

生长期喷施抑菌剂对‘紫红龙’火龙果采后品质的影响*

谢国芳, 谢 玲, 范宽秀, 刘永玲, 赵治兵

(贵阳学院 食品与制药工程学院, 贵州省果品加工工程技术研究中心, 贵州 贵阳 550005)

摘要:【目的】为了解生长期喷施抑菌剂对火龙果采后品质的影响。【方法】以紫红龙为试材, 分别在花后 10 d 和 20 d 时喷施 1 600 倍的木霉菌结合乳酸链球菌素、纳他霉素结合乳酸链球菌素和油茶饼粕粗提液, 研究其对火龙果果皮特性、色泽、果肉特性、营养成分、抗氧化酶及体外抗氧化活性等采后品质的影响。【结果】生长期喷施复合抑菌剂和油茶饼粕粗提液均能显著提高火龙果果肉色泽 b^* 和果皮硬度、甜菜色苷含量, 显著降低果皮色泽 b^* 、PPO 活性和 DPPH 自由基清除能力。贮藏期间, 火龙果果实霉烂指数升高伴随果皮色泽 L^* 、果肉色泽 a^* 、果皮果胶、可滴定酸和还原糖含量的降低, 果皮相对电导率、甜菜色苷含量、PPO 活性、POD 活性、DPPH 和 ABTS 自由基清除能力的升高。【结论】与对照相比, 生长期喷施抑菌剂均能维持总黄酮含量, 显著加快色泽 a^* 下降、POD 活性上升, 降低霉烂指数和呼吸速率, 延缓果皮厚度变薄、果肉硬度、黏度、甜菜色苷、PPO 活性、DPPH 和 ABTS 自由基清除能力的快速上升, 从而降低火龙果贮藏期间腐烂的发生。

关键词: 火龙果; 木霉菌; 纳他霉素; 乳酸链球菌素; 油茶饼粕粗提液

中图分类号: S 667.908

文献标识码: A

文章编号: 1004-390X (2019) 04-0663-08

Effects of Spraying Bacteriostatic Agents on Postharvest Quality of ‘Zihonglong’ Pitaya

XIE Guofang, XIE Ling, FAN Kuanxiu, LIU Yongling, ZHAO Zhibing

(Guizhou Engineering Research Center for Fruit Processing, Food and Pharmaceutical Engineering College, Guiyang University, Guiyang 550005, China)

Abstract: [Purpose] In order to understand the effect of spraying bacteriostatic agents on postharvest quality of pitaya. [Method] The bacteriostatic agents, including *Trichoderma* combined with nisin, nisin combined with natamycin, and crude extract of camellia cake, were sprayed at 10 and 20 days after anthesis, the postharvest quality, including pericarp characteristics, color, pulp characteristics, nutritional components, enzymes and antioxidant activities of ‘Zihonglong’ pitaya were investigated. [Results] Spraying bacteriostatic agents could significantly improve the b^* in flesh, firmness in pericarp, and betacyanins in flesh of ‘Zihonglong’ pitaya, and significantly decrease the b^* in peel, PPO, and the DPPH· scavenging ability. The rise of rot index with L^* in peel, a^* in flesh, pectin in peel, titratable acid, and reducing sugar reduced, the rise of rot index with relative conductivity, PPO,

收稿日期: 2017-12-03

修回日期: 2019-04-19

网络首发时间: 2019-07-17 09:52:07

*基金项目: 贵州省科技支撑计划项目[黔科合支撑(2019)2323]; 国家级大学生创新创业训练计划项目(201610976040); 贵州省大学生创新创业训练计划项目(201610976042, 201710976071); 贵阳市科技局贵阳学院专项资金资助[GYU-KYZ(2018)01-17]; 贵阳市科技局资助“贵州省果品加工工程技术中心”和“贵州省果品加工、贮藏与安全协同创新中心”建设项目。

作者简介: 谢国芳(1987—), 男, 贵州思南人, 硕士, 副教授, 主要从事农产品贮藏与加工研究。

E-mail: xieguofang616@sina.com

网络首发地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/53.1044.S.20190716.0858.001.html>



POD, the DPPH· and ABTS^{·+} scavenging ability increased during storage. [Conclusion] Compared with the control group, spraying bacteriostatic agents could maintain the total flavonoids of ‘Zihonglong’ pitaya, can significantly accelerate the decline of a^* and the increase of POD, can significantly reduce the rot index and respiration rate, delay rises in thinning in peel, firmness in flesh, viscosity, betacyanins, PPO, the DPPH· and ABTS^{·+} scavenging ability, to postpone the rot of ‘Zihonglong’ pitaya during storage.

