



DOI: 10.22144/ctujos.2024.244

ẢNH HƯỞNG CỦA BAO BÌ ĐẾN TÍNH CHẤT HÓA LÝ, HOẠT CHẤT SINH HỌC VÀ KHẢ NĂNG CHỐNG ÔXY HÓA CỦA CÂY DƯỢC LIỆU XÁO TAM PHÂN (*Paramignya trimera*) TRONG QUÁ TRÌNH BẢO QUẢN

Nguyễn Văn Tặng^{1,2*}, Hồ Mỹ Linh¹ và Đỗ Thị Công Viên¹

¹Nhóm nghiên cứu, phát triển và giảng dạy Thực phẩm chức năng, Trường Đại học Nha Trang

²Khoa Công nghệ Thực phẩm, Trường Đại học Nha Trang

*Tác giả liên hệ (Corresponding author): tangnv@ntu.edu.vn

TÓM TẮT

Cây Xáo tam phân có tên khoa học là *Paramignya trimera* (Oliv.) Guillaum, là cây thuốc cổ truyền của Việt Nam được sử dụng trong hỗ trợ điều trị nhiều bệnh như ung thư gan, phổi, cổ tử cung. Nghiên cứu này đánh giá ảnh hưởng của 5 loại bao bì (PE, PA, PP, LDPE, HDPE) đến tính chất hóa lý, hoạt chất sinh học và hoạt tính chống ôxy hóa của cây được liệu Xáo tam phân tươi theo thời gian bảo quản ở điều kiện phòng. Kết quả nghiên cứu cho thấy bảo quản cây Xáo tam phân tươi bằng bao bì PA sau 4 ngày ở điều kiện phòng có cường độ hô hấp (CDHH) thấp (-9,86 mL O₂/kg/giờ) thấp, tỷ lệ hao hụt khối lượng (0,40%) và độ khác biệt màu sắc (8,27) thấp nhất, duy trì hàm lượng saponin tổng (130,51 mg EE/g mẫu khô), hàm lượng phenolic tổng (10,20 mg GAE/g mẫu khô) và hàm lượng flavonoid tổng (169,36 mg CE/g mẫu khô) cao nhất, đồng thời đạt hoạt tính chống ôxy hóa thông qua khả năng khử gốc tự do DPPH (4,18 mg TE/g mẫu khô), khả năng khử sắt (4,99 mg TE/g mẫu khô) và khả năng khử đồng (13,61 mg TE/g mẫu khô) mạnh nhất. Từ kết quả thu được, bao bì PA được đề xuất dùng để bảo quản cây Xáo tam phân tươi cho quá trình sử dụng và thực hiện các nghiên cứu tiếp theo.

Từ khóa: Bao bì, chống ôxy hóa, hoạt chất sinh học, *Paramignya trimera*, tính chất hóa lý, Xáo tam phân

ABSTRACT

The scientific name of Xáo tam phân plant is *Paramignya trimera* (Oliv.) Guillaum, a traditional Vietnamese medicinal plant that has been used in the treatment of many dangerous diseases such as liver, lung, and cervical cancer. This study evaluated the influence of 5 types of packaging materials (PE, PA, PP, LDPE, HDPE) on physicochemical properties, bioactive compounds and antioxidant activity of fresh medicinal plant Xáo tam phân during storage at room condition. The results showed that preservation of fresh Xáo tam phân plant by PA packaging for 4 days at room condition achieved low respiration rate of -9.86 mL O₂/kg/h, least weight loss of 0.40% and color difference of 8.27, maximum bioactive levels including total saponin content of 130.51 mg EE/g dry sample, total phenolic content of 10.20 mg GAE/g dry sample, and total flavonoid content of 169.36 mg CE/g dry sample, as well as greatest antioxidant activity comprising DPPH radical scavenging capacity of 4.18 mg TE/g dry sample, ferric reducing antioxidant power of 4.99 mg TE/g dry sample, and cupric reducing antioxidant capacity of 13.61 mg TE/g dry sample. Based on obtained results, PA packaging is proposed to preserve fresh Xáo tam phân plant for further utilization and investigation.

Keywords: Antioxidant activity, bioactive compounds, packaging, *Paramignya trimera*, physicochemical properties, Xáo tam phân

1. GIỚI THIỆU

Trong những năm gần đây, tỉ lệ mắc mới và tử vong vì ung thư ngày càng tăng ở Việt Nam và trên thế giới. Trong đó, ung thư gan là loại ung thư có tỉ lệ mắc mới cao nhất (15,4% tổng số ca ung thư) và tử vong (22,1% tổng số ca chết vì ung thư), tiếp theo là ung thư phổi (18%), ung thư dạ dày (13,1%), ung thư đại trực tràng (7,1%) và ung thư vú (5,3%) về tỉ lệ tử vong ở cả hai giới (Hà & Đô, 2019). Trước sự tăng nhanh của các căn bệnh ung thư, người tiêu dùng ngày càng quan tâm đến các sản phẩm hỗ trợ phòng chống ung thư có nguồn gốc tự nhiên.

Chất chống ôxy hóa là các chất có sẵn trong cơ thể với chức năng bảo vệ các tế bào trước sự tấn công của các gốc tự do (nguyên nhân chính làm tổn thương protein, acid nucleic, DNA) dẫn đến ung thư. Tuy nhiên, chế độ ăn uống và sinh hoạt thiếu khoa học dẫn đến sự suy giảm hàm lượng và hoạt tính của chất chống ôxy hóa nên nhu cầu bổ sung chất chống ôxy hóa càng tăng cao, đặc biệt là các chất chống ôxy hóa tự nhiên (Woerdenbag et al., 2012).

Xáo tam phân là dược liệu được biết đến trong dân gian với cái tên “thần dược”, có tác dụng phòng chống nhiều bệnh. Gần đây, các nghiên cứu chỉ ra rằng trong Xáo tam phân có chứa các hoạt chất sinh học hỗ trợ bảo vệ gan, phòng chống ung thư và một số bệnh lý khác (Cường và ctv., 2016; Khởi và ctv., 2013). Xáo tam phân chứa các hoạt chất sinh học (saponins, alkaloids, coumarins, steroids, flavonoids, phenolics) có tác dụng chống ôxy hóa, ngăn chặn sự hình thành các gốc tự do và do đó ngăn ngừa các bệnh do gốc tự do gây ra (Nguyen et al., 2017a; Nguyen et al., 2017b).

Sau khi thu hái, thành phần hoạt chất của Xáo tam phân sẽ biến đổi và giảm đi theo thời gian. Điều này làm giảm giá trị dược tính và kinh tế của nó. Có nhiều nguyên nhân dẫn đến các biến đổi và tổn thất sau thu hái. Trong đó phải kể đến các yếu tố như: cơ học (va đập, ma sát), vật lý (nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng, gió), sinh lý-sinh hóa (hô hấp, enzyme), vi sinh vật (vi khuẩn, nấm men, nấm mốc), và các yếu tố khác. Do đó, để giảm các tác động đối với Xáo tam phân sau thu hái thì cần có các biện pháp bảo quản, trong đó biện pháp sử dụng bao bì nhựa (plastic), bao bì sinh học tự nhiên hay tổng hợp để hạn chế các yếu tố tác động đến sản phẩm nhằm kéo dài thời hạn bảo quản sản phẩm là xu hướng ngày càng được quan tâm hiện nay (Wilson et al., 2019).

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đánh giá ảnh hưởng của 5 loại bao bì (PE, PA, PP, LDPE và

HDPE) đến tính chất hóa lý, hoạt chất sinh học và hoạt tính chống ôxy hóa của cây dược liệu Xáo tam phân tươi theo thời gian bảo quản ở điều kiện phòng để lựa chọn được loại bao bì phù hợp nhất cho bảo quản cây Xáo tam phân tươi bằng phương pháp bao gói khí quyển điều chỉnh (modified atmosphere packaging-MAP).

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu, hóa chất và thiết bị

2.1.1. Vật liệu

Cây Xáo tam phân (*Paramignya trimera*) được thu hoạch tại thôn Hòn Nghê, xã Vĩnh Ngọc, Thành phố Nha Trang, tỉnh Khánh Hòa (tọa độ 12.28, 109.17) vào ngày 27 tháng 2 năm 2022. Sau khi thu hoạch, cây được bảo quản trong thùng xốp và vận chuyển ngay đến phòng thí nghiệm thuộc Trung tâm Thí nghiệm thực hành, Trường Đại học Nha Trang để xử lý cho thí nghiệm.

2.1.2. Hóa chất và thiết bị

Hóa chất

Các hóa chất sử dụng trong nghiên cứu đạt chuẩn phân tích gồm: Folin-Ciocalteu, DPPH, TPTZ, neocuproine và vanillin (Sigma-Aldrich); methanol, AlCl₃, Na₂CO₃, NaOH, Na₂HPO₄, H₂SO₄ và HCl (Shanghai Lanji Technology Development Co., Ltd.); gallic acid, catechin, escin và trolox (Tokyo Chemical Industry Co., Ltd.).

Bao bì

Bao bì PE (polyethylene), PA (polyamide), PP (polypropylene), LDPE (low density polyethylene) được mua từ Công ty Cổ phần xuất nhập khẩu Nam Thái Sơn. Bao bì HDPE (high density polyethylene) được mua từ Công ty TNHH thương mại Quốc Tế Việt An. Bao bì đạt tiêu chuẩn vệ sinh an toàn thực phẩm theo QCVN 12-1:2011/BYT về an toàn vệ sinh đối với bao bì, dụng cụ bằng nhựa tổng hợp tiếp xúc trực tiếp với thực phẩm (Bộ Y Tế, 2011).

Thiết bị

Cân phân tích độ chính xác 0,0001 g, máy hàn mí túi, máy đo khí SKY2000-O3, máy nghiên khô kích thước bột ≤ 1,0 mm, tủ sấy Memmert, máy đo hoạt độ nước HYGROLAB, bệ ồn nhiệt, máy quang phổ kế (UV- VIS) Libra S50.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Chuẩn bị mẫu bảo quản

Cây Xáo tam phân được xử lý ngay khi đến phòng thí nghiệm. Dùng kéo chuyên dụng để cắt bỏ

các đầu gai nhọn để tránh đâm thủng bao bì trong quá trình bảo quản. Sau đó, cắt tách rời thân (cắt khúc dài 2-3 cm) và lá cây để dễ dàng cho việc cho vào bao bì. Thao tác nhanh và nhẹ nhàng để hạn chế quá trình ôxy hóa xảy ra.

Sau khi xử lý, 30 g mẫu được cân cho vào từng bao bì (PE, PA, PP, LDPE, HDPE), sau đó dùng máy hàn mí để hàn kín miếng bao bì. Mẫu đối chứng được thực hiện trong bình thủy tinh kín (DC). Tất cả các mẫu bảo quản có thiết kế gắn vòi dẫn khí được bọc kín đầu dẫn khí ra ngoài.

Mẫu sau khi bao gói được để nơi khô ráo, thoáng mát ở điều kiện phòng (nhiệt độ $29 \pm 3^\circ\text{C}$, độ ẩm không khí $79 \pm 3\%$). Không mở quạt, không mở đèn để tránh các tác động bên ngoài (gió, ánh sáng) trong quá trình bảo quản. Mẫu được lấy 2 ngày/một lần để tiến hành đánh giá, mỗi thí nghiệm lặp lại 3 lần.

