

LAE 和 1-MCP 联合处理在蟠桃常温货架贮藏中的应用

陈山乔¹, 孙志栋¹, 史婷婷¹, 诸惠芬²

(1.宁波市农业科学研究院, 浙江 宁波 315040;

2.余姚市马渚镇农业农村办公室, 浙江 宁波 315040)

摘要: **目的** 研究 α -月桂酰-L-精氨酸乙酯盐酸盐 (LAE) 和 1-甲基环丙烯 (1-MCP), 以及其联合处理对蟠桃的常温货架耐贮藏性能的改善作用。**方法** 采用 0.2, 0.5, 0.8 g/L 的 LAE 水溶液对蟠桃进行采前喷施, 1 μ L/L 的 1-MCP 采后熏蒸 24 h, 以及联合使用的处理。在 25~30 °C 下贮藏 11 d 后, 考察其相关指标。**结果** LAE 和 1-MCP 处理能够抑制蟠桃腐烂, 其中联合处理能够达到最大的抑腐效果, 腐烂率为 42.8%, 在贮藏结束后处理组比对照组腐烂率减少了 57.2%; 1-MCP 处理, 以及其与 LAE 联合处理能够显著减缓贮藏中可溶性固形物 (SSC) 和还原性糖 (RS) 含量的下降, 在贮藏初期能显著维持果实的硬度和脆度, 减缓过氧化物酶 (POD) 活性的升高, 在贮藏过程中能抑制多酚氧化酶 (PPO) 活性和丙二醛 (MDA) 积聚, 从而减轻褐变程度。**结论** LAE 和 1-MCP 联合处理能提升蟠桃的耐贮性, 其中 LAE 作为抑菌剂能发挥抑制腐烂作用, 1-MCP 作为乙烯抑制剂能延缓果实后熟, 降低氧化应激和褐变程度。

关键词: α -月桂酰-L-精氨酸乙酯盐酸盐; 1-MCP; 蟠桃; 保鲜剂

中图分类号: TS255.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2019)23-0007-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.23.002

Application of Integrated LAE and 1-MCP Treatment Enhancing the Shelf-life of Flat Peaches at Room Temperature

CHEN Shan-qiao¹, SUN Zhi-dong¹, SHI Ting-ting¹, ZHU Hui-fen²

(1. Ningbo Academy of Agricultural Sciences, Ningbo 315040, China;

2. Agricultural and Rural Office of Mazhu Yuyao, Ningbo 315040, China)

ABSTRACT: The work aims to study the effects of α -lauroyl-L-arginine ethyl ester hydrochloride (LAE), 1-methylcyclopropene (1-MCP) and the integrated treatment on improvement of shelf preservability of flat peaches at normal temperature. Flat peaches were treated with pre-harvest spray of 0.2, 0.5, 0.8 g/L LAE solution, post-harvest fumigation of 1 μ L/L 1-MCP for 24 hours and the integrated application. Relative indexes were evaluated after 11 days of shelf preservation at room temperature (25~30 °C). Both LAE and 1-MCP presented rotten protection capacities on flat peaches, and particularly the integrated application showed the highest rotten rate reduction. The final rotten rate was 42.8%, which was reduced by 57.2% compared with control; 1-MCP treatment and the treatment coupled with LAE spray demonstrated extremely significant alleviation of the decrease of total soluble solid content (SSC) and reducing sugar (RS), and significantly maintained the hardness, fracture and peroxidase activity; along the period of storage peroxidase activity, polyphenol oxidase activity and accumulation of malondialdehyde (MDA) were depressed, leading to alleviation of

收稿日期: 2019-10-11

基金项目: 国家科技支撑计划 (2015BAD16B03)

作者简介: 陈山乔 (1987—), 男, 博士, 工程师, 主要研究方向为农产品保鲜与加工。

通信作者: 孙志栋 (1962—), 男, 教授级高级工程师, 主要研究方向为果蔬保鲜与加工。

browning. Integrated application of LAE and 1-MCP can improve the preservability of flat peaches in shelf-storage. As active ingredient, LAE performs the anti-microorganism activity to depress rottenness, and 1-MCP performs as the ethylene receptor inhibitor delaying the over-ripening, oxidation process and browning.

KEY WORDS: *N*-lauroyl-L-arginine ethyl ester hydrochloride; 1-methylcyclopropene; flat peach; preservative

蟠桃 (*Amygdalus persica* L. 'Compressa') 原产自新疆, 是以偏白色果肉、果实外形扁圆盘状为特色的桃品种^[1], 因此在国际上又被称为土星桃 (Saturn peach) 或甜甜圈桃 (Donut peach)^[2]。蟠桃因其相较于大多数其他品种桃拥有更高的甜度, 独特且浓郁的杏仁芬芳, 以及皮易剥的优势, 在市场上广受欢迎。其中选育自浙江的'玉露'蟠桃已经成为了当地很多县市的特色林特产品。由于蟠桃是一种典型的呼吸跃变型水果^[3], 并且其采收期处于不利于贮藏的盛夏^[4], 致使其贮藏保鲜始终成为难题, 制约着相关产业的发展。目前国内外蟠桃的保鲜技术尚局限于低温贮藏, 只有极少数关于常温贮藏的研究报道^[5]。对于脱离了低温条件的贮藏运输, 保鲜剂的使用是为数不多的解决方案。近年来, 由于消费者和业界对噻苯咪唑等高毒性果蔬保鲜剂安全性的普遍质疑, 推动了国家标准对其使用的限制^[6-7], 使得行业中亟需适用于蟠桃的高安全性保鲜剂。

