

1-MCP 结合乙烯吸收剂对软枣猕猴桃贮藏品质的影响

张鹏^{1,2}, 陈曦冉³, 贾晓昱^{1,2}, 蒋兴祥⁴, 李江阔^{1,2}, 易定财⁵, 曹玲⁶

(1.天津市农业科学院 农产品保鲜与加工技术研究所, 天津 300384; 2.国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津), 农业农村部农产品贮藏保鲜重点实验室, 天津市农产品采后生理与贮藏保鲜重点实验室, 天津 300384; 3.沈阳农业大学 食品学院, 沈阳 110866; 4.云南建投物流有限公司, 昆明 650500; 5.深圳顺丰冷链有限公司, 广州 深圳, 518061; 6.陕西华圣现代农业集团有限公司, 西安 710021)

摘要: **目的** 研究 1-甲基环丙烯(1-MCP)和乙烯吸收剂(EA)对软枣猕猴桃的保鲜效果。**方法** 以“龙成二号”软枣猕猴桃为实验试材, 采用 EA、1-MCP、1-MCP+EA 处理果实。在低温(-0.8~-0.2℃)条件下贮藏, 研究软枣猕猴桃在贮藏 60 d 内营养品质、硬度、叶绿素、生理指标、总酚及过氧化物酶(POD)的变化情况。**结果** 相较 CK 组, 处理组均有利于维持果实贮藏品质, 其中 1-MCP+EA 组保鲜效果最优, 可延缓可溶性固形物(TSS)的升高, 抑制可滴定酸(TA)、可溶性蛋白、硬度、叶绿素的下降, 在 60 d 时 V_C 质量分数为 548.55 $\mu\text{g/g}$, 并且降低呼吸强度和乙烯生成速率高峰, 贮藏结束时总酚质量分数提高至 47.9 $\mu\text{g/g}$, 保持 POD 活性。通过 SPSS 分析, 综合得分从大到小为 1-MCP+EA 组、1-MCP 组、EA 组、CK 组, 说明 1-MCP 和 EA 结合使用效果优于单一处理。**结论** 1-MCP 结合 EA 处理可抑制果实生理活性, 利于维持贮藏期品质, 保持较好的质地和色泽, 保鲜效果最好。

关键词: 软枣猕猴桃; 1-甲基环丙烯; 乙烯吸收剂; 贮藏品质

中图分类号: TS206.4 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2022)21-0017-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.21.003

Effects of 1-MCP Combined with Ethylene Absorbent on Storage Quality of *Actinidia arguta*

ZHANG Peng^{1,2}, CHEN Xi-ran³, JIA Xiao-yu^{1,2}, JIANG Xing-xiang⁴, LI Jiang-kuo^{1,2},
YI Ding-cai⁵, CAO Ling⁶

(1. Institute of Agricultural Products Preservation and Processing Technology, Tianjin Academy of Agricultural Sciences, Tianjin 300384, China; 2. Tianjin Key Laboratory of Postharvest Physiology and Storage of Agricultural Products, Key Laboratory of Storage of Agricultural Products of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs, National Engineering and Technology Research Center for Preservation of Agricultural Products (Tianjin), Tianjin 300384, China; 3. School of Food Science, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China; 4. Yunnan Jiantou Logistics Co., Ltd., Kunming 650500, China; 5. Shenzhen SF Cold Chain Co., Ltd., Guangdong Shenzhen 518061, China; 6. Shaanxi Huasheng Modern Agriculture Group Co., Ltd., Xi'an 710021, China)

ABSTRACT: The work aims to study the fresh-keeping effects of 1-methylcyclopropene (1-MCP) and ethylene absorbent (EA) on *Actinidia arguta*. "Longcheng No.2" *Actinidia arguta* was used as experimental material and treated with EA,

收稿日期: 2022-05-07

基金项目: 兵团重点领域科技攻关项目(2019AB024)

作者简介: 张鹏(1981—), 女, 博士后, 副研究员, 主要研究方向为果蔬贮藏保鲜。

通信作者: 李江阔(1974—), 男, 博士后, 研究员, 主要研究方向为农产品安全与果蔬贮藏保鲜新技术。

1-MCP and 1-MCP+EA. Under the storage conditions of low temperature ($-0.8\sim-0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$), the changes of nutritional quality, hardness, chlorophyll, physiological indexes, total phenol and peroxidase (POD) of *Actinidia arguta* were studied after 60 days of storage. Compared with the CK group, the treatment groups were beneficial to maintaining fruit storage quality, and the 1-MCP+EA group had the best fresh-keeping effect, which could slow down the increase of total soluble solids (TSS) and inhibit the decrease of titratable acid (TA), soluble protein, hardness and chlorophyll. On the 60th day, the mass fraction of V_C content was $548.55\text{ }\mu\text{g/g}$ and fruit respiration intensity and ethylene production rate peak were reduced. At the end of storage, the total phenol mass fraction increased to $47.9\text{ }\mu\text{g/g}$, maintaining POD activity. Through SPSS analysis, the comprehensive score was in the order of 1-MCP+EA group > 1-MCP group > EA group > CK group, indicating that the effect of 1-MCP combined with EA was better than that of single treatment. 1-MCP combined with EA treatment can inhibit the physiological activity of fruits, help to maintain the quality of fruits during storage period, keep good hardness and color and have the best fresh-keeping effect.

