

ẢNH HƯỞNG CỦA ĐIỀU KIỆN BẢO QUẢN ĐẾN SỰ BIẾN ĐỔI MÀU SẮC VỎ QUẢ VẢI SAU THU HOẠCH

Influence of Storage Condition on Colour Change of Lichi Pericarp after Harvest

Đào Thị Vân Anh¹, Nguyễn Thị Bích Thủy²

¹Trường Đại học Nông Lâm Bắc Giang

²Khoa Công nghệ thực phẩm, Trường Đại học Nông nghiệp Hà Nội

Địa chỉ email tác giả liên lạc: *ntbthuy@hva.edu.vn*

Ngày gửi đăng: 29.05.2011; Ngày chấp nhận: 13.06.2011

TÓM TẮT

Nghiên cứu này được thực hiện trên giống vải thiều tại Khoa Công nghệ Thực phẩm, Trường Đại học Nông nghiệp Hà Nội nhằm tìm hiểu ảnh hưởng của nhiệt độ đến sự biến đổi màu sắc vỏ quả vải sau thu hoạch. Quả vải sau thu hoạch được lựa chọn, phân loại, đóng gói vào túi PE đục lỗ và bảo quản ở điều kiện nhiệt độ phòng (nhiệt độ trung bình 30 - 32°C, ẩm độ 65 - 70%) và bảo quản lạnh (nhiệt độ 4°C, ẩm độ 90%). Kết quả nghiên cứu cho thấy, vải bảo quản ở điều kiện thường biến màu rất nhanh chóng chỉ sau 1 - 2 ngày. Nhiệt độ thấp có tác dụng tốt trong việc hạn chế hiện tượng biến màu vỏ quả vải sau thu hoạch. Điều kiện bảo quản với nhiệt độ thấp (4°C) và độ ẩm cao (90%) đã hạn chế đáng kể sự thoát hơi nước, duy trì pH trong tế bào vỏ, hạn chế hoạt động của enzyme PPO khiến cho quá trình oxy hóa polyphenol, trong đó có chất màu anthocyanin, được kiểm soát tốt hơn, do vậy màu sắc vỏ quả được duy trì trong thời gian bảo quản.

Từ khóa: Anthocyanin, bảo quản lạnh, polyphenol, PPO, vải thiều.

SUMMARY

This research was carried out on litchi var. 'Thieu' at faculty of Food Science and Technology, Hanoi University of Agriculture to investigate the influence of temperature on color change of the fruit pericarp. After harvesting, the fruits were selected for uniformity and placed in perforated polyethylene bags, then held at room temperature (30-32°C, RH 65-70%) and low temperature (4°C, RH 90%). It has been shown that the litchi fruits held at room temperature quickly turn to brown after 1 to 2 days. Storage conditions of low temperature (4°C) and high relative humidity (90%) could reduce water loss, remain pH in the cell and alleviate the activity of enzyme PPO, resulting in better control of the oxidation of polyphenols including anthocyanin. As a result, acceptable color of litchi fruit pericarp could be maintained during storage.

Key words: Anthocyanin, cold storage, Litchi, polyphenol, PPO.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vải là một loại quả đặc sản của vùng nhiệt đới và á nhiệt đới, có hương vị thơm ngon và màu đỏ hấp dẫn. Tuy nhiên, việc thương mại hoá loại quả này thường gặp khó

khăn rất lớn do quả vải nhanh chóng bị mất màu đỏ và chuyển màu nâu sau 1 đến 2 ngày bảo quản ở nhiệt độ thường khiến cho giá trị thương phẩm giảm đáng kể, thậm chí không tiêu thụ được (Jiang và Fu, 1998; Zhang và

Quantick, 1997). Cơ chế của sự biến màu vỏ quả vải có liên quan chủ yếu đến sự oxi hoá polyphenol, trong đó có chất màu anthocyanin dưới sự xúc tác của enzyme polyphenol oxidase (PPO). Hoạt tính của enzyme PPO thường chịu tác động của một số yếu tố như pH, nhiệt độ, sự tổn thương cơ học hoặc sự mất nước của vỏ quả (Underhill và cs., 1992). Nghiên cứu này tập trung tìm hiểu ảnh hưởng của môi trường bảo quản, đặc biệt là yếu tố nhiệt độ và độ ẩm đến sự biến đổi màu sắc của vỏ quả vải sau thu hoạch để làm cơ sở cho việc duy trì chất lượng cảm quan của quả.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu và bố trí thí nghiệm

