

# NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA AMINOETHOXYVINYLGLYCINE (AVG) VÀ 1-METHYLCYCLOPROPENE (1-MCP) ĐẾN CẤU TRÚC VÀ CHẤT LƯỢNG QUẢ BƠ BOOTH7 (*PERSEA AMERICANA MILL*) SAU THU HOẠCH

## THE STUDY ON THE EFFECT OF AMINOETHOXYVINYLGLYCINE (AVG) AND 1-METHYLCYCLOPROPENE (1-MCP) ON THE STRUCTURE AND FRUIT QUALITY OF BOOTH7 AVOCADO (*PERSEA AMERICANA MILL*) POST-HARVEST

Trần Thị Kim Nhi, Nguyễn Văn Toản\*

Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế, Việt Nam<sup>1</sup>

\*Tác giả liên hệ / Corresponding author: nguyenvantoan@huaf.edu.vn

(Nhận bài / Received: 13/5/2023; Sửa bài / Revised: 27/6/2023; Chấp nhận đăng / Accepted: 04/7/2023)

**Tóm tắt** - Quả bị mềm và giảm chất lượng là hai yếu tố ảnh hưởng đến thời gian bảo quản quả bơ Booth7 sau thu hoạch, đó là do các tổn thương cơ học trong quá trình thu hoạch, vận chuyển và hô hấp cùng với sự mất nước. Ethylene là tác nhân chính làm quá trình chín diễn ra nhanh. Aminoethoxyvinylglycine (AVG) và 1-Methylcyclopropene (1-MCP) có tác động kìm hãm quá trình sinh tổng hợp ethylene. Mục tiêu của nghiên cứu là đánh giá hiệu quả xử lý 430 ppm AVG và 500 ppb 1-MCP nhằm duy trì chất lượng và kéo dài thời hạn bảo quản quả bơ. Mẫu đối chứng là mẫu không xử lý. Quả bơ bảo quản 40 ngày ở điều kiện lạnh ( $8\pm 1^\circ\text{C}$ ); độ ẩm ( $90\pm 5\%$ ) và phân tích 4 ngày/lần. Kết quả cho thấy, xử lý kết hợp 430 ppm AVG và 500 ppb 1-MCP đã làm chậm quá trình làm mềm và biến đổi màu sắc thịt và vỏ quả bơ, hạn chế tổn thất khối lượng, tỷ lệ hư hỏng và tăng đáng kể hàm lượng chất rắn hòa tan (Bx), hàm lượng acid tổng số của quả trong quá trình bảo quản.

**Từ khóa** - Quả bơ Booth7; AVG; 1-MCP; độ cứng; tỷ lệ hư hỏng; hao hụt khối lượng.

### 1. Đặt vấn đề

Quả bơ Booth7 (*Persea americana Mill*) là loại trái cây có giá trị dinh dưỡng rất cao, được nhiều người tiêu dùng ở Việt Nam, thế giới ưa chuộng và sử dụng. Đây là loại quả hô hấp đột biến nên quá trình chín của quả diễn ra nhanh, thời gian bảo quản ngắn do các biến đổi sinh lý, sinh hóa sau thu hoạch có liên quan đến quá trình sản sinh ethylene [1]. Bên cạnh đó, quả bơ bị mềm và chất lượng thương phẩm có xu hướng giảm dần do hoạt động của quá trình hô hấp diễn ra liên tục sau thu hoạch [2]. Quá trình sinh trưởng và chín của trái cây được tác động bởi ethylene có thể trì hoãn bằng các hợp chất kháng ethylene. Aminoethoxyvinylglycine (AVG) - hợp chất có hoạt tính sinh học và có tác động kìm hãm quá trình sinh tổng hợp ethylene thông qua sự ức chế hoạt động của enzyme ACC synthase (ACS), đây là enzyme quan trọng trong việc tổng hợp ethylene [3]. AVG làm kìm hãm hoạt lực của enzyme ACS và ức chế việc chuyển đổi S-adenosyl-L-methionine (SAM) thành AVG [4, 5]. Xử lý AVG trước và sau thu hoạch đã làm giảm hàm lượng ethylene sinh ra, hạn chế làm mềm quả và duy trì chất lượng, kéo dài thời hạn bảo quản của một số loại quả hô hấp đột biến, chẳng hạn như chuối [6], quả đào [7]. 1-Methylcyclopropene (1-MCP), một chất ức chế hoạt động của ethylene, ngăn cản tác động

**Abstract** - Softening and quality deterioration are two factors that affect the storage time of Booth7 avocados after harvest, caused by mechanical damage during harvesting, transportation, respiration, and water loss. Ethylene is the main factor that accelerates the ripening process. Aminoethoxyvinylglycine (AVG) and 1-Methylcyclopropene (1-MCP) have inhibitory effects on ethylene synthesis. The aim of the study is to evaluate the effectiveness of treating Booth7 avocados with 430 ppm AVG and 500 ppb 1-MCP to maintain quality and extend the shelf life. The control sample is untreated. The avocados are stored for 40 days under cold conditions ( $8\pm 1^\circ\text{C}$ ), ( $90\pm 5\%$ ) humidity, and analyzed every 4 days. The results showed that, the combined treatment of 430 ppm AVG and 500 ppb 1-MCP slowed down the softening and color changes of the flesh and skin of the avocados, reduced weight loss and damage rate, and significantly increased the soluble solids content (Bx) and total acid content during storage.

**Key words** - Booth7 avocado; Aminoethoxyvinylglycine (AVG); 1-MCP; fruit firmness; damage rate; weight loss.

làm chín của ethylene ở nhiều loại trái cây hô hấp đột biến [8], nhưng tác dụng của nó khác nhau tùy theo các loại trái cây. 1-MCP làm giảm đáng kể lượng ethylene sản sinh và duy trì độ cứng của quả trong nhiều ngày [9, 10]. Các ứng dụng trước đây, 1-MCP được sử dụng dưới dạng xông khí trong môi trường kín để kéo dài thời gian bảo quản trái cây. Tuy nhiên, sử dụng 1-MCP ở dạng xông khí cần đầu tư chi phí cao cho hệ thống kín và thời gian xử lý kéo dài (8-24 giờ); như xử lý trên quả mận [11]; quả đào [12]; quả táo [13]; nên không phù hợp với quy mô thương mại. Gần đây, việc sử dụng 1-MCP dạng dung dịch được ứng dụng rộng rãi vì giảm được chi phí đầu tư và thuận lợi trong quá trình xử lý trên các loại quả: quýt Kinnow [14]; chuối [15, 16]. Phương pháp xử lý kết hợp AVG và 1-MCP đã được nghiên cứu ứng dụng trên các loại quả táo [17], quả mận [11], cho kết quả đã hạn chế quá trình mềm của quả, giảm tỷ lệ hư hỏng và duy trì chất lượng. Tuy nhiên, hiện nay chưa có công trình khoa học nào được công bố về ứng dụng xử lý sau thu hoạch của AVG kết hợp 1-MCP trên quả bơ Booth7. Chính vì vậy, nghiên cứu xử lý kết hợp AVG và 1-MCP như một phương pháp kiểm soát quá trình chín nhằm duy trì cấu trúc, chất lượng và kéo dài thời gian bảo quản của quả bơ Booth7 sau thu hoạch là mục đích chính mà bài báo cần đạt được.

