

# 1-甲基环丙烯处理对美味猕猴桃果实后熟软化的影响

丁建国 陈昆松\* 许文平 徐昌杰

(浙江大学果实分子生理与生物技术实验室, 杭州 310029)

**摘要:** 以美味猕猴桃‘布鲁诺’为试材, 研究了 1-甲基环丙烯 (1-MCP) 对果实后熟软化进程的调控作用。结果表明, 猕猴桃果实后熟软化进程表现为前期的软化启动阶段和后期的快速软化阶段, 1-MCP 对果实后熟软化的作用表现在果实快速软化阶段, 同时显著推迟乙烯跃变高峰的出现, 并不同程度地影响乙烯合成上游调控因子脂氧合酶 (LOX) 和丙二烯氧合酶 (AOS) 的活性变化, 明显地推迟了二者活性高峰的出现。

**关键词:** 1-甲基环丙烯 (1-MCP); 猕猴桃; 贮藏; 后熟软化; 调控

**中图分类号:** S 663.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2003) 03-0277-04

猕猴桃果实具有典型的乙烯跃变特性, 且对乙烯敏感。氨基氧乙酸 (AOA) 和氨基氧基乙烯基甘氨酸 (AVG) 等乙烯合成抑制剂, 以及硫代硫酸银 (STS) 等乙烯作用的抑制剂<sup>[1]</sup>, 可以有效地抑制乙烯的生物合成和生理功能的发挥, 显著延缓组织的成熟衰老进程。近年出现的新型的乙烯作用抑制剂——1-甲基环丙烯 (1-methylcyclopropene, 1-MCP) 具有无毒、高效、稳定等特点, 被视为 STS 的有效替代品<sup>[2]</sup>, 已经被应用于延长鲜切花花期和果品、蔬菜的贮藏期或货架期<sup>[3,4]</sup>。一般认为 1-MCP 的作用机理与 STS 相似, 它能够与组织中的乙烯竞争乙烯受体蛋白, 并优先与乙烯受体蛋白发生不可逆的结合, 进而影响相应的信号转导<sup>[5]</sup>, 从而有效地减少组织对乙烯的敏感性。进一步研究还发现, 1-MCP 还可以通过调控乙烯合成途径中的 ACS 基因和 ACO 基因的表达<sup>[5,6]</sup>, 影响乙烯的生物合成。可见, 1-MCP 是否为乙烯作用的专一抑制剂还难于定论<sup>[6]</sup>, 同时它是如何调节乙烯的生物合成等均有待探讨。

作者以猕猴桃果实为材料, 研究了 1-MCP 处理对采后后熟软化进程的调控效应, 及其对乙烯生物合成途径和脂氧合酶途径中相关因子的影响, 以进一步探讨 1-MCP 在果实成熟衰老进程中的作用机制, 为调控猕猴桃果实后熟软化进程提供理论依据。

## 1 材料与方法

试验材料美味猕猴桃‘布鲁诺’ (*Actinidia deliciosa* ‘Bruno’), 于 2001 年 10 月 17 日采自浙江省武义县生长健壮、整齐一致的成年树, 于采后第 2 天运至实验室。选取大小均匀、成熟度相对一致的果实, 用于不同处理, 每处理 150 个果实。试验处理包括: ①对照, 在 20℃ 密闭处理 24 h; ②20℃ 下用 1-MCP 50  $\mu\text{L/L}$  密闭处理 24 h。处理后的果实在 20℃ 下贮藏, 定期随机取 10 个果实测定后熟软化进程及相关生理指标。1-MCP 由中国科学院华南植物研究所蒋跃明教授提供。

利用 GY-1 型果实硬度计 (测头直径 3.5 mm) 测定果实硬度, 单果重复 10 次。取 3 个果实放入密闭容器, 20℃ 放置 1.0 h 后抽取 1.0 mL 气体用 SP6800 气相色谱仪 (山东鲁南瑞虹化工仪器厂) 测乙烯含量<sup>[7]</sup>, 重复 3 次。

收稿日期: 2002-10-08; 修回日期: 2002-12-30

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30170660); 浙江省自然科学基金重点项目 (ZD0004)

\* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: akun@zju.edu.cn

从10个果实中取4.0 g混合果肉样本,加入少量石英砂,研磨后加8.0 mL 95%的乙醇,研磨成匀浆,3000×g离心15 min测定ACC含量<sup>[7]</sup>,重复3次。测定果实组织中的ACC氧化酶<sup>[8]</sup>、ACC合成酶、脂氧合酶(LOX)<sup>[10]</sup>和丙二烯氧合酶(AOS)活性<sup>[9]</sup>,均重复3次。