Vải được sử dụng cho nghiên cứu thuộc giống vải thiều (*Litchi chinensis* Sonn.), trồng tại vườn quả trung tâm VAC – Trường Đại học Nông nghiệp Hà Nội. Vải được thu hoạch khi 70% diện tích vỏ quả chuyển màu đỏ. Quả thí nghiệm có khối lượng đồng đều, trung bình 25g/quả.

Thí nghiệm được bố trí theo khối hoàn toàn ngẫu nhiên với 3 lần nhắc lại, mỗi công thức gồm 120 quả. Quả vải sau khi được cắt tía, đóng vào túi PE đục lỗ và bảo quản ở điều kiện nhiệt độ phòng (nhiệt độ trung bình 30 - 32°C, ẩm độ 65 - 70%) và bảo quản lạnh (nhiệt độ 4°C, ẩm độ bình quân 90%). Vải thí nghiệm được theo dõi và phân tích liên tục trong thời gian 4 ngày.

2.2. Các chỉ tiêu nghiên cứu

Chỉ số nâu hóa vỏ quả được xác định bằng phương pháp cho điểm của Jiang (2000) với thang điểm từ 1 - 5, trong đó điểm 1 là màu sắc đặc trưng; điểm 5 là màu sắc kém nhất.

Xác định hàm lượng nước vỏ quả bằng phương pháp sấy nhanh (Nguyễn Văn Mùi, 2001); pH của vỏ quả theo phương pháp của

Underhill (1992); hàm lượng polyphenol tổng số theo phương pháp của Singleton và Rossi (1965); hàm lượng anthocyanin bằng phương pháp mô tả bởi Underhill và Critchley (1995); hoạt tính enzyme polyphenol oxidase theo phương pháp của Underhill và Critchley (1995); hàm lượng protein theo phương pháp của Bradford (1976).

Phương pháp xử lý số liệu bằng chương trình Excel và xử lý thống kê bằng chương trình Minitab. So sánh giá trị trung bình của các công thức thí nghiệm bằng phép phân tích ANOVA.

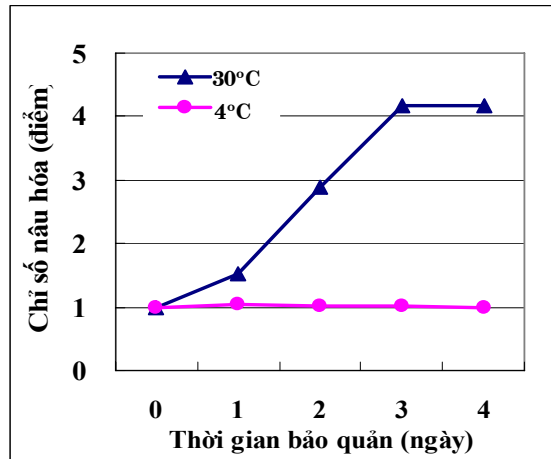
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ bảo quản đến sự nâu hóa vỏ quả vải sau thu hoạch

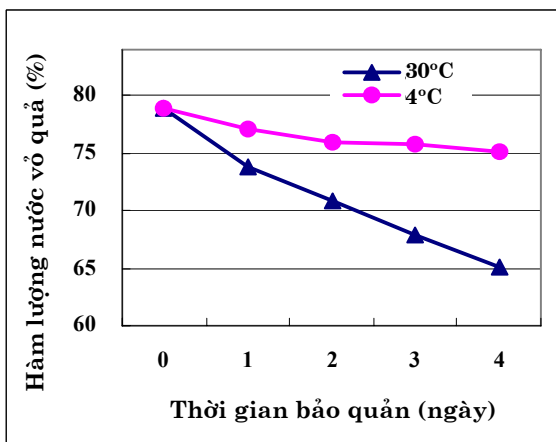
Quả vải sau thu hoạch thường bị biến đổi nhanh chóng, đặc biệt là sự hóa nâu vỏ quả bên ngoài. Sự biến màu của vỏ quả vải sau thu hoạch có ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng cảm quan của quả vải tươi.