<sup>1</sup> University of Agriculture and Forestry, Hue University, Vietnam (Tran Thi Kim Nhi, Nguyen Van Toan)

## 2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Đối tượng nghiên cứu

Quả bơ Booth7 sử dụng trong nghiên cứu được thu hái trong thời gian thu hoạch từ 230-240 ngày ra hoa. Những quả bơ có kích thước đồng nhất được tuyển chọn “từ một vườn bơ thuộc công ty TNHH Trinh Mười, tỉnh Đắk Lắk, Việt Nam, vào tháng 9-10 hằng năm. Những quả bơ Booth7 có kích thước và màu sắc đồng nhất và không bị hư hỏng. Quả sau khi thu hoạch được đóng trong thùng xốp (500 mm×400 mm×400 mm), sau đó quả bọc một lớp xốp mỏng và vận chuyển bằng xe tải chở chuyên dụng có nhiệt độ ở (25±2°C) và độ ẩm (RH=70-80%) về phòng thí nghiệm của Khoa Cơ khí và Công nghệ, Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế trong thời gian không quá 24 giờ. Quả đã được rửa sạch với nước, tiếp theo quả được rửa với dung dịch sodium hypochlorite (NaOCl) 1% trong 20 phút [2] để loại các tạp chất và vi sinh vật bám trên bề mặt.

### 2.2. Dung môi và vật liệu

Chế phẩm AVG có độ tinh khiết 15% được cung cấp bởi (Retain®, Valent BioSciences, Libertyville, Mỹ). Chế phẩm 1-methylcyclopropene (1-MCP), tên thương mại là SmartFresh, có độ tinh khiết 3,3%, ở dạng bột, hòa tan dễ dàng trong nước, được sản xuất tại công ty AgroFresh, Mỹ. Thùng carton loại 3 lớp được sản xuất tại Việt Nam. Bao bì LDPE có chiều dày 25 µm được sản xuất tại Việt Nam.

### 2.3. Phương pháp bố trí thí nghiệm

Quả bơ được chia ngẫu nhiên thành 4 nhóm gồm 768 quả và được đặt trong các thùng vận chuyển (mỗi thùng 8 quả). Đối với xử lý nhúng AVG và 1-MCP, các quả bơ Booth7 của bốn nghiệm thức với ba lần lặp lại; các nghiệm thức như sau: 1) không xử lý (đối chứng); 2) 430 ppm AVG; 3) 500 ppb 1-MCP và 4) 430 ppm AVG kết hợp 500 ppb 1-MCP tương ứng trong thời gian 10 phút. Sau đó, quả bơ của bốn công thức được bọc trong bao bì LDPE có chiều dày 40 µm có tỷ lệ đục lỗ 0,13% so với diện tích bao bì, kích thước lỗ đục 0,1-0,3 mm. Sau đó, quả bơ Booth7 được vận chuyển vào kho lạnh của phòng thí nghiệm Công nghệ sau thu hoạch, Khoa Cơ khí và Công nghệ, Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế. Quả được bảo quản ở nhiệt độ (8°C±1) và độ ẩm tương đối (RH= 90±5%) trong 40 ngày. Tiến hành phân tích 4 ngày một lần với các chỉ tiêu biến đổi về vật lý của quả (tồn thất khối lượng, tỷ lệ hư hỏng) và chất lượng quả [hàm lượng acid, độ cứng của vỏ và thịt quả, chất rắn hòa tan (Bx), góc màu thịt và vỏ quả (H°)] được xác định. Mỗi nghiệm thức kết thúc khi mẫu tốt nhất có tỷ lệ hư hỏng <10% [18].

### 2.4. Phương pháp phân tích

Hao hụt khối lượng của quả được xác định bằng cân phân tích kỹ thuật số (Ohaus, Mỹ) dựa trên sự khác biệt giữa khối lượng ban đầu (M1) và khối lượng cuối (M2) của quả [19]. Tỷ lệ hư hỏng của quả được xác định bằng cách đo diện tích bề mặt bị hư hỏng của quả [11]. Hàm lượng chất rắn hòa tan (Bx) được đo bằng cách cân 5 - 10 g mẫu bằng cân kỹ thuật cho lượng nước bằng lượng mẫu đã lấy, nghiền nhanh hỗn hợp trong cối sứ. Lấy một phần hỗn hợp cho vào miếng vải phin mịn, ép loại bỏ 2 - 3 giọt dịch ban đầu rồi nhỏ 2 - 3 giọt lên láng kính dưới và đo bằng khúc xạ kế cầm tay (Atago Co. Ltd., Tokyo, Nhật Bản) hoạt động ở 20-25°C

và kết quả được biểu thị bằng % [20]. Hàm lượng acid được xác định theo phương pháp (AOAC 1990) bằng cách chuẩn độ 10 mL dịch từ thịt quả với NaOH 0,1N. Màu sắc của vỏ và thịt quả được đo bằng máy đo màu (Konica Minolta CR-400, Nhật Bản) và kết quả được biểu thị dưới dạng L\*, a\* và b\*. L\* đại diện độ đậm nhạt, a\* thể hiện sắc độ trên trục màu xanh lục (-) đến màu đỏ (+) và b\* biểu thị màu sắc trên trục màu xanh lam (-) đến màu vàng (+). Các giá trị b\* và a\* được chuyển đổi thành góc màu (H°) ( $\tan^{-1}(b^*/a^*)$ ). Các sắc màu khác nhau được biểu diễn trên vòng tròn màu và có giá trị từ 0° đến 360°. Giá trị (H°) càng cao thì càng xanh và quả ít chín hơn [21]. Độ cứng của vỏ và thịt quả được xác định bằng máy phân tích cấu trúc (TA.XT Plus, Mỹ) được trang bị đầu dò đường kính 8 mm ở cùng tốc độ, độ cứng của vỏ quả được đo ở tâm và hai đầu đối diện; độ cứng của thịt quả được tiến hành bằng cách cắt dọc quả thành hai phần bằng nhau, cắt thịt quả từng khoanh có độ dày 2 cm và tiến hành đo. Phép đo được thực hiện bằng cách ấn đầu đo vào quả với một lực không đổi trong một đơn vị thời gian nhất định (5s), đơn vị đo là niuton (N) [22]. Các phép đo được thực hiện 3 lần lặp.

### 2.5. Xử lý số liệu

Số liệu thực nghiệm được tính giá trị trung bình bằng phần mềm Microsoft Excel 2010 và phân tích thống kê bằng phần mềm SPSS 20. (SPSS Inc., Chicago, IL, Mỹ). Mức sai khác có ý nghĩa trung bình được thực hiện bằng kiểm nghiệm LSD (5%).