N-月桂酰-L-精氨酸乙酯盐酸盐 (*N*-lauroyl-L-arginine ethyl ester monohydrochloride, LAE) 是同时具有高度安全性和有效性的新型保鲜剂, 其安全性和有效性已经得到了美国食药监局^[8]、联合国世卫组织和粮农组织^[9]等机构的认可, 目前 LAE 已经在葡萄^[10]、莴苣^[11]、肉类^[12]等得到了应用。1-甲基环丙烯 (1-Methylcyclopropene, 1-MCP) 是在果蔬保鲜领域应用最为广泛的乙烯抑制剂, 其作用机理是通过与植物的乙烯受体竞争性结合, 从而阻断乙烯对植物的影响^[13-14]。目前, 1-MCP 已在水蜜桃^[15]、蓝莓^[16]、芋艿^[17]等多种作物中得到了应用。鉴于作为抑菌剂的 LAE 和作为乙烯抑制剂的 1-MCP 在作用机制上拥有差异性和互补性, 具有潜在的协同效应, 因此遵循栅栏技术^[18]的原理, 拟将采前喷施 LAE 水溶液联合采后 1-MCP 熏蒸的处理方法应用于易腐的蟠桃, 研究在常温状态下对其耐贮藏性的改善作用。

1 实验

1.1 材料与设备

蟠桃 ('玉露'品种) 种植的果园位于宁波余姚市马渚镇。LAE (纯度为 96%) 由浙江大学合成并提供。1-MCP (有效物质质量分数>3.3%) 由咸阳西秦生物科技有限公司 (西安陕西) 提供。所使用的化学试剂

购自国药集团化学试剂有限公司 (上海)。实验用水为自制超纯水。酶标仪型号为 HBS-1096B, 购自南京德铁实验设备有限公司 (南京江苏)。质构分析仪型号为 TA.Xt plus, 由 Stable Micro Systems (London, UK) 生产。色差计型号为 CR-400, 由 Konica Minolta (Tokyo, Japan) 生产。

1.2 方法

1.2.1 蟠桃保鲜处理、分组和腐烂率

选择晴天上午, 在果园中挑选 4 年生且生长状况良好的桃树, 在 8 成熟蟠桃表面分别均匀喷施低剂量 (0.2 g/L)、中剂量 (0.5 g/L) 和高剂量 (0.8 g/L) 的 LAE 水溶液, 对照组采用清水处理。待果实表面自然晾干后, 进行采摘。在蟠桃被采摘后, 将其装箱移入遮荫的仓库, 置于带盖周转箱内, 将 1-MCP 环糊精微胶囊溶于水以进行释放, 以最终浓度 1 μ L/L 进行熏蒸 12 h。最终蟠桃的实验分组有 LAE 高剂量组, LAE 中剂量组, LAE 低剂量组, 1-MCP 处理组, LAE 中剂量和 1-MCP 联合处理组, 对照组等, 每组取 60 个果实。之后将蟠桃于室温下 (25~30 $^{\circ}$ C) 进行避光货架贮藏, 并在 3, 7, 11 d 后进行取样测试, 重复做 3 次实验, 将肉眼可见烂斑、菌丝的果实判别为腐烂果, 并根据腐烂果数量计算腐烂率。

1.2.2 硬度和脆度

硬度和脆度采用 TA—XTplus 物性分析仪测定, 测定模式为 TPA。测试前速度为 1.0 mm/s, 测试速度为 5 mm/s, 测试后速度为 5 mm/s。测试距离为 10 mm, 测试时间为 5 s, 触发力为 0.049 N。

1.2.3 可溶性固形物

通过挤压桃肉, 取适量桃汁滴于 PAL—1 折光仪, 显示的数值即为可溶性固形物的含量。

1.2.4 可滴定酸

参考前人文献中的方法^[19]略作修改。称取样品匀浆并定容摇匀静置后过滤。滤液中加入酚酞指示剂, 用 0.01 mol/L 的氢氧化钠溶液进行滴定测量。

1.2.5 还原糖

还原糖的检测参考文献报道^[20]中的 3,5-二硝基水杨酸 (DNS) 法。将果实匀浆离心, 取上清液稀释后加入 DNS 试剂沸水浴 10 min, 冷却后测量其 OD₅₄₀, 以葡萄糖作为标准物, 外标法定量。

1.2.6 过氧化物酶与多酚氧化酶

多酚氧化酶活性采用邻苯二酚比色法进行测定,以每分钟反应液 OD420 变化 0.01 为 1 个活力单位^[19]。过氧化物酶活性采用愈创木酚比色法进行测定,以每分钟反应液 OD470 变化 0.01 为 1 个活力单位^[19]。

1.2.7 丙二醛

丙二醛采用硫代巴比妥酸法进行测定,具体方法:在样品中加入三氯乙酸,并研磨至匀浆,离心后取上清,再加入硫代巴比妥酸溶液,沸水浴 15 min,离心后取上清,分别测定其 OD532、OD600 和 OD450,并根据式(1)计算其含量^[19]:

$$C_{MDA} = 6.45(A_{532} - A_{600}) - 0.56A_{450} \quad (1)$$

1.2.8 明度

将果实沿赤道面横切,之后立即使用色差仪在横截面上的随机 4 个部位读取 L 值,然后取其平均值,即为单个果实的果肉明度值。

1.2.9 数据处理与统计分析

实验中数据处理基于 R 语言^[21]进行,处理间的差异显著性分析由单因素方差分析-图奇事后检验 (Oneway ANOVA-Tukey HSD) 进行计算。绘图基于 ggplot2 软件^[22]。

