

ẢNH HƯỞNG CỦA TẦN SỐ DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU ĐẾN SỰ BIẾN ĐỔI HÀM LƯỢNG VITAMIN C TRONG NƯỚC ÉP BƯỞI

ĐOÀN NHƯ KHUÊ, LÊ NHÁT TÂM
Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh
doannhukhue@iuh.edu.vn, lenhattam@iuh.edu.vn

Tóm tắt. Gia nhiệt Ohm là một kỹ thuật gia nhiệt điện được ứng dụng để thanh trùng nước ép bưởi. Ảnh hưởng của tần số suốt quá trình gia nhiệt Ohm được khảo sát. Các giá trị tần số gồm 50, 60, 70, 100, 500, 1000, 10000, 20000 Hz và cường độ điện trường cố định 30 V/cm được áp dụng để khảo sát sự biến đổi vitamin C. Kết quả chỉ ra sự suy giảm vitamin C phụ thuộc vào tần số, tại tần số 50Hz hoặc trên 1kHz, hàm lượng vitamin C suy giảm so với mẫu đối chứng. Tại tần số khảo sát 60, 500Hz, hàm lượng vitamin C không biến đổi trong suốt quá trình giữ nhiệt ở 60s tại nhiệt độ 60 -90°C ($p>0,05$). Mẫu nước ép bưởi giảm xấp xỉ 2% hàm lượng vitamin C do tác động của yếu tố phi nhiệt khi nhiệt độ mẫu tăng từ 20 đến 90°C. Kết quả này chỉ ra gia nhiệt Ohm có hiệu quả để thanh trùng nước ép bưởi.

Từ khóa. gia nhiệt Ohm, vitamin C, tần số dòng điện, nước ép bưởi.

EFFECT OF FREQUENCY ON VITAMIN C DEGRADATION IN POMELO JUICE USING OHMIC HEATING

Abstract. Ohmic heating is an electric heating technique used to pasteurize pomelo juice. The effect of frequency during Ohmic heating time on vitamin C degradation was investigated. The frequency values of 50, 60, 70, 100, 500, 1000, 10000, 20.000 Hz and the fixed electric field strength of 30 V/cm were used to examined vitamin C change. Decrease of the vitamin depends on the frequency, at 50 Hz or above 1 kHz, the vitamin C content reduced compared to that of the control sample. At the experimental frequencies of 60, 500Hz, the vitamin C content was not changed during the 60 s at 60 - 90°C ($p > 0,05$). Pomelo juice declined approximately 2% of vitamin C due to the non-heat effect when the sample temperature increased from 20 to 90°C. The results indicate that Ohmic heating is likely to effectively used to pasteurize pomelo juice.

Keywords. Ohmic heating, vitamin C, electric field frequency, pomelo juice.

1 GIỚI THIỆU

Xử lý nhiệt là một công đoạn quan trọng trong công nghệ chế biến thực phẩm để bất hoạt vi sinh vật gây hại cho sức khỏe của người tiêu dùng cũng như gây ra các biến đổi làm giảm phẩm cấp của sản phẩm. Tuy nhiên trong phương pháp gia nhiệt thông thường sử dụng môi trường truyền nhiệt chủ yếu là hơi nước để cung cấp nhiệt cho khối thực phẩm bằng cơ chế đối lưu hoặc dẫn nhiệt có tốc độ truyền nhiệt chậm vì độ dẫn nhiệt của thực phẩm thấp. Để nhiệt độ tại tâm khối thực phẩm đạt được nhiệt độ cần thiết đã gây ra sự quá nhiệt cho lớp ngoài, từ đó làm mất dinh dưỡng, giảm giá trị cảm quan và lãng phí năng lượng. Trong những năm gần đây, có nhiều kỹ thuật hiện đại được nghiên cứu và ứng dụng có khả năng bất hoạt vi sinh vật hiệu quả hơn với chế độ nhiệt “ôn hòa” hơn [1]. Trong số những kỹ thuật tiên tiến đó, gia nhiệt Ohm là một kỹ thuật gia nhiệt phù hợp cho thực phẩm dạng lỏng, đặc biệt là nước quả [2, 3]. Cơ chế của kỹ thuật gia nhiệt này là một quá trình sinh nhiệt trong khối thực phẩm khi cho dòng điện xoay chiều đi qua. Do tính chất cản trở dòng điện của thực phẩm, một phần điện năng được chuyển thành nhiệt năng làm nóng khối vật liệu. Thuận lợi của kỹ thuật này là gia nhiệt đồng đều, nhanh chóng nên ít gây tổn hại đến những thành phần nhạy nhiệt [4, 5]. Chất lượng sản phẩm cao vì ít biến đổi cấu trúc, dinh dưỡng, cảm quan và tăng độ an toàn vi sinh [6].