## 3. Kết quả nghiên cứu

### 3.1. Ảnh hưởng của AVG và 1-MCP đến độ cứng quả và thịt quả bơ Booth7

Quá trình depolyme hóa pectin và hemicellulose đóng một vai trò quan trọng trong quá trình chín của rau quả, dẫn đến sự phân tách mạng lưới cellulose và hemicellulose làm giảm độ cứng của quả. Độ cứng của quả giảm do mất hoạt tính hydrolase của thành tế bào và áp suất trương nội bào, dẫn đến mềm quả [23], kết quả theo dõi về độ cứng của vỏ và thịt quả bơ trong quá trình bảo quản được thể hiện ở Bảng 1.

Độ cứng quả và thịt quả của tất cả các mẫu bảo quản đều có xu hướng giảm dần theo thời gian bảo quản. Kết quả thể hiện ở (Bảng 1) cho thấy, ở mẫu đối chứng (ĐC) có độ cứng giảm nhanh nhất. Độ cứng quả và thịt quả vào ngày bảo quản thứ 24 giảm lần lượt 82,86% và 93,29% so với ban đầu (ngày 0). Trong khi đó, mẫu xử lý AVG; 1-MCP có độ cứng quả và thịt quả giảm chậm hơn. Mặc khác trong quá trình bảo quản, quả được xử lý kết hợp AVG và 1-MCP có độ cứng quả và thịt quả giảm chậm và đạt giá trị cao nhất trong tất cả các mẫu xử lý có độ cứng quả (8,75 N) và thịt quả (2,15 N) vào ngày bảo quản thứ 40 (Bảng 1). Theo nghiên cứu của Russo [2], quả sau thu hoạch độ cứng giảm dần do liên quan đến sự hoà tan của pectin xảy ra trong quá trình chín của quả dẫn đến làm mềm quả. Công bố của Benitez [24] đã cho rằng, độ cứng của quả bơ giảm do việc vận chuyển nước từ quả ra môi trường và bơ ít có khả năng chống lại sự xâm nhập của vi khuẩn dẫn đến sự mất đi độ cứng của quả. Bên cạnh đó, nghiên cứu của Pereira [25] đã cho rằng, quả bơ chín và dùng bảo quản khi độ cứng vỏ quả từ 10-15 N. Công bố của Hayama [12], khi xử lý AVG kết hợp 1-MCP trên quả đào đã có tác dụng duy trì độ cứng của quả trong suốt thời gian bảo quản.

**Bảng 1.** Ảnh hưởng của AVG và 1-MCP đến độ cứng quả và thịt quả bơ Booth7

Công thức	ĐỘ CỨNG VỎ QUẢ (N)										
	Ngày 0	Ngày 4	Ngày 8	Ngày 12	Ngày 16	Ngày 20	Ngày 24	Ngày 28	Ngày 32	Ngày 36	Ngày 40
ĐC	65,32 <sup>a</sup>	64,56 <sup>a</sup>	64,12 <sup>a</sup>	20,41 <sup>b</sup>	11,21 <sup>c</sup>	9,41 <sup>c</sup>	6,12 <sup>c</sup>	-	-	-	-
AVG	65,23 <sup>a</sup>	64,43 <sup>a</sup>	64,07 <sup>a</sup>	60,45 <sup>a</sup>	45,23 <sup>b</sup>	26,65 <sup>b</sup>	13,72 <sup>b</sup>	11,23 <sup>b</sup>	7,21 <sup>c</sup>	7,11 <sup>c</sup>	6,26 <sup>c</sup>
MCP	65,12 <sup>a</sup>	64,15 <sup>a</sup>	64,03 <sup>a</sup>	61,23 <sup>a</sup>	56,63 <sup>a</sup>	53,26 <sup>a</sup>	40,69 <sup>a</sup>	14,01 <sup>ab</sup>	11,13 <sup>b</sup>	9,54 <sup>b</sup>	7,23 <sup>b</sup>
AVG+1-MCP	65,41 <sup>a</sup>	64,32 <sup>a</sup>	64,11 <sup>a</sup>	62,12 <sup>a</sup>	57,45 <sup>a</sup>	54,23 <sup>a</sup>	42,36 <sup>a</sup>	31,26 <sup>a</sup>	14,21 <sup>a</sup>	11,02 <sup>a</sup>	8,75 <sup>a</sup>
Công thức	ĐỘ CỨNG THỊT QUẢ (N)										
	Ngày 0	Ngày 4	Ngày 8	Ngày 12	Ngày 16	Ngày 20	Ngày 24	Ngày 28	Ngày 32	Ngày 36	Ngày 40
ĐC	41,25 <sup>a</sup>	40,29 <sup>a</sup>	36,12 <sup>b</sup>	22,23 <sup>c</sup>	5,01 <sup>d</sup>	4,17 <sup>d</sup>	1,43 <sup>d</sup>	-	-	-	-
AVG	41,15 <sup>a</sup>	40,69 <sup>a</sup>	39,56 <sup>a</sup>	27,89 <sup>b</sup>	17,56 <sup>c</sup>	10,23 <sup>c</sup>	6,19 <sup>c</sup>	4,27 <sup>c</sup>	1,56 <sup>c</sup>	1,32 <sup>c</sup>	1,11 <sup>c</sup>
MCP	41,17 <sup>a</sup>	40,69 <sup>a</sup>	39,48 <sup>a</sup>	36,47 <sup>a</sup>	29,41 <sup>b</sup>	23,12 <sup>b</sup>	12,32 <sup>b</sup>	7,11 <sup>b</sup>	3,12 <sup>b</sup>	2,07 <sup>b</sup>	1,87 <sup>b</sup>
AVG +1-MCP	41,21 <sup>a</sup>	41,01 <sup>a</sup>	39,78 <sup>a</sup>	37,89 <sup>a</sup>	33,12 <sup>b</sup>	28,45 <sup>a</sup>	16,31 <sup>a</sup>	11,56 <sup>a</sup>	7,62 <sup>a</sup>	3,56 <sup>a</sup>	2,15 <sup>a</sup>

Các giá trị a,b,c,d khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức độ tin cậy 95%, ĐC: đối chứng; -: mẫu đã hư hỏng và dùng theo dõi.

### 3.2. Ảnh hưởng của AVG và 1-MCP đến độ Hue ( $H^{\circ}$ ) vỏ và thịt quả

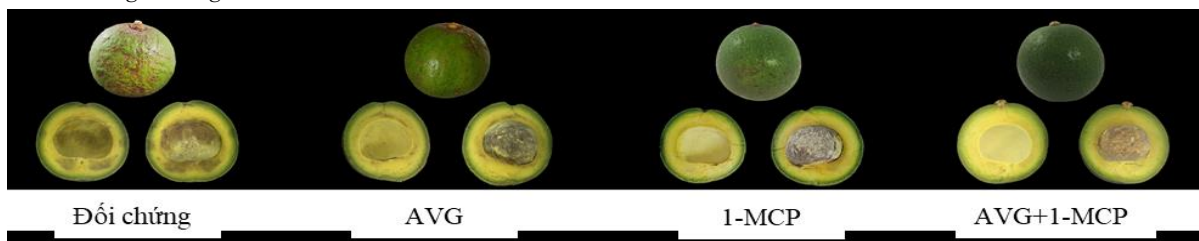
Sự thay đổi màu sắc của vỏ và thịt quả bơ thường liên quan đến sự thay đổi chất lượng quả do tổn thương lạnh [26]. Vỏ quả bơ ở mẫu xử lý chuyển từ xanh sang nâu sẫm, thịt có màu vàng đậm sang vàng nhạt và do đó dẫn đến sự thay đổi màu sắc của vỏ và thịt quả bơ trong quá trình bảo quản được thể hiện ở Bảng 2.

