



DOI:10.22144/ctujos.2024.432

TỐI ƯU HÓA QUÁ TRÌNH TIỀN XỬ LÝ ĐẾN CHẤT LƯỢNG MÍT TƯƠI (*Artocarpus heterophyllus* L.) TÁCH MÚI CHẾ BIẾN GIẢM THIỂU

Phan Thị Thanh Quế^{1*}, Lê Duy Nghĩa¹, Trình Thị Chúc² và Dương Thị Phượng Liên¹

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

²Sinh viên ngành Công nghệ sau thu hoạch, Trường Đại học Cần Thơ

*Tác giả liên hệ (Corresponding author): pttque@ctu.edu.vn

Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 18/03/2024

Sửa bài (Revised): 26/05/2024

Duyệt đăng (Accepted): 28/07/2024

Title: Optimization of pretreatment process on the quality attributes of minimal processing of jackfruit bulbs (*Artocarpus heterophyllus* L.)

Author(s): Phan Thi Thanh Que*, Le Duy Nghia, Trinh Thi Chuc and Duong Thi Phuong Lien

Affiliation(s): Can Tho University

TÓM TẮT

Mít chế biến giảm thiểu không chỉ có giá trị dinh dưỡng mà còn tiện lợi khi sử dụng. Nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá ảnh hưởng của quá trình tiền xử lý đến chất lượng và thời gian bảo quản mít tươi tách múi. Thiết kế Box-Behnken được bố trí để xác định các thông số tối ưu cho công đoạn tiền xử lý bao gồm nồng độ acid citric (0; 0,5; 1% w/v), CaCl₂ (0; 0,5; 1% w/v) và thời gian tiền xử lý (5; 10; 15 phút). Mô hình đa thức bậc hai được áp dụng để xác định ảnh hưởng của biến độc lập đến sự thay đổi chất lượng sản phẩm bao gồm giá trị L*, chỉ số hóa nâu, hàm lượng vitamin C, β-caroten, polyphenol và khả năng loại bỏ gốc tự do DPPH. Kết quả cho thấy các mô hình có mức độ phù hợp cao với kết quả thực nghiệm (R²>0,947). Từ kết quả các biến đáp ứng, điều kiện tối ưu cho quá trình tiền xử lý mít tách múi là 0,41% acid citric và 0,57% CaCl₂ xử lý trong thời gian 10 phút. Với các điều kiện tối ưu, mít tách múi bảo quản được 12 ngày ở nhiệt độ 4°C.

Từ khóa: Chế biến giảm thiểu, mít tách múi, tiền xử lý, tối ưu hóa

ABSTRACT

Minimally processed jackfruit is a product that not only has nutritional value but is also convenient to use. The study was carried out to evaluate the effect of pretreatment conditions on the quality and shelf-life of fresh-cut jackfruit bulbs. Box-Behnken design was employed in order to determine the optimal pretreatment parameters, including citric acid concentration (0; 0,5; 1% w/v), CaCl₂ (0; 0,5; 1% w/v), and treatment time (5; 10; 15 min). A second-order polynomial model was proposed with regard to the effect of independent variables on quality such as L* value, browning index, content of vitamin C, β-carotene, polyphenols, and DPPH free radical scavenging. The established models for responses showed a good fit with the experimental data (R²>0,947). From the results of response variables, the optimal pretreatment process for jackfruit bulbs were obtained 0.41% citric acid, 0.57% CaCl₂ and treatment time of 10 minutes. With these optimal conditions, jackfruit bulbs can be stored in 12 days at a temperature of 4°C.

Keywords: Jackfruit bulbs, minimally processed, pretreatment, optimization

1. GIỚI THIỆU

Mít là loại cây nhiệt đới, chứa hàm lượng protein, tinh bột, khoáng chất, chất xơ và vitamin (A, B, C) cao, nhưng không chứa chất béo bão hòa hoặc cholesterol, nên đã trở thành một loại quả lành mạnh để thưởng thức (Jayus et al., 2016). Tuy nhiên, mít được coi là một loại trái cây chưa được sử dụng hết ở quy mô thương mại do tỷ lệ phần không ăn được cao hơn phần ăn được, chiếm khoảng 29% thịt quả, 12% hạt và 54% vỏ và xơ (Berry & Kalra, 1988).