KEY WORDS: *Actinidia arguta*; 1-methylcyclopropene; ethylene absorbent; storage quality

软枣猕猴桃 (*Actinidia arguta*) 广泛分布于我国东北、华北等地, 其果实形状多为圆柱或球形, 表面光滑, 整颗可全部食用^[1-2]。软枣猕猴桃作为一类新兴的高值浆果, 富含多种矿物质、多糖、氨基酸等有益营养物质^[3-5]。其营养丰富、味美多汁、酸甜适口, 受到广大消费者的青睐, 但其在采后贮运阶段不耐贮藏、易软化腐败、品质降低, 造成商品性下降, 为了满足消费市场的需求, 需要提供更加方便有效的保鲜手段。

1-甲基环丙烯 (1-methylcyclopropene, 1-MCP) 是一种含双键的环状碳氢化合物, 可以优先与乙烯受体结合, 从而阻碍生理效应, 抑制衰老进程^[6-7], 通常与低温结合使用, 可提高保鲜效果。乙烯吸收剂 (Ethylene Absorbent, EA) 其成分主要为高锰酸钾, 可有效吸收果蔬在保鲜贮运过程中释放的乙烯^[8], 抑制植物内源乙烯的生成, 进而达到延长贮藏期的目的。研究表明, 1-MCP 与 EA 结合使用具有协同作用, 可有效保持水蜜桃^[9]、番茄^[10]、甜柿^[11]、甜瓜^[12]、猕猴桃^[13]等水果贮藏期营养品质, 降低呼吸强度, 延缓衰老。

该实验以“龙成二号”软枣猕猴桃为实验试材, 探究 1-MCP 和 EA 结合使用对维持软枣猕猴桃贮藏品质的影响, 为软枣猕猴桃商品化发展提供理论依据与数据支撑。

1 实验

1.1 材料与试剂

主要材料: 以“龙成二号”软枣猕猴桃为试材, 产自辽宁省丹东市; 保鲜箱 (长度为 280 mm、宽度为 220 mm、高度为 120 mm)、小篮 (长度为 175 mm、宽度为 100 mm、高度为 110 mm), 宁波国嘉农产品保鲜包装技术有限公司; 聚乙烯 (Polyethylene, PE) 袋 (长度为 350 mm、宽度为 450 mm, 厚度为 $34\text{ }\mu\text{m}$)、精准温控箱 (长度为 595 mm、宽度为 400 mm、高度

为 250 mm, 壁厚为 30 mm)、1-MCP 便携包和 EA 便携包, 由国家农产品保鲜工程技术研究中心 (天津) 提供, 蓄冷剂 (长度为 168 mm、宽度为 80 mm、高度为 20 mm), 迪塞尔商贸公司。

主要试剂: 氢氧化钠、草酸、EDTA、偏磷酸、钼酸铵、福林酚、考马斯亮蓝, 天津市江天化工有限公司; 无水乙醇、无水甲醇、醋酸、硫酸、磷酸, 天津市大茂化学试剂厂。

1.2 仪器与设备

主要仪器和设备: PAL-1 型便携式手持折光仪, 日本爱宕公司; Sigma3-30K 型高速冷冻离心机, 德国 SIGMA 离心机有限公司; F-900 型便携式乙烯分析仪, 美国 FELIX 仪器公司; Synergy H1 型全功能微孔板检测酶标仪, 美国伯腾仪器有限公司; TA.XT.Plus 型物性仪, 英国 SMS 公司; Check PiontII 型便携式测氧仪, 丹麦 Dansensor 公司; 916Ti-Touch 型电位滴定仪, 瑞士万通中国有限公司。

1.3 样品处理方法

果实采摘后装入保鲜箱 (每箱 2 个小篮, 每小篮 1.2 kg), 实验分为 2 组, 一组每箱放入 1 袋蒸馏水浸湿的 1-MCP 便携包 (理论浓度为 $1.0\text{ }\mu\text{L/L}$), 为 1-MCP 组, 另一组不加入 1-MCP 便携包为 CK, 采用冷链物流车 ($0\sim4\text{ }^{\circ}\text{C}$) 3 d 内运回实验室, 从保鲜箱中将小篮取出, 冷库 ($-0.8\sim-0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$) 内充分预冷后, 分为以下 4 个处理: CK 组每个小篮直接放入 1 个 PE 袋内扎口, 记作 CK; CK 组每个小篮放入 1 个 PE 袋后, 再加入 1 小包 EA 便携包, 记作 EA; 1-MCP 组每个小篮直接放入 1 个 PE 袋内扎口, 记作 1-MCP; 1-MCP 组每个小篮放入 1 个 PE 袋后, 再加入 1 小包 EA 便携包, 记作 1-MCP+EA。处理后将 PE 袋扎口, 再放入带有蓄冷剂的精准温控箱内, 冷库内贮藏 60 d, 每 15 d 每个处理各取 3 篮果实测定相关指标。

1.4 测定指标

1.4.1 TSS、TA、V_C和可溶性蛋白含量的测定

可溶性固形物 (Total Soluble Solids, TSS): 取果实匀浆纱布过滤后, 采用 PAL-1 型便携式手持折光仪测定; 可滴定酸 (Titrable Acid, TA): 参照李文生等^[14]电位滴定法测定; 维生素 C (Vitamin C, V_C): 参照李军^[15]钼蓝比色法测定; 可溶性蛋白: 参照曹建康等^[16]考马斯亮蓝染色法测定。

1.4.2 硬度的测定

采用穿刺法进行测定, 每次实验每个处理取 8 个 (单果质量约为 25 g) 果实, 测定部位为果实胴部, 探头的型号为 P/2, 测试深度为 10 mm, 最小感知力为 5 g。

1.4.3 叶绿素含量的测定

参考李合生^[17]的方法制取叶绿素提取液, 取 1.0 g 果实匀浆, 加入 10 mL 95%乙醇溶液, 暗处提取 24 h 后进行测定。

1.4.4 呼吸强度及乙烯生成速率的测定

取 6 个果实 (质量约为 160 g) 采用静置法测定呼吸强度^[18], 乙烯生成速率参考张鹏等^[19]方法进行测定。

1.4.5 总酚含量及过氧化物酶 (Peroxidase, POD) 活性的测定

采用 FoLin-Ciocalteu 法^[20]测定总酚含量, 愈创木酚法^[16]测定 POD 活性。

1.5 数据处理

测试的数据采用 Excel 2010 软件进行统计与作图, 每个指标至少设计 3 次生物学重复, 利用 SPSS 19.0 软件进行差异显著性分析 ($P < 0.05$ 表示差异显著) 和综合评分。

