

采前脱落酸处理对荔枝贮藏的保鲜作用

喻文涛, 曲姗姗, 李萌萌, 王光, 朱世江*

(华南农业大学园艺学院, 广东省果蔬保鲜重点实验室, 南方园艺产品保鲜教育部工程技术研究中心, 广东广州 510642)

摘要: 该试验以“井岗红糯”荔枝为材料, 研究采前 100 mg/L 脱落酸 (Abscisic acid, ABA) 处理对常温贮藏荔枝采后品质的影响。结果表明: 采前 ABA 处理明显延缓了果实褐变指数、病情指数和腐烂率的升高, 保持较好的色度值 (L^* 、 a^* 和 b^*), 贮藏 8 d ABA 处理荔枝的褐变指数、病情指数、腐烂率分别为 3.38、1.42 和 37.78%。贮藏 8 d 时, ABA 处理荔枝果皮总酚含量、以及苯丙氨酸解氨酶 (PAL)、多酚氧化酶 (PPO) 和过氧化物酶 (POD) 活性分别较对照高 3.54%、1.38%、3.22%和 18.39%; 相对电导率 (REC)、丙二醛 (MDA) 以及过氧化氢 (H_2O_2) 含量分别较对照低 23.25%、11.85%和 18.18%。此外, ABA 处理荔枝果肉的可溶性固形物 (TSS)、可滴定酸 (TA)、维生素 C (Vc) 含量分别为 17.70%、0.12%和 30.14 mg/100 g, 均高于对照。可见采前 ABA 处理不仅可以通过维持细胞膜完整性、减少酚类物质氧化、提高相关防御酶活性维持采后荔枝的外观品质, 而且可以通过减缓 TSS、TA 和 Vc 含量的降低维持采后荔枝的营养品质。

关键词: 荔枝; 脱落酸; 采前处理; 褐变; 病害

文章编号: 1673-9078(2022)10-170-177

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2022.10.1466

Effects of Preharvest Abscisic Acid Treatment on the Preservation of Lychee Fruits

YU Wentao, QU Shanshan, LI Mengmeng, WANG Guang, ZHU Shijiang*

(College of Horticulture, Guangdong Provincial Key Laboratory of Postharvest Science of Fruits and Vegetables, Engineering Research Center for Postharvest Technology of Horticultural Crops in South China, Ministry of Education, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: The effects of preharvest application of 100 mg/L abscisic acid (ABA) on the preservation of lychee fruits stored at 20 °C were explored. The 'Jingganghongnuo' cultivar was selected for this research. Preharvest ABA treatment clearly mitigated increases in browning index, disease index, and fruit decay rate and better maintained the original color (L^* , a^* , and b^*). More specifically, the browning index, disease index, and fruit decay rate of the ABA-treated lychee fruits were 3.38, 1.42, and 37.78%, respectively. After 8 days of storage, the total phenol content in the ABA-treated fruits was 3.54% higher than that in the control group, and the activities of phenylalanine ammonia-lyase, polyphenol oxidase, and peroxidase were 1.38%, 3.22%, and 18.39% higher, respectively. In contrast, relative electrical conductivity, malondialdehyde content, and hydrogen peroxide content were 23.25%, 11.85%, and 18.18% lower in ABA-treated fruits than in the control group, respectively. In addition, after 8 days of storage, the ABA-treated fruits had a total soluble solid (TSS) content of 17.70%, a titratable acid (TA) content of 0.12%, and a vitamin C (Vc) content of 30.14 mg/100 g, which were all higher than those in the control group. These results indicate that preharvest ABA treatment can maintain the appearance of harvested lychee fruits by maintaining cell membrane integrity, reducing the oxidation of phenols, and increasing the activity of antioxidant enzymes, as well as preserving nutritional quality by inhibiting decreases in TSS, TA, and Vc contents. Therefore, preharvest ABA treatment is recommended as a new technology for effectively maintaining the quality of harvested lychee fruits at ambient temperatures.

引文格式:

喻文涛,曲姗姗,李萌萌,等.采前脱落酸处理对荔枝贮藏的保鲜作用[J].现代食品科技,2022,38(10):170-177

YU Wentao, QU Shanshan, LI Mengmeng, et al. Effects of preharvest abscisic acid treatment on the preservation of lychee fruits [J]. Modern Food Science and Technology, 2022, 38(10): 170-177

收稿日期: 2021-12-31

基金项目: 国家荔枝龙眼产业体系采后贮藏与保鲜岗 (GARS-32-15)

作者简介: 喻文涛(1996-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 园艺产品贮藏与加工, E-mail: 412010336@qq.com

通讯作者: 朱世江(1963-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 果蔬采后病理与贮运保鲜技术, E-mail: sjzhu@scau.edu.cn

Key words: lychee; abscisic acid; preharvest treatment; browning; disease

荔枝 (*Litchi chinensis* Sonn.) 是我国岭南特色水果之一, 具有较高的食用价值和经济价值, 是我国在国际市场上最具竞争力的水果之一^[1]。我国荔枝以鲜果销售为主^[2], 然而, 由于荔枝的解剖结构和生理特性较为特殊, 荔枝在贮运过程中, 温度和湿度变化、冷害以及病虫害等外界环境的刺激均可导致采后荔枝迅速褐变以及腐烂。采后褐变以及腐烂缩短了荔枝货架期, 严重影响到荔枝长期贮运, 由此造成巨大的经济损失^[3]。

目前, 国内外科研人员对荔枝采后褐变和腐烂控制技术进行了大量研究, 提出低温贮藏^[4]、SO₂熏蒸^[5]、芦荟 (ALV) 凝胶涂膜处理^[6]等技术控制荔枝褐变, 新型壳聚糖制剂处理^[7]、苯并噻二唑 (BTH) 处理^[8]、拮抗剂枯草芽孢杆菌处理^[9]、化学药剂处理^[10]等技术控制荔枝采后腐烂。而同时能控制荔枝采后褐变与腐烂相关的研究较少, 荔枝褐变与腐烂的研究主要集中在低温贮藏与采后保鲜, 依赖低温和采后设施, 而常温贮藏研究如 SO₂熏蒸存在一定的食品安全问题^[11]。因此, 加强荔枝常温贮藏与采前保鲜研究意义重大。

