các mẫu thanh trùng ở nhiệt độ 85°C, 90°C. Nhiệt độ xử lý ở 90°C, hàm lượng betacyanin còn lại thấp nhất. Điều này chỉ ra khi nhiệt độ và thời gian gia nhiệt càng tăng thì hàm lượng betacyanin càng giảm. Xu hướng này cũng xảy ra ở nghiên cứu của Trinh và cs (2018) [6]. Nghiên cứu của Wong và Siow (2015) [7] cũng cho thấy, xu hướng tương tự, tuy nhiên thời gian giữ nhiệt dưới 30 phút không có ảnh hưởng đáng kể đến hàm lượng betacyanin trong nước ép quả thanh long khi xử lý ở nhiệt độ nhỏ hơn 80°C. Tương tự, nghiên cứu của Vũ Thu Trang và cs (2020) [8] cho thấy không có sự khác biệt về hàm lượng betacyanin trong dịch quả khi nhiệt độ gia nhiệt từ 65 - 80°C trong 30 phút, nhưng hợp chất betacyanin bắt đầu giảm mạnh với mức nhiệt 85 - 95°C. Tỷ lệ betacyanin còn lại sau khi gia nhiệt 85°C với thời gian 5 phút là 73,65% và 95°C với thời gian 30 phút chỉ còn 50,15%. Nghiên cứu khác đối với nền mẫu củ dền và rau dền cũng cho thấy, sự biến đổi betacyanin tương tự như đối với ở thanh long ruột đỏ. Nghiên

cứu của Khandaker và cs (2009) [9] ở mẫu rau dền (*Amaranthus tricolor*) cho thấy, tỷ lệ phân hủy betacyanin rất thấp với nhiệt độ xử lý là 40°C, khi nhiệt độ vượt quá 95°C betacyanin gần như bị phân hủy hoàn toàn sau 20 phút. Ở nghiên cứu của Liu và cs (2020) [10], hàm lượng betacyanin trong sản phẩm củ dền sấy khô cao nhất là 284,50 mg betanin/g chất khô nếu sấy ở 50°C. Khi tăng nhiệt độ lên 80°C, hàm lượng betacyanin còn lại là 136,59 mg betanin/g chất khô, giảm khoảng 50% so với ở 50°C và thấp nhất đối với củ dền lát sấy ở 100°C với 76,63 mg betanin/g chất khô.

Dựa vào các nghiên cứu trên có thể thấy sự ảnh hưởng của chế độ gia nhiệt đến sự phân hủy betacyanin tuân theo quy luật nhiệt độ càng cao, thời gian gia nhiệt càng dài, betacyanin bị phân hủy càng nhiều. Đồng thời ở các nền mẫu như thanh long ruột đỏ, củ dền, rau dền thì nhiệt độ và thời gian gia nhiệt gây ra sự phân hủy betacyanin cũng khác nhau, có thể do nền mẫu khác nhau, thành phần khác nhau nên sự tương tác, phân hủy cũng khác nhau. Tuy nhiên, có một quy luật chung, đó là nhiệt độ xử lý dưới 80°C với thời gian xử lý ít hơn 30 phút có thể là điều kiện phù hợp để hạn chế sự phân hủy betacyanin trong quá trình chế biến.

2.1.2. Ảnh hưởng của pH

Ảnh hưởng của pH đến sự phân hủy betacyanin trong quá trình gia nhiệt đã được báo cáo ở rất nhiều nghiên cứu. Tang và cs (2010) nghiên cứu ảnh hưởng của pH đến độ ổn định của chất màu betacyanin từ nước ép quả thanh long ruột đỏ ở các giá trị pH từ 2 - 10, với nhiệt độ từ 25 - 75°C trong 12 giờ, cho thấy sắc tố betacyanin ổn định nhất ở khoảng pH từ 5 - 6, tỷ lệ betacyanin được giữ lại lớn hơn 80% [11]. Kết quả này tương tự nghiên cứu của Gengatharan và cs (2017) [12] với hàm lượng betacyanin ở pH 5 và pH 6 cao nhất lần lượt là 119,8 mg/l và 120,3 mg/l và không có sự khác biệt đáng kể về hàm lượng betacyanin ở pH 5, pH 6 so với mẫu chuẩn. Hàm lượng betacyanin thấp nhất được quan sát thấy ở pH 3 - 4 với kết quả lần lượt là 111,5 và 114,1 mg/l. Điều này chỉ ra rằng, pH 3 - 4 có thể không thích hợp để ổn định betacyanin trong quả thanh long ruột đỏ, ngược lại pH 5 - 6 có thể thích hợp để ổn định

hợp chất màu betacyanin trong quả thanh long ruột đỏ. Wong và Siow (2015) [7] điều chỉnh các mẫu nước ép thanh long ruột đỏ về pH 3, 4, 5, 6 và 7, sau đó được xử lý nhiệt ở 65°C trong 30 phút cho thấy hàm lượng betacyanin cao hơn đáng kể ở pH 5. Ngoài thanh long ruột đỏ, sắc tố betacyanin ở một số loại rau củ quả khác cũng ổn định ở pH ở 5 - 6. Castellar và cs (2003) [13] khảo sát độ ổn định của betacyanin trong quả xương rồng ở pH 3, 4, 5, 6 và 7 tại nhiệt độ 50 và 90°C. Ở cả hai nhiệt độ 50 và 90°C, độ ổn định của betacyanin cao nhất được quan sát thấy ở pH 5. Nghiên cứu của Pátkai và Barta (1996) [14] cũng cho kết quả tương tự với ảnh hưởng của pH 3,3; 4,65; 6,2 đến sự phân hủy chất màu betacyanin ở củ dền tại nhiệt độ xử lý 60, 70, 80°C trong 5, 10, 15 và 20 phút. Kết quả cho thấy betacyanin ổn định ở pH 6,2, khi giảm xuống pH 4,65 và 3,3 thì có sự phân hủy đáng kể, đặc biệt là ở pH 3,3 sự phân hủy nhanh nhất [15].