Với nhịp sống hiện đại ngày nay, việc sơ chế, chế biến các loại rau củ quả tốn khá nhiều thời gian đã hạn chế việc tiêu thụ trái cây tươi, đặc biệt là các loại trái cây khó xử lý tách múi và chứa rất nhiều nhựa như mít. Chế biến giảm thiểu là kỹ thuật hiện đại được sử dụng cho các loại trái cây và rau quả tươi, nhằm đáp ứng nhu cầu của người tiêu dùng về sự tiện lợi mà không làm thay đổi nhiều đặc tính tươi ngon, đồng thời giúp người tiêu dùng tránh được rủi ro khi chọn trái cây, nhất là những quả không nhìn thấy được bên trong như mít, sầu riêng,... Dưới hình thức chế biến này sản phẩm vẫn giữ được độ tươi cũng như mùi vị, màu sắc đặc trưng. Nguyên liệu sau khi xử lý được trình bày hấp dẫn, người tiêu dùng có thể dễ dàng sử dụng mà không cần phải tốn thời gian với các thao tác rửa, bóc vỏ, tách múi,... Tuy nhiên, thời hạn sử dụng của các sản phẩm chế biến giảm thiểu bị hạn chế bởi các tổn thương sinh lý do các công đoạn xử lý bao gồm bóc vỏ, lấy lõi và cắt. Các quá trình này gây ra hiện tượng hóa nâu trên bề mặt cắt, làm hạn chế sự phát triển và thương mại hóa các loại rau quả tươi chế biến giảm thiểu. Trong quá trình sản xuất và chế biến thực phẩm, một số loại phụ gia thực phẩm được sử dụng hiệu quả và an toàn trong giới hạn cho phép như acid citric và canxi clorua. Tác dụng của acid citric, vitamin C, muối canxi cũng như phương pháp bao gói đối với sản phẩm mít chế biến giảm thiểu đã được chứng minh trong các nghiên cứu của Saxena et al. (2012).

Hàm lượng acid citric và CaCl_2 thường được sử dụng trong nước ngâm là 1% (Saxena et al., 2012). Thời gian ngâm xử lý có thể dao động từ 5 phút

(Prathibha et al., 2018) hoặc có thể kéo dài đến 30 phút (Saxena et al., 2012). Nhằm mục đích tạo sự tiện lợi khi sử dụng, duy trì chất lượng, đặc biệt là hàm lượng các hợp chất có giá trị sinh học đối với sản phẩm mít chế biến giảm thiểu, nghiên cứu tối ưu hóa trong quá trình xử lý mít chế biến giảm thiểu được thực hiện.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Mít (giống mít Thái) được thu hái vào sáng sớm tại vườn trồng mít ở Huyện Châu Thành A, tỉnh Hậu Giang. Yêu cầu mít đạt độ chín thuận thực (chất khô hòa tan tổng số từ 20-22°Brix), gai nở đều, không xơ đen, sâu bệnh. Lớp vỏ bên ngoài còn xanh không bị dập nát.

2.2. Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm được thực hiện với 3 nhân tố bao gồm nồng độ acid citric (X_1 , 0; 0,5 và 1% w/v), nồng độ CaCl_2 (X_2 , 0; 0,5 và 1% w/v) bổ sung trong dung dịch nước ngâm và thời gian ngâm (X_3 , 5; 10 và 15 phút). Phương pháp bề mặt đáp ứng (RSM) thiết kế theo mô hình Box-Behnken được lựa chọn để ước tính tác động của các nhân tố đối với màu sắc và hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học trong mít chế biến giảm thiểu. Phạm vi dao động của các nhân tố bố trí trong nghiên cứu được quyết định dựa trên các nghiên cứu của Saxena et al. (2012), Prathibha et al. (2018) và kết quả thí nghiệm thăm dò ảnh hưởng của từng nhân tố riêng lẻ. Thiết kế được thực hiện bằng phần mềm Stagraphics Centurion XV.I. Ma trận quy hoạch thực hiện được trình bày ở Bảng 1.

Mít sau khi được vận chuyển về đến phòng thí nghiệm, rửa sạch phần vỏ để loại bỏ tạp chất (nhựa mít, bụi bẩn,...) bám trên bề mặt vỏ và làm giảm bớt các vi sinh vật trên bề mặt. Mít được gọt vỏ, loại bỏ cùi, tách múi và loại bỏ hạt. Ngâm mít trong dung dịch có chứa acid citric, CaCl_2 với các mức nồng độ và thời gian như bố trí ở Bảng 1, tỉ lệ nước ngâm với mít cố định là 2:1. Mít sau khi ngâm được để ráo, xếp vào khay EPS và bao màng PVC. Bảo quản mít ở nhiệt độ lạnh 4-5°C, tiến hành phân tích các chỉ tiêu chất lượng sau mỗi 3 ngày cho đến khi xuất hiện hư hỏng.