2.2.2. Xác định cường độ hô hấp của mẫu

Các mẫu cây Xáo tam phân bảo quản trong từng loại bao bì và mẫu đối chứng được đo cường độ hô hấp ngay sau khi hàn mí kín bằng máy đo khí. Khí trong bao bì được đo bằng cách đưa đầu hút khí của máy vào vòi dẫn khí ra của bao bì, khí sau khi qua đầu dò đo được đi ra khỏi máy rồi tuần hoàn trở lại bao bì. Kết quả được hiển thị trên màn hình. Định kì 12 giờ đo cường độ hô hấp 1 lần trong 6 ngày.

Cường độ hô hấp (CDHH) được tính bằng hàm lượng O₂ tiêu thụ trên 1 đơn vị khối lượng trong 1 đơn vị thời gian theo công thức (1) (Fante et al., 2014):

$$\text{CDHH}_{O_2} = \frac{(\gamma_{O_2}^{t_i} - \gamma_{O_2}^{t_f}) \times V}{100 \times M \times (t_f - t_i)} \quad (1)$$

CDHH_{O_2} : Cường độ hô hấp (mL O₂/kg/giờ)

$\gamma_{O_2}^{t_i}$: Nồng độ O₂ tại thời điểm ban đầu (% V)

$\gamma_{O_2}^{t_f}$: Nồng độ O₂ tại thời điểm kết thúc (% V)

V: Thể tích tự do của bao bì (mL)

M: Khối lượng mẫu (kg)

t_f : Thời điểm kết thúc (giờ)

t_i : Thời điểm bắt đầu (giờ)

2.2.3. Xác định hao hụt khối lượng của mẫu

Bao bì được cân bằng cân phân tích và gắn số mã hóa. Mẫu (30 g) được cân cho vào từng bao bì đã gắn số mã hóa. Thời gian lấy mẫu là 2 ngày/1 lần và các mẫu được cân cùng thời điểm.

Hao hụt khối lượng của mẫu trong quá trình bảo quản được tính theo công thức (2) (Liu et al., 2020):

$$\text{HHKL} = \frac{m_1 - (m_2 - m_{bb})}{m_1} \times 100\% \quad (2)$$

HHKL: Hao hụt khối lượng (%)

m_1 : Khối lượng mẫu ban đầu (g)

m_2 : Khối lượng bao bì và mẫu tại thời điểm lấy mẫu (g)

m_{bb} : Khối lượng bao bì (g)

2.2.4. Xác định sự biến đổi màu sắc của mẫu

Màu sắc của mẫu trong quá trình bảo quản được xác định bằng máy đo màu trong hệ thống màu của phòng thí nghiệm CIELAB (Dev et al., 2011). Các thông số đo màu gồm L* (độ sáng/độ đậm nhạt), a* (cường độ màu xanh lá cây/màu đỏ), b* (cường độ màu xanh dương/màu vàng).

Sự khác biệt về màu sắc của mẫu được tính theo công thức (3):

$$\Delta E = \sqrt{(a^* - a_o)^2 + (b^* - b_o)^2 + (L^* - L_o)^2} \quad (3)$$

L_o, a_o, b_o : Các thông số màu của mẫu tươi.

Góc thay đổi của màu được tính theo công thức (4):

$$h^* = \tan^{-1} \left[\frac{b^*}{a^*} \right] \quad (4)$$

Cường độ màu được tính theo công thức (5):

$$C^* = \sqrt{(a^2 + b^2)} \quad (5)$$

Thiết bị đo màu CHROMA METER CR – 400 được khởi động. Tiếp theo, 0,2-0,5 g mẫu đã nghiên mịn được cân cho vào hộp nhựa đựng mẫu chuyên dụng sạch và khô. Sau đó, phần đầu dò của máy được đưa vào hộp đựng mẫu, bấm nút và kết quả được ghi nhận.

2.2.5. Trích ly hoạt chất trong mẫu

Mẫu (0,5 g) đã nghiên mịn được cân cho vào ống nghiệm có nắp dung tích 50 mL. Sau đó, 20 mL dung môi methanol 100% được cho vào ống, tiếp theo cho vào trong bể ủ nhiệt giữ trong thời gian 30 phút ở nhiệt độ 50°C. Tiếp theo, các ống được lấy ra khỏi bể và ngâm vào thau nước đá để làm lạnh nhanh đến nhiệt độ phòng nhằm ngưng quá trình trích ly. Sau đó, các ống được đem đi lọc qua giấy lọc Whatman số 1 để thu dịch chiết. Dịch chiết được chứa trong ống nghiệm dung tích là 50 mL, thêm dung môi tương ứng vào để định lượng về cùng một

thể tích 20 mL để dễ tính toán về sau, đây nắp kín. Dịch chiết được bảo quản ở -20°C để ổn định cho việc xác định hoạt chất sinh học (Nguyen et al., 2016b).

2.2.6. Phân tích hàm lượng các hoạt chất sinh học của mẫu

Phân tích hàm lượng saponin tổng số (TSC)

Dịch chiết (0,25 mL) được hút và trộn với 0,25 mL dung dịch vanillin 8% (w/v) trong methanol 100%. Sau đó, 2,5 mL dung dịch H₂SO₄ 72% (v/v) được thêm vào hỗn hợp. Hỗn hợp được ủ ở 70°C trong 10 phút và làm lạnh nhanh trong chậu nước đá đến nhiệt độ phòng. Độ hấp thụ của hỗn hợp được đo ở bước sóng 560 nm sử dụng máy quang phổ UV-Vis. Escin được sử dụng làm chất chuẩn. Hàm lượng saponin tổng số được biểu diễn tương đương với mg escin/g mẫu khô (mg EE/g mẫu khô) (Vuong et al., 2013).

Phân tích hàm lượng phenolic tổng số (TPC)

Dịch chiết (0,5 mL) được hút và trộn với 2,5 mL thuốc thử Folin-Ciocalteu 10% (v/v) trong nước cát, để ổn định trong 6 phút. Sau đó, 2 mL dung dịch Na₂CO₃ 7,5% (w/v) được thêm vào trong nước cát và ủ trong bóng tối ở nhiệt độ phòng trong 1 giờ. Độ hấp thụ của hỗn hợp được đo ở 765 nm sử dụng máy quang phổ UV-Vis. Acid gallic được sử dụng làm chất chuẩn. Hàm lượng phenolics tổng số được biểu diễn tương đương với mg acid gallic/g mẫu khô (mg GAE/g mẫu khô) (Singleton et al., 1999).

Phân tích hàm lượng flavonoid tổng số (TFC)

Dịch chiết (0,5 mL) được trộn với 2 mL nước cát và 0,15 mL dung dịch NaNO₂ 5% (w/v) trong nước cát và ủ trong bóng tối ở nhiệt độ phòng trong 6 phút. Sau đó, 0,15 mL AlCl₃ 10% (w/v) được cho vào trong nước cát và ủ thêm 6 phút nữa ở nhiệt độ phòng. Cuối cùng, 2 mL dung dịch NaOH 4% (w/v) được thêm vào trong nước cát và 0,7 mL nước cát và ủ trong 15 phút. Độ hấp thụ của hỗn hợp được đo ở bước sóng 510 nm sử dụng máy quang phổ UV-Vis. Catechin được sử dụng làm chất chuẩn. Hàm lượng flavonoids tổng số được biểu diễn tương đương với mg rutin/g mẫu khô (mg CE/g mẫu khô) (Vuong et al., 2013).

2.2.7. Phân tích khả năng chống ôxy hóa của mẫu

Khả năng khử gốc tự do DPPH (DRSC)

Dung dịch gốc 0,024% (w/v) DPPH (2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazil) được chuẩn bị bằng cách pha trong methanol 100% và bảo quản ở -20°C. Trước khi phản ứng, dung dịch phản ứng được chuẩn bị bằng cách pha loãng 1 mL dung dịch gốc 0,024% DPPH với 4,5 mL methanol 100% để đạt được độ hấp thụ là 1,1 ± 0,02 ở 515 nm. Sau đó, 0,15 mL dịch chiết được trộn với 2,85 mL dung dịch phản ứng vừa pha xong và ủ trong bóng tối ở nhiệt độ phòng trong 3 giờ. Độ hấp thụ của hỗn hợp được đo ở bước sóng 515 nm bằng máy quang phổ UV-Vis. Trolox được sử dụng làm chất chuẩn. Kết quả được biểu diễn tương đương mg trolox/gram mẫu khô (mg TE/g mẫu khô) (Vuong et al., 2013).

Khả năng khử sắt (FRAP)

Ba chất thử phản ứng gồm chất thử A: 300 mM dung dịch đệm acetate trong nước cát, pH 3,6, chất thử B: 10 mM TPTZ (2,4,6-dung dịch tripyridyl-triazine) trong HCl 40 mM, chất thử C: 20 mM dung dịch FeCl₃.6H₂O trong nước cát. Chất thử phản ứng FRAP được chuẩn bị ngay trước mỗi thí nghiệm bằng cách trộn 3 chất thử A, B và C theo tỷ lệ 10:1:1. Tiếp đó, 0,15 mL dịch chiết được trộn với 2,85 mL dung dịch chất thử FRAP và ủ trong bóng tối ở nhiệt độ phòng trong 30 phút. Độ hấp thụ của hỗn hợp được đo ở bước sóng 593 nm sử dụng máy quang phổ UV-Vis. Kết quả được biểu diễn tương đương mg trolox (TE)/g mẫu khô (Vuong et al., 2013).

Khả năng khử đồng (CUPRAC)

Dung dịch CuCl₂ 10 mM (1,0 mL) được trộn trong nước cát với 1,0 mL dung dịch NH₄Ac 7,7% (w/v) trong nước cát và 1,0 mL dung dịch neocuproine 7,5 mM trong ethanol 100%. Sau đó, hỗn hợp trên được thêm vào 1,1 mL dịch chiết và ủ trong bóng tối ở nhiệt độ phòng trong 1,5 giờ. Độ hấp thụ của hỗn hợp được đo ở 450 nm bằng máy quang phổ UV-Vis. Trolox được sử dụng làm chất chuẩn và kết quả được biểu diễn tương đương mg trolox/gram mẫu tươi (mg TE/g mẫu khô) (Vuong et al., 2013).

