

## 荔枝果皮褐化與多酚氧化酵素及過氧化酵素之關係

簡秋燕<sup>1)</sup> 謝慶昌<sup>2)</sup>

關鍵字：荔枝、褐化、多酚氧化酵素、過氧化酵素

**摘要：**本試驗的目的在研究荔枝於採收後的貯藏期間，果實乾燥失水時，果皮內的多酚氧化酵素及過氧化酵素的活性變化情形，期能釐清此兩種酵素與荔枝果皮褐化上之相關性。結果顯示，隨著果實失水而褐化期間，果皮內的過氧化酵素活性均比多酚氧化酵素活性高，並且隨著貯藏時間其活性呈增加的趨勢而多酚氧化酵素活性則無一致的變化，此外，當貯藏於低濕下的果實發生明顯的果皮褐化時，其過氧化酵素活性顯著上升時期也比多酚氧化酵素早。因此，過氧化酵素活性表現比多酚氧化酵素活性，對荔枝果皮褐化影響較大。

### 前 言

荔枝(*Litchi chinensis* Sonn.)在採收後，若將果實置於常溫下而未經任何處理，則在 48 小時之內，果皮便會快速地褐化，雖然此時仍不影響到風味，但是已大大地影響到消費者的購買意願，因此，果皮褐化已成為荔枝採收後最主要的損失原因(Holcroft and Mitcham, 1996; Underhill and Critchley, 1993)。目前荔枝果皮褐化的可能原因已被歸因於熱傷害(Wang *et al.*, 1991)、果實老化(Huang and Wang, 1990)、果實成熟前的氣候條件(Sharma *et al.*, 1986)、病害(Huang and Scott, 1985)及果實乾燥(Scott *et al.*, 1982)等，其中，採後果皮的快速乾燥及病害是最常見的原因(Underhill *et al.*, 1997)。

多酚氧化酵素與過氧化酵素為影響褐化的相關酵素(Mayer, 1987)。然而，在許多研究中(Akamine, 1960; Huang *et al.*, 1990; Underhill and Critchley, 1993; Zauberman *et al.*, 1991)，對於兩者在荔枝果皮褐化上的重要性，其研究結果並不一致而且呈現出混淆不明的情形。因此，本試驗藉由比較貯藏於高濕或低濕環境下的荔枝果實，其果皮褐化與果皮

---

1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝學系副教授，通訊作者。

內多酚氧化酵素與過氧化酵素活性變化之關係，期望能釐清此兩種酵素在荔枝果皮褐化上之重要性。

## 材 料 與 方 法

### 一、材料來源

本試驗於2003年6月26日開始進行。以台中縣霧峰鄉光復新村的`黑葉`荔枝為材料，採取已達園藝成熟度的荔枝果實。將果實採收後以塑膠袋包裝，並且置於低溫下於2小時內帶回實驗室。將果實從果蒂處逐果剪下，並且挑選大小及顏色一致、無缺點的果實為樣品。

### 二、試驗方法

#### (一) 貯藏條件

`黑葉`荔枝以25°C及60%或100% RH貯藏。使用恆溫箱控制溫度為25°C，濕度控制則參考Forney等人(1992)的方法。貯藏濕度為60% RH時，以9公升的呼吸缸裝入4公斤70%的甘油水溶液，並且導入空氣至甘油水溶液中，再以橡皮管將其與4公升及7公升的呼吸缸串聯起來。在4公升的呼吸缸內放入20個果實，而7公升的呼吸缸內放入45個以上的果實。貯藏濕度為100% RH時，以水代替甘油水溶液。

#### (二) 調查及分析方法

##### 1. 調查時間

調查時間為0、6、24、48、72、96小時各調查一次。每次調查4公升呼吸缸內的20個果實之果實失重率及果皮顏色，而7公升呼吸缸內的果實則分析果皮的多酚氧化酵素及過氧化酵素活性。

##### 2. 調查項目

###### (1) 失重率之測定

稱取20個果實的總果重，之後以如下的公式計算，單位以%表示。

$$\text{失重率} = (\text{原始總果重} - \text{每次取樣的總果重}) \div \text{原始總果重} \times 100\%$$

###### (2) 果皮顏色之測定

果皮顏色的測定方法為使用色差儀(Handy colorimeter, Nippon Denshoku 出品, Model NR-3000)在果實赤道處測定果皮顏色，果色以L、a、b值表示，其中+a值表示紅色、-a值表示綠色；+b值表示黃色、-b值表示藍色；L值表示明亮度。每次調查20重複，每重複各1個果實，每個果實測1點。