Độ Hue của vỏ và thịt quả có xu hướng giảm dần theo thời gian bảo quản (Bảng 2). Kết quả này có thể là do sự giảm hàm lượng chlorophyll có trong vỏ và thịt quả bơ [27]. Sự thay đổi về độ Hue của vỏ và thịt quả của mẫu (ĐC) có sự biến đổi rất nhanh so với các nghiệm thức còn lại và đạt giá trị lần lượt là 115,28° và 83,68° sau 16 ngày bảo quản (Bảng 2). Ở giá trị độ Hue này, màu sắc vỏ đã chuyển từ xanh sang xanh vàng và thịt quả đã chuyển từ vàng nhạt sang vàng đậm quả đã chín.

**Bảng 2.** Ảnh hưởng của AVG và 1-MCP đến độ Hue ( $H^{\circ}$ ) vỏ và thịt quả

Công thức	ĐỘ HUE VỎ QUẢ ( $H^{\circ}$ )										
	Ngày 0	Ngày 4	Ngày 8	Ngày 12	Ngày 16	Ngày 20	Ngày 24	Ngày 28	Ngày 32	Ngày 36	Ngày 40
ĐC	121,17 <sup>a</sup>	121,13 <sup>a</sup>	120,67 <sup>a</sup>	116,97 <sup>b</sup>	115,28 <sup>b</sup>	110,01 <sup>b</sup>	109,26 <sup>b</sup>	-	-	-	-
AVG	121,17 <sup>a</sup>	121,16 <sup>a</sup>	120,8 <sup>a</sup>	117,37 <sup>b</sup>	116,08 <sup>ab</sup>	112,65 <sup>b</sup>	110,08 <sup>b</sup>	109,88 <sup>b</sup>	107,12 <sup>b</sup>	106,23 <sup>b</sup>	104,64 <sup>c</sup>
MCP	121,17 <sup>a</sup>	121,19 <sup>a</sup>	121,17 <sup>a</sup>	118,37 <sup>ab</sup>	117,09 <sup>ab</sup>	115,85 <sup>a</sup>	112,45 <sup>ab</sup>	110,28 <sup>b</sup>	109,97 <sup>ab</sup>	107,45 <sup>b</sup>	106,32 <sup>b</sup>
AVG +1-MCP	121,17 <sup>a</sup>	121,15 <sup>a</sup>	121,12 <sup>a</sup>	119,68 <sup>a</sup>	119,01 <sup>a</sup>	117,17 <sup>a</sup>	115,95 <sup>a</sup>	112,85 <sup>a</sup>	110,87 <sup>a</sup>	109,77 <sup>a</sup>	108,23 <sup>a</sup>
Công thức	ĐỘ HUE THỊT QUẢ ( $H^{\circ}$ )										
	Ngày 0	Ngày 4	Ngày 8	Ngày 12	Ngày 16	Ngày 20	Ngày 24	Ngày 28	Ngày 32	Ngày 36	Ngày 40
ĐC	97,38 <sup>a</sup>	97,23 <sup>a</sup>	96,87 <sup>a</sup>	90,09 <sup>a</sup>	83,68 <sup>b</sup>	83,68 <sup>b</sup>	76,94 <sup>b</sup>	-	-	-	-
AVG	97,40 <sup>a</sup>	97,24 <sup>a</sup>	97,01 <sup>a</sup>	90,27 <sup>a</sup>	88,07 <sup>a</sup>	84,98 <sup>b</sup>	82,65 <sup>ab</sup>	78,65 <sup>b</sup>	77,27 <sup>b</sup>	75,16 <sup>c</sup>	73,25 <sup>c</sup>
MCP	97,44 <sup>a</sup>	97,17 <sup>a</sup>	97,07 <sup>a</sup>	91,46 <sup>a</sup>	89,14 <sup>a</sup>	87,18 <sup>a</sup>	85,39 <sup>a</sup>	84,31 <sup>ab</sup>	79,25 <sup>b</sup>	77,17 <sup>b</sup>	74,65 <sup>b</sup>
AVG+1-MCP	97,37 <sup>a</sup>	97,18 <sup>a</sup>	97,06 <sup>a</sup>	95,01 <sup>a</sup>	92,29 <sup>a</sup>	90,53 <sup>a</sup>	87,66 <sup>a</sup>	85,97 <sup>a</sup>	84,89 <sup>a</sup>	78,84 <sup>a</sup>	75,87 <sup>a</sup>

Các giá trị a,b,c,d khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức độ tin cậy 95%; ĐC: đối chứng; -: mẫu đã hư hỏng và dùng theo dõi.

**Hình 1.** Màu sắc của vỏ và thịt quả bơ của các mẫu khi kết thúc trong quá trình bảo quản

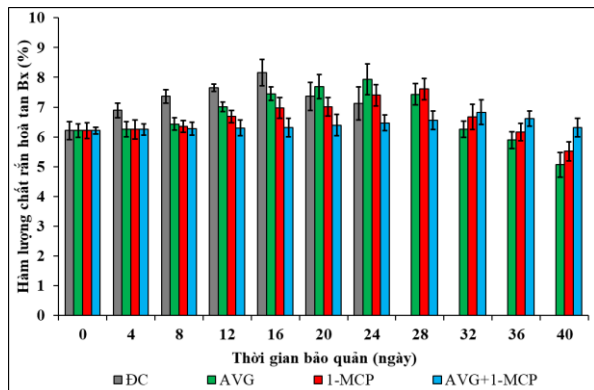
Từ Hình 1 cũng cho thấy, mẫu được xử lý đơn lẻ AVG; 1-MCP hoặc AVG kết hợp 1-MCP độ Hue của vỏ quả và thịt quả có sự biến đổi chậm hơn với các giá trị lần lượt (độ Hue vỏ quả dao động từ 104,64° - 108,23° và thịt quả từ 73,25° - 75,87°) sau 40 ngày bảo quản (Bảng 2). Kết quả phù hợp với công bố của Nguyễn Văn Toàn [6] khi xử lý AVG trên quả bơ Booth7. Tuy nhiên, chỉ có mẫu bơ xử lý AVG kết hợp 1-MCP có sự khác biệt ( $p \leq 0,05$ ) so với các

mẫu xử lý còn lại, cụ thể độ Hue của vỏ và thịt quả đạt giá trị lần lượt là 110,87° và 84,89° vào ngày bảo quản thứ 32, kết quả phù hợp với công bố của tác giả Pereira [25] khi nghiên cứu vai trò của 1-MCP trên quả bơ sau thu hoạch đã có tác dụng trong việc trì hoãn sự biến đổi của chất diệp lục, màu sắc trên quả bơ khi được xử lý. Bên cạnh đó, theo quan điểm của Butara [28], khi nghiên cứu ứng dụng xử lý AVG trên quả lê đã cho thấy tác dụng của AVG trong việc

ngăn chặn sự biến đổi và phát triển của màu sắc; đã ức chế hoạt động của enzyme chlorophyllase do đó sự biến đổi màu trên quả là chậm hơn. Vì vậy, có thể nhận ra rằng, xử lý AVG kết hợp 1-MCP có tác dụng trong việc làm chậm sự biến đổi màu sắc của vỏ và thịt quả bơ.