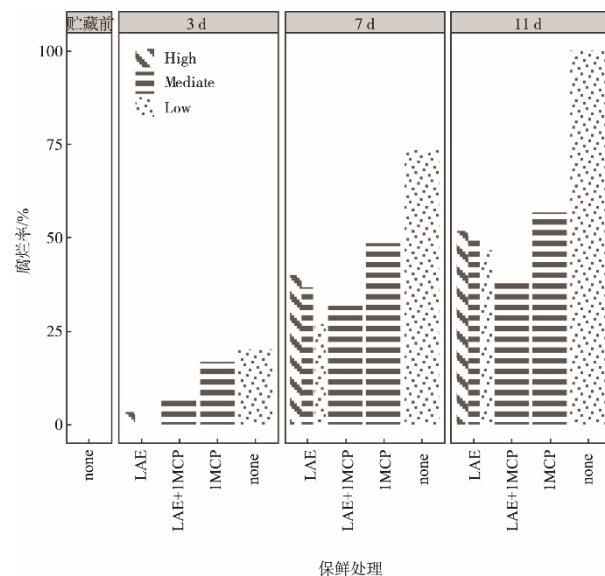
2 结果与讨论

2.1 腐烂率

蟠桃常温贮藏过程中的腐烂率见图 1,在贮藏时间达到 3 d 时,各处理的腐烂率均低于 25%,其中中剂量和低剂量 LAE 处理组无腐烂发生。从贮藏 7 d 开始,对照组的腐烂率最高,直至贮藏 11 d 后完全腐烂。LAE 处理能够对腐烂产生抑制作用,但过高的喷施剂量并不能带来更好的抑制效果。这可能是由于高浓度 LAE 溶液的 pH 值和存在对大分子的强吸附作用所致^[23—24]。1-MCP 则能够在全程发挥抑制腐烂作用。虽然 1-MCP 本身并没有对致腐微生物的直接抑制能力,但是其通过对乙烯受体的抑制作用,从而达到维持硬度、减缓果实细胞壁物质分解的目的,能够间接提高果实的抗逆能力^[25]。此外,如结果所示, LAE 喷施和 1-MCP 联合处理在组间的腐烂率最低,为 42.8%,相比对照组减少了 57.2%,这意味着 1-MCP 和 LAE 存在着协同抑腐的作用。

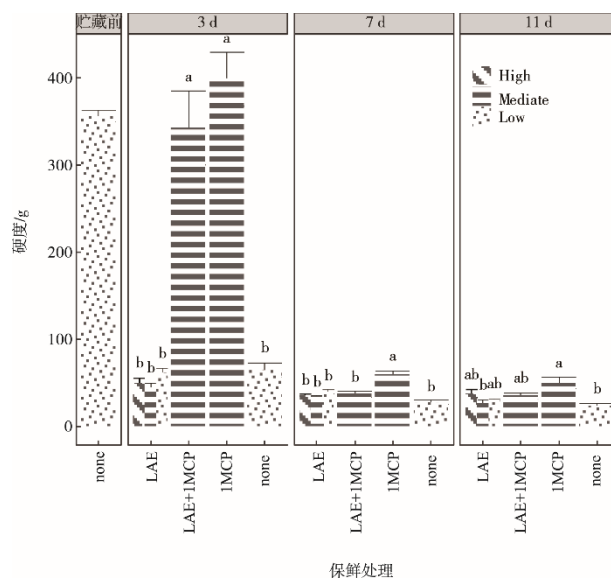
2.2 硬度与脆度

在贮藏过程中,硬度和脆度等 2 个质构指标的变化见图 2—3。在贮藏 3 d 后,大部分处理组的硬度和脆度开始大幅下降,1-MCP 和 LAE+1-MCP 处理组能



注:其中柱形深浅代表 LAE 喷施浓度,High 表示高剂量 (0.8 g/L); Mediate 表示中剂量 (0.5 g/L); Low 表示低剂量 (0.2 g/L)

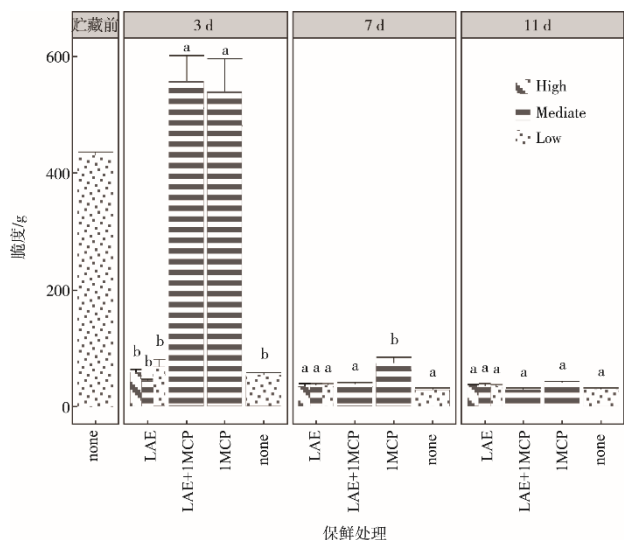
图 1 蟠桃在常温贮藏过程中各处理组果实的腐烂率变化
Fig.1 Rotten rate of flat peaches in room temperature preservation



注:误差线代表相对误差,字母差异代表处理间 $P=0.01$ 水平差异显著性

图 2 蟠桃常温贮藏过程中各处理果实的硬度变化
Fig.2 Hardness of flat peaches in room temperature preservation

够将质构特性维持在初始样品水平,并且与其他处理组有显著差异。在贮藏 7 d 和 11 d, 1-MCP 处理组的硬度和脆度依然发生了下降,但是仍然维持在组间最高水平,并且在贮藏 7 d 和 11 d 时果实硬度相对于对照组具有显著性差异。在贮藏 7 d 时,果实脆度相对于对照组具有显著差异。1-MCP 对于桃类果实在低温短期贮藏过程中,存在显著的质构维持作用,这已经