Tuy nhiên, nghiên cứu của Trinh và cs (2018) [6] về ảnh hưởng của pH đến sự ổn định betacyanin trong nước ép thanh long ruột đỏ khi khảo sát ở pH 3, 4, 5, 6 và 7 và xử lý ở nhiệt độ 65°C trong 10 phút lại cho kết quả khác. Theo đó, betacyanin được giữ lại cao nhất ở pH 4,0 với tỷ lệ betacyanin thu được là 87% so với hàm lượng betacyanin ban đầu. Tương tự, kết quả nghiên cứu của Vũ Thu Trang và cs (2020) [8] với dịch quả thanh long ruột đỏ được ly tâm sau đó điều chỉnh về 15 °Bx, khảo sát tại các giá trị pH 3, 4, 5, 6, 7, 8 và gia nhiệt ở 80°C, giữ nhiệt trong 5, 10, 15, 20, 25 và 30 phút cũng kết luận betacyanin đặc biệt ổn định ở pH 4 với hàm lượng betacyanin được giữ lại cao nhất khoảng 80%. Huang và Elbe (1987) [15] khảo sát pH dịch củ dền từ 3, 4, 5, 6 và 7 ở nhiệt độ 65, 75 và 90°C và chỉ ra betacyanin ổn định trong dung dịch củ dền được xử lý ở 90°C trong điều kiện không có oxy ở pH 4 đến 5.

Như vậy, có sự khác biệt về độ pH tối ưu nhằm ổn định betacyanin, sự khác biệt này có thể do các nguyên nhân như nền mẫu được sử dụng khác nhau, cách xử lý mẫu khác nhau, nhiệt độ và thời gian thí nghiệm có sự khác nhau. Ngoài ra, do sự xuất hiện của oxy, độ brix của dung dịch trong mẫu xử lý cũng ảnh hưởng đến kết quả. Như vậy, cần có thêm nhiều nghiên cứu về ảnh

hưởng của pH đến chất màu betacyanin để làm rõ ảnh hưởng của yếu tố này đến sự ổn định betacyanin trong rau quả.

2.1.3. Ảnh hưởng của axit ascobic khi bổ sung vào dịch chiết trong quá trình chế biến rau quả

Axit ascobic là chất chống oxy hóa tự nhiên, bảo vệ màu bằng cơ chế chống các tác nhân oxy hóa. Axit ascobic tăng cường sự ổn định của betacyanin bằng cách liên kết với oxy có trong rau quả (một yếu tố làm tăng tốc độ phân hủy betacyanin) từ môi trường xung quanh [16]. Ảnh hưởng của axit ascobic đến sự phân hủy betacyanin đã được Vũ Thu Trang và cs (2020) [8] thực hiện trên nước ép thanh long ruột đỏ bổ sung axit ascobic theo nồng độ 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0% (w/v), sau đó gia nhiệt ở 80°C, giữ nhiệt trong 10, 20, 30 phút. Kết quả cho thấy, việc bổ sung axit ascobic từ 0,2 - 1,0% sẽ giúp ổn định betacyanin trong nước ép thanh long ruột đỏ [8]. Tuy nhiên, ở một số nghiên cứu khác đánh giá khả năng ổn định betacyanin khi bổ sung axit ascobic vào nước ép thanh long sau đó gia nhiệt nhưng kết quả có khác biệt. Ví dụ, nghiên cứu của Woo và cs (2011) bổ sung axit ascobic theo tỷ lệ 0,25 - 1,5% (w/w) và cho thấy mẫu bổ sung 0,25% axit ascobic có hàm lượng betacyanin ổn định cao nhất và giảm đáng kể khi bổ sung ở mức 0,5 - 1,5%, vì tỷ lệ axit ascobic bổ sung cao, giải phóng điện tử có thể thúc đẩy quá trình oxy hóa, làm tăng tốc độ phân hủy betacyanin [4]. Trinh và cs (2018) [6] bổ sung axit ascobic từ 0,1 - 0,5% (w/w), kết quả cho thấy bổ sung axit ascobic 0,3% cho tỷ lệ betacyanin được giữ lại cao nhất là 85%. Nghiên cứu của Khan và Giridhar (2014) [17] với mẫu nước ép quả cây ri việt (*Rivina humilis* L. berry) cũng đề cập với nồng độ axit ascobic 0,25% đem lại hiệu quả ổn định tốt đối với betacyanin, tuy nhiên khi được thêm 40 µg/ml Se⁴⁺ độ ổn định của betacyanin cải thiện hơn rất nhiều so với các nồng độ khác.