Mặc dù, gia nhiệt Ohm được đánh giá là một kỹ thuật xử lý thực phẩm có triển vọng, nhưng vẫn còn một số hạn chế. Đó là các phản ứng hóa học có thể xảy ra khi sử dụng dòng điện một chiều hoặc xoay chiều ở tần số thấp. Hiện nay, hầu như các hệ thống gia nhiệt Ohm hoạt động với tần số khoảng 50, 60Hz. Tại tần

số này, sản phẩm bị đốt cháy và có sự ăn mòn ở bề mặt điện cực [7]. Một số nghiên cứu đã chỉ ra tần số cao hơn 100Hz tránh được hiện tượng này [6]. Tần số dòng điện cũng ảnh hưởng đến tốc độ gia nhiệt và chất lượng của sản phẩm thực phẩm. Lee *et al.* [6] báo cáo rằng tăng tần số sẽ tăng tốc độ gia nhiệt, tăng khả năng phá hủy vi khuẩn và không làm biến đổi thành phần dinh dưỡng khi tần số tác động lớn hơn hoặc bằng 300Hz. Bên cạnh đó, hiệu quả của gia nhiệt Ohm còn phụ thuộc vào các yếu tố của sản phẩm như độ dẫn điện của thực phẩm, kích thước hạt huyền phù, tỷ lệ rắn lỏng, hàm lượng ion và các yếu tố hệ thống như cường độ điện trường áp dụng, tần số dòng điện. Do đó, mỗi loại nước quả khác nhau sẽ có những biến đổi khác nhau về thành phần hóa lý hay vi sinh khi áp dụng gia nhiệt Ohm, cần khảo sát lại trên từng đối tượng cụ thể.

Trong nghiên cứu này, nước ép bưởi được chọn để làm đối tượng thí nghiệm vì nước ép bưởi là nguồn thực phẩm giàu các hợp chất sinh học, có lợi cho sức khỏe con người như acid ascorbic, carotene và polyphenol... Các hợp chất này là các chất chống oxy hóa tự nhiên ức chế các phản ứng oxy hóa trong cơ thể người [8] [9, 10]. Do đó, các hợp chất này cần được bảo vệ tối đa trong quá trình chế biến.

Để có thể ứng dụng kỹ thuật gia nhiệt Ohm để thanh trùng nước quả bưởi cần đánh giá ảnh hưởng của nó đến khả năng bất hoạt vi sinh vật gây bệnh, các yếu tố gây hư hỏng và tác động đến các thành phần hóa lý. Kết quả nghiên cứu trước đã chỉ ra gia nhiệt Ohm làm tăng tỷ lệ bất hoạt vi sinh vật cao hơn so với gia nhiệt thông thường, nhiệt độ và thời gian tiêu diệt vi sinh vật thấp hơn, chỉ cần 15s, 80°C đã tiêu diệt hoàn toàn vi sinh vật trong nước ép bưởi. Do đó, trong nghiên cứu này khảo sát ảnh hưởng của gia nhiệt Ohm đến vitamin C, một thành phần đại diện cho hợp chất nhạy nhiệt được lựa chọn để khảo sát. Mục tiêu của nghiên cứu này là khảo sát ảnh hưởng của tần số khi sử dụng kỹ thuật gia nhiệt ohm đến sự biến đổi hàm lượng vitamin C, động học vitamin C và xác định tác động của yếu tố điện đến sự biến đổi thành phần này trong nước ép bưởi. Kết hợp với kết quả của nghiên cứu trước về khía cạnh vi sinh để có hiểu biết tốt hơn về ảnh hưởng của gia nhiệt Ohm đến hiệu quả thanh trùng nước quả.

2 VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Nguyên liệu

Bưởi Năm Roi, tên khoa học là *Citrus Grandis* (hoặc *C. Decumana*) được cung cấp từ các tỉnh miền Tây Nam Bộ, khối lượng $1,2 \pm 0,2$ kg. Nguyên liệu được chọn là những quả có da căng, láng, có màu xanh ngả vàng, được kiểm soát độ chín thông qua giá trị độ brix, pH, và độ dẫn điện. Bưởi được gọt vỏ, bỏ xơ và tách lấy múi ép qua máy ép Fujiyama -FJ-400, có đường kính lỗ rây 1 mm. Nước ép bưởi để làm thí nghiệm phải đạt các chỉ tiêu sau: °Brix $11,0 \pm 0,5$, pH $4,0 \pm 0,2$, độ dẫn điện $4,0 \pm 0,5$ mS/cm. Nước bưởi sau khi ép được bảo quản lạnh ở 0 °C trước khi tiến hành thí nghiệm.

