

文章编号: 1001-411X(2001)04-0011-04

乙烯与 1-甲基环丙烯对荔枝采后果皮褐变的影响

庞学群¹, 张昭其², 段学武², 季作梁²

(1 华南农业大学生物技术学院, 广东 广州 510642; 2 华南农业大学园艺系, 广东 广州 510642)

摘要: 乙烯处理虽然诱导了荔枝果皮多酚氧化酶(PPO)及过氧化物酶(POD)活性的提高, 在一定程度上提高了荔枝果实的乙烯释放量和呼吸速率, 但对果皮褐变指数和果实营养成分没有显著影响; 1-甲基环丙烯(1-MCP)处理对荔枝果实的呼吸、乙烯、PPO、POD 及营养成分均无显著影响, 也不能延缓果皮褐变, 表明荔枝果皮褐变是一个对乙烯不敏感的生理过程, 也表明了果皮褐变不能简单地归结为 PPO 及 POD 催化的酶促褐变。

关键词: 荔枝; 果皮褐变; 乙烯; 1-甲基环丙烯

中图分类号: S667.3

文献标识码: A

果皮褐变是限制荔枝长期贮藏、缩短货架寿命及降低荔枝商品价值的主要因素, 但对于荔枝果皮褐变机理目前仍然未能取得一致的认识^[1,2]。影响荔枝果皮褐变的外界因素很多, 如果皮失水、冷害、热损伤及病虫害等, 但对乙烯是否促进荔枝果皮褐变目前尚有争论^[1,2]。江建平^[3]认为, 乙烯可通过影响多酚氧化酶(PPO)、过氧化物酶(POD)的活性来间接影响果皮褐变。陈芳等^[4]发现, 应用乙烯吸收剂可提高贮藏荔枝的好果率。因此, 乙烯促进荔枝果皮褐变的观点得到较多的认同。但考虑到荔枝属非呼吸跃变型果实, 乙烯即使对果皮褐变有影响, 也应在较低水平起作用。Underhill 等^[5]也认为, 乙烯是否促进荔枝果皮褐变尚需进一步探讨。1-甲基环丙烯(1-MCP)是近年来发现的一种乙烯受体抑制剂, 它能不可逆地作用于乙烯受体, 阻断乙烯与受体的正常结合, 从而抑制乙烯诱导的果蔬、切花的后熟或衰老, 也被广泛用于研究乙烯对植物的有关生理生化反应^[6]。本文用外源乙烯和 1-MCP 处理荔枝果实, 探讨乙烯和 1-MCP 对荔枝采后果皮褐变及与褐变有关的生理变化的影响, 以进一步了解荔枝果皮的褐变机理, 为荔枝的贮运保鲜提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料及处理

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)的荔枝果实用防腐剂“施保功”溶液(0.5 g/L)浸泡 1 min, 晾干, 分置于

塑料篮中, 分 3 组密封于泡沫箱中, A、对照(CK), 不作任何处理; B、用 1 mL/L 乙烯气体处理(Eth); C、用 500 nL/L 的 1-甲基环丙烯(1-MCP)气体处理(1-MCP), 1-MCP 由美国 Rohm-Hass 公司惠赠。20℃中处理 24 h 后取出, 塑料篮用 0.03 mm 厚的打孔聚乙烯薄膜袋包装, 置于 20℃环境中贮藏。每篮约 1.5 kg 荔枝果实, 每处理重复 3 次。

1.2 方法

1.2.1 呼吸强度和乙烯释放量的测定 参照张昭其的方法进行^[6], 随机取果 10 个, 置于 1 350 mL 密封罐中, 20℃下密闭 3 h 后抽气 1 mL, 用 Hitachi 气相色谱仪测定 CO₂ 和乙烯的浓度, 重复 3 次。

1.2.2 多酚氧化酶(PPO)活性的测定 参照蒋跃明等^[7]的方法, 取 2 g 果皮, 加入 10 mL 0.2 mol/L pH 6.8 柠檬酸-磷酸缓冲液及 0.4 g 聚乙烯吡咯烷酮(PVP), 冰浴研磨, 4℃下 12 000 r/min 离心 15 min, 上清液用于酶活性测定。3 mL 反应液中含有: 上述柠檬酸-磷酸缓冲液、10 mmol/L 邻苯二酚、0.1 mL 酶液。测定 $D_{398\text{ nm}}$ 值的变化, 以每分钟 $\Delta D_{398\text{ nm}}$ 变化 0.01 表示 1 个酶活性单位(U)。