Bảng 1. Thiết kế Box-Behnken cho các biến nhân tố xử lý của quá trình ngâm

Biến độc lập (nhân tố)	Nồng độ acid citric (% w/v) (X ₁)	Nồng độ CaCl ₂ (% w/v) (X ₂)	Thời gian ngâm (phút) (X ₃)
Mức cao	1,0 (+1)	1,0 (+1)	15 (+1)
Mức trung bình	0,5 (0)	0,5 (0)	10 (0)
Mức thấp	0,0 (-1)	0,0 (-1)	5 (-1)
Thứ tự mẫu	X ₁	X ₂	X ₃
1	-1	0	1
2	0	-1	1
3	1	0	1
4	0	1	1
5	-1	1	0
6	-1	-1	0
7	1	-1	0
8	1	1	0
9	-1	0	-1
10	0	-1	-1
11	1	0	-1
12	0	1	-1
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0

2.3. Phương pháp phân tích

Màu sắc được đo bằng máy đo màu Konica Minolta CR-20 để ghi nhận giá trị L*, a* và b*; chỉ số hóa nâu (BI) được tính toán thông qua giá trị L*, a*, b* (Kasim & Kasim, 2015). Cụ thể:

$$BI = \frac{100(x - 0,31)}{0,172} \text{ với } x = \frac{a^* + 1,75L^*}{5,64L^* + a^* - 3,012b^*}$$

Hàm lượng vitamin C được xác định bằng thuốc thử DIP 0,001N theo phương pháp Muri (Sô & Thuận, 1991); hàm lượng β-carotene được xác định bằng cách trích ly β-caroten trong dung môi ethanol, tách pha nước và đo độ hấp thụ của ether dầu hòa β-caroten ở bước sóng 450nm (Fikselová et al., 2008); hàm lượng polyphenol tổng số (TPC) được xác định dựa trên phản ứng khử hóa học của thuốc thử Folin-Ciocalteu hấp thụ ánh sáng cực đại ở độ hấp thụ 765 nm (Feduraev et al., 2019); khả năng loại gốc tự do DPPH được xác định bằng phản ứng tiếp xúc với các chất chống oxy hóa như hợp chất phenol, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) sẽ nhận hydro và bị khử làm chuyển màu dung dịch từ màu tím sang màu vàng sáng, và được đo quang phổ ở bước sóng 517 nm (Mensor et al., 2001).

2.4. Phương pháp xử lý số liệu

Hàm toán học Y_i thể hiện biến tiêu chí (L, 1/BI, hàm lượng vitamin C, hàm lượng β-carotene, hàm lượng TPC và khả năng quét gốc tự do DPPH),

trương quan với ba biến độc lập (thông số của quá trình), cụ thể:

X₁: nồng độ acid citric (% w/v),

X₂: nồng độ CaCl₂ (% w/v) và

X₃: thời gian ngâm (phút).

Phương trình hồi quy đa biến có dạng:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \beta_3X_3 + \beta_{11}X_1^2 + \beta_{22}X_2^2 + \beta_{33}X_3^2 + \beta_{12}X_1X_2 + \beta_{13}X_1X_3 + \beta_{23}X_2X_3$$

Số liệu từ thiết kế tối ưu hóa của các biến tiêu chí được phân tích hồi quy đa biến và xác định các thông số tối ưu của quá trình tiền xử lý bằng phần mềm Stagraphics Centurion XV.I

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả thành phần nguyên liệu mít

Thành phần hóa lý là một trong những yếu tố quan trọng để đánh giá chất lượng sản phẩm. Việc xác định thành phần hóa lý ngoài mục đích hiểu rõ về nguyên liệu còn tạo cơ sở để thực hiện các biện pháp xử lý phù hợp. Kết quả Bảng 2 cho thấy độ ẩm của múi mít khá cao (71,27%) cùng với hàm lượng đường tổng cao (22,09%) nên múi mít rất dễ hư hỏng nếu không có biện pháp xử lý thích hợp. Kết quả này tương đồng với nghiên cứu của Balamaze et al. (2019), độ ẩm của mít dao động 74,3-76,1%. Hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học như

vitamin C, β -carotene, hàm lượng TPC lần lượt là 4,20 mg%, 67,04 μ g/g chất khô, 1,05 mgGAE/g chất khô cùng với khả năng loại gốc tự do DPPH là 34,08%. Trong khi kết quả nghiên cứu của Saxena et al. (2012) cho thấy hàm lượng TPC và TFC trong mít lần lượt là 0,45 mg/g và 0,23 mg/g. Mít có màu vàng sáng đặc trưng với giá trị L^* và b^* cao, lần lượt là 77,9 và 31,9.

Bảng 2. Thành phần nguyên liệu

STT	Thành phần	Giá trị ¹
1	Độ ẩm (%)	71,27 \pm 0,55
2	Hàm lượng đường tổng số (%)	22,09 \pm 0,74
3	Hàm lượng β -carotene (μ g/g chất khô)	67,04 \pm 1,99
4	Hàm lượng vitamin C (mg %)	4,20 \pm 0,50
5	Hàm lượng TPC (mgGAE/g chất khô)	1,05 \pm 0,04
6	Khả năng loại gốc tự do DPPH (%)	34,08 \pm 0,71
7	Màu sắc	
	L^*	77,9 \pm 0,6
	a^*	10,9 \pm 0,6
	b^*	31,9 \pm 0,1