Keywords: pitaya; *Trichoderma*; natamycin; nisin; crude extract of camellia cake

火龙果 (pitaya) 又称青龙果、红龙果、仙人掌果、仙蜜果等, 是仙人掌科 (Cactaceae) 三角柱属 (*Hylocereus*) 多年生植物, 尤其是红肉火龙果富含多种营养素, 在预防便秘和尿酸、清除重金属、抗衰老、养颜减肥、降血脂、降血糖、降血压和抗肿瘤等方面功效显著, 具有较高的营养保健价值和良好的经济价值^[1]。贮藏期短严重制约其产业发展, 目前, 火龙果贮藏保鲜主要从采后生理特性的角度开展采收期、保鲜剂和贮藏条件等研究^[2-5]。然而, 单隔镰刀菌 (*Fusarium dimerum* Penzig in Saccardo)、胶胞炭疽菌 (*Colletotrichum gloeosporioides*)、平头炭疽菌 [*C. truncatum* (Schw.) Andrus & Moore]、仙人掌平脐蠕孢 (*Bipolaris cactivora*)、欧文氏菌 (*Erwinia* sp.) 及阴沟肠杆菌 (*Enterobacter* sp.) 等病原微生物引起镰刀菌果腐病、炭疽病、黑腐病和细菌性病害^[6-10], 也是引起火龙果采后腐烂的关键。虽然吡唑醚菌酯和咪鲜胺等化学杀菌剂对炭疽病和镰刀菌果腐病具有较好的毒力效果^[10-11], 但存在食品安全隐患。因此, 火龙果采后病害绿色防控技术研发成为研究人员首选。纳他霉素、乳酸链球菌、木霉菌和油茶粗提液为生物源和植物源抑菌剂, 对炭疽病、真菌性及细菌性等果蔬采后病害具有较好的防治效果, 被广泛用于果蔬微生物病害绿色防控^[12-19], 但由于不同生物源杀菌剂的杀菌谱差异, 单一使用时只能防控某一类型病害。本研究结合纳他霉素、乳酸链球菌和木霉菌的杀菌谱系进行合理复配, 并在火龙果生长发育期喷施复配杀菌剂和油茶饼粕粗提液, 研究其对火龙果采后贮藏病害及其品质的影响, 以期对火龙果采后病害绿色防控提供理论支撑。

1 材料与方法

1.1 材料

火龙果为紫红龙品种, 八成熟时采摘于望漠

县火龙果种植基地, 采后立即运回实验室。

1.2 试验设计

在同一果园, 每处理选择 120 株火龙果进行试验, 每个处理 40 株, 分别在花后 10 d、20 d 时进行如下处理: A 为木霉菌结合乳酸链球菌素, B 为纳他霉素结合乳酸链球菌素, C 为油茶饼粕粗提液, 稀释 1 600 倍后进行喷施, 以清水作为对照, 记为 CK。于花后 28 d 时采收, 采后立即运回实验室, 剔除机械伤、病虫害及果实成熟度差异较大的果实, 挑选大小均匀一致的果实进行试验, 散去田间热, 常温愈伤 24 h, 按 10 kg 每袋分装于周转箱中, 1.0 μ L/L 1-MCP 熏蒸处理 22 h 后, 转入 5.0 $^{\circ}$ C $\pm$ 0.5 $^{\circ}$ C、RH 90% 的冷库, 每个处理设 3 个平行, 每 10 d 测 1 次各项指标。

1.3 指标测定

霉烂指数和呼吸速率参照 XIE 等^[20]的方法测定; 火龙果果皮和果肉色泽采用色差仪测定, L^* 代表亮度, 范围在 0~10 之间, L^* 值越高表明样品表面越白。 a^* 代表红 (+) 或绿 (-), b^* 代表黄 (+) 或蓝 (-); 果皮厚度采用游标卡尺测定; 果皮硬度、果肉硬度和果肉黏度测定参照杨玲等^[21]方法; 总可溶性固形物 (TSS) 采用手持糖度仪测定; 可滴定酸参照 GB/T 12456—2008《食品中总酸的测定方法》测定; 相对电导率参照张翔宇等^[22]的方法测定; 还原糖含量采用 3, 5-二硝基水杨酸 (DNS) 进行测定^[23]; 甜菜色苷参照 FATHORDOOBADY 等^[24]的方法测定; 总黄酮参照 BUCKOW 等^[25]的方法测定; 过氧化物酶 (POD) 参照 XIE 等^[23]的方法测定, 吸光值每变化 0.001 为 1 个活力单位, 结果以每克果肉活力单位 (U) 来表示; 多酚氧化酶 (PPO) 参照曹建康等^[26]的方法测定, 吸光值每变化 0.001 为 1 个活力单位, 结果以每克果肉活力单位 (U) 来表示; DPPH 自由基清除能力参照 TAUCHEN 等^[27]的方法测定; ABTS 自由基清除能力参照 SCHAICH 等^[28]的方法测定。

1.4 数据处理

利用 Microsoft Excel 软件对各项指标进行整理, IBM SPSS 22 进行 Duncan's 间差异显著性统计, 采用 Graphpad prism 7.00 软件作图, $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 采前喷施抑菌剂对火龙果霉烂指数和呼吸速率的影响

由图1可知:生长期喷施木霉菌结合乳酸链球菌素和油茶饼粕粗提液能显著降低火龙果贮藏期霉烂指数 ($P < 0.05$); 对照组火龙果的呼吸速率贮藏期间呈现先增后降的趋势, 20 d 时达到呼吸高峰, 说明生长期喷施抑菌剂可有效降低果园病原菌引起的腐烂, 抑制火龙果的呼吸速率。

2.2 采前喷施抑菌剂对火龙果色泽的影响

由图2可知:所有喷施抑菌剂火龙果果皮的 L^* 均在贮藏 10 d 时达到峰值随后下降, 贮藏 30 d 时处理组果皮和果肉的 L^* 均显著低于对照组 ($P < 0.05$); 然而生长期喷施油茶饼粕粗提液处理火龙果果肉的 L^* 则呈现持续下降, 贮藏 10 d 后果肉的 L^* 均低于对照组; 对照组果皮和果肉、生长期喷施纳他霉素结合乳酸链球菌素果皮、生长期喷施木霉菌结合乳酸链球菌素和油茶饼粕粗提液火龙果果肉的 a^* 呈现先增后减趋势, 木霉菌结合乳酸链球菌素处理和油茶饼粕粗提液火龙果果皮的 a^* 则持续下降; 除生长期喷施木霉菌结合乳