2 结果与分析

2.1 1-MCP 结合 EA 对软枣猕猴桃营养指标的影响

由软枣猕猴桃贮藏期营养品质变化可以看出, CK 组贮藏 30 d 时 TSS 含量率先达到峰值 12.53%, 随后伴随着时间的延长开始下降; EA、1-MCP、1-MCP+EA 组在整个贮藏期 TSS 含量持续升高, 其中 EA 组上升幅度最大, 其次为 1-MCP 组, 1-MCP+EA 组上升幅度最小, 贮藏结束时 3 组质量分数分别较 0 d 升高了 6.25%、5.29%、4.79%, 说明这 3 组处理均可抑制果实 TSS 含量的升高, 延缓衰老的发生, 1-MCP+EA 组处理效果最佳。

TA 决定果实的酸度, 同时也为果实生理代谢提供能量。如图 1b 所示, 软枣猕猴桃 TA 含量表现为逐渐下降的趋势, 贮藏 15 d 时 EA 和 1-MCP+EA 组

下降速度较快, 后期下降幅度逐渐趋于稳定, 至贮藏结束时各组 TA 含量从大到小排序为 1-MCP+EA 组、1-MCP 组、EA 组、CK 组, 处理组均可较好地维持果实 TA 含量, 1-MCP 结合 EA 处理保鲜效果优于单一使用的处理组。

软枣猕猴桃被誉为“水果之王”其 V_C 含量远高于普通水果, 有研究表明其含量为苹果的 80 倍^[21]。0 d 时果实的 V_C 含量为 511.85 $\mu\text{g/g}$, 伴随贮藏时间的延长其含量表现为先升高再下降, 其中 CK、EA 组 30 d 时 V_C 含量开始下降, 而 1-MCP 和 1-MCP+EA 组在贮藏 45 d 时才开始出现下降; 此外在贮藏中后期 1-MCP+EA 组 V_C 含量显著 ($P < 0.05$) 高于其他 3 组, 60 d 1-MCP+EA 组 V_C 质量分数最高为 548.55 $\mu\text{g/g}$, 说明 1-MCP 结合 EA 可有效保持果实 V_C 含量。

可溶性蛋白不仅作为果蔬的营养物质, 同时还参与生理代谢活动, 与生长发育、成熟衰老密切相关^[22]。CK 组在贮藏 15 d 时可溶性蛋白含量出现峰值, 显著 ($P < 0.05$) 高于其他组, 随后开始出现下降, 末期的 CK、EA、1-MCP、1-MCP+EA 组, 分别较 0 d 下降 0.11、0.10、0.08 和 0.07 mg/g , CK 组下降幅度最大, 1-MCP+EA 组下降幅度最小。由此可以说明, 1-MCP+EA 结合使用对于保持可溶性蛋白效果最好。

2.2 1-MCP 结合 EA 对软枣猕猴桃硬度的影响

果实采后极易软化腐败, 缩短贮藏期, 硬度可作为判断软枣猕猴桃品质的重要指标。果皮强度表现为逐渐下降, 其中 CK 组下降幅度最大, 末期果实出现较为明显的软化现象, 1-MCP 组较 EA 组可以较好地保持果皮强度, 而 1-MCP+EA 组效果优于这 2 组, 末期果皮强度为 741.47 g, 分别为此时 CK、EA、1-MCP 组的 1.53 倍、1.21 倍、1.05 倍。与果皮强度相同, 果肉平均硬度也表现为逐渐下降, 初期果肉平均硬度为 470.33 g, 至末期 CK、EA、1-MCP、1-MCP+EA 组分别下降至 242.59、304.63、353.18、370.73 g, 1-MCP+EA 组显著 ($P < 0.05$) 高于其他组。综上 EA 和 1-MCP 对维持果实硬度均具有积极意义, 1-MCP+EA 组优于 1-MCP 组优于 EA 组。

2.3 1-MCP 结合 EA 对软枣猕猴桃叶绿素含量的影响

叶绿素的参与使软枣猕猴桃果实表现为翠绿色, 在果实的成熟软化过程中, 叶绿素受到破坏, 降解为无色产物, 绿色消失^[23]。图 3a 为软枣猕猴桃叶绿素 a 含量的变化情况, 如图所示, CK 组果组织中叶绿素 a 含量在贮藏期间逐渐升高达到峰值后开始出现下降, 说明该组果实成熟速度较快果实绿色加重, 但在后期由于其率先进入衰老, 细胞组织凋亡, 叶绿素含量下降加快, 末期时质量分数仅为 12.17 mg/g ; EA

组与CK组变化趋势相近,在贮藏45 d时EA组叶绿素a含量达到最大,随后开始出现大幅度下降,60 d时其质量分数仅为13.60 mg/g;1-MCP与1-MCP+EA组在贮藏前期叶绿素a含量上升幅度较小且1-MCP组>1-MCP+EA组,直至贮藏末期1-MCP+EA组含量达到峰值,高于1-MCP组,但2组间差异较小。

图3b为软枣猕猴桃叶绿素b含量变化情况,其含量表现为先升高再下降趋势,贮藏末期1-MCP+EA组叶绿素b含量保留最好,显著($P<0.05$)高于其他处理组,CK组含量最低消耗最快。综上说明1-MCP+EA组可维持果实叶绿素含量,利于保持果实新鲜的色泽。

