

1-MCP 处理对杨桃果实采后生理和贮藏品质的影响

陈艺晖, 张华, 林河通, 林艺芬, 林媛

(福建农林大学食品科学学院, 福建农林大学农产品产后技术研究所, 福建福州 350002)

摘要: 该文探讨 1-甲基环丙烯(1-MCP) 处理对“香蜜”甜杨桃果实采后生理和贮藏品质的影响。采后“香蜜”甜杨桃果实用 0.6 $\mu\text{L/L}$ 的 1-MCP 处理 12 h 后, 在 (15 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 90% 下贮藏。贮藏期间测定果实呼吸强度、细胞膜相对渗透率、果皮叶绿素和类胡萝卜素含量、果实硬度、可溶性固形物和可滴定酸含量、果实好果率、失重率及感官品质等指标的变化。结果表明: 与对照果实相比, 1-MCP 处理能有效降低杨桃果实的呼吸强度和呼吸峰值, 抑制果实外观颜色转变, 保持较高的果实硬度和可滴定酸含量, 延缓果实细胞膜相对渗透率升高, 减少果实失重和腐烂。经 1-MCP 处理的果实在 (15 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 90% 下贮藏 20 d 时的好果率为 78%, 而对照果实只有 63%。因此认为, 0.6 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理可延缓采后“香蜜”甜杨桃果实成熟衰老和保持果实贮藏品质。

关键词: 杨桃; 果实; 1-MCP; 采后生理; 贮藏品质

文章编号: 1673-9078(2014)1-16-21

Effects of 1-methylcyclopropene (1-MCP) Treatment on Postharvest Physiology and Storage Quality of Carambola Fruits

CHEN Yi-hui, ZHANG Hua, LIN He-tong, LIN Yi-fen, LIN Yuan

(College of Food Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Institute of Postharvest Technology of Agricultural Products, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

Abstract: Effects of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on postharvest physiology and storage quality of ‘Xiangmi’ (*Averrhoa carambola* Linn. cv. Xiangmi) fruit were investigated. The harvested ‘Xiangmi’ fruits were treated with 0.6 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP for 12 hours, then the fruit were stored at (15 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ and 90% relative humidity. During storage, the changes of respiration rate, cell membrane relative permeability, contents of chlorophyll and carotenoid in pericarp, fruit firmness, total soluble solids and titratable acid content, good fruit rate, weight loss and sensory evaluation of quality of fruit were determined. The results showed that compared with the control fruit, 1-MCP treatment had obvious effects on the fruit by lowering respiration rate and respiratory peak value, inhibiting apparent color change, keeping higher firmness and titratable acid content, and delaying the increase of cell membrane relative permeability, weight loss and fruit decay. Moreover, the good fruit rate was 78% by 1-MCP treated on the 20th day of the storage, while only 63% in control fruit. Therefore, 0.6 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP treatment could delay ripening and senescence of harvested ‘Xiangmi’ fruit and maintain fruit storage quality.

Key words: carambola (*Averrhoa carambola* Linn.); fruit; 1-methylcyclopropene; postharvest physiology; storage quality

杨桃(*Averrhoa carambola* Linn.)横切面呈五角星, 故又称五星果(starfruit), 属酢浆草科(Oxalidaceae)五敛子属(*Averrhoa*)果树, 是中国南方特色水果, 广泛分布于福建、广东、广西、海南和台湾等省(区)。杨桃果皮呈蜡质, 光滑鲜艳; 果肉橙黄, 爽甜多汁。鲜果具

收稿日期: 2013-08-16

基金项目: 国家科技支撑计划专项(2007BAD07B06); 福建省高等学校新世纪优秀人才支持计划资助(闽教科[2007]20号); 福建农林大学金山学院青年教师科研项目(020505)

作者简介: 陈艺晖(1982-), 男, 博士, 讲师, 研究方向: 农产品加工及贮藏工程

通讯作者: 林河通(1967-), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向:

