

1-MCP 熏蒸处理对软枣猕猴桃的保鲜效果

徐冬颖¹, 张静¹, 姜爱丽¹, 胡文忠¹, 周福慧¹, 李江阔²

(1.大连民族大学 生命科学学院生物技术与资源利用教育部重点实验室, 大连 116600;
2.国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津) 天津市农产品采后生理与贮藏保鲜重点实验室,
天津 300384)

摘要: **目的** 探究 1-MCP 熏蒸处理对软枣猕猴桃品质及抗氧化特性的影响。**方法** 实验使用 0.8 $\mu\text{L/L}$ 的 1-MCP 熏蒸处理软枣猕猴桃 24 h, 测定果实贮藏期间的颜色、总酚含量、类黄酮含量、MDA 含量、相对电导率及抗氧化能力等多项指标。**结果** 采用 0.8 $\mu\text{L/L}$ 的 1-MCP 进行熏蒸处理能显著抑制软枣猕猴桃颜色饱和度和叶绿素含量的下降, 维持总酚和类黄酮含量, 延缓软枣猕猴桃果实的 PPO 活性、相对电导率和 MDA 含量的上升, 保持较高的 ABTS 自由基清除能力及总抗氧化能力。**结论** 采用 0.8 $\mu\text{L/L}$ 的 1-MCP 进行熏蒸处理可以有效保持软枣猕猴桃的营养价值, 增强抗氧化能力, 减缓果实衰老, 延长其货架期。

关键词: 软枣猕猴桃; 酚类物质; 膜脂氧化; 抗氧化能力

中图分类号: TB485.2; S663.4 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2019)11-0026-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.11.004

Effects of 1-Methylcyclopropene Fumigation on Preservation of *Actinidia Arguta*

XU Dong-ying¹, ZHANG Jing¹, JIANG Ai-li¹, HU Wen-zhong¹, ZHOU Fu-hui¹, LI Jiang-kuo²

(1.Key Laboratory of Biotechnology and Resource Utilization of Ministry of Education, College of Life Science,
Dalian Minzu University, Dalian 116600, China;

2.Tianjin Key Laboratory of Postharvest Physiology and Storage of Agricultural Products, National Engineering and
Technology Research Center for Preservation of Agricultural Products (Tianjin), Tianjin 300384, China)

ABSTRACT: The work aims to study influences of 1-MCP fumigation on quality and oxidation resistance of *actinidia arguta* fruit. *Actinidia arguta* fruits were fumigated with 0.8 $\mu\text{L/L}$ of 1-methylcyclopropene (1-MCP) for 24 h. The color, total phenols, flavonoid, MDA content, relative conductivity and oxidation resistance of the fruit were determined. The results showed that fumigation with 0.8 $\mu\text{L/L}$ of 1-MCP significantly inhibited the decline of color saturation and chlorophyll content in *actinidia arguta*, maintained the content of total phenols and flavonoid, delayed the increase of PPO activity, MDA content and relative conductivity. Furthermore, 1-MCP fumigation treatment group showed a higher level of ABTS free radicals scavenging capacity and total antioxidant capacity. It is concluded that fumigation with 0.8 $\mu\text{L/L}$ of 1-MCP can effectively maintain the nutritional value of *actinidia arguta*, enhance the antioxidant capacity, retarded the senescence and prolonged the shelf-life of fruit.

KEY WORDS: *actinidia arguta*; phenolic substance; membrane lipid peroxidation; antioxidant capacity

收稿日期: 2019-03-25

基金项目: “十三五”国家重点研发计划(2016YFD0400903); 辽宁省食品产业校企联盟项目(2018LNSPLLM0106)

作者简介: 徐冬颖(1994—), 女, 大连民族大学硕士生, 主攻采后生物学与技术。

通信作者: 姜爱丽(1971—), 女, 博士, 大连民族大学教授, 主要研究方向为采后生物学与技术。

软枣猕猴桃 (*Actinidia arguta*) 又称软枣子、奇异莓等, 为猕猴桃科猕猴桃属落叶藤本, 在中国、日本、美国等地均有种植, 是一种非常有前景的新兴水果^[1-3]。软枣猕猴桃果皮光滑细嫩, 含有叶绿素、 β -胡萝卜素和矿物质等营养成分, 也是叶酸、维生素 E 及肌醇的良好来源。由于软枣猕猴桃富含维生素 C 和酚类物质, 因而拥有高抗氧化能力^[1, 3-4], 具有抗炎、抗氧化、抗衰老等保健功能, 其提取物是治疗特异性皮炎的天然药物^[4-5]。由于软枣猕猴桃属于呼吸跃变型果实, 采后后熟过程中易出现软化、皱缩及腐烂等现象, 严重影响了其商品价值, 因此应用安全有效的保鲜方法来延缓果实的后熟衰老, 对软枣猕猴桃的贮运具有重要意义。