2.2 Thiết bị

Thiết bị gia nhiệt Ohm theo qui mô phòng thí nghiệm (Hình 1) gồm một máy phát xung (FG-7005C-Korea), một máy khuếch đại tần số (P7000S-Yamaha-Japan), một thiết bị kiểm soát nhiệt độ (TK4S-T4RN-Autronics-Korea), và buồng gia nhiệt Ohm. Máy phát xung có thể điều chỉnh được tần số từ 1 Hz đến 10 MHz, có điện áp 5 V. Tín hiệu phát ra từ máy phát xung đi qua thiết bị khuếch đại công suất cho điện áp dòng điện xoay chiều đầu ra tối đa 220 V. Dòng điện được khuếch đại này được dẫn qua cặp điện cực trong buồng gia nhiệt Ohm. Buồng gia nhiệt này hình chữ nhật, làm bằng Teflon có kích thước 2 x 14,5 x 7,5 cm, có khoảng cách giữa hai điện cực bằng 2 cm, điện cực này được làm bằng vật liệu titanium. Cặp nhiệt khóa K được đặt ở tâm của buồng chứa, dữ liệu về nhiệt được giám sát và chuyển về phần mềm ghi nhận dữ liệu.

2.3 Phương pháp thực hiện

Thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của tần số đến sự biến đổi hàm lượng vitamin C: Lấy 50ml mẫu nước ép bưởi cho vào bộ phận chứa mẫu của thiết bị gia nhiệt Ohm, tiến hành điều chỉnh tần số (50, 60, 70, 100, 500, 1000, 10000, 20000 Hz) và cường độ điện trường 30 V/cm. Mẫu nước ép được gia nhiệt đến 90°C. Sau đó, hút 5ml mẫu đã xử lý cho vào bình tối màu có đường kính 2cm và giữ lạnh tại 0°C trước khi đem đi phân tích hàm lượng vitamin C.

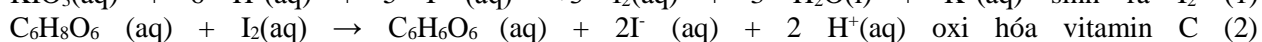
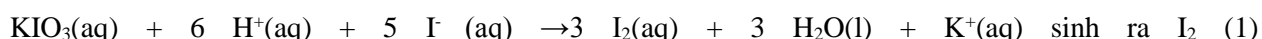
Thí nghiệm khảo sát động học biến đổi vitamin C tại 60 và 500Hz: 50ml nước ép bưởi được gia nhiệt Ohm đến 60°C, 70°C, 80°C, 90°C và giữ nhiệt trong 10, 20, 30, 40, 50 và 60s tại tần số 60 và 500 Hz, cường độ điện trường 30V/cm. Hút 5ml mẫu sau khi xử lý nhiệt cho vào bình tối màu có đường kính 2cm và giữ lạnh tại 0°C trước khi đem đi phân tích hàm lượng vitamin C.

Thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của yếu tố phi nhiệt đến sự biến đổi vitamin C: Điều chỉnh thể tích mẫu cân gia nhiệt của hai phương pháp, gia nhiệt thông thường bằng bể ổn nhiệt (chỉ có tác động của nhiệt) và gia nhiệt Ohm (có tác động của nhiệt – điện) sao cho tốc độ gia nhiệt mẫu từ 20 đến 90°C của hai phương pháp là như nhau. Sự khác biệt về tỷ lệ suy giảm hàm lượng vitamin C chính do tác động của yếu tố phi nhiệt.

2.4 Phương pháp phân tích

Định lượng vitamin C [11]

Acid ascorbic khử phân tử iodine (I₂) theo phương trình sau:



Hàm lượng vitamin C được xác định theo phương pháp chuẩn độ, với dung dịch chuẩn là Sodium Thiosulfate. Quá trình định lượng được thực hiện như sau: Hút 5ml dung dịch KIO₃ (0,04N) cho vào bình tam giác. Thêm 10 ml KI 10% và 10ml H₂SO₄ 0,2M. Chuẩn độ I₂ tự do với Na₂S₂O₃ 0,03N đến khi dung dịch có màu vàng nhạt. Thêm 10 giọt hồ tinh bột và tiếp tục chuẩn độ cho đến khi màu xanh – đen của phức tinh bột và triiodide vừa biến mất. Tính thể tích dung dịch Na₂S₂O₃ tiêu chuẩn dùng để chuẩn độ mẫu trắng. Với mẫu thử (dung dịch nước ép quả): Hút 5ml mẫu nước ép bưởi cho vào bình tam giác. Lặp lại các bước như chuẩn độ dung dịch Na₂S₂O₃ tiêu chuẩn. Và tính nồng độ ascorbic acid theo phương trình sau:

mdl ascorbic acid = mdl potassium iodate - mdl sodium thiosulfate

$$\text{Tính toán kết quả: } X = \frac{100 \times D \times C \times V}{V_m}$$

Trong đó:

X: hàm lượng vitamin C có trong mẫu (mg/100ml),

D: mili đương lượng gam của acid ascorbic: 88mg,

C: nồng độ dung dịch Na₂S₂O₃ dùng để chuẩn độ: 0,03N,

V: thể tích dung dịch Na₂S₂O₃ tiêu tốn (ml)

V_m: Thể tích mẫu dùng để chuẩn độ (ml)

2.5 Xử lý số liệu

Tất cả các thí nghiệm được lặp lại 4 lần. Kết quả là trung bình +/- độ lệch chuẩn. Đánh giá sự khác biệt có ý nghĩa giữa các mẫu thí nghiệm được thực hiện bằng phương pháp thống kê ANOVA (α = 5%).

