

1-MCP 复合 MAP 包装对无花果贮藏品质的影响

杜佳铭^{1a}, 谷诗雨^{1b}, 杨永佳^{1a}, 李卓颖^{1a}, 刘琳文^{2,3}, 寇莉萍^{1a}

(1.西北农林科技大学 a.食品科学与工程学院 b.创新实验学院, 陕西 咸阳 712100; 2.陕西丝路无花果科技研究院有限公司, 西安 710000; 3.杨凌菲格无花果产业发展有限公司, 陕西 咸阳 712100)

摘要: **目的** 研究不同含量 1-MCP 结合 MAP 包装处理对无花果低温贮藏和商业包装品质的影响。**方法** 以‘波姬红’无花果为实验材料, 在贮藏温度(5±1)℃下, 探究不同含量 1-MCP (1.0、1.5、2.0 μL/L) 处理并结合 PE (0.05 mm) 包装膜对新鲜无花果贮藏品质的影响; 在室温下, 探究 1.5 μL/L 1-MCP 处理并结合 PE (0.05 mm) 包装膜对商业包装无花果流通过程中品质的影响。**结果** 在低温下, 1-MCP 处理有利于维持无花果贮藏品质的稳定, 其中 1.5 μL/L 1-MCP 处理后效果最显著, 有效降低了无花果的腐烂指数, 维持了果实的色泽、硬度等品质指标。对于商业包装无花果, 单独用 PE 包装以及与 1-MCP 复合处理均有延长其保鲜期的效果, 其中复合处理的效果更优。**结论** 1.5 μL/L 1-MCP 处理可有效延缓无花果的衰老进程, 延长果实的低温货架期; 1-MCP 复合 PE 包装处理对商业包装无花果有积极作用, 可有效保证无花果的流通品质。

关键词: 无花果; 1-甲基环丙烯; 自发气调包装; 贮藏保鲜

中图分类号: TS255.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2022)07-0011-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.07.002

Effects of Combined Treatment of 1-MCP and MAP Packaging on Storage Quality of Figs

DU Jia-ming^{1a}, GU Shi-yu^{1b}, YANG Yong-jia^{1a}, LI Zhuo-ying^{1a}, LIU Lin-wen^{2,3}, KOU Li-ping^{1a}

(1a.College of Food Science and Engineering, b.College of Innovation and Experiment, Northwest A&F University, Shaanxi Xianyang 712100, China; 2.Shaanxi Silk Road Fig Technology Research Institute Co., Ltd., Xi'an 710000, China; 3.Yangling Feige Fig Industry Development Co., Ltd., Shaanxi Xianyang 712100, China)

ABSTRACT: The work aims to study the effects of combined treatment of 1-MCP and MAP packaging on low temperature storage and commercial packaging quality of figs. 'Boji Hong' fig was used as experiment materials to study the effects of 1-MCP (1.0, 1.5, 2.0 μL/L) combined with PE (0.05 mm) packaging bag on keeping fig fresh at (5±1)℃ and the effect of 1-MCP(1.5 μL/L) combined with PE(0.05 mm) packaging bag at room temperature on the quality of commercial packaging figs during circulation. The results indicated that 1-MCP treatment was beneficial to maintain the stability of fig quality, and 1.5 μL/L 1-MCP fumigation treatment had the most significant effect, which could effectively reduce the decay rate of fig and maintain the color, hardness, etc. of fig. For commercial packaging figs, individually packed in PE with 1-MCP compound has extended its freshness effect. The compound treatment had the best effect. 1-MCP treatment at concentration of 1.5 μL/L can effectively delay the aging of figs and extend the low temperature shelf life of fruit. Combined treatment of 1-MCP and PE package has a positive effect on commercial packaging of figs and can effectively ensure the quality of fig circulation.

KEY WORDS: fig; 1-methylcyclopropylene; modified atmosphere package; storage

收稿日期: 2021-07-27

基金项目: 陕西省林业科学院科技创新计划 (SXLK2021-0238); 西北农林科技大学大学生创新训练计划 (X202010712065)

作者简介: 杜佳铭 (1998—), 女, 西北农林科技大学硕士生, 主攻果蔬贮藏与加工。

通信作者: 寇莉萍 (1972—), 女, 博士, 西北农林科技大学副教授, 主要研究方向为果蔬贮藏与加工。

无花果 (*Ficus carica* L.) 是桑科无花果属的亚热带木本植物^[1], 其糖、蛋白质、氨基酸、维生素、矿物质和粗纤维等营养物质含量丰富, 深受消费者喜爱。由于成熟无花果的果皮较薄, 容易破损, 且呼吸代谢旺盛, 果目开孔处易被微生物侵染, 鲜果易腐烂, 难保存, 在常温下放置 1~2 d 就会出现软化褐变、失水皱缩、风味下降等现象, 因此市场上常见的无花果产品多以果脯为主^[2]。

