

PRO-LONG 涂膜对采后贮藏荔枝果实色泽和酶活性变化的影响

张东林 陈芳 刘淑娴 李月标 蒋跃明 郭俊彦

(中国科学院华南植物研究所, 广州 510650)

Peter C. Quantick Peter J Warren

(英国亨伯赛大学应用科学技术系食品研究中心, Grimsby DN34 5AA UK)

摘要 本文以荔枝品种“槐枝”为材料,以1.5%和2.5% Pro-long涂膜处理果实,研究Pro-long涂膜对采后贮于4℃的荔枝果皮色泽变化和有关酶活性的变化。对照和处理的Hunter L值和b值均随贮藏时间的延长而降低,处理的比对照的下降慢。采后贮藏开始21 d内,对照和处理的Hunter a值变化很小,保持相对稳定,之后的贮藏时间内有较显著的下降,说明贮藏初期果实的红色特性变化较少,之后变化很明显,这与果皮花色素苷、类黄酮、总酚的变化是相对应的。在贮藏后期,处理的Hunter a值下降明显较对照慢。Hunter值的变化与在贮藏过程中果实外观逐渐变成暗红和褐变以及在果实的采后褐变中起着重要作用的多酚氧化酶和部分地涉及褐变过程的过氧化物酶的变化相对应。处理的过氧化物酶活性增加较对照慢,而且,与对照比较,多酚氧化酶的峰值稍稍延迟了。未发现1.5%和2.5%处理间有明显差别。因此,Pro-long涂膜对荔枝的应用可以部分地降低多酚氧化酶和过氧化物酶,影响果皮花色素苷的降解、类黄酮和总酚的变化,延迟了褐变过程的发生。

关键词 Pro-long涂膜; Hunter色度; 多酚氧化酶; 过氧化物酶; 花色素苷; 荔枝

EFFECTS OF PRO-LONG COATING ON CHANGES IN COLOUR AND ENZYME ACTIVITY OF POSTHARVEST LITCHI FRUIT

Zhang Donglin Chen Fang Liu Shuxian Li Yuebiao Jiang Yueming Guo Junyan

(South China Institute of Botany, Academia Sinica, Guangzhou 510650)

Peter C. Quantick Peter J. Warren

(Food Research Centre, School of Applied Science and Technology, University of Humber, Grimsby DN34 5AA UK)

Abstract A common litchi cultivar Huaizhi was used to investigate how the application of Pro-long coating affects the browning of litchi peel and relevant enzymes during 4℃ storage. The Hunter L and b values in both the control and treated fruits decreased continuously with storage time, indicating that the peel became darker and had less yellow characteristics. The Hunter L and b values in the control decreased faster than those in treated fruits. The Hunter a values in both the control and treated fruits were relatively stable during the first 20 days of storage and then significantly decreased during the remaining days, implying

that stored litchi fruits maintained basically red characteristics during the first 20 days of storage and then became less red, corresponding to the changes in contents of anthocyanin, flavonoid and total phenolics. Hunter a values in the control decreased faster than those in treated fruits after the 21st day of storage. These correspond to a visible change to a dark red and brown during storage and changes in polyphenol oxidase (PPO) and peroxidase (POD), which indicate that polyphenol oxidase plays a definitive role in postharvest browning, and peroxidase is partially involved in the browning process. The increase in POD activities of treated fruits was slower than that of the control, and the peaks in PPO activities of treated fruits were delayed slightly compared to that of the control. There was no significant difference between 1.5% and 2.5% Pro-long treatments. Therefore, we suggest that the application of Pro-long coating to litchi fruits partially inhibits PPO and POD activities, and influences the breakdown of anthocyanin and the changes in contents of flavonoid and total phenolics, thereby delaying browning progress.

