

文章编号: 1674-7054(2017)02-0159-06

3 种果蜡对红肉火龙果活性氧代谢的影响

黄耀豪¹, 钟荣彬¹, 杜冬冬¹, 丰 锋¹, 王俊宁^{1,2}

(1. 广东海洋大学 农学院, 广东 湛江 524088; 2. 广东省现代农业(特色园艺)产业技术研发中心, 广东 湛江 524088)

摘 要: 以红肉火龙果为材料, 研究 SP-1、高亮和丽展精 3 种果蜡处理对果实失重率和活性氧代谢的影响。结果表明: 果蜡处理极显著地抑制了火龙果果实失重率的增加, 延缓了可溶性固形物(TSS)含量的下降, 有利于果实品质的保持。在活性氧代谢方面, 果蜡处理显著地降低了火龙果贮藏中期(4~6 d)果实中脂肪氧化酶(LOX)的活性, 极显著提高了贮藏期间抗坏血酸过氧化物酶(APX)活性和贮藏后期过氧化物酶(POD), 过氧化氢酶(CAT)活性, 极显著地抑制果实内超氧化物歧化酶(SOD)活性的下降和贮藏前 6 d 果实中 H₂O₂ 的积累和 O₂⁻ 生成速率。不同果蜡处理, 对火龙果果实失重率的下降、活性氧产生和保护酶活性的影响差异很大, 其中 SP-1 果蜡的保鲜效果最好, 其次为高亮型果蜡(柑橘类)。

关键词: 红肉火龙果; 果蜡; 活性氧代谢; 失重率

中图分类号: S 667.9 文献标志码: A DOI: 10.15886/j.cnki.rdsxb.2017.02.005

火龙果(*Hyloceris polyrhizus*)属于热带亚热带水果^[1], 成熟于高温多雨的夏秋季节, 果实含水量高, 采后呼吸代谢旺盛, 常温下很容易失水萎蔫或腐烂, 货架期短。常温下一般 3 d 后鳞片开始黄化萎蔫, 货架期只有 7~11 d^[2-5]。失水萎蔫和腐烂是影响火龙果商品性状的主要问题, 随着火龙果栽培面积的迅速扩大, 如何控制火龙果采后失水萎蔫是其贮藏保鲜面临的重要问题之一。打蜡是现代果品采后商品化处理的一个重要环节, 柑橘^[6]、苹果^[7]、芦柑等^[8]果实经打蜡处理后, 可减少水分损失、增加果皮光泽度、提高外观品质和降低腐烂, 利于果实保鲜。打蜡还可减少果实中活性氧的生成, 降低膜脂过氧化程度, 保持细胞膜的完整性, 利于果实风味、营养品质的保持^[9-11]。目前, 有关涂膜处理对火龙果的贮藏保鲜和活性氧代谢生理的研究较少^[12-15], 笔者以红肉火龙果为材料, 研究高亮型柑橘类果蜡、SP-1 果蜡和丽展精果蜡处理, 对火龙果采后失重率和活性氧代谢的影响, 旨在为火龙果的贮藏提供指导。

1 材料与方 法

1.1 供试材料 供试材料为“大红”红肉火龙果, 采自湛江市一农户火龙果种植园。火龙果果园光照良好, 生产规范, 配有先进的排灌设施和栽培技术, 管理水平较高, 火龙果生长健壮, 病虫害较少。

1.2 处理方法 2015 年 8 月于果实约八成熟(花后 27 d)采摘。采后挑选大小一致、无病虫害和机械伤的果实, 用 25% 乳油型咪鲜胺 1 000 倍稀释液浸泡 2 min 后晾干, 然后分为 4 组, 1 组不做处理为对照(CK), 其他 3 组分别采用 SP-1 果蜡、高亮柑橘类果蜡和丽展精果蜡涂膜处理, 晾干后将 4 组果实置于常温下 [(22 ± 1) °C] 贮藏。在果实贮藏期间分别于第 0、2、4、6、8 和 10 天取样。每次取样随机取 3~5 个果, 取样时果皮用于细胞膜透性测定, 果肉采用四分法取样后立即将样品用液氮速冻后在 -80 °C 下保存, 用于其他指标的测定。每个处理设 3 个重复, 每个重复 30 个果实。每次取样时从每个处理中随机取 10 个果实称重, 计算失重