2.3. Xử lý số liệu

Tất cả thử nghiệm được lặp lại 3 lần. Kết quả được phân tích bằng phần mềm SPSS phiên bản 22.0 và được thể hiện là trung bình ± độ lệch chuẩn. So sánh thống kê được thực hiện bằng phân tích phương sai một chiều (one-way ANOVA) và kiểm định Duncan. Giá trị p<0,05 chỉ ra có sự khác nhau có ý nghĩa thống kê giữa các thí nghiệm.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

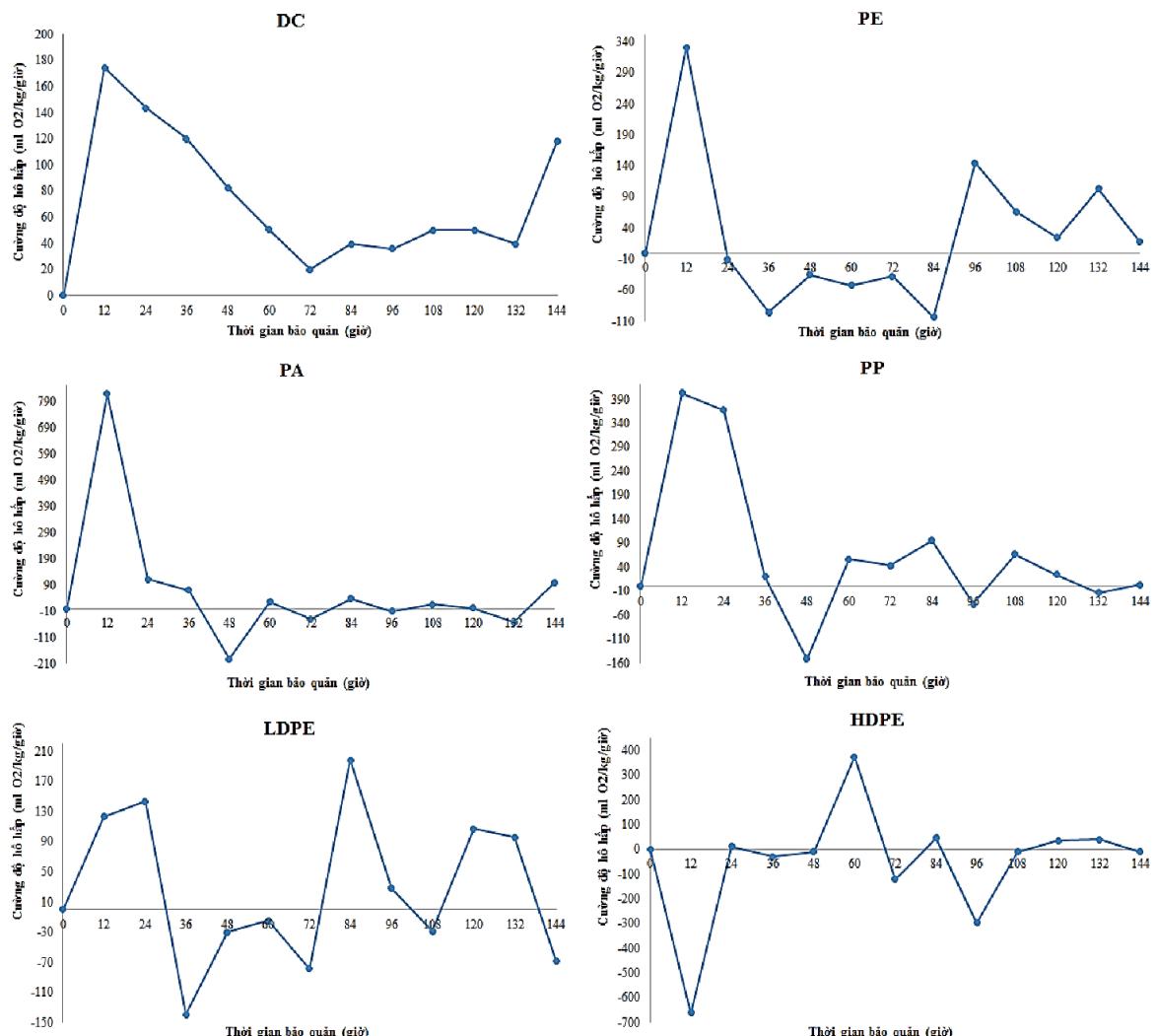
3.1. Ảnh hưởng của bao bì đến cường độ hô hấp, hao hụt khối lượng và màu sắc của cây Xáo tam phân trong quá trình bảo quản

Điều kiện bảo quản ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình hô hấp của các cơ quan thực vật (thân, lá). Mức độ hô hấp được xác định thông qua cường độ hô hấp (CDHH, mL O₂/kg/giờ). CDHH của Xáo tam phân không bảo quản trong bao bì và bảo quản trong bao bì khác nhau ở điều kiện phòng được trình bày trên Hình 1. Kết quả cho thấy, trong 12 giờ đầu mẫu Xáo tam phân đối chứng (DC) hô hấp mạnh (CDHH đạt 175 mL O₂/kg/giờ), mẫu bảo quản bằng bao bì LDPE và PE cũng hô hấp mạnh (CDHH đạt 123-330 mL O₂/kg/giờ), trong khi mẫu bảo quản bằng bao bì PP và PA hô hấp rất mạnh (CDHH đạt 413-819 mL O₂/kg/giờ). Đặc biệt, mẫu bảo quản trong bao bì HDPE không hô hấp. Trong các giờ tiếp theo, mẫu DC hô hấp yếu dần từ 12 đến 72 giờ (CDHH chỉ còn 20 mL O₂/kg/giờ) và sau đó tương đối ổn định, còn mẫu bảo quản bằng bao bì PP và PA hô hấp giảm nhanh từ 12 đến 36 giờ (CDHH còn 20-71 mL O₂/kg/giờ) và sau đó ổn định, trong khi mẫu bảo quản trong bao bì PE và LDPE hô hấp giảm nhanh từ 12 đến 26 giờ nhưng và sau đó không ổn định, còn mẫu bảo quản trong bao bì HDPE hô hấp rất yếu từ 12 đến 24 giờ và sau đó cũng không ổn định. Kết quả này có thể được giải thích là trong 12 giờ đầu, cây sau khi thu hoạch các hoạt động sống vẫn diễn ra mạnh, các chất dinh dưỡng được tích lũy trong cây còn nhiều, lúc này cây chưa chịu nhiều tác động bởi các yếu tố môi trường và thành phần các khí trong bao bì cũng chưa có sự biến đổi đáng kể nên quá trình hô hấp và chuyên hóa trong cây vẫn diễn ra. Ở giai đoạn tiếp theo, hô hấp của mẫu DC giảm dần cho thấy hoạt động sống của cây giảm dần, nguồn chất dinh dưỡng cạn dần nên quá trình hô hấp và chuyên hóa diễn ra với tốc độ chậm dần, đặc biệt sau 132 giờ thì hô hấp lại tăng vọt lên, điều này có thể do cộng hợp của hệ vi sinh vật hiếu khí phát triển trong mẫu DC, qua quan sát thấy mốc phát triển ở một số điểm trên mẫu. Ở giai đoạn này, hô hấp của cây trong các loại bao bì được chia thành 2 nhóm là hô hấp ổn định (PA, PP) và không ổn định (PE, LDPE, HDPE). Trong đó, nhóm hô hấp ổn định cho thấy khả năng chống thâm khí và ngăn cản các yếu tố tác động của môi trường lên cây tốt hơn, các biến đổi sinh hóa diễn ra với tốc độ chậm hơn so với nhóm hô hấp không ổn định (Zeman & Kubík, 2007). Tuy nhiên, mẫu bảo quản trong bao bì PP hô hấp mạnh hơn và kém ổn định hơn bao bì PA. Như vậy, bao bì PA thể hiện được ưu điểm nổi bật trong

việc bảo quản cây Xáo tam phân so với các bao bì còn lại. Bao bì PA ổn định được hô hấp của mẫu bảo quản sau 36 giờ và hoạt động hô hấp diễn ra không đáng kể cho đến 144 giờ bảo quản.

Fante et al. (2014) nghiên cứu bảo quản táo bằng 3 loại bao bì khí quyển điều chỉnh (PP, LDPE và HDPE) cho thấy bao bì HDPE có CDHH mạnh nhất sau 135 ngày bảo quản lạnh ở -0,5°C, tiếp theo là bao bì LDPE và PP, nhưng sau 225 ngày thì bao bì PP lại có CDHH mạnh nhất, sau đó là HDPE và LDPE. Mauryaa et al. (2019) nghiên cứu bảo quản ót bằng bao bì LDPE cho thấy, CDHH được kiểm soát từ 53,27 mL CO₂/kg/giờ ở ngày đầu tiên xuống 29,45 mL CO₂/kg/giờ sau 20 ngày bảo quản và phương pháp xử lý bằng acid gibberellic kết hợp với bảo quản bằng bao bì đã kéo dài được thời gian bảo quản ót tới 30 ngày và CDHH được kiểm soát đáng kể (từ 53,73 mL CO₂/kg/giờ ở ngày đầu tiên còn 20,35 mL CO₂/kg/giờ ở ngày thứ 30). Nghiên cứu của Torales et al. (2020) cũng cho thấy khả năng kiểm soát hô hấp của lá rocket bằng các bao bì khác nhau và điều kiện bảo quản khác nhau. Mẫu lá bảo quản trong bao bì PE ở điều kiện không khí bình thường đạt trạng thái cân bằng ở ngày thứ 3, hoạt động hô hấp diễn ra đáng kể, còn mẫu bảo quản bằng MAP (3 kPa O₂ + 20 kPa CO₂) với bao bì PP đạt trạng thái cân bằng và CDHH giảm đáng kể sau 5 ngày bảo quản, tuy nhiên hô hấp của mẫu bảo quản bằng MAP (5 kPa O₂ + 5 kPa CO₂) không đáng kể cho đến ngày thứ 15.

Hình 2 thể hiện ảnh hưởng của bao bì đến hao hụt khối lượng (HHKL) của cây Xáo tam phân trong quá trình bảo quản. Ở ngày bảo quản thứ 2, mẫu không bao gói (DC) và mẫu bao gói bằng bao bì HDPE có HHKL lớn (16,22% và 2,13%), trong khi các bao bì còn lại có HHKL rất thấp. Điều này cho thấy khả năng bảo vệ cây Xáo tam phân của bao bì HDPE dưới tác động của môi trường kém, các biến đổi sinh hóa vẫn diễn ra nên làm cho cây bị HHKL lớn. Đến ngày thứ 6 thì HHKL của mẫu DC (tới 35%) và mẫu bảo quản trong các bao bì còn lại tăng nhanh (cao hơn 1%). Tuy nhiên, mẫu bảo quản bằng bao bì PA và PP có HHKL dưới 1% (0,73% và 0,93%). Từ đó cho thấy mẫu Xáo tam phân bảo quản bằng bao bì PA và PP hạn chế được các tác động của môi trường xung quanh, các biến đổi sinh hóa diễn ra chậm nên HHKL thấp. Tuy nhiên, tỷ lệ HHKL của mẫu Xáo tam phân bảo quản bằng bao bì PP cao hơn so với bao bì PA 1,27 lần, do vậy sự khác biệt giữa việc bảo quản Xáo tam phân bằng 2 loại bao bì này rất rõ.

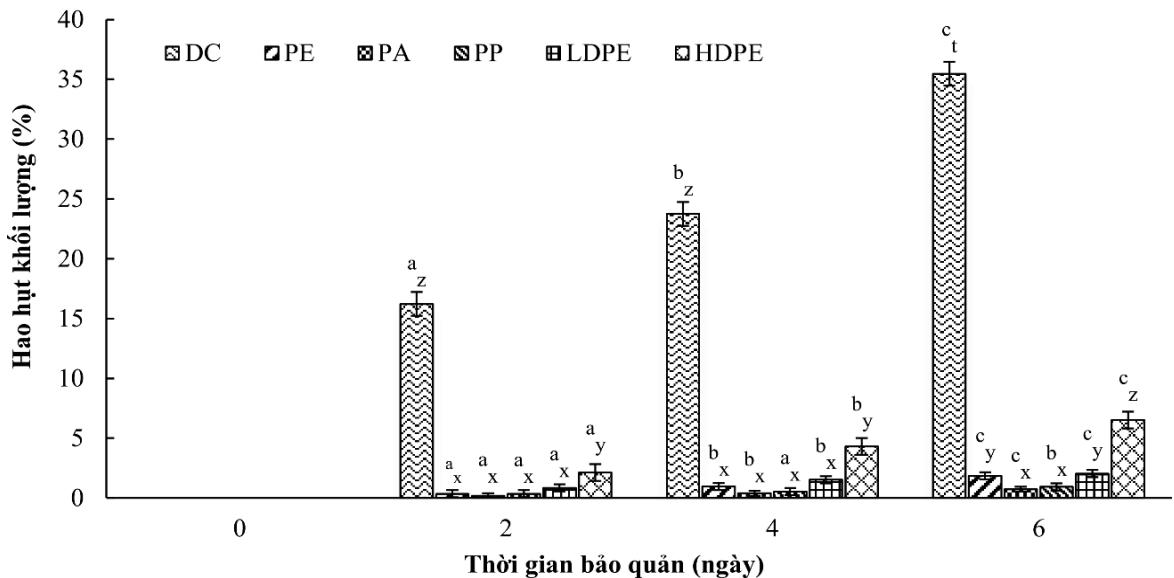


Hình 1. Ảnh hưởng của bao bì đến cường độ hô hấp của cây Xáo tam phân trong quá trình bảo quản

Ghi chú: DC: mẫu đối chứng.

