

# ẢNH HƯỞNG CỦA SÓNG SIÊU ÂM KẾT HỢP ACID CITRIC ĐẾN SỰ HÓA NÂU VÀ HOẠT TÍNH CHỐNG OXY HÓA CỦA QUẢ NHÃN IDO SAU THU HOẠCH

EFFECT OF ULTRASOUND COMBINED WITH CITRIC ACID ON BROWNING INDEX AND ANTIOXIDANT CAPACITY OF POSTHARVEST LONGAN CV. IDO FRUIT

Nguyễn Trung Trực<sup>1</sup>, Quách Văn Cao Thi<sup>1</sup>,  
Trần Nguyễn Thị Ngọc Như<sup>1</sup>, Dương Thị Cẩm Nhung<sup>2,\*</sup>

DOI: <http://doi.org/10.57001/huiv5804.2025.134>

## TÓM TẮT

Nhãn Ido là một trong những giống nhãn cho giá trị kinh tế cao ở Việt Nam và được người tiêu dùng ưa chuộng do đặc tính hạt nhỏ, cơm dày và vị ngọt thanh. Tuy nhiên, vỏ quả hóa nâu nhanh chóng sau thu hoạch ảnh hưởng đến sự chấp nhận của người tiêu dùng và làm giá trị thương phẩm của nhãn trong quá trình thương mại. Nghiên cứu áp dụng sóng siêu âm (US) kết hợp acid citric (CA) lên quả nhãn Ido được thực hiện với mục tiêu làm giảm sự hóa nâu của vỏ quả, duy trì chất lượng và hoạt tính chống oxy hóa của quả nhãn trong suốt quá trình tồn trữ ở 25°C. Nhãn được xử lý với US tần số 132kHz kết hợp CA trong các điều kiện khác nhau như 0,2% CA-US 1 phút, 0,2% CA-US 2 phút, 0,2% CA-US 3 phút, 0,4% CA-US 1 phút, 0,4% CA-US 2 phút, 0,4% CA-US 3 phút và đối chứng. Sau khi kết thúc quá trình xử lý, mẫu được để khô tự nhiên và được tồn trữ ở nhiệt độ 25°C trong bao bì polypropylene đã đục lỗ. Kết quả nghiên cứu cho thấy, nghiệm thức 0,4% CA-US 3 phút có hiệu quả giảm sự hóa nâu (BI) và giảm hao hụt khối lượng so với đối chứng. Bên cạnh đó, nghiệm thức kết hợp giữa 0,4% CA-US 3 phút có hiệu quả duy trì hàm lượng vitamin C, phenolics, hoạt tính chống oxy hóa nhưng không ảnh hưởng đến hàm lượng acid tổng và hàm lượng chất lượng hòa tan sau 8 ngày bảo quản ở nhiệt độ 25°C. Kết quả trên là cơ sở khoa học cho thấy có thể sử dụng US kết hợp CA cho bảo quản nhãn sau thu hoạch.

**Từ khóa:** Acid citric; chất lượng; chống oxy hóa; nhãn Ido; sóng siêu âm

## ABSTRACT

Longan (cv. Ido) has high economic value and is one of the most commercial cultivar in Vietnam due to its small seeds, thick flesh and sweet taste. However, the fruit peel turns quickly brown after harvest; therefore it affects on the consumer acceptance and the value commercial of longan. The aims of study were to apply the combination ultrasound (US) with citric acid (CA) on postharvest treatment of longan fruit for reducing fruit peel's browning, maintaining the quality and antioxidant activity of longan fruit stored at 25°C. Longans were treated with 132kHz frequency US combined with CA under different conditions such as 0.2% CA-US 1 minute, 0.2% CA-US 2 minutes, 0.2% CA-US 3 minutes, 0.4% CA-US 1 minute, 0.4% CA-US 2 minutes, 0.4% CA-US 3 minutes and control. After that, the samples were dried in room temperature and packed in perforated polypropylene bags stored at 25°C. The research results showed that the 0.4% CA-US 3-minute treatment was effective in reducing browning index (BI) and weight loss compared to the control. In addition, the combination of 0.4% CA-US 3-minute treatment was effective in maintaining the content of vitamin C, phenolics, antioxidant activity but did not affect the total acid content and soluble content for 8 days stored at 25°C. These results indicated that using of combination method US with CA solution can be used for post-harvest treatment and preservation of longan.

**Keywords:** Citric acid; quality; antioxidant capacity; longan; ultrasound.

<sup>1</sup>Khoa Khoa học Sinh học ứng dụng, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vinh Long

<sup>2</sup>Viện Kỹ thuật công nghệ, Trường Đại học Thủ Dầu Một

\*Email: [nhungdtc@tdmu.edu.vn](mailto:nhungdtc@tdmu.edu.vn)

Ngày nhận bài: 05/3/2025

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 05/5/2025

Ngày chấp nhận đăng: 28/5/2025

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nhãn (*Dimocarpus longan* L.) là một loài cây ăn quả có thành phần dinh dưỡng cao như vitamin C, vitamin nhóm B, khoáng chất (calci, phospho, kali và magie), carbohydrate, đạm và chất xơ. Do giá trị dinh dưỡng và kinh tế cao nên nhãn đã được trồng cho mục đích thương mại ở nhiều quốc gia trên thế giới như Trung Quốc, Thái Lan, Việt Nam, Pakistan, Ấn Độ và các nước khác [1]. Ở Việt Nam, nhãn được nhiều địa phương quan tâm và được xem như cây trồng quan trọng trong việc chuyển dịch cơ cấu sản xuất nông nghiệp ở các tỉnh đồng bằng cũng như trung du và miền núi như Hưng Yên, Hải Dương, Quảng Ninh, Vĩnh Phúc, Bắc Giang, Hà Tây, Hòa Bình, Yên Bái, Sơn La và phía Nam ở các tỉnh Vĩnh Long, Bến Tre, Đồng Tháp, Sóc Trăng. Tuy nhiên, nhãn là loại trái cây rất dễ thay đổi màu sắc vỏ quả từ vàng sang nâu là do quá trình oxy hóa các hợp chất phenol bởi enzyme polyphenol oxidase (PPO), tạo ra các sản phẩm phụ có màu nâu [2]. Sự hóa nâu trên vỏ quả nhãn là yếu tố ảnh hưởng đến giá trị cảm quan, chất lượng, hoạt tính chống oxy hóa của sản phẩm, cũng như sự chấp nhận của người tiêu dùng. Do vậy, việc nghiên cứu các phương pháp xử lý sau thu hoạch nhằm hạn chế sự hóa nâu, duy trì giá trị dinh dưỡng và kéo dài thời gian tồn trữ là việc cần thiết.