注：误差线代表相对误差，字母差异代表处理间 $P=0.01$ 水平差异显著性

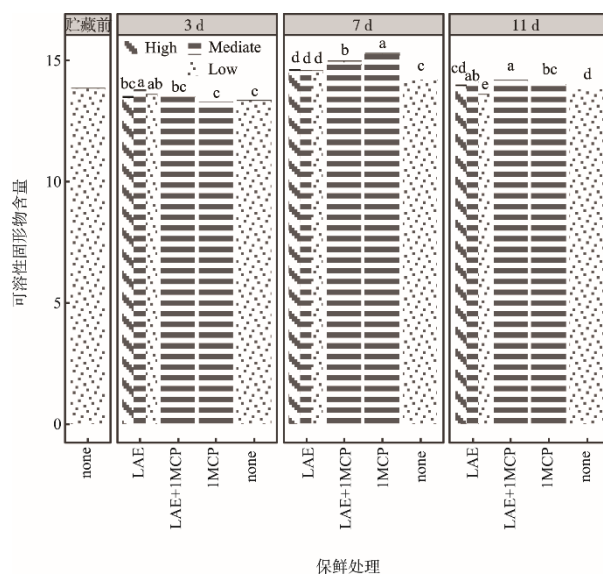
图3 蟠桃常温贮藏过程中各处理组果实的脆度变化情况
Fig.3 Fracture of flat peaches in room temperature preservation

得到了相关文献的证实^[26]，文中的实验结果则显示其在常温下，其质构维持作用依然显著。

2.3 可溶性固形物、还原糖、可滴定酸

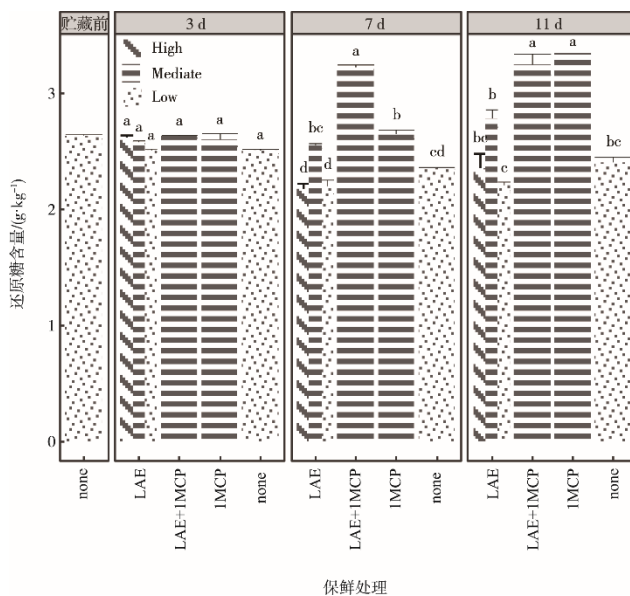
可溶性固形物 (SSC)、还原糖 (RS) 和可滴定酸 (TA) 在蟠桃常温贮藏过程中的变化趋势分别见图4—6。SSC、RS、TA 三者是决定水果滋味的最基本指标，通过对这3个指标进行定量测定，能够反映出常温贮藏过程中蟠桃的滋味变化趋势^[27]。其中 SSC 总体上呈现出先升高后降低的趋势，在贮藏第7天时，所有保鲜处理组的水平皆高于对照组，并具有显著差异；在贮藏第11天时，LAE+1-MCP 处理组和单独 1-MCP 处理组的水平高于对照组，并有显著差异。从贮藏第7天开始，1-MCP 与 LAE+1-MCP 处理组始终比对照组保留更多的 RS，并且有显著差异。TA 水平总体上在贮藏第3天时升高，然后逐渐降低，从贮藏第7天开始，1-MCP 处理组和 LAE+1-MCP 处理组均比对照组更能减缓 TA 水平的降低，并表现出显著差异。对于包括桃在内的多种存在采后后熟作用的水果，先升高后降低的变化趋势已经有诸多文献进行了报道^[28—29]。这3个指标的变化原因通常被认为是由于果实成熟过程中，其细胞壁物质等大分子多糖类化合物发生了分解，从而使得小分子的糖、有机酸水平上升^[30]。由于有机酸和小分子糖在果实的采后生理活动中充当着主要的供能物质^[31]，因而在贮藏过程中会被果实不断消耗，导致水平降低。1-MCP 已经被证实能够有效抑制乙烯诱导的果实细胞呼吸强度提升^[32]，因此如实验结果所示，1-MCP 能够对常温贮藏蟠桃的 SSC、RS、TA 降低起到抑制作

用。此外，1-MCP 与 LAE 联用对保持 RS 水平表现出显著水平。实验结果显示，1-MCP 能够有效维持蟠桃的酸、甜以及糖酸比等滋味特性。



注：误差线代表相对误差，字母差异代表处理间 $P=0.01$ 水平差异显著性

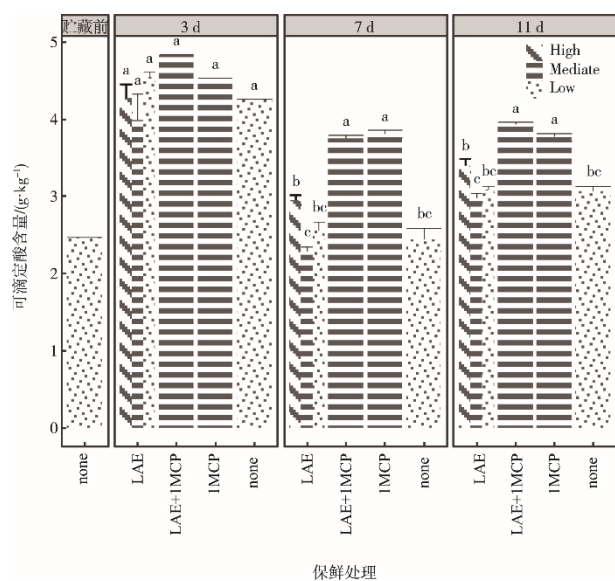
图4 蟠桃在常温贮藏过程中各处理组果实可溶性固形物的变化情况
Fig.4 Total soluble solid content levels of flat peaches in room temperature preservation.