1.2.3 过氧化物酶(POD)活性测定 参照陈贻竹^[8]的方法, 取 2 g 果皮, 加入 10 mL 0.15 mol/L pH 7.0 磷酸缓冲液及 0.4 g PVP, 冰浴研磨, 4℃下 12 000 r/min 离心 15 min, 上清液用于酶活性测定。3 mL 反应液中含有: 0.1 mL 愈创木酚($\varphi=4.0\%$, 过饱和), 0.1 mL 过氧化氢($w=0.46\%$)、0.05 mL 酶液、2.75 mL 磷酸缓冲液, 测定 $D_{470\text{ nm}}$ 值的变化, 以每分钟 $\Delta D_{470\text{ nm}}$ 变化 0.01 表示 1 个酶活性单位(U)。

1.2.4 荔枝果皮褐变指数的测定 参照 Scott 等的

收稿日期: 2001-03-19 作者简介: 庞学群(1968-), 女, 讲师, 学士。 通讯作者: 张昭其(1965-), 男, 副研究员, 硕士。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(39900102), 广东省自然科学基金资助项目(980165)

1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

方法确定荔枝果皮褐变级数,以不少于 30 个的荔枝果实计算褐变指数^[9].褐变指数=∑(褐变级数×果数)/总果数,其中 1 级果为全红,5 级果为全褐.

1.2.5 果肉营养成分的测定 可溶性固形物含量采用折光仪法、可滴定酸含量采用 NaOH 滴定法、维生素 C 含量采用 2,6-二氯酚法.

2 结果与分析

2.1 乙烯与 1-MCP 处理对荔枝果实呼吸强度的影响

从图 1 可知,乙烯处理果实,在第 2 d 时呼吸强度比对照显著提高,但随后呼吸强度就降低,最后与对照趋于一致,符合非跃变型果实对乙烯处理的反应规律.1-MCP 处理对果实呼吸强度具有一定的抑制作用,但与对照相比未达到差异显著水平.

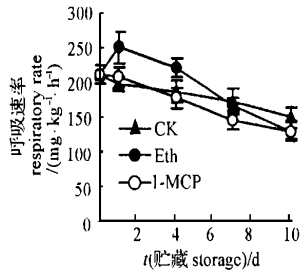


图 1 乙烯与 1-MCP 对荔枝果实呼吸强度的影响
Fig. 1 Effects of ethylene and 1-MCP on respiratory rate of litchi fruit

2.2 乙烯与 1-MCP 处理对荔枝果实乙烯释放率的影响

从图 2 可知,荔枝在采后贮藏期中乙烯释放量一直很低,有缓慢降低的趋势.荔枝经乙烯处理后,其内源乙烯的释放量显著增加,在整个贮藏期都比对照或 1-MCP 处理的高,1-MCP 处理对荔枝果实的乙烯释放没有显著影响.

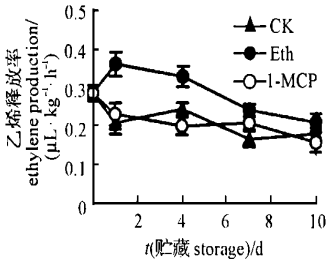


图 2 乙烯与 1-MCP 对荔枝乙烯释放的影响
Fig. 2 Effects of thylene and 1-MCP on ethylene production of litchi fruit

2.3 乙烯与 1-MCP 处理对荔枝果皮 PPO 活性的影响

荔枝果实采后第 2 d, PPO 活性都有所提高,随后逐渐下降.乙烯处理的果实,其 PPO 活性显著高于对照($P < 0.05$),但在贮藏后期果皮严重褐变时与对照趋于一致,1-MCP 处理的与对照无显著差异.

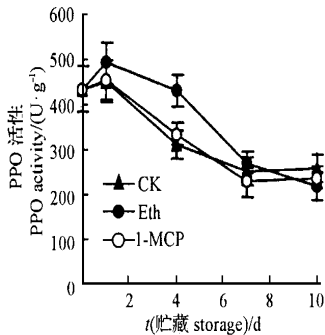


图 3 乙烯与 1-MCP 对荔枝果皮 PPO 活性的影响
Fig. 3 Effects of ethylene and 1-MCP on PPO activity of litchi pericarp

2.4 乙烯与 1-MCP 处理对荔枝果皮 POD 活性的影响

荔枝果实采后其果皮 POD 活性逐渐升高,乙烯处理显著诱导了果皮 POD 活性的提高,并在整个贮藏期维持在较高水平,1-MCP 处理与对照无显著差异.

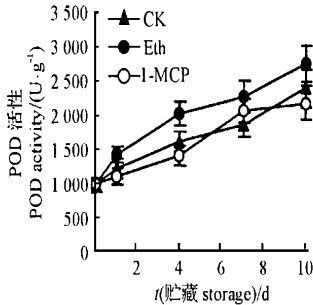


图 4 乙烯与 1-MCP 处理对荔枝果皮 POD 活性的影响
Fig. 4 Effects of ethylene and 1-MCP treatment on POD activity of litchi pericarp

2.5 乙烯与 1-MCP 处理对荔枝果皮褐变指数的影响

从表 1 可知,荔枝采后贮藏过程中,果皮褐变指数逐渐提高,不论是乙烯处理还是 1-MCP 处理与对照均无显著差异.