Sóng siêu âm, với tần số vượt qua ngưỡng nghe của tai người (trên 16kHz), là một dạng năng lượng sóng âm được ứng dụng ngày càng rộng rãi trong xử lý rau quả sau thu hoạch. Kỹ thuật này sử dụng sóng siêu âm để ức chế các vi sinh vật trên bề mặt sản phẩm, từ đó giúp duy trì chất lượng và kéo dài thời gian tồn trữ cho sản phẩm [3]. So với các phương pháp xử lý truyền thống, sóng siêu âm không chỉ cung cấp sự an toàn vượt trội mà còn không tạo ra độc tố và được coi là một giải pháp thân thiện với môi trường [4]. Các nghiên cứu đã chứng minh rằng sóng siêu âm có khả năng giảm sự hóa nâu và duy trì chất lượng của các sản phẩm trái cây sau thu hoạch, như vải [5], khoai tây cắt tươi [6] và khoai lang tươi [7]. Tuy nhiên, việc áp dụng sóng siêu âm không phù hợp về chế độ xử lý (thời gian và tần số) có thể ảnh hưởng tiêu cực đến cấu trúc của sản phẩm [8]. Do đó, việc phối hợp sóng siêu âm với các tác nhân khác có tác dụng chống hóa nâu, có thể tối ưu hóa quá trình xử lý, giảm thiểu thời gian cần thiết và cải thiện hiệu quả trong việc kiểm soát sự hóa nâu cũng như duy trì chất lượng của trái nhãn sau thu hoạch.

Các nghiên cứu trước đây cho thấy, acid citric có khả năng ức chế quá trình hóa nâu của trái nhãn [9], nấm trắng (*Agaricus bisporus*) [10], quả vải [11]. Dựa trên các thông tin đã được trình bày, có thể nhận thấy rằng việc

kết hợp sóng siêu âm với acid citric có tiềm năng đáng kể trong việc giảm hiện tượng hóa nâu và duy trì chất lượng của trái nhãn sau thu hoạch. Sự phối hợp này không chỉ tận dụng ưu điểm của từng phương pháp mà còn tạo ra một giải pháp toàn diện để kiểm soát hiệu quả quá trình hóa nâu và bảo quản sản phẩm trái cây sau thu hoạch. Do đó, mục tiêu của nghiên cứu là khảo sát và đánh giá ảnh hưởng của chế độ xử lý US kết hợp CA đến sự thay đổi màu sắc và hoạt tính chống oxy hóa của trái nhãn sau thu hoạch.

## 2. NGUYÊN VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Nguyên vật liệu, dụng cụ, thiết bị, hóa chất và địa điểm nghiên cứu

#### 2.1.1. Nguyên liệu

Nhãn Ido được thu hoạch tại xã An Bình, huyện Long Hồ, tỉnh Vĩnh Long ở độ chín thương mại (120 - 125 ngày từ khi đậu trái), sau đó được vận chuyển về phòng thí nghiệm trong thời gian 45 phút ở nhiệt độ môi trường  $30 \pm 2^\circ\text{C}$ .

#### 2.1.2. Dụng cụ, thiết bị và hóa chất

Ống nghiệm, micropipette, buret, bình định mức, ống đong, máy đo màu Hunter Lab (MH-C800 4500L, Mỹ), chiết quang kế (Atago, Nhật Bản), máy ly tâm lạnh (Centrifuge 5430R, Đức) và máy đo quang phổ (BioSpectrometer Basic D30, Đức).

Sodium carbonate (Xilong, Trung Quốc), acid metaphosphoric (Xilong, Trung Quốc), 2,6-Dichlorophenol-indophenol-RM350 (Himedia, Ấn Độ), 2,4-Dinitrophenyl hydrazine (Xilong, Trung Quốc), DPPH (TCI, Nhật Bản), Folin-Ciocalteu reagent (Merck, Đức), acid gallic (Xilong, Trung Quốc), acid ascorbic (Xilong, Trung Quốc).

#### 2.1.3. Địa điểm nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện tại các phòng thí nghiệm của Khoa Khoa học Sinh học ứng dụng, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long.

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

#### 2.2.1. Thí nghiệm 1: Đánh giá ảnh hưởng xử lý US-CA đến chỉ số hóa nâu, tổn thất khối lượng, hàm lượng acid tổng và hàm lượng chất khô hòa tan

Các quả nhãn được lựa chọn đồng nhất về màu sắc, hình dạng, không có tổn thương cơ học, không có dấu hiệu bệnh lý và có khối lượng từ 9,5 đến 12,0 gram mỗi quả. Tiếp đến, nhãn được cắt cuốn và rửa sạch bụi bẩn dưới vòi nước. Thí nghiệm được thực hiện với 385 trái nhãn được chia thành 7 nhóm thí nghiệm. Các mẫu được

đưa vào bể siêu âm (kích thước 600 x 380 x 350mm; IDS 2415/SM; Crest Ultrasonic, Mỹ), kết nối trực tiếp với bộ phát sóng siêu âm có công suất 180 W và hệ thống tuần hoàn nước lạnh liên tục, nhằm duy trì nhiệt độ ổn định ở mức môi trường trong quá trình xử lý. Nguồn phát sóng siêu âm được cài đặt ở tần số 132kHz, với thời gian xử lý lần lượt là 1,0; 2,0 và 3,0 phút. Môi trường truyền sóng sử dụng dung dịch acid citric với nồng độ 0,2% và 0,4%, trong khi nghiệm thức không xử lý sóng siêu âm được giữ làm đối chứng. Sau khi hoàn tất xử lý, các mẫu được để khô tự nhiên và bảo quản ở nhiệt độ 25°C trong bao bì polypropylene có đục lỗ (kích thước bao bì: 22 x 18cm, với 16 lỗ, mỗi lỗ có đường kính 6mm). Các mẫu nhãn được lấy mẫu vào ngày 0 và sau mỗi 2 ngày trong suốt thời gian bảo quản kéo dài đến ngày thứ 8. Các chỉ tiêu phân tích bao gồm chỉ số hóa nâu, hao hụt khối lượng, hàm lượng acid tổng và hàm lượng chất khô hòa tan. Thí nghiệm được thiết kế theo phương pháp hoàn toàn ngẫu nhiên và được lặp lại 3 lần để đảm bảo tính chính xác và độ tin cậy của kết quả.

### 2.2.2. Thí nghiệm 2: Ảnh hưởng xử lý US-CA đến hàm lượng vitamin C, phenolic và hoạt tính chống oxy hóa

Từ kết quả của thí nghiệm 1 chọn được dung dịch 0,4%CA (w/v) làm môi trường truyền sóng với thời gian xử lý 3,0 phút để thực hiện thí nghiệm 2. Thí nghiệm 2 được bố trí với hai nghiệm thức: i) Không xử lý (đối chứng) và (ii) Nhãn được xử lý với US ở tần số 132kHz trong môi trường truyền sóng là dung dịch 0,4%CA trong 3,0 phút (0,4% CA-US 3,0 phút). Sau khi kết thúc quá trình, mẫu được đem ra ngoài để khô tự nhiên trong thời gian 30 phút và được tồn trữ ở nhiệt độ 25°C trong bao bì polypropylene đã đục lỗ. Mẫu được lấy ở ngày 0 và sau mỗi 2 ngày trong suốt quá trình tồn trữ đến ngày 8 để phân tích các chỉ tiêu như hàm lượng vitamin C, hàm lượng phenolics tổng số và khả năng khử gốc tự do DPPH. Thí nghiệm được bố trí theo kiểu hoàn toàn ngẫu nhiên và lặp lại 3 lần.