Từ những kết quả nghiên cứu trên có thể nhận định rằng bổ sung axit ascobic trước khi chế biến rau quả có ảnh hưởng đến sự ổn định chất màu betacyanin, tỷ lệ bổ sung để đạt được hiệu quả cao nhất vẫn còn khác nhau giữa các nghiên cứu, tỉ lệ axit ascobic từ 0,25 - 0,3% là tỉ lệ được báo cáo là phù hợp để ổn định chất màu betacyanin ở

hầu hết các nghiên cứu đã đề cập. Ngoài ra, sự kết hợp giữa axit ascorbic với các tác nhân chống oxy hoá khác như Se^{4+} cho thấy có sự tăng đáng kể hiệu quả ổn định chất màu betacyanin, điều này có thể đề xuất các hướng nghiên cứu tiếp theo nên kết hợp axit ascorbic với các tác nhân chống oxy hoá khác giúp nâng cao hiệu quả bảo vệ đối với chất màu betacyanin nói riêng và các chất dễ bị oxy hoá khác nói chung.

2.1.4. Ảnh hưởng của phương pháp chế biến rau quả đến sự biến đổi hàm lượng betacyanin

Các loại rau, củ quả thường được chế biến trước khi sử dụng. Tuy nhiên, quá trình này làm biến đổi chất màu betacyanin và do đó làm ảnh hưởng đến chất lượng của sản phẩm.

Độ ổn định của betacyanin trong củ dền (*Beta vulgaris* L.) ở các điều kiện chế biến khác nhau như xử lý vi sóng, đun sôi, rang hoặc xử lý phi nhiệt như hút chân không được đánh giá bởi Ravichandran và cs (2013) [18]. Kết quả chỉ ra tốc độ phân hủy betacyanin tăng do nhiệt độ tăng khi đun sôi và rang. Lượng betacyanin giảm tương ứng 6, 22 và 51%, khi đun sôi và giảm 19, 23 và 35% khi sấy từ 60, 120, 180 giây. Tuy nhiên, với xử lý vi sóng ở 450, 900 và 1.800 W trong 10, 20 và 30 giây, hàm lượng betacyanin bị phân hủy rất thấp, cao nhất khoảng 6%. Xử lý phi nhiệt như hút chân không ngăn không cho các betacyanin phân hủy. Hàm lượng betacyanin trong củ cải đỏ sấy khô chân không tăng gần 20% so với mẫu không hút chân không. Điều này có thể do việc loại bỏ oxy (tác nhân gây oxy hóa) giúp làm giảm sự phân hủy betacyanin.

Zhu và cs (2021) [19] nghiên cứu phương pháp sóng âm-nhiệt (Thermosonication-TS) để đánh giá sự ổn định của hợp chất betacyanin trong nước ép thanh long ruột đỏ. Phương pháp này tiết kiệm năng lượng bằng cách kết hợp sóng siêu âm với nhiệt vừa phải, có tác động gia tăng sự bất hoạt vi sinh vật và các enzym nội sinh trong thực phẩm nhưng không gia tăng sự phân hủy chất màu betacyanin. Nghiên cứu của Székely và cs (2016) [20] khảo sát sự biến đổi betacyanin trong củ dền (*Beta vulgaris* L.) được thái lát 2 mm sấy khô trong chân không ở 40, 50 và 60°C và sấy

ở áp suất khí quyển với nhiệt độ 60, 70 và 80°C, thời gian của cả 2 phương pháp là 150 phút. Sau khi bảo quản ở 18°C trong 2 tuần, mẫu xử lý bằng phương pháp sấy chân không ở nhiệt độ 60°C hàm lượng betacyanin được giữ lại cao nhất là 23,07 mg/100 g, ở 50°C hàm lượng betacyanin là 19,97 mg/100 g, nhưng cùng phương pháp này ở 40°C hàm lượng betacyanin còn lại rất thấp, khoảng 8 mg/100 g. Đối với phương pháp sấy khô ở áp suất khí quyển, hàm lượng betacyanin còn lại ở mức ổn định và không có sự chênh lệch lớn ở mức nhiệt độ 60, 70, 80°C, lần lượt là 20,89 mg/100 g, 21,08 mg/100 g, 20,82 mg/100 g [20]. Ngoài ra, Yan Liu và cs (2021) [21] cho rằng, việc kết hợp các phương pháp sấy chân không ở 60°C sau đó là sấy vi sóng công suất thấp (LMD) 650 W, thời gian sấy 308 phút có hàm lượng betacyanin cao nhất (4,09 mg/g), cao hơn so với các phương pháp sấy riêng lẻ. Sự khác biệt giữa các chế độ sấy ảnh hưởng đến tốc độ thoát ẩm và độ ẩm cuối của quá trình sấy, do đó ảnh hưởng đến sự phân hủy betacyanin.

Các nghiên cứu đã đề cập ở trên chỉ ra rằng, phương pháp chế biến có ảnh hưởng đến hàm lượng betacyanin. Các phương pháp chế biến tiên tiến như sấy chân không, xử lý vi sóng ở công suất thấp, hút chân không... có thời gian chế biến ngắn hơn, loại bỏ được yếu tố oxy hóa và nhiệt độ xử lý thấp hơn giúp giữ lại hàm lượng betacyanin cao so với các phương pháp chế biến truyền thống. Đây là cơ sở để tiếp tục mở rộng nghiên cứu và ứng dụng các kỹ thuật chế biến tiên tiến nhằm bảo vệ chất lượng và chất màu của thực phẩm chế biến.