###### (3) 多酚氧化酵素活性之分析

修改自Lee和Smith(1979)之方法，將荔枝果實剝下果皮後，先以液態氮固定果皮，之後稱取1g的果皮置於冰浴中的研鉢內，加入5ml之0.1M磷酸緩衝液(pH 7.0，含1%

PVP 及 0.25% Triton x100)及適量的海砂，磨碎後倒入離心管中，在 4°C 下，以 20000×g 離心 20 分鐘，取上層澄清液備用。活性測定時取 1.9 ml 之 0.1 M 磷酸緩衝液(pH 8.0)，加入 0.2 ml 之 0.5 M Catechol，最後加入 0.1 ml 之酵素抽出液(上層澄清液)，迅速混和後，以分光光度計(Shimadzu UV-200S)及記錄器(Recorder)記錄在 420 nm 波長下反應初期(0~60 秒)吸收值之變化。單位以  $\Delta A/\text{min}/\text{g.FW}$  表示。每次調查 5 重複，每重複各 1 個果實。

#### (4) 過氧化酵素活性之分析

採用 Guaiacol 法(Johnson and Cunningham, 1972)，並稍加修改，將荔枝果實剝下果皮後，先以液態氮固定果皮，之後稱取 1 g 的果皮置於冰浴中的研鉢內，加入 5 ml 之 0.1 M 磷酸緩衝液(pH 7.0)及適量的海砂，磨碎後倒入離心管中，在 4°C 下，以 20000×g 離心 20 分鐘，取上層澄清液備用。活性測定時取 2 ml 含有  $3.6 \times 10^{-3}$  M Guaiacol 緩衝液(100 ml 0.1 M 磷酸緩衝液中加入 0.04 ml 之 guaiacol, pH 6.0)，加入 0.4 ml 去離子水及 0.2 ml 之 0.0135 M  $\text{H}_2\text{O}_2$ ，最後加入 0.1 ml 之酵素抽出液，迅速混和後，以分光光度計(Shimadzu UV-200S)及記錄器(Recorder)記錄在 470 nm 波長下反應初期(0~60 秒)吸收值之變化。單位以  $\Delta A/\text{min}/\text{g.FW}$  表示。每次調查 5 重複，每重複各 1 個果實。

## 結 果

貯藏於 25°C 及 60% RH 下的果實快速失水且失重率持續地上升，至 96 小時，可達 12%，但在 100% RH 下的果實則失重不明顯，至 96 小時時才達 2-3%(圖 1)。在果皮顏色方面，於 60% 及 100% RH 下的果實，L 值明顯地在前 6 小時具上升現象，之後保持穩定，但 48 小時後，60% 處理者開始下降，而 100% 處理者則保持穩定(表 1)，a 值在前 6 小時呈現下降現象，之後保持恆定至 48 小時，然後 60% 處理者開始下降，而 100% 處理者則保持穩定(表 2)，b 值在前 24 小時呈現穩定現象，然後 60% 處理者開始下降，而 100% 處理者則保持穩定(表 2)。此外，在貯藏前 24 小時內，於 60% RH 下的果實與在 100% RH 下的果實，其 L、a 或 b 值均無顯著的差異，然而，在貯藏 48 小時之後，於 60% RH 下的果實，其 L、a 或 b 值均明顯較低(表 1、2、3)，並且在外觀上出現肉眼可見的果皮褐化現象，但是於 100% RH 下的果實則仍保持紅色。在多酚氧化酵素活性方面，於 60% RH 下的果實，其活性一直到貯藏了 96 小時才出現顯著的上升，而在 100% RH 下時，其活性在剛開始時有增加的趨勢但不顯著，之後有一顯著地下降，雖然在貯藏 96 小時下活性又增加但不顯著，此外，貯藏於 60% RH 下 96 小時的果實比在 100% RH 下的果實，其活性明顯較高，而在其它貯藏時間，兩者之間並無顯著的差異(表 4)。相對照之下，在 60% RH 下的果實，其過氧化酵素活性在 48 小時已有上升現象，到了 72 小時更加顯著，並且其增加的幅度比多酚氧化酵素活性更高，而在 100% RH 下時，貯藏期間的前 6 小時其活性較

