

不同保鲜剂对贵长猕猴桃后熟品质的影响

曹森¹, 李江阔², 张鹏², 尹连兵¹, 王红¹, 江彤¹, 罗冬兰¹

(1. 贵阳学院, 贵阳 550005; 2. 国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津) 天津市农产品采后生理与贮藏保鲜重点实验室, 天津 300384)

摘要: 目的 研究 1-甲基环丙烯(1-MCP)结合生物保鲜剂处理对贵长猕猴桃后熟品质及相关酶活性的影响。方法 以“贵长”猕猴桃为实验材料,采用 3 种处理方法(1-MCP; 1-MCP+乳酸链球菌素(Nisin); 1-MCP+纳他霉素(Nata))对贵长猕猴桃进行常温(20±1)℃货架期保鲜研究,并与对照组(CK)相比较,研究不同处理方法对贵长猕猴桃生理品质变化特性的影响。结果 采用 1-MCP 结合生物保鲜剂的处理方法能够延缓贵长猕猴桃的生理代谢水平,推迟果实的衰老进程。其中 1-MCP 结合纳他霉素处理方法有利于延缓果实腐烂率的上升,降低果实丙二醛(MDA)含量、呼吸强度和乙烯生成速率,抑制贵长猕猴桃硬度、Vc 含量和还原糖含量的下降,促进果实固酸比的下降,保持果实超氧化物歧化酶(SOD)、多聚半乳糖醛酸酶(PG)和过氧化物酶(POD)的活性。结论 采用 1-MCP 结合纳他霉素的处理方法对贵长猕猴桃后熟品质的影响最显著,能够降低果实货架期间的代谢水平,维持贵长猕猴桃的后熟品质。

关键词: 猕猴桃; 生物保鲜剂; 后熟品质; 衰老生理

中图分类号: TS255.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)19-0050-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.19.007

Effects of Different Preservatives on Post-ripening Quality of "Gui Chang" Kiwifruit

CAO Sen¹, LI Jiang-kuo², ZHANG Peng², YIN Lian-bing¹, WANG Hong¹, JIANG Tong¹, LUO Dong-lan¹

(1. Guiyang University, Guiyang 550005, China; 2. Tianjin Key Laboratory of Postharvest Physiology and Storage of Agricultural Products, National Engineering and Technology Research Center for Preservation of Agricultural Products (Tianjin), Tianjin 300384, China)

ABSTRACT: The work aims to study the effect of 1-methylcyclopropylene (1-MCP) and bio-preservatives on the after-ripening quality and related enzyme activities of Guichang actinidia chinensis. With "Guichang" actinidia chinensis as research material, three treatments (1-MCP; 1-MCP+Nisin; 1-MCP+Nata) and CK were used to preserve Guichang actinidia chinensis at (20±1)℃ during its shelf life, and the effects of different treatment methods on the variation characteristics of physiological quality of Guichang actinidia chinensis were studied. 1-MCP and bio-preservatives could delay the physiological metabolism level of Guichang actinidia chinensis and postpone the aging process of fruit. The combination of 1-MCP and natamycin was beneficial to postponing the increase of fruit rot rate, reducing the malondialdehyde (MDA) content, respiration intensity and ethylene production rate, inhibiting the decline of firmness, vitamin C content and reducing sugar content of Guichang actinidia chinensis, promoting the decrease of fruit ratio of sugar to acid, and maintaining the activities of superoxide dismutase (SOD), polygalacturonase (PG) and peroxidase (POD). The effect of 1-MCP

收稿日期: 2019-06-14

基金项目: 贵阳市财政支持贵阳学院学科与硕士点建设项目(SH-2019); 贵州省高等学校大学生创新创业训练计划(2018520839); 贵阳市科技计划(筑科合同[2019]5-2号)

作者简介: 曹森(1988—), 男, 硕士, 贵阳学院副教授, 主要研究方向为农产品贮藏与加工。

通信作者: 罗冬兰(1991—), 女, 硕士, 贵阳学院讲师, 主要研究方向为农产品贮藏与加工。

and natamycin on the after-ripening quality of Guichang actinidia chinensis is the most significant, which can reduce the metabolic level during shelf life and maintain the after-ripening quality of Guichang actinidia chinensis.