收稿日期: 2017-01-18

修回日期: 2017-03-16

基金项目: 广东海洋大学“创新强校工程”项目(GDOU2014050219); 广东海洋大学大学生创新训练项目(GDOU2015061, GDOU2016055), 国家级农科教合作人才培养项目(GDOU2013040301); 专业综合改革试点专业项目(GDOU2013040402); 教育部卓越农林人才培养计划(园艺, GDOU2014041204)

作者简介: 黄耀豪(1993-), 男, 学士, 农业技术员, 研究方向: 采后保鲜. E-mail: 892130452@qq.com

通信作者: 王俊宁(1978-), 女, 博士, 副教授, 研究方向: 采后生理. E-mail: wangjunningb@126.com

率(失重率% = (果实采收时的质量 - 每次果实取样时的质量) / 果实采收时的质量 × 100); 可溶性固形物(TSS)含量采用数显测糖仪器测定; 细胞膜相对透性测定参考张昭其等方法^[16]; 超氧阴离子自由基(O_2^-)生成速率采用羟胺氧化法^[17]; 过氧化氢(H_2O_2)采用‘过氧化氢 H_2O_2 ’测试盒(南京建成生物工程研究所)进行测定, H_2O_2 含量以每克新鲜组织中含有 H_2O_2 的mmol来表示($mmol \cdot g^{-1}$)。过氧化物酶(POD)活性测定参考Polle等^[18]方法,以 OD_{470} 每分钟增加0.01表示1个酶活力单位(U),POD活性以 $U \cdot g^{-1}$ 表示;超氧化物歧化酶(SOD)活性采用氮蓝四唑法^[19]测定;过氧化氢酶(CAT)活性测定参考Torres等^[20]方法,以 OD_{240} 每分钟减少0.01表示1个酶活力单位(U),CAT活性以 $U \cdot g^{-1}$ 表示;脂肪氧化酶(LOX)酶活性的测定参考曹建康等^[21]的方法,加酶液后15s开始计时,记录2min内吸光值的变化,酶活性以 $OD_{234}/min \cdot g$ 表示,重复3次。抗坏血酸过氧化物酶(APX)活性测定参考Zhu^[22]的方法,每隔30s记录1次数据,记录2min内吸光度变化值,以 $OD_{290}/min \cdot g$ 表示酶活性,重复3次。

1.3 数据统计与分析 采用DPS软件进行数据整理与分析;用Duncan新复极差法进行多重差异比较。

2 结果与分析

2.1 3种果蜡处理对红肉火龙果失重率的影响 从图1可知,对照红肉火龙果采后贮藏期间,果实的失重率逐渐增加,贮藏第4天失重率为 $(4.44 \pm 0.38)\%$,接近失鲜,第6天达 $(6.86 \pm 0.61)\%$,此时果实鳞片已黄化萎蔫,已经失鲜。3种果蜡涂膜处理极显著地抑制了果实的失水,果蜡处理的果实失重率除丽展精处理在贮藏第2天显著($P < 0.05$)低于CK之外,其他均极显著低于CK($P < 0.01$)。贮藏第6天,CK果已失鲜,丽展精、高亮柑橘类果蜡和SP-1果蜡处理的失重率分别为 $(5.94 \pm 0.55)\%$ 、 $(4.79 \pm 0.55)\%$ 和 $(3.61 \pm 0.26)\%$ 。贮藏第8天,CK、丽展精、高亮柑橘类果蜡和SP-1果蜡处理的失重率分别为 $(9.32 \pm 0.79)\%$ 、 $(7.94 \pm 0.90)\%$ 、 $(6.36 \pm 0.74)\%$ 和 $(4.96 \pm 0.35)\%$ 。不同果蜡处理间的失重率达到极显著水平($P < 0.01$),其中SP-1果蜡效果最好,其次是高亮柑橘类果蜡,丽展精效果不明显。

2.2 3种果蜡处理对红肉火龙果(TSS)含量的影响 从图2可知,贮藏期间CK、高亮和丽展精处理果的TSS含量均呈先降后升再下降的趋势,而SP-1处理的TSS含量则是不断缓慢下降。CK果的TSS含量在贮藏2d下降到最低 $(10.67 \pm 0.36\%)$,然后又开始上升,而高亮和丽展精处理果在贮藏4d分别降到 $(11.35 \pm 0.24)\%$ 和 $(10.90 \pm 0.37)\%$ 。贮藏前4d,各处理果的TSS含量显著高于CK果($P < 0.05$),其中SP-1处理显著高于其他2个果蜡处理,4d后各处理与CK之间的差异不显著。