农产品加工及贮藏工程

有降血脂、血糖、胆固醇等功效, 对高血压、动脉硬化等心血管疾病也有预防作用, 因而深受国内外消费者喜爱^[1]。近年来, 我国杨桃生产发展迅速, 栽培总面积和总产量快速增加。但杨桃果实皮薄汁多, 果实具棱不耐贮运, 通常采后一周即会出现失水皱缩、黄化、软化等品质劣变现象, 给杨桃保鲜流通带来困难。因此, 杨桃果实采后贮运保鲜的问题亟待解决。大量研究表明, 低温贮藏^[2]、气调包装^[3]和涂膜处理^[4]等技术可延长杨桃果实保鲜期。5 $^{\circ}\text{C}$ 下贮藏可保持杨桃较高的果实硬度, 延迟果皮外观颜色转变, 减少果实失重和腐烂, 减轻表皮失水皱缩、果棱褐变等症^[2]。气调包装可明显推迟杨桃果皮黄化, 保持较高的果实硬度和营养成分, 延缓果实衰老^[3]。室温贮藏条件下,

由壳聚糖和棕榈硬脂组成的可食性涂膜可降低杨桃果实呼吸强度和乙烯释放量,减少果实失重,延缓果实软化和色泽转变^[4]。

1-甲基环丙烯(1-methylcyclopropene, 简称 1-MCP)是一种高效安全的新型乙烯作用抑制剂,能有效抑制乙烯的生成及乙烯所诱导的各种生理反应,延长果实保鲜期^[5-7]。但目前有关 1-MCP 处理对杨桃果实采后生理和品质的影响未见报道。本文以福建省主栽品种“香蜜”甜杨桃(*Averrhoa carambola* Linn. cv. Xiangmi)果实为材料,研究 1-MCP 处理对采后杨桃果实生理和品质变化的影响,为 1-MCP 应用于杨桃果实保鲜提供生产指导。

1 材料和方法

1.1 材料及处理

以大约八成成熟的“香蜜”甜杨桃(*Averrhoa carambola* Linn. cv. Xiangmi)果实为材料,供试材料于 2010 年 9 月采自福建省漳州市漳浦县石榴镇果园,采收当天运至福建农林大学农产品产后技术研究所,挑选成熟度和大小基本一致、无损伤的果实进行试验。果实先用无菌水清洗,然后用 0.5% ClO_2 消毒剂浸泡 5 min,取出晾干后进行如下处理:①布片型 1-MCP 处理:前期的预实验得出在 $(15\pm 1)^\circ\text{C}$ 、相对湿度 90%的贮藏条件下,0.6 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理 12 h 可作为延长采后杨桃果实保鲜期的适宜处理条件。因此,本试验采用 1-MCP 的处理浓度为 0.6 $\mu\text{L/L}$ 。果实先放入体积约 0.04 m^3 的泡沫箱,之后根据 1-MCP 处理浓度要求裁剪适宜大小的布片型 1-MCP,布片型 1-MCP 用蒸馏水喷湿后平铺在果实上,于 $(15\pm 1)^\circ\text{C}$ 下密闭处理 12 h。②对照(Control)处理:泡沫箱内的果实不做任何处理,在 $(15\pm 1)^\circ\text{C}$ 下密闭 12 h。每一处理均重复 3 次。处理后的杨桃果实用聚乙烯薄膜袋(厚度约 0.015 mm)包装,每个处理组各 50 袋,每袋装果 6 个。之后在 $(15\pm 1)^\circ\text{C}$ 、相对湿度 90%下贮藏 20 d,每隔 4 d 取样测定杨桃果实采后生理和品质指标(果实呼吸强度每隔 2 d 测定一次)。

1.2 测定方法

1.2.1 果实呼吸强度测定

用 GXH-3051H 型果蔬呼吸测定仪测定杨桃果实呼吸强度,结果以 CO_2 计,单位为 $\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ 。

