

ẢNH HƯỞNG NHIỆT ĐỘ VÀ THỜI GIAN THANH TRÙNG ĐẾN HÀM LƯỢNG PHENOLIC, BETANIN, VITAMIN C TRONG DỊCH ÉP CỦ DÈN ĐỎ

EFFECT OF TEMPERATURE AND PASTEURIZATION TIME ON PHENOLIC, BETANIN, VITAMIN C CONTENT IN RED BEETROOT JUICE

Đặng Thị Hương*

Ngày tòa soạn nhận được bài báo: 02/03/2022

Ngày nhận kết quả phản biện đánh giá: 05/09/2022

Ngày bài báo được duyệt đăng: 27/09/2022

Tóm tắt: Củ dền đỏ (*Beta vulgaris L*), chứa nhiều hợp chất sinh học chống oxi hóa như phenolic, betanin, vitamin C. Chính vì vậy, củ dền đỏ có nhiều tác dụng tích cực hỗ trợ phòng ngừa các bệnh như tăng huyết áp, xơ vữa động mạch, tiểu đường, người mệt mỏi,... Các hợp chất sinh học trên dễ bị mất hoạt chất khi thanh trùng. Dịch củ dền đỏ vừa ép chứa hàm lượng phenolic 106.08 mg garlic/ 100ml, betanin 8.39 mg/ 100ml, vitamin C 80.64mg/ 100ml. Khi so sánh với không thanh trùng, dịch củ dền đỏ đóng chai 200ml thanh trùng trong thời gian lần lượt 10 phút, 15 phút và 20 phút: ở nhiệt độ 90° C làm hàm lượng phenolic bị tổn thất lần lượt là 55%, 62%, 73%, còn ở nhiệt độ 85° C làm hàm lượng phenolic bị tổn thất lần lượt 26%, 40% và 47%; ở nhiệt độ 90° C làm hàm lượng betanin bị tổn thất lần lượt 25%, 46%, 66%, còn ở nhiệt độ 85° làm hàm lượng betanin bị tổn thất lần lượt 21%, 38% và 50%; ở nhiệt độ 90° C làm hàm lượng vitamin C bị tổn thất lần lượt là 60%, 64%, 72%, còn thanh trùng nhiệt độ 85° C làm hàm lượng vitamin C bị tổn thất lần lượt 35%, 45% và 63%.

Từ khóa: củ dền đỏ, dịch ép củ dền đỏ, thanh trùng, phenolic, betanin, vitamin C.

Abstract: Red beetroot (*Beta vulgaris L*), contains many antioxidant biological compounds such as phenolic, betanin, vitamin C. Therefore, red beetroot has many positive effects to support the prevention of diseases such as increased blood pressure, atherosclerosis, diabetes, fatigue, etc. These biological compounds are easily lost when pasteurized. Freshly pressed red beetroot juice contains phenolic content 106.08 mg garlic/100ml, betanin 8.39 mg/100ml, vitamin C 80.64mg/100ml. When compared with unpasteurized, 200ml bottle of red beetroot juice pasteurized for 10 minutes, 15 minutes and 20 minutes, respectively: at 90°C, the loss of phenolic content was 55%, 62% and 73% respectively, while at the temperature of 85°C, the phenolic content was lost 26%, 40% and 47% respectively; at a

* Viện Công nghệ sinh học và Công nghệ thực phẩm – Trường Đại học Mở Hà Nội

temperature of 90°C, the betanin content was lost by 25%, 46%, and 66%, respectively, while at the temperature of 85°C, the betanin content was lost by 21%, 38% and 50% respectively; At a temperature of 90°C, the vitamin C content was lost by 60%, 64%, and 72% respectively, and pasteurization at 85°C causes the loss of vitamin C by 35%, 45% and 63% respectively.

Keywords: red beetroot, red beetroot juice, pasteurized, phenolic, betanin, vitamin C.