KEY WORDS: actinidia chinensis; bio-preservatives; post-ripening quality; ageing physiology

“贵长”猕猴桃 (*Actinidia chinensis*) 是贵州省果树科学研究所选育出的高品质品种, 由于其果实具有酸甜可口、营养价值高和保健功能好等优点, 从而被消费者所喜爱^[1-2]。猕猴桃属于跃变型果实, 采后的果实具有明显的后熟特征, 货架期果实易变软, 甚至出现霉变和腐烂等问题, 从而导致产业的不良发展^[3-4]。由此可见, 研究贵长猕猴桃的保鲜技术是引领产业快速、健康、可持续发展的必然趋势。

乳酸链球菌素 (Nisin) 属于一种抗菌多肽物质, 具有高效、安全、无副作用等特点, 已广泛应用于食品工业领域^[5]。丛建民等^[6]研究了不同浓度 Nisin 对草莓的保鲜效果, 结果表明, 采用 100 mg/L 的 Nisin 对草莓进行处理其保鲜效果更好, 能够维持草莓较好的营养品质, 降低草莓的腐烂率。

纳他霉素 (Natamycin) 属于一种多烯类抗菌素, 能够有效抑制霉菌和酵母菌, 是一种优良的天然防腐剂^[7]。张鹏等^[8]研究了纳他霉素对樱桃番茄的保鲜效果, 结果表明, 采用 1200 mg/L 的纳他霉素对果实进行处理, 其保鲜效果最好, 能够显著保持樱桃番茄的营养品质, 有效延缓果实的衰老进程。1-甲基环丙烯 (1-MCP) 属于一种乙烯受体抑制剂, 已广泛应用于果蔬保鲜中^[9-10]。由于 1-MCP 结合生物保鲜剂鲜有报道, 尤其是 1-MCP 结合不同的生物保鲜剂 (乳酸链球菌素、纳他霉素) 在猕猴桃保鲜中的对比研究未见相关报道, 因此文中以贵长猕猴桃为实验材料, 研究 1-MCP 处理, 并结合乳酸链球菌素、纳他霉素进行处理, 探究该处理方法对贵长猕猴桃后熟品质的影响, 旨在为延长贵长猕猴桃的货架期提供更为安全、方便、有效的保鲜新途径。

1 实验

1.1 材料与试剂

贵长猕猴桃采收于贵州省贵阳市鹏盛通农业有限公司基地, 乳酸链球菌素和纳他霉素均购自浙江新银象生物工程有限公司, 1-甲基环丙烯 (1-MCP) 购自美国陶氏益农公司。

1.2 仪器与设备

主要仪器和设备: TA.XT.Plus 质构仪, 英国 SMS 公司; Check PiontII 便携式残氧仪, 丹麦 Dansensor 公司; GC-14 气相色谱仪, 日本 Shimadzu 公司; TGL-16A 台式高速冷冻离心机, 长沙平凡仪器仪表有限公司; PAL-1 型迷你数显折射计, 日本 ATAGO

公司; UV-2550 紫外分光光度计, 日本 Shimadzu 公司。

1.3 方法

1.3.1 实验处理

将采收好的贵长猕猴桃立刻运至实验室, 选择无机械损伤、无病虫害、大小基本一致的贵长猕猴桃放入衬有 PE20 保鲜膜的果实周转筐中, 然后转移至冷库, 预冷 24 h 后扎袋贮藏于温度 $(1\pm 0.5)^{\circ}\text{C}$ 下。对贵长猕猴桃贮藏 90 d 后进行货架期保鲜实验, 共分为 4 组。其中一组设置为对照组, 记为 CK。另外 3 组先采用 0.5 $\mu\text{L/L}$ 的 1-MCP 对贵长猕猴桃进行熏蒸处理 12 h, 熏蒸后其中一组不再进行任何处理, 记为 1-MCP; 另一组再用质量浓度为 100 mg/L 的乳酸链球菌素对果实进行浸泡处理 3 min, 记为 1-MCP+Nisin; 最后一组再用质量浓度为 1.2 g/L 的纳他霉素对果实进行浸泡处理 3 min, 记为 1-MCP+Nata。处理结束后将不同组的贵长猕猴桃放置于 $(20\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 的保鲜柜中进行货架期实验, 每隔 4 d 对不同处理组贵长猕猴桃的各项品质指标进行测定并分析, 货架周期为 16 d。

1.3.2 测定指标及方法

腐烂率采用计数法对贵长猕猴桃进行测定。硬度采用质构仪 (P/2 探头, $\phi 2\text{ mm}$) 进行测定。丙二醛 (MDA) 含量采用硫代巴比妥酸法对贵长猕猴桃进行测定^[11]。呼吸强度和乙烯生成速率均参照张鹏等^[12]报道的方法进行测定。可溶性固形物含量用迷你数显折射仪对贵长猕猴桃进行测定。可滴定酸含量的测定方法参照 GB/T 12456—2008。维生素 (Vc) 含量采用钼蓝比色法来对贵长猕猴桃进行测定^[13]。果实中还原糖含量、超氧化物歧化酶 (SOD)、多聚半乳糖醛酸酶 (PG)、过氧化物酶 (POD) 的测定均采用曹建康^[14]报道的方法。

1.4 数据处理

文中的实验结果数据采用 Excel 2003 进行统计处理, 采用 SPSS 22.0 进行差异显著分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对贵长猕猴桃腐烂率的影响