Brackmann et al. (2013) báo cáo bảo quản quả hồng bằng phương pháp MAP (1,0% O₂ và 0,0% CO₂) cho thấy HHKL mẫu bảo quản rất thấp. Tương tự, báo cáo của Ochoa-Velasco and Guerrero-Beltrán (2014) cũng cho thấy HHKL của quả lê bảo quản ở 4 và 10°C bằng phương pháp MAP không đáng kể, trong khi quả lê không bảo quản HHKL rất lớn (26% khối lượng ở 10°C). Nghiên cứu bảo quản quả mâm xôi bằng phương pháp MAP của Giuggioli et al. (2015) cho thấy HHKL từ 0,0 đến 0,2%, trong khi nghiên cứu phương pháp bảo quản quả bắp ngọt bằng bao bì điều chỉnh khí quyển thụ động cho thấy HHKL của bắp là dưới 10% (Liu et al., 2020). Aldena et al. (2019) nghiên cứu bảo quản súp lơ bằng MAP cho thấy bảo quản súp lơ không điều

chỉnh khí quyển đến ngày thứ 20 thì HHKL ở bao bì PE là 6,14% và bao bì PP là 3,85%. Tuy nhiên, bảo quản quả nho đỏ bằng phương pháp MAP trong nghiên cứu của Liguori et al. (2015) cho thấy HHKL đáng kể (8-14%). Mauryaa et al. (2019) nghiên cứu bảo quản ót chuông xanh bằng bao bì LDPE ở điều kiện bình thường, HHKL qua 10 ngày bảo quản đã tăng lên đến 10,39%, đến ngày thứ 20 thì HHKL tăng lên 15,67%. Từ đó cho thấy HHKL của mẫu bảo quản không chỉ phụ thuộc vào đặc tính sinh hóa của mẫu bảo quản mà còn phụ thuộc vào điều kiện và vật liệu bao gói. Kết quả nghiên cứu cho thấy, bảo quản cây Xáo tam phân bằng bao bì PA có HHKL ít hơn so với bảo quản bằng các bao bì PE, PP, LDPE và HDPE.



Hình 2. Ảnh hưởng của bao bì đến hao hụt khối lượng của cây Xáo tam phân trong quá trình bảo quản

Ghi chú: DC: mẫu đối chứng. Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột (*a, b, c, d*) biểu diễn sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các giá trị trung bình theo thời gian bảo quản của cùng một loại bao bì và trong cùng một nhóm cột (*x, y, z, t*) của các loại bao bì khác nhau trong cùng một thời gian bảo quản ở mức ý nghĩa 5% ($p < 0,05$).

Màu sắc của cây được tạo từ các sắc tố và tiền chất tạo màu có trong chất bao phủ nhựa tế bào như lục lạp và các tế bào sắc tố (Singh, 2007). Sự thay đổi màu sắc liên quan đến quá trình hóa nâu bởi enzyme (enzyme polyphenol oxidase) dưới tác động của ôxy (Li et al., 2014). Bao bì plastic có độ thẩm khí ôxy thấp giúp ức chế hoạt động của enzyme polyphenol oxidase, từ đó sẽ hạn chế được sự khác biệt màu sắc qua các ngày bảo quản (Li et al., 2012). Các thông số màu sắc đo được của cây Xáo tam phân tươi qua các ngày bảo quản bằng các bao bì khác nhau được biểu diễn ở Bảng 1.

Độ sáng/đậm nhạt (L^*): Sự thay đổi cường độ màu xanh và màu vàng làm thay đổi độ sáng/đậm nhạt màu của mẫu qua các ngày bảo quản. Độ sáng/đậm nhạt của mẫu cây Xáo tam phân bảo quản trong các bao bì cũng có sự khác biệt. Mẫu không bao gói (DC) qua các ngày bảo quản càng nhạt màu dần (từ 36,45 tăng lên 59,11), độ nhạt màu tăng do các biến đổi sinh hóa và sự hô hấp diễn ra dần đến các tế bào diệp lục bị phá vỡ kèm theo đó các sắc tố màu cũng biến đổi theo. Các mẫu cây Xáo tam phân bảo quản bằng các loại bao bì qua các ngày bảo quản có sự thay đổi nhẹ về độ nhạt màu. Ở ngày thứ 6, mẫu bảo quản bằng bao bì PP có sự thay đổi độ nhạt màu ít nhất (38,45), ngược lại mẫu bảo quản bằng bao bì HDPE có sự thay đổi độ nhạt màu nhiều nhất (45,31). Torales et al. (2020) báo cáo L^* của lá cây

rocket bảo quản bằng bao bì PP với MAP thụ động thay đổi đáng kể qua 15 ngày bảo quản (từ 45,4 lên 49,4).

Cường độ màu xanh lá cây/màu đỏ (a^*): Khi a^* càng âm thì thể hiện màu càng xanh, mẫu cây Xáo tam phân được bảo quản cả thân và lá nên có màu xanh lá cây. Ở mẫu đối chứng (DC), cường độ màu xanh giảm dần (a^* tăng) qua thời gian bảo quản, đến ngày bảo quản thứ 2 thì mẫu cường độ màu xanh giảm hơn một nửa so với ban đầu, đến ngày thứ 4 thì cường độ màu xanh giảm rất ít nhưng ngày thứ 6 lại giảm đáng kể ($p < 0,05$). Tuy nhiên, mẫu cây Xáo tam phân bảo quản bằng bao bì LDPE có sự thay đổi về cường độ màu xanh ít nhất, ở ngày thứ 2 cường độ màu tăng lên (a^* giảm từ -11,73 xuống -13,52), các ngày sau đó cường độ màu xanh ổn định không có sự thay đổi lớn (từ -11,76 đến -11,46). Mẫu bảo quản bằng bao bì HDPE cũng có cường độ mà tăng lên ở ngày thứ 2 nhưng lại giảm liên tục ở các ngày tiếp theo, đến ngày thứ 6 cường độ màu xanh nằm ở mức -6,74. Còn các mẫu bảo quản bằng bao bì PE, PA và PP cường độ màu xanh giảm liên tục từ ngày thứ 2 đến ngày thứ 6 (-4,01, -4,56 và -7,65 tương ứng cho bao bì PE, PA và PP). Hiện tượng màu xanh giảm này có thể lý giải do hiện tượng thất thoát chất diệp lục và các sắc tố, trong quá trình bảo quản sự hô hấp và các biến đổi sinh hóa chỉ bị ức chế chứ không ngừng hẳn, các hoạt động vẫn diễn ra kèm theo tính chất thâm khít khác nhau của bao bì sẽ làm

thay cường độ hô hấp và tốc độ phản ứng sinh hóa, do đó làm rối loạn hoạt động dẫn đến phá vỡ tế bào diệp lục và biến tính các sắc tố màu có trong cây Xáo tam phân (Singh, 2007). Pinto et al. (2020) báo cáo bảo quản trái cây ở điều kiện lạnh cho thấy sự khác biệt a* ở quả mâm xôi từ 31,6 giảm xuống vào khoảng 26,4-28,1 sau ngày thứ 15 bảo quản.

Cường độ màu xanh dương/màu vàng (b*): Khi b* càng dương thì thể hiện cường độ màu vàng càng lớn. Khi các chất diệp lục được giải phóng sẽ chuyển sang hợp chất pheophytin, chất này có màu xanh sẫm, nâu (Singh, 2007). Vì vậy, cường độ màu vàng cũng sẽ thay đổi theo cường độ màu xanh trong quá trình bảo quản.

Bảng 1. Ảnh hưởng của bao bì đến màu sắc của cây Xáo tam phân trong quá trình bảo quản

Thời gian bao quản (ngày)	L*					
	ĐC	PE	PA	PP	LDPE	HDPE
0	36,45 ± 1,01 ^a _x	36,45 ± 1,01 ^a _x	36,45 ± 1,01 ^a _x	36,45 ± 1,01 ^a _x	36,45 ± 1,01 ^a _x	36,45 ± 1,01 ^a _x
2	50,36 ± 3,93 ^b _x	44,80 ± 4,62 ^b _{xyz}	40,56 ± 2,36 ^{ab} _z	43,75 ± 4,30 ^b _{yz}	42,32 ± 2,16 ^{bc} _{yz}	48,36 ± 1,02 ^b _{xy}
4	50,20 ± 8,21 ^b _x	43,62 ± 1,73 ^b _x	43,52 ± 2,09 ^b _x	42,52 ± 3,88 ^{ab} _x	44,92 ± 0,87 ^c _x	46,75 ± 1,26 ^b _x
6	59,11 ± 3,93 ^b _x	42,56 ± 0,44 ^b _{yz}	43,45 ± 3,85 ^b _{yz}	38,45 ± 2,79 ^{ab} _z	41,36 ± 2,05 ^b _{yz}	45,31 ± 2,69 ^b _y
Thời gian bao quản (ngày)	a*					
	ĐC	PE	PA	PP	LDPE	HDPE
0	-11,73 ± 0,37 ^a _x	-11,73 ± 0,37 ^a _x	-11,73 ± 0,37 ^a _x	-11,73 ± 0,37 ^a _x	-11,73 ± 0,37 ^a _x	-11,73 ± 0,37 ^a _x
2	-6,63 ± 0,46 ^b _x	-10,43 ± 0,29 ^a _y	-10,40 ± 0,42 ^a _y	-10,30 ± 0,59 ^b _y	-13,52 ± 0,45 ^a _z	-12,83 ± 0,48 ^a _z
4	-6,17 ± 0,50 ^b _x	-7,91 ± 1,70 ^b _y	-7,63 ± 1,01 ^b _{xy}	-8,43 ± 0,44 ^c _y	-11,76 ± 0,54 ^b _z	-9,10 ± 0,57 ^b _y
6	-4,17 ± 0,17 ^c _x	-4,01 ± 0,35 ^c _x	-4,56 ± 1,67 ^c _x	-7,65 ± 1,21 ^c _y	-11,46 ± 0,77 ^b _z	-6,74 ± 0,89 ^c _y
Thời gian bao quản (ngày)	b*					
	ĐC	PE	PA	PP	LDPE	HDPE
0	30,67 ± 0,83 ^a _x	30,67 ± 0,83 ^a _x	30,67 ± 0,83 ^a _x	30,67 ± 0,83 ^a _x	30,67 ± 0,83 ^a _x	30,67 ± 0,83 ^a _x
2	26,60 ± 0,73 ^b _x	31,71 ± 1,65 ^a _y	30,81 ± 1,75 ^a _y	31,28 ± 0,67 ^a _y	30,67 ± 1,98 ^a _y	31,90 ± 0,85 ^a _y
4	25,61 ± 1,84 ^b _x	30,35 ± 2,09 ^{ab} _y	31,57 ± 1,19 ^a _y	30,87 ± 1,53 ^a _y	30,47 ± 0,25 ^a _y	29,76 ± 1,66 ^a _y
6	22,40 ± 0,48 ^c _x	28,64 ± 0,18 ^b _{yz}	30,18 ± 2,06 ^a _{yz}	27,84 ± 1,84 ^b _y	29,67 ± 0,81 ^a _{yz}	30,65 ± 0,92 ^a _z
Thời gian bao quản (ngày)	ΔE					
	ĐC	PE	PA	PP	LDPE	HDPE
0	-	-	-	-	-	-
2	15,39 ± 3,84 ^b _x	8,63 ± 4,62 ^b _{yz}	4,55 ± 2,28 ^{ab} _z	7,59 ± 4,04 ^a _{yz}	6,36 ± 2,17 ^{ab} _{yz}	12,06 ± 0,89 ^a _{xy}
4	15,93 ± 7,67 ^b _x	8,33 ± 2,29 ^c _y	8,27 ± 2,42 ^{bc} _y	7,20 ± 3,37 ^a _y	8,48 ± 0,86 ^c _y	10,80 ± 0,86 ^a _{xy}
6	25,34 ± 3,40 ^c _x	10,05 ± 0,50 ^c _y	10,58 ± 2,25 ^c _y	6,07 ± 0,62 ^a _z	5,07 ± 2,19 ^a _z	10,22 ± 2,66 ^a _y