Kết quả ở hình 1 cho thấy, có sự khác biệt rất lớn về tốc độ nâu hóa vỏ quả vải ở hai nhiệt độ khác nhau. Quả vải bảo quản ở điều kiện thường (nhiệt độ 30 - 32°C, độ ẩm 65 - 70%) có chỉ số nâu hóa tăng nhanh theo thời gian, đặc biệt từ ngày thứ 2 đến ngày thứ 3. Sau 4 ngày bảo quản chỉ số nâu hóa đạt 4,2 điểm (vỏ quả vải đã bị hóa nâu trên 50% diện tích). Trong khi đó, quả vải giữ ở điều kiện lạnh (4°C, độ ẩm 90%) không có sự thay đổi về màu sắc vỏ, sau 4 ngày màu sắc vỏ không thay đổi, thể hiện ở chỉ số nâu hóa vẫn giữ nguyên.

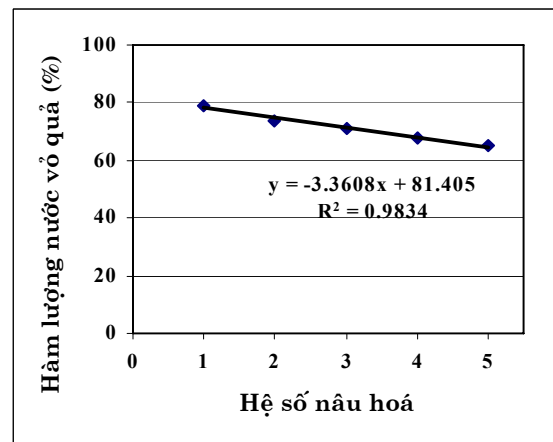
Môi trường nhiệt độ thấp, ẩm độ cao đã có tác dụng rõ rệt trong việc duy trì màu sắc trên vỏ quả. Như vậy, bảo quản lạnh kết hợp với bao gói có tác dụng hạn chế sự biến màu vỏ quả. Nhận định của nghiên cứu này hoàn toàn phù hợp với kết quả nghiên cứu của Liu và cs. (2011) là vải có thể bảo quản lạnh đến 10 ngày mà màu sắc trên vỏ không thay đổi.



Hình 1. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến sự nâu hóa vỏ quả vải



Hình 2. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến sự biến đổi hàm lượng nước của vỏ quả vải



Hình 3. Tương quan tuyến tính giữa hàm lượng nước của vỏ quả vải và chỉ số nâu hóa ở nhiệt độ thường

3.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ bảo quản đến sự biến đổi hàm lượng nước và pH của vỏ quả vải sau thu hoạch

Theo nghiên cứu, sự hóa nâu nhanh chóng trên vỏ quả vải xảy ra đồng thời với hiện tượng mất nước vỏ quả. Hàm lượng nước trong vỏ quả vải có vai trò quan trọng trong việc duy trì độ pH của vỏ. Hàm lượng nước trong vỏ quả vải có xu hướng giảm dần trong quá trình bảo quản (Hình 2). Tuy nhiên, tốc độ mất nước của vải ở điều kiện nhiệt độ phòng nhanh hơn đáng kể so với vải giữ ở điều kiện lạnh. Mặc dù có sử dụng bao

gói là túi PE đục lỗ, nhưng sau 4 ngày, hàm lượng nước vỏ quả vải ở nhiệt độ phòng giảm từ 78,91% xuống 65,12% (giảm 13,79%), trong khi đó hàm lượng nước vỏ quả vải bảo quản lạnh giảm từ 78,91% xuống 75,74% (giảm 3,17%).