2.2. Các yếu tố ảnh hưởng đến hàm lượng betacyanin trong quá trình bảo quản rau quả

2.2.1. Ảnh hưởng của điều kiện chiếu sáng

Nghiên cứu của Thanh và cs (2017) [5] xác định ảnh hưởng của ánh sáng đối với chất màu betacyanin trong nước ép thanh long ruột đỏ thanh trùng khi chứa trong chai thủy tinh trong suốt và trong chai thủy tinh nâu tồn trữ trong 3 tuần. Kết quả cho thấy, bảo quản trong điều kiện không ngăn ánh sáng, mẫu chứa trong bao bì thủy tinh màu nâu duy trì sắc tố betacyanin tốt hơn

mẫu chứa trong bao bì thủy tinh trong. Nếu có ngăn sáng thì hàm lượng betacyanin trong mẫu chứa trong chai thủy tinh nâu hay trong suốt thay đổi không đáng kể. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Razak và cs (2017) [22], theo đó, hàm lượng betacyanin khi bảo quản trong điều kiện có ánh sáng, một lượng rất lớn betacyanin bị phân huỷ, khoảng 93,82% sau 24 giờ. Tương tự, Trinh và cs (2018) [6] bảo quản nước ép thanh long ruột đỏ chứa trong lọ thủy tinh và lọ nhựa, tại nhiệt độ $30 \pm 2^\circ\text{C}$ trong 5 tuần, mẫu nước ép thanh long ruột đỏ không tiếp xúc với ánh sáng có hàm lượng betacyanin duy trì tốt hơn. Vi (2017) [23] khảo sát ảnh hưởng của ánh sáng đến độ bền màu của dịch chiết betacyanin từ quả xương rồng Nopal (*Opuntia species*), được lưu trữ trong 10 ngày, kết quả cho thấy, ở điều kiện có ánh sáng, màu sắc dịch chiết biến đổi nhanh hơn so với không có ánh sáng. Sau 10 ngày bảo quản có ánh sáng, hàm lượng betacyanin giảm 57% so với ban đầu. Đối với mẫu không có ánh sáng, hàm lượng betacyanin giảm 48,8%. Khandaker và cs (2009) [9] thực hiện thí nghiệm với mẫu dịch chiết rau dền đặt dưới đèn trắng (ánh sáng) với cường độ ánh sáng $1.000 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ và trong điều kiện không có ánh sáng ở nhiệt độ phòng ($25 \pm 1^\circ\text{C}$) trong 10 giờ bảo quản, kết quả cho thấy, ở điều kiện có ánh sáng, betacyanin giảm dần và thay đổi màu từ đỏ đến nâu nhạt, nhưng trong điều kiện không có ánh sáng sẽ ổn định và màu sắc không thay đổi. Kết quả về độ ổn định của chất màu betacyanin trong trái mồng tơi cũng được xác định [24]. Các mẫu được chứa bên trong lọ thủy tinh có nắp đậy kín, được xử lý ở nhiệt độ $0 - 70^\circ\text{C}$, trong 1 giờ và tồn trữ trong 5 ngày, kết quả cho thấy, ở điều kiện có ánh sáng, betacyanin ổn định khi bảo quản ở nhiệt độ $0, 10$ và 20°C , trong khi đó, với điều kiện không có ánh sáng, betacyanin ổn định khi bảo quản ở $0, 10, 20$ và 30°C . Các nghiên cứu được đề cập đều cho thấy, ánh sáng là yếu tố gây ra sự phân huỷ betacyanin trong quá trình bảo quản. Việc bảo quản các sản phẩm có chứa betacyanin nên ở điều kiện không có ánh sáng hoặc chứa trong các bao bì tối màu sẽ giữ lại được hàm lượng betacyanin tốt nhất.