1-甲基环丙烯 (1-Methylcyclopropylene, 1-MCP) 是一种乙烯抑制剂, 在果蔬贮藏保鲜方面已有广泛应用, 其机制主要是通过抑制果蔬的呼吸作用, 并抑制乙烯与受体结合, 从而达到保护果蔬组织结构^[3-4], 延长果蔬贮藏品质等目的。目前已经有大量的研究将 1-MCP 应用在猕猴桃^[5-7]、苹果^[8-9]、水蜜桃^[10-11]、仔姜^[12-13]等果蔬贮藏上, 且保鲜效果较好。宋倩倩^[5]研究发现, 采用 1-MCP 处理猕猴桃后能显著降低其采后腐烂率, 并抑制其硬度的下降, 提高果实的贮藏性。张俊虎^[8]发现, 1-MCP 处理可以降低苹果的呼吸速率, 推迟乙烯的释放, 有效延长苹果的保鲜期。

自发气调包装 (Modified atmosphere package, MAP) 贮藏采用不同孔径和材料的包装袋对采后果蔬进行包装, 通过包装袋上的微孔调节果蔬的呼吸作用, 使贮藏期间包装袋内实现稳定的低氧环境, 从而抑制果蔬的呼吸作用, 延缓果蔬的衰老进程。另外, 包装袋透气不透水, 可聚集果蔬蒸发的水分, 达到一个高湿的微环境, 从而降低果实的质量损失, 维持果实的新鲜度, 提高其品质^[14-16]。目前 MAP 在桃^[17]、樱桃^[18-19]、豆角^[20]、番茄^[21-22]等多种果蔬的采后保鲜上都有应用, 且有一定的效果, 其中聚乙烯薄膜 (PE) 应用得最广泛。国崇文^[23]发现 PE 包装袋能使西兰花保持较好的硬度和色泽, 降低其质量损失。徐凌等^[24]发现采用 0.03 mm PE 保鲜膜能显著抑制‘早金酥’梨的呼吸速率, 减缓其硬度和感官品质的变化进程。PE 包装目前在无花果保鲜方面的研究并不多见。

文中实验采用不同含量 1-MCP 复合 PE 包装无花果, 并在低温下贮藏, 以模拟超市鲜销, 采用 1.5 $\mu\text{L/L}$ 的 1-MCP 复合 PE 在常温下贮藏无花果, 以模拟电商物流, 探究无花果鲜果的硬度、色泽、腐烂率、可溶性固形物含量和可滴定酸含量等指标的变化情况, 为解决无花果鲜果易腐问题、延长货架期和改善其物流保鲜技术提供理论依据。

1 实验

1.1 材料与仪器

主要材料: 供试无花果, 采自陕西省杨凌示范区

菲格庄园, 品种为‘波姬红’, 选择成熟度基本一致 (七成熟)、大小均匀、果面平滑、果柄新鲜完整、无病虫害、无机械损伤的无花果果实为实验材料, 采后立即包装于泡沫箱中运回西北农林科技大学食品学院保鲜实验室; 聚乙烯 (PE) 薄膜袋, 厚度为 0.05 mm, 由国家农产品保鲜工程技术研究中心 (天津) 研制生产; 1-MCP (有效质量分数为 3.3%), 购自陕西省咸阳西秦生物科技有限公司。

主要仪器: Ci7600 型色度仪, 爱色丽 (上海) 色彩科技有限公司; GY-4 型果实硬度计, 乐清市艾德堡仪器有限公司; 迷你数显折射仪, 广州市爱宕科学仪器有限公司; Check Point 3 型便携式顶空分析仪, 丹麦 PBI Dansensor 公司。

1.2 方法

1.2.1 不同含量 1-MCP 处理对采后无花果品质的影响

将新鲜无花果分为 4 组, 分别使用 1.0、1.5、2.0 $\mu\text{L/L}$ 的 1-MCP 密封处理 24 h, 以不做任何处理为对照组, 每 4 个为一组用托盘盛装, 采用厚度为 0.05 mm 的聚乙烯薄膜袋 (30 cm×30 cm) 进行密封包装, 放入 5℃冰箱中进行保存, 每 2 d 测 1 次指标。

1.2.2 室温下 1-MCP 与 MAP 复合处理对采后无花果品质的影响

将新鲜无花果分为 3 组, 按以下方式进行处理。

1) 商业包装组。对无花果不做任何处理, 置于 12 枚普通泡沫箱中, 于室温下保存。

2) MAP 组。采用商业包装无花果, 置于厚度为 0.05 mm 的聚乙烯 (PE) 薄膜袋 (65 cm×65 cm) 中, 密封后于室温下保存。

3) 1-MCP+MAP 组。称取定量的 1-MCP 粉剂溶于去离子水后迅速放入 12 枚装泡沫箱内, 使箱内含量达到 1.5 $\mu\text{L/L}$, 然后置于厚度为 0.05 mm 聚乙烯 (PE) 薄膜袋 (65 cm×65 cm) 中, 密封后于室温下保存。

1.3 指标测定和方法

1.3.1 袋内气体体积分数

在贮藏期间采用 PBI Dansensor Check point O_2/CO_2 分析仪定期测定各处理组保鲜袋内 O_2 和 CO_2 的含量, 每个处理重复 3 次实验。