低，之後則明顯上升並且維持一定活性，此外，在貯藏於 60% RH 下 24 小時的果實比在 100% RH 下的果實，其活性明顯較低，並且在 72 小時以後相差更明顯，而在其它貯藏時間，兩者之間並無顯著的差異(表 5)。

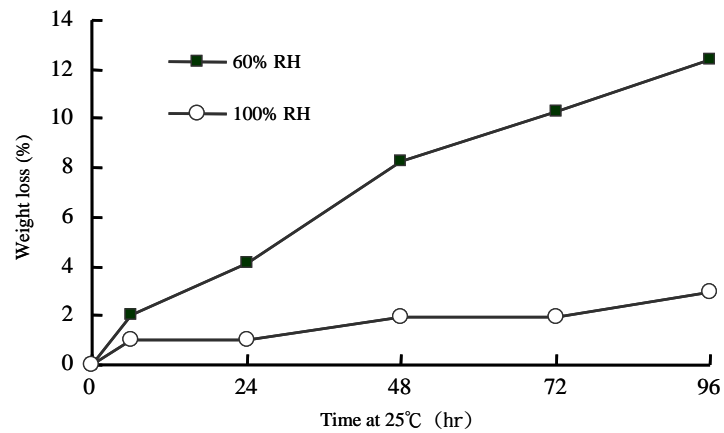


圖 1. `黑葉`荔枝在 25°C 及 60% 或 100%RH 下貯藏期間整個果實失重率之變化  
 Fig.1. Changes in weight loss percentage of whole `Hei Yeh` litchi fruit during storage at 25°C, 60% or 100% RH.

表 1. `黑葉`荔枝在 25°C 及 60% 或 100% RH 下貯藏期間果皮 L 值之變化  
 Table 1. Changes in L value of peel color of `Hei Yeh` litchi fruit during storage at 25°C, 60% or 100% RH.

Time at 25°C (hr)	L value	
	60% RH	100% RH
0	29.7 b A *	29.8 b A
6	31.7 a A	31.8 a A
24	31.8 a A	32.1 a A
48	31.0 a B	32.2 a A
72	29.8 b B	32.2 a A
96	28.7 c B	32.0 a A

\* Mean separation within a column (small letter) and a row (capital letter) followed by the same letter are not different according to Duncan's multiple range test at  $P = 0.05$ .

表 2. `黑葉`荔枝在 25°C 及 60% 或 100% RH 下貯藏期間果皮 a 值之變化

Table 2. Changes in a value of peel color of `Hei Yeh` litchi fruit during storage at 25°C, 60% or 100% RH.

Time at 25°C (hr)	a value	
	60% RH	100 % RH
0	25.2 a A *	26.3 a A
6	22.7 b A	22.7 b A
24	22.4 b A	22.8 b A
48	20.0 c B	21.8 b A
72	17.2 d B	21.3 b A
96	13.5 e B	21.4 b A

\* Mean separation within a column (small letter) and a row (capital letter) followed by the same letter are not different according to Duncan's multiple range test at  $P = 0.05$ .

表 3. `黑葉`荔枝在 25°C 及 60% 或 100% RH 下貯藏期間果皮 b 值之變化

Table 3. Changes in b value of peel color of `Hei Yeh` litchi fruit during storage at 25°C, 60% or 100% RH.

Time at 25°C (hr)	b value	
	60% RH	100 % RH
0	11.9 a A *	11.8 a A
6	12.1 a A	12.3 a A
24	12.0 a A	12.6 a A
48	11.3 b B	12.5 a A
72	10.4 c B	12.4 a A
96	9.4 d B	12.4 a A

\* Mean separation within a column (small letter) and a row (capital letter) followed by the same letter are not different according to Duncan's multiple range test at  $P = 0.05$ .

表 4. `黑葉`荔枝在 25°C 及 60% 或 100% RH 下貯藏期間果皮內多酚氧化酵素活性之變化  
Table 4. Changes in polyphenol oxidase activity of the peel of `Hei Yeh` litchi fruit during storage at 25°C, 60% or 100% RH.