注：误差线代表相对误差，字母差异代表处理间 $P=0.01$ 水平差异显著性

图5 蟠桃在常温贮藏过程中各处理组果实还原糖的变化
Fig.5 Reducing sugar levels of flat peaches in room temperature preservation

2.4 丙二醛、过氧化物酶、多酚氧化酶、明度 常温贮藏蟠桃的丙二醛 (MDA) 水平、过氧化物

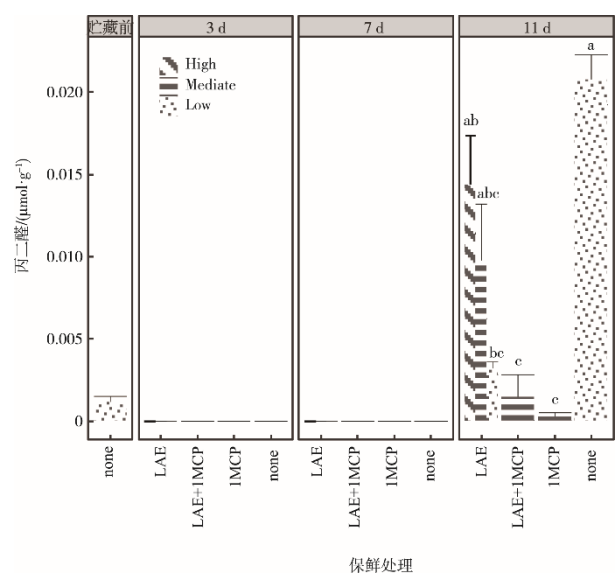


注: 其中误差线代表相对误差, 字母差异代表处理间 $P=0.01$ 水平差异显著性

图 6 蟠桃在常温贮藏过程中各处理组果实可滴定酸的变化

Fig.6 Titratable acid levels of flat peaches in room temperature preservation

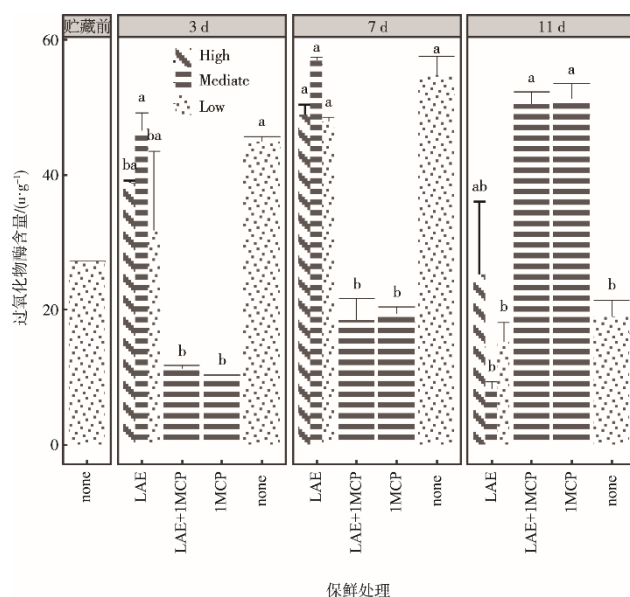
酶 (POD) 活性、多酚氧化酶 (PPO) 活性和明度变化情况分别见图 7—10。在贮藏 11 d 以前, MDA 的含量均低于最低检测限 (在图 7 上显示为 0 值), 而在贮藏 11 d 时出现了 MDA 水平上升情况, 其中 1-MCP 和 LAE+1-MCP 组表现出了较低的上升幅度, 并与对照组存在显著差异。1-MCP 和 LAE+1-MCP 组



注: 其中误差线代表相对误差, 字母差异代表处理间 $P=0.01$ 水平差异显著性, 0 值代表低于检测限

图 7 蟠桃在常温贮藏过程中各处理组果实丙二醛水平的变化

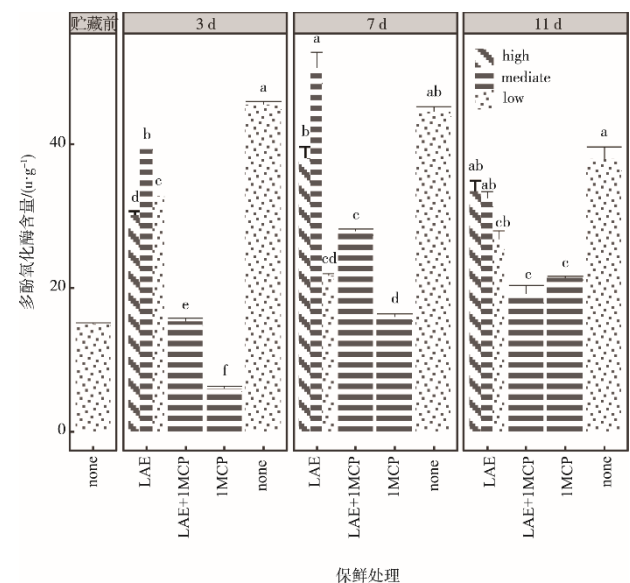
Fig.7 Malondialdehyde levels of flat peaches in room temperature preservation