1.3.2 色差

每组选 4 颗果实, 均匀选取赤道部位 3 个不同的点, 采用 Ci7600 型色度仪测定无花果的 L^* (亮度)、 a^* (红/绿)、 b^* (黄/蓝) 值。 ΔE 表示无花果色差的总体变化程度, 计算见式 (1)。

$$\Delta E = \left[(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

式中: L^* 、 a^* 、 b^* 为贮藏初始测定的值。

1.3.3 果实硬度

采用 GY-1 型手持硬度计测定果实的硬度, 每组选 4 颗果实, 均匀选取赤道部位 3 个点进行测定。

1.3.4 可溶性固形物含量

将适量样品研磨成浆, 用便携式数显折射仪测定果实的可溶性固形物含量, 每个处理重复 3 次实验。

1.3.5 可滴定酸含量

参照《果蔬采后生理生化试验指导》^[25], 用 NaOH 滴定法测定果实的可滴定酸含量。称取 10 g 果实, 匀浆定容至 100 mL, 静置 30 min 后过滤, 吸取 20 mL 滤液加入酚酞后用标定的 NaOH 溶液滴至粉红色, 且 30 s 内不褪色, 记录 NaOH 的用量。每个样品重复 3 次实验, 取其平均值。

1.3.6 腐烂指数

参考欧高政等^[26]的果实腐烂分级方法测定果实的腐烂率, 根据腐烂面积分为 5 级: 无腐烂为 0 级; 腐烂面积小于果实总面积的 10% 为 1 级; 腐烂面积占 10%~30% 为 2 级; 腐烂面积占 30%~50% 为 3 级; 腐烂面积达 50% 以上为 4 级。腐烂指数的计算见式 (2)。

$$\text{腐烂指数} = \frac{\sum (\text{腐烂级别} \times \text{该级果数})}{\text{最高腐烂级别} \times \text{果实总数}} \times 100\% \quad (2)$$

1.4 数据处理

实验数据采用方差分析, 每组实验均做 3 次平行实验, 计算平均值和标准偏差, 用 SPSS 22 软件进行统计分析。显著水平取 $P=0.05$ (差异显著) 或 $P=0.01$ (差异极其显著)。采用 Excel 软件作图。

2 结果分析

2.1 不同含量 1-MCP 处理下无花果的品质变化

2.1.1 贮藏期间包装袋内气体体积分数的变化

在贮藏期间, 不同处理对无花果包装内的氧气和二氧化碳含量影响显著 ($P < 0.05$), 见图 1—2。在整个贮藏期, 无花果不断地进行呼吸作用, 导致包装袋中的 O_2 含量逐渐降低, CO_2 含量逐渐升高, 其中以对照组变化速率最大, 其次是 2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理组; 1.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 和 1.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理组的变化速率相对较小, 贮藏结束时保持了较高的氧气含量和较低的二氧化碳含量。说明 1-MCP 处理无花果可在一定程度上抑制了果实的呼吸, 减缓了包装袋内气体体积分数的变化。

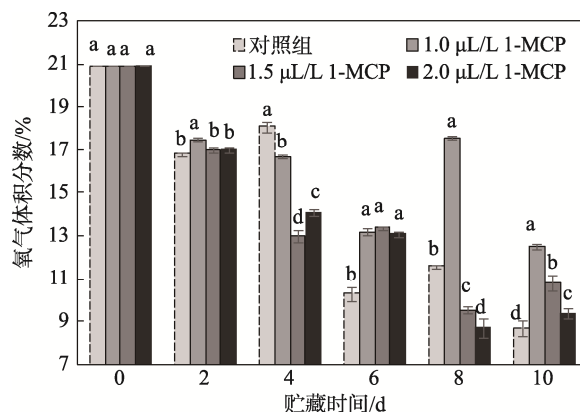


图 1 不同含量 1-MCP 处理对薄膜袋内氧气含量变化的影响

Fig.1 Effects of different concentration of 1-MCP on oxygen content in film bag

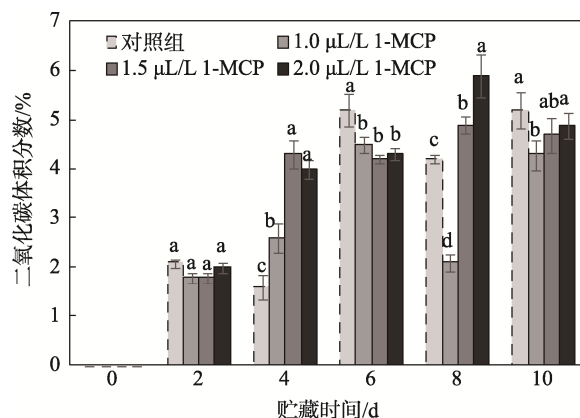


图 2 不同含量 1-MCP 处理对薄膜袋内二氧化碳含量变化的影响

Fig.2 Effects of different concentration of 1-MCP on carbon dioxide content in film bag