甲基环丙烯 (1-Methylcyclopropene, 1-MCP) 是一种有效的乙烯受体抑制剂, 能够通过阻止乙烯进入受体来延缓园艺作物的成熟和衰老, 与其他传统保鲜剂相比, 具有无毒、稳定性好、易于合成、使用浓度低等优点^[7]。1-MCP 处理可保护果蔬不受外源乙烯和自产乙烯的影响, 从而延长其采后货架期^[8]。研究表明, 1-MCP 熏蒸处理可诱导猕猴桃的糖类积累, 降低果实代谢水平, 提高其抗氧化能力; 抑制菠萝内部褐变; 延迟青椒的后熟和衰老; 有效防止枇杷果实品质恶化^[6-8]。为此, 文中通过对软枣猕猴桃贮藏期间多项生理指标的测定, 来探究 0.8 $\mu\text{L/L}$ 的 1-MCP 熏蒸处理对其采后品质的影响, 为其贮运保鲜提供理论参考。

1 实验

1.1 材料与试剂

软枣猕猴桃采自辽宁省农业技术学校软枣猕猴桃研究基地, 品种为“桓优一号”, 采后立即运至实验室。

丙酮、乙醇、没食子酸、三氯乙酸、邻苯二酚、浓盐酸、甲醇、磷酸盐等试剂购于天津市科密欧化学试剂有限公司。总抗氧化能力试剂盒购于苏州科铭生物技术有限公司。

1.2 仪器与设备

仪器与设备: 酶标仪, 美国 Thermo Scientific 公司; UV-9200 紫外-可见分光光度计, 北京瑞利分析仪器有限公司; CR400/CR410 色差计, 日本 Konica Minolta 公司; DJS-1C 型电导率仪, 上海精密科学仪器有限公司; TGL-20M 高速台式冷冻离心机, 湖南湘仪离心机仪器有限公司; DK-S26 恒温水浴锅, 上海精宏实验设备有限公司; AL240 电子精密天平, 瑞士 Mettler-Toledo 公司; T-25 匀浆机, 德国 IKA 公司。

1.3 方法

1.3.1 样品处理

选择大小均一、无机械损伤、无病虫害、成熟度相近 (可溶性固形物含量和硬度分别为 10%~11%, 32~34 N) 的完好软枣猕猴桃为实验材料, 采后立即运回实验室进行预冷处理。将软枣猕猴桃随机分为 2 组, 每组约 3 kg, 将实验组果实放入 10 L 的熏蒸装置中^[9]进行 1-MCP (0.8 $\mu\text{L/L}$) 熏蒸处理 24 h (温度为 20 $^{\circ}\text{C}$, 相对湿度为 80%~85%), 对照组不采取任何处理。预实验分别使用 0.4, 0.8, 1.2 $\mu\text{L/L}$ 的 1-MCP 熏蒸处理软枣猕猴桃, 由于 0.8 $\mu\text{L/L}$ 的 1-MCP 熏蒸处理效果最佳, 因此正式实验选择该浓度进行处理。将处理后的 2 组果实装入食品级聚乙烯 (PE) 包装袋 (30 cm $\times$ 38 cm $\times$ 0.008 mm, $\pm 2\%$) 中, 于 (1 $\pm$ 1) $^{\circ}\text{C}$ 的冷库中进行贮藏, 每 14 d 对 2 组软枣猕猴桃果实进行取样及品质指标测定, 用液氮速冻样品, 置于 -80 $^{\circ}\text{C}$ 下保存用于其他指标的测定。

1.3.2 测定指标和方法

使用 CR410 型色差计测定软枣猕猴桃果实赤道部位表面的 a 值和 b 值, 并按照式 (1) 计算颜色饱和度。

$$\text{颜色饱和度} = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (1)$$

采用 Shi 等^[10]的方法进行软枣猕猴桃果实叶绿素含量的测定, 读取其在 663 nm 和 645 nm 处的吸光值。

根据李晓博等人^[11]的方法进行芦丁标准曲线的绘制及类黄酮含量的测定, 读取 325 nm 处的吸光值。

总酚含量的测定采用 Singleton 等^[12]的方法, 以没食子酸作为标准品曲线, 总酚含量用每 100 g 软枣猕猴桃组织中没食子酸含量表示 (mg/100 g)。