### 3.3. Ảnh hưởng của AVG và 1-MCP đến hàm lượng chất rắn hòa tan

Trong thành phần dinh dưỡng của quả bơ, hàm lượng chất rắn hòa tan của quả bơ chủ yếu gồm: Đường, acid hữu cơ, pectin hòa tan, vitamin... [29]. Các thành phần này luôn thay đổi, đi kèm với những biến đổi về trạng thái và cấu trúc trong suốt quá trình bảo quản mà chủ yếu là do các phản ứng sinh hóa xảy ra ngay bên trong quả. Sự biến thiên hàm lượng chất rắn hòa tan ở quả bơ Booth7 được thể hiện ở đồ thị Hình 2.

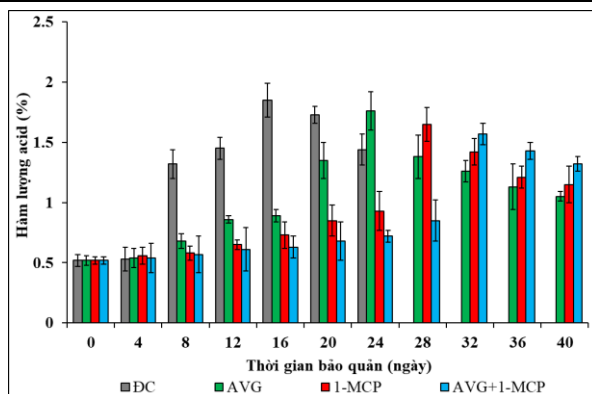


Hình 2. Ảnh hưởng của AVG và 1-MCP đến hàm lượng chất rắn hòa tan

Hàm lượng chất rắn hòa tan (Bx) của quả bơ có xu hướng tăng theo thời gian bảo quản. Tuy nhiên, Bx của mẫu (ĐC) tăng nhanh hơn so với các mẫu xử lý ở các nghiệm thức còn lại và đạt giá trị lớn nhất 8,16% vào ngày bảo quản thứ 16 (Hình 2). Mẫu xử lý AVG và 1-MCP có tác dụng làm giảm sự gia tăng Bx trong quá trình bảo quản. Tuy nhiên, Bx của mẫu xử lý kết hợp tăng chậm hơn so với các mẫu xử lý AVG; 1-MCP và AVG kết hợp 1-MCP còn lại. Theo kết quả của Kim [11], đã tìm thấy sự gia tăng hàm lượng Bx trên quả mận khi xử lý kết hợp AVG và 1-MCP. Kết quả nghiên cứu của Sigal-Escalada [17], sự kết hợp của AVG và 1-MCP khi xử lý trên quả táo có khả năng hạn chế sự gia tăng hàm lượng Bx của quả trong quá trình bảo quản. Điều này có thể nhận thấy, trong quá trình bảo quản các biến đổi của quá trình thủy phân cacbohydrate xảy ra trong quả bơ thành đường hòa tan dẫn đến Bx tăng cao [30]. Hơn nữa, công bố của tác giả Sardabi [13] khi nghiên cứu ảnh hưởng của 1-MCP đã có tác động đến sự gia tăng hàm lượng Bx trong thời gian bảo quản quả táo. Như vậy, cho thấy khi xử lý kết hợp AVG và 1-MCP đã có tác dụng hữu ích trong việc hạn chế sự biến đổi hàm lượng chất rắn hòa tan (Bx) của quả bơ trong quá trình bảo quản.

### 3.4. Ảnh hưởng của AVG và 1-MCP đến hàm lượng acid tổng số

Hàm lượng acid tổng số là một trong những chỉ tiêu chất lượng có liên quan đến chất lượng của quả [31]. Xử lý AVG và 1-MCP có thể bảo vệ tính toàn vẹn của màng tế bào, duy trì hàm lượng acid và các hợp chất chống oxy hóa tự do trong quả [2, 32]. Khi thời gian bảo quản kéo dài, hàm lượng acid của các mẫu thí nghiệm biến đổi nhanh (Hình 3).



Hình 3. Ảnh hưởng của AVG và 1-MCP đến hàm lượng acid tổng số

Kết quả thể hiện ở Hình 3 cho thấy, những biến đổi về hàm lượng acid của quả bơ trong quá trình bảo quản. Hàm lượng acid tăng lên ở tất cả mẫu bảo quản; mẫu ĐC có hàm lượng acid tăng nhanh hơn so với các mẫu còn lại và đạt giá trị cao nhất (1,85%) vào ngày bảo quản thứ 16. Trong khi đó, mẫu xử lý đơn lẻ AVG và 1-MCP có hàm lượng acid đạt giá trị cao nhất lần lượt (1,76%; 1,65%) vào các ngày bảo quản thứ 24 và ngày 28. Mẫu xử lý kết hợp AVG và 1-MCP đã kéo dài thêm 16 ngày so với mẫu ĐC. Theo báo cáo của Russo [2] khi nghiên cứu xử lý quả bơ (Fuerte) trong điều kiện kiểm soát MA (modified atmosphere) đã cho thấy, hàm lượng acid tăng lên trong giai đoạn đầu của quá trình bảo quản, sau đó hàm lượng acid có xu hướng giảm vào cuối thời gian bảo quản.

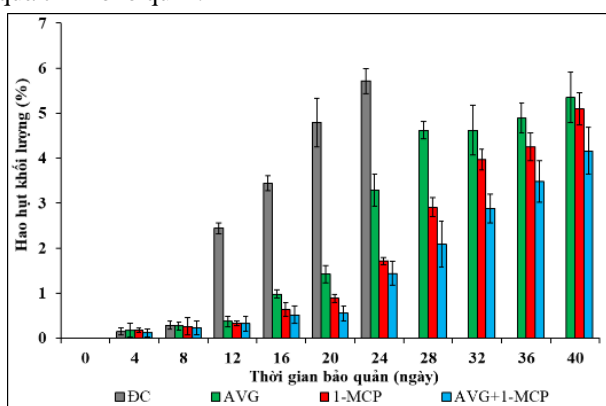
Bên cạnh đó, báo cáo của Russo [2] đã cho rằng, hàm lượng acid giảm ở giai đoạn cuối của quá trình bảo quản do sự tiêu thụ acid hoặc chuyển đổi chúng thành đường, một nguồn năng lượng dự trữ và sử dụng trong quá trình trao đổi chất liên quan đến quá trình chín. Công bố của Kurubaş [32], cho thấy vai trò của 1-MCP khi xử lý trên quả lê đã cho kết quả làm giảm hàm lượng acid của quả do hạn chế sử dụng acid tham gia vào quá trình hô hấp. Hơn nữa nghiên cứu của Kader [33], khi quả lê được xử lý AVG đã có tác dụng làm chậm quá trình chín của quả, trì hoãn quá trình hô hấp khi hàm lượng acid được duy trì ở mức thấp. Chính vì vậy, trong nghiên cứu này nhóm tác giả nhận thấy, AVG và 1-MCP có tác dụng hữu ích trong việc duy trì hàm lượng acid của quả bơ, hạn chế sự biến đổi chất lượng và kéo dài thời gian bảo quản của quả lên đến 32 ngày.