2.1.2 不同处理对果实色差的影响

果实色泽是影响消费者购买欲望的重要因素之一, 测定无花果色泽能从侧面反映其商品的价值。在贮藏期间, 无花果色泽的变化主要表现为颜色加深、果面失去光泽。由图 3 可知, 在贮藏期间各处理组果实的 ΔE^*_{ab} (总色差) 均随时间呈上升趋势, 1-MCP 处理组果实的总色差总是低于对照组果实, 其中以含量为 1.5 $\mu\text{L/L}$ 处理组更显著, 其上升幅度最小且在贮藏 6 d 后 ΔE^*_{ab} 值显著低于其他组 ($P < 0.05$)。说明 1.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理能有效抑制无花果色泽的变化, 保证其商品价值。

2.1.3 不同处理对果实硬度的影响

无花果硬度是反映其贮藏性能的主要指标之一, 见图 4。在贮藏期间, 各组无花果的硬度均有一定程度的下降, 但各 1-MCP 处理组果实的硬度均比对照组高, 其中以 1.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理组果实的硬度维持效果最优, 贮藏结束后其硬度下降得最少,

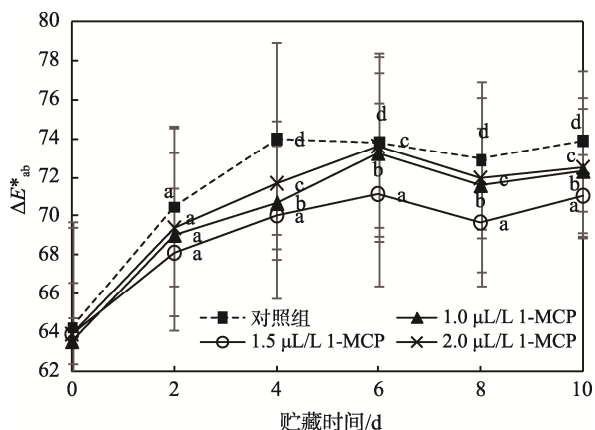


图3 不同含量 1-MCP 处理对无花果 ΔE^*_{ab} 的影响
Fig.3 Effects of different concentration of 1-MCP on ΔE^*_{ab} of figs

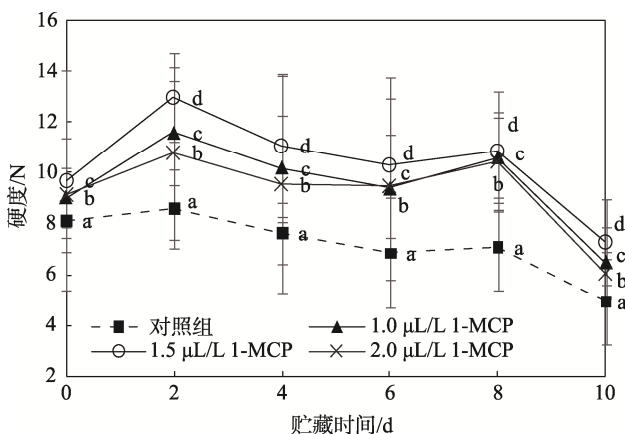


图4 不同含量 1-MCP 处理对无花果硬度的影响
Fig.4 Effects of different concentration of 1-MCP on hardness of figs

仅下降了 2.4 N,而对照组硬度下降得最大,为 3.2 N。说明 1-MCP 处理在维持果实硬度、延缓果实成熟方面具有良好的作用,且 1.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理组效果最佳。

2.1.4 不同处理对果实可溶性固形物含量的影响

可溶性固形物 (SSC) 含量能够反映果实的成熟度、风味和贮藏性能。由图 5 可知,各组无花果的可溶性固形物含量均呈先上升后下降的趋势,1.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 和 2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理组在第 2 天达到峰值,随后逐渐下降;对照组在第 6 天达到峰值,而 1.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理组在第 8 天达到峰值,其峰值小于 1.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 和 2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理组,大于对照组。马加春等^[27]对无花果的研究发现,1-MCP 可延缓无花果可溶性固形物含量的下降进程,减少果实营养物质的流失。文中研究结果表明,1.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理组最佳,能有效推迟无花果可溶性固形物峰值出现的时间,并延缓其下降进程,维持果实较好的风味。

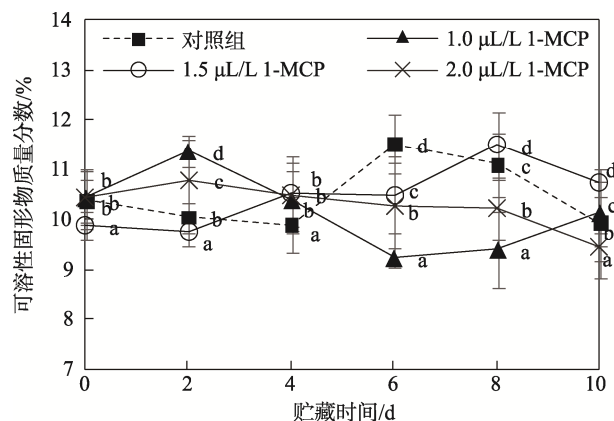


图5 不同含量 1-MCP 处理对无花果可溶性固形物含量的影响
Fig.5 Effects of different concentration of 1-MCP on soluble solid content of figs