PPO 活性测定参照姬亚茹等^[9]的方法, 读取 1 min 内 460 nm 处吸光值的变化, 酶活力单位以 U 表示, 即每克软枣猕猴桃每分钟吸光度值增加 1 为 1 个活性单位。

采用姜爱丽^[13]等的方法测定软枣猕猴桃的相对电导率。

丙二醛 (MDA) 含量的测定采用 Jin 等^[14]的方法, 测定其 450, 560, 600 nm 处的吸光值。

ABTS 自由基清除能力根据 Re^[15]的方法进行测定, 读取 734 nm 处吸光值。以 Trolox 作为标准溶液, 建立回归方程: $y = 1.7086x + 0.0874$ ($R^2 = 0.998$)。

总抗氧化能力的测定参考试剂盒说明书。

1.4 数据统计分析

使用 SPSS 22.0 软件对实验数据进行统计分析, 结果用 $\bar{x} \pm s$ 表示, LSD 法对数据进行差异显著性分析 ($P < 0.05$ 表示差异显著)。

2 结果与分析

2.1 1-MCP 熏蒸处理对软枣猕猴桃颜色的影响

叶绿素是影响果蔬颜色的重要色素之一,可通过膳食抗氧化剂的形式提供营养价值^[16],果蔬采后由于叶绿素的降解而发生黄化现象,果实颜色的饱和度也会随之下降,降低其商品价值。由图1可知,2组软枣猕猴桃的颜色饱和度在贮藏期间均呈先升高后下降的趋势,对照组软枣猕猴桃的颜色饱和度始终低于1-MCP处理组,且在果实贮藏的第14~42 d,两者差异显著($P < 0.05$)。此外,果实在70 d贮藏期内的叶绿素含量表现出下降的趋势(见图2),但1-MCP处理组可抑制软枣猕猴桃叶绿素的降解,表现为贮藏过程中处理组的叶绿素含量始终维持在较高水平,且在第14, 28, 56 d,与对照组差异显著($P < 0.05$)。综上所述,1-MCP熏蒸处理可较好地保持软枣猕猴桃贮藏期间的绿色,可能是由于1-MCP能延缓果实的后熟衰老过程。

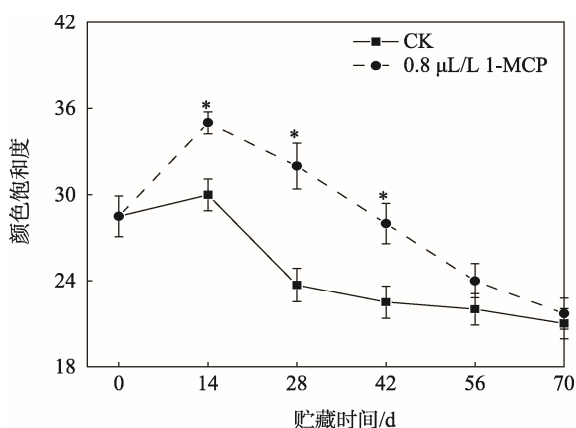


图1 1-MCP熏蒸处理对软枣猕猴桃颜色饱和度的影响
Fig.1 Effect of 1-MCP fumigation on color saturation of *actinidia arguta*

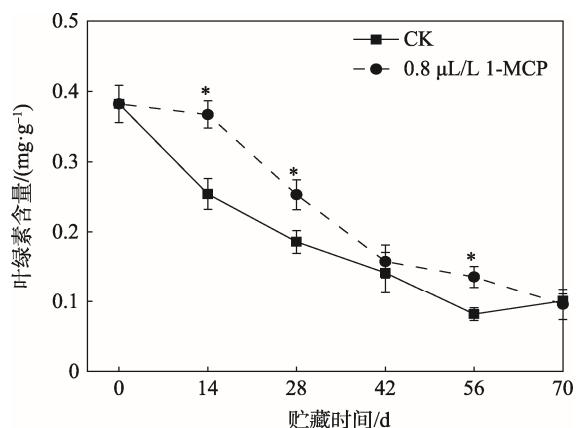


图2 1-MCP熏蒸处理对软枣猕猴桃叶绿素含量的影响
Fig.2 Effect of 1-MCP fumigation on chlorophyll content of *actinidia arguta*

