

赤霉素处理对火龙果贮藏品质的影响

巴良杰, 罗冬兰

(贵阳学院, 贵阳 550005)

摘要: **目的** 研究不同浓度的赤霉素 (GA₃) 对火龙果采后保鲜效果的影响。**方法** 以火龙果为实验材料, 研究质量浓度为 10, 50 mg/L 的 GA₃ 对其在 (7±1) °C 下贮藏生理和营养品质的影响。**结果** 与对照组相比, 质量浓度为 10, 50 mg/L 的 GA₃ 处理均能降低果实的呼吸强度, 抑制果实的腐烂率、质量损失率、丙二醛 (Malondialdehyde, MDA) 含量、多酚氧化酶 (Polyphenol Oxidase, PPO) 活性的增加, 延缓可溶性固形物、可滴定酸、Vc 含量的降低, 提高其超氧化歧化酶 (Superoxide Dismutase, SOD)、过氧化物酶 (Peroxidase, POD) 和过氧化氢酶 (Catalase, CAT) 的活性, 且质量浓度为 50 mg/L GA₃ 处理组的效果要好于质量浓度为 10 mg/L GA₃ 处理组。**结论** GA₃ 处理延缓了火龙果采后果实的衰老进程, 保持了其贮藏期果实品质, 其中质量浓度为 50 mg/L 的 GA₃ 处理效果较好。

关键词: 火龙果; 赤霉素; 贮藏; 品质

中图分类号: TS255.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)13-0012-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.13.002

Effect of Gibberellic Acid Treatment on Storage Quality of Pitaya

BA Liang-jie, LUO Dong-lan

(Guiyang University, Guiyang 550005, China)

ABSTRACT: The work aims to study the effects of gibberellic acid (GA₃) of different concentrations on postharvest fresh-keeping effect of pitaya fruits. With pitaya as experimental material, the effects of 10 mg/L and 50 mg/L GA₃ on the storage physiology and nutritional quality of pitaya at (7±1)°C were studied. Compared with control, 10 mg/L and 50 mg/L GA₃ treatment reduced the respiration rate, inhibited the increase of decay incidence and weight loss and malondialdehyde(MDA) content and polyphenol oxidase(PPO) activity, and delayed the decrease of total soluble solids, titratable acid and Vc content. The activities of superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD) and catalase (CAT) were enhanced, and 50 mg/L GA₃ treatment effect was better than 10 mg/L. In summary, GA₃ treatment delays the senescence of postharvest pitaya fruit and maintains its fruit quality during storage. The effect of 50 mg/L GA₃ treatment is better.

KEY WORDS: pitaya; gibberellic acid (GA₃); storage; quality

火龙果 (*Hylocereus undatus*) 是一种典型的热带、亚热带水果, 具有很高的营养价值和经济价值。目前, 中国火龙果的种植面积已达 3.5 万 hm² 以上,

每亩 (1 亩=666.67 m²) 年产值可达 1.5~2.5 万元, 已成为贵州、广西等偏僻山区农民脱贫致富的主要经济水果^[1]。由于火龙果多在高温多雨的夏、秋季节采收,

收稿日期: 2019-03-08

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金 (31801604); 贵州省教育厅 2018 年青年科技人才成长项目 (黔教合 KY 字 [2018]302); 贵州省科技计划 (黔科合基础[2019]1007); 贵阳市财政支持贵阳学院学科与硕士点建设项目 (SH-2019)

作者简介: 巴良杰 (1988—), 男, 博士, 贵阳学院副教授, 主要研究方向为果蔬贮藏与保鲜。

通信作者: 罗冬兰 (1991—), 女, 硕士, 贵阳学院助教, 主要研究方向为食品科学。

果实采后呼吸作用较强, 极易失水萎蔫、腐烂, 不耐贮藏, 因此会造成很大的经济损失^[2-3]。

赤霉素(GA₃)是植物的五大类激素之一, 参与了果实衰老的过程^[4]。在桃子^[5]、甜橙^[6]、李子^[7]等果实上的研究表明, GA₃能够延缓果实的后熟衰老进程, 具有较好的保鲜效果。GA₃采后处理效果与使用浓度、果实品质、果实种类有密切关系^[8-9]。目前, 关于火龙果采后保鲜的研究多集中于低温^[10]、1-MCP^[11]、热处理^[12]等, 而关于激素处理的采后保鲜研究报道较少。文中试验以采后火龙果为材料, 研究不同浓度GA₃对其低温贮藏期果实品质的影响, 为找到新的火龙果保鲜方法提供参考, 同时也为进一步研究GA₃对火龙果采后衰老的调控提供理论依据。