## 2 结果与分析

### 2.1 1-MCP处理对猕猴桃果实硬度的影响

猕猴桃果实后熟软化进程表现为前期的软化启动阶段和后期的快速软化阶段,这与我们先前的报道<sup>[10]</sup>一致。本试验中猕猴桃果实的快速软化期开始于处理后72 h,在果实软化启动阶段,对照果实和处理果实硬度变化无显著差异。1-MCP处理的效应主要表现在果实的快速软化阶段,即可以明显延缓快速软化阶段的果实后熟软化进程(图1)。

### 2.2 1-MCP处理对猕猴桃果实乙烯释放量的影响

从图2可见,1-MCP处理可以显著推迟采后猕猴桃果实进入乙烯跃变期,使跃变峰的出现滞后。

### 2.3 1-MCP对猕猴桃果实组织中ACC的影响

ACC是乙烯合成的前体物。本试验结果显示,1-MCP处理对果实ACC含量的影响包括促进果实启动阶段(处理后72 h)ACC的积累,抑制果实快速软化期的ACC增加(图3, a)。

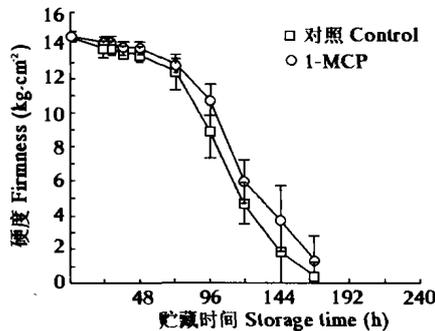


图1 1-MCP处理对20℃下猕猴桃果实后熟软化过程中硬度变化的影响  
图中短线为20次测量的标准差。

Fig. 1 Changes of firmness in ripening kiwifruit treated with 1-MCP at 20℃

Bars in Fig. 1 are SDs from 20 measurements.

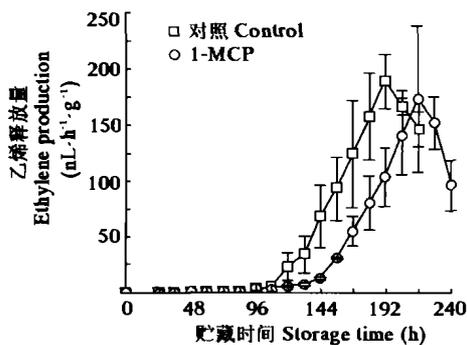


图2 1-MCP处理对20℃下猕猴桃果实后熟软化过程中乙烯释放量的影响  
图中短线为3次测量的标准差。

Fig. 2 Changes of ethylene production in ripening kiwifruit treated with 1-MCP at 20℃

Bars in Fig. 2 are SDs from 3 measurements.

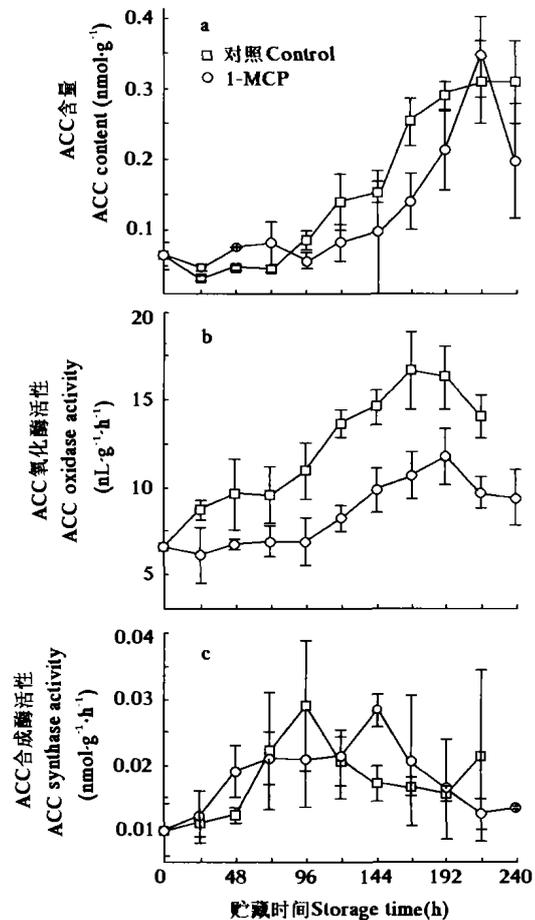


图3 1-MCP处理对20℃下猕猴桃果实后熟软化过程中ACC的影响

Fig. 3 Changes of ACC in ripening kiwifruit treated with 1-MCP at 20℃

在猕猴桃果实后熟软化进程中, ACC 氧化酶活性变化呈持续增加, 并在果实快速软化末期趋于下降; 1-MCP 处理果实的 ACC 氧化酶活性变化趋势与对照果实相似, 但 1-MCP 处理可以显著抑制 ACC 氧化酶活性变化, 并推迟了其峰值的出现 (图 3, b)。