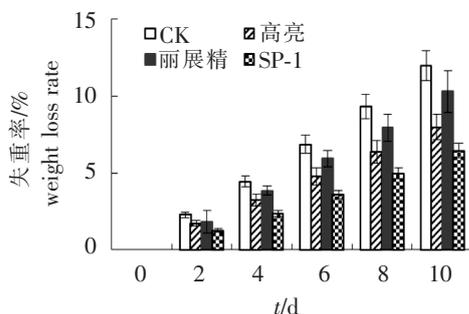


图1 果蜡处理对失重率的影响
Fig.1 Effects of wax coating on weight loss rate

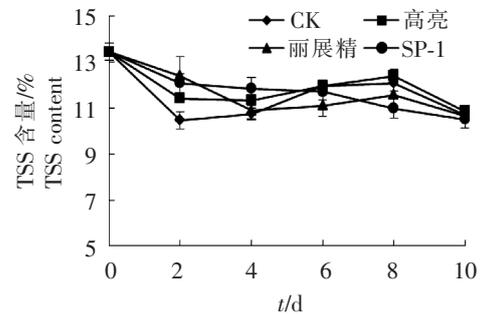


图2 果蜡处理对TSS含量的影响
Fig.2 Effects of wax coating on TSS contents

2.3 3种果蜡处理对红肉火龙果(LOX)酶活性的影响 火龙果采后果肉中的LOX活性迅速增加,于第4天达到最大并维持2d后快速下降(图3)。丽展精处理的LOX活性变化先降后升再缓慢下降,高亮和SP-1处理的变化则是先缓慢上升后再下降。其中SP-1将LOX活性推迟了2d,于第6天达到最大 $[(1.49 \pm 0.02) OD_{234} \cdot min^{-1} \cdot g^{-1} FW]$ 。在贮藏4~6d,高亮、SP-1、丽展精处理极显著降低了火龙果中LOX活性($P < 0.01$)。

2.4 3种果蜡处理对红肉火龙果细胞膜透性的影响 由图4可知,各处理果的果皮电导率均呈总体上升的趋势,从贮藏第2天起,各处理的果皮电导率迅速增大,之后缓慢增加。除了贮藏第4天,SP-1处理果的电导率显著低于CK($P < 0.05$)之外,其他各处理与对照差异不显著。

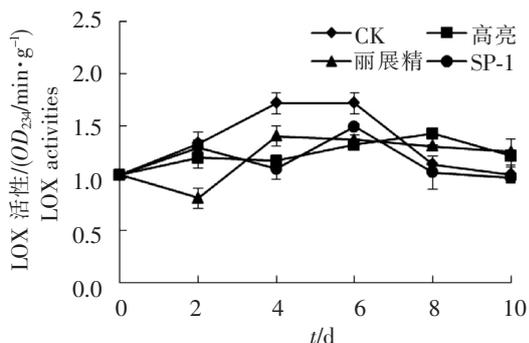


图 3 果蜡处理对 LOX 活性的影响

Fig.3 Effects of wax coating on LOX activities

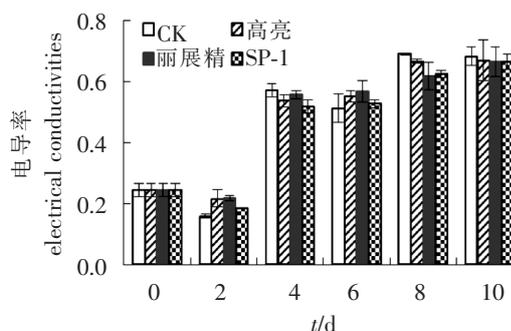


图 4 果蜡处理对电导率的影响

Fig.4 Effects of wax coating on electrical conductivities

2.5 3 种果蜡处理对红肉火龙果 O_2^- 生成速率的影响 由图 5 可知,火龙果果肉中的 O_2^- 生成速率呈现先升后降再上升的变化趋势。丽展精和高亮柑橘类果蜡处理极显著地提高了贮藏期间火龙果中的 O_2^- 生成速率($P < 0.01$);而 SP-1 处理在贮藏前 4 d,显著降低了果实中 O_2^- 生成速率($P < 0.05$),其中第 4 天达到极显著水平($P < 0.01$),第 6 天和对照差异不大,第 8~10 天则极显著提高了 O_2^- 生成速率($P < 0.01$)。