### 2.2.3. Phương pháp phân tích các chỉ tiêu

#### - Chỉ số hóa nâu (BI):

Chỉ số hóa nâu được xác định theo Wen và cộng sự [12] dựa vào thiết bị đo màu Hunter Lab (MH-C800 4500L, Mỹ). Các giá trị  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  được ghi nhận và tính toán chỉ số BI theo công thức (1):

$$BI = [100 \times (X - 0,31)] / 0,17 \quad (1)$$

Trong đó,  $X = a^* + 1,75L^*$  /  $(5,645L^* + a^* - 3,012b^*)$

#### - Hàm lượng chất khô hòa tan và acid tổng số:

Dịch quả được chuẩn bị từ phần thịt quả, nghiền bằng chày và cối sứ và sau đó được lọc qua vải sạch để thu dịch

quả. Dịch quả này được sử dụng để phân tích hàm lượng chất khô hòa tan và hàm lượng acid tổng số. Hàm lượng chất khô hòa tan (%) được đo bằng chiết quang kế (Atago, Nhật Bản). Hàm lượng acid tổng số được xác định bằng phương pháp chuẩn độ, trong đó 5 mL dịch quả được chuẩn độ bằng dung dịch NaOH 0,1N, sử dụng phenolphthalein 1% làm chất chỉ thị. Kết quả hàm lượng acid tổng số được biểu thị dưới dạng phần trăm của acid citric [13].

#### - Tổn thất khối lượng (%):

Tổn thất khối lượng được đo bằng cân kỹ thuật với độ chính xác đến 0,01g, sau đó tính toán tỷ lệ phần trăm tổn thất so với khối lượng ban đầu của mẫu.

### 2.2.4. Phương pháp phân tích hàm lượng vitamin C, phenolics và hoạt tính chống oxy hóa

Thịt quả nhãn được nghiền thành bột sau khi được xử lý bằng dung dịch nitơ lỏng. Tiếp theo, 0,2g mẫu được trộn với 1,8mL methanol lạnh để phân tích hoạt tính chống oxy hóa và phenolic tổng số, hoặc với 1,8mL acid metaphosphoric 5% lạnh để phân tích vitamin C. Hỗn hợp được vortex trong 1 phút, sau đó được ly tâm ở tốc độ 10.000 vòng/phút trong 5 phút tại nhiệt độ 4°C để thu được dịch chiết [14].

#### - Hàm lượng vitamin C:

Hàm lượng vitamin C được phân tích theo phương pháp điều chỉnh của Nguyen và cộng sự [14] như sau: Hỗn hợp phản ứng được chuẩn bị bằng cách kết hợp 0,4mL dịch chiết với 0,6mL dung dịch di-indophenol 0,02%, 0,8mL dung dịch thiourea 2% và 0,6mL dung dịch dinitrophenol hydrazine 2%. Hỗn hợp này được trộn đều và ủ trong bể ổn nhiệt ở 50°C trong 1 giờ. Sau đó, thêm vào 1mL dung dịch acid sulfuric 85% và tiếp tục ủ ở nhiệt độ 25°C trong 30 phút. Độ hấp thụ của dung dịch được đo tại bước sóng 540 nm, và hàm lượng vitamin C được tính toán dựa trên đường chuẩn vitamin C được thiết lập dưới cùng điều kiện phân tích.

#### - Hàm lượng phenolic tổng số:

Hàm lượng phenolic tổng số được xác định theo phương pháp của Singleton và cộng sự [15]. Quy trình phân tích bao gồm sử dụng 50μL dịch chiết (với mẫu blank sử dụng methanol thay vì dịch chiết) trộn với 250μL thuốc thử Folin-Ciocalteu, 750μL dung dịch sodium carbonate 7,5% và 2mL nước cất. Hỗn hợp phản ứng được lắc đều và ủ trong bể ổn nhiệt ở 40°C trong 30 phút. Độ hấp thụ của dung dịch phản ứng được đo ở bước sóng 750nm. Hàm lượng phenolic tổng số được tính toán dựa trên đường chuẩn của acid gallic thiết lập trong cùng điều kiện phân tích.

- Hoạt tính chống oxy hóa (% khử DPPH) được thực hiện theo Li và cộng sự [16], với một số điều chỉnh. Hỗn hợp phản ứng chứa đựng 0,15mL dịch trích và 1,85mL DPPH 120 $\mu$ M trong methanol, tiếp đến ủ ở nhiệt độ phòng trong 30 phút trong bóng tối. Mẫu kiểm soát được chuẩn bị bằng cách dùng methanol thay thế cho dịch trích trong cùng điều kiện. Độ hấp thụ được đo ở bước sóng 525nm và kết quả được tính toán theo công thức (2):

$$\%DPPH = \left( \frac{Abs_{kiểm soát} - Abs_{mẫu}}{Abs_{kiểm soát}} \right) \times 100 \quad (2)$$

### 2.2.5. Phương pháp xử lý số liệu

Số liệu thu nhận từ thí nghiệm được xử lý bằng phần mềm thống kê Statgraphics Centurion XV. Sử dụng phương pháp kiểm định LSD để so sánh trung bình của các nghiệm thức ở mức ý nghĩa 5%.

## 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

### 3.1 Ảnh hưởng xử lý US-CA đến sự hóa nâu (BI) của nhân trong quá trình bảo quản

Hóa nâu vỏ quả là một trong những chỉ tiêu cảm quan quan trọng ảnh hưởng đến quá trình thương mại của quả nhãn. Hóa nâu được đánh giá thông qua chỉ số BI, giá trị BI càng lớn có nghĩa là vỏ quả bị nâu sậm màu. Nhìn chung chỉ số hóa nâu tăng theo thời gian bảo quản, kết quả bảng 1 cho thấy giá trị BI tại thời điểm đánh giá 2 ngày không có sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê. Tuy nhiên, sự khác biệt được tìm thấy sau 4, 6 và 8 ngày bảo quản ( $p < 0,05$ ). Tại thời điểm đánh giá 4 ngày, đối chứng có giá trị BI cao nhất là khoảng 100, các nghiệm thức xử lý bằng sóng siêu âm kết hợp với acid citric có giá trị BI khoảng 83 - 92, trong đó nghiệm thức 0,4% CA-US 3 phút có giá trị BI thấp nhất (83,41) khác biệt so với đối chứng và các nghiệm thức xử lý 0,2% CA-US 2 phút và