I. Đặt vấn đề

Thực vật chứa nguồn tuyệt vời các hợp chất hóa học chống ung thư và chống oxi hóa [25]

Củ dền đỏ là loại cây thảo có rễ phồng thành củ nạc, ngọt, màu đỏ thẫm, tên khoa học là *Beta vulgaris* L, đã được trồng hàng ngàn năm tại Bắc Phi, phổ biến tại bờ biển Địa Trung Hải, các nước thuộc Châu Âu, lan trồng sang nước Anh và các nước Tây Á, Ấn Độ, vùng Đông của nước Trung Quốc Ở Việt Nam, củ dền đỏ ít được trồng tại phía Bắc, nhưng được trồng chủ yếu tại Đà Lạt và một số huyện Đức Trọng, Đơn Dương tại tỉnh Lâm Đồng.

Từ thời cổ đại, dịch chiết chất màu từ củ dền đỏ đã được sử dụng làm chất màu trong thực phẩm, mỹ phẩm, trang trí nghệ thuật,.. và cũng là sản phẩm dược liệu giúp ổn định tuyến tụy, gan, tim, thần kinh, máu và các bệnh tiêu hóa thông thường. Củ dền đỏ được xếp loại trong top 10 loại rau chứa nhiều chất chống oxi hóa với hàm lượng chất phenol từ 50 - 60 $\mu\text{mol/g}$ trọng lượng khô. Củ dền đỏ chứa các hợp chất sinh học có lợi cho sức khỏe con người như vitamin C, phenol, flavonoid [22]. Một số nghiên cứu đã chứng tỏ rằng củ dền đỏ có tác động tích cực đến lâm sàng của các bệnh như tăng huyết áp, xơ vữa động mạch, tiểu đường và sa sút trí tuệ [3]

Miller và cs (2000) đã khẳng định dịch ép củ dền đỏ chứa hoạt chất chống

oxi hóa nhiều hơn so với dịch chiết từ các loại vỏ rau khác [28]. Ở củ dền đỏ, các hoạt chất chống oxi hóa chiếm phần lớn gồm phenolic, betanin, ascorbic; các hoạt chất này rất dễ bị mất khi xử lý nhiệt, tiếp xúc với ánh sáng, với oxi không khí,.., theo thời gian. Các phương pháp xử lý đã ảnh hưởng rất lớn tới hàm lượng phenolic trong xử lý củ dền đỏ [18]. Phương pháp thanh trùng nhiệt nóng nước rau và quả là một trong những phương pháp thông dụng nhất để kéo dài thời hạn sử dụng sản phẩm bằng cách bất hoạt vi sinh vật và các enzyme gây thối rữa [23]. Nhìn chung xử lý nhiệt làm giảm chất lượng dinh dưỡng của thực phẩm, tuy nhiên có trường hợp làm tăng chất lượng thực phẩm sau khi xử lý nhiệt [18]. Các yếu tố làm thay đổi chất lượng thực phẩm là thời gian và nhiệt độ chế biến thực phẩm [5]. Lượng chất dinh dưỡng của thực phẩm giảm nhiều khi chế biến ở nhiệt độ cao [12]. Chính vì vậy, nghiên cứu khảo sát ảnh hưởng nhiệt độ và thời gian thanh trùng tới hàm lượng phenolic, betanin, vitamin C của dịch ép củ dền đỏ là cần thiết trong chế biến đồ uống nước củ dền đỏ.

II. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng, hoá chất và dụng cụ

Đối tượng nghiên cứu: Củ dền đỏ có nguồn gốc Đà Lạt, Lâm Đồng. Nguyên liệu củ dền đỏ dạng củ tươi ngay sau thu hoạch, được cho bao PE có đục lỗ đường kính 4mm với tỷ lệ 0,3% so với tổng diện tích bao bì, được bảo quản mát nhiệt độ

5-8°C trong thời gian không quá 7 ngày, được sử dụng làm mẫu cho nghiên cứu

Hoá chất: HCl, H₂SO₄, phenolic, 2,4-Dinitrophenylhydrazine, Thiourea, Folin, PEG5000, (NH₄)₂SO₄,...

Thuốc thử DNPH (2,4-dinitrophenylhydrazine): hòa tan 2g 2,4-dinitrophenylhydrazine tinh thể trong 100ml dung dịch H₂SO₄ 9N.

Dung dịch A (5% metaphosphoric acid-10% acetic acid): 15g metaphosphoric acid khô được hòa tan trong hỗn hợp 40 ml acid acetic đặc và 450 ml nước cất trong bình định mức 500 ml, sau đó lọc trong dung dịch và sử dụng.