1.2.2 果实细胞膜相对渗透率测定

按照李辉等^[8]的方法测定杨桃果实细胞膜相对渗透率,单位为%。

1.2.3 果皮叶绿素和类胡萝卜素含量测定

按照林河通等^[9]的方法测定杨桃果实果皮叶绿素和类胡萝卜素含量,单位为 $\text{mg}/\text{g FW}$ 。

1.2.4 果实硬度

参照 Luo 等^[10]的方法,用 EZ Test EZ-S 型质构仪测定果实棱角的去皮果肉硬度,单位为 N/cm^2 。

1.2.5 果实可溶性固形物和可滴定酸含量测定

果实可溶性固形物含量用 WYT-1 型手持折光仪测定,单位为%;果实可滴定酸含量(以苹果酸计)用 NaOH 溶液滴定法测定,单位为%。

1.2.6 果实好果率和失重率测定

随机取 5 袋杨桃果实,按照李辉等^[8]的方法测定果实好果率和失重率,单位为%。

1.2.7 果实感官品质

参照李辉等^[8]的方法,由 15 位感官品评小组成员对贮藏至 20 d 的杨桃果实品质(颜色、质地、腐烂率和风味等方面)进行评价。

以上各指标测定除了果实可溶性固形物重复 10 次外,其余均重复 3 次。

1.3 数据处理

采用 SPSS 17.0 数据分析软件进行方差分析(ANOVA)和 Duncan 多重比较法进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 1-MCP 处理对采后杨桃果实呼吸强度的影响

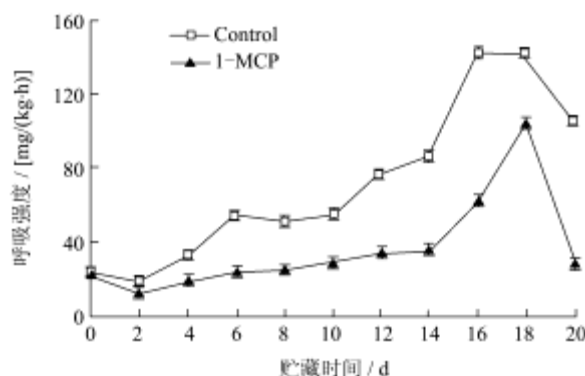


图 1 1-MCP 处理后杨桃果实呼吸强度的变化

Fig.1 Changes in respiration rate of harvested carambola fruit treated with 1-MCP

由图 1 可知,对照果实呼吸强度在贮藏 0~16 d 内总体呈快速上升趋势,贮藏至 16 d 时达到呼吸峰值,之后下降;1-MCP 处理的杨桃果实呼吸强度在贮藏 0~18 d 内快速上升,贮藏 18 d 之后快速下降。可见,

采后杨桃果实呼吸强度的变化具备呼吸跃变型果实的特点,1-MCP处理的杨桃果实呼吸高峰推迟2 d出现,果实呼吸强度和呼吸峰值均低于对照果实。贮藏第20天,1-MCP处理和对照果实的呼吸强度分别为28.83 mg CO₂/(kg·h)和105.58 mg CO₂/(kg·h),两者间差异极显著(P<0.01)。这表明,1-MCP处理可降低采后杨桃果实的呼吸强度和呼吸峰值,推迟呼吸高峰的到来。

2.2 1-MCP 处理对采后杨桃果实细胞膜相对

渗透率的影响

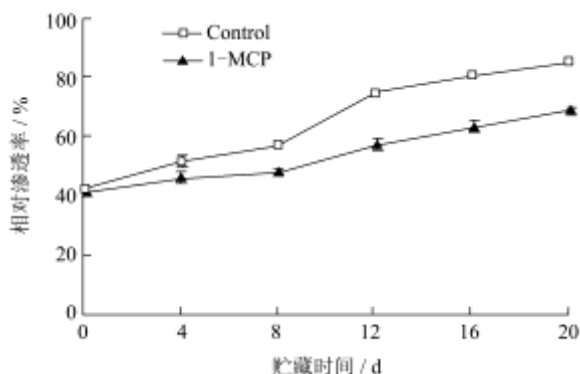


图2 1-MCP处理后杨桃果实细胞膜相对渗透率的变化

Fig.2 Changes in cell membrane relative permeability of harvested carambola fruit treated with 1-MCP

随着贮藏时间的延长,杨桃果实细胞膜相对渗透率不断增加(图2)。在贮藏前期(0~8 d内)果实细胞膜相对渗透率变化平缓,在贮藏中后期(8~20 d内)果实细胞膜相对渗透率快速上升。在整个贮藏期间,对照果实的细胞膜相对渗透率均高于1-MCP处理的果实,且在贮藏8 d后两者差异极显著(P<0.01)。这表明,1-MCP处理可维持细胞膜结构的完整性,延缓采后杨桃果实衰老。