Thời gian bảo quản (ngày)	h*					
	ĐC	PE	PA	PP	LDPE	HDPE
0	-1,21 ± 0,15 ^a _x	-1,21 ± 0,02 ^a _x	-1,21 ± 0,15 ^a _x	-1,21 ± 0,15 ^a _x	-1,21 ± 0,15 ^a _x	-1,21 ± 0,15 ^a _x
2	-1,33 ± 0,01 ^b _x	-1,25 ± 0,02 ^{ab} _y	-1,25 ± 0,01 ^a _y	-1,25 ± 0,02 ^b _y	-1,16 ± 0,02 ^a _t	-1,19 ± 0,01 ^a _z
4	-1,33 ± 0,04 ^b _x	-1,31 ± 0,07 ^b _x	-1,33 ± 0,04 ^b _x	-1,30 ± 0,01 ^c _x	-1,20 ± 0,02 ^b _y	-1,27 ± 0,01 ^b _x
6	-1,39 ± 0,01 ^c _{xy}	-1,43 ± 1 0,02 ^c _x	-1,42 ± 0,05 ^c _x	-1,30 ± 0,04 ^c _z	-1,20 ± 0,02 ^b _t	-1,35 ± 0,03 ^c _{yz}
Thời gian bảo quản (ngày)	C*					
	ĐC	PE	PA	PP	LDPE	HDPE
0	32,84 ± 0,81 ^a _x	32,84 ± 0,81 ^a _x	32,84 ± 0,81 ^a _x	32,84 ± 0,81 ^a _x	32,84 ± 0,81 ^a _x	32,84 ± 0,81 ^a _x
2	27,41 ± 0,78 ^b _x	33,39 ± 1,50 ^a _y	33,15 ± 1,29 ^a _y	32,93 ± 0,72 ^a _y	33,52 ± 1,96 ^a _y	34,38 ± 0,97 ^a _y
4	26,35 ± 1,83 ^b _x	31,41 ± 1,68 ^a _y	32,49 ± 0,95 ^a _y	32,00 ± 1,59 ^a _y	32,67 ± 0,37 ^a _y	31,12 ± 1,75 ^b _y
6	22,78 ± 0,50 ^c _x	28,93 ± 0,13 ^b _y	30,54 ± 2,16 ^a _{yz}	28,89 ± 1,76 ^b _y	31,81 ± 0,89 ^a _z	31,39 ± 1,00 ^b _z

Ghi chú: ĐC: mẫu đối chứng, L*: độ đậm nhạt, a*: cường độ màu xanh lá cây/màu đỏ, b*: cường độ màu vàng/màu xanh dương, ΔE: sự khác biệt về màu sắc, h*: góc thay đổi màu, C*: cường độ màu. Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột (a, b, c, d) biểu diễn sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các giá trị trung bình theo thời gian bảo quản của cùng một loại bao bì và trong cùng một hàng (x, y, z, t) của các loại bao bì khác nhau trong cùng một thời gian bảo quản ở mức ý nghĩa 5% ($p < 0,05$).

Cường độ màu vàng của mẫu đối chứng (ĐC) giảm qua 6 ngày bảo quản từ 30,67 ở ngày ban đầu xuống 22,40 ở ngày thứ 6. Khác với mẫu ĐC, cường độ màu vàng của các mẫu cây Xáo tam phân bảo quản bằng các loại bao bì đều tăng ở ngày bảo quản thứ 2 (ngoại trừ bao bì LDPE), sau đó giảm nhung tốc độ giảm cường độ màu vàng không đáng kể qua các ngày bảo quản. Riêng mẫu bảo quản bằng bao bì PE và PP đến ngày thứ 6 thì cường độ màu vàng giảm mạnh, cường độ màu vàng của mẫu bảo quản bằng 2 loại bao bì này ở ngày thứ 6 thấp hơn so với các mẫu bảo quản bằng các bao bì còn lại. Pinto et al. (2020) báo cáo bảo quản trái cây ở điều kiện lạnh cho thấy sự khác biệt b* ở quả mâm xôi từ 17,0 giảm xuống 12,1-13,9 sau 15 ngày bảo quản.

Sự khác biệt về màu sắc (ΔE): Sự thay đổi cường độ của a*, b*, L* được thể hiện tổng thể sự khác biệt màu sắc qua thông số ΔE , C* và h*. Mẫu không bao gói (ĐC) bảo quản ở ngày thứ 6 cho thấy sự khác biệt về màu sắc rất lớn (ΔE : 25,34, h*: -1,39, C*: 22,78). Paniagua et al. (2013) báo cáo sự khác biệt về màu sắc không chỉ do các phản ứng sinh hóa mà còn do mất nước quá nhiều, mẫu ĐC là mẫu thuộc trường hợp này, trong thời gian bảo quản mẫu ĐC không có bao bì hạn chế các tác động của môi trường

xung quanh, việc mất nước xảy ra nhanh chóng qua HHKL của mẫu. Mặc dù, mẫu ĐC bảo quản ở ngày thứ 4 và ngày thứ 2 gần như không có sự khác biệt về cường độ màu (C*) và góc của màu (h*). Mẫu bảo quản bằng bao bì có sự khác biệt về màu sắc ít hơn nhiều so với mẫu ĐC. Mẫu bảo quản bằng bao bì HDPE ở ngày thứ 2 có sự khác biệt về màu sắc rất lớn (ΔE : 12,06, h*: -1,19, C*: 34,38), sự khác biệt này lớn hơn sự khác biệt của các bao bì khác ở ngày thứ 6. Nhưng ở ngày thứ 6, mẫu bảo quản bằng bao bì LDPE cho thấy sự khác biệt về màu sắc ít nhất (ΔE : 5,07, h*: -1,20, C*: 31,81).

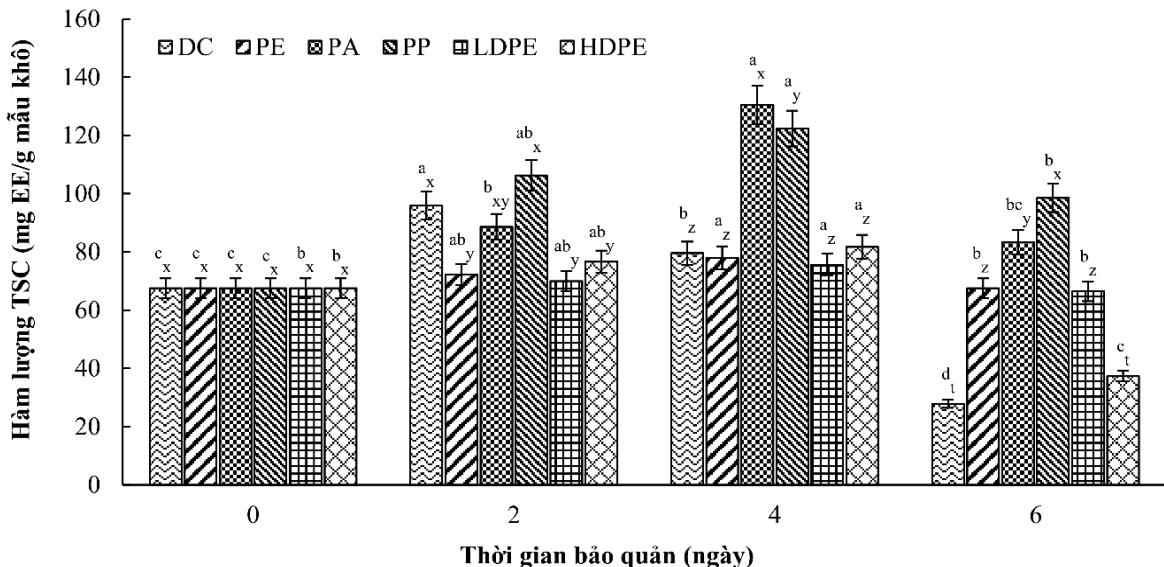
Sự khác biệt màu sắc thể hiện sự khác nhau về tính chất của các loại bao bì. Đồng thời, bao bì cũng thể hiện tính chất của nó có ảnh hưởng đến màu sắc của cây Xáo tam phân trong thời gian bảo quản. Torales et al. (2020) báo cáo góc của màu (h*) của lá cây rocket bảo quản bằng bao bì PP với MAP thu đông có sự thay đổi nhẹ từ 127,3 xuống 125,1 sau 15 ngày bảo quản. Pinto et al. (2020) báo cáo bảo quản quả mâm xôi ở điều kiện lạnh (-5°C) cho thấy sự thay đổi màu sắc đáng kể, sự thay đổi góc màu (h*) từ 28,1 xuống 24,3 sau 15 ngày bảo quản. Aldena et al. (2019) báo cáo về sự khác biệt màu sắc (ΔE) của súp lơ bảo quản bằng bao bì PP không

MAP sau 20 ngày bảo quản là 2,998 và bảo quản với MAP sau 25 ngày là 3,139. Tuy nhiên, bảo quản súp lơ bằng bao bì PE không MAP có sự thay đổi ΔE là 2,776, còn với MAP lại kéo dài đến 30 ngày với ΔE là 1,959. Kết quả nghiên cứu cho thấy loại bao bì có ảnh hưởng đáng kể đến CĐHH, HHKL và sự khác biệt về màu sắc của cây Xáo tam phân trong quá trình bảo quản ở điều kiện phòng, trong đó bao bì PA thể hiện được ưu điểm nổi trội hơn so với các bao bì PE, PP, LDPE và HDPE.