2.2.2. Ảnh hưởng của thời gian và nhiệt độ bảo quản rau quả

Trong hầu hết các nghiên cứu, nhiệt độ luôn có mối tương quan với thời gian khi nghiên cứu sự ổn định của betacyanin. Mối tương quan này cũng được thể hiện ở nghiên cứu của Woo và cs (2011) [4] về ảnh hưởng của nhiệt độ bảo quản đến sự ổn định của betalain ở nước ép thanh long ruột đỏ. Các mẫu được gia nhiệt ở nhiệt độ $25, 50$ và 85°C , được bảo quản ở 4°C , 25°C trong 3 tuần lưu trữ. Kết quả cho thấy, các mẫu được bảo quản ở 25°C mất khoảng 90% sắc tố betacyanin. Ngược lại, mẫu bảo quản ở nhiệt độ 4°C không có sự thay đổi màu sắc đáng kể cho đến tuần lưu trữ thứ ba. Nghiên cứu kết luận rằng, bảo quản ở nhiệt độ thấp đã ổn định màu sắc của hầu hết các mẫu thử nghiệm. Kết quả này tương đồng với nghiên cứu của Lin và cs (2022) [25], với tỷ lệ betacyanin được giữ lại sau 3 tuần bảo quản đạt 75,54; 67,57 và 20,28% ở $4, 25$ và 37°C tương ứng. Ngoài ra, ở nghiên cứu của Yong và cs (2018) [26], hàm lượng betacyanin của quả thanh long ruột đỏ sau 5 ngày bảo quản ở 4°C tăng từ $0,38 \text{ g/kg}$ lên $0,46 \text{ g/kg}$. Ở ngày 6, hàm lượng betacyanin tăng lên $0,63 \pm 0,04 \text{ g/kg}$ (tăng 57,2%), nhưng giảm nhẹ vào ngày 7. Sự gia tăng hàm lượng betacyanin của thanh long ruột đỏ có thể là do quá trình thủy phân xảy ra và gây ra sự hình thành acid betalamic liên kết với axit 5,6-dihydroxyindoline-2-carboxylic (xyclo - DOPA) hình thành betacyanin. Như vậy, ngoài việc giúp giữ lại hàm lượng betacyanin cao, nhiệt độ bảo quản thấp cũng có thể gia tăng hàm lượng betacyanin khi bảo quản nguyên trái thanh long. Ngoài nghiên cứu trên quả thanh long ruột đỏ thì ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian bảo quản ở một số loại rau củ khác cũng được nghiên cứu. Popa và cs (2015) [27] bảo quản dịch chiết củ dền và chỉ ra tốc độ phân huỷ của sắc tố củ dền tăng lên khi nhiệt độ tăng từ 22°C lên 75°C . Pandey và cs (2018) [28] bảo quản củ dền sấy khô trong 150 ngày, ở 10°C , hàm lượng betacyanin giảm 17,57%, ở 25°C hàm lượng betacyanin giảm 32,29%, ở 40°C không thích hợp cho mục đích bảo quản củ dền vì tỷ lệ hao hụt tối đa lên đến 58%. Nghiên cứu của Tobolková và cs (2020) [29], Kayın và cs (2019) [30] cũng cho kết quả tương tự với các nghiên cứu khi bảo quản nước ép củ dền. Vi (2017) [23] nghiên cứu mẫu dịch chiết betacyanin ở quả xương rồng Nopal cho thấy, màu dịch chiết biến

đổi nhanh chóng khi bảo quản ở nhiệt độ 30°C, trong khi ở nhiệt độ 4°C màu biến đổi chậm hơn. Sau 10 ngày bảo quản ở nhiệt độ 30°C, hàm lượng betacyanin trong dịch chiết giảm 48,8%. Trong khi ở điều kiện bảo quản 4°C thì hàm lượng betacyanin giảm khoảng 11,1%.

Sau khi nghiên cứu về ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian bảo quản rau quả có thể thấy xu hướng bảo quản rau quả ở nhiệt độ càng cao và thời gian càng dài dẫn đến hàm lượng betacyanin bị phân hủy càng nhiều. Dựa vào các nghiên cứu trên có thể nhận định rằng, nhiệt độ dưới 25°C có thể là phù hợp để bảo quản các sản phẩm có chứa betacyanin, nhiệt độ khoảng 4°C có thể gia tăng thời gian bảo quản betacyanin và giữ lại hàm lượng betacyanin cao.

2.2.3. Ảnh hưởng của chất chống oxy hóa và chất mang bổ sung vào sản phẩm sau khi chế biến rau quả

Ngoài bổ sung chất chống oxy hóa trong quá trình chế biến rau quả, việc bổ sung chất chống oxy hóa trong quá trình bảo quản rau quả đã được báo cáo là góp phần làm ổn định chất màu betacyanin. Nghiên cứu của Tang và cs (2010) [11] cho thấy, bổ sung axit ascorbic với nồng độ 0,25% vào dịch chiết quả thanh long ruột đỏ, bảo quản ở 5 và 25°C giữ lại hàm lượng betacyanin cao sau 28 ngày bảo quản, tương ứng 91,6% ở 5°C và 70,9% ở 25°C. Nghiên cứu của Khan và Giridhar (2014) [17] cũng cho thấy, bổ sung 0,25% axit ascorbic sau khi chế biến, hàm lượng betacyanin trong nước ép quả rì việt giữ lại 98% sau 90 ngày ở 4°C. Linh và cs (2020) [31] bổ sung axit ascorbic với tỷ lệ 0,5% (w/v) có tỷ lệ betacyanin được giữ lại cao nhất, khoảng 98% sau 4 tuần. Tương tự, Leong và cs (2018) [32] xác định bổ sung axit ascorbic 0,5% (w/v) vào nước ép thanh long trong quá trình bảo quản giữ lại hàm lượng betacyanin tương đối cao, cao hơn so với các nồng độ bổ sung 0,1% và 1%. Các nghiên cứu trên cho thấy, bổ sung axit ascorbic với nồng độ 0,25 - 0,5% giúp hạn chế sự phân hủy betacyanin trong quá trình bảo quản. Ngoài ra, khi bổ sung guar gum vào chiết xuất vỏ quả và thịt quả cũng được báo cáo là góp phần ổn định betacyanin. Trong nghiên cứu của Leong và cs (2018) [32], chiết xuất vỏ quả và thịt quả được

bổ sung guar gum với các nồng độ 0,1; 0,5 và 1,0% (w/v) khi bảo quản không có ánh sáng ở 4°C cho thấy khả năng lưu giữ betacyanin cao hơn (tỷ lệ betacyanin giữ lại khoảng 47 - 66%) so với mẫu đối chứng ở cùng điều kiện nhưng không được bổ sung guar gum (tỷ lệ betacyanin giữ lại khoảng 42 - 52%) và nồng độ guar gum 0,5% giữ lại hàm lượng betacyanin cao hơn so với các nồng độ khác và so với mẫu đối chứng.