表 1 乙烯与 1-MCP 处理对荔枝果皮褐变指数的影响

Tab. 1 The effects of ethylene and 1-MCP treatment on browning index of litchi fruit

处 理 treatment	t(贮藏 storage)/ d				
	0	1	4	7	10
CK	1 a	1 a	1.74 a	2.54 a	3.93 a
1-MCP	1 a	1 a	1.77 a	2.63 a	3.86 a
Eth	1 a	1 a	1.82 a	2.68 a	4.06 a

1)表中同列 相同字母表示在 $P=0.05$ 水平上差异不显著 ($n=3$)

2.6 乙烯与 1-MCP 处理对荔枝果实营养成分的影响

从表 2 可知,荔枝果实贮藏 10 d 后,果肉的可溶性固形物含量、维生素 C 含量及可滴定酸都有显著下降,虽然乙烯处理的果实其营养成分下降得比对照快,但未达显著水平,1-MCP 处理对果实的营养成分也无显著影响.

表 2 乙烯和 1-MCP 处理对荔枝果实营养成分的影响

Tab. 2 The effects of ethylene and 1-MCP treatment on chemical composition of litchi fruit (23 ~ 25℃, 10 d)

处理 treatment	w(可溶性 固形物 total soluble substance)/ %	$\rho(\text{Vc})/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	w(可滴定酸度 titrable acidity)/ %
贮藏前 before storage	17.8 a	284.6 a	0.132 a
CK	14.7 b	237.5 b	0.069 b
1-MCP	15.3 b	233.8 b	0.075 b
Eth	14.1 b	218.9 b	0.063 b

1)表中同列 不同字母表示在 $P<0.05$ 水平上差异显著 ($n=3$)

3 讨论

荔枝是一种非呼吸跃变型果实,采后果实的乙烯释放量很低,但呼吸很旺盛,呈逐步下降的趋势.本文的研究表明,荔枝果实经乙烯处理后,果实的呼吸强度提高了,但随后下降,与对照趋于一致,但乙烯释放一直维持在较高水平,乙烯处理果的营养成分含量虽然比对照低,但未达显著水平.1-MCP 处理对荔枝果实的呼吸强度、乙烯释放和营养成分均无显著影响.

江建平等^[3]认为荔枝果皮褐变对乙烯敏感,其主要依据是乙烯利处理可诱导荔枝果实的 PPO、POD 活性,但未提供乙烯利处理对荔枝贮藏期间果皮褐变指数的影响.陈芳等^[4]发现,乙烯吸收剂可提高荔枝果实的好果率,也据此认为乙烯促进果皮褐变.由于荔枝在贮藏中微生物导致的果皮褐变非常严

重,乙烯吸收剂在吸收果实乙烯的同时,也降低了贮藏环境的相对湿度.因此,乙烯吸收剂提高好果率的原因可能在于降低了包装袋中的相对湿度而减少了病理褐变的发生,并不能据此认为荔枝果皮褐变对乙烯敏感.本文用外源乙烯处理荔枝果实,未发现果皮褐变加重的现象,直接说明了这一点.

外源乙烯或乙烯利处理能提高植物的 PPO 及 POD 活性^[3,10,11],本文也得到了类似结果,后期荔枝果皮严重褐变时两种酶活性又与对照趋于一致.乙烯虽然诱导了荔枝果皮 PPO 及 POD 活性的提高,但对果皮褐变却没有显著影响,表明果皮褐变程度不能仅依据 PPO 及 POD 活性的高低来判断.综合国内外对荔枝果皮 PPO 研究的结果,发现荔枝果皮褐变与 PPO 活性变化并不一致^[3].

1-MCP 是近年来新发现的一种乙烯受体抑制剂,能抑制乙烯所诱导的与果蔬、切花后熟或衰老相关的一系列生理生化反应^[3].但在本文中发现,1-MCP 处理对荔枝果实采后的生理变化均无显著影响.一般认为,跃变型果实与非跃变型果实的主要区别之一在于乙烯合成系统的差异,跃变型果实存在乙烯合成系统 I 和系统 II,而非跃变型果实仅存在系统 I^[12].1-MCP 发挥生理作用主要是通过乙烯受体的不可逆结合而阻断乙烯反馈调节的生物合成,即主要是抑制果实系统 II 的乙烯合成.由于荔枝果实属非跃变型果实,不存在乙烯合成系统 II,1-MCP 对荔枝果实的采后生理无显著影响则是显然的了.1-MCP 对非跃变型果实甜橙的采后生理变化和衰老也没有显著作用^[13].