脱落酸是植物生长发育过程中必不可少的一种激素, 如在种子休眠、器官脱落、气孔关闭以及响应生物及非生物胁迫中起非常重要的调控作用^[12]。植物在逆境条件下, 细胞膜受到伤害, 造成细胞内部紊乱, 植物体内 ABA 能激活植物防御基因表达、增加抗性、增强环境适应能力^[13,14]。Chen 等^[15]研究发现, 100 μmol/L ABA 溶液处理采后带有果柄的草莓, 可有效延缓草莓的失水, 延长草莓的货架期。已有研究表明, ABA 处理有效地提高了“大平顶枣”^[16]、香蕉^[17]、茄子^[18]的采后抗逆性, 并维持了其采后品质。此外, ABA 处理可控制采后果实褐变。ABA 处理采后菠萝可降低菠萝的褐变指数与褐变率, 保持菠萝果实品质^[19]。5 μg/L ABA 浸泡处理“黄冠梨”, 可显著降低其果皮褐变率, 控制低温储藏过程中果皮褐变的发生^[20]。

荔枝作为一种保鲜困难、以鲜食为主的水果, 开发高效安全的保鲜技术对于荔枝产业的发展极为重要^[21]。近年来食品安全问题严重, 保鲜剂及处理方式的安全性也备受关注, 因此需要研究人员找到一种绿色、低成本、高效的保鲜技术^[22]。ABA 是一种在果蔬生产中广泛使用的生长调节剂, 使用剂量低, 对环境和人体健康危害小。本研究中采用采前 ABA 树上处理荔枝, 避免采后处理荔枝晾干过程, 也不依赖采后处理设施, 具有一定的实用性和创新性。本文通过研究采前 100 mg/L ABA 处理对“井岗红糯”荔枝腐烂

和果皮褐变的控制效果, 旨在提出一种绿色环保的荔枝保鲜技术, 以期为解决荔枝常温贮藏问题提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

本研究材料为“井岗红糯”荔枝, 荔枝于 2020 年 6 月 30 日采摘自广东省广州市从化荔博园。

试剂: 脱落酸 (ABA), 阿拉丁有限公司; 酚酞、硫酸、草酸、钼酸铵、聚乙烯吡咯烷酮、愈创木酚、过氧化氢等均为国产分析纯, 国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

Milli-Q-B 超纯水系统, 美国 Millipore 公司; 702Rell 台式高速冷冻离心机, 德国 Eppendorf 公司; PMC-060 微型离心机, 德国 Eppendorf 公司; UV-2600A 紫外可见分光光度计, 日本 Shim 公司; BS224S 电子分析天平, 德国 Eppendorf 公司; A11 basic Analytical mill 磨样机, 德国 IKA 公司; DK-8D 恒温水浴锅, 上海信森实验设备有限公司; MULTISKAN Sky 酶标仪, 广州联波生物科技有限公司; CR-300 色差计, 日本 Minolta 公司; PR-34α 数显折射仪, 日本 ATAGO 公司; DDS-307 电导率仪, 上海精密科学仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 采前处理

挑选大小成熟度较一致、无病虫害及机械损伤的荔枝果实进行采前喷施处理, 对照处理用清水均匀喷施果实表面, ABA 处理用含 ABA 的清水溶液均匀喷施果实表面, 待果面试剂晾干立即摘取符合要求单个荔枝, 采收后立刻用厚度为 0.03 mm 聚乙烯袋装起并放在泡沫箱里运回广东省果蔬保鲜重点实验室。供试材料按处理设 3 个重复, 每个重复的荔枝用 0.03 mm 厚聚乙烯自封袋包装, 每袋装 20 个果, 贮藏于 20 °C 冷库, 贮藏期间定期观察和取样。

1.3.2 贮藏品质观测

果皮褐变观测参照吴振先^[23]的方法, 略有改动。按荔枝外果皮褐变面积把果皮褐变程度分 6 级: 0 级, 果实全红, 果皮无明显褐斑; 1 级, 龟裂片尖端凸点褐变 10%~50%, 或连片褐变或褐变面积小于 5%, 或单个褐斑直径小于 0.50 cm; 2 级, 龟裂片尖端凸点褐变 50%~100%, 或连片褐变或褐变面积 5%~15%, 或

单个褐斑直径 0.50~1.00 cm; 3 级, 连片褐变或褐变面积 15%~25%, 或单个褐斑直径 1.00~1.50 cm; 4 级, 连片褐变或褐变面积 25%~50%, 或单个褐斑直径 1.50~2.00 cm; 5 级, 连片褐变或褐变面积大于 50%, 或单个褐斑直径大于 2.00 cm。病情指数观测参照吴光旭等^[24]的方法, 略作改动。荔枝果皮褐变指数、荔枝病情指数和腐烂率计算如下:

$$A = \sum(a \times d) / D \quad (1)$$

$$B = \sum(b \times e) / D \quad (2)$$

$$C = (c / D) \times 100\% \quad (3)$$

式中:

A——荔枝果皮褐变指数;

B——荔枝病情指数;

C——腐烂率, %;

D——总果数;

a——褐变级数;

b——病情级数;

c——出现腐烂症状的果数;

d——对应褐变级果数;

e——对应病情级果数。

果皮颜色值的测定参照吴振先等^[25]的方法, 使用色差计测定果皮色度, 测定 *L**、*a**、*b** 3 个颜色指标。

可溶性固形物 (Total Soluble Solids, TSS)、可滴定酸 (Titratable Acid, TA)、维生素 C (Vitamin C, Vc) 含量测定参照王晶英^[26]的方法, 分别采用数显折光仪、酸碱滴定法和酶标仪测定。