3. CÁC BIỆN PHÁP KỸ THUẬT HẠN CHẾ SỰ PHÂN HỦY BETACYANIN TRONG QUÁ TRÌNH CHẾ BIẾN VÀ BẢO QUẢN RAU QUẢ

Từ kết quả của các nghiên cứu trên, có thể thấy rằng:

Trong quá trình chế biến rau quả, việc kết hợp thông số nhiệt độ dưới 80°C, thời gian dưới 30 phút, nồng độ axit ascorbic bổ sung trước khi chế biến với tỷ lệ 0,25 - 0,3% (w/w, w/v), có thể kết hợp với các tác nhân chống oxy hoá khác được cho là giải pháp đơn giản và tối ưu để hạn chế sự phân hủy của betacyanin. Bên cạnh đó, áp dụng các kỹ thuật tiên tiến như gia nhiệt chân không, sóng nhiệt âm với điều kiện xử lý nhiệt “ôn hòa” hơn, hoặc áp dụng gia nhiệt vi sóng để có tốc độ gia nhiệt nhanh và đồng đều hơn giúp ổn định betacyanin.

Trong quá trình bảo quản rau quả, việc kết hợp giữa nhiệt độ bảo quản dưới 25°C với điều kiện không có ánh sáng (bằng cách bảo quản sản phẩm trong bao bì tối màu như thủy tinh nâu, bao bì được ngăn sáng) và bổ sung các chất chống oxy hoá sau khi chế biến như axit ascorbic có thể là giải pháp đơn giản và tối ưu nhằm hạn chế sự phân hủy của betacyanin trong quá trình bảo quản và giúp kéo dài thời gian bảo quản sản phẩm.

Ngoài ra, ngày càng có nhiều các công trình nghiên cứu về các phương pháp chế biến tiên tiến khác không sử dụng nhiệt có thể thay thế cho các phương pháp chế biến truyền thống và có thể hạn chế sự phân hủy của các hợp chất có hoạt tính sinh học nhạy nhiệt như kỹ thuật xử lý áp suất thủy tĩnh cao (High hydrostatic pressure-HHP). Hiệu quả của HHP đã được nghiên cứu trong thực phẩm có nguồn gốc thực vật. Nghiên cứu về ảnh hưởng của HHP đến chất lượng của betacyanin ở nước ép thom - thanh long đã được thực hiện bởi

Sandate-Flores và cs (2017) [33], với áp suất 400, 500, 600 MPa trong 2, 5, 10 phút và nhiệt độ tối đa trong quá trình thực hiện là 31°C, kết quả cho thấy tỷ lệ betacyanin được giữ lại trong nước ép thơm-thanh long khi xử lý HHP từ 92 - 100%, không có sự khác biệt thống kê so với mẫu tươi ($p > 0,05$). Điều này cho thấy betacyanin hầu như không bị ảnh hưởng khi được xử lý bằng HHP. Nghiên cứu về sự thay đổi chất lượng của nước ép củ dền sau khi chế biến áp suất thủy tĩnh cao của Sokolowska và cs (2017) [34], được xử lý với áp suất 300, 400 và 500 MPa ở 20°C trong 10 phút đã làm giảm tổng số vi sinh vật gây hư hỏng xuống 3,8; 4,1 và 4,5 log CFU/ml tương ứng nhưng chỉ giảm hàm lượng betacyanin khoảng 11,3 - 12,2%, việc giảm đáng kể số lượng vi sinh vật gây hư hỏng với sự phân hủy nhẹ của chất màu cho thấy tiềm năng áp dụng áp suất cao để bảo quản nước ép củ dền. Nghiên cứu của Ubeira-Iglesias và cs (2019) [35] cũng cho rằng, không có thay đổi đáng kể nào về hàm lượng betacyanin ở nước ép củ dền ngay sau khi xử lý HHP ở 600 MPa, 3 phút ở nhiệt độ phòng khi tỷ lệ betacyanin được giữ lại sau khi xử lý đạt 96,5%.

4. KẾT LUẬN

Hợp chất betacyanin dễ bị phân hủy trong quá trình chế biến và bảo quản rau quả. Tổng hợp kết quả của các nghiên cứu cho thấy, nhiệt độ nhỏ hơn 80°C, thời gian giữ nhiệt dưới 30 phút, bổ sung axit ascorbic 0,25 - 0,3% (w/w, w/v) là điều kiện chế biến tối ưu giúp hạn chế sự phân hủy chất màu betacyanin. Các phương pháp chế biến có tốc độ gia nhiệt nhanh, đều và chế độ gia nhiệt thấp như xử lý vi sóng, sấy chân không, sóng nhiệt âm hoặc loại bỏ yếu tố gây oxy hóa như hút chân không giúp giữ lại hàm lượng betacyanin cao. Ngoài ra, pH có ảnh hưởng đến sự phân hủy betacyanin trong quá trình chế biến rau quả, tuy nhiên pH tối ưu để hạn chế sự phân hủy betacyanin vẫn còn khác nhau ở nhiều nghiên cứu, cần được nghiên cứu thêm. Ánh sáng là yếu tố quan trọng gây ra sự phân hủy betacyanin trong quá trình bảo quản rau quả, việc bảo quản ở điều kiện không có ánh sáng hoặc chứa trong các bao bì tối màu sẽ giữ lại được hàm lượng betacyanin tốt nhất. Nhiệt độ dưới 25°C phù hợp để bảo quản