0,2% CA-US 3 phút nhưng không khác biệt so với các nghiệm thức còn lại. Sau 8 ngày bảo quản đối chứng có giá trị BI cao nhất là 109,93; trong khi đó nghiệm thức 0,4% CA-US 3 phút có giá trị BI thấp nhất 80,61; nghiệm thức 0,2% CA-US 3 phút và 0,4% CA-US 1 phút không đạt chất lượng do hư hỏng sinh lý. Phản ứng hóa nâu đã được chứng minh là được tăng tốc bởi polyphenol oxidase (PPO) và peroxidase (POD), là hai enzyme chuyển đổi các hợp chất phenolic thành o-quinone, và phenylalanine ammonia lyase (PAL), xúc tác quá trình tổng hợp sinh học các hợp chất phenolic [17]. Hu và cộng sự [18] chứng minh rằng nấm rơm (*Lyophyllum decastes*) được xử lý bằng siêu âm ở tần số 35kHz, công suất 300W trong 10 phút cho thấy chỉ số hóa nâu giảm 21,0% và giá trị  $L^*$  tăng 11,1% do giảm hoạt tính của các enzyme liên quan đến quá trình hóa nâu như PPO và lipoxygenase, cũng như giảm hàm lượng lignin và sự biểu hiện của các gen liên quan đến PPO (*LdPpo1*, *LdPpo2* và *LdPpo3*). Các nghiên cứu trước đây cho thấy, acid citric có tác dụng làm hạn chế hóa nâu trên nhãn trong quá trình bảo quản, kết quả được chứng minh bởi Khan và cộng sự [9] và Whangchai và cộng sự [19]. Hơn nữa, việc sử dụng sóng siêu âm để ức chế các vi sinh vật trên bề mặt sản phẩm, làm giảm biến đổi thành phần sinh hóa, giúp duy trì chất lượng và kéo dài thời gian bảo quản thực phẩm [3]. Sự giảm hóa nâu nhãn trong suốt quá trình bảo quản ở nhiệt độ thấp có thể giải thích do acid citric có tác dụng ức chế hoạt động của enzym PPO và giảm hoạt động của POD, giảm quá trình thành các gốc oxy tự do ( $O_2^-$ ), tốc độ sản xuất và hàm lượng  $H_2O_2$ - nguyên nhân tăng tính thấm màng tế bào gây hóa nâu vỏ quả nhãn [20]. Trong nghiên cứu này nhãn được xử lý bằng sóng siêu âm kết hợp với axit citric (0,4% CA-US 3 phút) có tác dụng ngăn chặn

Bảng 1. Ảnh hưởng xử lý US-CA đến sự hóa nâu (BI) của nhân trong quá trình bảo quản

| Nghiệm thức       | Chỉ số hóa nâu           |                          |                           |                           |                           |
|-------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                   | Ngày 0                   | Ngày 2                   | Ngày 4                    | Ngày 6                    | Ngày 8                    |
| Đối chứng         | 93,47 <sup>a</sup> ±7,42 | 91,68 <sup>a</sup> ±9,57 | 100,10 <sup>c</sup> ±7,35 | 106,17 <sup>c</sup> ±9,45 | 109,93 <sup>c</sup> ±7,29 |
| 0,2% CA-US 1 phút | 89,43 <sup>a</sup> ±5,13 | 84,98 <sup>a</sup> ±7,23 | 89,01 <sup>ab</sup> ±7,12 | 88,59 <sup>a</sup> ±7,01  | 93,99 <sup>b</sup> ±3,18  |
| 0,2% CA-US 2 phút | 94,78 <sup>a</sup> ±7,09 | 91,05 <sup>a</sup> ±4,78 | 91,12 <sup>b</sup> ±3,96  | 93,00 <sup>ab</sup> ±2,92 | 95,51 <sup>b</sup> ±3,57  |
| 0,2% CA-US 3 phút | 92,67 <sup>a</sup> ±4,88 | 91,87 <sup>a</sup> ±5,68 | 92,83 <sup>b</sup> ±4,54  | 97,43 <sup>b</sup> ±8,12  | -                         |
| 0,4% CA-US 1 phút | 89,90 <sup>a</sup> ±5,99 | 89,55 <sup>a</sup> ±5,05 | 87,47 <sup>ab</sup> ±6,72 | 88,51 <sup>a</sup> ±8,15  | -                         |
| 0,4% CA-US 2 phút | 94,99 <sup>a</sup> ±5,58 | 91,32 <sup>a</sup> ±4,32 | 89,31 <sup>ab</sup> ±6,75 | 94,77 <sup>ab</sup> ±7,86 | 97,53 <sup>b</sup> ±3,25  |
| 0,4% CA-US 3 phút | 89,58 <sup>a</sup> ±8,95 | 85,29 <sup>a</sup> ±5,69 | 83,41 <sup>a</sup> ±5,98  | 91,06 <sup>ab</sup> ±3,58 | 80,61 <sup>a</sup> ±9,35  |

Ghi chú: Các kí tự khác nhau trong cùng một cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa ở mức 5% với kiểm định LSD. Giá trị biểu thị trung bình của 3 lần lặp và độ lệch chuẩn. “-” mẫu hư hỏng

quá trình hóa nâu vỏ quả sau 8 ngày bảo quản nhiệt độ 25°C. Kết quả này cũng được chứng minh rằng khi sử dụng acid citric đã làm giảm hóa nâu trên nhãn Hương Chi, Hưng Yên [21].

### 3.2. Ảnh hưởng xử lý US-CA đến sự thay đổi khối lượng của nhãn trong quá trình bảo quản

Trong quá trình bảo quản quả tươi xảy ra quá trình hô hấp, bốc hơi nước dẫn đến hao hụt khối lượng là điều không tránh khỏi và quá trình này tăng theo thời gian bảo quản. Việc áp dụng biện pháp xử lý sau thu hoạch nhằm giảm hao hụt khối lượng có ý nghĩa làm giảm tổn thất về mặt số lượng rau quả. Trong nghiên cứu này, nhãn được xử lý bằng phương pháp sóng siêu âm kết hợp với acid citric có tác dụng làm giảm hao hụt khối lượng, các kết quả được trình bày ở bảng 2. Tại thời điểm đánh giá 2 ngày, hao hụt khối lượng có giá trị trung bình khoảng 4-5%, trong đó nghiệm thức 0,4% CA - 1 phút US có giá trị thấp nhất (4,50%) khác biệt so với đối chứng và 0,2% CA - 2 phút US nhưng không khác biệt giữa các nghiệm thức còn lại. Hao hụt khối lượng tăng lên sau 4, 6 và 8 ngày, tuy nhiên không có sự khác biệt giữa các nghiệm thức xử lý và đối chứng ngoại trừ vào ngày thứ 6. Tại thời điểm này hao hụt khối lượng thấp nhất (8,20%) ghi nhận ở nghiệm thức 0,4% CA-US 3 phút khác biệt so với đối chứng và các nghiệm thức còn lại ngoại trừ nghiệm thức 0,2% CA-US 2 phút. Hao hụt khối lượng là sự mất nước tự nhiên xảy ra trong quá trình bảo quản rau quả tươi, nguyên nhân chủ yếu làm giảm khối lượng tự nhiên là sự mất ẩm và tổn hao chất khô trong quá trình hô hấp [22]. Trong nghiên cứu này khi xử lý nhãn bằng sóng siêu âm kết hợp với acid citric có tác dụng làm giảm hao hụt khối lượng, sự khác biệt có ý nghĩa được ghi nhận vào ngày thứ 6. Điều này có thể được giải thích rằng có sự liên quan sự hóa nâu vỏ quả và hao hụt khối lượng: khi vỏ hóa nâu dẫn đến cấu trúc vỏ bị tổn thương, tăng tính bán thấm màng tế bào, cuối quá trình bảo quản cấu trúc vỏ mềm đi dẫn đến sự bay hơi nước mạnh mẽ hơn và tăng hao hụt khối lượng (nghiệm thức đối chứng), trong khi đó nhãn được xử lý bằng 0,4% CA-US 3 phút có chỉ số BI thấp (80,61), kết quả làm giảm hao hụt khối lượng.