Ở điều kiện thường, các hoạt động sinh lý sinh hoá diễn ra rất mạnh mẽ, đặc biệt là sự thoát hơi nước trên vỏ quả, sự hô hấp; hoạt động của enzyme PPO trong tế bào của vỏ quả vải khiến cho các chất màu anthocyanin và các hợp chất polyphenol bị oxi hoá, tạo các sắc tố sẫm màu. Kết quả quả vải bị biến màu nhanh chóng sau 4 ngày thu hoạch. Đối với

quả vải bảo quản lạnh trong 4 ngày đầu hầu như không có sự biến đổi nào xảy ra. Khi xem xét mối quan hệ tuyến tính giữa chỉ số nâu hoá vỏ quả với hàm lượng nước có trong vỏ (Hình 3), kết quả xử lý thống kê cho thấy có mối tương quan nghịch ($R^2 = 0,9834$, $\alpha = 0,05$) giữa hai biến trên. Mối tương quan trên thể hiện mối quan hệ chặt chẽ giữa sự mất nước vỏ quả và sự nâu hoá. Kết quả này cũng phù hợp với nghiên cứu của Joas và cs. (2005). Có thể thấy rằng ở điều kiện phòng, nhiệt độ là tác nhân chính làm tăng tốc độ thoát hơi nước của vỏ.

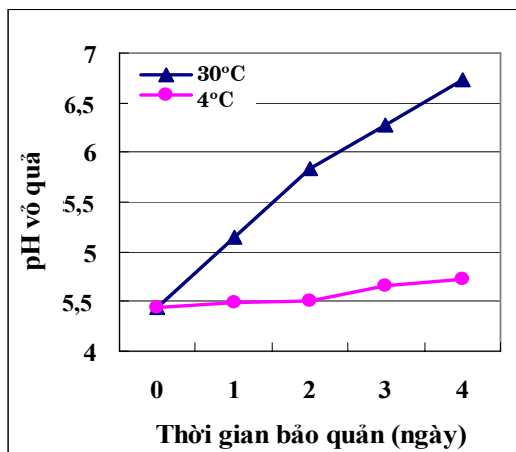
Độ pH của vỏ quả vải là một yếu tố rất quan trọng đối với sự biến màu vỏ quả vải sau thu hoạch, cũng như sự tồn tại của các chất màu anthocyanin cũng như hợp chất polyphenol. Hình 4 cho thấy có khác biệt về pH của vỏ quả ở 2 điều kiện khác nhau. Ở nhiệt độ thường, độ pH vỏ quả vải tăng nhanh trong 4 ngày, độ pH đạt 6,73. Trong khi đó, quả vải giữ ở điều kiện nhiệt độ 4°C, độ pH thay đổi không đáng kể (pH từ 4,43 tăng lên 4,72). Sở dĩ có sự tăng pH này là do khi bảo quản vải ở điều kiện nhiệt độ 30 - 32°C, ẩm độ 65 - 70%, tốc độ thoát hơi nước ở vỏ quả vải diễn ra rất nhanh chóng. Khi vỏ quả vải bị mất nước thì nồng độ ion H^+ trong dịch bào của vỏ quả giảm xuống, vì vậy pH của vỏ quả tăng lên một cách nhanh chóng.

Theo Leung và cs. (2002), pH của vỏ quả vải bảo quản ở nhiệt độ 25°C, độ ẩm 65% tăng từ 4,3 lên 5,3 sau 5 ngày bảo quản. Sự tăng pH diễn ra đồng thời với sự chuyển màu vỏ quả vải từ đỏ đặc trưng sang nâu hoàn toàn. Kết quả nghiên cứu của Mahajan và Goswami ở Ấn Độ (2004) cho thấy, nhiệt độ bảo quản 2°C và độ ẩm trên 90% có tác dụng tốt cho việc duy trì màu sắc trên vỏ quả.