2.2 1-MCP 熏蒸处理对软枣猕猴桃多酚类物质含量的影响

植物体内苯丙烷类和类黄酮的代谢途径会产生酚类化合物这一次生代谢产物,类黄酮和总酚属于多酚类物质,具有清除自由基能力和延缓脂质氧化降解等多种生物学效应,是果蔬的天然抗氧化剂,具有较高的营养价值和保健功能^[17-19]。由图3—4可知,软枣猕猴桃的类黄酮和总酚含量在70 d贮藏期内均呈先上升后下降的趋势,1-MCP处理组果实的总酚和类黄酮含量始终明显高于对照组($P < 0.05$),且在贮藏末期,处理组软枣猕猴桃果实的类黄酮和总酚含量分别比对照组高出66.67%和73.91%,表明软枣猕猴桃在后熟衰老过程中,酚类物质不断地进行分解和转化,而1-MCP熏蒸处理延缓了总酚和类黄酮含量的下降,减少了酚类化合物的氧化,保持了果实的营养品质和较高的抗氧化能力。

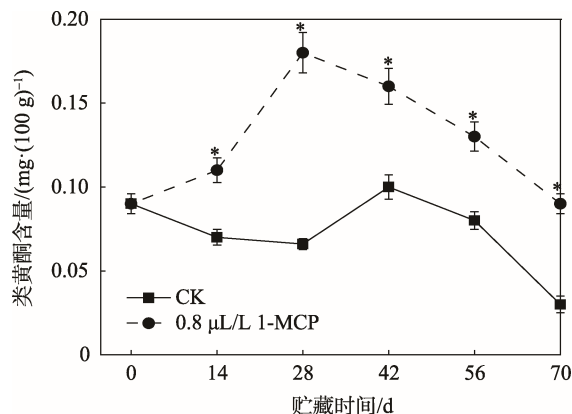


图3 1-MCP熏蒸处理对软枣猕猴桃类黄酮含量的影响
Fig.3 Effect of 1-MCP fumigation on flavonoid content of *actinidia arguta*

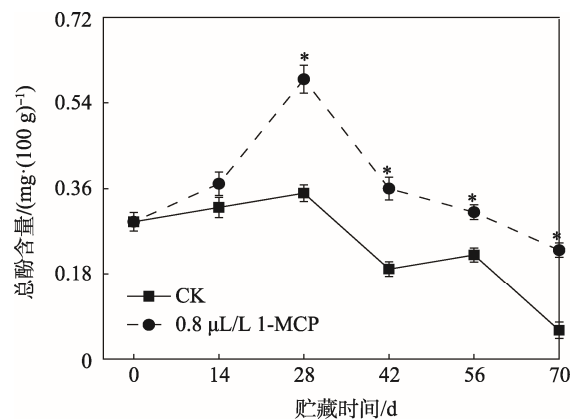


图4 1-MCP熏蒸处理对软枣猕猴桃总酚含量的影响
Fig.4 Effect of 1-MCP fumigation on total phenol content of *actinidia arguta*

2.3 1-MCP 熏蒸处理对软枣猕猴桃PPO活性的影响

多酚氧化酶(PPO)是植物中广泛存在的催化酚

类物质氧化的酶类,其活性的增加是果实内部组织开始衰老后的普遍反应^[20]。由图 5 可知,2 个处理组软枣猕猴桃的 PPO 活性呈先上升后下降的趋势,均在第 28 d 达到最大值,且对照组的 PPO 活性峰值是 1-MCP 处理组的 1.60 倍 ($P < 0.05$),表明 1-MCP 熏蒸处理抑制了软枣猕猴桃的 PPO 活性,从而降低了果实褐变程度,较好地维持了果实品质。

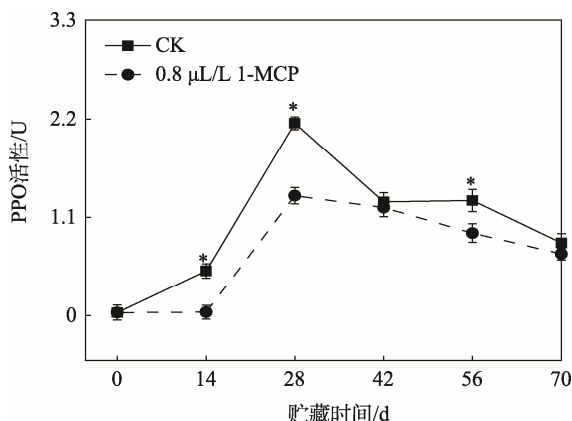


图 5 1-MCP 熏蒸处理对软枣猕猴桃 PPO 活性的影响
Fig.5 Effect of 1-MCP fumigation on PPO activity of *actinidia arguta*