3 KẾT QUẢ

3.1 Ảnh hưởng của tần số dòng điện trong gia nhiệt Ohm đến thành phần vitamin C của nước ép bưởi.

Ảnh hưởng của tần số dòng điện trong gia nhiệt Ohm đến hàm lượng vitamin C trong nước ép bưởi thể hiện ở hình 2. Kết quả thu được cho thấy hàm lượng vitamin C bị ảnh hưởng không đáng kể khi tần số dòng điện tăng từ 50 Hz đến 10 kHz, nhưng sụt giảm đáng kể tại tần số 20 kHz (p<0,05). Trong đó, hàm lượng vitamin C của mẫu được gia nhiệt ở các tần số 60Hz, 70Hz, 100Hz và 500Hz khác biệt không có ý nghĩa thống kê so với mẫu đối chứng (mẫu chưa xử lý nhiệt). Trong khi đó, cùng một tốc độ gia nhiệt (trong khoảng từ 50 đến 100Hz), mẫu gia nhiệt ở 50Hz suy giảm hàm lượng vitamin C so với đối chứng (p<0,05). Kết quả này có thể liên quan đến phản ứng điện hóa bao gồm điện phân nước và ăn mòn điện cực. Quá trình điện phân

nước giải phóng oxi và hydrogen vào môi trường, là nguyên nhân làm tăng tốc quá trình oxi hóa vitamin C. Bên cạnh đó, sự ăn mòn điện cực giải phóng ion kim loại, xúc tác quá trình oxi hóa [12]. Cả hai quá trình này đều xảy ra khi sử dụng dòng điện xoay chiều tần số thấp [13]. Tác giả này ghi nhận điện phân xảy ra ở tất cả các giá trị pH, kể cả vật liệu làm điện cực được sử dụng là titanium. Điều này có thể giải thích cho kết quả hàm lượng vitamin C tại 50Hz thấp hơn so với mẫu đối chứng.

Trong dãy tần số khảo sát từ 500Hz đến 20kHz, tốc độ gia nhiệt đã có sự thay đổi, tốc độ chậm dần khi tăng dần tần số khảo sát. Tại 20 kHz, tốc độ gia nhiệt rất chậm, thời gian tác động nhiệt lên mẫu này hơn gấp bốn lần thời gian tác động nhiệt lên mẫu có tần số thấp (50-100Hz) và xấp xỉ hai lần tốc độ gia nhiệt tại 10kHz. Tốc độ gia nhiệt giảm khi tần số $\geq 500\text{Hz}$, có thể được giải thích là ở tần số cao tiến dần đến tần số radio, các thành phần mang điện dao động và phân tán mạnh vượt ra khỏi khối thực phẩm nên làm giảm khả năng dẫn điện, là nguyên nhân nhiệt độ tăng chậm [4, 14]. Giải thích này dựa trên cơ sở lý thuyết về dòng điện có tần số vô tuyến (từ 3kHz đến 30MHz). Dòng điện này hoạt động khác hoàn toàn với dòng điện một chiều hay xoay chiều ở tần số thấp. Năng lượng trong dòng điện có tần số vô tuyến có thể lan truyền trong không gian như sóng điện từ. Dòng điện có tần số vô tuyến không chạy trong lòng dây dẫn mà chạy trên bề mặt dây [15]. Với dãy tần số cao (500Hz-20kHz), phản ứng điện hóa giảm thiểu, nhưng tốc độ gia nhiệt chậm nên thời gian tác động nhiệt kéo dài, tại 20kHz, tỉ lệ suy giảm hàm lượng vitamin C chủ yếu do quá trình oxi hóa [16], là nguyên nhân làm suy giảm hàm lượng vitamin C trong nước ép bưởi.