1.3.3 生理指标的测定

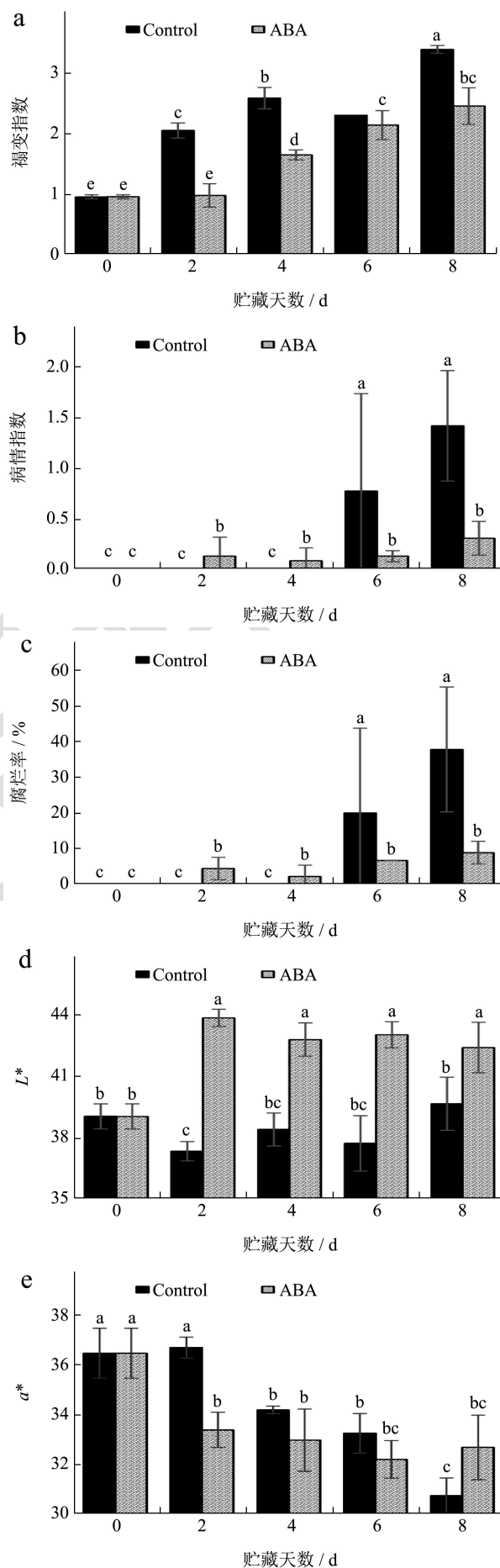
相对电导率 (Relative Conductivity, REC) 参照陈建勋等^[27]方法在精密电导仪下测定; 总酚参考李静等^[28]的方法用酶标仪测定; 丙二醛 (Malondialdehyde, MDA) 测定参照赵世杰等^[29]的方法在酶标仪下测定, 多酚氧化酶 (Polyphenol Oxidase, PPO)、过氧化物酶 (Peroxidase, POD)、苯丙氨酸解氨酶 (Phenylalanine Ammonia-lyase, PAL) 参照陈建勋等^[27]的方法在紫外分光光度计下测定, 过氧化氢 (Hydrogen Peroxide, H₂O₂) 测定参照李忠光等^[30]的方法在酶标仪下测定。

1.3.4 数据分析

数据采用 EXCEL 软件处理, 用 SPSS 23 软件进行差异显著性分析。

2 结果与讨论

2.1 采前 ABA 处理对采后荔枝外观品质的影响



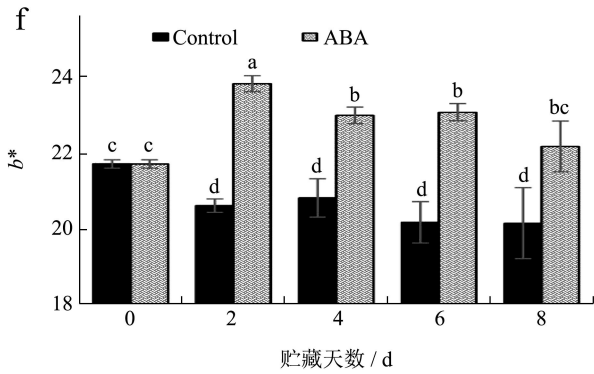


图1 采前 ABA 处理对“井岗红糯”荔枝果皮中褐变指数、病情指数、腐烂率、色度值的影响

Fig.1 Effects of pre-harvest ABA treatment on pericarp browning index, disease index, decay rate and chromaticity of ‘JGHN’ litchi pericarp

注：同组数据间小写字母不同表示差异性显著， $p < 0.05$ ，下同。

褐变严重影响荔枝外观品质，影响消费者的购买欲望。由图 1a 可以看出，“井岗红糯”荔枝果实褐变指数随贮藏时间延长而逐渐增加，对照荔枝果实贮藏至 8 d 的褐变指数达到 3.38，而 ABA 处理显著延缓了荔枝褐变指数的增加速度，8 d 的褐变指数为 2.44，与对照 2 d 的褐变指数相当，ABA 处理的荔枝褐变指数在整个贮藏期维持在较低水平，差异显著 ($p < 0.05$)。说明采前 ABA 处理有效降低荔枝褐变指数，这与 Hu 等^[31]采用 ABA 喷施处理荔枝后在低温贮藏下的结果一致。

病情指数和腐烂率是衡量果实品质和保鲜效果最直观的指标。如图 1b、1c 所示，对照荔枝果实贮藏至 8 d 病情指数达到 1.42，腐烂率达到 37.78%，严重影响了荔枝商品价值。而采前 ABA 处理显著降低了荔枝病情指数和腐烂率，8 d 的病情指数和腐烂率分别是对照的 0.22 倍和 0.24 倍。ABA 处理显著降低了荔枝贮藏期间的病情指数和腐烂率 ($p < 0.05$)。说明采前 ABA 处理可以有效控制采后荔枝腐烂的发生，这与 ABA 处理番茄果实结果一致^[32]。