2.3 1-MCP 处理对采后杨桃果实贮藏品质的

影响

2.3.1 果皮叶绿素和类胡萝卜素含量

杨桃果皮主要色素是叶绿素和类胡萝卜素。随着贮藏时间的延长,杨桃果皮叶绿素含量下降而类胡萝卜素含量增加或颜色显现,果皮褪绿转黄。由图3a可知,对照果皮叶绿素含量在贮藏0~4 d内快速下降,4~12 d内缓慢下降,之后快速下降;1-MCP处理的果皮叶绿素含量在整个贮藏期间都高于对照。统计分析表明,对照和1-MCP处理的果皮叶绿素含量在贮藏0~8 d内差异不显著(P>0.05),而在贮藏12~20 d内,经1-MCP处理的果皮叶绿素含量极显著(P<0.01)高于

对照。由图3b可知,1-MCP处理和对照果皮类胡萝卜素含量变化趋势基本一致。统计分析表明,对照和1-MCP处理的果皮类胡萝卜素含量在贮藏0~8 d内差异不显著(P>0.05),而在贮藏12~20 d内,经1-MCP处理的果皮类胡萝卜素含量极显著(P<0.01)低于对照。这表明,在贮藏中后期(12~20 d),1-MCP处理能延缓杨桃果实色泽褪绿转黄,较好地保持果实外观颜色。

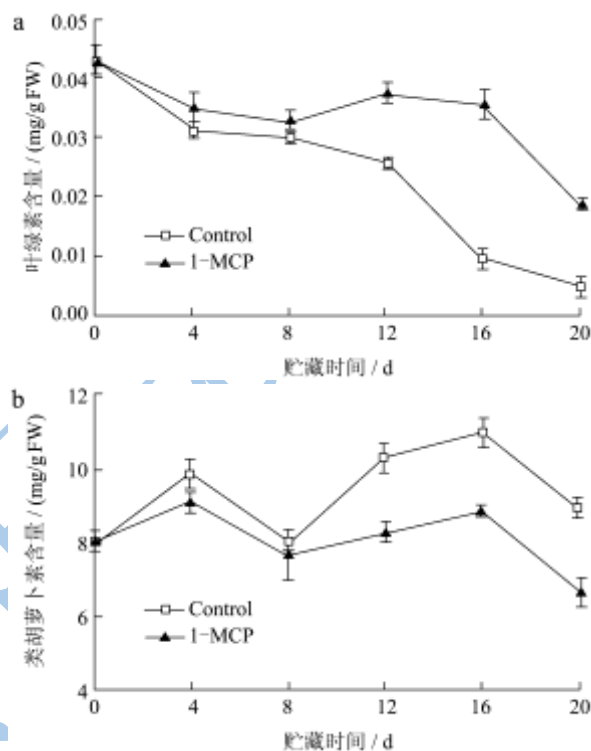


图3 1-MCP处理后杨桃果实果皮叶绿素和类胡萝卜素含量的变化

Fig.3 Changes in chlorophyll and carotenoid contents in pericarp of harvested carambola fruit treated with 1-MCP

注: a: 叶绿素含量, b: 类胡萝卜素含量。

2.3.2 果实硬度

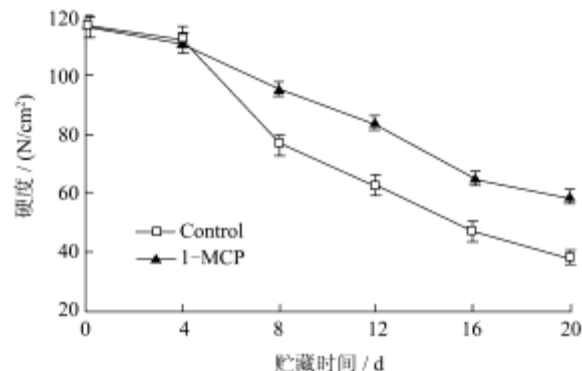


图4 1-MCP处理后杨桃果实硬度的变化

Fig.4 Changes in firmness of harvested carambola fruit treated with 1-MCP

杨桃果实硬度随贮藏时间的延长而下降(图4)。

贮藏前 4 d, 对照和 1-MCP 处理均保持较高的果实硬度, 贮藏 4 d 之后果实开始出现不同程度的软化。果实贮藏至 8 d, 对照果实硬度仅为采收当天的 65.7%, 而 1-MCP 处理明显延缓了杨桃果实的软化进程, 果实硬度为采收当天的 81.3%。统计分析表明, 1-MCP 处理的杨桃果实硬度在贮藏中后期 (8~20 d 内) 极显著 ($P<0.01$) 高于对照。这表明, 1-MCP 处理可保持较高的果实硬度。

