

纯氧对荔枝果实贮藏期间果皮褐变和 细胞超微结构的影响

段学武, 蒋跃明*, 苏新国, 宋丽丽, 李月标, 林文彬

(中国科学院华南植物园, 广州 510650)

摘要:研究了纯氧对荔枝果皮褐变和细胞超微结构的影响。结果表明, 100% O₂ 显著抑制了荔枝果皮褐变, 在 100% O₂ 下贮藏 6 d 的荔枝果实, 中果皮细胞的细胞器和膜系统的完整性保持较好, 而细胞膜透性较低, 因此, 认为高氧抑制荔枝果皮褐变与其维持细胞膜的完整性相联系。

关键词:荔枝; 果实褐变; 超微结构; 纯氧; 果实贮藏

中图分类号: S 667.109.3

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395 (2004) 06-0565-04

Effects of Pure Oxygen on Browning in Litchi Fruit and Changes in Ultrastructure of Peel Tissue during Storage

DUAN Xue-wu, JIANG Yue-ming, SU Xin-guo, SONG Li-li, LI Yue-biao, LIN Wen-bin

(South China Botanical Garden, the Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China)

Abstract: Experiments were conducted to test the effects of pure O₂ on browning of litchi (*Litchi chinensis* Sonn. cv. Huaizhi) fruit in relation to the changes in ultrastructure of peel tissue. Litchi fruits were kept in air or pure O₂ for 6 days at 28°C. Browning index and relative leakage rate were determined, and the changes in cellular ultrastructure was observed. Application of pure O₂ significantly prevented browning and delayed the increase of membrane permeability in litchi fruit pericarp. Exposure of litchi fruits to pure O₂ resulted in a delayed breakdown of cytoplasm and various organelles, which might account for the maintenance of cell membrane integrity. It is suggested that the partial protection from breakdown of cellular integrity of litchi fruits by pure O₂ treatment could reduce browning.

Key words: *Litchi chinensis* Sonn.; Fruit browning; Ultrastructure; Pure oxygen; Fruit storage

荔枝果皮褐变是限制长期贮运、导致货架寿命缩短及果实商品价值下降的主要因素。目前采用低温和气调贮藏、药物处理、改进包装、熏硫和浸酸处理等措施, 对控制荔枝果实采后褐变有较好的效果^[1], 但化学处理存在药剂残留, 而包装贮藏则易导致袋内 O₂ 浓度偏低、CO₂ 偏高, 形成无氧酵解, 积累乙醛乙醇等异味物质, 因此, 还未能完全解决生产中存在的问题。有研究表明, 高氧处理可降低某些果蔬的呼吸作用和乙烯的合成, 减缓果蔬褐变, 提

高果蔬的保鲜效果^[2,3]。本试验以荔枝为材料, 研究了纯氧对荔枝常温贮藏过程中果皮褐变的影响和细胞超微结构的变化。

1 材料和方法

材料 供试品种为淮枝 (*Litchi chinensis* cv. Huaizhi), 采自广东省从化市。采后立即运回实验室, 选取无病虫害、成熟度约 8.5 成 (果皮大部分红色, 龟裂沟尚有部分黄色, 内果皮白色或微红) 的荔

收稿日期: 2004-01-13 接受日期: 2004-04-01

基金项目: 国际科学基金(E2265/3F); 国家自然科学基金(39900102) 资助

通讯作者 Corresponding author

荔枝实用防腐剂“施保功”溶液(0.5 g L⁻¹)浸泡 1 min, 晾干备用。

处理 将果实置于 6 L 的玻璃瓶中, 密封后在常温(28–35℃)下用 100% O₂ 处理 6 d (对照为空气处理), 气流先通过蒸馏水瓶加湿, 流速为 30 ml min⁻¹。每处理果实为 1.5 kg 左右, 重复 5 次。在处理的第 2、4、6 天分别取样测定。

褐变指数的测定 参照 Jiang 等^[4]的方法, 以不少于 30 个的荔枝果实计算褐变指数。褐变指数 = $\Sigma(\text{褐变级数} \times \text{果数}) / \text{总果数}$ (褐变级数的确定: 1 级果为全红, 2 级果为果皮轻微褐变, 3 级果为果皮褐变面积 5%–25%, 4 级果为果皮褐变面积 26%–50%, 5 级果为果皮褐变面积大于 50%)。