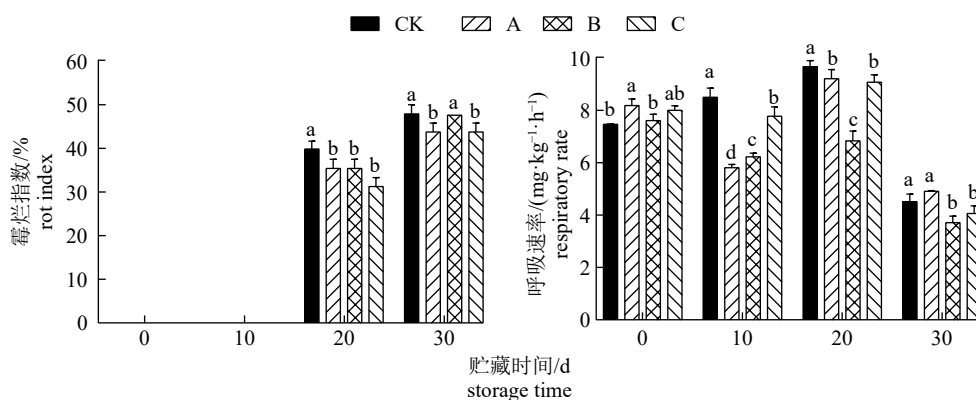
链球菌素果皮 b^* 持续下降外, 其他处理均在 10 d 时显著增加, 随后持续下降; 对照组果肉 b^* 贮藏前 20 d 持续上升, 随后略微下降, 说明生长期喷施抑菌剂可不同程度影响火龙果果皮和果肉的色泽。

2.3 采前喷施抑菌剂对火龙果果皮特性的影响

由图3可知:贮藏期间对照组和生长期喷施木霉菌结合乳酸链球菌素果皮硬度呈现先增后降的趋势, 生长期喷施纳他霉素结合乳酸链球菌素和油茶饼粕粗提液火龙果果皮硬度则呈现略微上升趋势; 生长期喷施纳他霉素结合乳酸链球菌素的果皮厚度贮藏期间呈现先降后升趋势; 生长期喷施油茶饼粕粗提液可显著增加果皮中果胶含量 ($P < 0.05$), 喷施木霉菌结合乳酸链球菌素则显著降低了果皮中果胶含量 ($P < 0.05$), 贮藏期间对照组和生长期喷施纳他霉素结合乳酸链球菌素果皮中果胶含量持续下降, 然而喷施木霉菌结合乳酸链球菌素和油茶饼粕粗提液果皮中果胶含量则呈现先增后降的趋势, 贮藏期间生长期喷施油茶饼粕粗提液果皮中果胶含量显著高于其他组 ($P < 0.05$); 除生长期喷施油茶饼粕粗提液火龙果果皮的相对电导率贮藏期间呈现先降后升外, 其他组电导率均呈持续上升趋势, 说明生长期喷施抑菌剂能不同程度维持火龙果果皮特性。

2.4 采前喷施抑菌剂对火龙果果肉特性的影响

由图4可知:对照组果肉硬度呈先增后减趋势, 然而生长期喷施抑菌剂果肉硬度均呈上升趋势



注: A. 木霉菌结合乳酸链球菌素; B. 纳他霉素结合乳酸链球菌素; C. 油茶饼粕粗提液; CK. 清水; 不同小写字母表示同一贮藏时间下不同处理差异显著 ($P < 0.05$); 下同。

Note: A. *Trichoderma* combined with nisin. B. natamycin combined with nisin. C. crude extract of comellia cake. CK. water. Different lowercase letters at the same day represent significant differences among the different treatments ($P < 0.05$); the same as below.

图1 抑菌剂对火龙果霉烂率和呼吸速率的影响

Fig. 1 Effect of spraying bacteriostatic on the rot index and respiration rate of pitaya during storage