2.1.5 不同处理对果实可滴定酸含量的影响

由图 6 可以看出,前 6 d 各组的可滴定酸 (TA) 含量变化比较平稳,之后呈现先上升后下降的趋势,在第 8 天达到峰值,1.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理组上升幅度最大,在整个贮藏阶段 1-MCP 处理组与对照组的 TA 含量均无显著差异,至第 10 天贮藏结束时各组的 TA 含量与贮藏初始时的含量相比差异较小。说明 1-MCP 对采后无花果可滴定酸含量的影响不大。

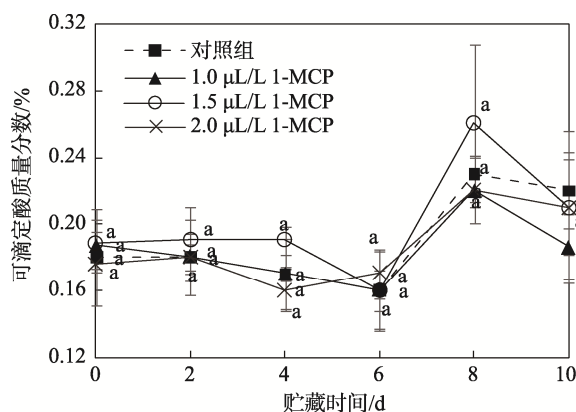


图6 不同含量 1-MCP 处理对无花果可滴定酸含量的影响
Fig.6 Effects of different concentration of 1-MCP on titratable acid content of figs

2.1.6 不同处理对果实腐烂指数的影响

无花果在保鲜过程中的腐烂状况主要表现为果目处流水,果实上划痕引发的表皮局部腐烂,花蒂四周出现极小霉菌斑等。这些腐烂现象只表现在果实表皮,并未引起内部的变质,外观不佳,但尚能食用。由图 7 可知,在整个实验中果实的腐烂指数随着贮藏期的延长而上升。从腐烂开始时间看,1.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理组和 2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理组最早开始出现腐烂

现象, 对照组较晚, 1.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理组最晚出现。就腐烂指数来看, 1.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理组和 2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理组的腐烂指数均高于对照组, 2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理组果实的腐烂指数最高, 达到 8.0%, 1.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理组腐烂指数最低, 仅为 1.8%。说明 1.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理能有效抑制无花果的腐烂, 有效延长其货架期。

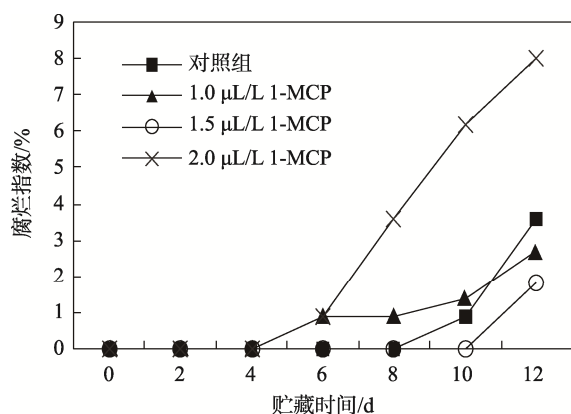


图 7 不同含量 1-MCP 处理对无花果腐烂指数的影响
Fig.7 Effects of different concentration of 1-MCP on decay index of figs

2.2 室温下自发气调包装与 1-MCP 处理对采后无花果品质的影响

2.2.1 色泽

由图 8 可知, 贮藏结束时各组 ΔE^*_{ab} (总色差) 均有一定程度的上升, 对照组上升幅度最大, 而 MAP 和 1-MCP+MAP 组变化较一致且相对平稳。整个贮藏期对照组的总色差总是大于其他处理组, MAP 组的总色差值相对大于 1-MCP+MAP 组。说明 MAP 单独处理或与 1-MCP 复合处理均有利于抑制无花果色泽的劣变, 而复合处理的效果更佳。

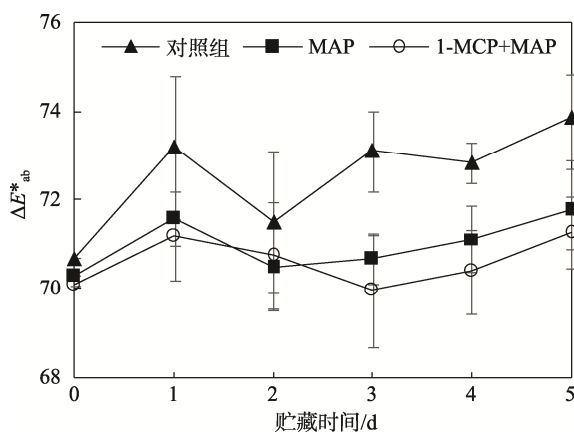


图 8 不同处理对无花果 ΔE^*_{ab} 的影响
Fig.8 Effects of different treatments on ΔE^*_{ab} of figs