Dụng cụ: Tủ ổn nhiệt, máy đo quang (Genesys 10S UV-VIS), cân sấy ẩm, cân phân tích 3 số, máy đo Bx, thiết bị siêu âm, máy xay Grinder, ổn nhiệt, máy ép Kangaroo, máy ly tâm 6000 vòng/ phút

2.2. Phương pháp phân tích

2.2.1. Xác định hàm lượng ẩm (Tiêu chuẩn ngành 10TCN 842:2006)

2.2.2. Xác định hàm lượng vitamin C

Chuẩn bị dịch mẫu: trộn đều 10 g củ dền đỏ (phần thịt hoặc phần vỏ) đã nghiền xay nhỏ với 50ml dịch A.

Ủ 1 ml dịch mẫu cùng 2ml 2,4-Dinitrophenylhydrazine và 0,5 ml Thiourea ở nhiệt độ 37°C trong 3 giờ, sau đó làm nguội tạo dịch osazone. Tạo phản ứng màu giữa 2,5 ml dịch osazone với 5ml H₂SO₄ 85% và đọc kết quả đo OD 521nm. Sử dụng ascorbic làm chất chuẩn [10].

2.2.3. Xác định hàm lượng phenolic

10 g củ dền đỏ (phần vỏ hoặc phần thịt) được xay nhuyễn, bổ sung 50 ml nước cất, lọc thu dịch mẫu test. Lấy 0,5 ml dịch

mẫu test, cùng 2,5ml Folin-Ciocalteu 10% và 2,5 ml NaHCO₃ 7,5%, rồi ủ 45°C trong 45 phút, đọc kết quả đo OD 765nm. Sử dụng galic (GAE) làm chất chuẩn [7].

2.2.4. Xác định hàm lượng betanin [4]

Lấy 10 g mẫu củ dền đỏ (phần vỏ hoặc phần thịt), được xay làm nhỏ, ly tâm 2 lần 6000rpm, 25°C, 30 phút, thu nhận mẫu thử. Tách betanin: 2ml mẫu thử, cùng 2g PEG5000 và 2g (NH₄)₂SO₄. Thêm 10ml nước cất và lọc qua màng. Rồi khuấy đều trong 1h, và để yên phân tách lớp sau 3 giờ, thu mẫu lớp trên và thêm 2ml chloroform, lắc đều, ly tâm mẫu 15000rpm trong 10 phút (sục khí nitơ vào mẫu betanin lớp trên thu được nhằm loại bỏ chloroform). Đo OD ở bước sóng 536nm. Nồng độ betanin được xác định theo phương trình Beer (Beer's law): $OD_{536} = C \times l \times \epsilon$

Trong đó: OD_{536} - độ hấp thụ ánh sáng ở 536nm; C - nồng độ, tính theo M; l - độ dày của cuvette, tính theo cm; $\epsilon = 6.5 \times 10^4 \text{ L} \times \text{mol}^{-1} \times \text{cm}^{-1}$

2.3. Phương pháp thí nghiệm

2.3.1. Phương pháp thu nhận dịch ép củ dền đỏ

Củ dền đỏ được rửa sạch, để ráo và được ép bởi máy ép Kangaroo, được lọc và thu phần dịch 1 và phần bã 1. Phần bã 1 được hòa với nước (khối lượng nước bằng khối lượng củ dền đỏ ban đầu) và được ly tâm 6000 vòng/ phút, và lọc thu phần dịch 3. Phần dịch 3 được hòa trộn với phần dịch 1, thu nhận được dịch củ dền đỏ sau ép.

2.3.2. Phương pháp gia nhiệt thanh trùng tới chất lượng dịch củ dền đỏ

Dịch củ dền đỏ sau ép theo phương pháp mục 2.3.1 được đóng chai thủy tinh 200 ml, được thả ngập trong bình ổn nhiệt

5 phút để nhiệt độ tâm chai đạt 85 độ C hoặc 90 độ C, tiếp theo duy trì nhiệt ở 85 độ C hoặc 90 độ C trong thời gian lần lượt là 0 phút, 10 phút, 15 phút và 20 phút; cuối cùng làm mát sản phẩm về 40 độ C trong thời gian 5 phút. Đánh giá hàm lượng phenolic, betanin, vitamin C, đường khử của các mẫu.