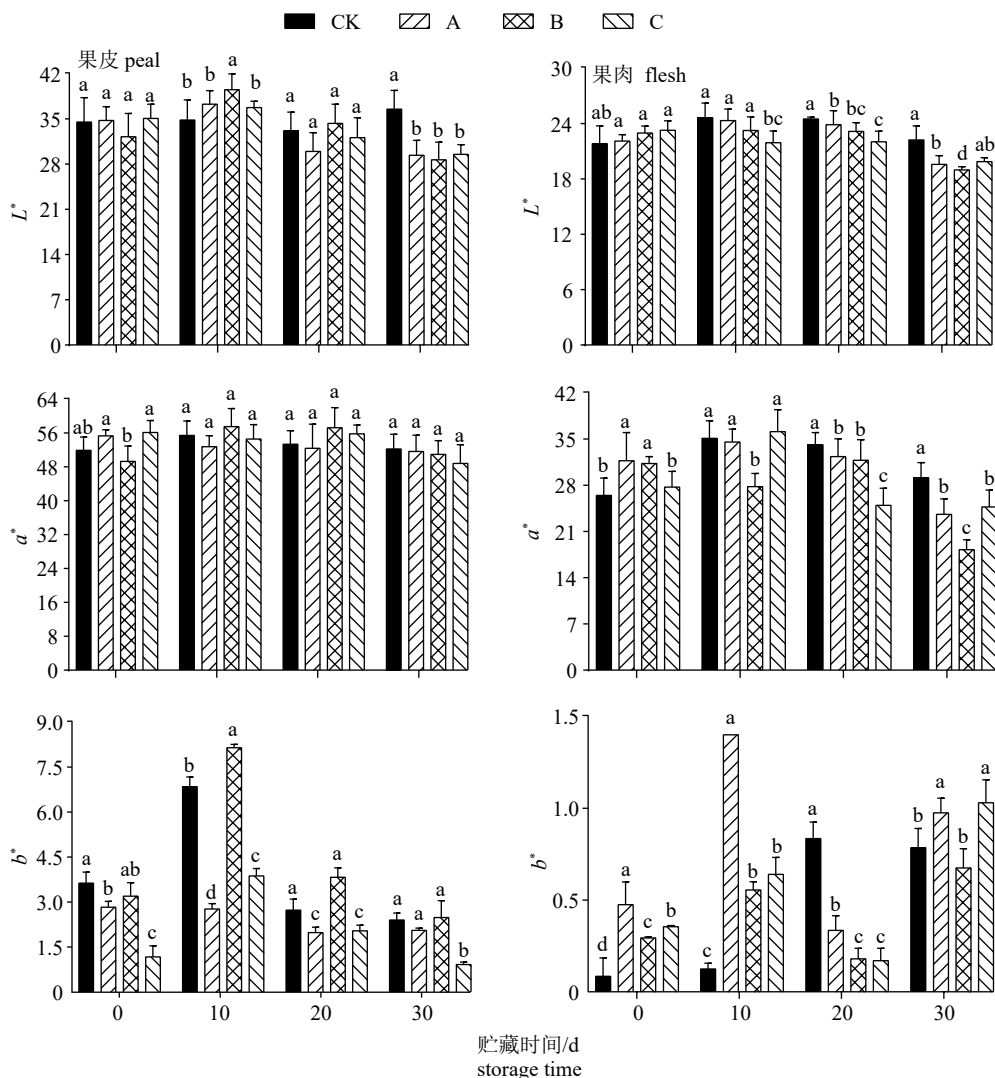


图 2 采前喷施抑菌剂对火龙果果皮和果实色泽的影响

Fig. 2 Effect of spraying bacteriostatic on the colour in peel and fruit of pitaya during storage

势；对照组和生长期喷施纳他霉素结合乳酸链球菌素火龙果果肉的黏度贮藏期间呈先增后减趋势，而生长期喷施木霉菌结合乳酸链球菌素和油茶饼粕粗提液则呈持续增加趋势；生长期喷施纳他霉素结合乳酸链球菌素处理果实的 TSS 贮藏期间呈现持续下降趋势，说明生长期喷施抑菌剂抑制火龙果果肉硬度和果肉黏度的快速增加。

2.5 采前喷施抑菌剂对火龙果营养成分的影响

由图 5 可知：对照和处理组火龙果可滴定酸贮藏期间均呈现下降趋势，生长期喷施木霉菌结合乳酸链球菌素和纳他霉素结合乳酸链球菌素可显著延缓可滴定酸下降 ($P<0.05$)，生长期喷施油茶饼粕粗提液处理则加快可滴定酸的降低；生长期喷施木霉菌结合乳酸链球菌素果实有效抑制还

原糖含量快速增加，对照组和其他组均呈持续下降趋势；贮藏期间对照组和生长期喷施油茶饼粕粗提液果实甜菜色苷呈先增后减趋势；贮藏期间对照组和处理组总黄酮含量均呈先增后减的趋势，说明生长期喷施抑菌剂可不同程度延缓可滴定酸和还原糖含量下降，抑制甜菜色苷和总黄酮含量的快速增加。

2.6 采前喷施抑菌剂对对火龙果 PPO 和 POD 活性的影响

由图 6 可知：除生长期喷施木霉菌结合乳酸链球菌素果实 PPO 贮藏期间呈持续增加外，其他组果实 PPO 在贮藏 20 d 时均呈显著上升随后下降的趋势；生长期喷施木霉菌结合乳酸链球菌素贮藏期间 POD 活性呈持续上升，其他组均呈先