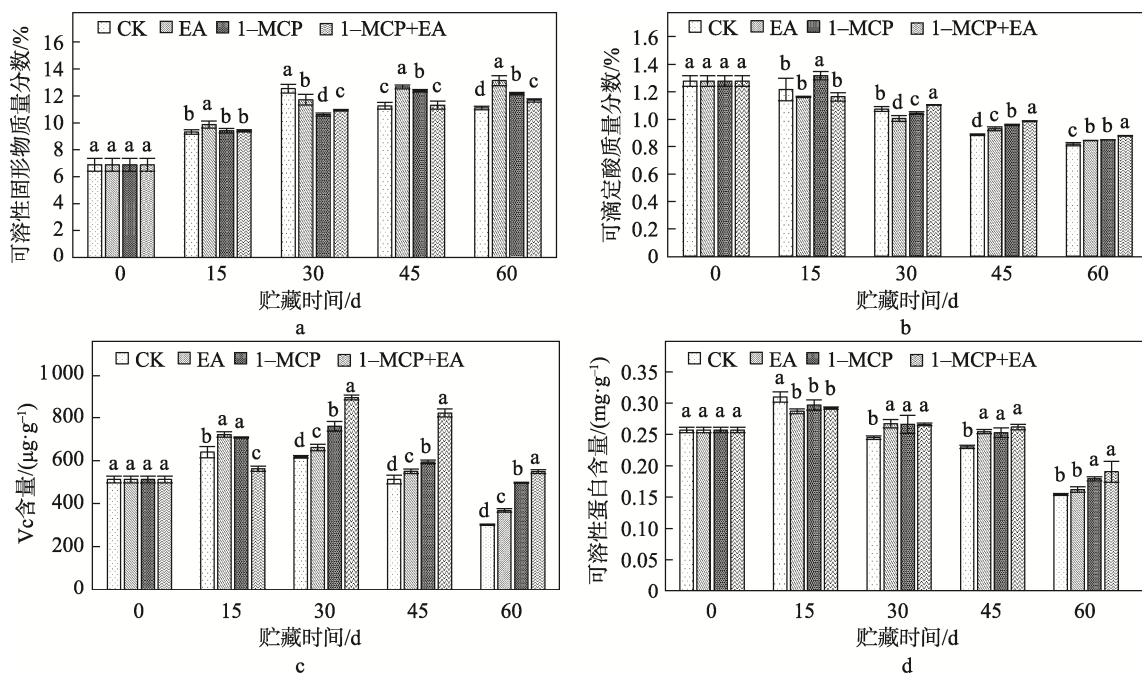


图1 1-MCP结合EA对软枣猕猴桃TSS、TA、Vc、可溶性蛋白含量的影响

Fig.1 Effects of 1-MCP combined with EA on TSS, TA, Vc and soluble protein contents of *Actinidia arguta*

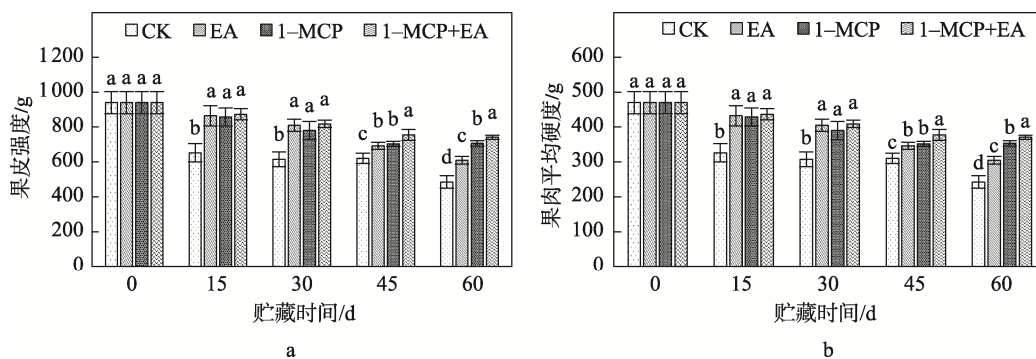


图2 1-MCP结合EA对软枣猕猴桃硬度的影响

Fig.2 Effects of 1-MCP combined with EA on the hardness of *Actinidia arguta*

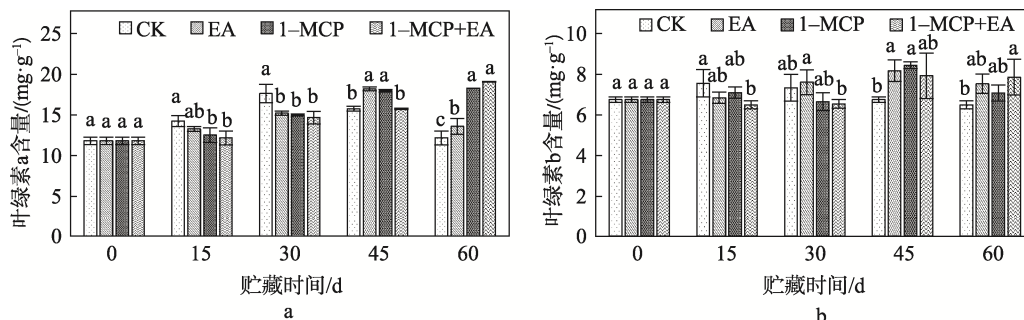


图3 1-MCP结合EA对软枣猕猴桃叶绿素含量的影响

Fig.3 Effects of 1-MCP combined with EA on chlorophyll content of *Actinidia arguta*

2.4 1-MCP 结合 EA 对软枣猕猴桃生理指标的影响

贮藏期间软枣猕猴桃呼吸强度的变化见图 4a。由图 4a 可知, 各组果实在贮藏 15 d 时呼吸强度达到最大值, 较贮藏初期 CK、EA、1-MCP、1-MCP+EA 组分别升高 42.46、37.67、28.66、28.00 $\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ 、1-MCP+EA 组显著 ($P < 0.05$) 低于同期其他组。说明 1-MCP+EA 组可以有效抑制果实呼吸, 而 CK 组仍然进行着较为活跃的呼吸作用。