由图 1 可知, 果实从货架期开始至货架期 4 d 内, 不同处理组的贵长猕猴桃无显著差异 ($P > 0.05$)。从

货架期4 d开始,CK组果实的腐烂率开始快速上升,而处理组果实的腐烂率均上升得较缓慢。货架期12 d时,不同处理组的贵长猕猴桃腐烂率的大小关系为CK组>1-MCP组>1-MCP+Nisin组>1-MCP+Nata组。在货架期16 d时,CK组、1-MCP组、1-MCP+Nisin组和1-MCP+Nata组的果实腐烂率分别为35.65%、26.32%、17.63%、14.82%,并且1-MCP+Nisin组和1-MCP+Nata组均显著低于其他组($P < 0.05$),但2个处理组间没有显著差异($P > 0.05$)。由此可见,1-MCP结合生物保鲜剂能够有效地抑制贵长猕猴桃货架期腐烂率的上升,其中1-MCP+Nata组的效果更好。

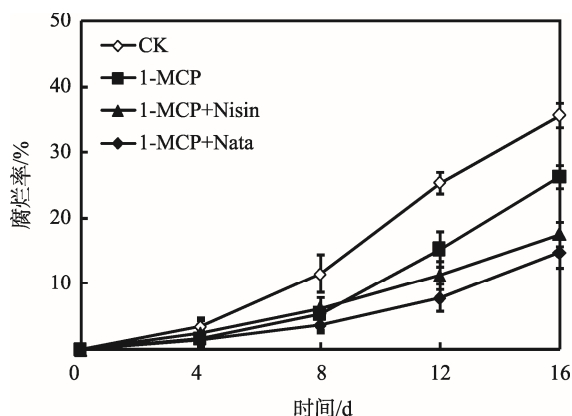


图1 1-MCP结合生物保鲜剂处理对贵长猕猴桃腐烂率的影响

Fig.1 Effects of 1-MCP and bio-preservatives on rot rate of "Guichang" actinidia chinensis

2.2 不同处理对贵长猕猴桃硬度的影响

由图2可知,果实的硬度在货架期间呈现下降的趋势。在货架期4 d时,1-MCP+Nata组果实的硬度显著高于CK组($P < 0.05$),但与其他组没有显著差异($P > 0.05$)。在货架期12 d时,CK组、1-MCP组、1-MCP+Nisin组的果实硬度分别比1-MCP+Nata组少65.23%、56.25%和33.98%,在货架期16 d时,CK组、1-MCP组、1-MCP+Nisin组和1-MCP+Nata组的果实硬度分别为0.36、0.56、1.08、1.45 kg/cm²,但不同处理组间没有显著差异($P > 0.05$)。Stec等^[15]研究表明,猕猴桃食用口感较好时,果实的硬度为0.5~1.5 kg/(0.5 cm²),说明货架期16 d时,CK组和1-MCP组由于硬度过低,从而已经失去了商品价值。由此可见,采用1-MCP结合生物保鲜剂的处理方法能够更好地保持果实的硬度。

2.3 不同处理对贵长猕猴桃丙二醛含量的影响

丙二醛(MDA)的含量能够反应猕猴桃货架期间的衰老程度,它可以与蛋白质或核酸反应使其丧失生物功能^[16]。由此可见,MDA含量的累积会伤害到

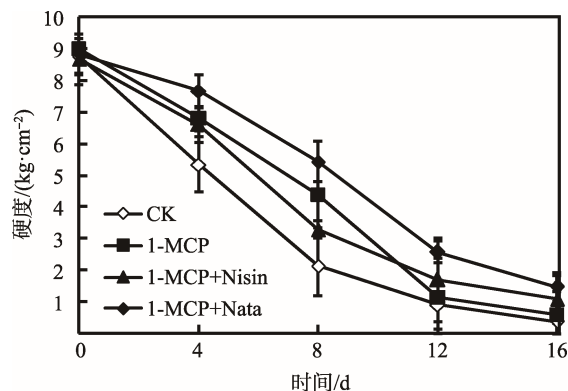


图2 1-MCP结合生物保鲜剂处理对贵长猕猴桃硬度的影响

Fig.2 Effects of 1-MCP and bio-preservatives on firmness of "Guichang" actinidia chinensis

果实组织,从而加快贵长猕猴桃货架期间的衰老。由图3可知,果实MDA含量在货架期间呈现上升趋势,从货架期4 d开始至货架期16 d,CK组果实的MDA含量一直高于其他组,说明通过不同的处理能够推迟贵长猕猴桃货架期的成熟与衰老。在货架期12 d时,CK组、1-MCP组、1-MCP+Nisin组和1-MCP+Nata组果实的MDA质量摩尔浓度分别为4.97、4.24、3.85、3.45 mmol/g。在货架期16 d时,1-MCP+Nata组果实的MDA含量显著低于CK组($P < 0.05$),但与其他组没有显著差异($P > 0.05$)。由此可见,与对照组(CK)相比,处理组能够抑制果实MDA含量的上升,其中1-MCP+Nata组的效果更好。