Key words Pro-long coating; Hunter colour; Polyphenol oxidase; Peroxidase; Anthocyanin; Litchi fruit

荔枝 (*Litchi chinensis* Sonn.) 果实是原产我国南方的亚热带名果, 素有“中华之珍果”的美称, 是我国在国际市场上最具竞争力的果品之一。荔枝果实味佳、色美、营养丰富, 深受国内外消费者的喜爱。但由于其采收在盛夏高温季节, 加上其结构特殊, 代谢旺盛, 采后极易褐变和腐烂变质, 难于贮藏, 特别是在常温下, 采后一日色变, 二日味变, 三四日色香味均变。

荔枝果实的采后生理及褐变, 前人已开展了研究, 但结果差异较大。一般认为, 荔枝采后褐变是由于多酚氧化酶^[1-4]、失水^[5]、病原菌侵染^[6]及花色苷的变化^[7]及其他一些不明因素等原因引起。但这些因素如何导致褐变仍不清楚, 尤其荔枝果皮褐变机理, 现仍知之甚少。目前采用低温冷藏、药物处理、气调贮藏、改善包装及熏蒸浸酸等方法, 对控制荔枝采后褐变和腐烂有一定效果^[8,9]。但仍未能完全解决问题。

Pro-long 涂膜是脂肪酸蔗糖酯和羧甲基纤维素钠盐的复合物, 适用于水果的涂膜。在香蕉果实上应用 Pro-long 涂膜处理, 可以抑制果实组织与外界通过果皮气孔而实现的气体交换, 从而延长果实的后熟^[10,11]。

荔枝果皮的褐变长期以来是阻碍荔枝果实货架期的延长和远销的重要因素。因此, 探索用涂膜方法控制荔枝采后褐变, 以提高荔枝果实的商品价值, 延长供销期, 调剂市场, 具有重要意义。

1 材料和方法

植物材料 成熟的荔枝 (*Litchi chinensis* Sonn. cv. Huaizhi) 果实采于广州郊区。采后剔除虫、烂、机械伤果, 选取色泽基本一致的果实, 先以 0.1% 特克多浸果 2 min, 然后分别以 1.5% 和 2.5% 的 Pro-long 溶液处理果实, 凉干, 以塑料小盒作外包装, 每盒 15 个果实, 用 0.1% 特克多处理但不涂膜果实作对照。果实贮藏于 $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 90% 相对湿度条件下。

Hunter L a 和 b 色度值的测定 用 ERICHSEN 511 型色度计, 按 Little^[12] 的方法测定。用于测定的果实都作标记, 在整个测定过程中, 同一果实在三维方向的六个位置取值, 所得色度值为 15 次重复的平均值。

果实花色苷、类黄酮和总酚含量的测定 按 Pirie 等^[13] 的方法进行, 将果皮钻取小圆片, 取果皮 2 g 立即以含 1% HCl 的甲醇溶液提取, 定容后, 于 600 nm、530 nm (花色苷)、325 nm (类黄酮)、280 nm (总酚) 测定吸收变化。以 $\Delta A_{530-600 \text{ nm}}=0.1$ 作为一个花色苷单位。类黄酮含量直接以 $A_{325 \text{ nm}} \text{ g}^{-1} \text{ FW}$ 表示。总酚以没食子酸作标准曲线加以计算。

多酚氧化酶活性的测定 2 g 果皮加 0.05 mol/L pH6.8 的磷酸缓冲液, 4℃ 下研磨提取, 19000 × g 离心 20 min。取上清液参照谭兴杰等^[14] 的方法, 以 4-甲基邻苯二酚为底物作活性测定。反应液总体积 3 ml, 测定波长 398 nm, 酶活性以每 min 光密度变化 0.001 为一个单位。

过氧化物酶活性的测定 2 g 果皮加 0.1 mol/L pH7.1 的磷酸缓冲液, 4℃ 下研磨提取, 1500 × g 离心 20 min。取上清液, 按 Kochba^[15] 等的方法, 测定波长为 470 nm, 扫描 1 min, 以每 min 每 mg 蛋白质的光吸收表示酶的活性。