乙烯释放速率是反映果蔬采后生理代谢水平的重要指标^[24], 由图 4b 可知果实乙烯生成速率在 0~45 d 期间逐渐升高, 达到高峰时 CK 组较 0 d 乙烯生成速率上升 3.07 $\mu\text{L}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ 、EA 组上升 2.64 $\mu\text{L}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ 、1-MCP 组上升 2.16 $\mu\text{L}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ 、1-MCP+EA 组上升 1.48 $\mu\text{L}/(\text{kg}\cdot\text{h})$, 其中 CK 组升高明显, 1-MCP+EA 组上升幅度最小。综上, 处理组均可降低软枣猕猴桃的乙烯释放速率, 而 1-MCP 与 EA 结合使用效果更优, 对抑制果实生理代谢更加有效。

2.5 1-MCP 结合 EA 对软枣猕猴桃总酚、POD 的影响

酚类物质为果蔬自身代谢次生产物, 与自身氧化褐变有关^[25]。由图 5a 可知, 随着贮藏时间的延长,

软枣猕猴桃的总酚含量呈现出先升高再下降的趋势, 贮藏期间 CK 和 EA 组上升速度较快, 30 d 时 1-MCP+EA 组增加较快且含量最高, 45 d 时达到最大值, 60 d 其含量为 47.90 $\mu\text{g}/\text{g}$ 是初期的 1.25 倍, 比 60 d CK 组高 365.05%, EA 组高 36.47%, 1-MCP 组高 24.74%, 1-MCP+EA 组中酚类含量较高, 与 0 d 果实风味相似, 略带酸涩, 可能是该组中绿原酸、花青素含量较高所引起的^[26]。

POD 是果蔬体内的一类呼吸酶, 与酚类物质代谢密切相关^[27]。由图 5b 所示, 软枣猕猴桃果实 POD 活性表现为先升高再下降, 1-MCP+EA 组在整个贮藏期活性均显著 ($P < 0.05$) 高于其他组; 15 d 时果实的 POD 活性达到最大, 随后其活性开始下降; 其中 1-MCP+EA 组活性最高为 0.83 U/g , 比 CK 组高 36.07%, 比 EA 组高 16.90%, 比 1-MCP 组高 18.57%; 综上说明, 1-MCP+EA 组可以较好地保持果实中 POD 活性。

2.6 软枣猕猴桃贮藏品质综合评分

利用软枣猕猴桃贮藏期间测定的果实营养指标、硬度、生理指标、叶绿素 a、叶绿素 b、总酚、POD 进行数据分析, 主成分特征值及贡献率见表 1。由表 1 可知, 拟合出 3 个主成分, 累计贡献率为 86.619%, 可以充分反应原始数据的基本信息。

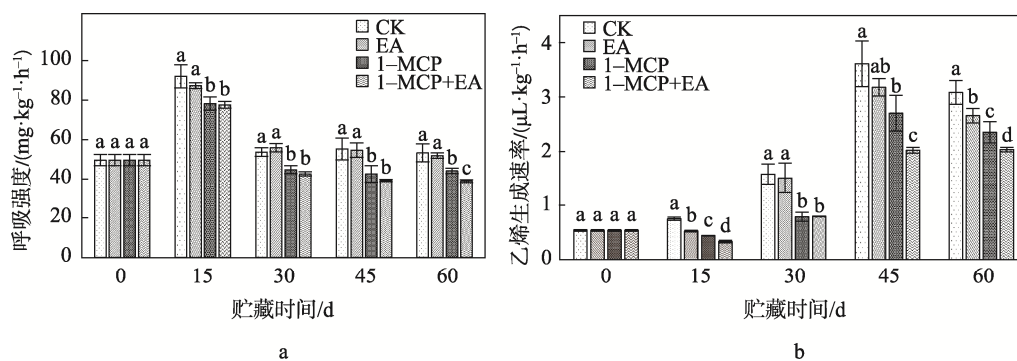


图 4 1-MCP 结合 EA 对软枣猕猴桃呼吸强度及乙烯生成速率的影响

Fig.4 Effects of 1-MCP combined with EA on respiration intensity and ethylene production rate of *Actinidia arguta*

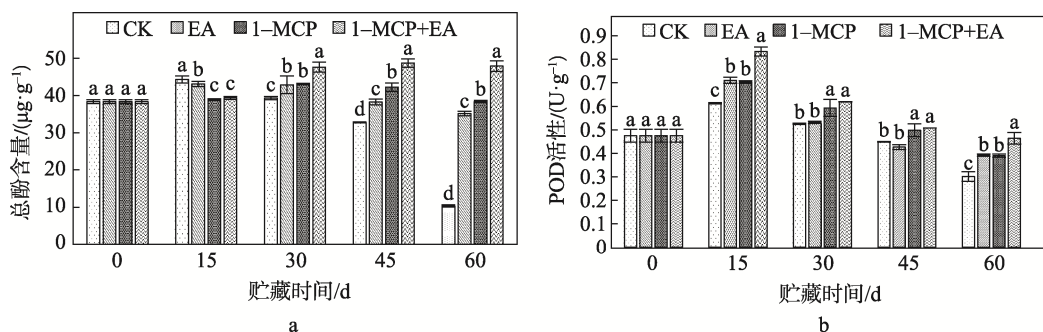


图 5 1-MCP 结合 EA 对软枣猕猴桃总酚和 POD 活性的影响

Fig.5 Effects of 1-MCP combined with EA on total phenol and POD activity of *Actinidia arguta*

表 1 不同主成分下的累计贡献率变化
Tab.1 Change of cumulative contribution rate under different principal components

主成分	特征值	贡献率/%	累计贡献率/%
1	6.255	52.122	52.122
2	2.669	22.243	74.365
3	1.470	12.254	86.619