1 实验

1.1 材料、仪器及处理方法

实验材料为贵州省关岭县花江镇莲花村种植基地的“紫红龙”红肉火龙果, 于2018年8月13日采摘后迅速运到实验室, 筛选无机械伤、无病虫害、果实颜色和大小基本一致的300个果实, 随机分为3组, 于常温(20℃)下愈伤12h后, 用质量浓度分别为0(CK组, 蒸馏水), 10, 50 mg/L的GA₃浸果20min, 之后将果实晾干, 立刻装于PE保鲜袋(厚度20μm)中, 置于(7±1)℃下贮藏, 每8d取火龙果果样, 测定其果实的腐烂率、质量损失率、MDA含量、可溶性固形物含量、可滴定酸含量、Vc含量, 以及PPO, SOD, POD和CAT的活性等指标, 重复实验3次, 取其平均值。

在指标测定过程中需要使用的主要仪器: 精准控温保鲜库(±0.5℃、(90±5)%), 国家农产品保鲜工程技术研究中心; TGL-16A台式高速冷冻离心机, 长沙平凡仪器仪表有限公司; UV-2550紫外分光光度计, 日本Shimadzu公司; PAL-1型迷你数显折射计, 日本ATAGO; pHS-25型数显酸度计, 上海虹益仪器仪表有限公司; GC-14气相色谱仪, 日本岛津公司; DDS-307A型电导率仪, 郑州南北仪器设备有限公司。

1.2 指标测定方法

1) 火龙果果实的腐烂率、质量损失率的测定。参照巴良杰等^[3]的方法测定。

2) 果实呼吸强度的测定。参照曹建康^[13]的方法, 采用静置法测定。

3) 采用硫代巴比妥酸法测定丙二醛含量, 采用手持式折光仪测定可溶性固形物含量, 采用酸碱滴定法测定可滴定酸含量, 采用分光光度计法测定Vc含量。

4) 采用紫外分光光度计法测定过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)、超氧化物歧化酶(SOD)、多

酚氧化酶(PPO)的活性。

1.3 数据处理与作图

数据结果采用Excel 2010软件进行统计处理, 差异显著分析采用SPSS 22.0软件, 作图采用Excel 2010软件。

2 结果与分析

2.1 GA₃处理对火龙果呼吸强度的影响

在果实采后贮藏过程中, 呼吸是果实生理活动的重要标志, 直接关系到果实的衰老进程和耐贮性^[14]。由图1可知, 在低温贮藏过程中, 3个处理组火龙果的呼吸强度呈现整体下降趋势, 在贮藏期0~8d, 3个处理组的呼吸强度下降趋势明显, 但3个处理组之间无明显差异。在贮藏期16~32d, CK处理组与质量浓度为10, 50 mg/L的GA₃处理组之间呈显著性差异, 且CK处理组的呼吸强度显著性高于2个GA₃处理组($P < 0.05$)。果实的呼吸强度在贮藏期0~8d明显下降, 主要是因为贮藏温度从20℃降到了7℃, 而温度是影响果实呼吸强度的主要因素。在贮藏后期, 果实的呼吸强度呈缓慢下降趋势, 主要是因为随着贮藏期的延长, 果实衰老程度的增加, 呼吸代谢减弱。在贮藏期32d时, CK处理组、10 mg/L GA₃处理组、50 mg/L GA₃处理组的呼吸强度依次为3.84, 3.07, 2.98 mg/(kg·h)。综上可知, GA₃处理可以有效抑制火龙果贮藏期的呼吸强度。

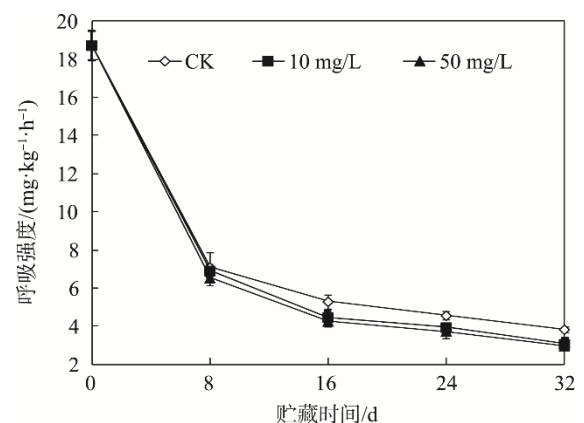


图1 GA₃处理对火龙果呼吸强度的影响
Fig.1 Effect of GA₃ treatment on respiration rate of pitayafruit