色度值可以很好的反映荔枝的褐变程度。如图 1d、图 1f 所示，荔枝果皮的 L^* 和 b^* 值呈现出相似的变化趋势，随贮藏时间的延长呈小范围波动趋势，ABA 处理荔枝的 L^* 和 b^* 值在贮藏期间始终维持在较高水平。如图 1e 所示，荔枝果皮的 a^* 值随贮藏时间的延长整体呈下降趋势，贮藏至 8 d 时，ABA 处理荔枝的 a^* 值为 32.69，显著高于对照。色度 L^* 值体现颜色亮度； a^* 表示红绿差，正值为红，负值为绿； b^* 表示黄蓝差，正值代表黄，负值代表蓝^[33]。研究发现荔枝果皮褐变程度与 L^* 、 a^* 、 b^* 值成反比^[33]。本试验中，与对照果实相比，采前 ABA 处理提高了果皮中 L^* 值、 a^* 值和 b^* 值，维持了荔枝果皮亮度，果皮红色与黄色，

这与在采后 ABA 处理‘桂味’荔枝的研究结果一致^[34]。表明采前 ABA 处理可以有效的维持果实的外观品质。

2.2 采前 ABA 处理对采后荔枝营养品质的影响

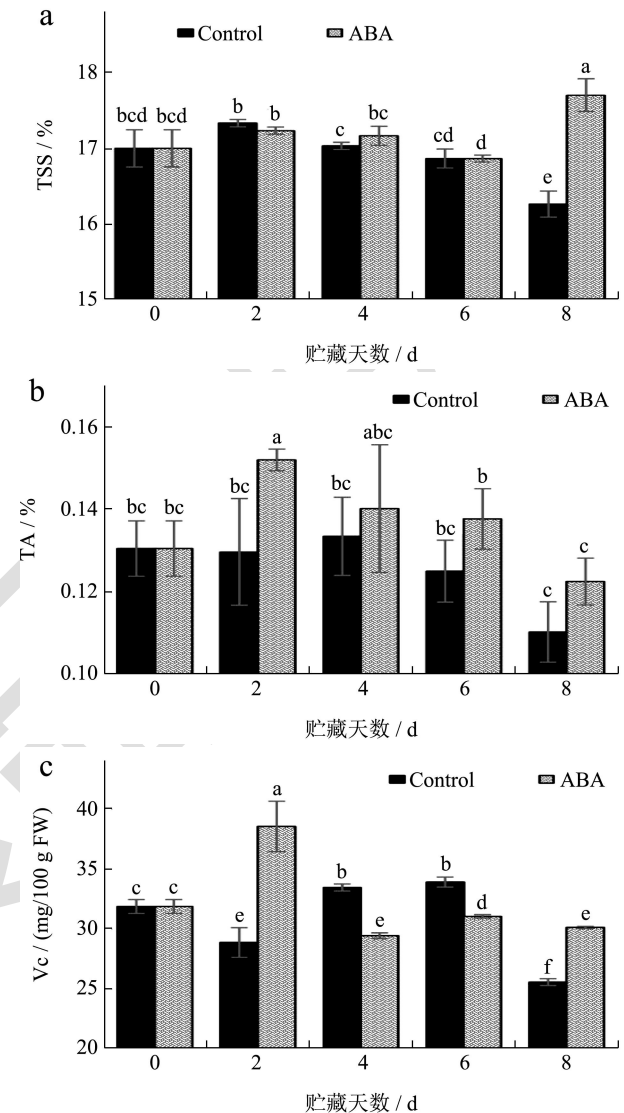


图2 采前 ABA 处理对“井岗红糯”荔枝果肉中 TSS、TA、Vc 含量影响

Fig.2 Effects of pre-harvest ABA treatment on TSS, Ta and Vc contents in ‘JGHN’ litchi pulp

TSS、TA 和 Vc 是荔枝重要的品质指标，也是荔枝保鲜效果的重要评判标准。如图 2a、2c 所示，随贮藏时间的延长，荔枝果肉 TSS、Vc 含量整体维持一个较小波动的水平，贮藏至 8 d 时，ABA 处理的荔枝 TSS、Vc 含量均显著高于对照 ($p < 0.05$)。如图 2b 所示，在整个贮藏期间，荔枝的 TA 含量整体呈下降趋势，ABA 处理荔枝的 TA 含量始终高于对照 ($p < 0.05$)，在贮藏的第 2 天、第 4 天、第 6 天、第 8 天，ABA 处理荔枝的 TA 含量分别比对照高 15.39%、5.03%、10.06% 和 11.03%。在本试验中，与对照相比，

ABA 处理的“井岗红糯”荔枝果实中具有较高的 TSS、TA 和 Vc 含量,这与 ABA 处理在草莓^[15]、“大平顶枣”^[16]、“黄冠梨”^[20]上的研究结果相似。这些结果表明外源 ABA 处理可以更好地维持荔枝采后营养品质。

2.3 采前 ABA 处理对采后荔枝果皮 PAL 活性和总酚含量影响

由图 3a 可以看出,对照果实中 PAL 活性随贮藏时间的延长逐渐降低,ABA 处理荔枝果皮 PAL 活性维持在较高水平,贮藏至 8 d 时,与对照相比达到显著水平 ($p < 0.05$)。贮藏期间,总酚含量变化趋势与 PAL 活性相似,ABA 处理的荔枝总酚含量贮藏至 8 d 时显著高于对照 ($p < 0.05$)。说明采前 ABA 处理增强了采后荔枝果皮中 PAL 活性和总酚含量。