荔枝果皮褐变是一个复杂的生理生化过程.早在 1960 年, Akamine 根据荔枝果皮褐变的现象推测为酶促褐变,认为是 PPO 作用于花色素苷生成了一种称作“类黑精”(melenin)的物质,从而导致果皮褐变.谭兴杰^[14]等通过柱层析从荔枝果皮中分离出 6 种含酚羟基的物质,只有 1 种可被 PPO 催化氧化.近年来的研究表明,荔枝果皮中大量存在的红色色素——花色素苷虽为酚类物质,却并不能作为 PPO 的天然底物^[7].可见,采后荔枝果皮的迅速褐变还存在着其他影响因素,不能简单地把它归结为 PPO 及 POD 催化的酶促褐变.

荔枝果皮褐变是许多生理生化过程的综合反应,涉及到酶促褐变、活性氧代谢、花色素苷的降解等多个方面.荔枝果皮花色素苷是如何降解的,目前了解得还很少,尚有待进一步研究.

参考文献:

[1] 张昭其, 庞学群. 荔枝果皮的褐变机理[J]. 侯喜林, 常

- 有宏. 园艺学进展: 第2辑[C]. 南京: 东南大学出版社, 1998. 261—265.
- [2] UNDERHILL S J R. Current trends: pericarp browning of litchi fruits [A]. XIANG C Y. International symposium on postharvest science and technology of horticultural crops[C]. Beijing: China Agricultural Science Press, 1995. 221—227.
- [3] 江建平, 苏美霞, 李沛文. 荔枝果实在发育和采后的乙烯产生及其生理作用[J]. 植物生理学报, 1986, 12(1): 95—103.
- [4] 陈芳, 李月标, 陈绵达. 荔枝果实在贮藏中乙烯的产生和控制[J]. 园艺学报, 1986, 13(2): 151—156.
- [5] SISLER E C, SEREK M. Inhibitors of ethylene response in plant at the receptors level: recent development[J]. Physiol Plant, 1997, 100: 577—582.
- [6] 张昭其, 洪汉君, 李雪萍, 等. 间隙升温对芒果冷害及生理生化反应的影响[J]. 园艺学报, 1997, 24(4): 329—332.
- [7] JIANG Y M. Role of anthocyanins polyphenol oxidase and phenols in lychee pericarp browning[J]. J Food and Agric, 2000, 80: 305—310.
- [8] 陈贻竹, 王以柔. 荔枝果实过氧化物酶的研究[J]. 中国科学院华南植物研究所集刊, 1989, (5): 47—52.
- [9] SCOTT K J, BRWON B I, CHAPLIN G R, et al. The control of rotting and browning of litchi fruit by hot benomyl and plastic film[J]. Sci Horti, 1982, 16(3): 253—262.
- [10] MCMANUS M T. Peroxidases in the separation zone during ethylene-induced bean leaf abscission[J]. Phytochemistry, 1994, 35(3): 567—572.
- [11] CHANG W H, HUANG Y J. Effect of ethylene treatment on the ripening polyphenoloxidase activity and water-soluble tannin content of Taiwan northern banana at different maturity stages and the stability of banana polyphenoloxidase[J]. Acta Horticulturae, 1990, 275: 603—610.
- [12] 刘道宏, 张维一, 季作梁. 果蔬采后生理学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995. 65—120.
- [13] PORAT R, WEISS B, COHEN L, et al. Effects of ethylene and 1-methylcyclopropene on the postharvest quality of 'shamouti' oranges[J]. Postharvest Biology and Technology, 1999, 16: 187—193.
- [14] 谭兴杰, 李月标. 荔枝果皮多酚氧化酶的部分纯化及性质[J]. 植物生理学报, 1984, 10(4): 339—345.

The Effects of Ethylene and 1—Methycyclopropene on Pericarp Browning of Postharvest Lychee Fruit

PANG Xue-qun¹, ZHANG Zhao-qi², DUAN Xue-wu², JI Zuo-liang²

(1 College of Biotechnology, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China;

2 Dept. of Horticulture, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China)

Abstract: Although ethylene treatment significantly enhanced the polyphenoloxidase (PPO) and peroxidase (POD) activity of lychee pericarp, and to some extent, enhanced the respiratory rate and ethylene production, it did not affect markedly the pericarp browning index and chemical composition of lychee fruit. 1—methycyclopropene (1—MCP) treatment did not significantly affect the PPO and POD activity, respiratory rate, ethylene production and chemical composition of lychee fruit. The results imply that the pericarp browning of postharvest lychee fruit is an unsusceptible physiological process to ethylene and cannot be simply attributed to enzymatic browning catalyzed by PPO and POD.

Key words: litchi fruit; pericarp browning; ethylene; 1—methycyclopropene

【责任编辑 柴焰】