¹Kết quả trung bình của 3 lần lặp lại. Sai số thể hiện trong bảng là độ lệch chuẩn (STD) của giá trị trung bình

3.2. Tối ưu hóa quá trình tiền xử lý mít chế biến giảm thiểu

3.2.1. Thiết lập mô hình hồi quy

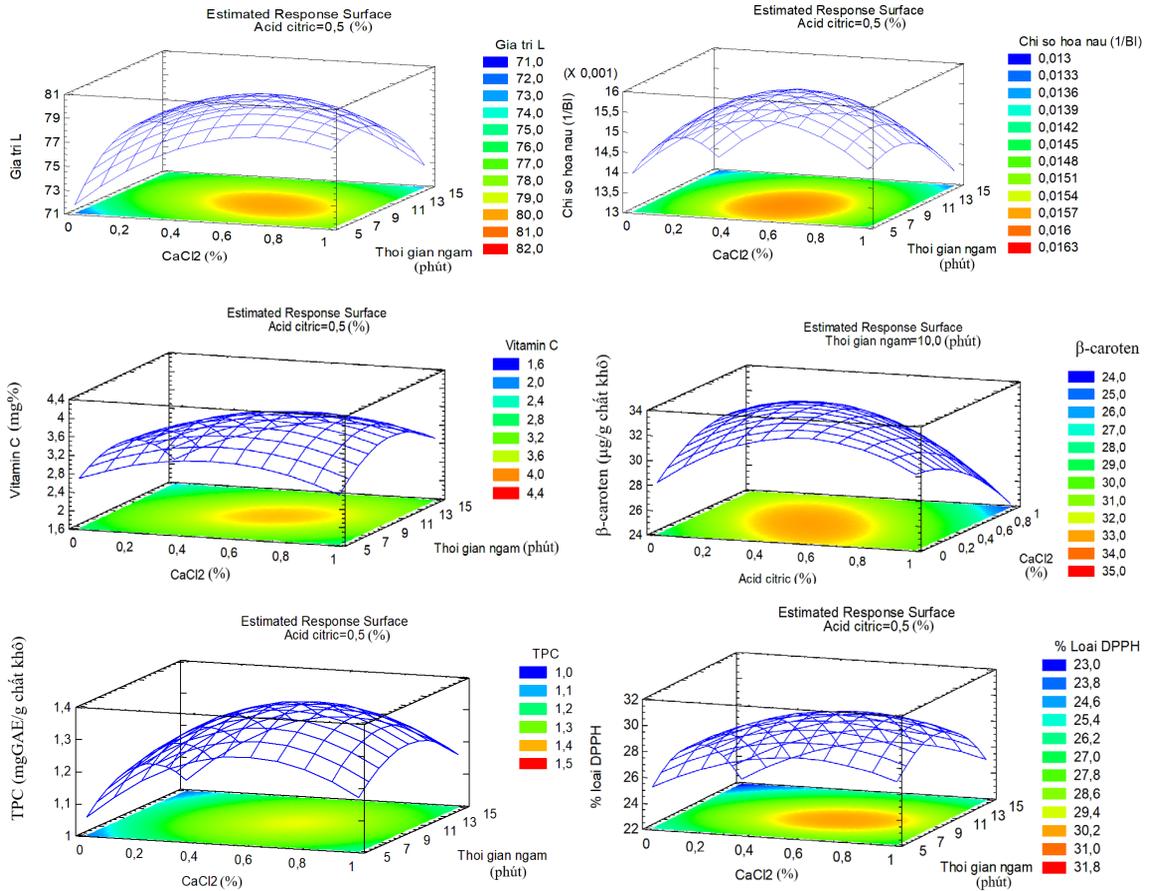
Mức độ phù hợp của mô hình được đánh giá thông qua giá trị của sự không phù hợp (Lack of fit). Kết quả ở Bảng 3 cho thấy chỉ số Lack of fit ở tất cả