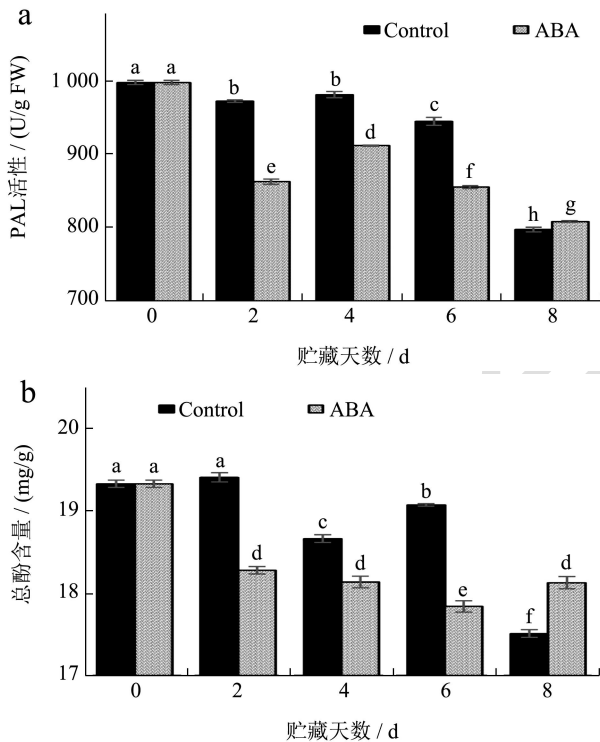


图3 采前 ABA 处理对“井岗红糯”荔枝果皮中 PAL 活性和总酚含量影响

Fig.3 Effects of pre-harvest ABA treatment on PAL activity and total phenol content of ‘JGHN’ litchi pericarp

果皮色泽是果蔬产品重要的外观品质指标,直接决定消费者的购买意愿。酚类物质是果蔬色泽的重要决定因素之一,酚类物质氧化会形成褐色多聚物或黑色物质,从而导致果蔬褐变,品质降低^[35,36]。PAL 是催化酚类物质的合成的第一个关键酶,其活性和酚类物质含量成正比^[37]。本试验中,ABA 处理提高了“井岗红糯”荔枝 PAL 活性和总酚含量,表明 ABA 处理减轻荔枝果皮褐变可能与其提高 PAL 活性,促进酚类

物质的合成有关。PAL 在植物的抗病反应中也起重要作用^[38],当遭受逆境胁迫时,植物的防御系统中苯丙烷类代谢途径被激活,PAL 活性迅速升高^[39]。张正科等^[40]研究发现,采前喷施香菇多糖能提高贮藏期间荔枝果皮中 PAL 活性,增强荔枝果实的抗病性。同时酚类物质是植物的防卫反应和抗病性密切相关的次生抗菌物质,在猕猴桃^[41]和甜瓜^[42]水果中,总酚含量与抗病性呈正相关。表明采前 ABA 处理降低荔枝腐烂率可能与其促进了抗菌物质总酚的合成有关。

2.4 采前 ABA 处理对采后荔枝果皮 PPO 和 POD 活性影响

由图 4 可知,贮藏期间 PPO 和 POD 活性变化趋势类似。随贮藏时间的延长,对照荔枝果皮中 PPO 和 POD 活性逐渐升高,ABA 处理的荔枝果皮 PPO 和 POD 活性在 6 d 时达到最高点。在整个贮藏期间,ABA 处理的荔枝果皮 PPO 和 POD 活性显著高于对照 ($p < 0.05$),在贮藏的第 2 d、第 4 d、第 6 d 和第 8 d,ABA 处理的荔枝果皮 PPO 活性分别比对照高 12.57%、32.04%、18.56%、3.22%,POD 活性分别比对照高 39.65%、42.02%、27.65%、18.39%。这表明采前 ABA 处理增强了采后荔枝果皮中 PPO、POD 的活性。

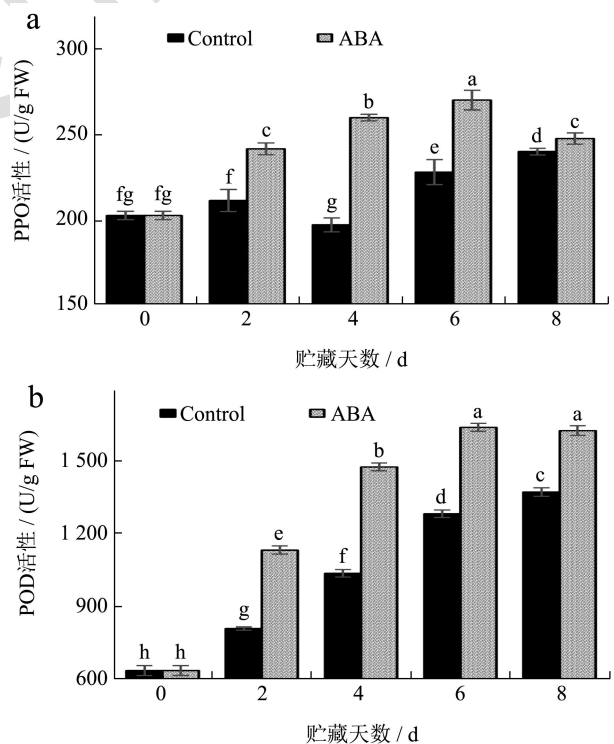


图4 采前 ABA 处理对“井岗红糯”荔枝果皮中 PPO、POD 活性影响

Fig.4 Effect of pre-harvest ABA treatment on PPO and POD activities of ‘JGHN’ litchi pericarp