Bảng 2. Ảnh hưởng xử lý US-CA đến hao hụt khối lượng của nhãn trong quá trình bảo quản

| Nghiệm thức       | Hao hụt khối lượng (%)  |                         |                          |                          |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                   | Ngày 2                  | Ngày 4                  | Ngày 6                   | Ngày 8                   |
| Đối chứng         | 5,36 <sup>a</sup> ±0,79 | 7,71 <sup>a</sup> ±1,18 | 10,31 <sup>b</sup> ±1,87 | 12,39 <sup>a</sup> ±0,91 |
| 0,2% CA-US 1 phút | 5,65 <sup>c</sup> ±1,10 | 8,34 <sup>a</sup> ±1,31 | 10,30 <sup>b</sup> ±2,03 | 11,03 <sup>a</sup> ±1,39 |

|                   |                           |                         |                           |                          |
|-------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 0,2% CA-US 2 phút | 5,20 <sup>abc</sup> ±0,51 | 7,94 <sup>a</sup> ±0,73 | 9,41 <sup>ab</sup> ±0,97  | 11,98 <sup>a</sup> ±0,88 |
| 0,2% CA-US 3 phút | 4,61 <sup>ab</sup> ±0,89  | 7,85 <sup>a</sup> ±1,50 | 10,46 <sup>b</sup> ±1,66  | -                        |
| 0,4% CA-US 1 phút | 4,50 <sup>a</sup> ±0,64   | 8,19 <sup>a</sup> ±0,44 | 12,81 <sup>c</sup> ±1,39  | -                        |
| 0,4% CA-US 2 phút | 4,53 <sup>ab</sup> ±1,32  | 8,77 <sup>a</sup> ±0,73 | 10,97 <sup>bc</sup> ±1,74 | 11,92 <sup>a</sup> ±0,91 |
| 0,4% CA-US 3 phút | 4,88 <sup>abc</sup> ±0,52 | 7,12 <sup>a</sup> ±1,12 | 8,20 <sup>a</sup> ±1,25   | 10,23 <sup>a</sup> ±1,47 |

Ghi chú: Các ký tự khác nhau trong cùng một cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa ở mức 5% với kiểm định LSD. Giá trị biểu thị trung bình của 3 lần lặp và độ lệch chuẩn. “-” mẫu hư hỏng

### 3.3. Ảnh hưởng của US-SHS đến hàm lượng acid tổng của nhãn trong quá trình bảo quản

Hàm lượng acid tổng số giảm nhẹ trong suốt quá trình bảo quản. Kết quả bảng 3 cho thấy tại ngày 0 hàm lượng axit tổng số dao động trong khoảng 0,09 đến 0,1%. Giá trị này giảm dần sau 2, 4, 6 và 8 ngày bảo quản. Sau 8 ngày bảo quản hàm lượng acid dao động trong khoảng 0,03 đến 0,04% nhưng không có sự khác biệt giữa các nghiệm thức xử lý và đối chứng. Khi bảo quản quả tươi quá trình hô hấp xảy ra và sử dụng chất hữu cơ để duy trì sự sống do đó dẫn đến tiêu hao hàm lượng axit tổng số kết quả làm giá trị này giảm dần theo thời gian bảo quản.

Bảng 3. Ảnh hưởng xử lý US-CA đến hàm lượng acid tổng của nhãn trong quá trình bảo quản

| Nghiệm thức       | Hàm lượng acid tổng (%)    |                            |                            |                            |                            |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                   | Ngày 0                     | Ngày 2                     | Ngày 4                     | Ngày 6                     | Ngày 8                     |
| Đối chứng         | 0,09 <sup>a</sup><br>±0,02 | 0,06 <sup>a</sup><br>±0,00 | 0,03 <sup>a</sup><br>±0,00 | 0,03 <sup>a</sup><br>±0,00 | 0,03 <sup>a</sup><br>±0,00 |
| 0,2% CA-US 1 phút | 0,09 <sup>a</sup><br>±0,02 | 0,07 <sup>a</sup><br>±0,02 | 0,05 <sup>a</sup><br>±0,02 | 0,03 <sup>a</sup><br>±0,00 | 0,03 <sup>a</sup><br>±0,00 |
| 0,2% CA-US 2 phút | 0,06 <sup>a</sup><br>±0,00 | 0,06 <sup>a</sup><br>±0,00 | 0,06 <sup>a</sup><br>±0,00 | 0,03 <sup>a</sup><br>±0,00 | -                          |
| 0,2% CA-US 3 phút | 0,07 <sup>a</sup><br>±0,02 | 0,06 <sup>a</sup><br>±0,00 | 0,05 <sup>a</sup><br>±0,02 | 0,03 <sup>a</sup><br>±0,00 | -                          |
| 0,4% CA-US 1 phút | 0,09 <sup>a</sup><br>±0,02 | 0,06 <sup>a</sup><br>±0,00 | 0,06 <sup>a</sup><br>±0,00 | 0,04 <sup>a</sup><br>±0,02 | 0,03 <sup>a</sup><br>±0,00 |
| 0,4% CA-US 2 phút | 0,07 <sup>a</sup><br>±0,02 | 0,05 <sup>a</sup><br>±0,02 | 0,04 <sup>a</sup><br>±0,02 | 0,04 <sup>a</sup><br>±0,02 | 0,03 <sup>a</sup><br>±0,00 |
| 0,4% CA-US 3 phút | 0,10 <sup>a</sup><br>±0,00 | 0,07 <sup>a</sup><br>±0,02 | 0,05 <sup>a</sup><br>±0,02 | 0,05 <sup>a</sup><br>±0,02 | 0,04 <sup>a</sup><br>±0,02 |

Ghi chú: Các ký tự khác nhau trong cùng một cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa ở mức 5% với kiểm định LSD. Giá trị biểu thị trung bình của 3 lần lặp và độ lệch chuẩn. “-” mẫu hư hỏng

### 3.4. Ảnh hưởng xử lý US-CA đến hàm lượng chất khô hòa tan của nhãn trong quá trình bảo quản

Hàm lượng chất khô hòa tan quả nhãn tăng nhẹ trong quá trình bảo quản. Tại thời điểm thu hoạch (ngày 0) giá trị này giao động trung bình khoảng 20°Bx. Sau 2, 4, 6 và 8 ngày bảo quản giá trị này tăng lên trung bình khoảng là 21°Bx (bảng 4). Mặc dù nhãn là quả không có định hô hấp đột phát, nhưng khi bảo quản ở nhiệt độ 25°C quá trình mất nước xảy ra, kết quả làm tăng hàm lượng chất khô hòa tan. Tuy nhiên không có sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê giữa nghiệm thức xử lý và đối chứng. Như vậy việc xử nhãn bằng sóng siêu âm kết hợp với acid citric không làm ảnh hưởng đến chất lượng nhãn ăn được gồm hàm lượng acid tổng số và chất khô hòa tan. Kết quả này cũng được tìm thấy tương tự nghiên cứu trước đây trên quả nhãn [23].