2.2.2 硬度

硬度是反映果蔬贮藏品质的重要指标, 硬度维持在较高的数值上可以减少运输过程中机械伤出现的概率, 有利于无花果果实的运输。由图 9 可知, 在贮藏前期各组的硬度较为稳定, 2 d 后出现一定幅度的波动。3 组处理中, 对照组的硬度变化波动相对较大, 且在贮藏期间一直低于其他处理组; MAP 组的无花果硬度变化波动不大, 优于对照组; 1-MCP 复合 0.05 mm PE 包装组果实的硬度值在贮藏前后差异最小, 硬度维持效果最好。

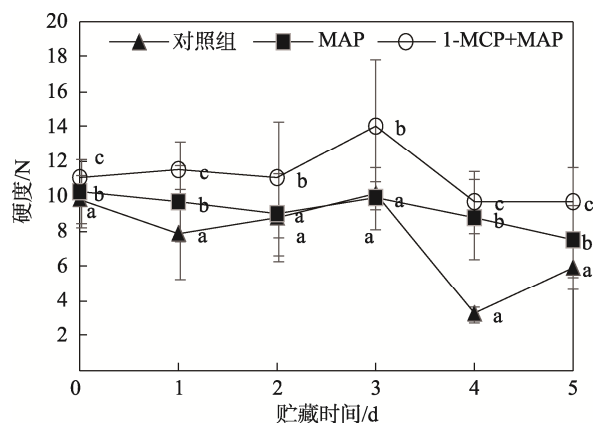


图 9 不同处理对无花果硬度的影响
Fig.9 Effects of different treatments on hardness of figs

2.2.3 可溶性固形物含量

由图 10 可以看出, 各组无花果可溶性固形物 (SSC) 含量呈现先上升后下降的趋势, 其值在 12.5%~14.5% 之间变化, 1-MCP+MAP 组的峰值出现在第 1 天, 为 14.43%; MAP 组的峰值出现在第 2 天, 为 13.82%; 对照组的峰值出现在第 4 天, 为 13.7%。贮藏前后 1-MCP+MAP 组的可溶性固形物差值小于 MAP 组和对照组, 且在贮藏的大部分时期 1-MCP+MAP 组的可溶性固形物含量都最大。说明

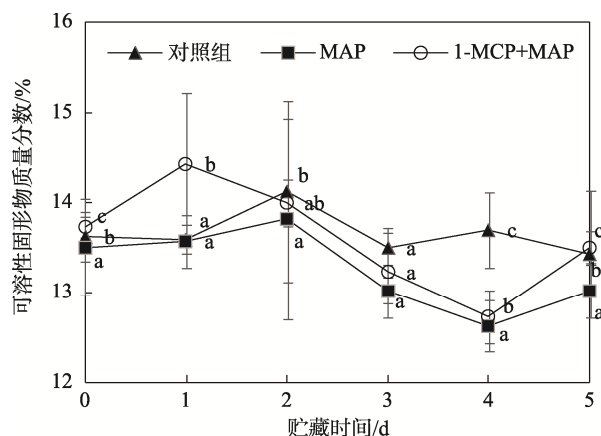


图 10 不同处理对无花果可溶性固形物含量的影响
Fig.10 Effects of different treatments on the soluble solid content of figs

1-MCP 与 MAP 复合处理能减少贮藏期间无花果可溶性固形物的损失。

2.2.4 可滴定酸含量

由图 11 可以看出, 各组的可滴定酸 (TA) 含量整体上均呈现先上升后下降的趋势, 对照组和 MAP 组的峰值出现在第 2 天, 1-MCP+MAP 组的峰值出现在第 4 天。贮藏结束后, MAP 组和 1-MCP+MAP 组无花果的可滴定酸含量值 (用质量分数表示) 与贮藏初始值相比变化较小, 分别为 0.02% 和 0.01%; 对照组贮藏前后的值变化了 0.07%。说明 MAP 单独处理及与 1-MCP 复合处理可在小范围内减缓可滴定酸含量的变化。

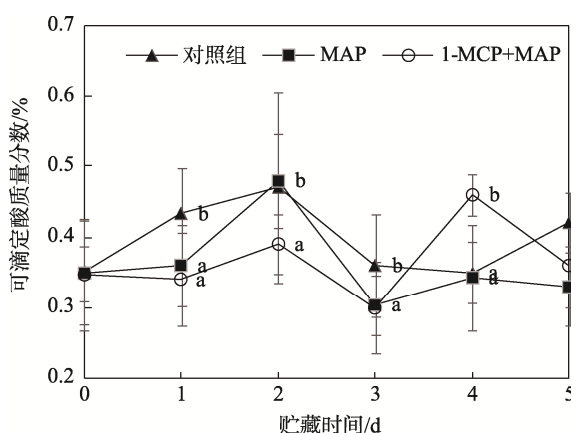


图 11 不同处理对果实可滴定酸含量的影响
Fig.11 Effects of different treatments on titratable acid content of figs

3 结语

在参考前人研究的基础上, 探究了不同含量 1-MCP (1.0、1.5、2.0 $\mu\text{L/L}$) 结合 0.05 mm PE 包装膜在 $(5\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 条件下对无花果贮藏品质的影响。结果表明, 1-MCP 处理能够降低无花果在整个贮藏期的呼吸速率, 抑制包装袋内气体体积分数的变化, 维持较好的色泽和硬度, 延迟腐烂出现时间, 降低腐烂率, 有效提高了无花果的贮藏品质, 其中以 1.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理效果最好。另外, 1.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理对无花果的可溶性固形物、可滴定酸的转化降解也有一定的抑制作用, 而 1.0 $\mu\text{L/L}$ 和 2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理的抑制效果较差。