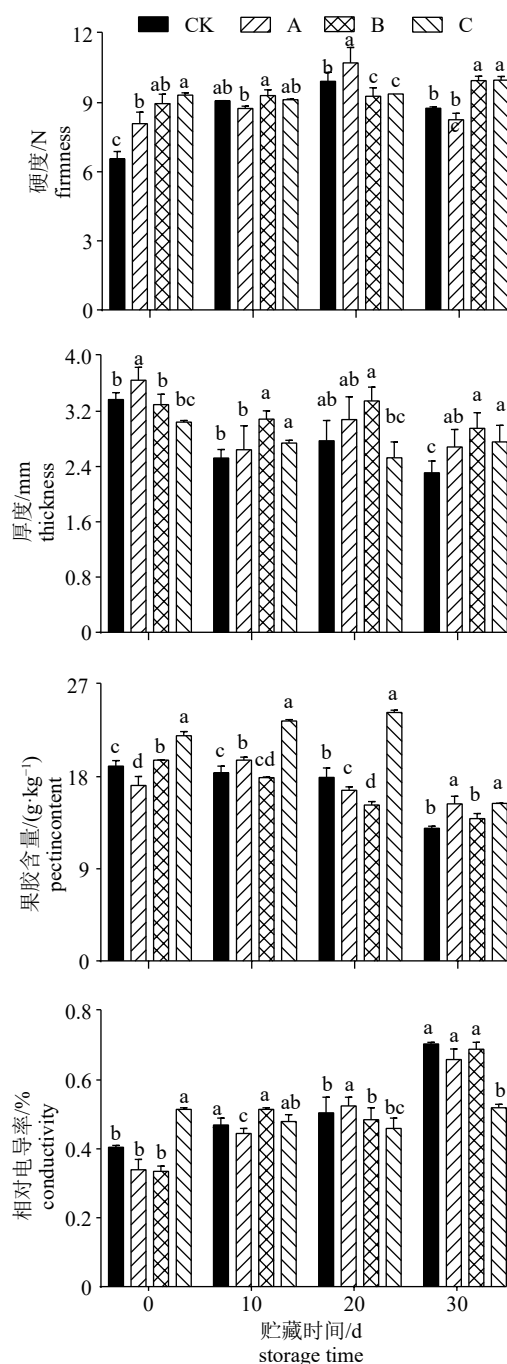


图3 喷施抑菌剂对火龙果果皮硬度、厚度、果胶含量和相对电导率的影响

Fig. 3 Effect of spraying bacteriostatic on the firmness, thickness, pectin and conductivity in peel of pitaya during storage

增后减趋势,说明生长期喷施抑菌剂能有效抑制PPO活性增加,促进POD活性增加。

2.7 采前喷施抑菌剂对火龙果体外抗氧化能力的影响

由图7可知:生长期喷施抑菌剂可显著降低采收时DPPH自由基清除能力($P<0.05$),贮藏期

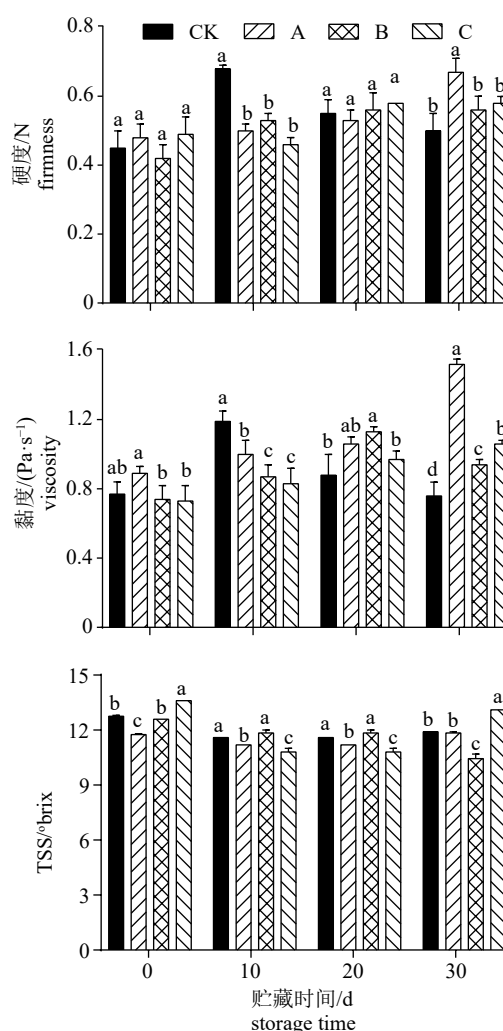


图4 喷施抑菌剂对火龙果果肉硬度、黏度和TSS的影响

Fig. 4 Effect of spraying bacteriostatic on the firmness, viscosity and TSS in fruit of pitaya during storage

间生长期喷施木霉菌结合乳酸链球菌素和纳他霉素结合乳酸链球菌素果实的DPPH自由基清除能力呈持续上升趋势;贮藏期间对照组果实对ABTS自由基清除能力呈先增后减趋势,而生长期喷施木霉菌结合乳酸链球菌素和纳他霉素结合乳酸链球菌素果实对ABTS自由基清除能力则呈先减后增的趋势,说明生长期喷施抑菌剂有效延缓抗氧化能力的快速上升,维持衰老。

3 讨论

火龙果贮藏期间,微生物病害是引起采后腐烂的主要因素。本研究发现:生长期喷施复配抑菌剂和油茶粗提液均可显著降低贮藏期间霉烂率、抑制呼吸速率快速上升,与叶伟娟等^[12]、刘淑宇等^[13]和曹森等^[19]在芒果和蓝莓中的应用效果