3.2 Động học biến đổi vitamin C trong nước ép bưởi bằng phương pháp gia nhiệt ohm tại tần số 60Hz và 500Hz

Động học bất hoạt vi sinh vật trong nước ép bưởi bởi gia nhiệt Ohm ở nghiên cứu trước đã chỉ ra 85°C, 15s tại tần số 60Hz và 500Hz đảm bảo tiêu diệt hoàn toàn vi sinh. Tại tần số này, hàm lượng vitamin C cũng không bị suy giảm sau khi gia nhiệt nước ép bưởi từ 20 đến 90 °C ($p > 0,05$). Do đó, trong thí nghiệm này, động học biến đổi vitamin C tại tần số 60Hz và 500Hz được khảo sát, kết quả được chỉ ra trong hình 3, hình 4. Kết quả cho thấy thời gian giữ nhiệt từ 0 đến 60s ở các nhiệt độ 60°C, 70°C, 80°C và 90°C ảnh hưởng không đáng kể đến sự biến đổi hàm lượng vitamin C có trong nước ép bưởi ($p > 0,05$). Kết quả này cũng tương đồng với nghiên cứu của Vikram et al. (2005). Nhóm tác giả này khảo sát động học suy giảm hàm lượng vitamin C nước ép cam bằng kỹ thuật gia nhiệt Ohm và kết luận trong khoảng thời gian 60s, sự thay đổi hàm lượng vitamin C xử lý ở 50, 60, 75, 90°C không có sự khác biệt tại cường độ điện trường 42V/cm. Tuy nhiên, nếu thời gian gia nhiệt kéo dài (≥ 60 s), lượng vitamin C suy giảm càng nhiều khi nhiệt xử lý càng cao.

Như vậy, ở cả 2 tần số 60Hz và 500Hz, trong thời gian giữ nhiệt 60s tại 20 đến 90°C, hàm lượng vitamin C suy giảm không khác biệt so với mẫu chưa gia nhiệt, trong khi đó, tỷ lệ bất hoạt vi sinh vật tăng đáng kể. Như vậy, gia nhiệt Ohm có hiệu quả để thanh trùng nước ép bưởi.

3.3 Ảnh hưởng của yếu tố phi nhiệt đến sự biến đổi hàm lượng vitamin C

Trong gia nhiệt Ohm, ngoài yếu tố nhiệt, còn có sự tác động của điện. Nhờ tác động cộng hợp giữa nhiệt và điện đã gia tăng hiệu quả bất hoạt vi sinh vật [6, 17]. Bên cạnh đó, một số nghiên cứu đã chỉ ra các hợp chất có hoạt tính sinh học như acid ascorbic, lycopene, caroten... không bị tác động bởi điện [6, 18]. Thí nghiệm này khảo sát tác động của yếu tố phi nhiệt đến thành phần vitamin C trong nước ép bưởi thông qua quá trình gia nhiệt mẫu nước ép bằng phương pháp truyền thống (chỉ có tác động nhiệt) và phương pháp gia nhiệt Ohm (tác động nhiệt – điện). Quá trình thực hiện được điều chỉnh thể tích mẫu sao cho tốc độ gia nhiệt ở hai phương pháp tương đương nhau (bảng 1). Kết quả khảo sát ảnh hưởng của yếu tố phi nhiệt đến sự suy giảm hàm lượng vitamin C có trong nước ép bưởi được trình bày trong bảng 2. Kết quả chỉ ra hàm lượng vitamin C được giữ lại trong mẫu gia nhiệt Ohm ở tần số 60Hz và 500Hz so với mẫu đối chứng (mẫu chưa qua gia nhiệt) lần lượt là 93,8% và 94,9%. Trong khi đó, hàm lượng vitamin C được giữ lại trong mẫu gia nhiệt bằng bể ổn nhiệt lần lượt là 96,1% và 97,3%. Kết quả cho thấy với gia nhiệt – điện, hàm lượng vitamin C thấp hơn so với phương pháp gia nhiệt chỉ chịu tác động của nhiệt. Tuy nhiên, tỷ lệ suy giảm hàm lượng vitamin C khi chịu tác động của điện chỉ 2,3%. Tỷ lệ suy giảm do điện của nghiên cứu này cũng khá tương đồng với nghiên cứu của Jaeschke et al. [18], nhóm tác giả này chỉ ra rằng tỉ lệ suy giảm acid ascorbic sau 60 phút xử lý bằng gia nhiệt Ohm dao động từ 12,3% đến 13%, trong khi gia nhiệt

thường từ 10,5% đến 13,2% và tác giả kết luận không có sự khác biệt về sự suy giảm hàm lượng vitamin C ở hai phương pháp [18].

Một số tác giả khác đã so sánh các phương pháp gia nhiệt tiên tiến (gia nhiệt vi sóng, gia nhiệt hồng ngoại, gia nhiệt Ohm) với gia nhiệt thông thường (xét trên cùng thể tích) và kết luận gia nhiệt Ohm giữ được vitamin C cao nhất [19].

Như vậy, thời gian gia nhiệt cả khối nước quả (50ml) bởi gia nhiệt Ohm bằng thời gian gia nhiệt một thể tích nhỏ (5ml, 7ml) bởi phương pháp gia nhiệt thông thường. Đây là một phương pháp sinh nhiệt từ bên trong, nhiệt sinh ra đồng đều, nhanh chóng, tác động của yếu tố điện lên thành phần nhạy nhiệt như vitamin C khá nhỏ, hiệu quả sử dụng điện năng cao. Phương pháp gia nhiệt Ohm là một phương pháp gia nhiệt tiên tiến phù hợp để thanh trùng nước ép bưởi.