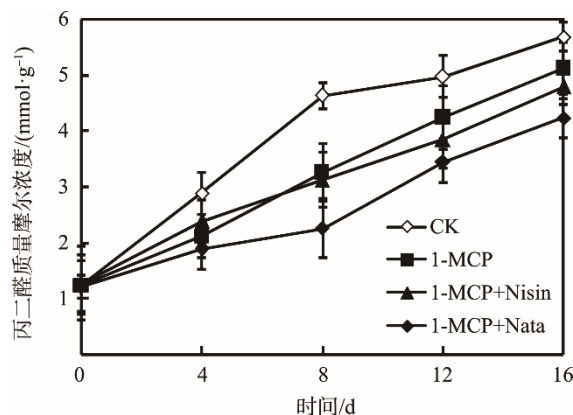


图3 1-MCP结合生物保鲜剂处理对贵长猕猴桃MDA含量的影响

Fig.3 Effects of 1-MCP and bio-preservatives on MDA content of "Guichang" actinidia chinensis

2.4 不同处理对贵长猕猴桃呼吸强度和乙烯生成速率的影响

猕猴桃属于跃变型果实,其呼吸强度能够反应贵长猕猴桃的成熟与衰老,另外乙烯又是调控贵长猕猴桃生理代谢成熟与衰老的重要因子之一^[17]。由图4a可知,在货架期间,处理组在货架期12 d时出现呼

吸高峰, 而对照组 (CK) 在货架期 8 d 时就出现了呼吸高峰。在货架期 16 d 时, 不同处理组贵长猕猴桃的呼吸强度大小关系为 CK 组 > 1-MCP 组 > 1-MCP+Nisin 组 > 1-MCP+Nata 组。由图 4b 可知, 在货架期 4 d 时, 通过不同处理的猕猴桃果实乙烯生成速率低于对照组。在货架期 8 d 时, CK 组的乙烯生成速率达到峰值, 不同处理组贵长猕猴桃的乙烯生成速率的大小关系为 CK 组 > 1-MCP 组 >

1-MCP+Nisin 组 > 1-MCP+Nata 组。在货架期 12 d 时, 通过处理的果实乙烯生成速率均达到峰值。在货架期 16 d 时, 1-MCP 组、1-MCP+Nisin 组、1-MCP+Nata 组的果实乙烯生成速率与 CK 组相比, 分别低 4.42%, 8.85%, 11.95%, 并且不同处理组间均没有显著差异 ($P > 0.05$)。由此可见, 1-MCP+Nata 组能够延缓贵长猕猴桃的呼吸峰和抑制果实乙烯生成速率的上升。

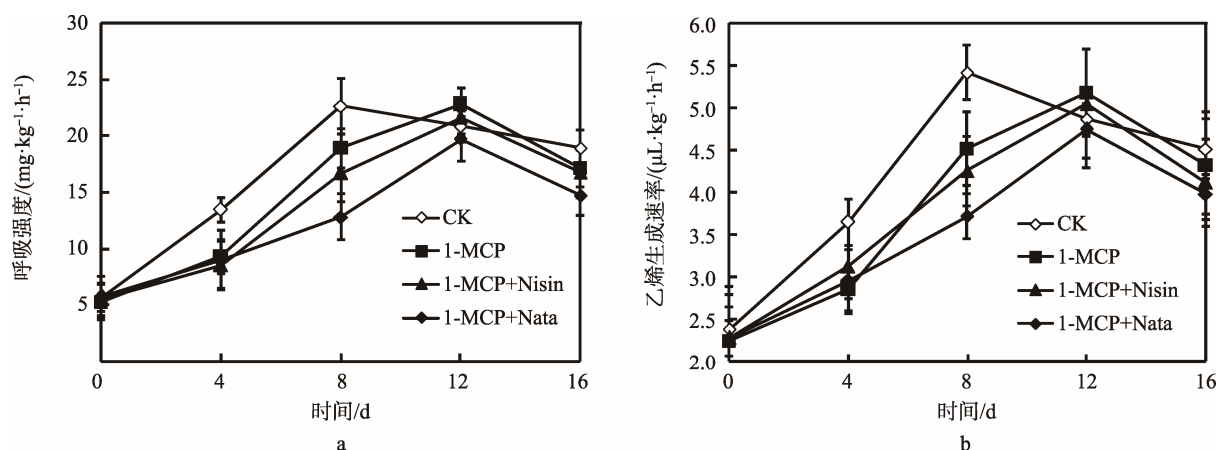


图 4 1-MCP 结合生物保鲜剂处理对贵长猕猴桃呼吸强度和乙烯生成速率的影响

Fig.4 Effects of 1-MCP and bio-preservatives on respiratory intensity and ethylene production rate of "Guichang" actinidia chinensis