các chỉ tiêu đều lớn hơn 0,05 và hệ số R^2 đều lớn hơn 0,94 chứng tỏ sự phù hợp của mô hình đối với số liệu thực nghiệm. Độ sáng (giá trị L^*) của mít bị ảnh hưởng bởi nồng độ acid citric (bậc 1, bậc 2 của phương trình với mức ý nghĩa lần lượt là 0,05 và 0,01); nồng độ $CaCl_2$ và thời gian ngâm (bậc 2 của phương trình với mức ý nghĩa 0,05) cũng như tương tác giữa thời gian ngâm với nồng độ acid citric và với nồng độ $CaCl_2$. Đối với giá trị 1/BI thì nồng độ acid citric và thời gian ngâm đều có ảnh hưởng cả ở bậc 1, bậc 2 của phương trình ở mức ý nghĩa 0,05; tương tác giữa nồng độ acid citric và thời gian ngâm (mức ý nghĩa 0,01). Nồng độ $CaCl_2$ cũng ảnh hưởng đến giá trị 1/BI ở bậc 2 của phương trình với mức ý nghĩa 0,01. Khi tăng nồng độ acid citric, $CaCl_2$ hoặc thời gian ngâm thì giá trị độ sáng (L^*) và 1/BI tăng dần, sau đó lại giảm. Màu sắc là thuộc tính chất lượng đầu tiên của thực phẩm được người tiêu dùng đánh giá, điều này làm cho nó trở thành một thành phần quan trọng của chất lượng thực phẩm liên quan đến sự chấp nhận của thị trường. Trong thời gian bảo quản, mùi mít vẫn tiếp tục quá trình biến đổi sinh lý, sinh hóa một cách mạnh mẽ đồng thời sự thủy phân đồng loạt các chất và xuất hiện nhiều chất mới gắn liền với sự biến đổi về màu sắc là điều không tránh khỏi. Theo Koukounara et al. (2008) thì quá trình rau quả bị mềm cùng với hiện tượng hóa nâu bề mặt là nguyên nhân chính làm giảm chất lượng ảnh hưởng đáng kể đến thời hạn sử dụng và tiếp thị của sản phẩm chế biến giảm thiểu. Màu nâu của sản phẩm chế biến giảm thiểu được biết là do quá trình oxy hóa bởi enzyme polyphenol oxidase và peroxidase. Enzyme polyphenol oxidase rất nhạy cảm với pH, axit hóa có thể làm giảm hoạt động của enzyme polyphenol oxidase hoặc vô hoạt chúng khi pH < 3 (Grimm et al., 2012).

Bảng 3. Hệ số phương trình hồi quy đa biến

Hệ số	L^*	Vitamin C	β -carotene	TPC	DPPH	1/BI
β_0	52,5672	-0,835833	25,5775	0,855795	15,6488	0,00883671
β_1	27,1981*	NS	10,2072*	NS	NS	0,00816702*
β_2	NS	NS	NS	NS	8,8375*	NS
β_3	NS	NS	NS	NS	2,07475*	0,000691429*
β_{11}	-15,3397**	-2,47333*	-12,7934*	-0,445611*	-10,345*	-0,00270667*
β_{22}	-11,5814*	NS	NS	-0,624227*	-8,195*	-0,00509826**
β_{33}	-0,103647*	-0,0242333*	NS	-0,00403464*	-0,11895*	-0,0000271463*
β_{12}	NS	-3,16*	-8,33247*	NS	NS	NS
β_{13}	-1,36067**	NS	NS	0,0356207*	NS	-0,000424844**
β_{23}	-0,7955*	NS	NS	NS	NS	NS
R^2	0,962	0,972	0,977	0,942	0,987	0,947
Lack of fit	0,1784	0,8642	0,5404	0,3114	0,8750	0,1155

Ghi chú: NS: Không có ý nghĩa; * và ** thể hiện mức độ ý nghĩa tương ứng với 0,05 và 0,01



Hình 1. Kết quả phân tích hồi quy màu sắc (L*), 1/BI, vitamin C, β-carotene, TPC và DPPH theo các nhân tố

Ngoài ra, enzyme polyphenol oxidase yêu cầu phải có ion đồng ở trung tâm hoạt động, acid citric có khả năng tạo phức với đồng từ đó làm vô hoạt enzyme. Cocci et al. (2006) đã báo cáo về tác dụng tích cực của acid citric trong việc giảm chỉ số hóa nâu và kéo dài thời hạn sử dụng của táo chế biến giảm thiểu. Acid citric thường được sử dụng kết hợp với các tác nhân chống hóa nâu khác, chẳng hạn như CaCl₂. Muối của ion Ca²⁺ giúp ổn định cấu trúc mô của tế bào rau quả nhờ sự liên kết với acid pectic, tạo thành phức hợp pectate canxi, ngăn cản tác động của oxy, nhờ đó hạn chế sự hóa nâu (Khunpon et al., 2023). Ngoài ra, nghiên cứu của Rosen and Kader (1989) đã chứng minh vai trò của Cl⁻ trong việc ngăn cản hiện tượng hóa nâu. Nghiên cứu của Thủy và ctv. (2013) cho rằng độ sáng của vỏ trái chôm chôm nhân sau thu hoạch được cải thiện khi xử lý acid citric và CaCl₂. Khi xử lý nồng độ acid citric quá cao thì giá trị L* càng giảm do nồng độ acid citric cao có thể dẫn đến hiện tượng mất nước trong tế bào khi có sự chênh lệch hàm lượng chất khô hòa tan (Rong et