Time at 25°C (hr)	Polyphenol oxidase activity ( $\Delta A/\text{min/g.FW}$ )	
	60% RH	100 % RH
0	7.5 b A *	7.5 b A
6	7.2 b A	8.3 ab A
24	8.1 b A	9.7 a A
48	6.9 b A	7.3 b A
72	7.8 b A	7.7 b A
96	10.6 a A	9.0 ab B

\* Mean separation within a column (small letter) and a row (capital letter) followed by the same letter are not different according to Duncan's multiple range test at  $P = 0.05$ .

表 5. `黑葉`荔枝在 25°C 及 60% 或 100% RH 下貯藏期間果皮內過氧化酵素活性之變化  
Table 5. Changes in peroxidase activity of the peel of `Hei Yeh` litchi fruit during storage at 25°C, 60% or 100% RH.

Time at 25°C (hr)	Peroxidase activity ( $\Delta A/\text{min/g.FW}$ )	
	60% RH	100 % RH
0	27.2 b A *	27.2 bc A
6	26.5 b A	19.8 c A
24	26.8 b B	40.5 a A
48	40.8 b A	32.8 ab A
72	60.3 a A	41.9 a B
96	63.2 a A	32.1 ab B

\* Mean separation within a column (small letter) and a row (capital letter) followed by the same letter are not different according to Duncan's multiple range test at  $P = 0.05$ .

## 討 論

Scott 等人(1982)認為荔枝採收後的果皮褐化現象與果皮乾燥有關。在 Jiang 和 Fu (1999a, 1999b)的報告中指出，荔枝在低濕環境下貯藏時果實失重及果皮褐化比在高濕環

境下快速。本試驗的結果與 Jiang 和 Fu(1999a, 1999b)相符，並且支持 Scott 等人(1982)的推論。在 Huang 等人(1990)的研究中，荔枝在 4°C 的貯藏後期開始產生明顯的果皮褐化，而外果皮的多酚氧化酵素活性也一直到貯藏後期才有明顯的增加，並且一直到貯藏終了都維持相當高的活性，然而在貯藏前期尚無明顯果皮褐化時，外果皮的過氧化酵素活性則明顯增加了約 2 倍，並且同一時期外果皮的多酚氧化酵素活性無顯著變化。因此，Huang 等人(1990)認為，荔枝外果皮的過氧化酵素活性可能是貯藏期間果皮褐化的一個早期指標。另外，在 Underhill 和 Critchley(1995)的報告中指出，荔枝於採後貯藏期間，果皮褐化是明顯侷限於外果皮和中果皮上層，並且外果皮的多酚氧化酵素及過氧化酵素活性是明顯高於中及內果皮。但是在本試驗中，過氧化酵素活性對果皮褐化的影響似乎比多酚氧化酵素活性是更明顯的。根據 Jiang 和 Fu(1999a, 1999b)的研究，荔枝果皮失重及褐化是隨著貯藏時間而增加，果皮的過氧化酵素活性和過氧化物含量也跟著增加，並且低濕比高濕環境下的果皮其活性和含量較高，然而，果皮的多酚氧化酵素活性卻隨貯藏時間而減少，並且在由失水所引起的果皮褐化與多酚氧化酵素活性之間並沒有很好的相關性。而在 Underhill 和 Critchley(1993)的報告中也指出，荔枝果皮的多酚氧化酵素活性在採後快速地下降，大部分的活性在採後 24 小時內喪失。在本試驗中，隨著果實失水而褐化期間(圖 1、表 1、2、3)，果皮內的過氧化酵素活性均比多酚氧化酵素活性高，並且隨著貯藏時間其活性呈增加的趨勢而多酚氧化酵素活性則無一致的變化，此外，當貯藏於低濕下的果實發生明顯的果皮褐化時，其過氧化酵素活性明顯增加的時期也比多酚氧化酵素更早(表 4、5)。因此，過氧化酵素活性對荔枝果皮褐化的影響似乎比多酚氧化酵素活性更重要。