2.3.3 果实可溶性固形物和可滴定酸含量

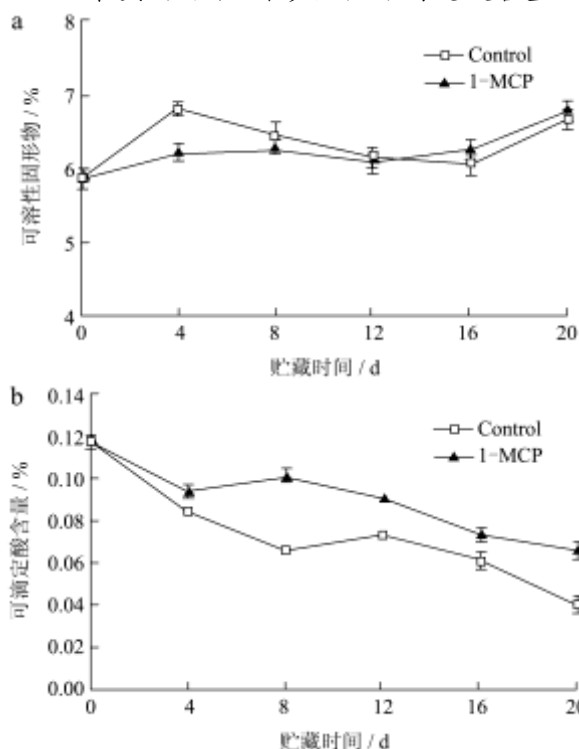


图 5 1-MCP 处理后杨桃果实可溶性固形物和可滴定酸含量的变化

Fig. 5 Changes in total soluble solids and titratable acid contents of harvested carambola fruit treated with 1-MCP

注: a: 可溶性固形物含量, b: 可滴定酸含量。

由图 5a 可知, 对照果实的可溶性固形物含量在贮藏 0~4 d 内快速上升, 4~16 d 内较快下降, 之后快速上升。而经 1-MCP 处理的果实可溶性固形物含量在贮藏 0~4 d 内缓慢上升, 4~16 d 内变化不大, 之后快速上升。统计分析表明, 两处理间差异不显著 ($P>0.05$)。由图 5b 可知, 贮藏前 4 d, 对照和 1-MCP 处理果实可滴定酸含量快速下降。贮藏 4 d 后, 1-MCP 处理组下降速度较对照果实慢。贮藏至 20 d, 对照果实可滴定酸含量为 0.04%, 仅为 1-MCP 处理组的 57.1%。这表明, 1-MCP 处理能有效延缓杨桃果实可滴定酸含量的下降。

2.4 1-MCP 处理对采后杨桃果实保鲜效果的

影响

2.4.1 果实好果率和失重率

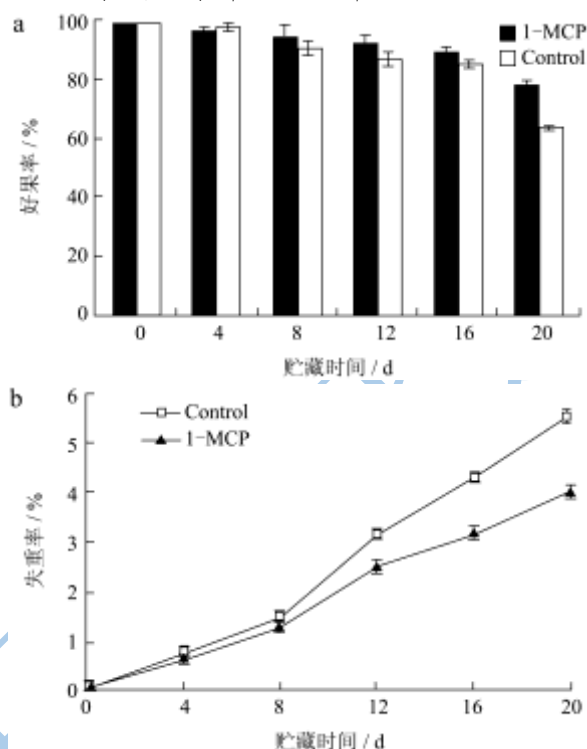


图 6 1-MCP 处理后杨桃果实好果率和失重率的变化

Fig.6 Changes in good fruit rate and weight loss of harvested carambola fruit treated with 1-MCP