### 3.5. Ảnh hưởng của AVG và 1-MCP đến hao hụt khối lượng

Hao hụt khối lượng là sự tổng hợp của nhiều quá trình bao gồm sự mất nước tự nhiên, quá trình trao đổi chất, phân hủy do nấm mốc hay vi sinh vật nếu xảy ra đồng thời sẽ làm khối lượng quả giảm đi rất nhanh [34]. Sự biến đổi về khối lượng của quả bơ Booth7 trong quá trình bảo quản được thể hiện ở Hình 4.

Tỷ lệ hao hụt khối lượng tăng ở tất cả các mẫu bảo quản ở điều kiện nhiệt độ ( $8\pm 1^\circ\text{C}$ ); độ ẩm ( $\text{RH} = 90\pm 5\%$ ) trong thời gian bảo quản. Điều này được giải thích; quả bơ được bảo quản ở điều kiện lạnh sẽ bị mất đi hao hụt khối lượng do tổng hợp quá trình hô hấp và hiện tượng bay hơi nước [2]. Từ đồ thị Hình 4; phần trăm tổn thất khối lượng không lớn hơn 5%, ngoại trừ mẫu ĐC. Theo tác giả Russo [2] cho rằng, rau quả tươi có tỷ lệ hao hụt khối lượng tối đa không

quá 5÷10% trước khi xuất hiện hiện tượng khô héo và hư hỏng. Mẫu bơ ĐC có tỷ lệ tổn thất khối lượng lớn nhất (5,71%) so với mẫu xử lý AVG (3,29%) vào ngày bảo quản thứ 24. Mẫu xử lý 1-MCP và AVG kết hợp 1-MCP có tỷ lệ hao hụt khối lượng ở mức thấp hơn lần lượt là 2,91% và 2,88% vào ngày bảo quản thứ 28 và ngày bảo quản thứ 32. Điều này được giải thích, AVG và 1-MCP có khả năng ức chế quá trình hô hấp diễn ra trong quá trình chín của quả. Chính vì vậy, tổn thất khối lượng thấp hơn sau 40 ngày bảo quản. Kết quả nghiên cứu của Sigal-Escalada [17] cho rằng, sự kết hợp của AVG và 1-MCP khi xử lý trên quả táo có khả năng duy trì khối lượng của quả trong quá trình bảo quản. Bên cạnh đó, kết quả nghiên cứu của Jeong [35], đã công bố khi xử lý quả bơ bằng 1-MCP kết hợp với màng sáp, quả có tỷ lệ hao hụt khối lượng dao động từ 8÷10%. Kết quả của Nourozi [36], khi nghiên cứu sử dụng AVG trên quả mơ đã cho thấy, tổn thất khối lượng duy trì từ 5÷6% sau 28 ngày bảo quản. Kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả cho thấy, sự kết hợp giữa AVG và 1-MCP có thể kiểm soát được tỷ lệ hao hụt khối lượng của quả bơ trong quá trình bảo quản.



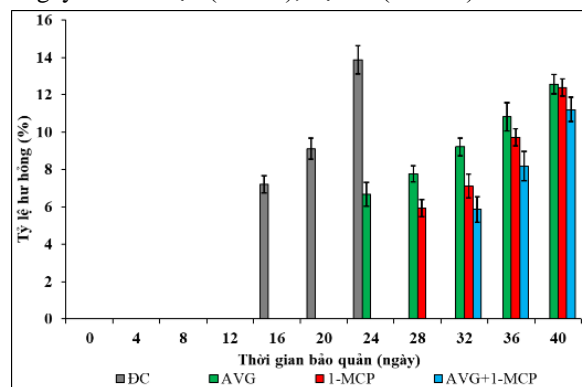
Hình 4. Ảnh hưởng của AVG và 1-MCP đến hao hụt khối lượng

### 3.6. Ảnh hưởng của AVG và 1-MCP đến tỷ lệ hư hỏng

Hoạt lực của các enzyme polyphenol oxydase (PPO) và peroxidase (POD) dẫn đến sự phân hủy các hợp chất phenolic, trong đó có phenylalanine amoniac lyase (PAL) là enzyme chủ yếu tham gia vào quá trình sinh tổng hợp các hợp chất phenolic trong quả. Hoạt lực của PAL cũng liên quan đến sự hư hỏng quả trong quá trình bảo quản [37]. Tỷ lệ hư hỏng trong quá trình bảo quản quả bơ Booth7 được thể hiện ở Hình 5.

Tỷ lệ hư hỏng của quả bơ trong thời gian bảo quản để xác định hiệu quả của việc xử lý AVG và 1-MCP. Trong 12 ngày bảo quản đầu tiên, tỷ lệ hư hỏng của tất cả các mẫu bảo quản thay đổi không đáng kể. Tất cả các mẫu bơ có xử lý AVG và 1-MCP đều làm giảm đáng kể sự hư hỏng của quả bơ so với mẫu ĐC trong thời gian bảo quản (Hình 5). Tuy nhiên, mẫu xử lý kết hợp AVG và 1-MCP không phát hiện quả nào bị thối rữa vào ngày bảo quản thứ 28 và cho thấy mẫu bơ có tỷ lệ hư hỏng thấp nhất 5,86% vào ngày bảo quản thứ 32. Ngược lại, mẫu bơ ĐC cho thấy, tỷ lệ hư hỏng cao nhất 13,88% vào ngày bảo quản thứ 24. Điều này có thể giải thích, AVG và 1-MCP có khả năng ức chế cường độ hô hấp, dẫn đến hạn chế sự tích tụ nhiệt và hơi nước - yếu tố thuận lợi cho sự phát triển của vi khuẩn và

nấm mốc gây hư hỏng quả [38]. Hiệu quả của AVG và 1-MCP trong việc ngăn ngừa làm mềm trái cây trước đây đã được công bố trong nhiều báo cáo [39, 40]. Theo kết quả nghiên cứu của Jia [41], khi nghiên cứu ảnh hưởng của 1-MCP đến chất lượng quả lê đã có tác dụng làm giảm tỉ lệ hư hỏng quả đáng kể. Công bố của Ehtesham [42], nghiên cứu ứng dụng chitosan kết hợp AVG khi xử lý trên quả nho đã có tác dụng làm giảm tỷ lệ hư hỏng của quả. Kết quả nghiên cứu của Kim [11], khi xử lý AVG kết hợp 1-MCP đã làm giảm tỷ lệ thối rữa và hư hỏng của quả mận. Tóm lại, khi xử lý AVG kết hợp 1-MCP có hiệu quả làm giảm sự hư hỏng và kéo dài thời gian bảo quản của quả bơ đến 32 ngày ở điều kiện ( $8\pm 1^\circ\text{C}$ ); độ ẩm ( $90\pm 5\%$ ).