细胞膜透性测定 取 15 个荔枝果实, 用直径 10 mm 的打孔器打 15 个果皮圆片, 以蒸馏水清洗 3 次后用滤纸吸干, 然后放入 50 ml 具塞刻度试管中, 加入 20 ml 0.3 mol/L 甘露醇。静置 30 min 后用 DDS-11A 型电导仪测电导率; 然后煮沸 30 min, 冷却至室温, 再测电导率, 以前后两次电导率之比所得的相对电导率表示细胞膜透性。

果皮超微结构透射电镜的观察 参照黄旭明等的方法^[5], 略有改进。将荔枝果皮切成约 1 mm × 5 mm 大小的方块, 立即投入预冷的 5% 戊二醛固定液(用 0.1 mol/L pH 7.2 磷酸缓冲液配制, 内含 0.5% 的抗坏血酸)中作前固定, 真空抽气 10 min, 4℃ 低温过夜。经 0.1 mol/L pH 7.2 磷酸缓冲液漂洗数次后, 用 1% 的四氧钼酸作后固定。放置 30 min, 再经磷酸缓冲液漂洗数次, 常规乙醇系列脱水, 醋酸树脂包埋, LKB 型超薄切片片机切片, 醋酸铀、柠檬酸铅双重染色, 在 JEM1010 型透射电镜下观察并拍照。

2 结果和分析

2.1 果皮褐变

从图 1A 可看出, 荔枝在采后贮藏过程中褐变指数逐渐增加。贮藏 6 d 后, 对照和纯氧处理的果皮褐变指数分别为 4.59 和 3.77, 表明纯氧处理抑制了果皮褐变。Lu 和 Toivonen、郑永华等分别在苹果切片和枇杷果实上观察到相似的结果^[2,3]。

2.2 果皮细胞膜透性

图 1B 表明, 在贮藏过程中果皮细胞膜透性表现出与果皮褐变指数相似的变化趋势。当果皮褐变时, 细胞膜透性迅速增加。统计分析表明两者呈显著正相关($r=0.988$), 说明细胞膜透性的增加与果皮

褐变关系密切。贮藏 6 d 时, 纯氧处理的果皮细胞膜透性仅为对照的 63.7%, 表明纯氧处理显著降低了荔枝果皮细胞膜透性的增加。

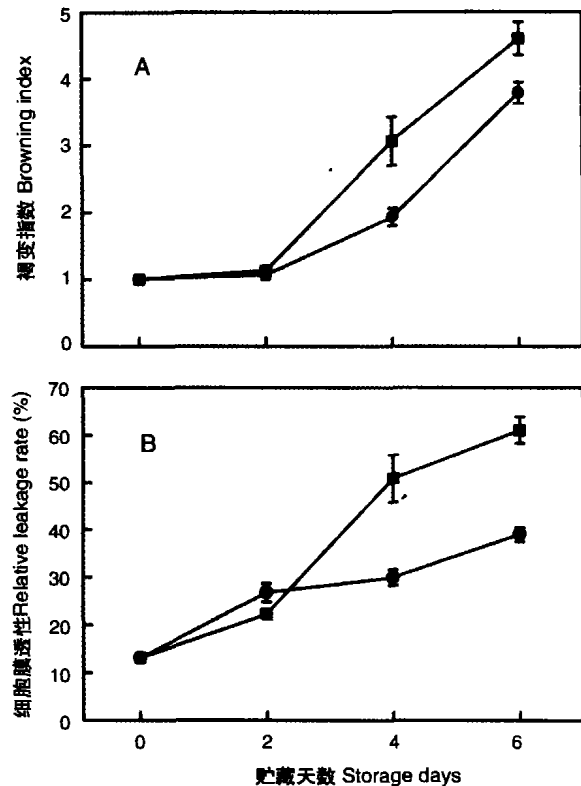


图 1 纯氧对荔枝常温贮藏期间果皮褐变(A)和细胞膜透性(B)的影响
Fig. 1 Effect of pure oxygen on peel browning and relative leakage rate in litchi fruit during storage at room temperature
■对照 Control ●纯氧 Pure oxygen

2.3 果皮超微结构

图 2A–E 是刚采收的荔枝中果皮细胞的超微结构情况。细胞内含物丰富, 细胞为一个大的液泡所占据, 而细胞器则集中在靠近质膜附近(图 2A)。电镜观察还表明中果皮细胞中细胞核、质膜(图 2A)、线粒体(图 2B)、内质网(图 2C)、小液泡(图 2D)和叶绿体(图 2E)等结构完整清晰; 但随着贮藏时间的延长(室温贮藏 4–6 d), 细胞质收缩成丝状致密结构, 没有完整的细胞器存在, 并且出现质壁分离现象和形成一些有色体(图 2F–H)。