al., 2010). Hàm lượng vitamin C của sản phẩm bị ảnh hưởng bởi nồng độ acid citric và thời gian ngâm (bậc 2 của phương trình với mức ý nghĩa 0,05), tương tác giữa nồng độ acid citric với nồng độ CaCl₂ (mức ý nghĩa 0,05). Có sự gia tăng hàm lượng vitamin C khi tăng nồng độ acid citric, CaCl₂ cũng như thời gian xử lý; tuy nhiên vitamin C có xu hướng giảm khi tiếp tục gia tăng nồng độ/thời gian của các nhân tố xử lý. Theo Conway et al. (1994), canxi có vai trò quan trọng giúp làm giảm sự phân hủy vitamin C của trái cây sau thu hoạch. Các sản phẩm được xử lý trước bằng acid citric và acid ascorbic duy trì được hàm lượng acid ascorbic cao hơn (Cocci et al., 2006). Tuy nhiên, vitamin C không những dễ hòa tan trong nước mà còn bị oxy hóa nhanh, nhất là ở nhiệt độ cao hoặc môi trường kiềm nên dễ bị mất đi sau quá trình xử lý. Kết quả Hình 1 cho thấy khi tăng nồng độ acid citric và CaCl₂ có khả năng làm mất nước của mít, từ đó làm giảm hàm lượng vitamin C. Đồng thời, thời gian xử

lý kéo dài thì mùi mít tiếp xúc nhiều với oxy không khí từ đó làm giảm hàm lượng vitamin C trong mít.

Nồng độ acid citric (bậc 1, bậc 2 của phương trình với mức ý nghĩa 0,05) và tương tác giữa nồng độ acid citric và với nồng độ CaCl₂ (mức ý nghĩa 0,05) ảnh hưởng đến hàm lượng β-caroten của mít. Hàm lượng β-carotene có xu hướng tăng khi tăng nồng độ acid citric, CaCl₂ hoặc thời gian ngâm, nhưng lại giảm khi nồng độ ngâm quá cao và thời gian ngâm kéo dài. β-carotene rất dễ bị oxy hóa bởi các tác nhân như: ánh sáng, oxy và đặc biệt rất nhạy cảm với acid. Xử lý bằng acid citric và CaCl₂ trong thời gian dài đã làm giảm hàm lượng β-carotene do tiếp xúc với ánh sáng và oxy thời gian dài. Tuy nhiên, hàm lượng β-carotene trong các mẫu xử lý acid citric và CaCl₂ ổn định hơn mẫu không xử lý. Nghiên cứu của Hiranvarachat et al. (2011) cũng cho thấy rằng hàm lượng β-carotene có trong cà rốt ngâm và chần bằng acid citric có xu hướng không thay đổi.

Hàm lượng TPC của sản phẩm bị ảnh hưởng bởi nồng độ acid citric, nồng độ CaCl₂, thời gian ngâm (bậc 2 của phương trình với mức ý nghĩa 0,05) và tương tác giữa nồng độ acid citric và với thời gian ngâm (mức ý nghĩa 0,05). Hàm lượng TPC tăng dần rồi lại giảm khi nồng độ acid citric, nồng độ CaCl₂ và thời gian ngâm tăng. Sự sinh tổng hợp các phenol như anthocyanins và flavonoid trong thực vật được thực hiện thông qua con đường Shikimate-phenylpropanoid-flavonoid. Xử lý bằng CaCl₂ kích thích phenylpropanoid bằng cách tăng hoạt tính phenylalanin amoniac-lyase, từ đó gia tăng hàm lượng polyphenol. Sự giảm hàm lượng phenolic trong trái cây là do một loạt biến đổi hóa học và enzyme của một số polyphenol trong quá trình chín, chủ yếu là quá trình thủy phân glycoside bởi glycosidase, oxy hóa polyphenol bởi phenoloxidase và trùng hợp phenol tự do (Redondo et al., 2021).

Bảng 4. Giá trị tối ưu của các nhân tố theo các biến tiêu chí

Biến tiêu chí	Giá trị tối đa	X ₁	X ₂	X ₃
Giá trị L*	79,94	0,42	0,59	9,80
Chỉ số hóa nâu (1/BI)	0,016	1,00	0,49	5,00
Hàm lượng vitamin C (mg%)	3,84	0,23	0,81	10,96
Hàm lượng β-carotene (μg/g chất khô)	33,07	0,41	0,43	8,59
Hàm lượng TPC (mgGAE/g chất khô)	1,37	0,62	0,62	10,41
Khả năng loại gốc tự do DPPH (%)	30,14	0,49	0,63	9,11
<i>Tất cả các tiêu chí</i>				
Giá trị L*	79,92			
Chỉ số hóa nâu (1/BI)	0,016			
Hàm lượng vitamin C (mg%)	3,79			
Hàm lượng β-carotene (μg/g chất khô)	32,89	0,41	0,57	9,60
Hàm lượng TPC (mgGAE/g chất khô)	1,36			
Khả năng loại gốc tự do DPPH (%)	30,01			

Theo Li et al. (2019) thì quá trình ngâm trong acid citric làm giảm pH giúp polyphenol ổn định hơn; tuy nhiên, khi hàm lượng acid citric quá cao sẽ làm giảm hàm lượng polyphenol do làm tăng khả năng hòa tan polyphenol vào dịch ngâm và tăng cường sự giải phóng các hợp chất polyphenol ở dạng liên kết.