các sản phẩm chứa betacyanin và giữ lại hàm lượng betacyanin cao. Bổ sung chất chống oxy hóa như axit ascorbic trong bảo quản cũng góp phần làm ổn định chất màu betacyanin. Ngoài ra, cũng đề xuất các phương pháp gia nhiệt tiên tiến khác như: gia nhiệt vi sóng, xử lý chân không, xử lý áp suất thủy tĩnh cao... có tiềm năng ổn định betacyanin, nhằm nâng cao chất lượng sản phẩm đồng thời tiết kiệm được thời gian và chi phí sản xuất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Strack D., Vogt T., Schliemann W. (2003). Recent advances in betalain research. *Phytochem*, 62(3): 247-269.
2. Cai Y., Sun M., Wu H., Huang R., Corke H. (1998). Characterization and quantification of betacyanin pigments from diverse *Amaranthus* species. *Chemistry F*, 46(6): 2063-2070.
3. Sadowska-Bartos G. I., Bartosz G. (2021). Biological properties and applications of betalains. *Molecules*, 26(9): 2520.
4. Woo K., Ngou F., Ngo L., Soong W., Tang P. (2011). Stability of betalain pigment from red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*). *Am. J. Food Technol*, 6(2): 140-148.
5. Thanh Q. P. T., Le Duy N., Thu T. N. T., Anh N. T. T. (2017). Effect of processing and storage condition on the stability of betacyanin in juice of red-fleshed dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*). *Sci.J. Can Tho Uni.*, 51: 16-23.
6. Trinh N. T. N., Nguyen H. T. A., Phung T. P. M., Nguyen T. M. T., Nguyen T. P. T., Phan T. H. (2018). Factors affecting betacyanin stability in juice of LD5 Red-fleshed dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*). *J. Agric. Develop*, 17(6): 72-76.
7. Wong Y. M., Siow L. (2015). Effects of heat, pH, antioxidant, agitation and light on betacyanin stability using red-fleshed dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) juice and concentrate as models. *J. Food Sci. Technol*, 52(5): 3086-3092.
8. Vu Thu Trang, Nguyen Thi Thao Nguyen, Nguyen Van Hung, Nguyen Tien Cuong, Hoang Quoc Tuan, Nguyen Thi Thao *et al.* (2020). Effect of Fermentation Factors on Red Dragon Juice from Lap Thach, Vinh Phuc province. *JST: Eng. Tech for Sustainable Develop*, 140: 071-076.

9. Khandaker L., Ali M. B., Oba S. (2009). Influence of cultivar and growth stage on pigments and processing factors on betacyanins in red amaranth (*Amaranthus tricolor* L.). Food Sci. Tech Int. 15(3): 259-265.
10. Liu Y., Duan Z., Sabadash S. editors (2020). Effect of hot air drying temperatures on drying characteristics and physicochemical properties of beetroot (*Beta vulgaris*) slices. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing.
11. Tang C., M. H. N. M. N. (2010). Stability of betacyanin pigments from red purple pitaya fruit (*Hylocereus polyrhizus*): Influence of pH, temperature, metal ions and ascorbic acid. *Indonesian Journal of Chemistry*, 7(3): 327-331.
12. Gengatharan A., Dykes G. A., Choo W. S. J. L. (2017). The effect of pH treatment and refrigerated storage on natural colourant preparations (betacyanins) from red pitahaya and their potential application in yoghurt. LWT-Food Sci. Tech. 80: 437-445.
13. Castellar R., Obón J. M., Alacid M., Fernández-López J. A. J. JoA. (2003). Color properties and stability of betacyanins from Opuntia fruits. *Chemistry F*, 51(9): 2772-2776.
14. Pátkai G., Barta J. (1996). Decomposition of betacyanins and betaxanthins by heat and pH changes. *Mol. Nutr. Food Res*, 40(5):267-270.
15. Huang A., ELBE J. (1987). Effect of pH on the degradation and regeneration of betanine. *IFT-Food Sci.*, 52(6): 1689-1693.
16. Attoe E. L., Von Elbe J. H. (1982). Degradation kinetics of betanin in solutions as influenced by oxygen. *Chemistry F*, 30(4): 708-712.
17. Khan M. I., Giridhar P. (2014). Enhanced chemical stability, chromatic properties and regeneration of betalains in *Rivina humilis* L. berry juice. *LWT- Food Sci. Tech*, 58(2): 649-657.
18. Ravichandran K., Saw N. M. M. T., Mohdaly A. A., Gabr A. M., Kastell A., Riedel H., *et al.* (2013). Impact of processing of red beet on betalain content and antioxidant activity. *Food. Res. Int.* 50(2): 670-675.
19. Zhu W., Ai Y., Fang F., Liao H. (2021). Application of thermosonication in red pitaya juice processing: Impacts on native microbiota and quality properties during storage. *Foods*, 10(5): 1041.
20. Székely D., Illés B., Stéger-Máté M., Monspart-Sényi J. J. A. U. S., *Alimentaria* (2016). Effect of drying methods for inner parameters of red beetroot (*Beta vulgaris* L.), *Acta Universitatis Sapientiae, Alimentaria*, 9: 60-68.
21. Liu Y., Sabadash S., Duan Z. editors (2021). Effect of microwave-assisted drying methods on the physicochemical properties of beetroots. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science; IOP Publishing.
22. Razak U. N. A. A., Taha R., Musa S. A. NiC., Mohamed N. J. P. (2017). Detection of betacyanins pigment stability from *Hylocereus polyrhizus* (Weber) Britton & Rose fruit pulp and peel for possible use as natural coating. *Pigment & Resin Tech.* 46(4): 303-308.
23. Vi V. T. (2017). The effect of light, temperature, pH on stability of betacyanin pigments extracted from prickly pear cactus fruit. HCM Uni. of Food Industry.
24. Reshmi S., Aravindhana K., Devi P. (2012). The effect of light, temperature, pH on stability of betacyanin pigments in basella alba fruit. *Asian J. Pharm. Clin. Res*, 5(4): 107-110.
25. Lin X., Li B., Wen J., Wu J., Tang D., Yu Y. (2022). Storage Stability and In Vitro Bioaccessibility of Liposomal Betacyanins from Red Pitaya (*Hylocereus polyrhizus*). *Molecules*, 27(4): 1193.
26. Yong Y. Y., Dykes G., Lee S. M., Choo W. S. (2018). Effect of refrigerated storage on betacyanin composition, antibacterial activity of red pitahaya (*Hylocereus polyrhizus*) and cytotoxicity evaluation of betacyanin rich extract on normal human cell lines, 91: 491-497.
27. Popa A., Moldovan B., David L. (2015). Betanin from Red Beet (*Beta vulgaris* L.) Extraction conditions and evaluation of the thermal stability. *Rev. Chim.* 66: 413-416.
28. Pandey G., Pandey V., Pandey P. R., Thomas G. J. (2018). Effect of extraction solvent temperature on betalain content, phenolic content, antioxidant activity and stability of beetroot (*Beta Vulgaris* L.) power under different storage conditions. *Plant Archives*, 18(2): 1623-1627.