蛋白质含量的测定 按 Bradford^[16] 的方法测定酶提取液的蛋白质含量。

数据统计分析 测定所得的果实色度值和酶活性值分别为 15 次重复测量和三次重复分析的平均值。变异和邓肯氏复极差分析的显著水平为 0.05。

2 试验结果

2.1 Pro-long 涂膜对果实色度的影响

采收后的荔枝随着果实逐渐衰老, 果皮的色泽明显褐变, 应用测定 Hunter L、a、b 的系统数值, 能更客观地表示 Pro-long 涂膜处理与对照之间荔枝果皮颜色变化的差异。测定结果如表 1 所示。处理和对照果实的 Hunter L 值随时间而持续下降, 表明果实的色泽逐渐变黑, 而且处理的 Hunter L 值的减少明显较对照的慢 ($P < 0.05$)。与 Hunter L 值的变化相似, 对照和处理的 Hunter b 值也在贮藏过程中明显下降, 而且, 处理其下降也明显较对照的慢 ($P < 0.05$)。对照和处理的 Hunter a 值在贮藏过程中也缓慢下降, 但在贮藏的 21 天内, 对照与处理之间无明显差异, 而贮藏 21 d 后处理 Hunter a 值的下降明显较对照慢 ($P < 0.05$)。Hunter b 值的下降表明贮藏果实的黄色特性逐渐减少, 同时, Hunter a 值的变化表示贮藏果实在开始 21 d 内红色特性保持相对稳定, 而后这种红色特性逐渐减少。Hunter L、a、b 值的变化与我们外观上所观察到的果实逐渐变成暗红和褐变是相一致的。Hunter 色度值变化的差值 ΔE 的变化表明, 处理果实色度变化的程度明显小于对照果实 ($P < 0.05$)。然而, 并未发现 1.5% Pro-long 处理和 2.5% Pro-long 处理之间有明显的差别 ($P > 0.05$)。

2.2 果实花色苷、类黄酮和总酚含量的变化

荔枝果实花色苷的变化如图 1 所示。对照和处理果实花色苷含量在贮藏开始的 20 d 内很缓慢地下降, 之后明显地下降。处理果实的花色苷含量下降明显地较对照慢 ($P < 0.05$), 但 1.5% 处理和 2.5% 处理的差别不明显。荔枝果实类黄酮的含量变化如图 2 所示。在果实贮藏开始的 20 d 内, 对照和处理的类黄酮含量均逐步减少, 之后明显减少。处理果实的类黄酮含量的减少明显较

对照慢 ($P < 0.05$)。荔枝果实的总酚含量在贮藏过程中持续逐步减少, 处理果实总酚含量的减少明显较对照慢, 但两个处理之间的差别也不明显(图3)。花色苷、类黄酮和总酚的变化规律与 Hunter 色度值的变化是相对应的。

表1 Pro-long 涂膜处理对采后贮藏过程中荔枝果实 Hunter 色度变化的影响

Table 1 Effect of Pro-long coating on changes in Hunter colour dimensions during postharvest storage of litchi fruits

天数 days	L值			a值			b值			△E		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
0	29.80a	29.88a	29.91a	50.63a	50.53a	50.87a	11.35a	11.58a	11.19a	0a	0a	0a
4	28.98ab	29.39ab	29.87a	50.52ab	50.53a	50.73ab	11.10ab	11.49ab	10.82ab	0.86a	0.50a	0.40a
7	28.68ab	29.20ab	29.66ab	50.32ab	50.23ab	50.78a	9.67abc	10.40abc	10.23abc	1.89a	1.39a	1.00a
10	28.27ab	28.76abc	29.43ab	50.01abc	50.42ab	50.84a	9.62abc	10.15abcd	9.92abcd	2.39ab	1.82a	1.36a
12	27.49bc	28.41bcd	28.98abc	49.85abc	49.35abc	49.85abc	9.69abc	10.11abcd	9.89abcd	2.95ab	2.39ab	1.88a
14	27.45bc	28.35bcd	28.87abc	49.92abc	49.42abc	49.84abc	9.38abc	10.01bcde	9.71bcd	3.15ab	2.46ab	2.08ab
17	26.68cd	27.56cde	28.46bcd	49.65abc	49.35abc	49.35abc	8.83cd	9.20cdef	9.19cde	4.13b	3.53b	2.90ab
19	26.52cd	27.29def	28.35bcd	49.47bc	49.28bc	49.30abc	8.24cd	8.88defg	9.27cde	4.67bc	3.94b	2.93ab
21	26.45cd	27.27def	27.89cde	49.48bc	49.48abc	49.22bc	7.95cd	8.62efg	8.62def	4.91bcd	4.08bc	3.66b
24	25.91cde	27.24def	27.24def	48.63c	49.37abc	49.06c	7.45de	8.32fgh	8.17efg	5.86cd	4.35bc	4.42bc
26	25.23de	26.62efg	26.80efg	47.86cd	49.12c	49.12c	7.39de	7.94fgh	8.12efg	6.65d	5.09bcd	4.71bc
28	24.71e	26.17fg	26.46fg	46.45d	48.44c	48.42c	6.07e	7.56gh	7.39fg	8.44de	5.86cd	5.69cd
31	24.65ef	25.64gh	25.86gh	44.78e	46.42d	46.45d	5.82e	7.08h	6.78g	9.56e	7.32d	7.44d
33	23.17f	24.50h	24.62h	42.68f	44.84e	44.87e	3.46f	5.26i	4.92h	13.02f	10.06e	10.16e