III. Kết quả và thảo luận

3.1. Khảo sát một số thành phần chất của củ dền đỏ

Củ dền đỏ ngay sau khi thu mua, được tiến hành làm sạch, tách riêng phần thịt và phần vỏ. Xác định hàm lượng chất khô, hàm lượng phenolic, betanin, vitamin C trong phần thịt và trong phần vỏ củ dền đỏ, ta có kết quả Bảng 3.1.

Bảng 3.1. Hàm lượng phenolic, betanin, VTM C trong phần thịt và phần vỏ củ dền đỏ

| Các chỉ tiêu | Phần thịt | Phần vỏ |
|------------------------|-------------|--------------|
| Tỷ lệ (%) | 9,42±0,852 | 6,58±0,489 |
| Hàm lượng chất khô (%) | 7,793±0,574 | 10,635±0,671 |
| Phenolic (mg GAE/g CK) | 7,262±0,074 | 12,703±0,099 |
| Betanin (mg/g CK) | 1,948±0,017 | 3,449±0,013 |
| Vitamin C (mg/g CK) | 8,964±0,079 | 12,714±0,079 |

Kết quả Bảng 3.1 cho thấy phần thịt củ dền đỏ chiếm phần lớn thể trọng củ dền đỏ, cụ thể tính theo khối lượng phần thịt gấp khoảng 14 lần so với phần vỏ, trong khi đó hàm lượng chất khô ở phần vỏ (10.635±0,671%) cao hơn ở phần thịt củ dền đỏ (7,793±0,574%). Phần vỏ, phần thịt củ dền đỏ có độ ẩm cao tương ứng là 89.34%, 92.21%, với hàm lượng ẩm này củ dền đỏ rất dễ bị hư hỏng và biến chất. Vì vậy, sau khi thu hoạch hay trong thí

nghiệm cần có phương pháp bảo quản hợp lý, xử lý ngay.

Thêm nữa, kết quả Bảng 3.1 chỉ ra củ dền đỏ chứa hàm lượng cao các chất chống oxi hóa như phenolic, betanin, vitamin C, và đặc biệt hàm lượng các hoạt chất này ở phần vỏ cao hơn so với ở phần thịt khoảng từ 1,5 đến 2 lần.

Năm 2002, Tyttie và cs đã khẳng định betanin phân bố hầu hết ở phần bên ngoài cùng của củ, hàm lượng betanin và isobetanin giảm từ ngoài vào lớp phía bên trong củ dền đỏ [29].

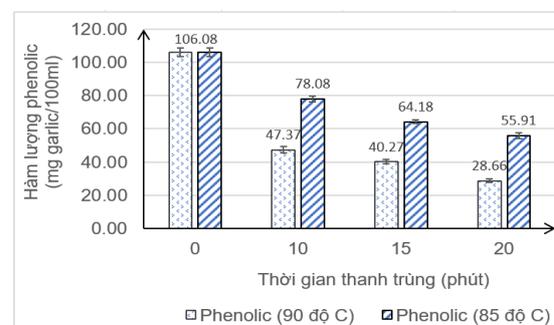
Và dịch ép củ dền đỏ chứa hoạt chất chống oxi hóa nhiều hơn so với dịch chiết từ các loại vỏ rau khác [28].

Do đó củ dền đỏ là một loại thực phẩm tiềm năng, và nghiên cứu thu nhận dịch chiết giàu hoạt chất sinh học ứng dụng chế biến ra sản phẩm thực phẩm đồ uống phục vụ chăm sóc sức khỏe con người thực sự là cần thiết.

3.2. Đánh giá hàm lượng một số chất trong dịch ép củ dền đỏ khi thanh trùng

Dịch ép củ dền đỏ được chuẩn bị như phương pháp mục 2.3.1; được tiến hành gia nhiệt thanh trùng bằng phương pháp mục 2.3.2, ta có kết quả Hình 3.1, Hình 3.2, Hình 3.3.

3.2.1. Hàm lượng phenolic



Hình 3.1. Ảnh hưởng nhiệt độ và thời gian thanh trùng đến hàm lượng phenolic dịch ép củ dền đỏ

Hợp chất phenolic của củ dền đỏ có đặc tính trung hòa các gốc tự do, hoạt động như chất chống oxy hóa tự nhiên để ngăn chặn các bệnh liên quan tới stress oxy hóa [26, 27].