2.5 不同处理对贵长猕猴桃固酸比的影响

固酸比为可溶性固形物含量与可滴定酸含量之比, 它可以反应果实后熟期间口味的变化。由图 5 可知, 贵长猕猴桃固酸比在货架期间呈现上升的趋势, 这可能是果实后熟时可溶固形物含量上升较快, 且果实可滴定酸含量快速下降等原因所致^[18]。在货架期 8 d 时, 不同处理组贵长猕猴桃固酸比的大小关系为 CK 组 > 1-MCP 组 > 1-MCP+Nisin 组 > 1-MCP+Nata 组, 并且 1-MCP+Nisin 组和 1-MCP+Nata 组与 CK 组均有显著差异 ($P < 0.05$), 但 1-MCP 组与 CK 组无显著差异 ($P > 0.05$)。在货架期 16 d 时, CK 组、1-MCP 组、

1-MCP+Nisin 组和 1-MCP+Nata 组的果实固酸比分别为 17.28, 16.28, 15.62, 14.65, 并且 1-MCP+Nata 组与 CK 组有显著差异 ($P < 0.05$), 但其他处理组与 CK 组无显著差异 ($P > 0.05$)。由此可见, 1-MCP+Nata 组能够更好地保持贵长猕猴桃固酸比。

2.6 不同处理对贵长猕猴桃 Vc 含量和还原糖含量的影响

维生素 C (Vc) 和还原糖是贵长猕猴桃重要的营养物质。由图 6a 可知, 从货架期 4 d 开始至货架期 16 d, CK 组果实的 Vc 含量均低于处理组。在货架期 12 d 时, 不同组贵长猕猴桃 Vc 含量的大小关系为 1-MCP+Nata 组 > 1-MCP+Nisin 组 > 1-MCP 组 > CK 组。在货架期 16 d 时, CK 组、1-MCP 组、1-MCP+Nisin 组和 1-MCP+Nata 组的果实 Vc 含量分别为 105.12, 107.87, 115.23, 118.76 $\text{mg}/(100 \text{ g})$, 并且 1-MCP+Nata 组和 1-MCP+Nisin 组与 CK 组比较均有显著性差异 ($P < 0.05$), 而 1-MCP 组与 CK 组比较无显著差异 ($P > 0.05$)。由图 6b 可知, 不同处理组贵长猕猴桃的还原糖含量均呈现下降的趋势。从货架期 4 d 开始至货架期 16 d, 1-MCP+Nata 组果实的还原糖含量均高于其他组。在货架期 16 d 时, 1-MCP 组、1-MCP+Nisin 组和 1-MCP+Nata 组的果实还原糖含量分别是 CK 组的 1.03 倍、1.10 倍和 1.13 倍, 但各个处理组间均没有显著差异 ($P > 0.05$)。由此可见, 1-MCP+Nata 组可以延缓 Vc 含量和还原糖含量的降低。

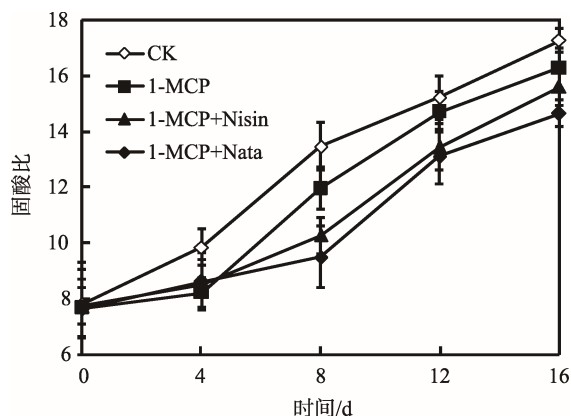


图 5 1-MCP 结合生物保鲜剂处理对贵长猕猴桃固酸比的影响

Fig.5 Effects of 1-MCP and bio-preservatives on ratio of sugar to acid of "Guichang" actinidia chinensis