a-i 表示根据邓肯氏复极方差分析。同栏中相同字母者其差异不显著(5%); Means with the same letter within the same column are not significantly different according to Duncan's multiple range test, $P=0.05$

I=对照 Control; II=1.5% Pro-long 处理; III=2.5% Pro-long 处理

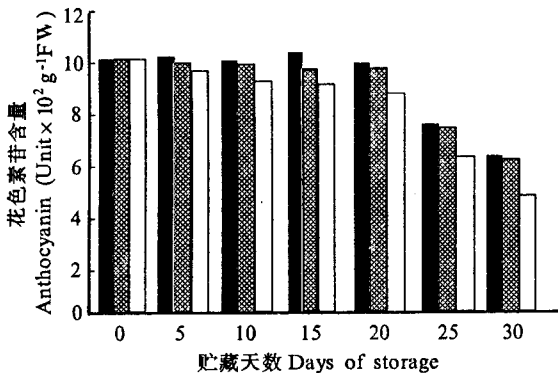


图1 荔枝果实贮藏过程中果皮花色苷含量的变化
Fig. 1 Changes in anthocyanin content in litchi peel during storage

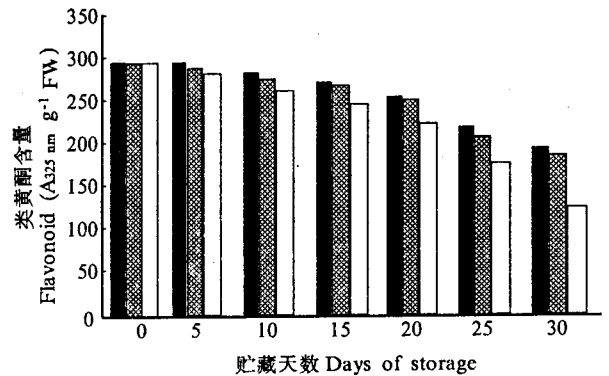


图2 荔枝果实贮藏过程中果皮类黄酮含量的变化
Fig. 2 Changes in flavonoid content in litchi peel during storage

■ 2.5% Pro-long 处理; ▨ 1.5% Pro-long 处理; □ Control 对照 (图3、4、5同) (The same in Figs. 3, 4 and 5)

2.3 Pro-long 涂膜对果皮多酚氧化酶和过氧化物酶的影响

荔枝果皮多酚氧化酶和过氧化物酶活性的变化分别如图4、5所示。在果实贮藏开始的14 d

内多酚氧化酶和过氧化物酶的变化不明显。14 d以后,对照的多酚氧化酶活性增加,至26 d达到高峰,然后下降,与对照比较,处理的多酚氧化酶活性增加较缓慢,在31 d时达到高峰,然后下降,但两处理之间的差别不明显。对照和处理的过氧化物酶活性在14 d以后,持续逐步增加,对照的过氧化物酶活性明显高于处理,而两处理之间未有明显差别。