2.6 3 种果蜡处理对红肉火龙果 H_2O_2 含量的影响 由图 6 可知,丽展精和高亮柑橘类果蜡处理极显著地增加了火龙果贮藏期间果实中 H_2O_2 含量($P < 0.01$)。SP-1 果蜡处理则在贮藏前 6 d 显著降低了果实中的 H_2O_2 含量($P < 0.05$),其中在第 2~4 天达到极显著水平($P < 0.01$),但在第 8~10 天 SP-1 处理的 H_2O_2 含量则显著高于对照($P < 0.05$),第 10 天达到极显著水平($P < 0.01$)。

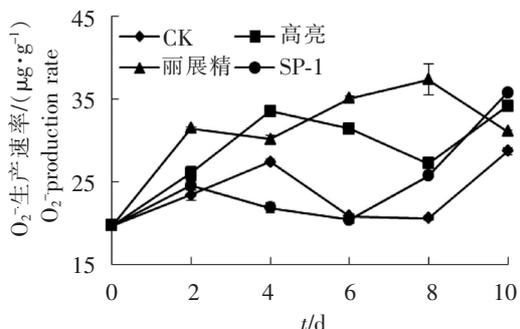


图 5 果蜡处理对 O_2^- 生产速率的影响

Figure5 Effects of wax coating on O_2^- production rates

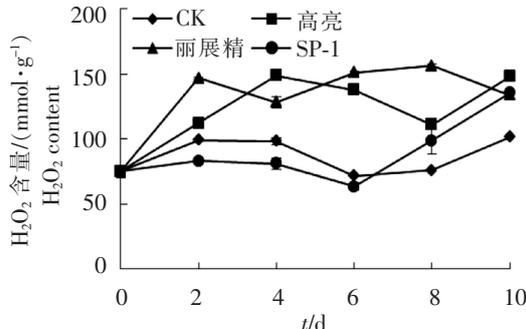


图 6 果蜡处理对 H_2O_2 含量的影响

fig6 Effects of wax coating on H_2O_2 contents

2.7 3 种果蜡处理对红肉火龙果 SOD 酶活性的影响 由图 7 可知,采后红肉火龙果的 SOD 活性不断下降,于第 6 天出现一小活性高峰后继续下降(CK);丽展精和高亮处理的 SOD 活性则呈持续下降趋势,其中丽展精处理下降速度快,而高亮处理在前 4 d 下降缓慢;SP-1 处理在前 2 d SOD 活性变化不大,之后快速下降于第 6 天出现一活性峰后开始下降(与 CK 类似)。在整个贮藏期间,SP-1 处理的 SOD 活性极显著高于 CK($P < 0.01$),高亮处理的 SOD 活性除了第 6 天与 CK 差异明显外,均显著高于对照($P < 0.01$),而丽展精处理的 SOD 活性在前 4 d 与 CK 无明显差异,之后极显著低于 CK($P < 0.01$)。

2.8 3 种果蜡处理对红肉火龙果 POD 酶活性的影响 如图 8 所示,CK 的 POD 活性呈先升后降再升的变化趋势;SP-1 处理的 POD 活性呈单峰的变化趋势,于贮藏第 8 天达到最大 [$(109.50 \pm 7.90) U \cdot g^{-1}$, FW];高亮和丽展精处理的 POD 活性变化则总体呈现不断上升的趋势。除第 4 天外,丽展精和 SP-1 处理的 POD 活性在整个贮藏期间均极显著高于 CK($P < 0.01$),高亮处理的 POD 活性在贮藏前 6 d 也显著高于 CK($P < 0.05$),之后差异不显著。