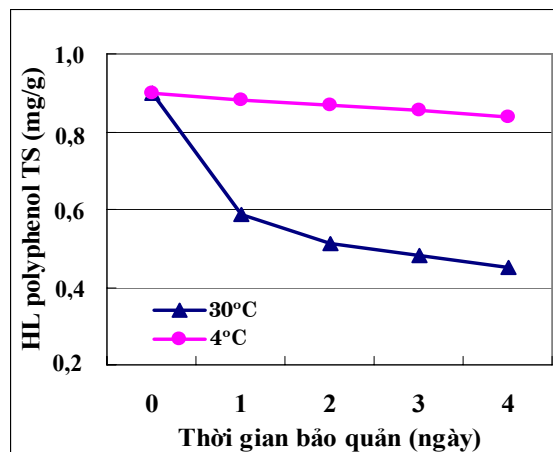
3.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến hàm lượng polyphenol tổng số ở vỏ quả vải sau thu hoạch

Polyphenol là hợp chất có trong vỏ quả vải. Các hợp chất polyphenol bị oxy hóa nhanh dưới tác dụng của oxy không khí, ánh sáng, enzyme PPO... Sự thay đổi hàm lượng chất này có ảnh hưởng lớn đến sự biến màu vỏ quả vải sau thu hoạch. Ở điều kiện thường quả vải bị biến màu hoàn toàn chỉ sau 3 - 4 ngày.

Hình 5 cho thấy, hàm lượng polyphenol tổng số của vỏ quả vải bảo quản ở hai điều kiện nhiệt độ khác nhau đều giảm trong quá trình bảo quản, nhưng tốc độ giảm có khác biệt. Hàm lượng polyphenol tổng số của vỏ quả vải ở điều kiện thường giảm 50% (từ 0,9 xuống 0,45 mg/g). Vải giữ ở điều kiện lạnh, hàm lượng polyphenol tổng số biến đổi chậm hơn (từ 0,9 xuống 0,84 mg/g, giảm 6,67%).



Hình 4. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến sự biến đổi pH của vỏ quả vải



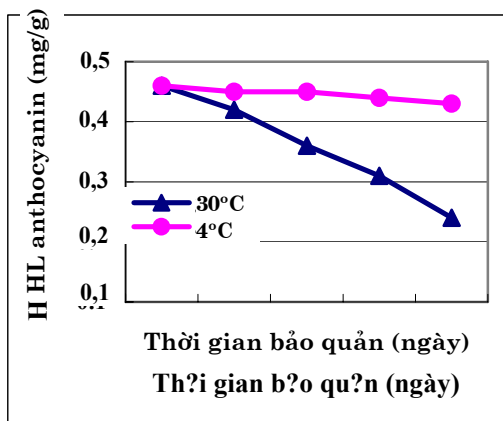
Hình 5. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến sự biến đổi HL polyphenol của vỏ quả vải

Sở dĩ có hiện tượng này là do nhiệt độ cao (30 - 32°C) rất thuận lợi cho hoạt động của enzyme polyphenol oxidase, làm quá trình oxi hóa được tăng cường. Có thể thấy, nhiệt độ thấp có tác dụng hạn chế sự oxi hoá polyphenol tổng số khiến cho màu sắc của vải bảo quản ở điều kiện nhiệt độ thấp được duy trì tốt hơn.

3.4. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến hàm lượng anthocyanin trong vỏ quả vải sau thu hoạch

Anthocyanin là những glucozit do gốc đường glucose, galactose... kết hợp với gốc aglucon có màu. Anthocyanin thuộc nhóm polyphenol. Màu sắc của anthocyanin luôn thay đổi phụ thuộc vào pH, các chất màu có mặt và nhiều yếu tố khác, tuy nhiên màu sắc của anthocyanin phụ thuộc chủ yếu vào pH môi trường.

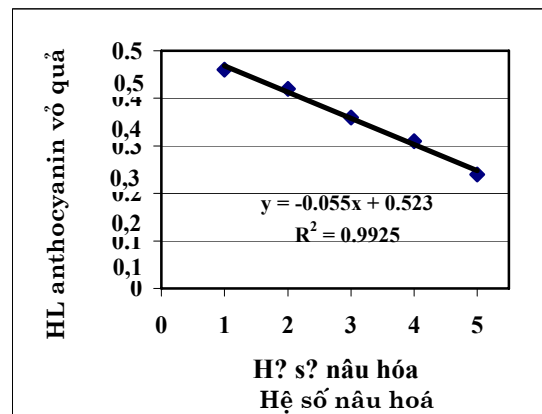
Hình 6 cho thấy hàm lượng anthocyanin của vải bảo quản ở hai nhiệt độ khác nhau đều có xu hướng giảm nhưng với tốc độ khác nhau. Khi quả vải bảo quản ở điều kiện thường, hàm lượng anthocyanin giảm nhanh sau 4 ngày bảo quản (từ 0,46 xuống 0,24 mg, giảm 50%). Điều đó chứng tỏ một lượng lớn anthocyanin trong vỏ quả đã bị oxi hoá. Quả vải bảo quản trong điều kiện nhiệt độ 4°C thì hàm lượng anthocyanin ít thay đổi. Kết quả xử lý thống kê khẳng định nhiệt độ ảnh