2.2 GA₃处理对火龙果腐烂率和质量损失率的影响

火龙果在采收、运输、贮藏搬运过程中, 易受到外界机械伤害, 以及自身和贮藏环境中的病原菌侵害, 这样都会加速果实的腐烂, 因而腐烂率是贮藏过程中判断果实品质的重要指标之一^[14]。由图2可知,

火龙果在贮藏前 16 d 内的腐烂率都为 0。在贮藏期 16~32 d 时,火龙果果实的腐烂率呈现总体上升趋势,且 CK 组腐烂率的增加趋势高于 2 个 GA_3 处理组。在贮藏期 32 d 时,CK 组的腐烂率已经增大到 83.47%,分别是 10 mg/L GA_3 处理组、50 mg/L GA_3 处理组的 1.4 和 1.7 倍,且 3 个处理组之间差异显著 ($P < 0.05$)。10 mg/L GA_3 处理组的腐烂率是 50 mg/L GA_3 处理组的 1.3 倍。综上所述, GA_3 处理可以显著抑制火龙果贮藏期间腐烂率的上升趋势,且 50 mg/L GA_3 处理组的效果最好。

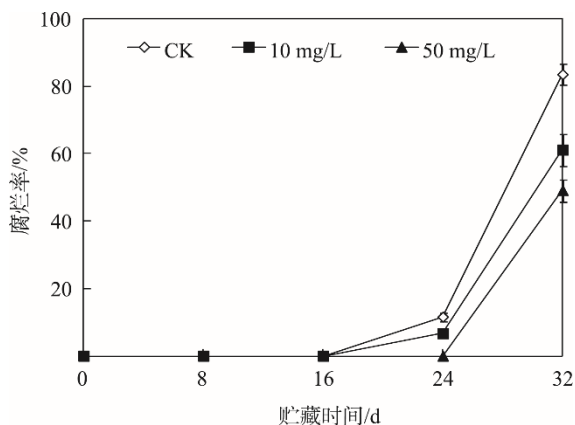


图 2 GA_3 处理对火龙果腐烂率的影响

Fig.2 Effect of GA_3 treatment on decay incidence of pitaya fruit

在火龙果贮藏过程中,果实自身的代谢会消耗大量的有机物;病原菌的繁殖也会消耗果实的有机物;果皮表面会发生蒸腾作用,也会散失水分。这些消耗的有机物和散失的水是造成果实质量减少的主要原因^[14]。由图 3 可知,在贮藏期 32 d 后,CK 组的质量损失率显著大于 2 个 GA_3 处理组的 ($P < 0.05$),且 CK 组、10 mg/L GA_3 处理组、50 mg/L GA_3 处理组的质量损失率依次为 13.71%, 11.23%, 9.82%, 3 个处理组之间差异显著 ($P < 0.05$),见图 3。综上所述, GA_3 处理可以抑制贮藏期火龙果质量损失率的上升趋势,且 50 mg/L GA_3 处理组的效果最好。

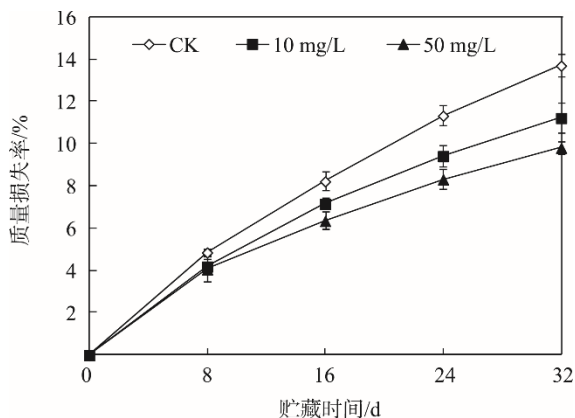


图 3 GA_3 处理对火龙果质量损失率的影响

Fig.3 Effect of GA_3 treatment on weight loss of pitaya fruit

2.3 GA_3 处理对火龙果可溶性固形物含量的影响

可溶性固形物是判断果蔬采收时间和耐贮性的重要指标之一^[14]。火龙果果实采摘时没有完全成熟,在贮藏期 0~8 d 时,其可溶性固形物含量逐渐增加。在贮藏期 8~32 d 时,果实处于后熟到衰老的时期,果实体内的有机物逐渐被代谢消耗,可溶性固形物含量逐渐降低。由图 4 可知,在贮藏期 8~32 d 时,CK 组的可溶性固形物含量显著性低于 2 个 GA_3 处理组的 ($P < 0.05$)。说明 GA_3 处理可以不同程度地抑制火龙果可溶性固形物含量的降低,可以有效地保持贮藏期果实品质,延缓果实衰老。