注: a: 好果率, b: 失重率。

由图 6a 可知, 随着贮藏时间的延长, 杨桃果实好果率下降。其中, 采后贮藏前 4 d, 对照和 1-MCP 处理的果实都保持完好, 贮藏 4 d 之后果实开始出现不同程度的腐烂。进一步的比较发现, 贮藏第 20 d 时, 1-MCP 处理的杨桃果实好果率为 78.18%, 极显著 ($P<0.01$) 高于对照果实 63.64% 的好果率。由图 6b 可知, 杨桃果实失重率随贮藏时间的延长呈快速增加趋势。在贮藏前期 (0~8 d 内) 果实失重率缓慢上升, 在贮藏中后期 (8~20 d 内) 果实失重率快速上升。在整个贮藏期间, 对照果实的失重率均高于处理组, 且在贮藏 12~20 d 内两处理组差异显著 ($P<0.05$)。这表明, 1-MCP 处理可保持较高的好果率和较低的失重率。

2.4.2 果实感官品质

未经 1-MCP 处理的杨桃果实采后极易发生色泽、质地、风味等品质变化。在 $(15\pm 1)^\circ\text{C}$ 、相对湿度 90% 下贮藏至 20 d 时, 对照果实的果皮和果肉均呈橙黄色, 果实棱角出现大面积褐变, 果实质地软烂, 果实不能食用, 已丧失杨桃果实的原有风味。而 1-MCP 处理能有效控制果实黄化、软化和腐烂。其果皮呈鲜

绿色, 果肉呈黄绿色, 果实棱角无褐变, 果肉质地较硬, 食用时果实酸甜适口, 能较好地保持杨桃果实的原有风味(表1)。

表1 杨桃果实在(15±1)℃、相对湿度90%下贮藏20天的感官品质评价

Table 1 Sensory evaluation of quality of carambola fruit qualities stored at (15±1) °C with 90% relative humidity for 20 days

处理组	评价指标		
	色泽	质地	腐烂情况和风味
Control	果皮呈橙黄色, 果肉呈橙黄色, 果实棱角出现大面积褐变	软烂	腐烂率高、有异味; 果实不能食用, 已丧失原有风味
1-MCP	果皮呈鲜绿色, 果肉呈黄绿色, 果实棱角无褐变	较硬	腐烂率低、无异味; 果实酸甜适口, 能较好地保持杨桃果实的原有风味

3 结论

果实在成熟衰老过程中会持续不断地合成并释放乙烯, 释放到贮藏环境中的乙烯可提高果实呼吸强度、促进内源乙烯的产生、加快叶绿素的分解以及加速果实的成熟衰老和品质的下降。鉴于乙烯在采后果实成熟和衰老中的作用, 科研人员一直试图在寻找一种简单有效的物质来调节乙烯生理作用的发挥, 延缓果实的成熟衰老进程。1-MCP作为一种高效安全的新颖乙烯作用抑制剂, 可与植物中乙烯受体发生不可逆性结合, 阻断乙烯与受体的结合, 从而抑制乙烯所诱导的各种生理反应, 降低果实呼吸强度, 抑制果实外观颜色转变, 减少贮藏期间果实水分的散失, 延缓果实软化, 保持果实的食用品质和风味, 减轻果实病害的发生, 延长果实保鲜期^[1]。研究表明, 1-MCP处理能降低枣^[6]、番茄^[12]等果实的呼吸强度和呼吸峰, 抑制油木奈^[8]、李^[10]、梨^[13]等果实的褪绿或黄化, 控制山竹^[7]、李子^[10,14]、甜瓜^[15]等果实软化而保持较高的果实硬度, 延缓甜瓜^[15]、油木奈^[8]等果实细胞膜相对渗透率的上升。本试验结果表明, 0.6 μL/L 1-MCP处理能有效降低杨桃果实的呼吸强度和呼吸峰值, 推迟呼吸高峰的到来; 同时 1-MCP处理可抑制果实外观颜色转变(退绿转黄), 保持较高的果实硬度和可滴定酸含量, 延缓果实细胞膜相对渗透率升高, 减少果实失重和腐烂, 较好地保持杨桃果实的原有风味, 延长保鲜期。因此认为, 0.6 μL/L 1-MCP处理可延缓采后‘香蜜’甜杨桃果实成熟衰老和保持果实贮藏品质。