进一步分析 1-MCP 处理果实中 ACC 合成酶活性的影响, 发现 1-MCP 处理促进了果实启动阶段 (处理后 72 h) ACC 合成酶的活性, 抑制了果实快速软化前期的 ACC 合成酶活性, 并推迟了活性峰值的出现 (图 3, c)。ACC 合成酶的这一变化规律与组织中 ACC 含量变化相吻合 (图 3, a, c)。

#### 2.4 1-MCP 对猕猴桃果实组织中 LOX 和 AOS 活性的影响

从图 4 可见, 果实后熟软化进程中的 LOX 和 AOS 活性均呈峰形变化, 二者的活性峰均在乙烯跃变峰之前出现。1-MCP 处理对采后猕猴桃果实中 LOX 活性的影响主要表现为软化启动阶段的略微促进和此后至乙烯进入跃变前的明显抑制, 而此间对 AOS 活性变化的影响不大, 但均明显地推迟了二者活性高峰的出现。

### 3 讨论

1-MCP 能够影响组织中乙烯的自我催化过程, 但是这种作用是一种瞬间 (transient) 效应<sup>[4,11]</sup>。Arthur 等认为 1-MCP 可以瞬间抑制乙烯诱导的兰花花瓣脱落, 主要是由于随着组织不断衰老, 内部新的乙烯受体蛋白不断合成, 1-MCP 与乙烯受体蛋白结合抑制乙烯效应迅速减弱, 表现为衰老组织对乙烯的敏感性。本试验结果显示, 1-MCP 处理明显地延迟了猕猴桃果实中系统 I 乙烯向系统 II 乙烯的转化 (延缓了进入乙烯跃变的进程), 并推迟了乙烯跃变高峰的出现, 但处理果实和对照果实之间的乙烯跃变峰值并没有显著差异, 这与樊秀彩等报道的结果<sup>[12]</sup>不同。1-MCP 对乙烯合成的效应主要表现在果实软化启动阶段, 即促进 ACC 合成酶的活性, 抑制 ACC 氧化酶的活性, 延缓乙烯跃变上升期的出现, 而对果实硬度的影响则主要表现在果实的快速软化阶段。从这一结果可以推论, 采后果实的乙烯跃变可能只是成熟衰老的一个结果, 而非原因。1-MCP 对果实后熟软化的作用表现在果实快速软化阶段, 起始于果实软化启动阶段。但这种效应是通过与乙烯受体竞争的结果, 还是通过抑制乙烯作用的反馈结果, 还是直接对乙烯生物合成调控的结果, 均有待进一步深入探讨。

LOX 和 AOS 作为乙烯生物合成的上游调控因子, 影响果实成熟衰老过程中的乙烯生物合成以及果实的后熟软化进程<sup>[7-9]</sup>。本试验结果表明, 1-MCP 处理对采后猕猴桃果实中 LOX 活性的影响与对 ACC 合成酶活性的影响类似, 但对 AOS 影响较小。这一结果尚需进一步深入验证和探讨。

作者认为 1-MCP 对猕猴桃果实后熟软化的调控是一个复杂的过程, 有关机制不仅仅是局限于抑制乙烯作用的机制, 应该包括对乙烯作用抑制效应产生的反馈调控机制, 尤其是对乙烯合成及乙烯合成上游调控因子的反馈调控机制等。

由于 1-MCP 对园艺植物成熟衰老进程有显著的调控效应, 促使其在园艺植物采后领域的广泛应用, 但在实际应用过程中, 其效应的发挥与使用浓度, 不同的组织材料、不同发育阶段对乙烯的敏感性等密切相关, 须加注意。

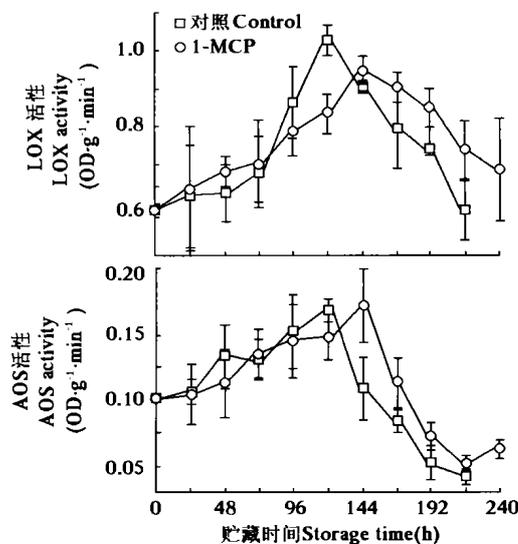


图 4 1-MCP 处理对 20°C 下猕猴桃果实后熟软化过程中 LOX 和 AOS 活性的影响

Fig. 4 Changes of LOX and AOS activity in ripening kiwifruit treated with 1-MCP at 20°C