## 參 考 文 獻

- Akamine, E. K. 1960. Preventing the darkening of fresh lychees prepared for transport. Technical Programme Report. Hawaii Agricultural Experimental Station. University of Hawaii, NO. 127.
- Forney, C. F. and D. G. Brandl. 1992. Control of humidity in small controlled-environment chambers using glycerol-water solutions. HortTechnology 2: 52-54.
- Holcroft, D. M. and E. J. Mitcham. 1996. Postharvest physiology and handling of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). Postharvest Biol. Technol. 9: 265-281.
- Huang, C. C. and Y. T. Wang. 1990. Effect of storage temperature on the colour and quality of litchi fruit. Acta Hort. 269: 307.
- Huang, P. Y. and K. J. Scott. 1985. Control of rotting and browning of litchi fruit after harvest at ambient temperatures in China. Trop. Agric. 62: 2-4.
- Huang, S., H. Hart, H. Lee, and L. Wicker. 1990. Enzymatic and color changes during

- post-harvest storage of lychee fruit. *J. Food Sci.* 55: 1762-1763.
- Jiang, Y. M. and J. R. Fu. 1999a. Biochemical and physiological changes involved in browning of litchi fruit caused by water loss. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 74: 43-46.
- Jiang, Y. M. and J. R. Fu. 1999b. Postharvest browning of litchi fruit by water loss and its prevention by controlled atmosphere storage at high relative humidity. *Lebensm. Wiss. Technol.* 32: 278-283.
- Johnson, L. B. and B. A. Cunningham. 1972. Peroxidase activity in healthy and leaf-rust-infected wheat leaves. *Phytochemistry* 1: 547-551.
- Lee, C. Y. and N. L. Smith. 1979. Blanching effect on polyphenol oxidase activity in table beets. *J. Food Sci.* 44: 82-83.
- Mayer, A. M. 1987. Polyphenol oxidase and peroxidase in plant-recent progress. *Phytochemistry* 26: 11-20.
- Scott, K. J., B. I. Brown, G. R. Chaplin, M. E. Wilcox, and J. M. Bain. 1982. The control of rotting and browning of litchi fruit by hot benomyl and plastic film. *Sci. Hortic.* 16: 253-262.
- Sharma, S. B., P. K. Ray, and R. Rai. 1986. The use of growth regulators for early ripening of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). *J. Hortic. Sci.* 61: 533-534.
- Underhill, S. J. R. and C. Critchley. 1993. Physiological, biochemical and anatomical changes in lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp during storage. *J. Hortic. Sci.* 68: 327-335.
- Underhill, S. J. R. and C. Critchley. 1995. Cellular localization of polyphenol oxidase and peroxidase activity in *Litchi chinensis* Sonn. pericarp. *Aust. J. Plant Physiol.* 22: 627-632.
- Underhill, S. J. R., L. M. Coates, and Y. Saks. 1997. Litchi. pp.191-208. In: S.K. Mitra (ed), *Postharvest Physiology and Storage of Tropical and Subtropical Fruits*. CAB International, Wallingford, Oxon, UK.
- Wang, L. S., K. K. Jacobi, and J. E. Giles. 1991. The influence of hot benomyl on the appearance of stored lychee (*Litchi chinensis* Sonn.). *Sci. Hortic.* 46: 245-251.
- Zauberman, G., R. Ronen, M. Akerman, A. Weksler, I. Rot, and Y. Fuchs. 1991. Post-harvest retention of the red colour of litchi fruit pericarp. *Sci. Hortic.* 47: 89-98.



## The Relationship between Pericarp Browning, Polyphenol Oxidase and Peroxidase Activity of Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) Fruits

Chiu-Yen Chien<sup>1)</sup> Ching-Chang Shiesh<sup>2)</sup>

Key words: Litchi, Browning, Polyphenol oxidase, Peroxidase

### Summary

The objectives of this experiment were to investigate the relationship between pericarp browning, polyphenol oxidase and peroxidase activity of litchi fruits, and hope to distinguish the importance role of two types of enzymes to litchi pericarp browning. Results showed that water loss of fruit mainly occurred. During pericarp browning of 'Hei Yeh' litchi fruits, peroxidase activity of the peel was higher than the polyphenol oxidase activity, and showed a tendency to increase during storage. However, variations of polyphenol oxidase activity were not coincidental. Furthermore, when fruits at low humidity induced pericarp browning, the obvious increase phase of peroxidase activity was earlier than polyphenol oxidase. Therefore, it seemed that changes in the peroxidase activity were more significant than the polyphenol oxidase activity in respect of litchi pericarp browning.

---

1) Graduate student in MS. program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Associate professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.  
Corresponding author.