Kết quả Hình 3.1 thể hiện sự so sánh hàm lượng phenolic của dịch củ dền đỏ trước và sau thanh trùng đã cho thấy tổn thất hàm lượng phenolic tăng dần khi tăng thời gian gia nhiệt thanh trùng. Gia nhiệt ở 90°C làm tổn thất hàm lượng phenolic nhiều hơn khi gia nhiệt ở 85°C. Cụ thể: thanh trùng nhiệt độ 90°C trong thời gian lần lượt 10 phút, 15 phút, 20 phút, hàm lượng phenolic bị tổn thất lần lượt là 55%, 62%, 73%. Còn thanh trùng nhiệt độ 85°C trong thời gian lần lượt 10 phút, 15 phút, 20 phút, hàm lượng phenolic bị tổn thất lần lượt 26%, 40% và 47%. Kết quả tương tự với những phát hiện trước đây trong đó tổng hàm lượng phenolic của một số rau giảm khi tăng thời gian xử lý nhiệt [11].

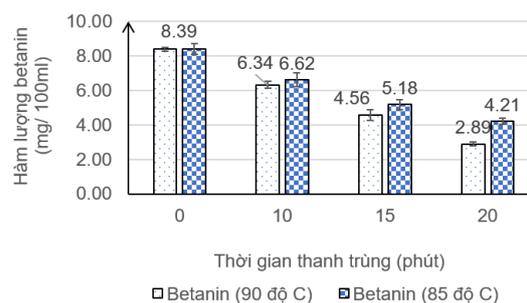
Ở điều kiện chân không, xử lý gia nhiệt tác động lên sự thay đổi hàm lượng phenolic của dịch củ dền đỏ [17].

So sánh kết quả thu được đối với phenolic trong số các mẫu củ dền đỏ tươi và đã qua xử lý nhiệt, rõ ràng là hàm lượng phenolic giảm khi xử lý thanh trùng bằng nhiệt theo gian [16]. Gia nhiệt 70°C trong thời gian 15 phút đã làm tổn thất hàm lượng phenolic khoảng 10% - 20%; nhưng gia nhiệt 90°C trong 15 phút lại làm hàm lượng phenolic tổn thất khoảng 45% - 47% [16] và tổn thất này thấp hơn kết quả nghiên cứu của chúng tôi. Hàm lượng phenolic ở nghiên cứu của chúng tôi bị giảm khoảng 62% khi thanh trùng 90°C trong 15 phút. Sự giảm tổng hàm lượng phenolic trong quá trình xử lý nhiệt

cũng được giải thích bởi các nghiên cứu trước đây rằng polyphenol không bền nhiệt và quá trình xử lý nhiệt kéo dài có thể gây ra biến đổi hóa học thành các hợp chất phenolic [13].

3.2.2. Hàm lượng betanin

Betanin là một thành phần sắc tố quan trọng của củ dền đỏ, nó có khả năng chống oxy hóa và bảo vệ chống lại gốc tự do. Nó cũng được coi là một chỉ số chất lượng của nước trái cây, sự suy giảm hàm lượng betanin cao hơn dẫn đến sự không hài lòng của người tiêu dùng. Một trong những nhân tố quan trọng ảnh hưởng đến tính ổn định betanin trong chế biến và bảo quản thực phẩm là pH và nhiệt độ. Ở pH 7, betanin ổn định dưới 20 ngày ở nhiệt độ 4°C và ổn định trên 275 ngày ở nhiệt độ - 30°C [24]. Betanin nhạy cảm với nhiệt và bị phân hủy ở nhiệt độ 50°C, đặc điểm này là nhược điểm khi dùng betanin làm chất màu thực phẩm [2]. Màu đỏ dung dịch betanin nhạt dần và chuyển thành màu vàng nâu khi đun nóng ở 100°C [1]. Nghiên cứu khác cho rằng đun sôi rễ củ dền đỏ trong 60 phút làm giảm hàm lượng betanin xuống 51% [19].