4 KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã khảo sát ảnh hưởng của tần số dòng điện trong suốt quá trình gia nhiệt Ohm và xác định tác động của yếu tố phi nhiệt số đến sự biến đổi hàm lượng vitamin C trong nước ép bưởi. Kết quả chỉ ra tần số là yếu tố có ảnh hưởng đáng kể đến sự biến đổi vitamin C. Tần số 60 Hz và 500 Hz, là tần số phù hợp để gia nhiệt Ohm, tại tần số này sự biến đổi hàm lượng vitamin C không khác biệt so với mẫu chưa gia nhiệt. Gia nhiệt Ohm tại tần số 60Hz và 500Hz được so sánh với gia nhiệt thông thường với cùng tốc độ tăng nhiệt để xác định ảnh hưởng của yếu tố điện. Kết quả cho thấy, bên cạnh nhiệt độ, sự có mặt của điện đã làm gia tăng tỷ lệ suy giảm hàm lượng vitamin C, tuy nhiên sự thay đổi này khá nhỏ (khoảng 2%). Trong khi đó, yếu tố điện làm gia tăng khả năng bất hoạt vi sinh vật đáng kể. Do đó, gia nhiệt Ohm là một kỹ thuật gia nhiệt có triển vọng để thanh trùng nước ép bưởi, cho phép nhà sản xuất thiết lập được chế độ nhiệt xử lý thấp hơn, mà vẫn đảm bảo an toàn vi sinh và ít tổn hại đến thành phần dinh dưỡng. Nghiên cứu này bước đầu xác định sự biến đổi vitamin C liên quan đến điện trường. Những nghiên cứu tiếp theo cần xác định rõ hơn cơ chế tác động của tần số dòng điện xoay chiều suốt quá trình gia nhiệt Ohm đến sự biến đổi các thành phần có hoạt tính sinh học và vi sinh vật trong nước ép quả.

LỜI CẢM ƠN

Bài báo là sản phẩm của đề tài NCKH cấp Trường. Tác giả xin cảm ơn trường đại học Công Nghiệp Thành Phố Hồ Chí Minh đã hỗ trợ tài chính cho đề tài mã số 184.TP07/HĐ-ĐHCN để tác giả thực hiện nghiên cứu này.

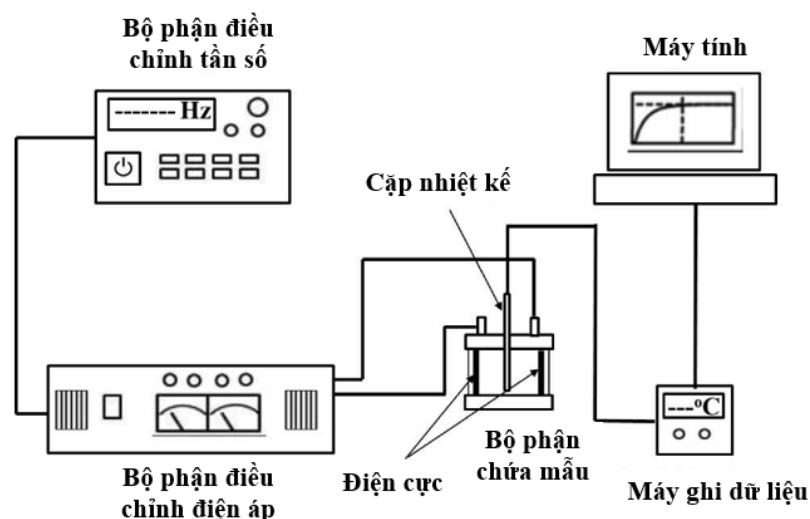
TÀI LIỆU TRÍCH DẪN

- [1] Dealwis, A. A. P., & Fryer, P. J, "Operability of the ohmic heating process - electrical-conductivity effects," *Journal of Food Engineering*, vol. 15(1), pp. 21-48, 1992.
- [2] Marra F, Lyng J, Romano V, McKenna B, "Radio-frequency heating of foodstuff: Solution and validation of a mathematical model," *J. Food Eng.*, vol. 79, pp. 998-1006, 2007.
- [3] McKenna B, Lyng J, Brunton N, Shirsat N, "Advances in radio frequency and ohmic heating of foods," *J. Food Eng.*, vol. 77, pp. 215-226, 2006.
- [4] Reznick, D, "Ohmic heating of fluid foods," *Food Technol*, vol. 50 (5), pp. 250-251, 1996.
- [5] De Halleux, D., Piette, G., Buteau, M. L., & Dostie, M, "Ohmic cooking of processed meats: Energy evaluation and food safety considerations," *Canadian Biosystems Engineering / Le Genie Des*, vol. 47, pp. 41-47, 2005.
- [6] Lee Su-Yeon, Ryu Sangryeol, Kang Dong-Hyun, "Effect of Frequency and Waveform on Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* Serovar Typhimurium in Salsa by Ohmic Heating," *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 79, 2013.
- [7] Goullieux, A., & Pain, J. P, Ohmic Heating. In: *Emerging Technologies for Food Processing* (edited by D.W. Sun), D. Sun, Ed., London: UK: Elsevier Academic, 2005, pp. 469-505.
- [8] Jiuxu Zhang, "Flavonoids in Grapefruit and Commercial Grapefruit Juices : Concentration, Distribution, and Potential Health Benefits," *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, vol. 120, pp. 288-294, 2007.