PPO、POD 是与荔枝褐变关系密切的抗氧化酶,研究发现,荔枝采后 ABA 处理显著抑制荔枝褐变的同时,上调了荔枝果皮中 PPO、POD 表达^[34],这与试验结果采前 ABA 处理提高了采后荔枝 PPO 和 POD 活性的结果一致。另外,采前 ABA 处理提高采后荔枝果实的抗病性可能与抗性相关的防御酶活性有关。研究发现,甜樱桃果实抗病性增强与 PPO、POD 活性提高有关^[43,44]。刘晋等^[45]发现接种霜疫病菌的荔枝果皮中 PPO 和 POD 活性提高。本试验中,与对照相比,采前 ABA 处理提高了采后荔枝防御酶 PPO 和 POD 活性。PPO 和 POD 活性的增强可以促进酚类物质的氧化和木质素合成,有利于激发果实的抗病防御反应。此外,POD 也是细胞内部的一种活性氧清除酶,可以通过清除过量的活性氧减轻对膜脂的伤害^[46]。

抗氧化酶活性的提高有助于激发果实的抗病防御反应和活性氧的清除,减轻 MDA 对细胞膜的伤害,降低荔枝膜脂过氧化程度,从而延缓采后荔枝腐烂的发生。

2.5 采前 ABA 处理对荔枝 REC、MDA 与 H₂O₂ 浓度的影响

由图 5a 可以看出,荔枝果皮 REC 随贮藏期间的增加逐渐升高,采前 ABA 处理中 REC 始终显著低于相应对照 ($p < 0.05$),贮藏的第 2 天、第 4 天、第 6 天和第 8 天,ABA 处理的荔枝 REC 分别比对照低 22.67%、22.06%、13.82%、23.25%。如图 5b 所示,在荔枝贮藏期间,MDA 浓度变化中也观察到与 REC 相似的结果,采前 ABA 处理显著降低了荔枝果皮中 MDA 浓度 ($p < 0.05$),在贮藏的第 2 天、第 4 天、第 6 天和第 8 天,对照荔枝 MDA 浓度分别是 ABA 处理荔枝的 1.14 倍、1.29 倍、1.25 倍、1.13 倍。如图 5c 所示,采前 ABA 处理的荔枝果皮中 H₂O₂ 含量始终低于相应对照,并在第 4 天、第 6 天和第 8 天时达到显著水平 ($p < 0.05$),其 H₂O₂ 含量分别是对照荔枝的 0.96、0.87、0.85 倍。这些结果说明采前 ABA 处理维持了细胞膜的完整性、减轻荔枝贮藏期间果皮的膜脂过氧化程度。

相对电导率反映植物膜系统完整性和植物组织损伤程度^[47]。MDA 是生物细胞膜脂质发生过氧化的产物,其含量是衡量植物细胞衰老和膜脂质受损伤程度的重要指标^[48]。此外,H₂O₂ 过量累积会破坏核酸,氧化蛋白质,引起脂质过氧化导致细胞损伤和死亡^[49]。在荔枝果实中细胞膜完整性与果皮褐变、腐烂密切相关,细胞膜完整性丧失会破坏细胞区域化,从而导致酶与酚类底物直接接触产生黑色或褐色物质,最终导致果皮褐变^[50],同时降低荔枝膜脂过氧化程度有利于

抵御外来病菌的侵染,有效降低荔枝的病情指数和腐烂率^[51]。Chen 等^[52]发现茶多酚处理可降低荔枝果皮相对电导率,延缓脂质过氧化物含量的增加,显著延缓荔枝果皮褐变。Zhang 等^[19]发现外源 ABA 处理菠萝可以通过减少 H₂O₂ 的积累,保护细胞膜系统,从而降低菠萝褐变指数。Zhang 等^[53]发现苹果多酚可降低荔枝果皮相对电导率和 MDA 浓度,保持膜的完整性,减少氧化损伤,有效减少果皮褐变和腐烂发生。本试验中,采前 ABA 处理显著降低了“井岗红糯”荔枝果皮中相对电导率、MDA 浓度以及 H₂O₂ 浓度,说明 ABA 处理可能通过维持荔枝果皮生物膜完整性,减少酶与酚类底物直接接触来控制荔枝的采后褐变,减轻 MDA、H₂O₂ 对细胞膜的伤害,降低荔枝膜脂过氧化程度,延缓采后荔枝腐烂的发生。

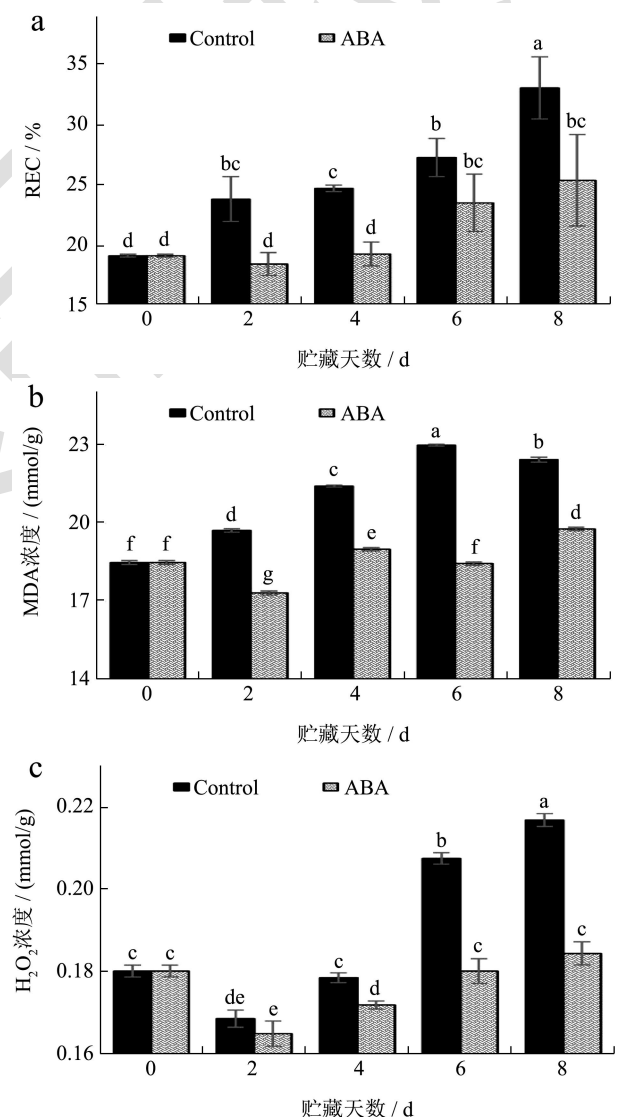


图 5 采前 ABA 处理对“井岗红糯”荔枝果皮中 REC、MDA 和 H₂O₂ 含量影响

Fig.5 Effects of pre-harvest ABA treatment on REC, MDA and H₂O₂ contents in 'JGHN' Litchi pericarp