Bảng 4. Ảnh hưởng xử lý US-CA đến hàm lượng chất khô hòa tan của nhãn trong quá trình bảo quản

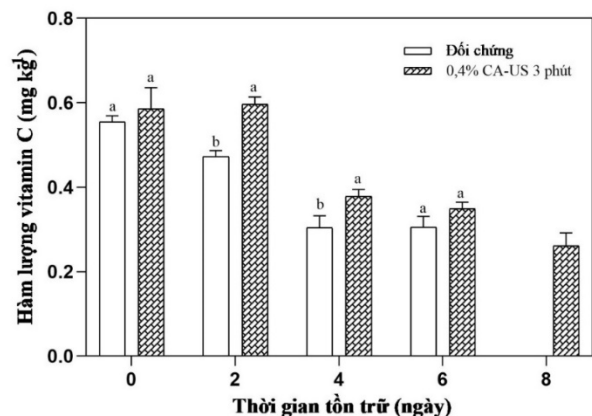
| Nghiệm thức       | Hàm lượng chất khô hòa tan (°Bx) |                             |                             |                             |                             |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                   | Ngày 0                           | Ngày 2                      | Ngày 4                      | Ngày 6                      | Ngày 8                      |
| Đối chứng         | 20,67 <sup>a</sup><br>±0,76      | 20,67 <sup>a</sup><br>±0,70 | 20,87 <sup>a</sup><br>±0,50 | 20,93 <sup>a</sup><br>±0,81 | 21,40 <sup>a</sup><br>±0,40 |
| 0,2% CA-US 1 phút | 20,53 <sup>a</sup><br>±0,50      | 20,73 <sup>a</sup><br>±0,31 | 20,93 <sup>a</sup><br>±0,12 | 20,93 <sup>a</sup><br>±0,76 | 21,00 <sup>a</sup><br>±0,87 |
| 0,2% CA-US 2 phút | 20,67 <sup>a</sup><br>±0,31      | 20,87 <sup>a</sup><br>±0,31 | 21,07 <sup>a</sup><br>±0,31 | 21,27 <sup>a</sup><br>±0,31 | -                           |
| 0,2% CA-US 3 phút | 20,20 <sup>a</sup><br>±0,40      | 20,60 <sup>a</sup><br>±0,20 | 20,93 <sup>a</sup><br>±0,31 | 21,03 <sup>a</sup><br>±0,25 | -                           |
| 0,4% CA-US 1 phút | 20,60 <sup>a</sup><br>±0,20      | 20,73 <sup>a</sup><br>±0,12 | 21,00 <sup>a</sup><br>±0,20 | 21,27 <sup>a</sup><br>±0,31 | 21,33 <sup>a</sup><br>±0,12 |
| 0,4% CA-US 2 phút | 20,47 <sup>a</sup><br>±0,42      | 20,60 <sup>a</sup><br>±0,20 | 21,00 <sup>a</sup><br>±0,20 | 21,20 <sup>a</sup><br>±1,00 | 21,73 <sup>a</sup><br>±0,31 |
| 0,4% CA-US 3 phút | 20,67 <sup>a</sup><br>±0,23      | 21,13 <sup>a</sup><br>±0,31 | 21,20 <sup>a</sup><br>±0,20 | 21,33 <sup>a</sup><br>±0,46 | 21,80 <sup>a</sup><br>±0,20 |

Ghi chú: Các ký tự khác nhau trong cùng một cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa ở mức 5% với kiểm định LSD. Giá trị biểu thị trung bình của 3 lần lặp và độ lệch chuẩn. “-” mẫu hư hỏng

### 3.5. Ảnh hưởng xử lý US-CA đến hàm lượng vitamin C của nhãn trong quá trình bảo quản

Giá trị dinh dưỡng của nhãn như vitamin C và hàm lượng phenolic cũng được xác định theo thời gian bảo quản. Hàm lượng vitamin C giảm dần theo thời gian bảo quản và có sự khác biệt về mặt thống kê giữa các nghiệm thức xử lý và đối chứng (hình 1). Hàm lượng vitamin C quả nhãn có giá trị khoảng 0,57 - 0,59mgkg<sup>-1</sup> (ngày 0), giá trị

này giảm nhẹ sau 2 ngày bảo quản. Sang đến ngày 4, 6 giá trị này giảm nhanh chóng. Đến giai đoạn cuối cùng của quá trình bảo quản (ngày 8) chỉ có nghiệm thức 0,4%CA-US 3 phút được đánh giá chấp nhận được và hàm lượng vitamin C phân tích có giá trị trung bình khoảng 0,25mgkg<sup>-1</sup>, các nghiệm thức còn lại không đạt chất lượng do hư hỏng sinh lý. Vitamin C rất nhạy cảm với nhiệt độ của môi trường, quá trình oxy hóa xảy ra nhanh chóng khi bảo quản nhãn ở nhiệt độ 25°C. Các nghiên cứu trước đây trên quả nhãn cho thấy sử dụng citric acid xử lý sau thu hoạch có tác dụng kích hoạt tổng hợp các chất có hoạt tính chống oxy hóa và làm giảm thất thoát hàm lượng Vitamin C trong nhãn trong quá trình bảo quản [24]. Bên cạnh đó, sóng siêu âm cũng cho thấy có hiệu quả duy trì hàm lượng vitamin C trên trái dầu tây [25]. Do vậy, nhãn được xử lý bằng phương pháp kết hợp giữa sóng siêu âm và acid citric (0,4%CA-US 3 phút) có hiệu quả duy trì hàm lượng vitamin C.