文中实验还探究了室温下, 采用单独商业包装, 外套 0.05 mm PE 薄膜袋与 1.5 $\mu\text{L/L}$ 的 1-MCP 熏蒸处理, 以及外套 0.05 mm PE 薄膜袋等 3 种处理方式对无花果贮藏品质的影响。结果显示, 无论是单独外套 PE 薄膜袋还是与 1.5 $\mu\text{L/L}$ 的 1-MCP 复合处理, 均可有效抑制无花果贮藏期间色泽的劣变和果实硬度的下降, 并抑制可溶性固形物和可滴定酸的转化降解, 维持较好的感官品质。复合处理对商业包装

无花果的保鲜效果更佳, 更利于维持运输中无花果果实的品质。

对比 $(5\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 环境下薄膜袋装保存的无花果和常温下薄膜袋装保存的无花果可以发现, 低温更有利于延长果实的保鲜期, 维持果实品质的稳定。

参考文献:

- [1] 王玉玲, 潘一山, 李晔. 波姬红无花果果干制作方法筛选[J]. 福建热作科技, 2017, 42(1): 1-5.
WANG Yu-ling, PAN Yi-shan, LI Ye. Screening of Preparation Methods of Poji Red Fig Stem[J]. Fujian Science & Technology of Tropical Crops, 2017, 42(1): 1-5.
- [2] 姬长新, 马骏, 关文强, 等. 无花果贮藏保鲜技术[J]. 保鲜与加工, 2007, 7(6): 53.
JI Chang-xin, MA Jun, GUAN Wen-qiang, et al. Storage and Preservation Technology of Fig[J]. Storage & Process, 2007, 7(6): 53.
- [3] 颜道民, 尹金晶, 唐晋文, 等. 鲜食无花果贮藏保鲜技术研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(9): 2462-2467.
YAN Dao-min, YIN Jin-jing, TANG Jin-wen, et al. Research Advances on Storage and Fresh-Keeping Technology of Fresh Ficus Carica[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2019, 10(9): 2462-2467.
- [4] WASALA W M C B, BENARAGAMA C K, KUMARA G D K, et al. Application of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) for Delaying the Ripening of Banana: A Review[J]. Asian Research Journal of Agriculture, 2021, 14(1): 44-56.
- [5] 宋倩倩. 1-MCP 处理对猕猴桃采后果实品质及乙醇和 GABA 代谢的影响[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2019: 24-60.
SONG Qian-qian. Effects of 1-MCP Treatment on Fruit Quality Associated with Ethanol Metabolism and GABA-Shunt in Kiwifruit during Storage at Room Temperature[D]. Hangzhou: Zhejiang Gongshang University, 2019: 24-60.
- [6] PARK Y S, IM M H, GORINSTEIN S. Shelf Life Extension and Antioxidant Activity of 'Hayward' Kiwi Fruit as a Result of Prestorage Conditioning and 1-Methylcyclopropene Treatment[J]. Journal of Food Science and Technology, 2015, 52(5): 2711-2720.
- [7] ZHANG Yan, WANG Kang, XIAO Xiang, et al. Effect of 1-MCP on the Regulation Processes Involved in Ascorbate Metabolism in Kiwifruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2021, 179: 111563.
- [8] 张俊虎. 1-MCP 处理对苹果后熟衰老过程中 SOD 家族基因表达的影响[D]. 锦州: 渤海大学, 2020: 33-41.
ZHANG Jun-hu. Effects of 1-MCP Treatment on the Expression of SOD Gene Families during Ripening and Senescence of Apple Fruit[D]. Jinzhou: Bohai University, 2020: 33-41.
- [9] WIN N M, YOO J, NAING A H, et al. 1-Methylcyclopropene (1-MCP) Treatment Delays