Hình 6. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến sự biến đổi hàm lượng anthocyanin của vỏ quả vải

hưởng có ý nghĩa đến sự biến màu vỏ quả (mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$), chứng tỏ nhiệt độ bảo quản ảnh hưởng rất lớn đến quá trình oxi hoá anthocyanin. Bên cạnh đó, sự thể hiện màu của anthocyanin phụ thuộc rất lớn vào pH, nếu $\text{pH} < 7$ thì các anthocyanin có màu đỏ. Theo Leung và cs. (2002), khi bảo quản quả vải ở nhiệt độ 25°C, độ ẩm 65% thì hàm lượng anthocyanin giảm rất nhanh trong 3 ngày đầu và dừng ở mức đó sau 5 ngày bảo quản.

Khi bảo quản quả vải ở nhiệt độ thường, chỉ số nâu hoá tăng trong khi đó hàm lượng anthocyanin trong vỏ quả lại giảm theo thời gian bảo quản (Hình 7). Ở đây có mối tương quan nghịch ($R^2 = 0,9925$) giữa hàm lượng anthocyanin và chỉ số nâu hoá vỏ quả và mối tương quan này rất chặt. Kết quả của nghiên cứu này về mối quan hệ giữa hàm lượng anthocyanin và chỉ số nâu hoá vỏ quả cũng phù hợp với nghiên cứu của Zhang và cs. (2001). Khi nghiên cứu về cơ chế của quá trình oxi hóa, Jiang (2000) cho rằng PPO không trực tiếp oxi hóa anthocyanin mà PPO xúc tác cho phản ứng oxi hóa polyphenol khác để tạo thành 4-methylcatechol. Sự có mặt của sản phẩm này thúc đẩy quá trình phân hủy anthocyanin. Sau đó PPO lại xúc tác cho phản ứng oxi hóa của hợp chất hình thành trong quá trình phân giải anthocyanin để tạo thành chất có màu nâu.



Hình 7. Tương quan tuyến tính giữa hàm lượng anthocyanin của vỏ quả vải và chỉ số nâu hoá ở nhiệt độ thường

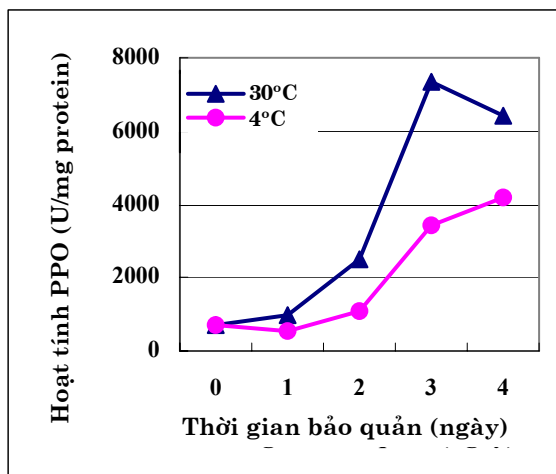
3.5. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến hoạt tính enzyme polyphenol oxidase trong vỏ quả sau thu hoạch

Enzyme PPO tham gia trực tiếp vào phản ứng oxi hoá polyphenol với vai trò là chất xúc tác sinh học. Vì vậy hoạt động của enzyme này có ảnh hưởng quyết định đến sự nâu hoá vỏ quả vải sau thu hoạch.