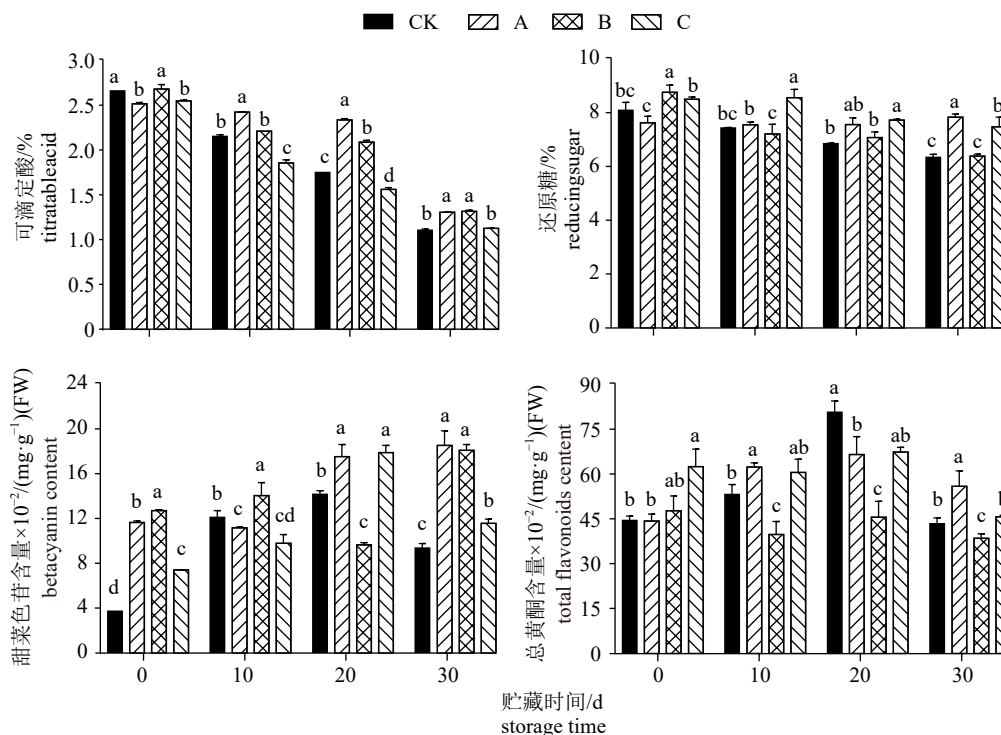


图 5 喷施抑菌剂对火龙果实可滴定酸、还原糖、甜菜色苷和总黄酮含量的影响

Fig. 5 Effect of spraying bacteriostatic on the titratable acid, reducing sugar, betacyanin and total flavonoids of pitaya during storage

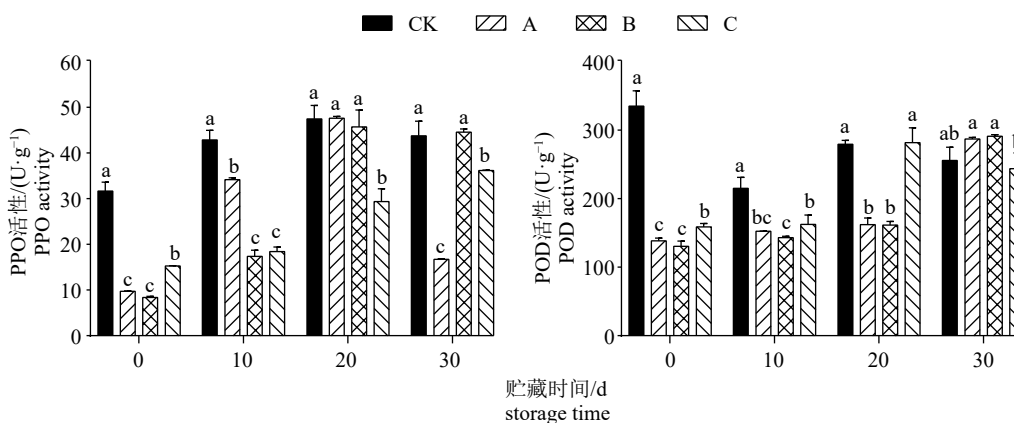


图 6 喷施抑菌剂对火龙果 PPO 和 POD 活性的影响

Fig. 6 Effect of spraying bacteriostatic on the PPO and POD activitie of pitaya during storage

一致, 然而胡晓亮等^[16]却发现乳酸链球菌素处理对樱桃番茄保鲜效果不理想, 说明引起果蔬采后病害的病原菌不同。本研究发现: 生长期喷施复配抑菌剂和油茶粗提液均能显著提高果实采收时果皮硬度, 并不同程度维持采后贮藏期间的果皮硬度和厚度, 与木霉菌在蓝莓^[19]和纳他霉素在冬枣^[15]中的应用效果一致。此外, 本研究还发现: 生长期喷施复配抑菌剂和油茶粗提液能有效抑制果肉硬度和黏度的急剧上升, 与曹森等^[19]、胡晓亮等^[16-17]

发现木霉菌、纳他霉素在蓝莓、葡萄和樱桃番茄应用效果一致。曹森等^[19]认为木霉菌能更好地保持蓝莓果实的可滴定酸和总黄酮含量, 本研究则发现: 生长期喷施木霉菌结合乳酸链球菌素和纳他霉素结合乳酸链球菌素可显著延缓可滴定酸下降, 生长期喷施木霉菌结合乳酸链球菌素和油茶粗提液可显著延缓还原糖含量降低, 生长期喷施复配抑菌剂和油茶粗提液均能显著增加采收时火龙果的甜菜色苷含量, 延缓贮藏后期甜菜色苷下