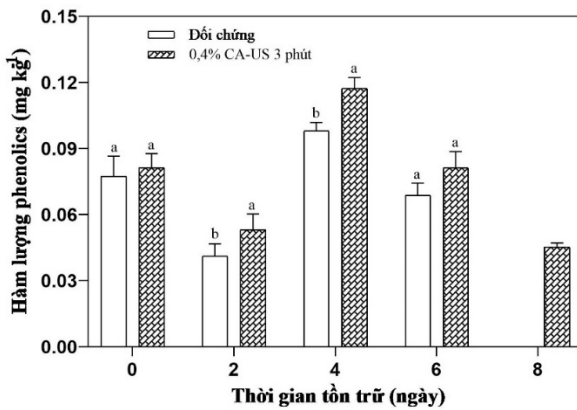
Hình 1. Ảnh hưởng xử lý US-CA đến hàm lượng vitamin C của quả nhãn trong quá trình bảo quản

Ghi chú: Các ký tự từ a-b thể hiện sự khác biệt ý nghĩa giữa các nghiệm thức. So sánh cặp t-test được thực hiện với mức ý nghĩa 5%. Giá trị thể hiện trung bình ± độ lệch chuẩn.

### 3.6. Ảnh hưởng xử lý US-CA đến hàm lượng phenolics của nhãn trong quá trình bảo quản

Hàm lượng phenolic tăng ở giai đoạn đầu và giảm ở giai đoạn cuối, cụ thể hàm lượng phenolic giảm sau 2 ngày bảo quản, sau đó tăng ở ngày thứ 4 và giảm xuống ở ngày thứ 6 và 8 của quá trình bảo quản. Hàm lượng phenolic tăng cao nhất (trung bình khoảng 1,13mgkg<sup>-1</sup>) vào ngày thứ 4 được ghi nhận nghiệm thức 0,4%CA-US 3 phút, khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê so với đối chứng và các nghiệm thức xử lý khác. Giá trị này giảm dần tất cả nghiệm thức vào ngày thứ 6, tuy nhiên không có sự khác biệt có ý nghĩa (hình 2). Các nhà khoa học đã chứng minh rằng sóng siêu âm có hiệu quả duy trì hàm lượng

phenolic trên trái vải [5] và khoai lang cắt lát sau thu hoạch ở mức cao hơn so với đối chứng [7]. Trong nghiên cứu này, hàm lượng phenolic của nhãn khi xử lý kết hợp CA-US cao hơn so với nghiệm thức đối chứng trong quá trình tồn trữ. Điều này có thể do tác dụng kết hợp của CA và US trong việc duy trì các hợp chất hoạt tính sinh học của quả nhãn trong quá trình bảo quản.



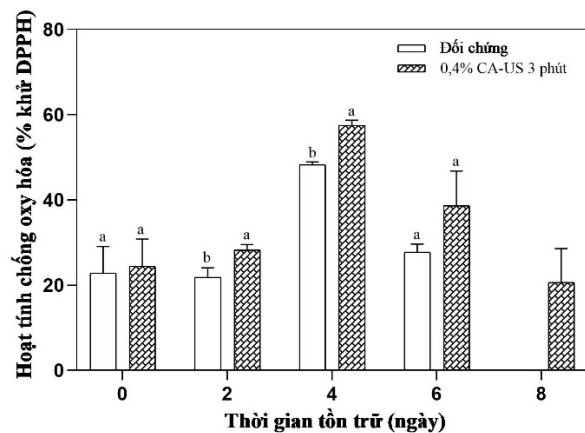
Hình 2. Ảnh hưởng xử lý US-CA đến hàm lượng phenolics của nhãn trong quá trình bảo quản

Ghi chú: Các ký tự từ a-b thể hiện sự khác biệt ý nghĩa giữa các nghiệm thức. So sánh cặp t-test được thực hiện với mức ý nghĩa 5%. Giá trị thể hiện trung bình  $\pm$  độ lệch chuẩn.

### 3.7. Ảnh hưởng xử lý US-CA đến khả năng khử gốc tự do DPPH của nhãn trong quá trình bảo quản

Ảnh hưởng xử lý US-CA đến khả năng khử gốc tự do DPPH của nhãn trong quá trình bảo quản được thể hiện ở Hình 3. Kết quả cho thấy, khả năng khử gốc tự do cao nhất (gần 60%) được tìm thấy ở nghiệm thức 0,4%CA-US 3 phút vào ngày thứ 4, sang ngày thứ 6 giá trị này giảm dần xuống còn 40% nhưng giá trị này vẫn cao hơn so với đối chứng ( $p < 0,05$ ). Có mối liên hệ giữa hàm lượng vitamin C, phenolic và khả năng khử gốc tự do DPPH. Nhãn được xử lý của sóng siêu âm kết hợp với acid citric đã kích hoạt enzyme PAL (Phenylalanine ammonia-lyase) tổng hợp phenolic, kết quả làm tăng khả năng khử gốc tự do [7], quá trình này xảy ra giai đoạn giữa của quá trình bảo quản (sau 4 ngày). Tuy nhiên vào giai đoạn cuối của quá trình bảo quản, quả bắt đầu đi vào quá trình lão hóa, việc sử dụng các acid hữu cơ như vitamin C để duy trì cho hoạt động hô hấp của quả, làm cho vitamin cũng giảm dần theo thời gian bảo quản. Ngoài ra, cuối quá trình bảo quản các enzyme hóa nâu vỏ quả hoạt động sử dụng phenolic làm cơ chất cho phản ứng, kết quả làm giảm hàm lượng phenolic, chính vì thế làm giảm khả năng khử gốc tự do. Kết quả này tương đồng nghiên cứu của Pan và cộng sự [7] trên khoai lang cắt lát. Như vậy có thể kết

luận rằng, US kết hợp với CA có thể duy trì được hoạt tính chống oxy của quả nhãn so với đối chứng trong quá trình tồn trữ.



Hình 3 Ảnh hưởng xử lý US-CA đến hoạt tính chống oxy hóa của quả nhãn trong quá trình bảo quản

Ghi chú: Các ký tự từ a-b thể hiện sự khác biệt ý nghĩa giữa các nghiệm thức. So sánh cặp t-test được thực hiện với mức ý nghĩa 5%. Giá trị thể hiện trung bình  $\pm$  độ lệch chuẩn.

## 4. KẾT LUẬN

Nhãn Ido được xử lý bằng phương pháp kết hợp giữa sóng siêu âm và dung dịch axit citric làm môi trường truyền sóng với thời gian 3 phút (0,4%CA-US 3 phút) có hiệu quả duy trì chất lượng nhãn trong quá trình bảo quản. Với phương pháp xử lý kết hợp này nhãn được duy trì màu sắc vỏ quả, giảm hao hụt khối lượng nhưng không làm ảnh hưởng đến chất lượng ăn được (hàm lượng acid tổng số và Brix) đồng thời duy trì được hàm lượng vitamin C, phenolics và hoạt tính chống oxy hóa quả nhãn sau 8 ngày bảo quản nhiệt độ 25°C. Kết quả này có triển vọng trong việc xử lý giảm tổn thất sau thu hoạch trên rau quả.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Lin Y., Li N., Lin H., Lin M., Chen Y., Wang H., Ritenour M.A., Lin Y., "Effects of chitosan treatment on the storability and quality properties of longan fruit during storage," *Food Chemistry*, 306, 125627, 2020.
- [2]. Jiang Y., Zhang Z., Joyce D.C., Ketsa S., "Postharvest biology and handling of longan fruit (*Dimocarpus longan* Lour.)," *Postharvest Biology and Technology*, 26, 241-252, 2002.
- [3]. José J.F.B.D.F., Andrade N.J.D., Ramos A.M., Vanetti M.C.D., Stringheta P.C., Chaves J.B.P., "Decontamination by ultrasound application in fresh fruits and vegetables," *Food Control*, 45, 36-50, 2014.
- [4]. Aday M.S., Temizkan R., Burak M., Caner C., "An innovative technique for extending shelf life of strawberry: Ultrasound," *LWT - Food Science and Technology*, 52, 93-101, 2013.