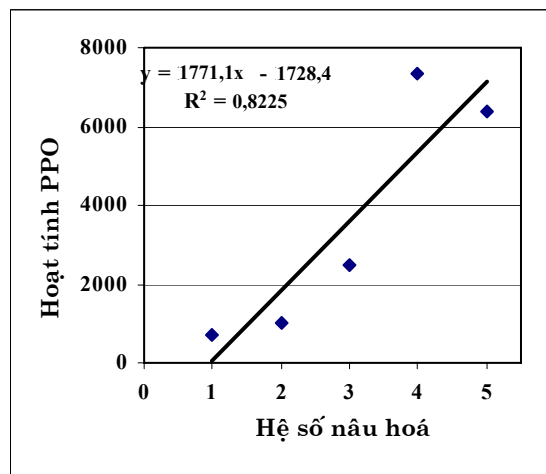
Qua hình 8 nhận thấy, hoạt tính của enzyme PPO trong vỏ quả vải giữ ở hai nhiệt độ khác nhau đều tăng lên nhưng với mức độ khác nhau. Hoạt tính của enzyme PPO trên vỏ quả vải ở 4°C tăng chậm theo thời gian, tuy nhiên, giá trị này trên vải bảo quản nhiệt độ thường lại tăng rất mạnh trong 3 ngày đầu và giảm xuống ở ngày thứ 4. Sở dĩ có sự khác biệt này là do enzyme PPO hoạt động rất mạnh ở điều kiện nhiệt độ thường (25 - 32°C) dưới tác dụng của oxi, ánh sáng. Trong điều kiện nhiệt độ thấp (4°C) enzyme PPO bị ức chế hoạt động. Do vậy khả năng oxi hoá các chất màu cũng như các hợp chất polyphenol bị hạn chế. Một nguyên nhân nữa cũng liên quan đến hoạt động của enzyme PPO là pH trong tế bào. Theo nhiều nghiên cứu, pH tối thích cho hoạt động của enzyme PPO là 6,5. Vải giữ ở điều kiện thường

do mất nước nên pH tăng nhanh đến gần 7, vì vậy hoạt tính của enzyme tăng nhanh. Kết quả này cũng phù hợp với nghiên cứu của Bora (2004) cho rằng sau thời gian bảo quản, pH vỏ quả bảo quản lạnh tăng không đáng kể nên quá trình nâu hoá diễn ra rất chậm.

Hình 9 biểu diễn mối quan hệ tuyến tính giữa chỉ số nâu hoá vỏ quả và hoạt tính enzyme PPO. Mối tương quan giữa hai biến này là tương quan thuận và khá chặt chẽ ($R^2 = 0,8225$). Kết luận về hoạt tính của PPO cũng có nhiều điểm không thống nhất. Lin và cs. (1988) chứng minh rằng có sự tăng mạnh hoạt tính của enzyme PPO trong hai ngày đầu bảo quản. Zauberman và cs. (1991) cho rằng hoạt tính của enzyme này không thay đổi đáng kể trong thời gian trên. Tuy nhiên cũng có nghiên cứu lại công bố hoạt tính của enzyme PPO giảm dần khi bảo quản vải (Underhill và Critchley, 1994; Leung và cs., 2002), nhưng sự giảm này không có tác dụng dừng quá trình nâu hoá đang diễn ra trên vỏ quả. Sự khác biệt về kết quả xác định hoạt tính enzyme được cho rằng do phương pháp phân tích và ảnh hưởng của giống (Jiang và cs., 2004).



Hình 8. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến hoạt tính enzyme PPO của vỏ quả vải



Hình 9. Tương quan tuyến tính giữa enzyme PPO và chỉ số nâu hoá ở nhiệt độ thường