主成分 1、2 和 3 所对应的因子得分分别为 FAC1、FAC2、FAC3，以不同主成分下对应的特征值为权数，将不同贮藏期相应的因子得分和权数相乘即该主成分下的得分，再依据 3 个主成分的得分计算得到相关性综合得分 F ，即 $F = (F_1 \times 52.122 + F_2 \times 22.243 + F_3 \times 12.254) / 86.619$ 。综合得分越高，软枣猕猴桃的保鲜效果越好，通过表 2 可知，综合得分最高为 1-MCP+EA 组，说明 1-MCP+EA 处理更利于软枣猕猴桃的保鲜。

表 2 综合得分排序表
Tab.2 Ranking of comprehensive scores

处理	FAC1	FAC2	FAC3	F_1	F_2	F_3	F	$F_{\text{平均}}$	排序
CK	1.523 78	-0.510 04	-1.107 03	3.811	-0.833	-1.342	1.889	-1.014	4
	-0.236 48	-1.199 68	2.051 27	-0.591	-1.960	2.487	-0.507		
	-0.707 09	-1.433 47	0.597 72	-1.768	-2.342	0.725	-1.563		
	-1.536 63	-1.799 23	0.608 82	-3.843	-2.939	0.738	-2.963		
	-1.485 14	0.285 94	1.116 17	-3.714	0.467	1.353	-1.924		
EA	1.523 78	-0.510 04	-1.107 03	3.811	-0.833	-1.342	1.889	-0.339	3
	0.116 86	-0.30 64	1.339 14	0.292	-0.501	1.624	0.277		
	-0.264 81	-0.468 18	-0.131 19	-0.662	-0.765	-0.159	-0.617		
	-1.017 05	-0.798 93	-0.022 36	-2.544	-1.305	-0.027	-1.870		
	-1.087 68	0.560 85	0.167 77	-2.720	0.916	0.203	-1.373		
1-MCP	1.523 78	-0.510 04	-1.107 03	3.811	-0.833	-1.342	1.889	0.380	2
	0.586 23	0.407 84	1.101 55	1.466	0.666	1.336	1.242		
	0.150 82	0.120 73	-0.189 49	0.377	0.197	-0.230	0.245		
	-0.622 54	0.282 59	-0.465 9	-1.557	0.462	-0.565	-0.898		
	-0.669 21	1.313 52	-0.711 07	-1.674	2.146	-0.862	-0.578		
1-MCP+EA	1.523 78	-0.510 04	-1.107 03	3.811	-0.833	-1.342	1.889	0.972	1
	0.842 89	0.963 33	1.358 91	2.108	1.574	1.648	1.906		
	0.438 84	0.57 81	-0.391 99	1.098	0.944	-0.475	0.836		
	-0.279 31	1.324 64	-0.774 13	-0.699	2.164	-0.939	0.003		
	-0.324 83	2.208 5	-1.227 12	-0.812	3.608	-1.488	0.227		

3 讨论

果蔬采后贮藏阶段也进行着呼吸等生理代谢活动，通过消耗前期积累的营养物质为代谢活动提供能量，同时呼吸作用对果实的成熟衰老也起着重要的作用。在该研究中，EA 与 1-MCP 处理均可较好地保留贮藏期的营养品质，延缓 TSS 含量升高，抑制 TA、 V_C 、可溶性蛋白含量的消耗；硬度可直观的反映出果实成熟衰老软化进程，随着成熟度的增加，硬度下降，贮藏性降低，有研究表明 1-MCP+EA 可以有效延缓苹果在冷藏期和货架期硬度的下降程度^[28]，本研究也得到相似的结论，1-MCP+EA 组的软枣猕猴桃在整个贮藏期间果皮强度和果肉平均硬度均高于其他处理组，可以较好地保持果实硬度。叶绿素^[29]是果实绿色的主要来源，果实发生衰老时自由基大量积累，造

成叶绿素分解，果实绿色度降低，贮藏末期 1-MCP+EA 组软枣猕猴桃叶绿素 a 和叶绿素 b 含量最高，较好的保持果实色泽。1-MCP 结合 EA 使用可更好地保持贮藏期间软枣猕猴桃营养品质，延缓其衰老，可能是 1-MCP 和 EA 具有协同作用，保鲜效果更优。

软枣猕猴桃是一种呼吸跃变型果实，果实成熟过程中会出现典型的呼吸和乙烯高峰^[30]。李欢等^[31]的研究表示，1-MCP 可抑制呼吸和乙烯的上升幅度，并发现在出现呼吸高峰时，果实的硬度下降较快，赵孟等^[32]指出 1-MCP 和乙烯吸收剂均对抑制黄金梨呼吸代谢有效，与文中研究结果相似。该研究发现，EA 和 1-MCP 处理均可抑制软枣猕猴桃呼吸强度，对降低乙烯释放高峰有明显的效果，说明处理可有效减缓软枣猕猴桃贮藏期的生理活动，减少营养物质作为呼吸底物而消耗，对提高品质有积极作用，并且结合使

用效果优于单独使用。有研究指出,果实褐变与总酚、黄酮、POD 等物质有关,POD 作为清除自由基的关键酶之一,可延缓膜脂过氧化,酚类物质具有较强的抗氧化能力,对病原菌有抵抗作用,可以提高果品的营养价值^[33]。该研究中总酚含量和 POD 活性为先升高再下降,EA 和 1-MCP 处理均可减少总酚含量的消耗,维持 POD 活性,其中 1-MCP+EA 组效果优于其他组,可以最大限度地保留总酚和 POD 活性,可以有效清除多余自由基,提高抗氧化能力,推迟衰老进程利于贮藏。

4 结语

采用不同保鲜剂对软枣猕猴桃进行保鲜效果研究,结果发现 EA 和 1-MCP 对维持果实贮藏品质、抑制生理活性均有积极作用,EA 和 1-MCP 具有协同作用,可更加有效地延缓 TSS 含量的升高,抑制果实营养物质 TA、V_C、可溶性蛋白的消耗,维持软枣猕猴桃较高的硬度和叶绿素含量,抑制呼吸强度和减慢乙烯生成速率,维持末期总酚含量和 POD 活性。综上所述,1-MCP+EA 组保鲜效果最好。