Kết quả ở Bảng 3 cho thấy, khả năng loại gốc tự do DPPH của sản phẩm bị ảnh hưởng bởi nồng độ CaCl₂, thời gian ngâm (bậc 1, bậc 2 của phương trình với mức ý nghĩa 0,05) và nồng độ acid citric (bậc 2 của phương trình với mức ý nghĩa 0,05). Sự thay đổi hàm lượng β-carotene, TPC và vitamin C trong sản phẩm ảnh hưởng đến hoạt tính chống oxy hóa của sản phẩm, những hợp chất này đều là những chất có hoạt tính chống oxy hóa mạnh nên có khả năng trung hòa gốc tự do của sản phẩm. Theo Gardner et al. (2000) thì khả năng loại gốc tự do DPPH phụ thuộc vào nhiều yếu tố, trong đó quan trọng nhất là hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học trong sản phẩm. Nghiên cứu của Saha et al. (2011) cho thấy các hoạt động chống oxy hóa mạnh của chiết xuất từ thịt mít và điều này tương quan với tổng hàm lượng polyphenol trong mẫu.

3.2.2. Tối ưu hóa đồng thời nhiều bề mặt đáp ứng

Từ kết quả ở Bảng 4 cho thấy quá trình tiền xử lý tối ưu cho tất các tiêu chí khi thực hiện với nồng độ acid citric 0,41%; nồng độ CaCl₂ 0,57% và thời gian ngâm là 9,60 phút (đề thuận tiện có thể làm tròn đến 10 phút). Với những thông số tối ưu này thì sản phẩm giữ được giá trị màu sắc L* là 79,92; chỉ số hóa nâu (1/BI) là 0,016 và hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học vitamin C, β-carotene, TPC, DPPH có giá trị cao lần lượt là 3,79 mg%; 32,89 μg/g chất khô; 1,36 mgGAE/g chất khô và 30,01% sau 12 ngày bảo quản. Ngoài ra, tùy vào từng mục tiêu khác nhau mà có thể lựa chọn các điều kiện xử lý phù hợp.

4. KẾT LUẬN

Quá trình xử lý mít chế biến giảm thiểu trước khi bao gói có ảnh hưởng lớn đến màu sắc và các hợp chất có hoạt tính sinh học của mít trong quá trình bảo quản. Tiền xử lý mít bằng acid citric ở nồng độ 0,41%; CaCl₂ 0,57% với thời gian ngâm là 10 phút duy trì được màu sắc cũng như các hợp chất có hoạt tính sinh học sau 12 ngày bảo quản. Sản phẩm mít chế biến giảm thiểu có chất lượng tốt, hương vị thơm ngon, tiện lợi khi sử dụng, phù hợp với yêu cầu tiêu thụ thực phẩm ngày nay. Ngoài ra, hàm lượng các