4. KẾT LUẬN

Những kết quả của nghiên cứu này cho thấy có mối liên quan chặt chẽ giữa nhiệt độ, độ ẩm môi trường bảo quản và sự biến màu nâu trên vỏ quả vải sau thu hoạch. Nhiệt độ thấp, ẩm độ cao đã có tác dụng tích cực trong việc hạn chế hiện tượng biến màu vỏ quả vải. Bảo quản quả vải ở nhiệt độ 4°C, độ ẩm 90% đã hạn chế đáng kể sự thoát hơi nước, duy trì pH trong tế bào vỏ, hạn chế hoạt động của enzyme PPO khiến cho quá trình oxi hoá polyphenol, trong đó có chất màu anthocyanin được kiểm soát tốt hơn, do vậy màu sắc vỏ quả được duy trì trong thời gian bảo quản.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle-dye binding. *Anal. Biochem.* 72, p. 248 - 254.
- Jiang, Y. (2000). Role of anthocyanins, polyphenol oxidase and phenols in lychee pericarp browning. *J. Sci. Food Agric.* 80, p. 305–310.
- Jiang, Y. M. and J. R. Fu (1998). Effect of postharvest treatment with 6-BA on quality of litchi fruit. *Tropical Science*, 36, p. 155–159.
- Jiang, Y.M., J.R. Fu (1999). Postharvest browning of litchi fruit by water loss and its prevention by controlled atmosphere storage at high relative humidity. *Lebensm. -Wiss. u. -Technol.* 32, p. 278 – 283.
- Jiang Y., D. Xuewu, D. Joyce, Z. Zhang, J. Li (2004). Advances in understanding of enzymatic browning in harvested litchi fruit. *Food Chem.*, 88, p. 443–446
- Joas, J., Y. Caro, M.N. Ducamp, M. Reynes (2005). Postharvest control of pericarp browning of litchi fruit (*Litchi chinensis* Sonn CV Kwa Mi) by treatment with Chitosan and organic acids. I: Effect of pH and pericarp dehydration. *Postharvest Biol. Technol.*, 38, p.128–136.
- Leung S.K.E., C.L.G. Chu, M. Kawaji (2002). Effect of anthocyanin, polyphenol, and the pH of pericarp on the fresh appearance of lychee. *ISHS Acta Horticulturae: International Conference: Postharvest Unlimited*, 599, p. 659 – 663.
- Lin, Z. F., S. S. Li, D. Zhang, L., Lin, G. Z., Li, Y. B., S. X. Liu and M. D. Chen (1988). The changes of pigments, phenolic content and activities of polyphenol oxidase and phenylalanine ammonialyase in pericarp of postharvest litchi fruit. *Acta Botanica Sinica*, 30, p. 40–45.
- Liu H., L. Song, Y. You, Y. Li, X. Duan, Y. Jiang, D.C. Joyce, M. Ashrafd and W. Lue (2011). Cold storage duration affects litchi fruit quality, membrane permeability, enzyme activities and energy charge during shelf time at ambient temperature. *Postharvest Biol. and Technol.*, 60, p. 24–30.
- Mahajan P.V. and T. K. Goswami (2004). Extended storage life of litchi fruit using controlled atmosphere and low temperature storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 28, p. 388–403.
- Nguyễn Văn Mùi (2001). Thực hành hoá sinh học. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội.
- Singleton, V.L. and J.R. Rossi (1965). Colorimetry of total phenolics with phospho - monolybdc phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.* 16, p. 144 - 158.
- Underhill, S.J.R., J. Bagshaw, A. Prasad, G. Zauberman, R. Ronen, Y. Fuchs (1992). The control of Litchi postharvest skin browning using sulphur dioxide and low pH. *Acta Hort.*, 321, p. 732–741.

- Underhill, S. J. R. and C. Critchley (1994). Anthocyanin decolorisation and its role in lychee pericarp browning. *Australian Journal of Experimental Agric.*, 34, p. 115–122.
- Underhill, S.J.R. and C. Critchley (1995). Cellular localisation of polyphenol oxidase and peroxydase activity in *Litchi sinensis* Sonn. *Aust. J. Plant Physiol.*, 22, p. 627–632.
- Zauberman, G., R. Ronen, M. Akerman, A. Weksler, I. Rot and Y. Fuchs (1991). Postharvest retention of the red colour of litchi fruit pericarp. *Scientia Horticulturae.*, 47, p. 89–97.
- Zhang, D. L., and P. C. Quantick (1997). Effects of chitosan coating on enzymatic browning and decay during postharvest storage of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit. *Postharvest Biol. and Technol.*, 12, p.195–202.
- Zhang, Z., X. Pang, Z. Ji and Y. Jiang (2001). Role of anthocyanin degradation in litchi pericarp browning. *Food Chem.*, 75, p. 217–221.