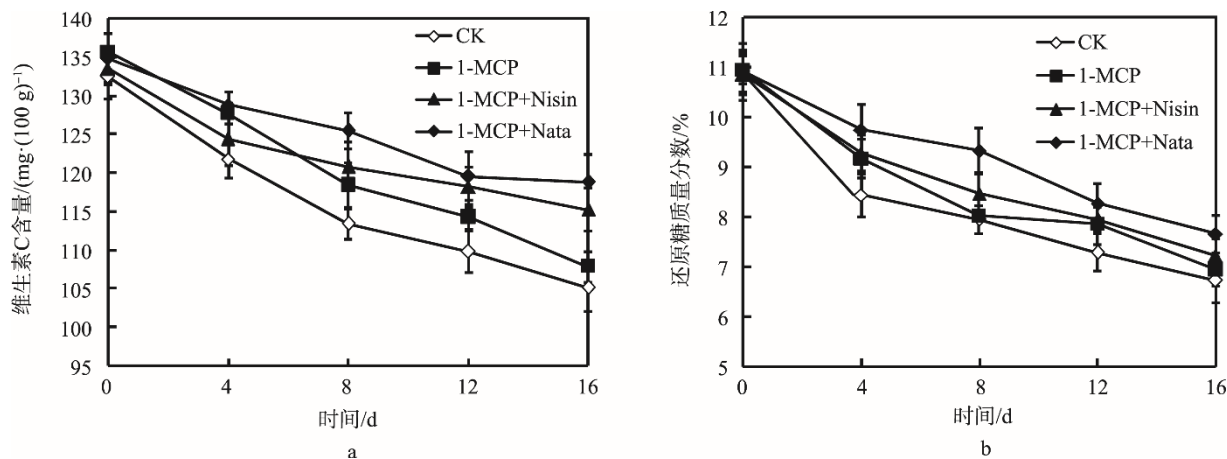


图6 1-MCP结合生物保鲜剂处理对贵长猕猴桃Vc含量和还原糖含量的影响

Fig.6 Effects of 1-MCP and bio-preservatives on vitamin c content and reducing sugar content of "Guichang" actinidia chinensis

2.7 不同处理对贵长猕猴桃 SOD 活性的影响

超氧化物歧化酶(SOD)是果实体内重要的抗氧化酶之一。SOD能够减少果蔬体内自由基对其的毒害作用^[18]。由图7可知,SOD活性在贵长猕猴桃货架期间呈现下降的趋势。从货架期开始,CK组果实的SOD活性开始快速下降,而处理组均下降得较缓慢。在货架期12d,不同组贵长猕猴桃SOD活性的大小关系为1-MCP+Nata组>1-MCP+Nisin组>1-MCP组>CK组。在货架期16d时,1-MCP组、1-MCP+Nisin组和1-MCP+Nata组的果实SOD活性分别比CK组高9.25%,12.36%,18.42%,并且不同处理组与对照组(CK)均有显著差异($P<0.05$)。由此可见,不同处理均会影响贵长猕猴桃SOD的活性,其中1-MCP+Nata组能够更好地抑制果实SOD活性的降低。

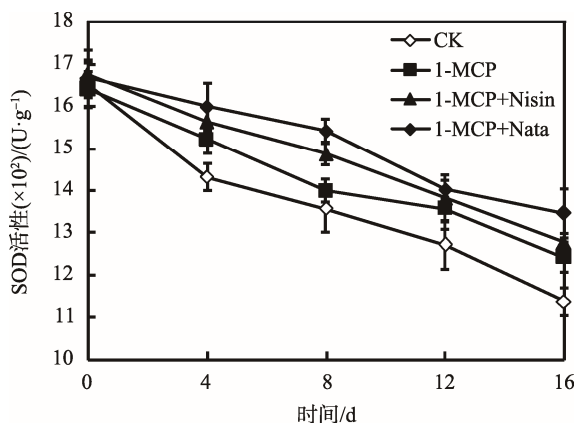


图7 1-MCP结合生物保鲜剂处理对SOD活性的影响

Fig.7 Effects of 1-MCP and bio-preservatives on SOD activity

2.8 不同处理对贵长猕猴桃 PG 活性的影响

多聚半乳糖醛酸酶(PG)与其可溶性果胶含量呈正相关,并且影响果实的硬度^[19]。由图8可知,果

实的PG活性呈现上升的趋势,从货架期开始至货架期4d,CK组果实的PG活性快速上升,而处理组果实的PG活性均上升得较缓慢。在货架期8d时,不同组贵长猕猴桃PG活性的大小关系为CK组>1-MCP>1-MCP+Nisin组>1-MCP+Nata组。在货架期16d时,CK组、1-MCP组、1-MCP+Nisin组和1-MCP+Nata组的果实PG活性分别为233.45,224.75,213.87,208.35 U/g,并且处理组与对照组(CK)均有显著差异。由此可见,1-MCP结合生物保鲜剂处理能够延缓贵长猕猴桃PG活性的上升,其中1-MCP+Nata组的效果更好。

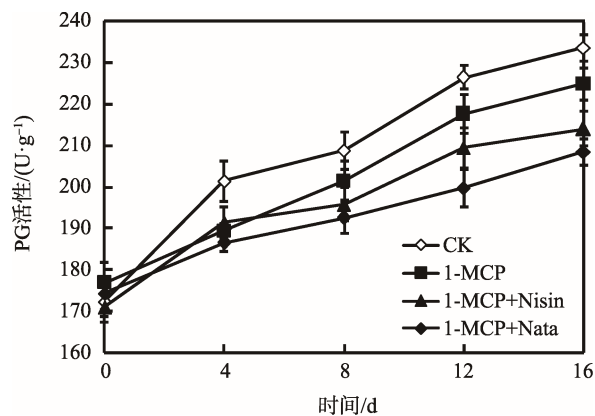


图8 1-MCP结合生物保鲜剂处理对PG活性的影响

Fig.8 Effects of 1-MCP and bio-preservatives on PG activity

2.9 不同处理对贵长猕猴桃 POD 活性的影响

过氧化物酶(POD)可以将果实体内的过氧化氢分解成对其细胞没有伤害的水和氧气,从而降低过氧化氢对果实的伤害^[16]。由图9可知,贵长猕猴桃的POD活性从货架期开始至货架期16d,CK组果实的POD活性低于其他处理组。在货架期12d时,不同组贵长猕猴桃的POD活性大小关系为1-MCP+Nisin组>1-MCP+Nata组>1-MCP组>CK组。在货架期16d