3 结论

采前 ABA 处理可以有效地减轻“井岗红糯”荔枝果实采后褐变和腐烂的发生,维持了果肉中较高的 TSS、TA、Vc 含量,说明采前 ABA 处理可在一定程度上维持荔枝贮藏期间外观品质和食用品质。同时,采前 ABA 处理降低了荔枝果皮相对电导率、MDA 以及 H₂O₂ 含量,提高 PPO、POD、PAL 活性和总酚含量,表明 ABA 处理可以通过维持细胞膜完整性、减少酚类物质氧化以及提高相关防御酶活性,从而维持荔枝的采后品质。因此,采前 ABA 处理作为一种新型技术可以有效地维持常温贮运荔枝的采后品质。

参考文献

- [1] 刘朝霞,钱敏,陈海光.荔枝核的加工研究进展[J].广东农业科学,2011,38(3):87-89
- [2] 王丽敏,陈洁珍,欧良喜,等.荔枝果酒产业与技术研究进展[J].中国酿造,2012,31(9):20-23
- [3] Jiang Y, Jingwen A I, Wang L. Research progress on postharvest preservation technology of tropical fruit litchi and longan [J]. Farm Products Processing, 2016
- [4] Khan A S, Ahmad N, Md A U, et al. Cold storage influences the postharvest pericarp browning and quality of litchi [J]. International Journal of Agriculture & Biology, 2012, 14(3)
- [5] 黄海雄,黄育强.不同剂量 SO₂ 保鲜剂对冷处理护色荔枝贮藏安全品质的影响[J].保鲜与加工,2014,14(2):7-11
- [6] Fang F, Zhang Z, Zhang X, et al. Reduction in activity/gene expression of anthocyanin degradation enzymes in lychee pericarp is responsible for the color protection of the fruit by heat and acid treatment [J]. Journal of Integrative Agriculture, 2013, 12(9): 1694-1702
- [7] Jiang X, Lin H, Lin M, et al. A novel chitosan formulation treatment induces disease resistance of harvested litchi fruit to *Peronophythora litchii* in association with ROS metabolism [J]. Food Chemistry, 2018, 266: 299-308
- [8] Xu D, Xi P, Lin Z, et al. Efficacy and potential mechanisms of benzothiadiazole inhibition on postharvest litchi downy blight [J]. Postharvest Biology and Technology, 2021, 181: 111660
- [9] Joas J, Caro Y, Ducamp M N, et al. Postharvest control of pericarp browning of litchi fruit (*Litchi chinensis* Sonn cv Kwa Mi) by treatment with chitosan and organic acids [J]. Postharvest Biology and Technology, 2005, 38(2): 128-136
- [10] 彭埃天,凌金锋,习平根,等.我国荔枝产区杀菌剂的使用现状及建议[J].中国热带农业,2011,5:64-67
- [11] Sivakumar D, Terry L A, Korsten L. An overview on litchi fruit quality and alternative postharvest treatments to replace sulfur dioxide fumigation [J]. Food Reviews International, 2010, 26(2): 162-188
- [12] Hancock J T, Neill S J, Wilson I D. Nitric oxide and ABA in the control of plant function [J]. Plant Science, 2011, 181(5): 555-559
- [13] Lee S C, Luan S. ABA signal transduction at the crossroad of biotic and abiotic stress responses [J]. Plant, Cell & Environment, 2012, 35(1): 53-60
- [14] 许树成,丁海东,鲁锐,等.ABA 在植物细胞抗氧化防护过程中的作用[J].中国农业大学学报,2008,13(2):11-19
- [15] Chen J, Mao L, Mi H, et al. Involvement of abscisic acid in postharvest water-deficit stress associated with the accumulation of anthocyanins in strawberry fruit [J]. Postharvest Biology and Technology, 2016, 111: 99-105
- [16] 杨方威.脱落酸(ABA)对大平顶枣采后生理特性及贮藏品质的影响[D].锦州:渤海大学,2015
- [17] Wang Y, Lu W J, Zhang Z Q, et al. ABA and putrescine treatments alleviate chilling injury in banana fruits during storage at 8 °C [J]. Acta Photophysiological Sinica, 2003, 29(6): 549-554
- [18] 魏晓辉.采后茄子冷害防控技术及机理研究[D].泰安:山东农业大学,2014
- [19] Zhang Q, Liu Y, He C, et al. Postharvest exogenous application of abscisic acid reduces internal browning in pineapple [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2015, 63(22): 5313-5320
- [20] 刘佩,王璇,王庆国,等.脱落酸处理对采后‘黄冠’梨品质及果皮褐变的影响[J].农学学报,2017,2:84-90
- [21] Li L, Yan X, Li J. The prolonging effect of natural plant extracts on the storage period of postharvest litchi [J]. Horticultural Science & Technology, 2021, 39(2): 254
- [22] Wu Y, Lin H, Lin Y, et al. Effects of biocontrol bacteria *Bacillus amyloliquefaciens* LY-1 culture broth on quality attributes and storability of harvested litchi fruit [J]. Postharvest Biology and Technology, 2017, 132: 81-87
- [23] 吴振先.荔枝采后贮藏褐变过程中的一些生理生化变化[D].广州:华南农业大学,1995
- [24] 吴光旭,刘爱媛,陈维信.开口箭提取物对荔枝霜疫霉菌的抑制作用及其对荔枝果实的贮藏效果[J].中国农业科学,2006,39(8):1703-1708
- [25] 刘熙东,吴振先,韩冬梅,等.龙眼采后果皮细胞壁代谢相关酶活性的变化[J].热带作物学报,2006,2:24-28
- [26] 王晶英.植物生理生化实验技术与原理[M].东北林业大学