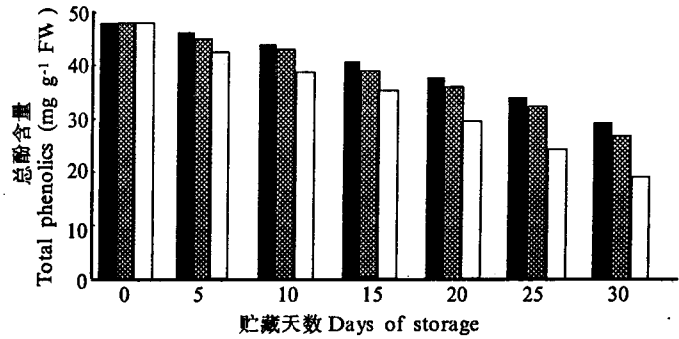


图3 荔枝果实贮藏过程中果皮总酚含量的变化

Fig. 3 Changes in content of total phenolics in litchi peel during storage

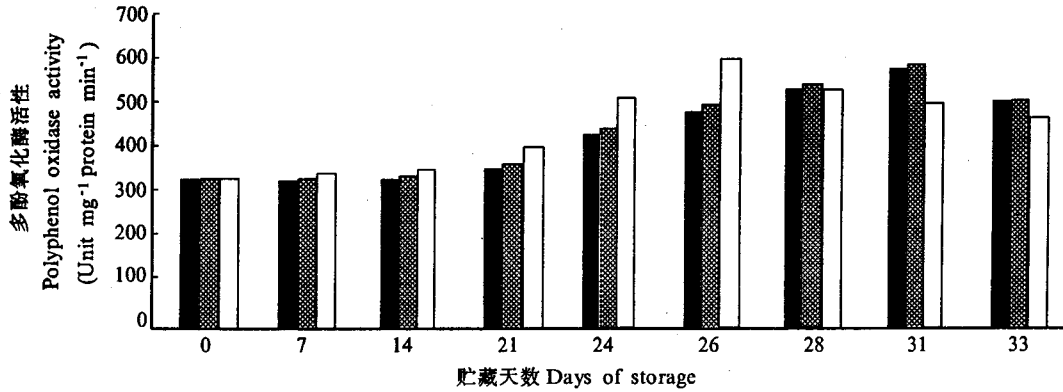


图4 荔枝果实贮藏过程中果皮多酚氧化酶活性的变化

Fig. 4 Changes in polyphenol oxidase activity in litchi peel during storage

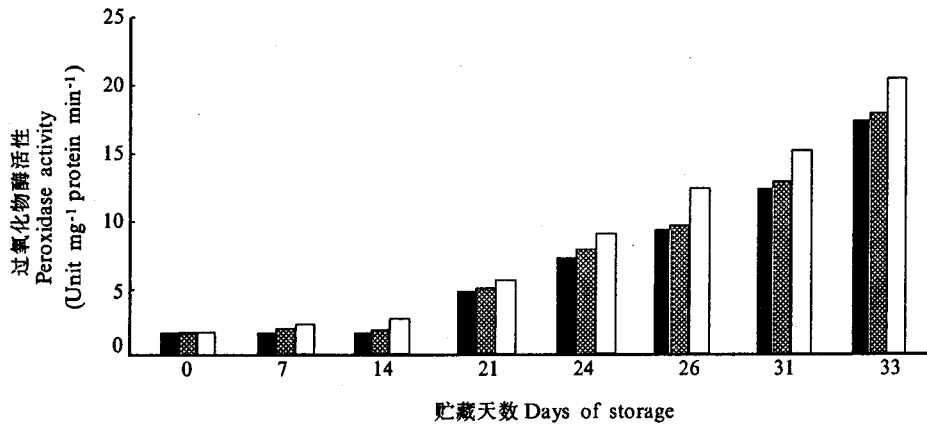


图5 荔枝果实贮藏过程中果皮过氧化物酶活性的变化

Fig. 5 Changes in peroxidase activity in litchi peel during storage

3 讨论

多酚氧化酶是植物体内普遍存在的一种氧化酶,在植物体中具有多种功能。它催化酚类化合物氧化为醌和水,致使果蔬组织褐变;多酚氧化酶也可使花色苷降解,使果蔬变色^[7]。林植芳等^[3]认为果皮过氧化物酶可能参与催化酚类物质、谷胱甘肽和抗坏血酸的氧化而使果皮变色。Huang等^[18]认为,果皮过氧化物酶活性的变化可能是褐变的早期标志。酚类化合物的氧化是导致果皮褐变的重要因素^[19]。而这些变化过程都需要在氧的参与下进行的。