注: 误差线代表相对误差, 字母差异代表处理间 $P=0.01$ 水平差异显著性

图 8 蟠桃在常温贮藏过程中各处理组果实过氧化物酶的变化

Fig.8 Peroxidase activities of flat peaches in room temperature preservation

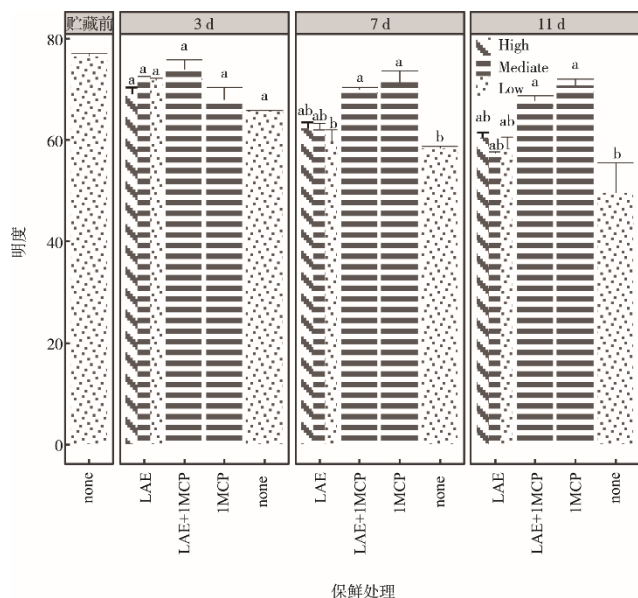


注: 误差线代表相对误差, 字母差异代表处理间 $P=0.01$ 水平差异显著性

图 9 蟠桃在常温贮藏过程中各处理组果实多酚氧化酶的变化

Fig.9 Polyphenol oxidase activities of flat peaches in room temperature preservation

POD 活性随着贮藏时间持续上升, 而其他处理组则在 7 d 前呈上升趋势, 之后活性开始回落, 贮藏全过程中经过 1-MCP 处理的 2 组与其他组呈现显著差异。与 POD 变化模式类似, PPO 在总体上也呈现先升高后降低的趋势, 除了 1-MCP 和 LAE+1-MCP 组在贮



注：误差线代表相对误差，字母差异代表处理间 $P=0.01$ 水平差异显著性

图 10 蟠桃在常温贮藏过程中各处理组果肉明度的变化
Fig.10 Luminosity of flat peaches in room temperature preservation

藏 11 d 时活性没有明显降低，并且其 PPO 活性在贮藏全过程中显著低于对照组。在贮藏前 3 d，各处理组的明度值无显著差异，而从贮藏第 7 天开始，涉及 1-MCP 处理的组相对于对照组能够显著维持明度水平。MDA 是生物体内脂质过氧化的终产物之一，通常用来衡量果实的膜脂过氧化水平^[33]。结果显示，蟠桃在贮藏后期会遭受膜脂过氧化应激，而 1-MCP 熏蒸处理能够有效减轻这一现象，同时 1-MCP 对蟠桃氧化应激的抑制作用在 POD 和 PPO 这 2 种抗氧化酶被诱导的程度也能够体现。此外，POD 和 PPO 作为果实酶促褐变的重要参与者^[34]，其活性被抑制，且其活性峰值时间被延后，都表示 1-MCP 对蟠桃褐变能起到缓解作用，而果肉明度的变化则直接揭示出 1-MCP 熏蒸处理能够减轻褐变程度。

综上所述，LAE 和 1-MCP 及其联合使用，均能大幅减小蟠桃的腐烂损失率。由于 LAE 和 1-MCP 拥有不同的保鲜机制，因此 LAE 和 1-MCP 表现出各处理组中最强的抑菌效果。对于其他的品质指标，1-MCP 处理组和 1-MCP 与 LAE 联合处理组均表现出显著的质构维持效果、果品酸甜口味维持效果以及褐变抑制效果。1-MCP 处理组以及 1-MCP 与 LAE 联用处理组，其质构特性与低温贮藏处于相同水平^[35]；得益于 LAE 相较于传统保鲜剂具有更强的抑菌性，在贮藏 11 d 时，LAE 处理以及 1-MCP 与 LAE 联用处理的腐烂抑制能力强于文献报道的二氧化氯与 1-MCP 联用^[36]。

3 结语

LAE 作为一种高效的广谱抑菌剂，在常温下对蟠桃进行了采前喷施，对其贮藏时表现出优异的抑腐作用。对于喷施 LAE 的浓度，并不呈线性的量效关系，过高的喷施浓度无益于蟠桃的保鲜。1-MCP 熏蒸处理通过竞争性能抑制乙烯受体，从而延缓后熟，降低代谢强度，能够大幅维持蟠桃的硬度、脆度，并且减少了采后贮藏过程中蟠桃对滋味物质的消耗，维持其内在品质。对于常温贮藏蟠桃的氧化应激，1-MCP 处理能够有明显的缓解作用，因此蟠桃的酶促褐变也受到了抑制。通过研究使用 LAE 作为抑菌剂联合 1-MCP 作为乙烯抑制剂的蟠桃常温保鲜方法发现，该技术是一种高效、安全、节能的贮藏技术，在蟠桃的货架贮藏和物流运输产业有着广阔的应用前景。文中首次报道 LAE 在桃类水果保鲜中的作用。