时,CK组、1-MCP组、1-MCP+Nisin组和1-MCP+Nata组的果实POD活性分别为0.26, 0.31, 0.36, 0.38 U/g, 并且各个组相互之间没有显著差异($P>0.05$)。由此可见,与对照组(CK)比较,通过采用不同处理方法均能够更好地延缓果实POD活性的下降,其中1-MCP结合生物保鲜剂处理的效果更好。

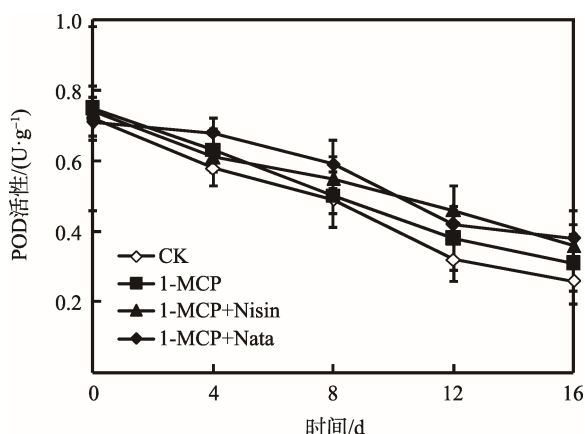


图9 1-MCP结合生物保鲜剂处理对POD活性的影响
Fig.9 Effects of 1-MCP and bio-preservatives on POD activity

3 结语

通过比较不同处理对贵长猕猴桃后熟品质及相关酶活性作用效果的研究表明,1-MCP结合生物保鲜剂处理有利于推迟贵长猕猴桃的生理代谢水平,延缓果实的衰老进程,抑制果实营养品质的下降,维持果实更好的酶活性。综合比较可知,1-MCP结合纳他霉素处理对保持贵长猕猴桃后熟品质的效果最好,能够降低果实的腐烂率和MDA含量,延缓果实的呼吸强度和乙烯生成速率的上升,延缓果实硬度、固酸比、Vc含量和还原糖含量的下降,维持果实SOD、PG和POD的活性。

参考文献:

[1] 龙友华, 张承, 吴小毛, 等. 10个猕猴桃品种在贵州主产区的引种表现[J]. 贵州农业科学, 2015, 43(7): 5—8.
LONG You-hua, ZHANG Cheng, WU Xiao-mao, et al. Introduction Performance of Ten Kiwifruit Varieties in the Major Production Area of Guizhou[J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2015, 43(7): 5—8.
[2] 曹森, 马超, 吉宁, 等. 乙烯吸附剂1-MCP对“贵长”猕猴桃保鲜效果的影响[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(3): 186—193.
CAO Sen, MA Chao, JI Ning, et al. Effects of Ethylene Adsorbent Coupling with 1-MCP on Preservation Effect of "Gui Chang" Kiwifruit[J]. Food and Fermentation Industries, 2018, 44(3): 186—193.