Pro-long涂膜在香蕉上应用可以抑制果实组织与外界的气体交换,从而延长了果实的后熟^[10,11]。在我们的研究中,Pro-long涂膜应用于荔枝果实可使其果皮与外界之间形成一道保护层,使果皮的酶促褐变反应所需要的氧得不到充足的供给,减缓了果皮的花色素苷、类黄酮、总酚含量的下降,推迟了果皮多酚氧化酶活性高峰的出现,部分地降低了过氧化物酶活性的增加。这些变化与果实外观和Hunter色度值的测定结果是对应的,表明处理果实的色泽变化被延缓了。此外,Pro-long涂膜的应用也可控制荔枝果皮失水,对延缓果皮的褐变起积极的作用。2.5%和1.5%两个浓度处理之间的差异不明显,我们认为,增加Pro-long涂膜浓度并未能更好地增加其控制褐变的效果,从商业角度上说,1.5%的Pro-long涂膜处理是较经济的。

荔枝果实的褐变的控制是一项综合技术。我们认为Pro-long涂膜应用于荔枝果实,在延缓零上低温贮藏果实的衰老褐变方面有一定效果,因而也可作为荔枝果实贮藏保鲜综合技术措施之一。

参考文献

- 1 广东荔枝协作组. 防止速冻荔枝果皮变褐的研究. 植物学报, 1975, 17(4):303-308
- 2 林植芳, 李双顺, 张东林等. 采后荔枝果皮色素、总酚及有关酶活性的变化. 植物学报, 1988, 30(1):40-45
- 3 林植芳, 李双顺, 张东林等. 采后荔枝果实中氧化和过氧化作用的变化. 植物学报, 1988, 30(4):382-387
- 4 谭兴杰, 周永成. 荔枝果皮多酚氧化酶促褐变的研究. 植物生理学报, 1987, 13(2):197-203
- 5 Scott K J, Brown B I, Chaplin G R et al. The control of rotting and browning of litchi fruit by hot benomyl and Plastic film. *Sci Hort*, 1982, 16(3):253-262
- 6 陈维信. 荔枝贮藏保鲜研究概况. 荔枝科技通讯, 1984, 3-4:47-51
- 7 Underhill S J R, Critchley C. Anthocyanin decolourisation and its role in lychee pericarp browning. *Aust Exp Agri*, 1994, 34:115-122
- 8 陈绵达, 张东林. 荔枝贮藏保鲜技术及采后生理研究. 中国果品研究, 1988, 4:1-4
- 9 Nip W K. Handling and preservation of lychee with emphasis on colour retention. *Tropical Sci*, 1988, 28:5-11
- 10 Banks N H. Some effects of TAL Pro-long coating on ripening bananas. *J Exp Bot*, 1984, 35:127-137
- 11 Banks N H. Studies of the banana fruit surface in relation to the effects of TAL Pro-long coating on gaseous exchange. *Sci Hort*, 1984, 24:279-286
- 12 Little A C. Off on a tangent. *J Food Sci*, 1975, 40:410
- 13 Pirie A, Mullins M G. Changes in anthocyanin and phenolic content of grapevine leaf and abscisic acid. *Plant Physiol*, 1976, 58:468-472

- 14 谭兴杰, 李月标. 荔枝果皮多酚氧化酶的部分纯化及性质. 植物生理学报, 1984, 10(4):339-345
- 15 Kochba J, Lavee S, Spiege-Roy P. Differences in peroxidase activity and isoenzymes in embryogenic and non-embryogenic 'Shamouti' orange ovular callus lines. *Plant Physiol.*, 1977, 18:463
- 16 Bradford M M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein using the principle of protein-dye binding. *Anal Biochem*, 1976, 72:248-254
- 17 董建华. 几种热带水果的褐变与多酚氧化酶. 热带作物研究, 1990, 2:92-99
- 18 Huang S, Hart H, Wicker L. Enzymatic and colour changes during post-harvest of lychee fruit. *J Food Sci*, 1990, 55(6):1762-1763
- 19 Macheix. *Fruit Phenolics*. CRC Press, Inc 1990, 1-15