hợp chất có hoạt tính sinh học duy trì ở mức cao với thời gian bảo quản kéo dài góp phần làm tăng giá trị của trái mít.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được thực hiện thông qua sự tài trợ kinh phí từ đề tài nghiên cứu khoa học cấp Tỉnh, “Nghiên cứu quy trình công nghệ sản xuất đa dạng hóa các sản phẩm từ nguồn nguyên liệu mít trên địa bàn tỉnh Hậu Giang”, mã số: DP2022-14 thuộc Sở Khoa học và Công nghệ Tỉnh Hậu Giang.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Balamaze, J., Muiyonga, J. H., & Byaruhanga, Y. B. (2019). Physico-chemical characteristics of selected jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam) varieties. *Journal of Food Research*, 8(4), 11-22.
<http://doi.org/10.5539/jfr.v8n4p11>
- Berry, S. K., & Kalra, C. L. (1988). Chemistry and technology of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) A review. *Indian Food Packer*, 42, 62-76.
- Cocci, E., Rocculi, P., Romani, S., & Rosa, M. D. (2006). Changes in nutritional properties of minimally processed apples during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 39(3), 265-271.
<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.12.001>
- Conway, W. S., Sams, C. E., Wang, C. Y., & Abbott, J. A. (1994). Additive effects of postharvest calcium and heat treatment on reducing decay and maintaining quality in apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119(1), 49-53.
<https://doi.org/10.21273/JASHS.119.1.49>
- Feduraev, P., Chupakhina, G., Maslennikov, P., Tacenko, N., & Skrypnik, L. (2019). Variation in phenolic compounds content and antioxidant activity of different plant organs from *Rumex crispus* L. and *Rumex obtusifolius* L. at different growth stages. *Antioxidants*, 8(7), 237.
<https://doi.org/10.3390/antiox8070237>
- Fikselová, M., Šilhár, S., Mareček, J., & Frančáková, H. (2008). Extraction of carrot (*Daucus carota* L.) carotenes under different conditions. *Czech Journal of Food Sciences*, 26(4), 268-274.
<https://doi.org/10.17221/9/2008-CJFS>
- Gardner, P. T., White, T. A., McPhail, D. B., & Duthie, G. G. (2000). The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. *Food Chemistry*, 68(4), 471-474.
[https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(99\)00225-3](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(99)00225-3)
- Grimm, E., Khanal, B. P., Winkler, A., Knoche, M., & Koepcke, D. (2012). Structural and physiological changes associated with the skin spot disorder in apple. *Postharvest Biology and Technology*, 64(1), 111-118.
<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2011.10.004>
- Hiranvarachat, B., Devahastin, S., & Chiewchan, N. (2011). Effects of acid pretreatments on some physicochemical properties of carrot undergoing hot air drying. *Food and Bioprocess Technology*, 89(2), 116-127.
<https://doi.org/10.1016/j.fbp.2010.03.010>
- Jayus, Setiawan, D., & Giyanto. (2016). Physical and chemical characteristics of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lamk.) seeds flour produced under fermentation process by *Lactobacillus Plantarum*. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 9, 342-347.
<https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.02.148>
- Kasim, R., & Kasim, M. U. (2015). Biochemical changes and color properties of fresh-cut green bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv. gina) treated with calcium chloride during storage. *Food Science and Technology*, 35, 266-272.
<https://doi.org/10.1590/1678-457X.6523>
- Khunpon, B., Uthaibutra, J., Faiyue, B., & Saengnil, K. (2023). Reduction of enzymatic browning of harvested 'Daw' longan exocarp by sodium chlorite. *Scienceasia*, 37(3), 234-239.
<https://doi.org/doi:10.2306/scienceasia1513-1874.2011.37.234>
- Koukounaras, A., Diamantidis, G., & Sfakiotakis, E. (2008). The effect of heat treatment on quality retention of fresh-cut peach. *Postharvest Biology and Technology*, 48(1), 30-36.
<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.09.011>
- Li, W., Zhang, J., Tan, S., Zheng, Q., Zhao, X., Gao, X., & Lu, Y. (2019). Citric acid-enhanced dissolution of polyphenols during soaking of different teas. *Journal of Food Biochemistry*, 43, e13046.
<https://doi.org/10.1111/jfbc.13046>

- Mensor, L. L., Menezes, F. S., Leitão, G. G., Reis, A. S., Santos, T. C. D., Coube, C. S., & Leitão, S. G. (2001). Screening of Brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method. *Phytotherapy Research*, 15(2), 127-130.
<https://doi.org/10.1002/ptr.687>
- Prathibha, S. C., Vasudeva, K. R., Suresha, G. J., & Sadananda, G. K. (2018). Influence of pretreatment on quality and shelf life of fresh cut jack fruit (*Artocarpus heterophyllus* L.) bulbs. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(1), 2524-2527
- Redondo, D., Gimeno, D., Calvo, H., Venturini, M. E., Oria, R., & Arias, E. (2021). Antioxidant activity and phenol content in different tissues of stone fruits at thinning and commercial maturity stages. *Waste and Biomass Valorization*, 12(4), 1861-1875.
<https://doi.org/10.1007/s12649-020-01133-y>
- Rong Bao-hua, Wang, S., Chang, T., & Shi, L. (2010). Studies on the enzymatic characteristics of polyphenol oxidase in lotus sprout. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 19, 276-280.
- Rosen, J. C., & Kader, A. A. (1989). Postharvest physiology and quality maintenance of sliced pear and strawberry fruits. *Journal of Food Science*, 54(3), 656-659.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1989.tb04675.x>
- Saha, D., & Tamrakar, A. (2011). Xenobiotics, oxidative stress, free radicals vs. antioxidants: dance of death to heaven's life. *Asian Journal of Research in Pharmaceutical Science*, 1(2), 36-38.
- Saxena, A., Bawa, A. S., & Raju, P. S. (2012). Effect of minimal processing on quality of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.) bulbs using response surface methodology. *Food and Bioprocess Technology*, 5, 348-358.
<https://doi.org/10.1007/s11947-009-0276-x>
- Sở, P. V và Thuận, B. T. N. (1991). Kiểm nghiệm lương thực, thực phẩm. Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội.
- Thủy, N. M., Quân, T. H., Cường, N. P., Tuyền, N. T. M., Hương, H. T., & Dinh, Đ. C. (2013). Ảnh hưởng của điều kiện xử lý và tồn trữ đến chất lượng chôm chôm nhân sau thu hoạch. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 28, 36-43.