Hình 3.2. Ảnh hưởng nhiệt độ và thời gian gia nhiệt đến hàm lượng betanin dịch ép củ dền đỏ

Kết quả Hình 3.2 cho thấy cùng thời gian thanh trùng lần lượt 10 phút, 15 phút và 20 phút, gia nhiệt ở 90°C gây tổn thất hàm

lượng betanin nhiều hơn so với thanh trùng 85° C lần lượt khoảng là 3%, 7%, 16%.

Đặc biệt so sánh hàm lượng betanin của dịch củ dền đỏ trước và sau thanh trùng cho thấy tổn thất hàm lượng betanin tăng dần khi tăng thời gian gia nhiệt thanh trùng, Cụ thể: thanh trùng nhiệt độ 90° C trong thời gian lần lượt 10 phút, 15 phút, 20 phút, hàm lượng betanin bị tổn thất lần lượt là 25%, 46%, 66%. Còn thanh trùng nhiệt độ 85° C trong thời gian lần lượt 10 phút, 15 phút, 20 phút, hàm lượng betanin bị tổn thất lần lượt 21%, 38% và 50%.

Thanh trùng bằng nhiệt 96° C trong thời gian 540 giây đến 900 giây, betanin bị giảm hàm lượng từ 40% – 42% so với trước thanh trùng [8]. Trong thanh trùng 85° C, chất màu betanin bị phân hủy và tạo màu vàng-đỏ [6].

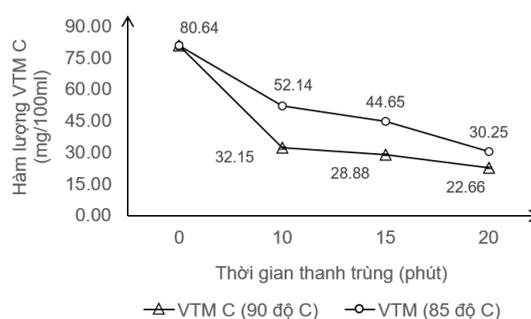
3.2.3. Hàm lượng vitamin C

Vitamin C hay còn gọi axit L-ascorbic thuộc nhóm chất dinh dưỡng thiết yếu cho con người cũng như các loài vật [14]. Nguồn vitamin C trong tự nhiên phần lớn từ rau và quả. Hàm lượng vitamin C của nguyên liệu củ dền đỏ tươi phụ thuộc vào nhiều yếu tố như chăm bón, độ tuổi, vùng địa lý, điều kiện khí hậu,.. [9]. Hàm lượng vitamin C từ 10,05 mg/100g - 11,65 mg/100g [16], 5,06 mg/100g - 9,46 mg/100g [21], 23,3 mg/100g - 33,9 mg/100g [20].

Nhiệt độ tác động trực tiếp đến sự biến tính của vitamin C. Bên cạnh nhiệt độ, sự suy giảm vitamin C còn phụ thuộc vào thời gian gia nhiệt và áp suất [15].

Kết quả nghiên cứu Hình 3 cho thấy: thanh trùng 90° C trong thời gian 15 phút, hàm lượng vitamin C của dịch củ

dền đỏ bị mất tận 65% so với hàm lượng vitamin C trong dịch củ dền đỏ không thanh trùng. So sánh với dịch củ dền đỏ không thanh trùng, tổn thất hàm lượng vitamin C tăng dần khi tăng thời gian gia nhiệt, Gia nhiệt ở 90° C làm tổn thất hàm lượng vitamin C nhiều hơn khi gia nhiệt ở 85° C. Cụ thể: thanh trùng nhiệt độ 90° C trong thời gian lần lượt 10 phút, 15 phút, 20 phút, hàm lượng vitamin C bị tổn thất lần lượt là 60%, 64%, 72%. Còn thanh trùng nhiệt độ 85° C trong thời gian lần lượt 10 phút, 15 phút, 20 phút, hàm lượng vitamin C bị tổn thất lần lượt 35%, 45% và 63%.