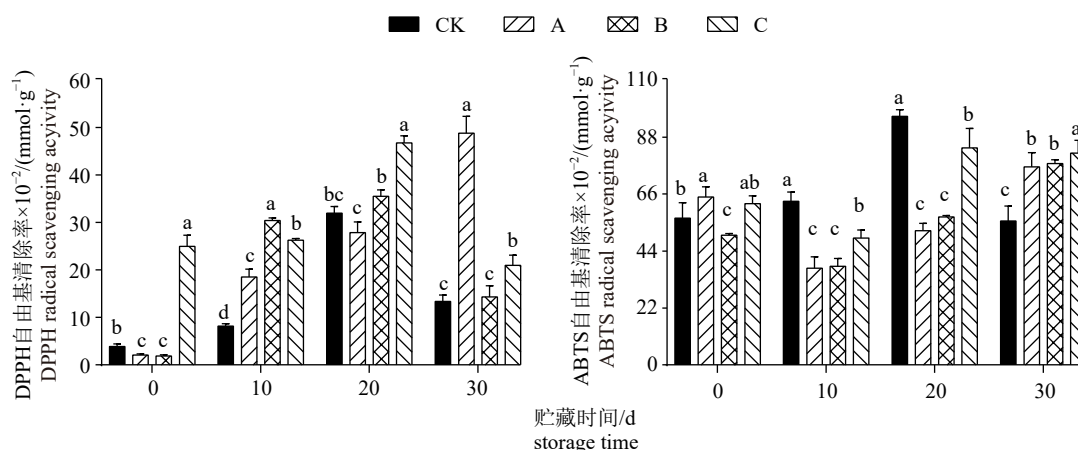


图7 喷施抑菌剂对火龙果 DPPH 和 ABTS 自由基清除能力的影响

Fig. 7 Effect of spraying bacteriostatic on the DPPH and ABTS of pitaya during storage

降,生长期喷施木霉菌结合乳酸链球菌素有效延缓贮藏后期总黄酮含量下降。本研究发现:生长期喷施复配抑菌剂和油茶粗提液均能不同程度降低 PPO 活性,提高 POD 活性,与木霉菌在蓝莓^[19]和纳他霉素在葡萄^[14]上的效果一致。本研究发现:对照组火龙果果实对 DPPH 和 ABTS 自由基清除能力呈现先增后减的趋势,生长期喷施复配抑菌剂和油茶粗提液均能有效延缓其快速上升和后期下降,使贮藏后期维持较高的体外抗氧化能力,与曹森等^[19]木霉菌在蓝莓中应用效果一致。

4 结论

生长期喷施复合抑菌剂和油茶粗提液均能显著提高火龙果采收时果肉 b^* 和果皮硬度、甜菜色苷含量,显著降低果皮 b^* 、PPO 活性和 DPPH 自由基清除能力;木霉菌结合乳酸链球菌素能显著增加果皮 a^* 、呼吸速率、果皮厚度、ABTS 自由基清除能力,显著降低果胶含量、相对电导率、果实 TSS、还原糖含量、POD 活性;纳他霉素结合乳酸链球菌素能显著增加果皮 a^* ,显著降低果皮厚度、相对电导率、POD 活性、ABTS 自由基清除能力;油茶粗提液可显著增加果皮果胶含量、TSS、总黄酮、POD 活性、ABTS 自由基清除能力,显著降低还原糖含量。

贮藏期间,火龙果果实霉烂指数升高伴随果皮 L^* 、果肉 a^* 、果皮果胶、可滴定酸和还原糖含量的降低,果皮相对电导率、甜菜色苷含量、PPO 活性、POD 活性、DPPH 和 ABTS 自由基清除能力的升高。生长期喷施复合抑菌剂和油茶粗提液

均能维持总黄酮含量,显著加快色泽 a^* 下降、POD 活性上升,降低霉烂指数和呼吸速率,延缓果皮厚度变薄、果肉硬度、黏度、甜菜色苷、PPO 活性、DPPH 和 ABTS 自由基清除能力的快速上升,从而延缓火龙果贮藏期间腐烂的发生。

木霉菌结合乳酸链球菌素、纳他霉素结合乳酸链球菌素和油茶饼粕粗提液均能降低火龙果的霉烂率,但对火龙果采后生理的作用效果不同,特别是油茶饼粕粗提液在果蔬采后贮藏保鲜中的应用,有待进一步深入研究,以便为充分利用油茶废弃资源、开发新型、安全果蔬保鲜剂提供理论支撑。

[参考文献]

- [1] 王壮,王立娟,蔡永强,等.火龙果营养成分及功能性物质研究进展[J].中国南方果树,2014,43(5):25. DOI: 10.13938/j.issn.1007-1431.2014.05.018.
- [2] 张绿萍,金吉林,邓仁菊.1-MCP 对火龙果采后贮藏品质的影响[J].广东农业科学,2011,38(5):114. DOI: 10.16768/j.issn.1004-874x.2011.05.059.
- [3] 王彬,郑伟,何绪晓,等.1-MCP 对火龙果果实采后生理特性的影响[J].西南农业学报,2011,24(6):2127. DOI: 10.16213/j.cnki.scjas.2011.06.073.
- [4] 黄耀豪,钟荣彬,杜冬冬,等.3 种果蜡对红肉火龙果活性氧代谢的影响[J].热带生物学报,2017,8(2):159. DOI: 10.15886/j.cnki.rdsxb.2017.02.005.
- [5] 袁启凤,严佳文,张绿萍,等.不同贮藏温度对‘紫红龙’火龙果品质变化和生理代谢的影响[J].云南农业大学学报(自然科学),2017,32(4):691. DOI: 10.16211/j.issn.1004-390X(n).2017.04.018.
- [6] 朱迎迎,高兆银,李敏,等.火龙果镰刀菌果腐病原菌鉴定及生物学特性研究[J].热带作物学报,2016,37(1):164. DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2016.01.027.
- [7] 朱迎迎,李敏,高兆银,等.火龙果炭疽病原菌的鉴定