Hình 5. Ảnh hưởng của AVG và 1-MCP đến tỷ lệ hư hỏng

## 4. Kết luận

Nghiên cứu đã chỉ ra rằng, phương pháp xử lý kết hợp 430 ppm AVG và 500 ppb 1-MCP đã giảm đáng kể tỷ lệ hư hỏng; duy trì chất lượng và kéo dài thời gian bảo quản quả bơ Booth7 sau thu hoạch lên đến 32 ngày trong điều kiện bảo quản lạnh ( $8\pm 1^\circ\text{C}$ ) và độ ẩm tương đối không khí ( $90\pm 5\%$ ).

Ngoài ra, xử lý AVG và 1-MCP đã làm chậm quá trình mềm của thịt và vỏ quả, hạn chế tổn thất khối lượng, tăng đáng kể tổng hàm lượng chất rắn hòa tan (Bx), hàm lượng acid của quả trong quá trình bảo quản. Dựa vào kết quả nghiên cứu hiện tại, cần nghiên cứu sâu hơn về tác động của AVG và 1-MCP đến trái cây sau thu hoạch ở các điều kiện thu hoạch, xử lý và môi trường bảo quản thích hợp nhằm kéo dài thời gian bảo quản quả bơ.

**Lời cảm ơn:** Nhóm tác giả cũng xin cảm ơn Đại học Nông Lâm, Đại học Huế Việt Nam, đã hỗ trợ cung cấp các trang thiết bị thí nghiệm phục vụ cho nghiên cứu này. Học viên Trần Thị Kim Nhi được tài trợ bởi Chương trình học bổng đào tạo Thạc sĩ/Tiến sĩ của Vingroup Innovation Quỹ (VINIF) và Viện Dữ liệu lớn Vingroup (VINBIGDATA) với mã tương ứng VINIF.2022.ThS.064.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Z. Singh and A.S. Khan, "Physiology of plum fruit ripening", *Stewart Postharvest Rev.*, vol. 6, no. 2, pp. 1-10, 2010.
- [2] V. C. Russo, E. R. Daiuto, R. L. Vietes, and R. E. Smith, "Postharvest Parameters of the "Fuerte" Avocado When Refrigerated in Different Modified Atmospheres", *Journal of Food Processing and Preservation*, vol. 38, pp. 2006-2013, 2014.
- [3] D.O. Adams and S.F. Yang, "Ethylene biosynthesis; Identification of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid as an intermediate in the conversion of methionine to ethylene", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 76, pp. 170-174, 1979.