参考文献：

- [1] 诸惠芬, 丁振铎, 陈钧魁. 马渚镇蟠桃种植的优势及发展思路[J]. 现代园艺, 2017(19): 43—44.
ZHU Hui-fen, DING Zheng-duo, CHEN Jun-kui. Advantages and Development Ideas of Peach Cultivation in Mazhu[J]. Xiandai Horticulture, 2017(19): 43—44.
- [2] CONTE L, MOSER L, FANTECHI P, et al. New Types of High Quality Peaches: Flat Peaches (PPersica Var Platicarpa) and Ghiaccio Peach Series with Long on Tree Fruit Life[C]// Proceedings of the V International Peach Symposium, 2001: 592.
- [3] FERNANDEZ-TRUJILIO J, MARTINEZ J, ART S F. Modified Atmosphere Packaging Affects the Incidence of Cold Storage Disorders and Keeps 'Flat' Peach quality[J]. Food Research International, 1998, 31(8): 571—579.
- [4] 诸惠芬. 霞光玉蟠桃速生早结栽培技术[J]. 宁波农业科技, 2016(4): 31—32.
ZHU Hui-fen. Fast-growing Early Knot Cultivation Technique of 'Xianguangyu' Flat Peach[J]. Ningbo Agricultural Science and Technology, 2016(4): 31—32.
- [5] 邓小蓉, 李冀新, 赵志永, 等. 不同处理方式对蟠桃常温运输及货架期品质的影响[J]. 保鲜与加工, 2016(4): 36—40.
DENG Xiao-rong, LI Ji-xin, ZHAO Zhi-yong, et al. Effects of Different Treatments on the Quality of Flat Peach during the Transportation and Shelf Life at Normal Temperature[J]. Storage and Process, 2016(4): 36—40.
- [6] GB 2760—2007, 食品添加剂使用卫生标准[S].
GB 2760—2007, Hygienic Standards for Uses of Food Additives[S].
- [7] GB 2760—2014, 食品添加剂使用标准[S].
GB 2760—2014, Chinese Standards for Food

- Additives[S].
- [8] TARANTINO L M. Agency Response Letter GRAS Notice No.GRN 000164 [EB/OL]. https://www.accessdata.fda.gov/scripts/fdcc/index.cfm?set=GRASNotices&id=164&sort=GRN_No&order=ASC&startrow=1&type=basic&search=22 2005.
 - [9] WHO, FAO. Evaluation of Certain Food Additives[R]. Rome: Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, 2009: 3—17.
 - [10] SUN Z, HAO J, YANG H, et al. Effect of Chitosan Coatings Enriched with Lauroyl Arginate Ethyl and Montmorillonite on Microbial Growth and Quality Maintenance of Minimally Processed Table Grapes (*Vitis Vinifera* L Kyoho) during Cold Storage[J]. Food and Bioprocess Technology, 2018, 11(10): 1853—1862.
 - [11] NUEBLING S, WOHLT D, SAILE N, et al. Antimicrobial Effect of Lauroyl Arginate Ethyl on *Escherichia Coli* O157:H7 and *Listeria Monocytogenes* on Red Oak Leaf Lettuce[J]. European Food Research and Technology, 2017, 243(5): 879—887.
 - [12] MOORE A, NANNAPANENI R, KIESS A, et al. Evaluation of USDA Approved Antimicrobials on the Reduction of *Salmonella* and *Campylobacter* in Ground Chicken Frames and Their Effect on Meat Quality[J]. Poultry Science, 2017, 96(7): 2385—2392.
 - [13] SISLER E, SEREK M. Compounds Interacting with the Ethylene Receptor in Plants[J]. Plant Biology, 2003, 5(5): 473—480.
 - [14] 孙志栋, 田雪冰, 倪穗, 等. 1-MCP 对采后果实贮藏品质影响的研究进展[J]. 现代食品科技, 2017(7): 336—341.
SUN Zhi-dong, TIAN Xue-bing, NI Sui, et al. Research on the Effect of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) on the Storage Quality of Postharvest Fruits[J]. Modern Food Science and Technology, 2017(7): 336—341.
 - [15] 殷健东. 1-MCP 和乙烯对水蜜桃采后冷害发生的生理调控机制研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2018: 45—96.
YING Jian-dong. Physiological Regulation Mechanism of 1-MCP and Ethylene on Chilling Injury of Postharvest Peach[D]. Yangzhou: Yangzhou University, 2018: 45—96.
 - [16] 吴子健, 高佳乐, 李共国, 等. 1-MCP 影响冷藏期蓝莓好果率的通径分析[J]. 食品工业, 2018(6): 211—215.
WU Zi-jian, GAO Jia-le, LI Gong-guo, et al. 1-MCP Path Analysis of Marketable Fruit Rate in Blueberry Regulated by 1-MCP during Cold Storage[J]. The Food Industry, 2018(6): 211—215.
 - [17] 孙志栋, 田方, 张仁杰, 等. 1-MCP 和简易气调处理对采后芋头贮藏品质的影响[J]. 热带作物学报, 2016(7): 1424—1429.
SUN Zhi-dong, TIAN Fang, ZHANG Ren-jie, et al. Effects of 1-MCP and Simply Controlled Atmosphere Treatment on Postharvest Sweet-taro Quality in Storage Period [J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2016(7): 1424—1429.
 - [18] PRECIADO-I IGA G E, AMADOR-ESPEJO G G, B RCENAS M E. Blanching and Antimicrobial Mixture (Potassium Sorbate-sodium Benzoate) Impact on the Stability of a Tamarillo (*Cyphomandra Betacea*) Sweet Product Preserved by Hurdle Technology[J]. Journal of Food Science and Technology, 2018, 55(2): 740—748.
 - [19] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 上海: 中国轻工业出版社, 2007: 101—161.
CAO Jian-kang, JIANG Wei-bo, ZHAO Yu-mei. Physiological and Biochemical Experiment Guidance for Postharvest Fruits and Vegetables[M]. Shanghai: China Light Industry Press, 2007: 101—161.
 - [20] 张小贝, 朱国鹏, 祝志欣, 等. 利用 3,5-二硝基水杨酸法测定菜用甘薯叶中的多糖含量[J]. 热带生物学报, 2017(3): 359—363.
ZHANG Xiao-bei, ZHU Guo-peng, ZHU Zhi-xin, et al. Determination of the Polysaccharide Content of Sweet Potato Leaves by Using 3,5-Dinitrosalicylic Acid (DNS)[J]. Journal of South China University of Tropical Agriculture, 2017(3): 359—363.
 - [21] R CORE TEAMR. Foundation for Statistical Computing [CP/OL]. (2013)[2019-10-11]. <https://www.r-project.org/>.
 - [22] HADLEY W. Elegant Graphics for Data Analysis[M]. New York: Springer New York, 2009: 41—64.
 - [23] CHEN W, GOLDEN D A, CRITZER F J, et al. Antimicrobial Activity of Cinnamaldehyde, Carvacrol, and Lauric Arginate against *Salmonella Tennessee* in a Glycerol-sucrose Model and Peanut Paste at Different Fat Concentrations[J]. Journal of Food Protection, 2015, 78(8): 1488—1495.
 - [24] INFANTE M, MOLINERO J, ERRA P, et al. A Comparative Study on Surface Active and Antimicrobial Properties of Some N α -Lauroyl-L α , ω Dibasic Aminoacids Derivatives[J]. European Journal of Lipid Science and Technology, 1985, 87(8): 309—313.
 - [25] ORTIZ A, VENDRELL M, LARA I. Softening and Cell Wall Metabolism in Late-season Peach in Response to Controlled Atmosphere and 1-MCP Treatment[J]. J Horticult Sci Biotechnol, 2011, 86(2): 175—181.
 - [26] XIONG Z F, LI H, LIU Z Y, et al. Effect of 1-MCP on Postharvest Quality of French Prune during Storage at Low Temperature[J]. J Food Process Preserv, 2019, 43(8): 8.
 - [27] 郑锦锦, 陈岩, 刘帅, 等. 荔枝品质评价的研究进展[J]. 中国食物与营养, 2019, 25(2): 10—14.
ZHENG Jin-jin, CHEN Yan, LIU Shuai, et al. Research Progress on Quality Evaluation of Litchi[J]. Food and Nutrition in China, 2019, 25(2): 10—14.
 - [28] SINGH S P, SINGH Z, SWINNY E E. Postharvest Nitric Oxide Fumigation Delays Fruit Ripening and Alleviates Chilling Injury during Cold Storage of Japanese Plums (*Prunus salicina* Lindell)[J]. Postharvest Biol Technol,