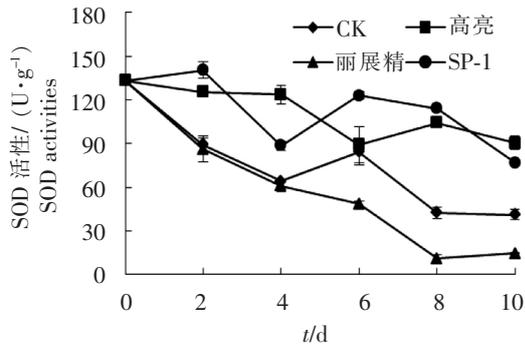


图7 果蜡处理对 SOD 活性的影响

Fig.7 Effects of wax coating on SOD activities

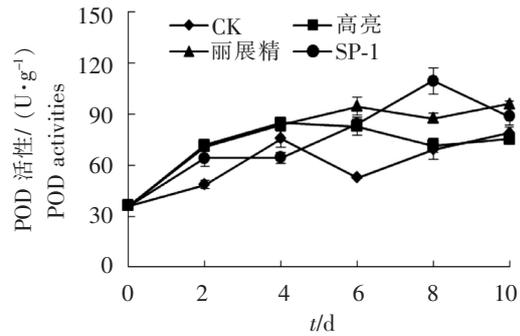


图8 果蜡处理对 FOD 活性的影响

Fig.8 Effects of wax coating on POD activities

2.9 3种果蜡处理对红肉火龙果 CAT 酶活性的影响 由图9可知,CK、丽展精和高亮3个处理的CAT活性均呈先升后降的变化趋势,而SP-1则呈缓缓上升的趋势,其中CK在贮藏第4天达到高峰($107.34 \pm 3.96 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FW}$),丽展精和高亮处理均于第6天达到最大[($103.36 \pm 2.27 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FW}$)和($88.93 \pm 4.68 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FW}$)].3种涂膜处理显著降低贮藏前4d的CAT活性($P < 0.05$),第4天达到极显著水平($P < 0.01$)。在贮藏后期,SP-1处理显著提高了贮藏6~10d的CAT活性($P < 0.05$),其中第8~10天达到极显著水平($P < 0.01$);丽展精显著提高了第6~8天的CAT活性($P < 0.05$);高亮处理除了第10天显著低于CK外($P < 0.05$),其他时间与CK差异不大。

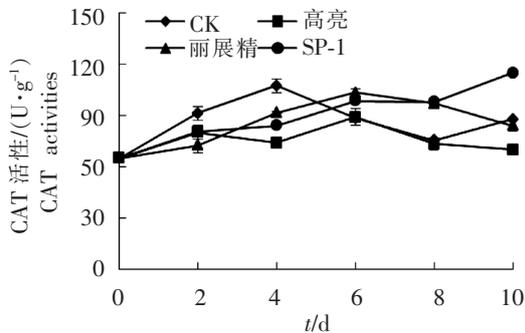


图9 果蜡处理对 CAT 活性的影响

Fig.9 Effects of wax coating on CAT activities

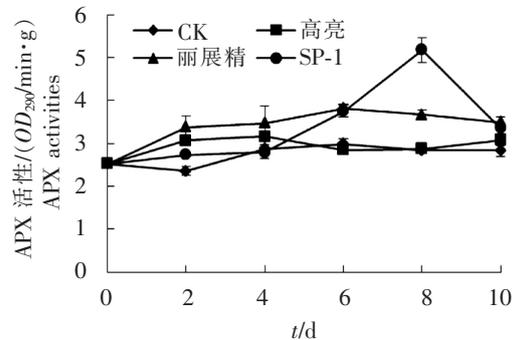


图10 果蜡处理对 APX 活性的影响

Fig.10 Effects of wax coating on APX activities

2.10 3种果蜡处理对红肉火龙果 APX 酶活性的影响 如图10所示,CK和高亮、丽展精、SP-13个处理的APX活性均呈现先升后降的变化趋势。高亮于第4d、CK和丽展精于第6天、SP-1于第8天达到最大,分别为(3.16 ± 0.07)、(2.98 ± 0.13)、(3.82 ± 0.10)和($5.18 \pm 0.29 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FW}$)。丽展精处理极显著提高了贮藏期间火龙果的APX活性($P < 0.01$);SP-1处理除第4天外,也显著地提高了APX活性($P < 0.05$),尤其是在贮藏后期(第6~10天)达到极显著水平($P < 0.01$);高亮处理对APX活性无显著影响。