- [4] P. Promkaewl, S. Kondo, N. Pongprasert, C. Wongs-Aree1, A. Kaewsuksaeng, and V. Srilaong, "Application of AVG or 1-MCP-MBs on Postharvest Quality of Pummelo cv. "Tubtim Siam" (*Citrus maxima* Burm.)", *Food and Applied Bioscience Journal*, vol. 7, no. 3, pp. 55-71, 2019.
- [5] G. Capitani, M. Tschopp, A. C. Eliot, J. F. Kirsch, M. G. Grütter, "Structure of ACC synthase inactivated by the mechanism-based inhibitor 1-vinylglycine". *FEBS Letters*. vol. 579, no. 11, pp. 2458-2462, 2005.
- [6] N. V. Toan, L. V. Luan, T. T. Q. Anh, N. T. D. Huong, L. T. N. Anh, "Extending the shelf - life of postharvested avocado (Booth 7) by Aminoethoxyvinylglycine (AVG) combined with low temperature", *Vietnam Journal of Agricultural Sciences- VJAS*, vol. 11, no. 108, pp. 181-188, 2019.
- [7] M. Çetinbaş and F. Koyuncu, "Effects of Aminoethoxyvinylglycine on Harvest Time and Fruit Quality of 'Monroe' Peaches", *Journal of Agricultural Sciences*, vol. 17, pp. 177-189, 2011.
- [8] S. M. Blankenship and J. M. Dole, "1-Methylcyclopropene: a review", *Postharvest Biology and Technology*, vol. 28, no. 1, pp. 1-25, 2005.
- [9] J. Jeong and D. J. Huber, "Suppression of Avocado (*Persea americana* Mill.) Fruit Softening and Changes in Cell Wall Matrix Polysaccharides and Enzyme Activities: Differential Responses to 1-MCP and Delayed Ethylene treatment", *Journal of the American Society for Horticultural Science*. vol. 129, no. 5, pp. 752-759, 2004.
- [10] X. Feng, A. Apelbaum, E.C. Sisler, and R. Goren, "Control of ethylene responses in avocado fruit with 1-methylcyclopropene". *Postharvest Biology and Technology*, vol. 20, no. 2, pp. 143-150, 2000.
- [11] Y. T. Kim, S. T. T. Ha, I. Chun, and B. C. In, "Inhibition of ethylene binding and biosynthesis maintains fruit quality of 'formosa' plums during postharvest storage", *Horticultural Science and Technology*, vol. 39, no. 3, pp. 368-378, 2021.
- [12] H. Hayama, M. Tatsuki, and Y. Nakamura, "Combined treatment of aminoethoxyvinylglycine (AVG) and 1-methylcyclopropene (1-MCP) reduces melting-flesh peach fruit softening", *Postharvest Biology and Technology*, vol. 50, no. 2-3, pp. 228-230, 2008.
- [13] F. Sardabi, J. Mohtadinia, F. Shavakhi, and A. A. Jafari, "The effects of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) and Postassium Permanganate Coated Zeolite Nanoparticles on Shelf Life Extension and Quality Loss of Golden Delicious Apples", *Journal of Food Processing and Preservation*, vol. 38, no. 6, pp. 2176-2182, 2014.
- [14] V. Tavallali and M. M. Moghadam, "Postharvest application of AVG and 1-MCP enhance quality of 'Kinnow' mandarin during cold storage", *International Journal of Farming and Allied Sciences*, vol. 4, no. 6, pp. 526-535, 2015.
- [15] A. Rahman, M.A. Hossain, M.M. Begum, S.P. Banu, and M.S. Arfin, "Evaluating the Effects of 1-Methylcyclopropene Concentration and Immersion Duration on Ripening and Quality of Banana Fruit", *Journal of Postharvest Technology*, vol. 2, pp. 54-67, 2014.
- [16] T. V. Nguyen *et al.*, "Effects of near-harvest application of aminoethoxyvinylglycine (AVG) on banana fruits during Postharvest Storage", *Acta Horticulturae*, vol. 875, pp. 163-168, 2010.
- [17] V. Sigal-Escalada, "Interactions of AVG, MCP and heat treatment on apple fruit ripening and quality after harvest and cold storage", *Doctoral Dissertations. University of Kentucky. USA*. 448, 2006.
- [18] L. H. Hai and N. Sang, " Effects of Postharvest Treatment by Propionic Acid in Combination with Wax Coating on Quality of Purple Passion Fruit (*Passiflora edulis* Sims) ". *Vietnam J. Agri. Sci.*, vol. 19, no. 6, pp. 819 - 828, 2021.
- [19] V. Singh, S. K. Jawandha, P. P. S. Gill, and M. S. Gill, "Suppression of fruit softening and extension of shelf life of pear by putrescine application", *Scientia Horticulturae*. vol. 256, p. 108623, 2019.
- [20] G. Garmame and G. Kebede, "Effect of Packaging Materials on Post Harvest Quality of Avocado (*Persea Americana*) at Wolaita Sodo University in Ethiopia", *Journal of Natural Sciences Research*, vol. 12, no. 22, pp. 1-6, 2021.
- [21] M. C. N. Nunes, J. K. Brecht, A. M. Morais, and S. A. Sargent, "Physicochemical changes during strawberry development in the field compared with those that occur in harvested fruit during storage". *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 86, no. 2, pp. 180-190, 2006.
- [22] R.C. Tong, "The effect of aminoethoxyvinylglycine (AVG) and 1-methylcyclopropene (1-MCP) on banana ripening". *Department of Botany and Plant Biotechnology*. DigiSpace at the University of Johannesburg, 2010.
- [23] V. Y. Tokala, Z. Singh, and P. N. Kyaw, "Postharvest fruit quality of apple influenced by ethylene antagonist fumigation and ozonized cold storage". *Food Chemistry*, vol. 341, no. 2, p. 128293, 2020.
- [24] S. Benítez, I. Acherandio, F. Sepulcre, and M. Pujolá, "Aloe vera based edible coating improve the quality of minimally processed Hayward kiwifruit". *Postharvest Biology and Technology*, vol. 81, pp. 29-36, 2013.
- [25] M. E. C. Pereira, S.A. Sargent, C.A. Sims, D.J. Huber, J.H. Crane, and J.K. Brecht, "Ripening and sensory analysis of Guatemalan-West Indian hybrid avocado following ethylene pretreatment and/or exposure to gaseous or aqueous 1-methylcyclopropene", *Postharvest Biology and Technology*, vol. 92, pp. 121-127, 2014.
- [26] Y. R. Chen *et al.*, "Postharvest sodium nitroprusside treatment maintains storage quality of apple fruit by regulating sucrose metabolism", *Postharvest Biology and Technology*, vol. 154, pp. 115-120, 2019.
- [27] J. A. Osuna, G. Doyon, S. Garcia, R. Goenaga, and J.L.G. D. Isidro, "Effect of harvest date and ripening degree on quality and shelf life of Hass avocado in Mexico", *Fruits*, vol. 65, no. 6, pp. 367-375, 2010.
- [28] S. Butara and M. Cetinbas, "Pre-harvest application of retain aminoethoxyvinylglycine (AVG) influences pre-harvest drop and fruit quality of 'williams' pears. tarim bilimleri dergisi", *Journal of Agricultural Sciences*, vol. 23, no. 3, pp. 344-356, 2017.
- [29] Q. Dinh, N. V. Tiep, N. V. Thoa. *Preserving and processing fruits and vegetables*. Science and Technology Publishing House, Hanoi, 2008.
- [30] A. Kassim and T. S. Workneh, "Influence of postharvest treatments and storage conditions on the quality of Hass avocados", *Heliyon*, vol. 6, no. 6, p. e04234, 2020.
- [31] W. Wozniak, B. Radajewska, A. Reszelska-Sieciechowicz, and I. Dejewor, "Sugars and acid content influence organoleptic evaluation of fruits of six strawberry cultivars from controlled cultivation", *Acta Horticulturae*, vol. 439, no. 52, pp. 333-336, 1997.
- [32] M. S. Kurubaş and M. Erkan, "Impacts of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on postharvest quality of "Ankara" pears during long-term storage", *Turkish Journal of Agriculture And Forestry*, vol. 42, no. 2, pp. 88-96, 2018.
- [33] A.A. Kader, "Postharvest Technology of Horticultural Crops - An Overview from Farm to Fork. Ethiop", *Ethiopian Journal of Applied Science and Technology*, vol. 1, pp. 1-8, 2013.
- [34] R. Lufu, A. Ambaw, and U. L. Opara, "Water loss of fresh fruit: influencing pre-harvest harvest and postharvest factors. *Scientia Horticulturae*", vol. 272, no. 102, pp. 1-16, 2020.
- [35] J. Jeong, D.J. Huber, and S.A. Sargent, "Delay of avocado (*Persea americana*) fruit ripening by 1-methylcyclopropene and wax treatments", *Postharvest Biology and Technology*, vol. 28, no. 2, pp. 247-257, 2003.
- [36] F. Nourozi and M. Sayyari, "Enrichment of Aloe vera gel with basil seed mucilage preserve bioactive compounds and postharvest quality of apricot fruits", *Scientia Horticulturae*, vol. 262, pp. 1-7, 2020.
- [37] T.B.T. Nguyen, S. Ketsa, and W.G. van Doorn, "Relationship between browning and the activities of polyphenol oxidase and phenylalanine ammonia lyase in banana peel during low temperature storage", *Postharvest Biology and Technology*, vol. 30, no. 2, pp. 187-193, 2003.
- [38] V. D. Cin, F. M. Rizzini, A. Botton, and P. Tonutti, "The ethylene biosynthetic and signal transduction pathways are differently affected by 1-MCP in apple and peach fruit", *Postharvest Biology and Technology*, vol. 42, no. 2, pp. 125-133, 2006.
- [39] R. Yuan and D. H. Carbaugh, "Effects of NAA, AVG, and 1-MCP on ethylene biosynthesis preharvest fruit drop fruit maturity and quality of 'Golden Supreme' and 'Golden Delicious' apples", *Horticultural Science*, vol. 42, no. 1, pp. 101-105, 2007.
- [40] R. Asrey, C. Sasikala, and D. Singh, "Combinational impact of Debaryomyces hansenii bioagent and 1-MCP on shelf life and quality attributes of Kinnow mandarin", *HortFlora Research Spectrum*, vol. 1, no. 2, pp. 103-109, 2012.
- [41] X. Jia, W. Wang, Y. Du, W. Tong, Z. Wang, and H. Gul, "Optimal storage temperature and 1-MCP treatment combinations for different marketing times of Korla Xiang pears", *Journal of Integrative Agriculture*, vol. 17, no. 3, pp. 693-703, 2018.
- [42] A. E. Nia, S. Taghipour, and S. Siahmansour, "Pre-harvest application of chitosan and postharvest Aloe vera gel coating enhances quality of table grape (*Vitis vinifera* L. cv. "Yaghouti") during postharvest period, *Food Chemistry*, vol. 347, p. 129012, 2021.