3.2. Ảnh hưởng của bao bì đến hoạt chất sinh học của cây Xáo tam phân trong quá trình bảo quản

Hàm lượng các hoạt chất TSC, TPC và TFC của mẫu cây Xáo tam phân bảo quản bằng các loại bao bì khác nhau ở điều kiện phòng được trình bày trên Hình 3-5. TSC trong mẫu ban đầu (DC) là 67,56 mg EE/g mẫu khô. Tuy nhiên, TSC ở tất cả các mẫu qua ngày bảo quản thứ 2 đều tăng, mẫu DC tăng lên đến 95,94 mg EE/g mẫu khô, cao hơn đáng kể so với mẫu bảo quản bằng bao bì PE, LDPE và HDPE nhưng không khác biệt so với bao bì PA, đặc biệt TSC của mẫu bảo quản bằng bao bì PP tăng đến 106,26 mg EE/g mẫu khô. Đến ngày thứ 4 thì TSC của mẫu DC

giảm xuống 79,55 mg EE/g mẫu khô, còn các mẫu bảo quản trong các loại bao bì tiếp tục tăng, trong đó TSC của mẫu bảo quản bằng bao bì PA và PP tăng đáng kể (tương ứng là 130,51 và 122,35 mg EE/g mẫu khô) so với mẫu DC và mẫu bảo quản trong các bao bì PE, LDPE và HDPE ($p < 0.05$), mặc dù TSC của các mẫu bảo quản bằng bao bì PE, LDPE và HDPE tăng nhẹ so với ngày bảo quản thứ 2. Đến ngày bảo quản thứ 6, TSC của các mẫu bảo quản trong các bao bì khác nhau đều giảm đáng kể, đặc biệt mẫu DC và mẫu bảo quản trong bao bì HDPE (chỉ còn 27,84 và 37,36 mg EE/g mẫu khô). Kết quả này cho thấy TSC liên quan đến CĐHH của cây Xáo tam phân khi bảo quản bằng các bao bì khác nhau (CĐHH của mẫu bảo quản trong bao bì PP và PA ổn định hơn trong bao bì PE, LDPE, HDPE trong 4 ngày đầu). TSC của cây Xáo tam phân (thân và lá) xác định trong nghiên cứu này thấp hơn TSC của rễ (241,86-268,53 mg EE/g mẫu khô) và của lá (702,10 mg EE/g mẫu khô) cây Xáo tam phân trong các nghiên cứu trước đây (Nguyen et al., 2015; Nguyen et al., 2017). Kết quả nghiên cứu này cho thấy, loại bao bì bảo quản cây Xáo tam phân có ảnh hưởng đáng kể đến khả năng lưu giữ TSC trong quá trình bảo quản.



Hình 3. Ảnh hưởng của bao bì đến hàm lượng TSC của cây Xáo tam phân trong quá trình bảo quản

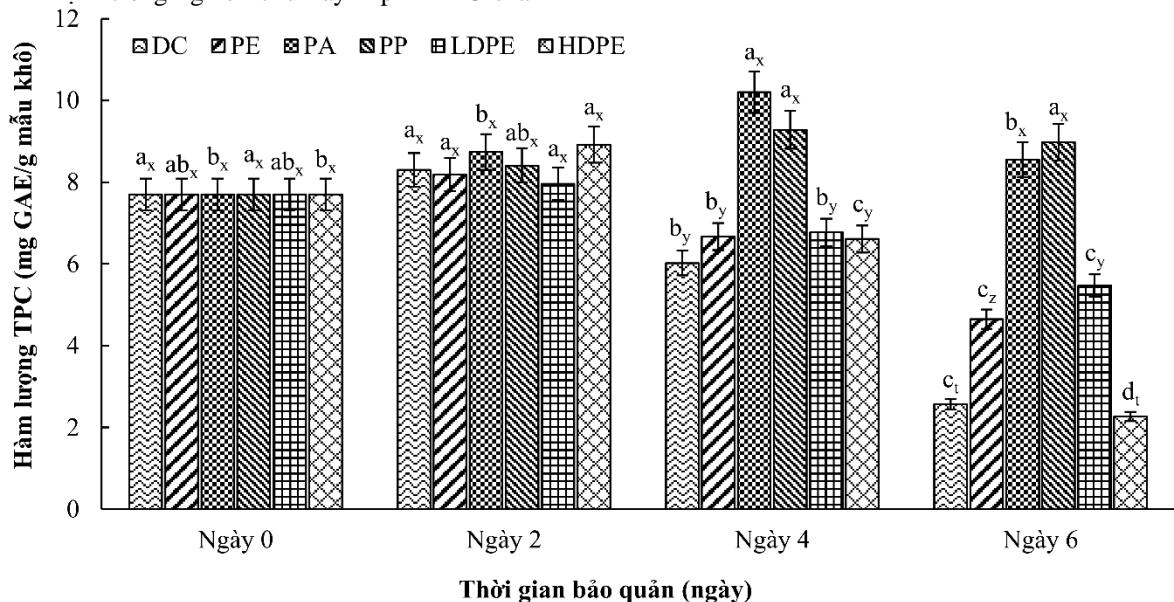
Ghi chú: DC: mẫu đối chứng, CE: tương đương escin. Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột (a, b, c, d) biểu diễn sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các giá trị trung bình theo thời gian bảo quản của cùng một loại bao bì và trong cùng một nhóm cột (x, y, z, t) của các loại bao bì khác nhau trong cùng một thời gian bảo quản ở mức ý nghĩa 5% ($p < 0,05$).

TPC của cây Xáo tam phân cũng thay đổi đáng kể qua quá trình bảo quản bằng các bao bì khác nhau. TPC trong mẫu DC là 7,70 mg GAE/g mẫu khô và không tăng lên đáng kể ở tất cả các mẫu trong

ngày bảo quản thứ 2 (TPC từ 7,96 đến 8,49 mg GAE/g mẫu khô). Tuy nhiên, sau 4 ngày bảo quản, TPC của mẫu DC và các mẫu bảo quản trong bao bì PE, LDPE và HDPE giảm đáng kể, ngoại trừ mẫu

bảo quản trong bao bì PA và PP tăng lên đáng kể (tương ứng là 10,20 và 9,28 mg GAE/g mẫu khô). Đến ngày thứ 6 thì TPC của mẫu DC và mẫu bảo quản trong các bao bì khác nhau đều giảm đáng kể, ngoại trừ mẫu bảo quản trong bao bì PP nhưng TPC không khác biệt đáng kể so với bao bì PA. Kết quả này cho thấy TPC liên quan đến CĐHH của cây Xáo tam phân khi bảo quản bằng các bao bì khác nhau (CĐHH của mẫu bảo quản trong bao bì PP và PA ổn định hơn trong bao bì PE, LDPE, HDPE trong 4 ngày đầu). TPC của cây Xáo tam phân (thân và lá) xác định trong nghiên cứu này xấp xỉ TPC của rẽ

(10,45-11,27 mg GAE/g mẫu khô) nhưng thấp hơn của lá (25,40 mg GAE/g mẫu khô) cây Xáo tam phân trong các nghiên cứu trước đây (Nguyen et al., 2015; Nguyen et al., 2017). Tomás-Callejas et al. (2011) báo cáo rằng TPC trong lá cây chùm ngây đồ bảo quản bằng MAP giàu khí O₂, He, N₂ sau 6 ngày ở 5°C tăng lên đến 61-93% so với ban đầu (0,61 mg GAE/g mẫu tươi). Nghiên cứu của Martínez-Hernández et al. (2013) chỉ ra rằng bông cài xanh bảo quản bằng MAP giàu khí O₂ tối đa 19 ngày ở 5°C duy trì TPC ở mức 1,42 mg GAE/g mẫu tươi.



Hình 4. Ảnh hưởng của bao bì đến hàm lượng TPC của cây Xáo tam phân trong quá trình bảo quản

Ghi chú: DC: mẫu đối chứng, GAE: tương đương gallic acid. Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột (a, b, c, d) biểu diễn sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các giá trị trung bình theo thời gian bảo quản của cùng một loại bao bì và trong cùng một nhóm cột (x, y, z, t) của các loại bao bì khác nhau trong cùng một thời gian bảo quản ở mức ý nghĩa 5% ($p < 0,05$).

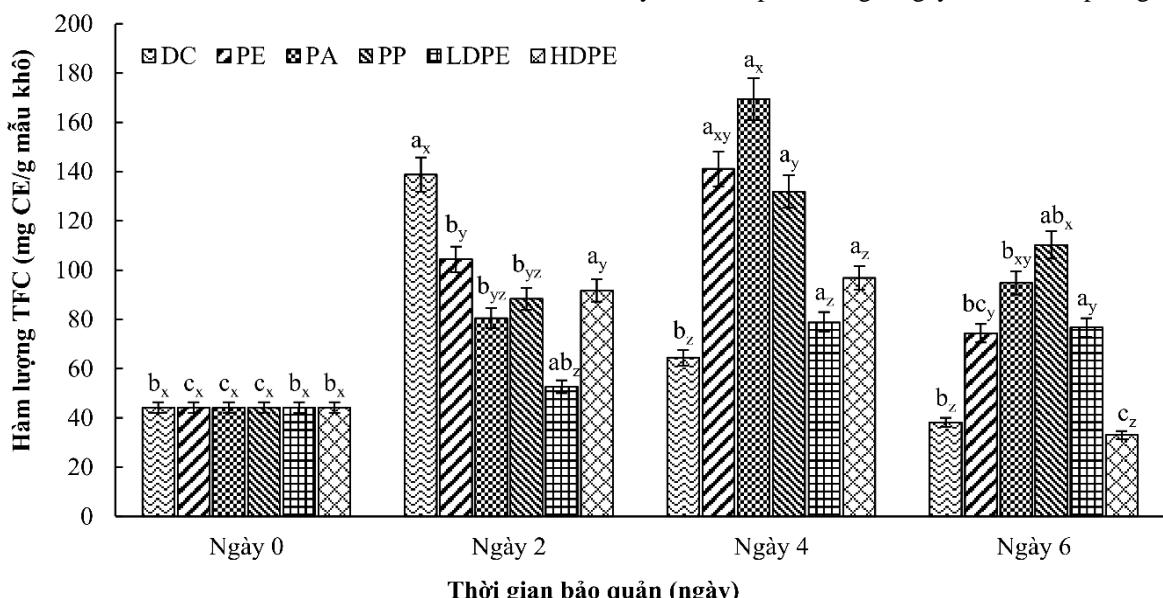
Martinez-Sanchez et al. (2006) cũng báo cáo rằng TPC của lá rocket bảo quản bằng CA (nồng độ O₂ thấp, CO₂ cao) đạt 1,48 mg GAE/1 g mẫu tươi sau 14 ngày ở 4°C. Tuy nhiên, nghiên cứu của Li et al. (2014) cho thấy bảo quản lê cắt lát trong 12 ngày ở 4°C bằng bao bì PP, mẫu bao gói nồng độ khí O₂ cao (80%) làm giảm TPC chậm hơn mẫu bao gói nồng độ khí O₂ thấp (51%, 32%).