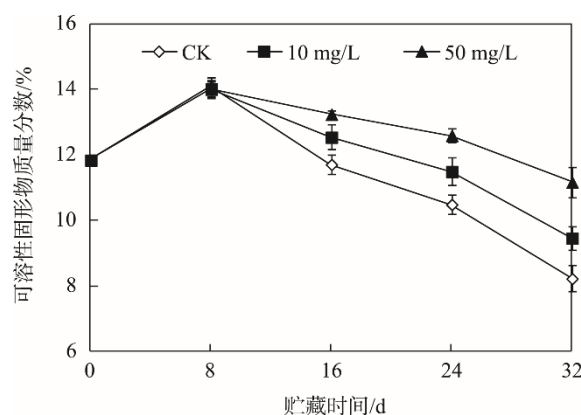


图 4 GA_3 处理对火龙果可溶性固形物的影响

Fig.4 Effect of GA_3 treatment on total soluble solids of pitaya fruit

2.4 GA_3 处理对火龙果可滴定酸和 Vc 含量的影响

可滴定酸含量直接反映了果实的风味品质^[14]。由图 5 可知,在火龙果整个贮藏过程中,3 个处理组的可滴定酸含量都呈现下降趋势,并且在贮藏期 32 d 时下降到最低值,CK 组、10 mg/L GA_3 处理组、50 mg/L GA_3 处理组的可滴定酸含量依次为 0.23%, 0.27%, 0.31%, 3 个处理组之间差异显著 ($P < 0.05$)。

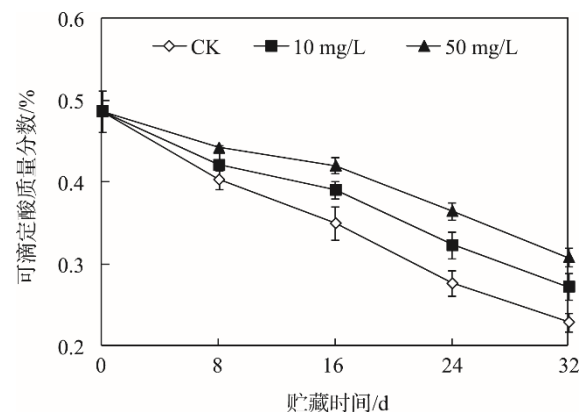


图 5 GA_3 处理对火龙果可滴定酸的影响

Fig.5 Effect of GA_3 treatment on titratable acid of pitaya fruit

由此说明, GA₃ 处理可以有效地延缓火龙果采后贮藏过程中可滴定酸含量的降低, 保持较好的果实品质。

Vc 是人体所需的重要维生素之一, 火龙果含有丰富的 Vc 物质^[14]。由图 6 可知, 随着贮藏期的延长, 果实代谢的消耗与降解, 果实中的 Vc 含量呈逐渐减少趋势。在贮藏期 32 d 时, CK 组、10 mg/L GA₃ 处理组、50 mg/L GA₃ 处理组的 Vc 含量依次为 9.53, 10.81, 12.40 mg/100 g, 3 个处理组之间差异显著 ($P < 0.05$)。由上可知, GA₃ 处理能有效地保持贮藏期火龙果果实的 Vc 含量, 其中, 50 mg/L GA₃ 处理组的效果最好。