Hình 3.3. Ảnh hưởng nhiệt độ và thời gian gia nhiệt đến hàm lượng VTM C dịch ép củ dền đỏ

Nhiệt độ thấp ít tác động tới hàm lượng vitamin C trong thực phẩm. Điều thú vị là không quan sát thấy sự khác biệt đáng kể về vitamin C giữa củ dền tươi và nước trái cây được xử lý nhiệt ở 70° C. Khi gia nhiệt ở 70° C, nước ép củ dền đỏ bị mất vitamin C rất ít [16], [17], nhưng khi gia nhiệt ở 90° C trong thời gian 15 phút thì hàm lượng vitamin C bị giảm từ 45% đến 60% so với không gia nhiệt [16].

Từ kết quả Hình 3.1, Hình 3.2, Hình 3.3 cho thấy phenolic và betanin dễ bị mất hoạt chất bởi gia nhiệt thanh trùng hơn nhiều so với vitamin C.

IV. Kết luận

Dịch ép củ dền đỏ giúp bảo vệ và tăng cường sức khỏe con người, bởi nó chứa hàm lượng chất chống oxi hóa cao như phenolic 106.08 mg garlic/ 100ml, betanin 8.39 mg/ 100ml, vitamin C 80.64mg/ 100ml.

Cùng thời gian thanh trùng, ở nhiệt độ 90° C làm tổn thất hàm lượng phenolic, betanin, vitamin C của dịch củ dền đỏ cao hơn so với ở nhiệt độ 85° C.

Khi cùng nhiệt độ 90° C hoặc 85° C, thời gian thanh trùng càng dài sẽ làm tăng tổn thất hàm lượng phenolic, betanin và vitamin C của nước ép củ dền đỏ đóng chai.

Kết quả nghiên cứu này là tiền đề cho nghiên cứu khảo sát chế độ thanh trùng hợp lý giúp nghiên cứu kết hợp với chất phụ gia thực phẩm nhằm bảo quản chất lượng, kéo dài thời hạn sử dụng sản phẩm nước củ dền đóng chai.

Tài liệu tham khảo:

[1]. M Drdák và M Vallová, Kinetics of the thermal degradation of betanin. *Nahrung*. 34 (1990) 307-310.

[2]. F.A. García Barrera, C.R Reynoso và E González de Mejía, Estabilidad de las betalainas extraídas del garmbullo (*Myrtillocactus geometrizans*). *Food Sci. Technol. Int.* 4 (1998) 115-120.

[3]. M. Gilchrist, Winyard, P. G., Fulford, J., Anning, C., và A. C. Shore, & Benjamin, N, Dietary nitrate supplementation improves reaction time in type 2 diabetes: Development and application of a novel nitrate-depleted beetroot juice placebo”, *Nitric Oxide*. 40 (2014) 67-74.

[4]. L. C. P Gonçalves và các cộng sự, A comparative study of the purification of betanin. *Food Chemistry*. 131(1) (2012) 231-238.

[5]. B Guldiken và các cộng sự, Home-processed red beetroot (*Beta vulgaris* L.) products: changes in antioxidant properties and bioaccessibility. *International Journal of Molecular Sciences*. 17 (2016) 858-871.

[6]. K.M Herbach, F.C Stintzing và R Carle, Impact of thermal treatment on color and pigment pattern of red beet (*Beta vulgaris* L.) preparations. *Journal of Food Science* 69(6) (2004) 491-498.

[7]. Kragujevac J, Total phenolic content, flavonoid concentration and antioxidant activity of *Marrubium peregrinum* L. extracts. *Sci*. 33 (2011) 63-72.

[8]. T Kathiravan, S Nadanasabapathi và R Kumar, Standardization of process condition in batch thermal pasteurization and its effect on antioxidant, pigment and microbial inactivation of Ready to Drink (RTD) beetroot (*Beta vulgaris* L.) juice. *International Food Research Journal*. 21(4) (2014) 1305-1312.

[9]. R Kazimierczak và các cộng sự, Beetroot (*Beta vulgaris* L.) and naturally fermented beetroot juices from organic and conventional production: metabolomics, antioxidant levels and anti-cancer activity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 94(13) (2014) 2618-2629.

[10]. M.M. Rahman Khan và các cộng sự, A Simple UV-spectrophotometric Method for the Determination of Vitamin C Content in Various Fruits and Vegetables at Sylhet Area in Bangladesh. *Journal of Biological Sciences*. 6 (2006) 388-392.