29. Tobolková B., Polovka M., Daško E., Belajová E., Durec J. (2020). Evaluation of qualitative changes of apple-beetroot juice during long-term storage at different temperatures. *J. Food Meas. Charact*, 14(6): 3381-3388.
30. Kayın N., Atalay D., Türken Akçay T., Erge H. S. (2019). Color stability and change in bioactive compounds of red beet juice concentrate stored at different temperatures. *Sci. Technol.* 56(11): 5097-5106.
31. Linh D. T. M., Mai N. T. Q., Thuy P. T. P. (2020). Optimization of microwave-assisted extraction of betacyanin from red dragon fruit peels. *Hue Uni. J. Science natural Science*, 129(1A): 11-20.
32. Leong H. Y., Ooi C. W., Law C. L., Julkifle A. L., Pan G. T., Show P. L. (2018). Investigation of betacyanins stability from peel and flesh of red-purple pitaya with food additives supplementation and pH treatments. *LWT*, 98: 546-558.
33. Sandate-Flores L., Rostro-Alanis MdJ, Mancera-Andrade E. I., Esquivel-Hernandez D. A., Brambila-Paz C., Parra-Saldivar R., *et al.* (2017). Using high hydrostatic pressures to retain the antioxidant compounds and to reduce the enzymatic activity of a pitaya-pineapple (*Stenocereus sp.-Fragaria ananassa*) beverage. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 54(3): 611-619.
34. Sokołowska B., Woźniak Ł., Skąpska S., Porębska I., Nasiłowska J., Rzoska S. (2017). Evaluation of quality changes of beetroot juice after high hydrostatic pressure processing. *High Pressure Res*, 37(2): 214-222.
35. Ubeira-Iglesias M., Wilches-Pérez D., Cavia M. M., Alonso-Torre S., Carrillo C. (2019). High hydrostatic pressure processing of beetroot juice: Effects on nutritional, sensory and microbiological quality. *High Pressure Res*, 39(4): 691-706.

CHANGES OF BETACYANIN CONTENT IN FRUIT AND VEGETABLES DURING PROCESSING AND STORAGE - TECHNICAL MEASURES TO PREVENT BETACYANIN DEGRADATION

Doan Nhu Khue, Vo Thi Thin, Nguyen Minh Trung,
 Nguyen Nhu Thuan, Nguyen Thi Huong, Le Nhat Tam, Pham Minh Tuan
 Summary

Betacyanin is an antioxidant compound found in high concentrations in some fruits and vegetables in Vietnam. Betacyanin is also a natural colorant, widely used in food products. This review presented the changes in betacyanin content during processing and storage. The influence of factors such as temperature, pH, antioxidants, processing methods, light, and storage conditions on the degradation of betacyanin was synthesized, thereby determining the appropriate treatment parameters and proposing measures to limit the degradation of betacyanin. Processing temperature below 80°C and keeping time under 30 minutes, adding 0.25-0.3% ascorbic acid (w/v) limited the degradation of betacyanin. Advanced methods such as microwave heating, processed under vacuum conditions... retained higher betacyanin content than conventional heating. In addition, pH has an influence on betacyanin content during processing, however, the optimal pH to limit betacyanin degradation was still different in many publications and more research is needed. Storing in a dark place or in a dark container reduced the degradation of betacyanin. Temperature below 25°C was suitable for storing products containing betacyanin. The addition of antioxidants after processing also contributed to the stabilization of betacyanin pigment.

Keywords. *Betacyanin, change, processing, storage, fruits and vegetables.*

Người phản biện: TS. Phan Thế Đồng
 Ngày nhận bài: 28/02/2023
 Ngày thông qua phản biện: 24/3/2023
 Ngày duyệt đăng: 31/3/2023