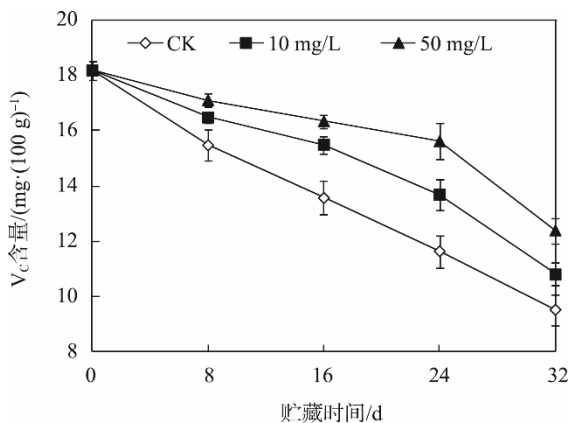


图 6 GA₃ 处理对火龙果 Vc 的影响
Fig.6 Effect of GA₃ treatment on Vc of pitaya fruit

2.5 GA₃ 处理对火龙果 MDA, SOD, POD 和 CAT 的影响

MDA 是细胞膜损伤过程中的主要产物之一, 其大小可以用来衡量细胞膜的损伤程度和果实的衰老状态^[13]。由图 7 可知, 火龙果在整个贮藏过程中, MDA 的含量呈总体增加趋势。在贮藏期 32 d 时, CK 组、10 mg/L GA₃ 处理组、50mg/L GA₃ 处理组的 MDA 含量依次为 5.02, 4.36, 3.85 nmol/g, 3 个处理组间差异显著 ($P < 0.05$)。以上表明, GA₃ 处理可以有效地抑制火龙果贮藏期 MDA 含量的增加, 并且 50 mg/L GA₃ 处理组的效果最好。文中研究表明, GA₃ 处理能有效地抑制火龙果贮藏期膜质过氧化的作用, 延缓果实的衰老。

SOD 具有清除活性氧的功能, 是植物细胞的保护酶, 在延缓果实衰老过程中有着重要作用。由图 8 可知, 在火龙果的整个贮藏期间, SOD 活性呈先增加后降低的趋势。在贮藏期 16 d 时, CK 组、10 mg/L GA₃ 处理组、50 mg/L GA₃ 处理组的 SOD 活性都达到了最大值, 依次为 120.22, 160.83, 190.58 U/g, 其中, 10 mg/L GA₃ 处理组是 CK 组的 1.3 倍, 50 mg/L GA₃ 处理组是 CK 组的 1.6 倍。以上说明, GA₃ 处理提高了火龙果果实的 SOD 活性, 增强了果实清除活性氧的能力。

在果实组织中, H₂O₂ 会使组织发生过氧化反应, 而 POD 能催化 H₂O₂ 的分解。由图 9 可知, 在火龙果贮藏期 0~16 d 时, 火龙果的 POD 活性呈缓慢增加趋势; 在贮藏期 16~32 d 时, 火龙果的 POD 活性迅速下降。在贮藏期 32 d 时, CK 组、10 mg/L GA₃ 处理组、50 mg/L GA₃ 处理组的 POD 活性依次为 32.59, 41.68, 47.74 U/g, 3 个处理组间差异显著 ($P < 0.05$)。综上可知, GA₃ 处理提高了果实的 POD 活性。

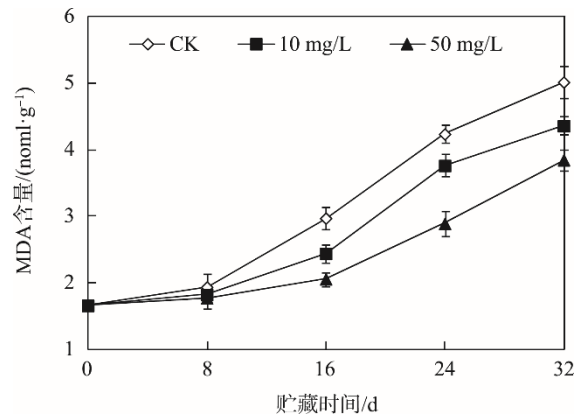


图 7 GA₃ 处理对火龙果丙二醛的影响
Fig.7 Effect of GA₃ treatment on MDA of pitaya fruit

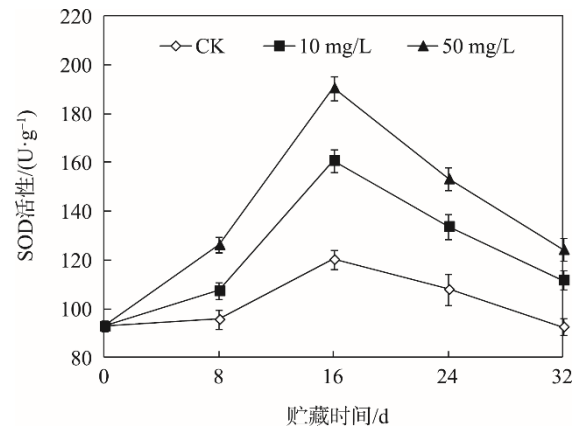


图 8 GA₃ 处理对火龙果 SOD 的影响
Fig.8 Effect of GA₃ treatment on SOD activity of pitaya fruit