- 出版社,2003
- [27] 陈建勋,王晓峰.植物生理学实验指导[M].广州:华南理工大学出版社,2006
- [28] 李静,聂继云,李海飞,等.Folin-酚法测定水果及其制品中总多酚含量的条件[J].果树学报,2008,25(1):126-131
- [29] 越世杰,许长成.植物组织中丙二醛测定方法的改进[J].植物生理学通讯,1994,30(3):207-210
- [30] 李忠光,宋玉泉,龚明.二甲酚橙法用于测定植物组织中的过氧化氢[J].云南师范大学学报(自然科学版),2007,27(3):50-54
- [31] Hu B, Li J, Wang D, et al. Transcriptome profiling of *Litchi chinensis* pericarp in response to exogenous cytokinins and abscisic acid [J]. Plant Growth Regulation, 2018, 84(3): 437-450
- [32] Tao X Y, Jia-Yin L I, Han X Y, et al. Effect of abscisic acid on secondary metabolite production during wound-healing in postharvest tomato fruit [J]. Science and Technology of Food Industry, 2016
- [33] Holcroft D M, Mitcham E J. Postharvest physiology and handling of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) [J]. Postharvest Biology and Technology, 1996, 9(3): 265-281
- [34] Qu S, Li M, Wang G, et al. Application of ABA and GA₃ alleviated browning of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) via different strategies [J]. Postharvest Biology and Technology, 2021, 181: 111672
- [35] Ye S, Yao Y X, Heng Z, et al. Polyphenolic compound and the degree of browning in processing apple varieties [J]. Agricultural Sciences in China, 2007, 6(5): 607-612
- [36] Wang J B, Wang X S, Jin Z Q. Enzymatic browning of postharvest litchi: a review [C]// III International Symposium on Longan, Lychee, and other Fruit Trees in Sapindaceae Family 863, 2008: 613-618
- [37] 阳传和,杨旺,周仲铭.树皮内酚类物质的含量及苯丙氨酸解氨酶的活性与杨树抗溃疡病的关系[J].林业科学,1989,4: 311-316
- [38] 贺立红,张进标,宾金华.苯丙氨酸解氨酶的研究进展[J].食品科技,2006,31(7):31-34
- [39] 高雪.植物苯丙氨酸解氨酶研究进展[J].现代农业科技, 2009,1:30-33
- [40] 张正科,王家保,胡美姣,等.采前香菇多糖处理对妃子笑荔枝果实采后生理及抗病性的影响[J].热带农业工程,2013, 37(6):14-18
- [41] She W, Zhao X, Lin H. Effects of AnsiP-S (1-MCP) treatment on physiology of postharvest senescence in kiwifruit during cold storage [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2009, 25(9): 333-338
- [42] Zhang Z, Bi Y, Ge Y, et al. Multiple pre-harvest treatments with acibenzolar-S-methyl reduce latent infection and induce resistance in muskmelon fruit [J]. Scientia Horticulturae, 2011, 130(1): 126-132
- [43] Zhu X, Cao J, Wang Q, et al. Postharvest infiltration of BTH reduces infection of mango fruits (*Mangifera indica* L. cv. Tainong) by *Colletotrichum gloeosporioides* and enhances resistance inducing compounds [J]. Journal of Phytopathology, 2008, 156(2): 68-74
- [44] Ryals J A, Neuenschwander U H, Willits M G, et al. Systemic acquired resistance [J]. The Plant Cell, 1996, 8(10): 1809
- [45] 刘晋,刘爱媛,陈维信.霜疫病菌侵染对荔枝果实生理变化的影响[J].西南园艺,2006,34(1):1-4
- [46] Kairong C, Gengsheng X, Xinmin L, et al. Effect of hydrogen peroxide on somatic embryogenesis of *Lyciumbarbarum* L [J]. Plant Science, 1999, 146(1): 9-16
- [47] 孙业民,马兰,李朝周.不同类型酸胁迫对云杉叶细胞膜及其保护系统损伤机制的比较[J].林业科学,2012,48(6):56-62
- [48] 赵天宏,孙加伟,付宇.逆境胁迫下植物活性氧代谢及外源调控机理的研究进展[J].作物杂志,2018,24(3):10-13
- [49] Foyer C H, Noctor G. Redox homeostasis and antioxidant signaling: a metabolic interface between stress perception and physiological responses [J]. The Plant Cell, 2005, 17(7): 1866-1875
- [50] Caro Y, Joas J. Postharvest control of litchi pericarp browning (cv. Kwai Mi) by combined treatments of chitosan and organic acids: II. Effect of the initial water content of pericarp [J]. Postharvest Biology and Technology, 2005, 38(2): 137-144
- [51] Guo Q, Zhang Y L, Wang J D, et al. Effect of chlorine dioxide treatment on postharvest quality of litchi fruit [J]. Food Science and Technology, 2013
- [52] Chen W, Zhang Z, Shen Y, et al. Effect of tea polyphenols on lipid peroxidation and antioxidant activity of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit during cold storage [J]. Molecules, 2014, 19(10): 16837-16850
- [53] Zhang Z, Huber D J, Qu H, et al. Enzymatic browning and antioxidant activities in harvested litchi fruit as influenced by apple polyphenols [J]. Food Chemistry, 2015, 171: 191-199