- Modification of Cell Wall Pectin and Fruit Softening in "Hwangok" and "Picnic" Apples during Cold Storage[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2021, 180: 111599.
- [10] JIN Peng, SHANG Hai-tao, CHEN Jing-jing, et al. Effect of 1-Methylcyclopropene on Chilling Injury and Quality of Peach Fruit during Cold Storage[J]. *Journal of Food Science*, 2011, 76(8): 485-491.
- [11] 俞静芬, 卢宇广, 尚海涛, 等. 微孔膜结合 1-MCP 对水蜜桃果实品质的影响研究[J]. *农产品加工*, 2021(6): 26-28.
- YU Jing-fen, LU Yu-guang, SHANG Hai-tao, et al. Effect of Preservative Film Combined with 1-Methylcyclopropene on Quality of Nectarine[J]. *Farm Products Processing*, 2021(6): 26-28.
- [12] 杜美军, 张鲜桃, 刘震远, 等. 1-MCP 与脉冲重硫联合调控四川仔姜保鲜效果研究[J]. *中国调味品*, 2021, 46(3): 7-10.
- DU Mei-jun, ZHANG Xian-tao, LIU Zhen-yuan, et al. Research on the Effect of 1-MCP and Pulse Sulfur Fumigation on the Preservation of Sichuan Tender Ginger[J]. *China Condiment*, 2021, 46(3): 7-10.
- [13] LYU Jing-yi, BAI Lin, HAN Xu-zhou, et al. Effects of 1-MCP Treatment on Sprouting and Preservation of Ginger Rhizomes during Storage at Room Temperature[J]. *Food Chemistry*, 2021, 349: 129004.
- [14] 申文赞, 徐碧媛, 宋健坤, 等. 自发气调包装和 1-MCP 处理对无花果(*Ficus carica* L)果实低温贮藏保鲜效果的影响[J]. *青岛农业大学学报(自然科学版)*, 2019, 36(3): 164-170.
- SHEN Wen-yun, XU Bi-yuan, SONG Jian-kun, et al. Modified Atmosphere Packaging and 1-MCP Treatment on Keeping Fig(*Ficus Carica* L)Fruit Fresh in Cold Storage[J]. *Journal of Qingdao Agricultural University (Natural Science)*, 2019, 36(3): 164-170.
- [15] HAN L, BOEHM D, AMIAS E, et al. Atmospheric Cold Plasma Interactions with Modified Atmosphere Packaging Inducer Gases for Safe Food Preservation[J]. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2016, 38: 384-392.
- [16] WEI Wen-wen, LYU Ping, XIA Qiao-ping, et al. Fresh-Keeping Effects of Three Types of Modified Atmosphere Packaging of Pine-Mushrooms[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2017, 132: 62-70.
- [17] AKBUDAK B, ERIS A. Physical and Chemical Changes in Peaches and Nectarines during the Modified Atmosphere Storage[J]. *Food Control*, 2004, 15(4): 307-313.
- [18] ÖZTÜRK B, AĞLAR E. Effects of Modified Atmosphere Packaging (MAP) and Aloe Vera Treatments on Quality Characteristics of Cornelian Cherry Fruits during Cold Storage[J]. *Akademik Ziraat Dergisi*, 2019(1): 1-8.
- [19] SERRADILLA M J, FALAGÁN N, BOHMER B, et al. The Role of Ethylene and 1-MCP in Early-Season Sweet Cherry 'Burlat' Storage Life[J]. *Scientia Horticulturae*, 2019, 258: 108787.
- [20] 张曼. 油豆角低温气调保鲜技术研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2013: 33-39.
- ZHANG Man. Research of Low Temperature and Controlled Atmosphere Storage Technology on SNAP Bean[D]. Tianjin: Tianjin University of Science & Technology, 2013: 33-39.
- [21] OLIVEIRA-BOUZAS V, PITA-CALVO C, LOURDES VÁZQUEZ-ODÉRIZ M, et al. Evaluation of a Modified Atmosphere Packaging System in Pallets to Extend the Shelf-Life of the Stored Tomato at Cooling Temperature[J]. *Food Chemistry*, 2021, 364: 130309.
- [22] FAGUNDES C, MORAES K, PÉREZ-GAGO M B, et al. Effect of Active Modified Atmosphere and Cold Storage on the Postharvest Quality of Cherry Tomatoes[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2015, 109: 73-81.
- [23] 国崇文. 1-MCP、生物保鲜剂结合 PE 包装对西兰花贮藏品质的影响[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2018: 38-46.
- GUO Chong-wen. Effects of 1-MCP, Biological Preservatives and PE Packaging on Storage Quality of Broccoli[D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2018: 38-46.
- [24] 徐凌, 张广燕, 李晗, 等. 不同厚度 PE 保鲜膜包装对 '早金酥' 梨果实品质和贮藏性的影响[J]. *中国果树*, 2020(4): 41-44.
- XU Ling, ZHANG Guang-yan, LI Han, et al. Effects of Different Thickness of PE Film on Fruit Quality and Storage of 'Zaojinsu' Pear[J]. *China Fruits*, 2020(4): 41-44.
- [25] 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: 34-35.
- CAO Jian-kang, JIANG Wei-bo, ZHAO Yu-mei. Guidance on Postharvest Physiological and Biochemical Experiments of Fruits and Vegetables[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007: 34-35.
- [26] 欧高政, 袁亚芳, 张盛旺, 等. 不同处理对无花果保鲜效果的研究[J]. *安徽农业科学*, 2010, 38(34): 19575-19576.
- OU Gao-zheng, YUAN Ya-fang, ZHANG Sheng-wang, et al. Study on Fresh Keeping Effect of Different Treatments on Ficus Carica L[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2010, 38(34): 19575-19576.
- [27] 马加春, 杨达, 李东立, 等. 功能集成包装在常温下无花果保鲜中的应用[J]. *食品科技*, 2019, 44(2): 64-70.
- MA Jia-chun, YANG Da, LI Dong-li, et al. Application of Function Integrated Fresh-Keeping Package on Preservation of Figs at Room Temperature[J]. *Food Science and Technology*, 2019, 44(2): 64-70.