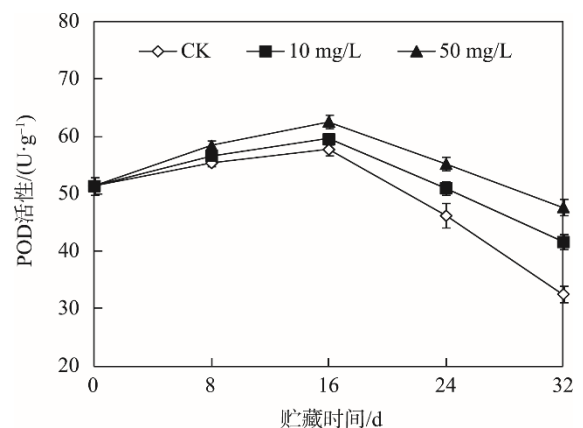


图 9 GA₃ 处理对火龙果 POD 的影响
Fig.9 Effect of GA₃ treatment on POD activity of pitaya fruit

CAT在果实的衰老过程中,具有与POD相同的分解 H_2O_2 功能。由图10可知,在火龙果整个贮藏过程中,2个 GA_3 处理组的CAT活性显著性高于CK组。在贮藏期32d时,CK组、10 mg/L GA_3 处理组、50 mg/L GA_3 处理组的CAT活性依次为15.8, 17.21, 18.84 U/g, 3个处理组之间差异显著($P < 0.05$)。综上可知, GA_3 处理提高了果实的CAT活性。

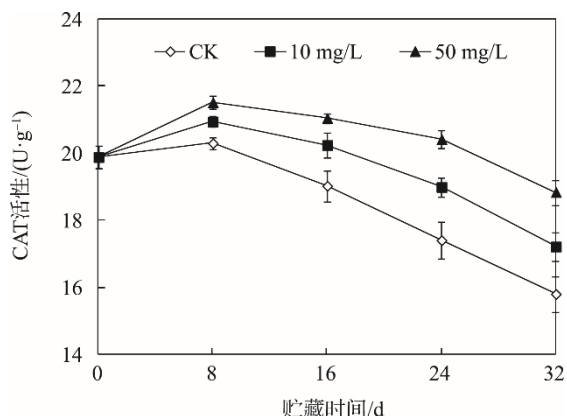


图10 GA_3 处理对火龙果CAT的影响

Fig.10 Effect of GA_3 treatment on CAT activity of pitaya fruit

2.6 GA_3 处理对火龙果PPO的影响

在果实的衰老过程中,酚类物质会在PPO酶的作用下,产生褐色物质,引起果实产生酶促褐变^[15]。由图11可知,在火龙果贮藏过程中,PPO活性呈现先上升后下降的趋势,在贮藏期24d时达到最大值,CK组、10 mg/L GA_3 处理组、50 mg/L GA_3 处理组的PPO活性依次为45.93, 39.87, 35.61 U/g, 3个处理组之间差异显著($P < 0.05$),其中,10 mg/L GA_3 处理组、50 mg/L GA_3 处理组分别较CK组减少了13.2%, 22.5%, 50 mg/L GA_3 处理组较10 mg/L GA_3 处理组减少了10.7%。综上可知, GA_3 处理能够抑制采后火龙果贮藏期PPO活性的增加,且50 mg/L GA_3 处理的抑制效果较好。