- 2009, 53(3): 101—108.
- [29] CASTELO B M N F, DE MENDON A B L, MARQUES D, et al. Effects of Fungal Chitosan Nanoparticles as Eco-friendly Edible Coatings on the Quality of Postharvest Table Grapes[J]. *Postharvest Biol Technol*, 2018, 139(5): 56—66.
- [30] MITALO O W, TOKIWA S, KASAHARA Y, et al. Determination of Optimum Temperature for Long-term Storage and Analysis of Ripening-related Genes in "Rainbow Red" Kiwifruit[J]. *Acta Horticulturae*, 2018, 1218(11): 517—524.
- [31] SCHOUTEN R E, WOLTERING E J, TIJSKENS L M M. Sugar and Acid Interconversion in Tomato Fruits Based on Biopsy Sampling of Locule Gel and Pericarp Tissue[J]. *Postharvest Biol Technol*, 2016, 111(1): 83—92.
- [32] KAFKALETOU M, FASSEAS C, TSANTILI E. Increased Firmness and Modified Cell Wall Composition by Ethylene were Reversed by the Ethylene Inhibitor 1-Methylcyclopropene (1-MCP) in the Non-climacteric Olives Harvested at Dark Green Stage-possible Implementation of Ethylene for Olive Quality[J]. *Journal of Plant Physiology*, 2019, 238(7): 63—71.
- [33] ALI S, KHAN A S, MALIK A U. Postharvest l-cysteine Application Delayed Pericarp Browning, Suppressed Lipid Peroxidation and Maintained Antioxidative Activities of Litchi Fruit[J]. *Postharvest Biol Technol*, 2016, 121(11): 35—42.
- [34] PASQUARIELLO M S, DI PATRE D, MASTROBUONI F, et al. Influence of Postharvest Chitosan Treatment on Enzymatic Browning and Antioxidant Enzyme Activity in Sweet Cherry Fruit[J]. *Postharvest Biol Technol*, 2015, 109(11): 45—56.
- [35] 鄂晓雪, 柳建华, 王融, 等. 真空预冷处理提高草莓与蟠桃的冷藏品质[J]. *上海理工大学学报*, 2014(1): 75—80.
- E Xiao-xue, LIU Jian-hua, WANG Rong, et al. Vacuum Pre-cooling Treatment for Improving Cold Storage Quality of Strawberries and Flat Peaches[J]. *Journal of University of Shanghai for Science and Technology*, 2014(1): 75—80.
- [36] 肖丽梅, 钟梅, 吴斌, 等. 1-甲基环丙烯和二氧化氯对新疆蟠桃保鲜效果的研究[J]. *食品科学*, 2009(12): 276—280.
- XIAO Li-mei, ZHONG Mei, WU Bin, et al. Effects of 1-Methylcyclopropene and Chlorine Dioxide on Preservation of Xinjiang Flat Peaches[J]. *Food Science*, 2009, (12): 276—280.