参考文献

- [1] Cazaroli L H, Kappel V D, Pereira D F, et al. Anti-hyperglycemic action of apigenin-6-C-β-fucopyranoside from *Averrhoa carambola* [J]. *Fitoterapia*, 2012, 83(7): 1176-1183
- [2] Ali Z M, Chin L H, Marimuthu M, et al. Low temperature storage and modified atmosphere packaging of carambola

fruit and their effects on ripening related texture changes, wall modification and chilling injury symptoms [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2004, 33(2): 181-192

- [3] 麦馨允, 胡长鹰. 气调包装对杨桃贮藏品质的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2012, 38(6): 213-218
- [4] Mai X Y, Hu C Y. Effects of modified atmosphere packaging on the quality of carambola [J]. *Food and Fermentation Industries*, 2012, 38(6): 213-218
- [5] Nurul Hanani M Z, Halimahton Zahrah M S, Zaibunisa A H. Effect of chitosan-palm stearin edible coating on the post harvest life of star fruits (*Averrhoa carambola* L.) stored at room temperature [J]. *International Food Research Journal*, 2012, 19(4): 1433-1438
- [6] Ketsa S, Wisutiamonkul A, van Doorn W G. Apparent synergism between the positive effects of 1-MCP and modified atmosphere on storage life of banana fruit [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2013, 85: 173-178
- [7] Zhang Z Q, Tian S P, Zhu Z, et al. Effects of 1-methylcyclopropene(1-MCP) on ripening and resistance of jujube (*Zizyphus jujuba* cv. Huping) fruit against postharvest disease [J]. *LWT - Food Science and Technology*, 2012, 45(1): 13-19
- [8] Piriya vinit P, Ketsaa S, Doorn W G. 1-MCP extends the storage and shelf life of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) fruit [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2011, 61(1): 15-20
- [9] 李辉, 林河通, 袁芳, 等. 1-MCP处理对‘油木奈’果实采后生理和品质的影响[J]. *热带作物学报*, 2012, 33(2): 279-285
- [10] Li H, Lin H T, Yuan F, et al. Effects of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment on postharvest physiology and quality of ‘Younai’ fruits [J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2012, 33(2): 279-285
- [11] 林河通, 陈绍军, 洪启征, 等. 橄榄果实成熟和贮藏期间果皮色素的变化[J]. *福建农林大学学报: 自然科学版*, 2002, 31(3): 397-40

- Lin H T, Chen S J, Hong Q Z, et al. Changes in pericarp pigment of Chinese olive fruit during ripening and storage [J]. Journal of Fujian Agriculture and Forestry University (Natural Science Edition), 2002, 31(3): 397-400
- [10] Luo Z S, Xie J, Xu T Q, et al. Delay ripening of 'Qingnai' plum (*Prunus salicina* Lindl.) with 1-methylcyclopropene [J]. Plant Science, 2009, 177(6): 705-709
- [11] Yang X T, Song J, Campbell-Palmer L, et al. Effect of ethylene and 1-MCP on expression of genes involved in ethylene biosynthesis and perception during ripening of apple fruit [J]. Postharvest Biology and Technology, 2013, 78: 55-66
- [12] Dong X Q, Huber D J, Rao J P, et al. Rapid ingress of gaseous 1-MCP and acute suppression of ripening following short-term application to midclimacteric tomato under hypobaria [J]. Postharvest Biology and Technology, 2013, 86: 285-290
- [13] Cheng Y D, Dong Y, Yan H B, et al. Effects of 1-MCP on chlorophyll degradation pathway-associated genes expression and chloroplast ultrastructure during the peel yellowing of Chinese pear fruits in storage [J]. Food Chemistry, 2012, 135(2): 415-422
- [14] Minas I S, Crisosto G M, Holcroft D, et al. Postharvest handling of plums (*Prunus salicina* Lindl.) at 10°C to save energy and preserve fruit quality using an innovative application system of 1-MCP [J]. Postharvest Biology and Technology, 2013, 76: 1-9
- [15] Supapvanich S, Tucker G A. The effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on quality and cell wall hydrolases activities of fresh-cut muskmelon (*Cucumis melo* var *reticulatus* L.) during storage [J]. Food Bioprocess Technology, 2013, 6: 2196-2201