- 及生物学特性研究[J]. 南方农业学报, 2016, 47(1): 59. DOI: [10.3969/j.issn.2095-1191.2016.01.59](https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-1191.2016.01.59).
- [8] 姚昇华, 范诗睿, 邢云莱, 等. 越南‘红心’火龙果黑腐病原真菌鉴定及环境因素影响分析[J]. 植物生理学报, 2015, 51(9): 1419.
- [9] 林武镇, 廖富荣, 陈细红, 等. 火龙果细菌性软腐病菌的分离与鉴定[J]. 植物病理学报, 2015, 45(2): 220. DOI: [10.13926/j.cnki.apps.2015.02.015](https://doi.org/10.13926/j.cnki.apps.2015.02.015).
- [10] 陈圆, 严婉荣, 赵志祥, 等. 海南省火龙果炭疽菌病原鉴定及有效药剂筛选[J]. 基因组学与应用生物学, 2017, 36(2): 638. DOI: [10.13417/j.gab.036.000638](https://doi.org/10.13417/j.gab.036.000638).
- [11] 韦文添. 几种杀菌剂对火龙果镰刀菌果腐病菌的室内毒力测定[J]. 中国南方果树, 2016, 45(2): 87. DOI: [10.13938/j.issn.1007-1431.20150554](https://doi.org/10.13938/j.issn.1007-1431.20150554).
- [12] 叶伟娟, 冯卫华, 于新, 等. 绿色木霉菌发酵液对芒果采后病害及品质的影响[J]. 食品科学, 2012, 33(18): 265.
- [13] 刘淑宇, 于新, 陈发河, 等. 绿色木霉菌发酵液对芒果采后炭疽病抑制及活性氧代谢的影响[J]. 果树学报, 2013, 30(3): 452. DOI: [10.13925/j.cnki.gsx.2013.03.004](https://doi.org/10.13925/j.cnki.gsx.2013.03.004).
- [14] 李志文, 张平, 刘翔, 等. 纳他霉素采前处理对葡萄采后灰霉病的抑制效果[J]. 农业工程学报, 2014, 30(9): 262. DOI: [10.3969/j.issn.1002-6819.2014.09.033](https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-6819.2014.09.033).
- [15] 王建国, 姜兴印, 张鹏. 纳他霉素对冬枣浆胞病菌的毒力及保鲜生理效应研究[J]. 农药学报, 2006, 8(4): 313. DOI: [10.3321/j.issn:1008-7303.2006.04.004](https://doi.org/10.3321/j.issn:1008-7303.2006.04.004).
- [16] 胡晓亮, 周国燕. 四种天然保鲜剂对樱桃番茄贮藏的保鲜效果[J]. 食品科学, 2012, 33(10): 287.
- [17] 胡晓亮, 周国燕. 天然保鲜剂对马陆葡萄的贮藏保鲜效果[J]. 食品科学, 2011, 32(18): 343.
- [18] 唐聪. 油茶粕粗提取物抑菌活性的初步研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2016.
- [19] 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. DOI: [10.3969/j.issn.1000-4440.2017.02.029](https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-4440.2017.02.029).
- [20] XIE G F, TAN S M. Effect of cultivar on quality of the common bean during storage[J]. International Agricultural Engineering Journal, 2015, 24(3): 13.
- [21] 杨玲, 丛佩华, 王强, 等. 不同苹果品种在贮藏过程中果实实质构的变化[J]. 果树学报, 2016, 33(11): 1439. DOI: [10.13925/j.cnki.gsx.20160146](https://doi.org/10.13925/j.cnki.gsx.20160146).
- [22] 张翔宇, 王妍丹, 李志文, 等. 不同保鲜处理对鲜食葡萄贮藏期间褐变的影响[J]. 保鲜与加工, 2016, 16(6): 8. DOI: [10.3969/j.issn.1009-6221.2016.06.002](https://doi.org/10.3969/j.issn.1009-6221.2016.06.002).
- [23] XIE G F, TAN S M, YU L. Effect of calcium chloride treatment on quality of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)[J]. European Journal of Horticultural Science, 2014, 79(1): 16.
- [24] FATHORDOOBADY F, MIRHOSSEINI H, SELAMAT J, et al. Effect of solvent type and ratio on betacyanins and antioxidant activity of extracts from *Hylocereus polyrhizus*, flesh and peel by supercritical fluid extraction and solvent extraction[J]. Food Chemistry, 2016, 202: 70. DOI: [10.1016/j.foodchem.2016.01.121](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.121).
- [25] BUCKOW R, KASTELL A, TEREFE N S, et al. Pressure and temperature effects on degradation kinetics and storage stability of total anthocyanins in blueberry juice[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2010, 58(18): 10076. DOI: [10.1021/jf1015347](https://doi.org/10.1021/jf1015347).
- [26] 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, 2007.
- [27] TAUCHEN J, MARSIK P, KVASNICOVA M, et al. *In vitro* antioxidant activity and phenolic composition of Georgian, Central and West European wines[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2012(2): 94. DOI: [10.1016/j.jfca.2014.12.029](https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.12.029).
- [28] SCHAICH K M, TIAW X, XIE J. Hurdles and pitfalls in measuring antioxidant efficacy: a critical evaluation of ABTS, Current status of targets and assays for ABTS, DPPH, and ORAC assays[J]. Journal of Functional Foods, 2015, 14: 111. DOI: [10.1016/j.jff.2015.01.043](https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.01.043).

责任编辑: 何承刚