参考文献:

- [1] 冉昇,高萌,屈魏,等. 限气包装对‘绿迷一号’软枣猕猴桃采后贮藏特性的影响[J]. 西北农业学报, 2020, 29(12): 1848-1858.
RAN Bian, GAO Meng, QU Wei, et al. Effect of Air-Limiting Package on Postharvest Storage Characteristics Of'Lümi No. 1'Actinidia Arguta Fruit[J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2020, 29(12): 1848-1858.
- [2] WOJDYŁO A, NOWICKA P. Anticholinergic Effects of Actinidia Arguta Fruits and Their Polyphenol Content Determined by Liquid Chromatography-Photodiode Array Detector-Quadrupole/Time of Flight-Mass Spectrometry (LC-MS-PDA-Q/TOF)[J]. Food Chemistry, 2019, 271: 216-223.
- [3] HONG Yang-yu, LI Kang-zong, XIN Guo-rui, et al. Extracted from Actinidia Arguta of Wild Fructification Polyphenols Optimization Conditions[J]. Advanced Materials Research, 2014, 1082: 106-111.
- [4] WOJDYŁO A, NOWICKA P, OSZMIANŃSKI J, et al. Phytochemical Compounds and Biological Effects of Actinidia Fruits[J]. Journal of Functional Foods, 2017, 30: 194-202.
- [5] LIM S, HAN S H, KIM J, et al. Inhibition of Hardy Kiwifruit (Actinidia Arguta) Ripening by 1-Methylcyclopropene during Cold Storage and Anticancer Properties of the Fruit Extract[J]. Food Chemistry, 2016, 190: 150-157.
- [6] 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.
- [7] CHAI Jia-xin, WANG Yu-tang, LIU Yan-fei, et al. 1-MCP Extends the Shelf Life of Ready-to-Eat 'Hayward' and 'Qihong' Kiwifruit Stored at Room Temperature[J]. Scientia Horticulturae, 2021, 289: 110437.
- [8] 张鹏,秦骅,李江阔,等. 1-MCP、乙烯吸收剂双控对富士苹果贮后货架品质的影响[J]. 中国食品学报, 2019, 19(9): 179-188.
ZHANG Peng, QIN Hua, LI Jiang-kuo, et al. Effect of 1-MCP Combined with Ethylene Absorbent on the Shelf Quality of Fuji Apple after Cold Storage[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2019, 19(9): 179-188.
- [9] 张二芳,唐福临,邵雅馨,等. 1-MCP 及乙烯吸收剂对水蜜桃采后生理及贮藏品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(23): 20-25.
ZHANG Er-fang, TANG Fu-lin, SHAO Ya-xin, et al. Effect of 1-MCP and Ethylene Absorbent on the Physiology and Storage Quality of Honey Peach Fruit after Harvest[J]. Food Research and Development, 2021, 42(23): 20-25.
- [10] PARK C Y, KIM Y J, SHIN Y. Effects of an Ethylene Absorbent and 1-Methylcyclopropene on Tomato Quality and Antioxidant Contents during Storage[J]. Horticulture, Environment, and Biotechnology, 2016, 57(1): 38-45.
- [11] 杨志国,丁京,杜静婷,等. 1-甲基环丙烯和乙烯吸收剂对阳丰甜柿采后生理及贮藏品质的影响[J]. 山西农业科学, 2020, 48(10): 1671-1675.
YANG Zhi-guo, DING Jing, DU Jing-ting, et al. Effects of 1-Methylcyclopropene and Ethylene Absorbent on Postharvest Physiology and Storage Quality of Youhou Sweet Persimmon[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2020, 48(10): 1671-1675.
- [12] LE NGUYEN L P, HORVÁTH V, DAM M S, et al. Effect of 1-MCP, Ethylene Absorber and Ozone on Melon Quality during Storage[J]. Progress in Agricultural Engineering Sciences, 2018, 14(S1): 101-110.
- [13] 张四普,成品迪,胡青霞,等. CO₂ 高渗袋复合处理对“金桃”猕猴桃贮藏品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(3): 80-86.
ZHANG Si-pu, CHENG Pin-di, HU Qing-xia, et al. Effect of High Carbon Dioxide Permeability Film Bag Compound Preservation Treatment on Storage Quality of Jintao'Kiwifruit[J]. Food Research and Development, 2021, 42(3): 80-86.
- [14] 李文生,冯晓元,王宝刚,等. 应用自动电位滴定仪测定水果中的可滴定酸[J]. 食品科学, 2009, 30(4): 247-249.
LI Wen-sheng, FENG Xiao-yuan, WANG Bao-gang, et al. Study on Determination of Titratable Acidity in Fruits Using Automatic Potentiometric Titrator[J]. Food Science, 2009, 30(4): 247-249.
- [15] 李军. 钼蓝比色法测定还原型维生素 C[J]. 食品科学, 2009, 30(4): 247-249.