经纯氧处理的荔枝果实在贮藏 4 d 后, 果皮细胞结构基本不受影响, 细胞内含物较多, 线粒体、叶绿体、内质网、小液泡和质膜等清晰可见(图 2I), 并且可以看到线粒体嵴(图 2J)和叶绿体的片层结构(图 2K); 贮藏 6 d 后, 细胞内细胞器数量变少, 大液泡的液泡膜变得模糊(图 2L), 但仍能观察到完整的线粒体结构(图 2M)。

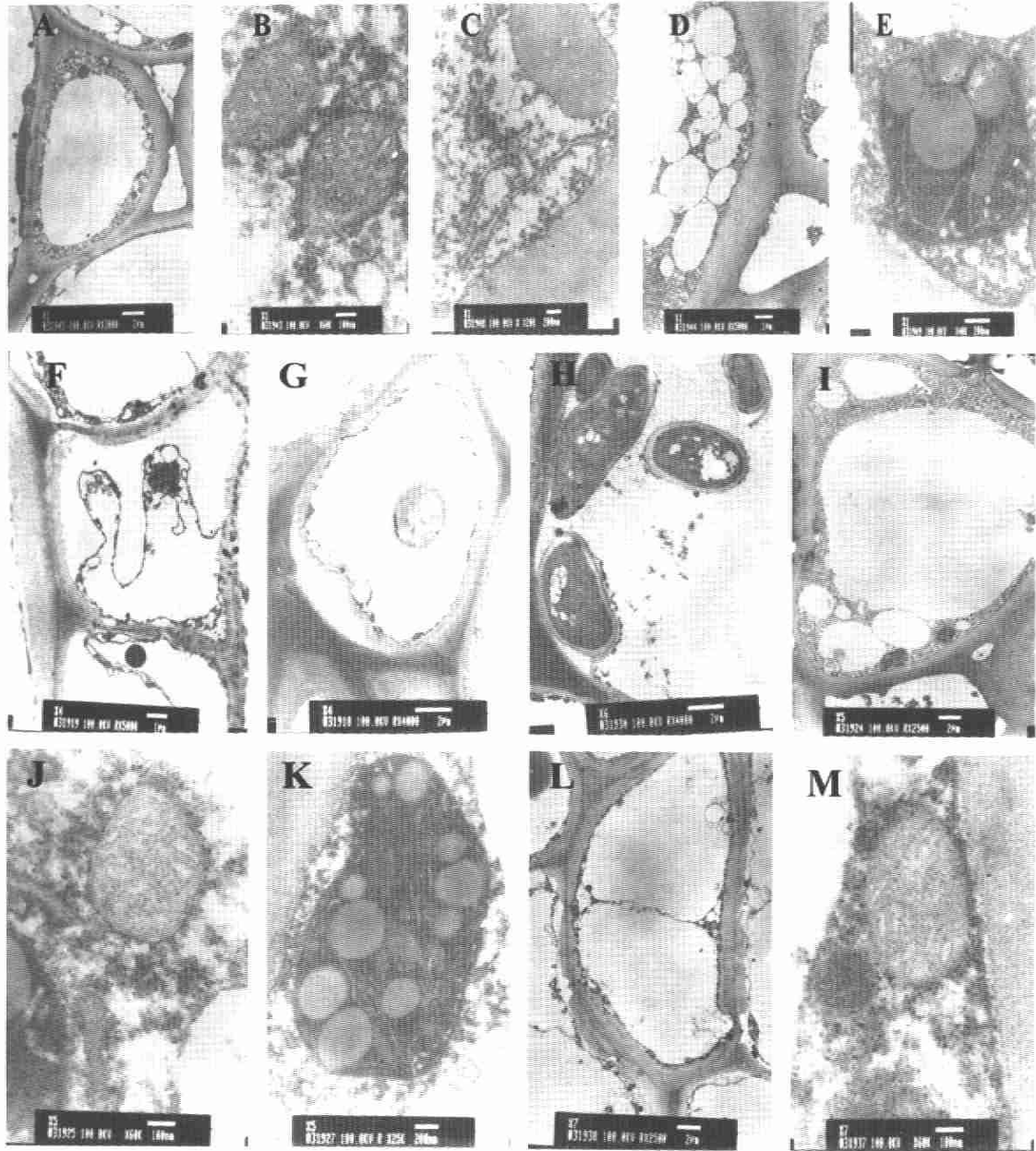


图 2 荔枝贮藏过程中果皮超微结构的变化

Fig. 2 Changes in cellular ultrastructure of litchi fruit peel during storage

A-E: 贮藏 0 d Stored for 0 day, A.×3 000, B.×60 000, C.×20 000, D.×5 000, E.×40 000;