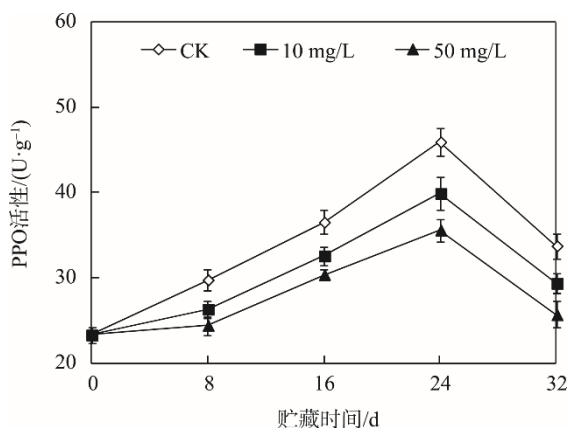


图11 GA_3 处理对火龙果PPO的影响

Fig.11 Effect of GA_3 treatment on PPO activity of pitaya fruit

3 结果与讨论

GA_3 作为一种内源植物激素,对许多果蔬都有延缓衰老的作用。在桃^[5]、南果梨^[15]果实上的研究表明, GA_3 处理能够抑制果实贮藏期的呼吸强度、MDA含量的增加,延缓果实Vc含量的降低;曹建康^[16]等认为, GA_3 处理可以延缓鸭梨在果实贮藏过程中可溶性固形物含量的降低,使果实保持较高的可溶性固形物含量,可以有效地保持贮藏期果实品质。上述研究结果与笔者的实验结论相吻合,进一步验证了 GA_3 处理可以有效地延缓果实衰老进程。由文中实验研究可知,50 mg/L GA_3 处理组的效果好于10 mg/L GA_3 处理组,这与在番茄^[17]、南果梨^[14]等上的研究基本一致,高浓度的 GA_3 处理效果好于低浓度的 GA_3 处理,其具体作用机制还需进一步深入研究。

在果实的衰老过程中,自由基产生与清除的平衡遭到破坏紊乱,活性氧代谢是果实采后生物学研究的重要内容之一^[8]。SOD, POD和CAT是活性氧代谢系统的重要保护酶,SOD是植物体内清除 O_2^- 的酶,而 H_2O_2 的清除则由POD和CAT等完成^[18-20]。文中研究表明,随着火龙果贮藏期的延长,果实中的SOD, POD和CAT活性都呈现上升趋势,尤其是经 GA_3 处理大大提高了3种保护酶的活性,它们清除了果实体内的活性氧,减少了氧自由基的累积,防止了果实膜脂过氧化作用,延缓了果实的衰老。综上所述, GA_3 处理可以显著提高果实中SOD, POD和CAT的活性,抑制果实中 H_2O_2 和 O_2^- 的累积,延缓细胞膜透性的增加趋势,延缓果实衰老,对果实的保鲜有较好的效果。

4 结语

GA_3 处理能够降低采后火龙果低温贮藏期果实的呼吸强度,抑制果实腐烂率和质量损失率的增加,较好地保持果实的外观品质;抑制果实可溶性固形物、可滴定酸及Vc等含量的降低,较好地保持了果实的营养品质;抑制MDA含量的增加,减弱膜质过氧化作用;提高SOD, POD和CAT活性,延缓细胞膜透性的增加;同时抑制PPO活性的增加,减弱果实酶促褐变发生。综上可知, GA_3 处理可以有效地延缓火龙果果实的衰老进程,同时较好地保持果实贮藏期的品质,2个处理浓度相比,50 mg/L的 GA_3 处理的保鲜效果较好。

参考文献:

- [1] 李家政, 王奕文, 张凤勇. 火龙果采后品质控制现状分析[J]. 保鲜与加工, 2016, 16(1): 1—6.
LI Jia-zheng, WANG Yi-wen, ZHANG Feng-yong.