TFC của mẫu cây Xáo tam phân cũng bị ảnh hưởng đáng kể bởi các loại bao bì khác nhau trong quá trình bảo quản ở điều kiện phòng. Mẫu DC có TFC là 44,23 mg CE/g mẫu khô. Ở ngày bảo quản thứ 2, TFC của mẫu DC (138,76 mg CE/g mẫu khô) và mẫu bảo quản trong các bao bì PE, PA, PP và HDPE tăng lên đáng kể (tương ứng là 104,40; 80,53; 88,36 và 91,76 mg CE/g mẫu khô), còn mẫu bảo

quản bằng bao bì LDPE có TFC tăng nhẹ (58,28 mg CE/g mẫu khô). Đến ngày thứ 4 thì hàm lượng TFC ở mẫu bảo quản bằng các bao bì tiếp tục tăng lên, riêng mẫu DC hàm lượng TFC giảm mạnh còn 64,46 mg CE/g mẫu khô. Mẫu bảo quản bằng bao bì PA có TFC tăng lên mạnh, tiếp đó là bao bì PE và PP (tương ứng đạt 169,36; 141,11 và 131,94 mg CE/g mẫu khô), trong khi TFC của mẫu bảo quản bằng bao bì LDPE cũng tăng tương đối mạnh (79,09 mg CE/g mẫu khô), bao bì HDPE tăng nhẹ (96,86 mg CE/g mẫu khô), ngược lại TFC của mẫu DC giảm đáng kể (còn 64,46 mg CE/g mẫu khô). Sau 6 ngày bảo quản, TFC của mẫu DC và mẫu bảo quản trong các bao bì PE, PA, PP và HDPE giảm mạnh, còn mẫu bảo quản trong bao bì LDPE giảm nhẹ. Đặc biệt, TFC của mẫu bảo quản bằng bao bì PP và PA

vẫn giữ được ở mức cao (94,94 và 110,25 mg CE/g mẫu khô). Kết quả này cho thấy TFC cũng liên quan đến CĐHH của cây Xáo tam phân khi bảo quản bằng các bao bì khác nhau (CĐHH của mẫu bảo quản trong bao bì PP và PA ổn định hơn trong bao bì PE, LDPE, HDPE trong 4 ngày đầu). TFC của cây Xáo tam phân tìm được trong các nghiên cứu trước đây ở rễ (16,20-19,88 mg RE/g mẫu khô) và lá (86,30 mg RE/g mẫu khô) (Nguyen et al., 2015; Nguyen et al., 2017). Martinez-Sanchez et al. (2006) báo cáo rằng TFC của lá rocket bảo quản bằng CA (nồng độ O₂ thấp, CO₂ cao) đạt 1,46 mg/g mẫu tươi sau 14 ngày ở 4°C. TFC của ót chuông bảo quản bằng bao bì LDPE ở nhiệt độ 8°C giảm liên tục qua 10 ngày bảo quản (Mauryaa et al., 2019).

Hàm lượng các hoạt chất sinh học giảm đi ở ngày thứ 6 có thể giải thích là do lúc này các biến đổi sinh hóa đã diễn ra mạnh, các chất dinh dưỡng cạn kiệt và nước tự do trong sản phẩm thoát ra nhiều, tạo điều kiện thuận lợi để hệ vi sinh vật phát triển mạnh, dẫn đến hiện tượng hư hỏng và tổn thất các hoạt chất. Kết quả nghiên cứu cho thấy loại bao bì bảo quản và thời gian bảo quản có ảnh hưởng đáng kể đến hàm lượng các hoạt chất TSC, TPC và TFC của cây Xáo tam phân. Bao bì PA và PP có khả năng chống thâm khí tốt hơn so với các bao bì còn lại, dẫn đến các biến đổi sinh hóa trong quá trình bảo quản cây Xáo tam phân bằng bao bì PA và PP diễn ra chậm hơn nên các hoạt chất TSC, TPF và TFC được lưu giữ tốt hơn. Từ các kết quả thu được có thể rút ra kết luận là bao bì PA phù hợp nhất cho bảo quản cây Xáo tam phân trong 4 ngày ở điều kiện phòng.



Hình 5. Ảnh hưởng của bao bì đến hàm lượng TFC của cây Xáo tam phân trong quá trình bảo quản

Ghi chú: DC: mẫu đối chứng. CE: tương đương catechin. Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột (*a*, *b*, *c*, *d*) biểu diễn sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các giá trị trung bình theo thời gian bảo quản của cùng một loại bao bì và trong cùng một nhóm cột (*x*, *y*, *z*, *t*) của các loại bao bì khác nhau trong cùng một thời gian bảo quản ở mức ý nghĩa 5% (*p* < 0,05).

3.3. Ảnh hưởng của bao bì đến hoạt tính chống ôxy hóa của cây Xáo tam phân trong quá trình bảo quản

Khả năng khử gốc tự do DPPH (DRSC), khử sắt (FRAP) và khử đồng (CUPRAC) của mẫu cây Xáo tam phân đối chứng (DC) và mẫu bảo quản trong các bao bì khác nhau ở điều kiện phòng được biểu diễn trên Bảng 2, Bảng 3 và Bảng 4. Trong ngày đầu, tất cả các mẫu cây Xáo tam phân DC và bảo quản với các bao bì khác nhau đều có DRSC như

nau (4,74 mg TE/g mẫu khô). Sang ngày thứ 2, DRSC của tất cả các mẫu đều giảm, DRSC của mẫu bảo quản trong bao bì PA được duy trì ở mức cao nhất (4,30 mg TE/g mẫu khô), sau đó là mẫu bảo quản trong bao bì PP và LDPE (tương ứng 3,92 và 3,70 mg TE/g mẫu khô), còn mẫu DC có DRSC thấp nhất (2,47 mg TE/g mẫu khô). Từ ngày thứ 4 đến ngày thứ 6, DRSC tiếp tục giảm, DRSC của mẫu bảo quản trong bao bì PA còn lại cao nhất (giảm từ 4,18 xuống 3,97 mg TE/g mẫu khô), tiếp theo là mẫu bảo quản trong bao bì PE (giảm từ 3,19 xuống 2,77 mg

TE/g mẫu khô). Đặc biệt, DRSC của mẫu bảo quản trong bao bì PP và DC giảm đáng kể so với các bao bì còn lại (chỉ còn 1,84 và 1,50 mg TE/g mẫu khô ở ngày thứ 6).

Tương tự như DRSC, FRAP và CUPRAC của mẫu cây Xáo tam phân đối chứng (DC) và mẫu bảo quản trong các bao bì khác nhau ở điều kiện phòng cũng có xu hướng giảm dần theo thời gian bảo quản. Trong đó, FRAP và CUPRAC của mẫu DC giảm mạnh nhất (từ 6,29 xuống 1,44 mg TE/g mẫu khô đối với FRAP và từ 15,13 xuống 5,20 mg TE/g mẫu khô đối với CUPRAC), sau đó là bao bì PP và HPDE (FRAP giảm từ 6,29 xuống 1,43-2,09 mg TE/g mẫu khô và CUPRAC giảm từ 15,13 xuống 6,71-7,67 mg TE/g mẫu khô). Ngược lại, mẫu bảo quản trong bao bì PA, PE và LDPE đạt được FRAP và CUPRAC cao nhất (FRAP từ 3,23 đến 3,88 mg TE/g mẫu khô và CUPRAC từ 10,92 đến 12,66 mg TE/g mẫu khô). Mẫu DC có DRSC, FRAP và CUPRAC giảm mạnh theo thời gian vì quá trình hô hấp của mẫu không bị ức chế nên hoạt động hô hấp diễn ra mạnh trong thời gian đầu. Sau đó, lượng hơi nước thoát ra môi trường ngày càng tăng dần đến quá trình hô hấp sẽ giảm dần và cuối cùng là sẽ bị đình trệ và dừng hẳn.

Bảng 2. Ảnh hưởng của bao bì đến khả năng khử gốc tự do DPPH của cây Xáo tam phân trong quá trình bảo quản

Bao bì	Khả năng khử gốc tự do DPPH (mg TE/g mẫu khô) theo thời gian bảo quản (ngày)			
	0	2	4	6
DC	4,74±0,29 ^a _A	2,47±0,14 ^b _A	2,00±0,16 ^c _A	1,50±0,01 ^d _A
PE	4,74±0,29 ^a _A	3,38±0,25 ^b _{AB}	3,19±0,46 ^b _B	2,77±0,37 ^c _B
PA	4,74±0,29 ^a _A	4,30±0,32 ^b _C	4,18±0,26 ^b _C	3,97±0,59 ^b _C
PP	4,74±0,29 ^a _A	3,92±0,42 ^b _{BC}	2,88±0,53 ^c _B	1,53±0,06 ^d _A
LDPE	4,74±0,29 ^a _A	3,70±0,20 ^b _{AB}	2,70±0,20 ^c _B	1,84±0,08 ^d _A
HDPE	4,74±0,29 ^a _A	3,01±0,10 ^b _{BC}	2,77±0,22 ^b _B	2,64±0,16 ^b _B

Ghi chú: DC: mẫu đối chứng, TE: tương đương trolox. Các chữ cái khác nhau trong cùng một hàng (a, b, c, d) biểu diễn sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các giá trị trung bình theo thời gian bảo quản của cùng một loại bao bì và trong cùng một cột (A, B, C, D) của các loại bao bì khác nhau trong cùng một thời gian bảo quản ở mức ý nghĩa 5% ($p < 0,05$).

Bảng 3. Ảnh hưởng của bao bì đến khả năng khử sắt của cây Xáo tam phân trong quá trình bảo quản

Bao bì	Khả năng khử sắt (mg TE/g mẫu khô) theo thời gian bảo quản (ngày)			
	0	2	4	6
DC	6,29±0,70 ^a _A	3,78±0,14 ^b _A	2,27±0,20 ^c _A	1,44±0,06 ^d _A
PE	6,29±0,70 ^a _A	4,20±0,22 ^b _{AB}	3,62±0,22 ^b _B	3,23±0,25 ^c _C
PA	6,29±0,70 ^a _A	5,36±0,32 ^b _C	4,99±0,49 ^c _C	3,88±0,26 ^d _D
PP	6,29±0,70 ^a _A	4,78±0,09 ^b _{BC}	3,45±0,80 ^c _B	1,43±0,27 ^d _A
LDPE	6,29±0,70 ^a _A	4,36±0,68 ^b _{AB}	3,90±0,36 ^b _B	3,39±0,27 ^b _C
HDPE	6,29±0,70 ^a _A	4,88±0,38 ^b _{BC}	3,94±0,65 ^b _B	2,09±0,08 ^c _B

Ghi chú: DC: mẫu đối chứng, TE: tương đương trolox. Các chữ cái khác nhau trong cùng một hàng (a, b, c, d) biểu diễn sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các giá trị trung bình theo thời gian bảo quản của cùng một loại bao bì và trong cùng một cột (A, B, C, D) của các loại bao bì khác nhau trong cùng một thời gian bảo quản ở mức ý nghĩa 5% ($p < 0,05$).

Bảng 4. Ảnh hưởng của bao bì đến khả năng khử đồng của cây Xáo tam phân trong quá trình bảo quản

Bao bì	Khả năng khử đồng (mg TE/g mẫu khô) theo thời gian bảo quản (ngày)				
	0	2	4	6	
ĐC	15,13±0,57 ^a _A	11,94±0,73 ^b _A	7,60±0,45 ^c _A	5,20±1,43 ^d _A	
PE	15,13±0,57 ^a _A	12,97±1,11 ^b _B	12,63±0,98 ^b _{BC}	12,36±0,15 ^b _C	
PA	15,13±0,57 ^a _A	14,14±1,77 ^b _B	13,61±0,25 ^b _C	12,66±1,81 ^c _C	
PP	15,13±0,57 ^a _A	12,62±0,57 ^b _B	11,98±1,10 ^b _B	7,67±0,42 ^c _B	
LDPE	15,13±0,57 ^a _A	11,01±0,85 ^b _A	11,32±0,91 ^b _B	10,92±0,97 ^b _C	
HDPE	15,13±0,57 ^a _A	12,70±0,71 ^b _B	11,50±0,51 ^c _B	6,71±0,39 ^d _{AB}	

Ghi chú: ĐC: mẫu đối chứng, TE: lượng đường trolox. Các chữ cái khác nhau trong cùng một hàng (*a, b, c, d*) biểu diễn sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các giá trị trung bình theo thời gian bảo quản của cùng một loại bao bì và trong cùng một cột (*A, B, C, D*) của các loại bao bì khác nhau trong cùng một thời gian bảo quản ở mức ý nghĩa 5% (*p < 0,05*).