- [5]. Chen Y., Jiang Y., Yang S., Yang E., Yang B., Prasad K.N., "Effects of ultrasonic treatment on pericarp browning of postharvest litchi fruit," *Journal of Food Biochemistry*, 36(5), 1-8, 2011.
- [6]. Amaral R.D.A., Benedetti B.C., Pujola M., Achaerandio I., Bachelli, M.L.B., "Effect of ultrasound on quality of fresh-cut potatoes during refrigerated storage," *Food Engineering Review*, 7, 176-184, 2015.
- [7]. Pan Y., Chen, L., Pang, L., Chen X., Jia X., Li X., "Ultrasound treatment inhibits browning and improves antioxidant capacity of fresh-cut sweet potato during cold storage," *Royal Society Chemistry Advances*, 10(16), 9193-9202, 2020.
- [8]. Jiang Q., Zhang M., Xu B., "Application of ultrasonic technology in postharvested fruits and vegetables storage: A review," *Ultrasonics Sonochemistry*, 69, 105261, 2020.
- [9]. Khan M.R., Chinsirikul W., Sane A., Chonhencho V., "Combined effects of natural substances and modified atmosphere packaging on reducing enzymatic browning and postharvest decay of longan fruit," *International Journal of Food Science and Technology*, 55(2), 500-508, 2019.
- [10]. Langnika C., Zhang M., Nsor-Atindana J., Bashari M., "Effects of ultrasound and chemical treatments on white mushroom (*Agaricus bisporus*) prior to modified atmosphere packaging in extending shelf-life," *Journal of Food Science and Technology*, 51(12), 49-57, 2014.
- [11]. Jiang Y., Fu J., "Inhibition of polyphenol oxidase and the browning control of litchi fruit by glutathione and citric acid," *Food Chemistry*, 62(1), 49-52, 1998.
- [12]. Wen B., Li D., Tang D., Huang Z., Kedbanglai P., Ge Z., Du X., Supapvanich S., "Effects of simultaneous ultrasonic and cysteine treatment on antibrowning and physicochemical quality of fresh-cut lotus roots during cold storage," *Postharvest Biology and Technology*, 168, 111294, 2020.
- [13]. Shi S., Wan W., Liu L., Wu S., Wei Y., Li W., "Effect of chitosan/nano-silica coating on the physicochemical characteristics of longan fruit under ambient temperature," *Journal of Food Engineering*, 118, 125-131, 2013.
- [14]. Nguyen T.T., Uthairatanakij A., Srilaong V., Laohakunjit N., Kato M., "Impact of electron beam irradiation on the chlorophyll degradation and antioxidant capacity of mango fruit," *Apply Biology Chemistry*, 64(1), 1-12, 2021.
- [15]. Singleton V.L., Orthofer R., Lamuela-Ravent R.M., "Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent," *Methods Enzymology*, 299, 152-178, 1998.
- [16]. Li X., Li M., Wang L., Wang J., Jin P., Zheng Y., "Methyl jasmonate primes defense responses against wounding stress and enhances phenolic accumulation in fresh-cut pitaya fruit," *Postharvest Biology and Technology*, 145, 101-107, 2018.
- [17]. Khan M. R., Sripethdee C., Chinsirikul W., Sane A., Chonhencho V., "Effects of film permeability on reducing pericarp browning, preventing postharvest decay and extending shelf life of modified atmosphereretail packaged longan fruits," *International Journal of Food Science and Technology*, 51(8): 1925-1931, 2016.
- [18]. Hu Y., Li J., Lin H., Liu P., Zhang F., Lin X., Liang J., Tao Y., Jiang Y., Chen B., "Ultrasonic treatment decreases *Lyophyllum decastes* fruiting body browning and affects energy metabolism," *Ultrasonics Sonochemistry*, 89, 106111, 2022.
- [19]. Whangchai K., Saengnil K., Uthaibutra J., "Effect of ozone in combination with some organic acids on the control of postharvest decay and pericarp browning of Longan Fruit," *Crop Protection*, 25 (8), 821-825, 2006.
- [20]. Luo T., Yin F., Liao L., Liu Y., Guan B., Wang M., Lai T., Wu Z., Shuai L., "Postharvest melatonin treatment inhibited longan (*Dimocarpus longan* Lour.) pericarp browning by increasing ROS scavenging ability and protecting cytomembrane integrity," *Food Science & Nutrition*, 9, 4963-4973, 2021.
- [21]. Nguyen Thi Bich Thuy, Nguyen Thi Hanh, "Modified Atmosphere Packaging Reduces Pericarp Browning and Maintains the Quality of 'Huong Chi' Longan Fruit (*Dimocarpus Longan*) Pretreated with Citric Acid," *Vietnam Journal of Agricultural Sciences*, 3(4): 854-863, 2020.
- [22]. Nguyễn Minh Thủy, *Kỹ thuật sau thu hoạch rau quả*, NXB Nông nghiệp, Hà Nội, 2010.
- [23]. Phan Ngọc Hạnh, Dương Thị Cẩm Nhung., "Ảnh hưởng của quá trình xử lý nhiệt kết hợp chất bảo quản citrex đến chất lượng và thời gian tồn trữ trái nhãn tiêu da bò (*Dimocarpus longan* Lour.)," *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Đồng Tháp* 20, 86-93, 2016.
- [24]. Apai W., Sardud V., Boonprasom P., Sardud U., "Effects of chitosan coating with citric acid and potassium sorbate on postharvest decay and browning of longan fruit during cold storage," *Acta Horticulturae*, 837, 181-188, 2009.
- [25]. Cao S., Hu Z., Pang B., Wang H., Xie H., Wu F., "Effect of ultrasound treatment on fruit decay and quality maintenance in strawberry after harvest," *Food control*, 21, 529-532, 2010.

#### AUTHORS INFORMATION

**Nguyen Trung Truc<sup>1</sup>, Quach Van Cao Thi<sup>1</sup>,  
Tran Nguyen Thi Ngoc Nhu<sup>1</sup>, Duong Thi Cam Nhung<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Faculty of Applied Biological and Sciences, Vinh Long University of Technology Education, Vietnam

<sup>2</sup>Institute of Engineering and Technology, Thu Dau Mot University, Vietnam