F-G: 空气下贮藏 4 d Kept in atmosphere for 4 days, F.×5 000, G.×4 000;

H: 空气下贮藏 6 d Kept in atmosphere for 6 days, H.×4 000;

I-K: 纯氧下贮藏 4 d Kept in pure oxygen atmosphere for 4 days, I.×2 500, J.×60 000, K.×25 000;

L-M: 纯氧下贮藏 6 d Kept in pure oxygen atmosphere for 6 days, L.×2 500, M.×60 000.

果皮褐变是荔枝采后发生的最显著的变化。对于荔枝果皮褐变机理, 一般认为是多酚氧化酶、过氧化物酶催化酚类物质氧化, 形成褐变物质所致^[6,7]。但正常情况下, 多酚氧化酶和酚类物质具区域化分隔。当细胞区域化丧失时, 酶和酚类物质相互接触, 因此, 褐变常和膜的完整性联系在一起^[8]。本试验表明, 荔枝果皮褐变严重时, 细胞膜透性急剧增加, 褐

变指数与细胞膜透性之间存在显著正相关。纯氧处理显著降低了荔枝果皮细胞膜透性, 果皮褐变程度较轻。透射电镜观察结果表明, 当荔枝果皮褐变严重时, 细胞发生质壁分离, 具有膜结构的细胞器基本消失, 液泡膜也不复存在, 表明细胞膜结构完整性已完全丧失。在纯氧条件下, 荔枝果实贮藏 4 d 后, 果皮组织细胞器和膜结构的完整性保持良好;

贮藏 6 d 后,细胞结构的完整性才部分丧失,这与细胞膜透性的变化趋势相一致,说明纯氧处理抑制荔枝果皮褐变与其维持细胞结构的完整性有关。

参考文献

- [1] Jiang Y M, Yao L H, Lichter A, et al. Postharvest biology and handling of litchi fruit [J]. *Inter J Food Agri Envir*, 2003, 1:1-9.
- [2] Lu C W, Toivonen P M A. Effect of 1 and 100 kPa O₂ atmospheric pretreatments of whole 'Spartan' apples on subsequent quality and shelf life of slices stored in modified atmosphere packages [J]. *Postharv Biol Techn*, 2000, 18:99-107.
- [3] Zheng Y H(郑永华), Su X G(苏新国), Li Q S(李欠盛), et al. The effect of high oxygen on respiratory rate, polyphenol oxidase activity and quality in postharvest Loquat fruits [J]. *Plant Physiol Comm* (植物生理学通讯), 2000, 36(4):318-320. (in Chinese)
- [4] Jiang Y M. Role of anthocyanins, polyphenol oxidase and phenols in lychee pericarp browning [J]. *J Sci Food Agri*, 2000, 80:305-310.
- [5] Huang X M(黄旭明), Wang H C(王惠聪), Wang H B(黄辉白). An improvement on the fixation of samples for transmit electron microscopic [J]. *Plant Physiol Comm*(植物生理学通讯), 2002, 38(2):159-160. (in Chinese)
- [6] Tan X J(谭兴杰), Zhou Y C(周永成). Studies on the enzymatic browning of *Litchi chinensis* pericarp by polyphenol oxidase [J]. *Acta Phytophysiol Sin* (植物生理学报), 1987, 13:197-203. (in Chinese)
- [7] Lin Z F(林植芳), Li S S(李双顺), Zhang D L(张东林), et al. The changes of oxidation and peroxidation in postharvest litchi fruit [J]. *Acta Bot Sin* (植物学报), 1988, 34(4):383-387. (in Chinese)
- [8] Jiang Y M(蒋跃明), Chen M D(陈绵达), Lin Z F(林植芳), et al. The relationship between peel browning and change of membrane structure during low temperature storage of banana [A]. In: *Acta Botanical Austro Sinica Vol.6* [C]. Beijing: Science Press, 1990. 145-151. (in Chinese)