[3] 许文平, 陈昆松, 徐昌杰, 等. 猕猴桃采后果实冷藏与货架期脂氧合酶活性和乙烯生成的变化[J]. 中国农业科学, 2003, 36(10): 1196—1201.
XU Wen-ping, CHEN Kun-song, XU Chang-jie, et al. Changes of Lipoxygenase Activity and Ethylene Biosynthesis in *Actinidia* Fruit Stored at 0 °C and on Shelf at 20 °C After Cold Storage[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2003, 36(10): 1196—1201.
[4] 陈义挺, 程春振, 赖瑞联, 等. 猕猴桃果实贮藏影响因素研究进展[J]. 福建农业学报, 2017, 32 (2): 222—227.
CHEN Yi-ting, CHENG Chun-zhen, LAI Rui-Lian, et al. Research Progress on Factors Influencing Kiwifruit Storage[J]. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2017, 32 (2): 222—227.
[5] 高蕾蕾, 李迎秋. 乳酸链球菌素及其在食品中的应用研究进展[J]. 中国调味品, 2017, 42(3): 157—160.
GAO Lei-lei, LI Ying-qiu. Research Progress of Nisin and Its Application in Food Industry[J]. China Condiment, 2017, 42(3): 157—160.
[6] 丛建民. Nisin在草莓保鲜中的应用研究[J]. 食品与机械, 2008, 24(2): 131—133.
CONG Jian-min. Research of Application Nisin in Preservation of Strawberry[J]. Food and Machinery, 2008, 24(2): 131—133.
[7] 宋雪健, 张东杰, 王洪江, 等. 天然生物抗菌剂纳他霉素在食品中的应用及研究进展[J]. 保鲜与加工, 2017, 17(5):135—141.
SONG Xue-jian, ZHANG Dong-jie, WANG Hong-jiang, et al. Application and Research Progress of Natural Bio-antibacterial Agent Natamycin in Food[J]. Storage and Process, 2017, 17(5): 135—141.
[8] 张鹏, 王剑功, 李江阔, 等. 纳他霉素在气调保鲜樱桃番茄中的应用[J]. 食品工业, 2017(4): 216—221.
ZHANG Peng, WANG Jian-gong, LI Jiang-kuo, et al. Application Natamycin in MAP Preservation of Cherry Tomatoes[J]. Food Industry, 2017(4): 216—221.
[9] DENG Li, JIANG Cai-Zhong, MU Wen-Liang, et al. Influence of 1-MCP Treatments on Eating Quality and Consumer Preferences of 'Qinmei' Kiwifruit during Shelf Life[J]. Journal of Food Science and Technology, 2015, 52(1): 335—342.
[10] JIN P, SHANG H, CHEN J, et al. Effect of 1-Methylcyclopropene on Chilling Injury and Quality of Peach Fruit during Cold Storage[J]. Journal of Food Science, 2011, 76(8): 485—491.
[11] MAHAJAN B V C, SINGH K, DHILLON W S. Effect of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) on Storage Life and Quality of Pear Fruits[J]. Journal of Food Science and Technology, 2010, 47(3): 351—354.
[12] 李梅, 王贵禧, 梁丽松, 等. 1-甲基环丙烯处理对西洋梨常温贮藏的保鲜效果[J]. 农业工程学报, 2009, 25(12): 345—350.
LI Mei, WANG Gui-xi, LIANG Li-song, et al.

- Fresh-keeping effects of *Pyrus Communis L* Treated by 1-MCP at Ambient Temperature[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2009, 25(12): 345—350.
- [13] 张鹏, 李天元, 李江阔, 等. 微环境气体调控对精准相温贮藏期间柿果保鲜效果的影响[J]. 中国食品学报, 2018, 18(3): 180—187.
- ZHANG Peng, LI Tian-yuan, LI Jiang-kuo, et al. Effect of Microenvironment Gas Controlled on Fresh-keeping Effect of Persimmon Fruits during Accurate Phase Temperature Storage[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2018, 18(3): 180—187.
- [14] 李军. 钼蓝比色法测定还原型维生素 C[J]. 食品科学, 2000, 21(8): 42—45.
- LI Jun. Study on Molybdenum Blue Method of L-VC Test by Spectrometry[J]. Food Science, 2000, 21(8): 42—45.
- [15] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社: 2013.
- CAO Jian-kang, JIANG Wei-bo, ZHAO Yu-mei. Experiment Guidance of Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruit and Vegetables[M]. Bei-jing: China Light Industry Press, 2013.
- [16] STEC M G H, HODGSON J A, MACRAE E A, et al. Role of Fruit Firmness in the Sensory Evaluation of Kiwifruit (*Actinidia Deliciosa*, cv Hayward)[J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 1989, 47(4): 417—433.
- [17] 李江阔, 曹森, 张鹏, 等. 1-MCP 采前处理对葡萄采后相关酶活性与品质的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(22): 270—275.
- LI Jiang-kuo, CAO Sen, ZHANG Peng, et al. Effects of Preharvest 1-MCP Treatments on Postharvest Quality and Related Enzyme Activities of Grapes[J]. Food Science, 2014, 35(22): 270—275.
- [18] JIN Peng, SHANG Hai-Tao, CHEN Jing-Jing, et al. Effect of 1-Methylcyclopropene on Chilling Injury and Quality of Peach Fruit during Cold Storage[J]. Journal of Food Science, 2011, 76(8): 485—491.
- [19] 曹森, 王瑞, 钱波, 等. 1-MCP 对“贵长”猕猴桃模拟运输后货架品质影响研究[J]. 食品工业科技, 2016, 37(6): 335—340.
- CAO Sen, WANG Rui, QIAN Bo, et al. Effect of 1-MCP on the 'Guichang' Kiwi Shelf Quality after Postharvest Simulate Transport[J]. Science and Technology of Food Industry, 2016, 37(6): 335—340.
- [20] 曹森, 王瑞, 赵成飞, 等. 采前喷施哈茨木霉菌对采后蓝莓贮藏品质及生物活性的影响[J]. 江苏农业学报, 2017, 33 (2) : 424—431.
- CAO Sen, WANG Rui, ZHAO Cheng-fei, et al. Effects of *Trichoderma Harzianum* Preharvest Application on Postharvest Storage Quality and Biological Activity of Blueberry[J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2017, 33 (2) : 424—431.