3 讨论

采后失水是引起果蔬萎蔫失鲜的重要原因,打蜡可显著降低果实失重率、增加果实亮度,有效减少果实的腐烂率。常温下,打蜡处理可有效地抑制砂糖桔^[10]和新红星苹果^[7]果实失重率的下降。Chien等^[12]用0.2%、0.5%和1%浓度的低分子壳聚糖涂膜处理火龙果片,可阻止水分损失和感观质量的降低,有效地保持了果实的质量和延长了贮藏寿命。王新爱^[15]采用3%蔗糖基聚合物+1.5%海藻酸钠处理火龙果,有效地减缓了果实水分的蒸散,降低贮藏腐烂率,较好地保持果实的外观品质。本研究结果表明,红肉火龙果采后果实失重率逐渐上升,贮藏第4天果实已接近失鲜[失重率为(4.44 ± 0.38)%,接近5%],第6天果实鳞片已黄化萎蔫,这与李润唐等^[2]、王彬等^[3]和李家政等^[4]人的研究结果一致。3种果蜡处理极显著地抑制了红肉火龙果果实失重率的下降,有效地延缓了果实TSS含量的下降,这与黄铮等^[7]、陈燕

妮等^[10]、王新爱^[15]和 Chien 等^[12]的研究结果相符,其中 SP-1 果蜡效果最好,将火龙果的货架期推迟了 4 d,其次是高亮果蜡。

活性氧代谢失调与积累是诱发和促进果蔬果实衰老的一个重要方面^[23-25]。许多研究结果表明,在果实成熟衰老过程中,活性氧累积明显增多,膜脂过氧化过程加剧,伴随着细胞膜透性的增加^[26-27]。LOX 作为果蔬成熟衰老过程中的一类关键酶,是果实衰老过程中各种相关因子变化的先锋者^[23,28-29]。本研究中,LOX 活性在红肉火龙果果实贮藏前 4 d 快速上升,启动和加速火龙果果实的衰老;相应地, H_2O_2 含量和 O_2^- 产生速率快速增加,于贮藏第 2 d 天达到峰值之后下降,在贮藏后期又开始上升;活性氧的大量积累刺激脂质过氧化过程加剧,相对电导率不断加大,导致质膜透性不断增加,细胞膜功能丧失,加速果实衰老,这与南海风等^[23]的研究结果一致。3 种果蜡处理均极显著降低了火龙果贮藏 4~6 d 中 LOX 活性,SP-1 处理极显著地降低了红肉火龙果贮藏前期果实中的 H_2O_2 含量(前 6 d)和 O_2^- 的产生速率(贮藏前 4 d),这与宗会等^[11]在红富士苹果上的研究相符,但在贮藏后期(第 8~10 天)SP-1 处理却显著提高了 H_2O_2 含量和 O_2^- 生成速率,这可能是在贮藏后期,果实的活性氧清除能力远低于活性氧产生能力,最终导致活性氧的大量积累所致。而丽展精和高亮处理却极显著地提高了贮藏期间火龙果 O_2^- 生成速率和加速了 H_2O_2 含量的积累。可见,不同的果蜡,对活性氧产生的影响差异很大。

正常情况下,细胞内活性氧的产生和清除处于一种动态的平衡状态,随着组织的衰老,细胞内防御系统清除自由基的能力下降,而活性氧生成能力增强,导致氧自由基水平升高,对细胞产生伤害。SOD, CAT, APX 和 POD 是植物酶促系统的重要成员,它们协同作用清除活性氧,减少自由基对细胞膜系统的伤害^[25,30]。本研究结果表明,随着红肉火龙果果实的衰老,SOD 活性呈先降后升再下降的变化趋势,CAT 和 APX 活性是先上升后下降,POD 活性总体呈上升的变化趋势,这与张绿萍等^[31]的研究结果一致。3 种果蜡处理均显著或极显著提高了 POD 活性(SP-1 和丽展精整个贮藏期间都提高,高亮是贮藏前 6 d 提高),显著降低贮藏前 4 d 的 CAT 活性。3 种果蜡处理贮藏后期的 CAT 活性和 APX 影响不尽相同。其中,丽展精极显著或显著提高了贮藏期间的 APX 和贮藏后期的 CAT 活性,SP-1 处理显著提高了贮藏后期(6~10 d)的 APX 和 CAT 活性,而高亮处理对 APX 和贮藏后期的 CAT 活性无显著影响。这与王新爱^[15]在火龙果上、曾荣等^[32]在猕猴桃上的“涂膜处理提高了 POD 和 CAT 活性”及阿衣木古丽·艾赛提等^[33]“壳寡糖处理增强了杏果实中 CAT,POD 和 APX 的活性”的研究结果的一致。SP-1 和高亮处理极显著或显著地抑制了贮藏期间 SOD 活性的下降,这与王益光等^[34]、曾荣等^[32]和阿衣木古丽·艾赛提等^[33]分别对杨梅、猕猴桃和杏果实的研究结果相符,而丽展精处理却极显著地促进了 4 d 后 SOD 活性的下降,与宗会等^[11]“海藻酸钠涂膜处理降低了苹果果实中的 SOD 活性”的结果一致。可见,不同果蜡处理对不同果实的保护酶活性影响差异很大。