## 参考文献:

- 1 何开平, 吴 楚. 园艺植物衰老及保鲜的研究进展. 安徽农业科学, 2002, 30 (4): 499 ~ 503
- 2 Serek M, Sisler E C. Efficacy of inhibitors of ethylene binding in improvement of the postharvest characteristics of potted flowering plants. Postharvest Biol. Technol., 2001, 23: 161 ~ 166
- 3 Sisler E C, Dupille E, Serek M. Effect of 1-methylcyclopropene and methylenecyclopropane on ethylene binding and ethylene action on cut carnations. Plant Growth Regul., 1996, 18: 9 ~ 86
- 4 Golding J B, Shearer D, Wyllie S G, et al. Application of 1-MCP and propylene to identify ethylene - dependent ripening processes in mature banana fruit. Postharvest Biol. Technol., 1998, 14: 87 ~ 98
- 5 Nakatsuka A, Shiomi S, Yasutaka K, et al. Expression and internal feedback regulation of ACC synthase and ACC oxidase genes in ripening tomato fruit. Plant cell physiol., 1997, 38 (10): 1103 ~ 1110
- 6 Mullins E D, McCollum T G, McDonald R E. Consequences on ethylene metabolism of inactivating the ethylene receptor sites in diseased non-climacteric fruit. Postharvest Biol. Technol., 2000, 19: 155 ~ 164
- 7 陈昆松, 于 梁, 周山涛. 鸭梨果实气调贮藏的研究. 园艺学报, 1991, 18 (2): 131 ~ 137
- 8 许文平, 陈昆松, 李 方, 等. 脂氧合酶、茉莉酸和水杨酸对猕猴桃果实后熟软化进程乙烯生物合成的调控. 植物生理学报, 2000, 26 (6): 507 ~ 514
- 9 窦世娟, 陈昆松, 吕均良, 等. 采后黄花梨果实中丙二烯氧合酶的生理功能. 植物生理与分子生物学报, 2002, 28 (2): 105 ~ 110
- 10 陈昆松, 徐昌杰, 楼 健, 等. 脂氧合酶与猕猴桃果实后熟软化的关系. 植物生理学报, 1999, 25 (2): 138 ~ 144
- 11 Dong L, Lurie S, Zhou H W. Effect of 1-methylcyclopropene on ripening of 'Canino' apricots and 'Royal' plums. Postharvest Biol. Technol., 2002, 24: 135 ~ 145
- 12 樊秀彩, 张继澍. 1-甲基环丙烯对采后猕猴桃生理效应的影响. 园艺学报, 2001, 28 (5): 399 ~ 402

## Regulation of 1-methylcyclopropene on the Ripening and Softening of Postharvest Kiwifruit

Ding Jianguo, Chen Kunsong, Xu Wenping, and Xu Changjie

(Laboratory of Fruit Molecular Physiology and Biotechnology, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

**Abstract:** The fruit of Kiwifruit (*Actinidia deliciosa* 'Bruno') was used to investigate the regulation of 1-MCP on fruit ripening and softening at 20°C. The results showed that there were two distinct stages of fruit softening, i. e. the initiating stage of softening or the stage of slowly softening, and the stage of fast softening in ripening fruit and that the process of system I transforming to system II ethylene biosynthesis and the ethylene climacteric peak were postponed in the fruit treated with 1-MCP, which result a slowed softening rate being slowed and influence the activities of LOX and AOS, and the up-stream regulators of ethylene biosynthesis.

**Key words:** 1-MCP; Kiwifruit; Storage; Ripening and softening; Regulation



新书推荐

### 《果品品质研究》 关军锋 主编

河北科学技术出版社, 石家庄, 2001

《果品品质研究》是根据我国果品生产发展方向和在果品品质研究日益受到重视的前提下编写的。全书共分五篇, 第一篇系统介绍果品品质的概念、风味物质及绿色果品的生产; 第二篇着重阐述采前果实品质的发育机理及影响因素, 如生态、水分、激素的调控及果实品质的遗传和改良; 第三篇总结了减少采后果实品质损失的策略及途径, 介绍了重要氧化酶的理化性质; 第四篇分析了主要果实生理病害的发生机理和控制途径; 第五篇介绍了果实品质的数学评价方法和常见果品品质的测定技术。定价: 30 元 (含邮资)。

购书者请通过邮局汇款至北京中关村南大街 12 号中国农科院蔬菜所《园艺学报》编辑部, 邮编: 100081。