Kết quả nghiên cứu này đã chứng minh rằng, bao bì PA có khả năng bảo quản mẫu cây Xáo tam phân đạt hoạt tính chống ôxy hóa cao nhất nên phù hợp cho bảo quản cây Xáo tam phân trong 4 ngày ở điều kiện phòng

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đánh giá ảnh hưởng của 5 loại bao bì khác nhau (PE, PA, PP, LDPE và HDPE) đối với khả năng bảo quản cây Xáo tam phân ở điều kiện phòng và cho thấy, các tính chất hóa lý (CDHH, HHKL và màu sắc), hoạt chất sinh học (saponins, phenolic và flanonooids) và hoạt tính chống ôxy hóa (DRSC, FRAP và CUPRAC) cây Xáo tam phân bị ảnh hưởng đáng kể bởi bao bì bảo quản. Trong số 5

loại bao bì thử nghiệm, bao bì PA thể hiện được khả năng bảo quản vượt trội so với 4 loại bao bì còn lại về tính chất hóa lý, khả năng lưu giữ hoạt chất sinh học và hoạt tính chống ôxy hóa tốt nhất. Vì vậy, chúng tôi đề xuất sử dụng bao bì PA cho bảo quản cây Xáo tam phân ở điều kiện phòng trong 4 ngày và bảo quản lạnh để kéo dài thời hạn sử dụng cây Xáo tam phân trong các nghiên cứu tiếp theo.

LỜI CẢM TẠ

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo thông qua đề tài khoa học và công nghệ cấp Bộ thực hiện từ năm 2022 “Nghiên cứu và ứng dụng công nghệ tiên tiến trong sấy và bảo quản một số cây được liệu tiềm năng vùng Nam Trung Bộ và Tây Nguyên”, mã số CT2022.08.TSN.07.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Adiletta, G., Petriccione, M., & Di Matteo, M. (2022). Effects of passive modified atmosphere packaging on physico-chemical traits and antioxidant systems of ‘Dottato’ fresh fig. *Horticulturae*, 8(709), 1-13. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8080709>
- Aldena, K. M., Omida, M., Rajabipoura, A., Tajeddinb, B., & Firouza, M. S. (2019). Quality and shelf-life prediction of cauliflower under modified atmosphere packaging by using artificial neural networks and image processing. *Computers and Electronics in Agriculture* 163(2019). <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.104861>
- Bộ Y Tế. (2011). Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn vệ sinh đối với bao bì, dụng cụ bằng nhựa tông hợp tiếp xúc trực tiếp với thực phẩm (QCVN 12-1:2011/BYT). http://www.fsi.org.vn/pic/files/qcvn-12-1_2011-byt-bao-bi-tp-bang-nhua-tong-hop.pdf
- Brackmann, A., Thewes, F. R., Anese, R. O., Ceconi, D. L., & Junior, W. L. (2013). Active modified atmosphere and 1-methylcyclopropene during shelf life on ‘Fuyu’ persimmon. *Bioscience Journal*, 29, 1912-1919.
- Cường, N. M., Hường, T. T., Khanh, P. N., Hà, V. T., Cúc, N. T. & Thảo, D. T. (2016). Đánh giá tác dụng bảo vệ gan của rễ cây xáo tam phân (*Paramignya trimera*) trên chuột gây tổn thương gan bằng paracetamol. *Tạp chí Khoa học và Công Nghệ*, 1(54), 37-45. <https://doi.org/10.15625/0866-708X/54/1/5666>
- Dev, S. R. S., Geetha, P., Orsat, V., Gariépy, Y., & Raghavan, G. S. V. (2011). Effects of microwave-assisted hot air drying and conventional hot air drying on the drying kinetics, color, rehydration, and volatiles of *Moringa oleifera*. *Drying Technology*, 29(12), 1452-1458. <https://doi.org/10.1080/07373937.2011.587926>
- Dhineshkumar, V., Ramasamy, D., & Pugazhenthi, T. (2017). Influence of packaging material on quality characteristics of minimally processed *Bhagwa Pomegranate* arils during storage. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(6), 1042-1046.

- Fante, C. A., Boas, A. C. V., Paiva, V. A., Pires, C. R. F., & Lima, L. C. D. O. (2014). Modified atmosphere efficiency in the quality maintenance of Eva apples. *Food Science and Technology*, 34, 309-314. <https://doi.org/10.1590/fst.2014.0044>
- Giuggioli, N. R., Girgenti, V., Baudino, C., & Peano, C. (2015). Influence of modified atmosphere packaging storage on postharvest quality and aroma compounds of strawberry fruits in a short distribution chain. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39, 3154–3164. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12390>
- Hà, N. T., & Đô, N. T. (2019). Thực trạng ung thư ở Việt Nam: Sự tương quan với các nước Đông Nam Á. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Duy Tân*, 1(32), 3-9.
- Khởi, N. M., Hằng, P. T. T., & Phượng, D. T. (2013). Nghiên cứu đặc tính cấp, tác dụng bảo vệ gan và tác dụng gây độc tế bào ung thư của xáo tam phân. *Tạp chí Dược liệu*, 18(1), 14-20.
- Li, W. L., Li, X. H., Fan, X., Tang, Y., & Yun, J. (2012). Response of antioxidant activity and sensory quality in fresh-cut pear as affected by high O₂ active packaging in comparison with low O₂ packaging. *Food Science and Technology International*, 18(3), 197-205. <https://doi.org/10.1177/1082013211415147>
- Li, X., Jiang, Y., Li, W., Tang, Y., & Yun, J. (2014). Effects of ascorbic acid and high oxygen modified atmosphere packaging during storage of fresh-cut eggplants. *Food Science and Technology International*, 20(2), 99-108. <https://doi.org/10.1586/ecp.12.34>
- Liguori, G., Aquino, D. S., Sortino, G., Pasquale D. C., & Inglese P. (2015). Effects of passive and active modified atmosphere packaging conditions on quality parameters of minimally processed table grapes during cold storage. *Journal of Berry Research*, 2(3), 131–143. <https://doi.org/10.3233/JBR-150101>
- Liu, H., Li, D., Xu, W., Fu, Y., Liao, R., Shi, J., & Chen, Y. (2020). Application of passive modified atmosphere packaging in the preservation of sweet corns at ambient temperature. *Food Science and Technology*, 136, 110295. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110295>
- Martinez-Sanchez, A., Marin, A., Llorach, R., Ferreres, F., & Isabel, G. M. (2006). Controlled atmosphere preserves quality and phytonutrients in wild rocket (*Diplotaxis tenuifolia*). *Postharvest Biology and Technology*, 40, 26-33. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.12.015>
- Martínez-Hernández, G. B., Artés-Hernández, F., Gómez, P. A., Formica, A. C., & Artés, F. (2013). Combination of electrolysed water, UV-C and superatmospheric O₂ packaging for improving fresh-cut broccoli quality. *Postharvest Biology and Technology*, 76, 125-134. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.09.013>
- Mauryaa, V. K., Ranjanb, V., Gothandam, K. M., & Pareekb, S. (2019). Exogenous gibberellic acid treatment extends green chili shelf life and maintain quality under modified atmosphere packaging. *Scientia Horticulturae*, 269, 108934. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108934>
- Nguyen, V. T., Quynh, N. M. P., Vuong, Q. V., Bowyer, M. C., Altena, I. A. V., & Scarlett, C. J. (2015). Phytochemical retention and antioxidant capacity of xao tam phan (*Paramignya trimera*) root as prepared by different drying methods. *Drying Technology*, 34(3), 324-334. <https://doi.org/10.1080/07373937.2015.1053566>
- Nguyen, V. T., Pham, H. N. T., Bowyer, M. C., Van Altena, I. A., & Scarlett, C. J. (2016b). Influence of solvents and novel extraction methods on bioactive compounds and antioxidant capacity of *Phyllanthus amarus*. *Chemical Papers*, 70(5), 556–566. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201600396>
- Nguyen, V. T., Sakoff, J. A., & Scarlett, C. J. (2017a). Physicochemical, antioxidant and cytotoxic properties of xao tam phan (*Paramignya trimera*) root extract and its fractions. *Chemistry and Biodiversity*, 14(4), e1600396. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201600396>
- Nguyen, V. T., Sakoff, J. A., & Scarlett, C. J. (2017b). Physicochemical properties, antioxidant and anti-proliferative capacities of dried leaf and its extract from xao tam phan (*Paramignya trimera*). *Chemistry and Biodiversity*, 14(6), e1600498. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201600498>
- Ochoa-Velasco, C. E., & Guerrero-Beltrán, J. Á. (2014). Postharvest quality of peeled prickly pear fruit treated with acetic acid and chitosan. *Postharvest Biology and Technology*, 92, 139-145. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.01.023>
- Paniagua, A. C., East, A. R., Hindmarsh, J. P., & Heyes, J. A. (2013). Moisture loss is the major cause of firmness change during postharvest storage of blueberry. *Postharvest Biology and Technology*, 79, 13-19. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.12.016>
- Pinto, L., Palma, A., Cefola, M., Pace, B., Aquino, D. S., Carboni, C., & Baruzzi, F. (2020). Effect of modified atmosphere packaging (MAP) and gaseous ozone pre-packaging treatment on the physico-chemical, microbiological and sensory quality of small berry fruit. *Food Packaging and Shelf Life*, 26, 100573. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2020.100573>
- Singh, N. P. (2007). *Fruit and Vegetable Preservation*. Oxford Book Company.

- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. In L. Packer, (Ed.). *Oxidants and Antioxidants Part A. Methods in Enzymology* (pp. 152-178). Elsevier, Amsterdam. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1) <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2013.04.004>
- Tomás-Callejas, A., Boluda, M., Robles, P. A., Artés, F., & Artés - Hernández, F. (2011). Innovative active modified atmosphere packaging improves overall quality of fresh-cut red chard baby leaves. *LWT - Food Science and Technology*, 44(6), 1422-1428. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.01.020>
- Torales, A. C., Gutiérrez, D. R., & Rodríguez, S. C. (2020). Influence of passive and active modified atmosphere packaging on yellowing and chlorophyll degrading enzymes activity in fresh-cut rocket leaves. *Food Packaging and Shelf Life* 26, 100569. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2020.100569>
- Vuong, Q. V., Hirun, S., Roach, P. D., Bowyer, M. C., Phillips, P. A., & Scarlett, C. J. (2013). Effect of extraction conditions on total phenolic compounds and antioxidant activities of *Carica papaya* leaf aqueous extracts. *Journal of Herbal Medicine*, 3(3), 104-111.
- Wilson, M. D., Stanley, R. A., Eyles, A., & Ross, T. (2019). Innovative processes and technologies for modified atmosphere packaging of fresh and fresh-cut fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(3), 411-422. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1375892>
- Woerdenbag, H. J., Nguyen, T. M., Vu, D. V., Tran, H., Nguyen, D. T., Tran, T. V., De Smet, P. A., & Brouwers, J. R. (2012). Vietnamese traditional medicine from a pharmacist's perspective. *Expert Review of Clinical Pharmacology*, 5(4), 459-477. <https://doi.org/10.1586/ecp.12.34>
- Zeman, S., & Kubík, L. (2007). Permeability of polymeric packaging materials. *Technical Sciences/University of Warmia and Mazury in Olsztyn*, 10, 26-34. <https://doi.org/10.2478/v10022-007-0004-6>