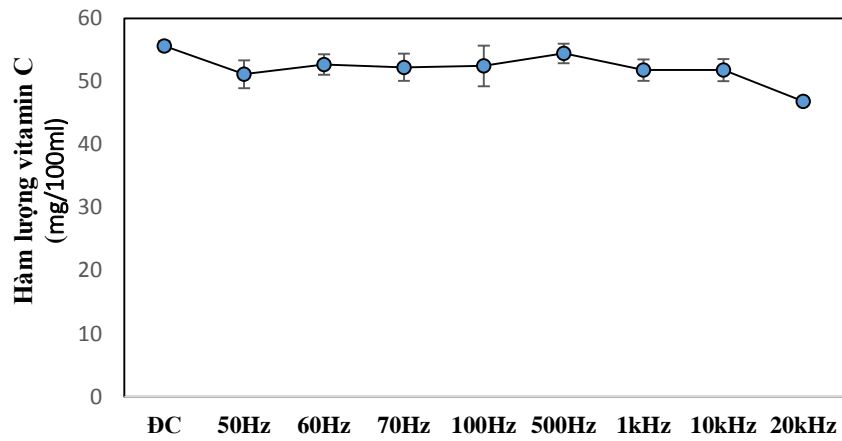
- [9] Guimarães, R., Barros, L., Barreira, J. C. M., Sousa, M. J., Carvalho, A. M., & Ferreira, I. C. F. R., "Trgeting excessive free radicals with peels and juices of citrus fruits : Grapefruit , lemon , lime and orange," Food and Chemical Toxicology, vol. 48(1), pp. 99-106, 2010.
- [10] YuQiu Liu, Emily Heying, and Sherry A. Tanumihardjo, "History , Global Distribution , and Nutritional Importance of Citrus Fruits," ComprehensiveReviewsin Food Scienceand Food Safety, vol. 11, pp. 530-545, 2012.
- [11] Samira Ben Mussa and Intisar El Sharaa, "Analysis of vitamin C (ascorbic acid) contents packed fruit juice by UV-spectrophotometry and redox titration methods," Journal of Applied Physics, pp. 6, 46-52, 2014.
- [12] Assiry A, Sastry SK, Samaranyake C., "Degradation kinetics of ascorbic acid during ohmic heating with stainless steel electrodes," J Appl Electrochem, p. 33:187–196, 2003.
- [13] Samaranyake CP, Sastry SK, "Electrode and pH effects on electrochemical reactions during ohmic heating," J Electroanal Chem, p. 577:125–135, 2005.
- [14] Remik, D, Apparatus and method for electrical heating of food products, US Patent No. 4, 1988.
- [15] Radio regulation, "Constitution of the international telecommunication union," vol. 1, pp. 7-27, 2016.
- [16] Mercali, G.D., Schwartz, S., Marczak, L.D.F., Tessaro, I.C., Sastry, S., "Ascorbic acid degradation and color changes in acerola pulp during ohmic heating: effect of electric field frequency," J. Food Engineering, pp. (123), p.1-7, 2014.
- [17] Lee S.-Y., Sagong H.-G.,Ryu S., Kang D.-H., "Effect of continuous ohmic heating to inactivate Escherichia Coli O157:H7, Salmonella Typhimurium and Listeria monocytogenes in orange juice and tomato juice," Journal of Applied Microbiology, vol. 112, pp. 723-731, 2012.
- [18] Jaeschke, D.P., Marczak, L.D.F., Mercali, G.D, "Evaluation of non-thermal effects of electricity on ascorbic acid and carotenoid degradation in acerola pulp during ohmic heating," Food Chemistry, 2015.
- [19] Vikram, V.B., Ramesh, M.N., Prapulla, S.G. , "Thermal degradation kinetics of nutrients in orange juice heated by electromagnetic and conventional methods," Journal of Food Engineering, pp. 69, 31–40, 2015.