综上所述,SP-1 果蜡在减少红肉火龙果果实采后失水、活性氧生成、降低膜脂过氧化程度、提高或维持较高的保护酶活性方面较其他 2 种果蜡效果更好,更利于火龙果的保鲜。

参考文献:

- [1] 黄青云,张文惠,洪丽萍. 火龙果果实的功效及保鲜贮存技术研究[J]. 亚热带植物科学, 2012, 41(3): 89-92.
- [2] 李润唐,张映南,李映志,等. 火龙果引种栽培[J]. 中国南方果树, 2007, 36(3): 35-36.
- [3] 王彬,郑伟,彭玉基. 火龙果果实常温贮藏性能研究[J]. 江苏农业科学, 2009(2): 217-219.
- [4] 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.
- [5] 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(13): 396-400.
- [6] 张葵,张义刚,周心智,等. 不同果蜡处理对默科特柑橘常温贮藏效果的影响[J]. 保鲜与加工, 2011, 11(5): 13-16.
- [7] 黄铮,庞中存,李梅,等. 常温条件下果蜡涂膜与 1-MCP 对新红星苹果果实采后生理的影响[J]. 甘肃农业科技, 2009(6): 8-11.
- [8] 王玉玲,蓝炎阳. 三种果蜡在芦柑保鲜的应用研究[J]. 福建热作科技, 2012, 37(3): 18-21.
- [9] 姜楠,王蒙,韦迪哲,等. 果蜡保鲜技术研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(2): 576-581.
- [10] 陈燕妮,胡位荣,黄雪梅,等. 蜡处理对砂糖桔贮藏期间果实的影响[J]. 广东农业科学, 2007(10): 64-67.
- [11] 宗会,胡文玉. 海藻酸钠涂膜对苹果果实活性氧代谢的影响[J]. 园艺学报, 1999, 26(4): 263-264.
- [12] Chien P J, Sheu F, Lin H R. Quality assessment of low molecular weight chitosan coating on sliced red pitayas [J]. Journal of