- 2000, 21(8): 42-45.
- LI Jun. Study on Molybdenum Blue Method of L-VC Test by Spectrometry[J]. Food Science, 2000, 21(8): 42-45.
- [16] 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.
- CAO Jian-kang, JIANG Wei-bo, ZHAO Yu-mei. Experimental Guidance of Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007.
- [17] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 136-137.
- LI He-sheng. Principles and techniques of plant physiological biochemical experiment[M]. Beijing: Higher Education Press, 2000: 136-137.
- [18] 朱志强, 张平, 任朝晖, 等. 不同包装箱对绿芦笋贮藏效果的影响[J]. 食品科技, 2009, 34(9): 48-52.
- ZHU Zhi-qiang, ZHANG Ping, REN Zhao-hui, et al. Effects of Different Packing Modes on the Storage Quality of Green Asparagus[J]. Food Science and Technology, 2009, 34(9): 48-52.
- [19] 张鹏, 袁兴铃, 王利强, 等. 1-MCP 处理对“阳光玫瑰”葡萄货架品质的影响[J]. 包装工程, 2021, 42(7): 19-27.
- ZHANG Peng, YUAN Xing-ling, WANG Li-qiang, et al. Effect of 1-MCP Treatment on Shelf Quality of & Quot; Sunshine Muscat & Quot; Grapes[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(7): 19-27.
- [20] 徐辉艳, 孙晓东, 张佩君, 等. 红枣汁中总酚含量的福林法测定[J]. 食品研究与开发, 2009, 30(3): 126-128.
- XU Hui-yan, SUN Xiao-dong, ZHANG Pei-jun, et al. Determination of Total Polyphenols of Chinese Jujube Juice by folin-Ciocalteu Method[J]. Food Research and Development, 2009, 30(3): 126-128.
- [21] LEE J, SOWNDHARARAJAN K, KIM M, et al. Antioxidant, Inhibition of A-Glucosidase and Suppression of Nitric Oxide Production in LPS-Induced Murine Macrophages by Different Fractions of Actinidia Arguta Stem[J]. Saudi Journal of Biological Sciences, 2014, 21(6): 532-538.
- [22] 程志华, 龚霄, 刘洋洋, 等. 不同贮藏温度对采后番荔枝品质的影响[J]. 食品工业科技, 2019, 40(9): 264-268.
- CHENG Zhi-hua, GONG Xiao, LIU Yang-yang, et al. Effects of Different Storage Temperatures on Quality of Postharvest Annona Squamosa L[J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(9): 264-268.
- [23] 张计育, 莫正海, 宣继萍, 等. 猕猴桃果肉颜色相关色素代谢研究进展[J]. 中国农学通报, 2013, 29(13): 77-85.
- ZHANG Ji-yu, MO Zheng-hai, XUAN Ji-ping, et al. Advance of Research on Flesh Color Related Pigment Metabolism in Kiwifruit[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2013, 29(13): 77-85.
- [24] BARTWAL A, MALL R, LOHANI P, et al. Role of Secondary Metabolites and Brassinosteroids in Plant Defense Against Environmental Stresses[J]. Journal of Plant Growth Regulation, 2013, 32(1): 216-232.
- [25] NIE Xi-rui, LI Hong-yi, WEI Si-yu, et al. Changes of Phenolic Compounds, Antioxidant Capacities, and Inhibitory Effects on Digestive Enzymes of Kiwifruits (Actinidia Chinensis) during Maturation[J]. Journal of Food Measurement and Characterization, 2020, 14: 1-10.
- [26] 韩祥稳. 山梨酸钾复合包装对猕猴桃采后贮藏的影响[D]. 南京: 南京财经大学, 2020.
- HAN Xiang-wen. Effect of Potassium Sorbate Composite Packaging on Postharvest Storage of Kiwifruit[D]. Nanjing: Nanjing University of Finance & Economics, 2020.
- [27] 张瑜瑜, 陈泽斌, 用成健, 等. 外源水杨酸处理对蓝莓采后生理及贮藏品质的影响[J]. 西南农业学报, 2022, 35(1): 168-175.
- ZHANG Yu-yu, CHEN Ze-bin, YONG Cheng-jian, et al. Effects of Exogenous SA Treatment on Postharvest Physiology and Storage Quality of Blueberries[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2022, 35(1): 168-175.
- [28] 何近刚, 冯云霄, 程玉豆, 等. 1-MCP、乙烯吸收剂以及 MAP 处理对“新红星”苹果冷藏和货架期品质的影响[J]. 保鲜与加工, 2018, 18(6): 39-43.
- HE Jin-gang, FENG Yun-xiao, CHENG Yu-dou, et al. Effects of 1-MCP, Ethylene Absorbent and MAP on Quality of 'Starkrimson' Apple during Cold Storage and Shelf Life[J]. Storage and Process, 2018, 18(6): 39-43.
- [29] OTÁLORA M C, CARRIAZO J G, ITURRIAGA L, et al. Encapsulating Betalains from Opuntia Ficus-Indica Fruits by Ionic Gelation: Pigment Chemical Stability during Storage of Beads[J]. Food Chemistry, 2016, 202: 373-382.
- [30] 彭丽, 孙兴盛, 梁惜雯, 等. 不同浓度 1-MCP 熏蒸处理对“龙成 2 号”软枣猕猴桃品质的影响[J]. 包装工程, 2022, 43(5): 68-75.
- PENG Li, SUN Xing Sheng, LIANG Xi Wen, et al. Effect of Different Concentrations of 1-methylcyclopropene Vapor Treatment on Quality of Postharvest "Long Cheng 2" Actinidia arguta[J]. Packaging Engineering, 2022, 43(5): 68-75.
- [31] 李欢, 薛洁, 王香兰, 等. 1-MCP 处理对软枣猕猴桃的保鲜效果[J]. 陕西农业科学, 2022, 68(2): 39-46.
- LI Huan, XUE Jie, WANG Xiang-lan, et al. Preservation Effect of 1-MCP on Hardy Kiwifruit[J]. Shaanxi Journal of Agricultural Sciences, 2022, 68(2): 39-46.
- [32] 赵猛, 阎根柱, 施俊凤, 等. 1-甲基环丙烯与乙烯吸收剂对黄金梨防褐保鲜效果的研究[J]. 保鲜与加工, 2019, 19(4): 42-48.
- ZHAO Meng, YAN Gen-zhu, SHI Jun-feng, et al. Effect of 1-Methylcyclopropene and Ethylene Absorbent on Browning Prevention and Preservation of 'Whang-keumbae' Pear[J]. Storage and Process, 2019, 19(4): 42-48.
- [33] BALLESTER A R, LAFUENTE M T, DE VOS R C, et al. Citrus Phenylpropanoids and Defence Against Pathogens. Part I: Metabolic Profiling in Elicited Fruits[J]. Food Chemistry, 2013, 136(1): 178-185.