Ngày gửi bài: 30/08/2018

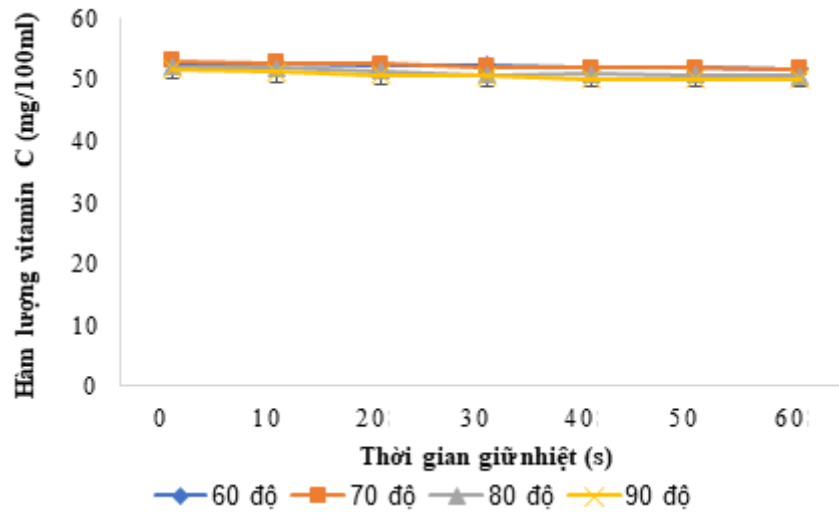
Ngày chấp nhận: 19/03/2019



Hình 1. Sơ đồ thiết bị gia nhiệt ohm

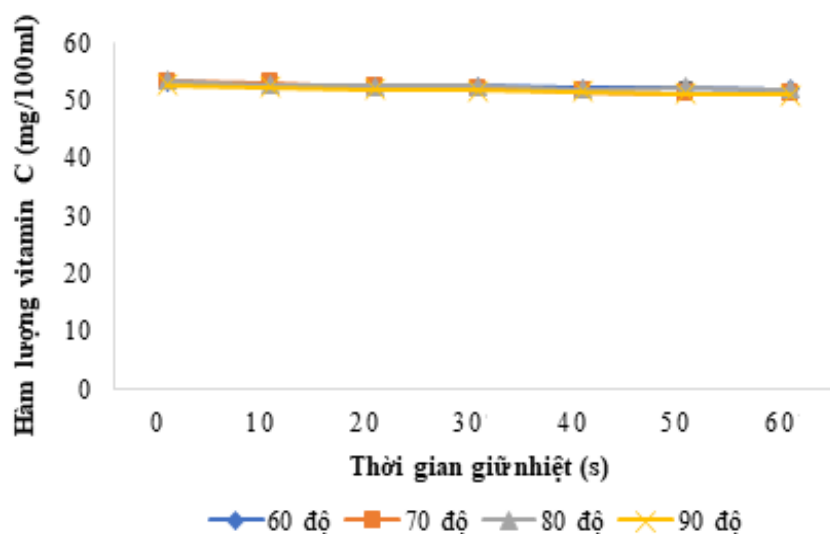


Hình 2. Ảnh hưởng của tần số dòng điện đến hàm lượng vitamin C trong quá trình gia nhiệt nước ép bưởi theo phương pháp gia nhiệt ohm



Hình 3. Ảnh hưởng của thời gian giữ nhiệt đến hàm lượng vitamin C khi gia nhiệt Ohm ở tần số 60Hz, cường độ điện trường 30V/cm

**ẢNH HƯỞNG CỦA TẦN SỐ DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU
ĐẾN SỰ BIẾN ĐỔI HÀM LƯỢNG VITAMIN C TRONG NƯỚC ÉP BƯỞI**



Hình 4. Biểu đồ thể hiện ảnh hưởng của thời gian giữ nhiệt đến hàm lượng vitamin C ở các mức nhiệt độ khác nhau khi mẫu gia nhiệt ohm ở tần số 500Hz, cường độ điện trường 30V/cm.

Bảng 1: Khảo sát thể tích mẫu và thời gian tăng nhiệt của phương pháp gia nhiệt ohm và gia nhiệt thông thường.

		Ohm	Bể ổn nhiệt
60Hz	Thể tích mẫu	50ml	5ml
	Thời gian tăng nhiệt	77,5s	79s
500Hz	Thể tích mẫu	50ml	7ml
	Thời gian tăng nhiệt	83,5s	84s

Bảng 2. Ảnh hưởng của yếu tố phi nhiệt đến sự biến đổi hàm lượng vitamin C

*Hàm lượng vitamin C (mg/100ml) ± SD		
Phương pháp gia nhiệt	60Hz	500Hz
Đối chứng	56,32 ± 0,62	56,32 ± 0,62
Ohm	52,80 ^a ± 0,72	53,46 ^a ± 0,84
Bể ổn nhiệt	54,12 ^b ± 0,51	54,78 ^b ± 0,44
P-value	0,02	0,03

Chú thích: ^{a,b} thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức trên cùng một cột ở độ tin cậy 95%.