- Food Engineering ,2007(79) : 736 – 740.
- [13] 任文彬 黎铭慧. L-半胱氨酸与壳聚糖复合处理对鲜切火龙果贮藏效果的影响[J]. 食品科学 2013 34(18) : 317 – 320.
- [14] 张绿萍 金吉林 邓仁菊. 保鲜剂及保鲜方式对火龙果贮藏时间的影响[J]. 贵州农业科学 2011 39(5) : 215 – 217.
- [15] 王新爱. 涂膜保鲜剂对火龙果贮藏品质及生理生化变化的影响[D]. 南宁: 广西大学 2015.
- [16] 张昭其 洪汉君 李雪萍 等. 间歇升温对芒果冷害及生理生化反应的影响[J]. 园艺学报 1997 24(4) : 329 – 332.
- [17] 中国科学院上海植物生理研究所, 上海市植物生理学会. 现代植物生理学实验指南[M]. 北京: 科学出版社 1999.
- [18] Polle A , Tilman T , Seifert F. Apoplastic peroxidases and lignification in needles of Norway Spruce(*Picea abies* L.) [J]. Plant Physiol , 1994 , 106(1) : 53 – 60.
- [19] 高俊凤. 植物生理学指导手册[M]. 北京: 高等教育出版社 2006.
- [20] Torres R , Valentines M C , Usall J , et al. Possible involvement of hydrogen peroxide in the development of resistance mechanisms in Golden Delicious apple fruit [J]. Postharvest Biol Technol , 2003 , 27(3) : 235 – 242.
- [21] 曹建康. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社 2007.
- [22] Zhu Z , Wei G , Li J , et al. Silicon alleviates salt stress and increases antioxidant enzymes activity in leaves of salt – stressed cucumber (*Cucumis sativus* L.) [J]. Plant Science 2004(167) : 527 – 533.
- [23] 南海风 朱冠宇 樊丽 等. 草莓果实采后衰老过程中活性氧及保护酶活性的变化. 北方园艺 2016(15) : 123 – 126.
- [24] 阙娟 王红梅 金昌海 等. 桃果实成熟过程中活性氧和线粒体呼吸代谢相关酶的变化[J]. 食品科学 2009 30(8) : 275 – 279.
- [25] 张海新 宁久丽 及华. 果实采后品质和生理变化研究进展. 河北农业科学 2010 14(2) : 54 – 56.
- [26] 樊秀彩 关军锋 张继澎 等. 草莓采后微粒体膜 Ca^{2+} -ATPase 活性与膜脂过氧化水平[J]. 园艺学报 2003 30(1) : 15 – 18.
- [27] 顾采琴 朱冬雪 李棋. 草莓果实采后 NAD 激酶活性与 NAD(H) 、NADP(H) 含量及活性氧代谢的关系[J]. 中国农业科学 2007 40(2) : 352 – 357.
- [28] 李志强 刘春泉 李大靖 等. 脂氧合酶在果实成熟衰老中的功能研究进展[J]. 江西农业学报 2009 21(7) : 123 – 126.
- [29] 张波 李鲜 陈昆松. 脂氧合酶基因家族成员与果实成熟衰老研究进展[J]. 园艺学报 2007 34(1) : 245 – 250.
- [30] 周春华 刘红霞 韦军. 活性氧与果实成熟衰老[J]. 上海交通大学学报(农业科学版) 2002 20(1) : 77 – 84.
- [31] 张绿萍 金吉林 邓仁菊. 火龙果采后贮藏品质变化及活性氧代谢规律[J]. 南方农业学报 2012 43(4) : 506 – 510.
- [32] 曾荣 李平 陈金印. 天然保鲜剂涂膜处理对猕猴桃果实活性氧代谢的影响[J]. 保鲜与加工 2005(5) : 29 – 31.
- [33] 阿衣木古丽·艾赛提 王英 贾盼盼 等. 壳寡糖对杏果实抗病性及活性氧代谢的影响[J]. 食品研究与开发 2015 36(5) : 126 – 131.
- [34] 王益光 罗自生 席芳 等. 壳聚糖涂膜处理对杨梅活性氧代谢的影响[J]. 果树学报 2001 18(6) : 349 – 351.

Effects of Wax Coatings on Active Oxygen Metabolism of Red-fleshed Pitaya Fruit

HUANG Yaohao¹ , ZHONG Rongbin¹ , DU Dongdong¹ , FENG Feng¹ , WANG Junning^{1, 2}

(1. College of Agronomy , Guangdong Ocean University , Zhanjiang , Guangdong 524088 , China ;

2. Guangdong Agricultural Research and Development Center for Horticulture Technology , Zhanjiang , Guangdong 524088 , China)

Abstract: Red-fleshed pitaya (*Hylocerus polyrhizus*) fruit were coated with three waxes (SP-1 , Gaoliang and Lizhangjing) to observe their weight loss rate and active oxygen metabolism. The results showed that wax coatings significantly inhibited the increase of weight loss rate and delayed the decline of total soluble solids (TSS) content , and hence were beneficial to fruit quality. Wax coatings significantly reduced the lipoxygenase (LOX) activities of the pitaya fruit at the mid stage of storage (at days 4 – 6 after storage) , highly significantly increased the ascorbate peroxidase (APX) activities at the storage stage and the activities of peroxidase (POD) and catalase (CAT) at the late storage stage , and highly significantly inhibited the decrease of superoxide dismutase (SOD) activities , the accumulation of H_2O_2 contents and the production rate of $O_2^{\cdot -}$ at the first 6 days of storage. The three waxes had different effects on the weight loss rate , active oxygen production and the activities of protective enzyme of the pitaya fruit. Of the three waxes the SP-1 wax had the best effect on the fruit quality , followed by ‘Gaoliang’ wax.

Keywords: Red-fleshed pitaya; fruit waxing; active oxygen metabolism; weight loss rate