- Actuality Analysis of Quality Control of Postharvest Pitaya[J]. *Storage and Process*, 2016, 16(1): 1—6.
- [2] 王生有, 陈于陇, 徐玉娟, 等. 火龙果采后生理和保鲜技术的研究进展[J]. *食品工业科技*, 2014, 35(13): 396—400.
WANG Sheng-you, CHEN Yu-long, XU Yu-juan, et al. Progress in Postharvest Physiology and Preservative Technology of Pitaya[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2014, 35(13): 396—400.
- [3] 巴良杰, 罗冬兰, 杨飒, 等. 热处理对采后火龙果低温贮藏期生理指标的影响[J]. *中国南方果树*, 2018, 47(6): 39—44.
BA Liang-jie, LUO Dong-lan, YANG Sa, et al. Effect of Heat Treatment on Physiological Indexes of Postharvest Pitaya Fruit during Low Temperature Storage[J]. *South China Fruits*, 2018, 47(6): 39—44.
- [4] TAKAHASHI N, PHINNEYB O, MACMILLAN J, et al. Gibberellins[M]. New York: Springer Verlaginc, 1991: 363—364.
- [5] MARTINEZ-ROMERO D, VALERO D, SERRANO M, et al. Exogenous Polyamines and Gibberellic Acid Effects on Peach (*Prunus Persica* L) Storability Improvement[J]. *Journal of Food Science*, 2000, 65(2): 288—294.
- [6] GAMBETTA G, MESEJO C, MARTINEZ-FUENTES A, et al. Gibberellic Acid and Norflurazon Affecting the Time-course of Flavedo Pigment and Abscisic Acid Content in 'Valencia' Sweet Orange[J]. *Scientia Horticulturae*, 2014, 180(17): 94—101.
- [7] LI H, JIANG Y, LI J. Use of GA₃ to Inhibit Flesh Browning Development of Plum Fruit during Storage at Low Temperature[J]. *European Journal of Horticultural Science*, 2006, 71(5): 231—235.
- [8] EINHORN TC, WANG Y, TURNER J. Sweet Cherry Fruit Firmness and Postharvest Quality of Late-maturing Cultivars are Improved with Low-rate, Single Applications of Gibberellic Acid[J]. *Hort Science*, 2013, 48(8): 1010—1017.
- [9] OZKAN Y, UCAR M, YILDIZ K, et al. Preharvest Gibberellic Acid(GA₃)Treatments Play an Important Role on Bioactive Compounds and Fruit Quality of Sweet Cherry Cultivars[J]. *Scientia Horticulturae*, 2016, 211(1): 358—362.
- [10] 刘顺枝, 孙茹, 江月玲, 等. 贮藏温度对火龙果品质和衰老变化的影响[J]. *食品科学*, 2013, 34(12): 336—340.
LIU Shun-zhi, SUN Ru, JIANG Yue-ling, et al. Effect of Storage Temperature on Quality and Senescence of Pitaya[J]. *Food Science*, 2013, 34(12): 336—340.
- [11] 王彬, 郑伟, 何绪晓, 等. 1-MCP 对火龙果低温贮藏期品质的影响[J]. *食品研究与开发*, 2012, 33(7): 180—184.
WANG Bin, ZHENG Wei, HE Xu-xiao, et al. Effect of 1-MCP on Quality of Pitaya Fruit under Cold Storage[J]. *Food Research and Development*, 2012, 33(7): 180—184.
- [12] HOA T T, CLARK C J, WADDELL B C, et al. Postharvest Quality of Dragon Fruit (*Hylocereus undatus*) Following Disinfesting Hot Air Treatments[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2006, 41(1): 62—69.
- [13] 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: 33—150.
CAO Jian-kang, JIANG Wei-bo, ZHAO Yu-mei. Experiment Guidance of Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruit and Vegetables[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2013: 33—150.
- [14] 张秀玲. 果蔬采后生理与贮运学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2018: 10—150.
ZHANG Xiu-ling. Postharvest Physiology and Storage and Transportation of Fruits and Vegetables[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2018: 10—150.
- [15] 吕静祎, 商馥兰, 张梦媛, 等. 赤霉素处理对南果梨贮藏品质的影响[J]. *食品工业科技*, 2017, 38(24): 282—286.
LYU Jing-yi, SHANG Fu-lan, ZHANG Meng-yuan, et al. Effects of Gibberellic Acid Treatment on Storage Quality of Nanguo Pear[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2017, 38(24): 282—286.
- [16] 曹建康, 李庆鹏, 姜微波, 等. 赤霉素处理对鸭梨果实乙烯代谢和贮藏品质的影响[J]. *中国农学通报*, 2008, 24(1): 81—83.
CAO Jian-kang, LI Qing-peng, JIANG Wei-bo, et al. Effect of Gibberellic Acid (GA₃) Treatments on Ethylene Metabolism and Quality of Yali Pear Fruit During Storage[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2008, 24(1): 81—83.
- [17] 周会玲, 张少颖, 饶景萍. 采后 GA₃ 处理对番茄后熟生理的影响[J]. *西北植物学报*, 2003, 23(9): 1614—1616.
ZHOU Hui-ling, ZHANG Shao-ying, RAO Jing-ping. Effect of GA₃ Treatment on Mature Physiology in Postharvest Tomato[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2003, 23(9): 1614—1616.
- [18] GONZALEZ-AGUILAR G A, VILLA-RODRIGUEZ J A, AYALAZAVALA J F, et al. Improvement of the Antioxidant Status of Tropical Fruits as a Secondary Response to some Postharvest Treatments[J]. *Trends in Food Science and Technology*, 2010, 21(10): 475—482.
- [19] KAISER W. The Effect of Hydrogen Peroxide on CO₂ Fixation of Isolated Intact Chloroplasts[J]. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1976, 440(3): 476—482.
- [20] PAULSON AT, VANDERSTOEP J, PORRITT SW. Enzymatic Browning of Peaches: Effect of Gibberellic Acid and Ethephon on Phenolic Compounds and Polyphenoloxidase Activity[J]. *Journal of Food Science*, 1980, 45(2): 341—345.