[11]. Y.C. Lin và C.C Chou, Effect of heat treatment on total phenolic and anthocyanin contents as well as antioxidant activity of the extract from *Aspergillus awamori*-fermented black soyabins, a healthy food ingredient. *J. Food Sci. Nutr.* 60(7) (2009) 627-636.

[12]. A Madrau và các cộng sự, Effect of drying temperature on polyphenolic content and antioxidant activity of apricots”, *European Food Research and Technology*. 228 (2009) 441-448.

[13]. N.D Mrad và các cộng sự, Influence of

air drying temperature on kinetics, physico-chemical properties, total phenolic content and ascorbic acid of pears. *Food & Bioprod. Proces.* 90 (2012) 433-441.

[14]. P. C Njoku, A. A Ayuk và C. V Okoye, Temperature effects on vitamin C content in citrus fruits. *Pakistan Journal of Nutrition.* 10(12) (2011) 1168-1169.

[15]. M Paciull và các cộng sự, Impact of thermal and high pressure processing on quality parameters of beetroot (*Beta vulgaris L.*). *LWT. Food Science and Technology.* 68 (2016) 98-104.

[16]. Nenad V. Pavlović và các cộng sự, Effect of processing on vitamin C, total phenols and antioxidative activity of organically grown red beetroot (*Beta vulgaris ssp. Rubra*). *Food and Feed Research.* 48(2) (2021) 131-139.

[17]. R Pavlović và các cộng sự, Antioxidant nutritional quality and the effect of thermal treatments on selected processing tomato lines. *ACTA. Scientiarum Polonorum Horticulture* 16(3) (2017) 119-128.

[18]. K Ravichandran và các cộng sự, The effect of different processing methods on phenolic acid content and antioxidant activity of red beet. *Food Research International.* 48 (2012) 16-20.

[19]. T Sawicki và W Wiczowski, The effects of boiling and fermentation on betalain profiles and antioxidant capacities of red beetroot products. *Food Chemistry.* 259 (2018) 292-303.

[20]. S Straus và các cộng sự, Nutritional value and eco-nomic feasibility of red beetroot (*Beta vulgaris L. ssp. vulgaris Rote Kugel*) from different production systems. *African Journal of Agricultural Research.* 7(42), (2012) 5653-5660.

[21]. A Szopinska và M Gaweda, Comparison of yield and quality of red beet roots cultivated using conventional, integrated and organic method. *Journal of Horticultural Research.* 21(1) (2013) 107-114.

[22]. Clifford T và các cộng sự, The potential benefits of red beetroot supplementation in health and disease. *Nutrients.* 7 (2015) 2801-2822.

[23]. Kathiravan T, S Nadasabapathi và R Kumar, Pigments and antioxidant activity of optimized ready-to-drink (rtd) beetroot (*Beta vulgaris L.*) - passion fruit (*Passiflora edulis var. flavicarpa*) juice blend. *Croatian Journal of Food Science and Technology.* 7(1) (2015) 9-21.

[24]. D Vieira Teixeira da Silva và các cộng sự, Betanin, a Natural Food Additive: Stability, Bioavailability, Antioxidant and Preservative Ability Assessments. *Molecules.* 24 (2019) 458-465.

[25]. H Zein, A. S Hashish và G. H. H Ismaiel, The antioxidant and anticancer activities of Swiss chard and red beetroot leaves. *Current Science International.* 4 (2015) 491-498.

[26]. H. M. C Azeredo, Betalains: Properties, sources, applications, and stability – A review. *International Journal of Food Science and Technology.* 44 (2009) 2365-2376.

[27]. J Kanner, S Harel và R Granit, Betalains – A new class of dietary cationized antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 49 (2001) 5178-5185.

[28]. 28. H. E Miller và các cộng sự, Antioxidant content of whole grain breakfast cereals, fruits and vegetables. *J. Am. Coll. Nutr.* 19 (2000) 312-319.

[29]. S. K Tyttie và các cộng sự, Betalin and phenolic composition in four Beetroot (*Beta vulgaris cultivars*). *J. Eur. Food Res. Technol.* 214 (2002) 505-10.

Địa chỉ tác giả: Viện Công nghệ sinh học và Công nghệ thực phẩm – Trường Đại học Mở Hà Nội

Email: huongdangthi.dhcnhn@gmail.com