2.4 1-MCP 熏蒸处理对软枣猕猴桃多 MDA 含量和相对电导率的影响

果蔬采后由于响应非生物的胁迫,从而导致活性氧的积累,使膜脂等细胞成分受到氧化伤害,因此 MDA 作为多不饱和脂肪酸的分解产物,可以作为判断脂质过氧化的重要标志之一。相对电导率的测定可用于评价果蔬贮藏过程中膜渗透性的变化,因此,相对电导率是反映植物氧化胁迫引起膜损伤的关键指标^[21-22]。由图 6 可知,2 组处理的软枣猕猴桃 MDA 含量呈现上升的趋势,在贮藏的第 42~70 d 时,1-MCP 熏蒸处理明显抑制了 MDA 含量的增加 ($P < 0.05$),且对照组软枣猕猴桃在贮藏结束时的丙二醛含量是处理组的 2.38 倍。在 70 d 的贮藏期内,软枣猕猴桃相对电导率的变化趋势与 MDA 相似(见图 7),且对照组在第 70 d 时的相对电导率是处理组的 1.22 倍。表明随着贮藏时间的延长,软枣猕猴桃的细胞膜透性和氧化损伤不断增加,而 1-MCP 能有效抑制膜脂损伤,保持细胞膜的完整性,从而延缓果实衰老。

2.5 1-MCP 熏蒸处理对软枣猕猴桃多抗氧化能力的影响

园艺作物采后成熟衰老过程中机体自身的活性氧平衡体系会受到破坏,积累了大量的活性氧自由基,造成细胞膜的氧化损伤和作物组织的衰老,然而,植物会产生抗氧化防御系统来保护细胞免受氧化应激的伤害^[23]。自由基清除能力是植物机体防御

系统中的一个重要因素,而在富含抗氧化性的果蔬中,ABTS 自由基清除能力可更准确地评估果实的抗氧化能力^[24]。总抗氧化能力是机体所有物质抗氧化能力的总和,可作为评价果蔬采后品质的重要指标。由图 8—9 可知,贮藏期间 2 组软枣猕猴桃的 ABTS 自

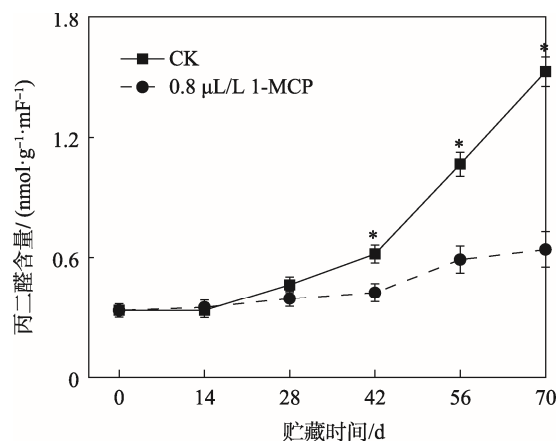


图 6 1-MCP 熏蒸处理对软枣猕猴桃 MDA 含量的影响
Fig.6 Effect of 1-MCP fumigation on MDA content of *actinidia arguta*

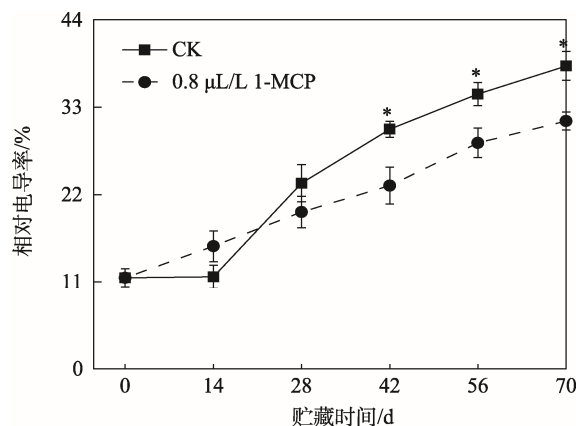


图 7 1-MCP 熏蒸处理对软枣猕猴桃相对电导率的影响
Fig.7 Effect of 1-MCP fumigation on relative conductivity of *actinidia arguta*

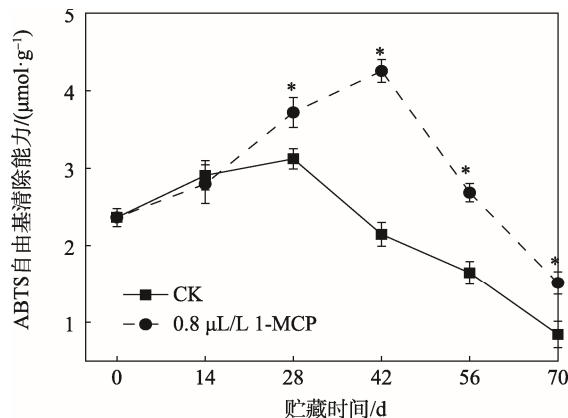


图 8 1-MCP 熏蒸处理对软枣猕猴桃 ABTS 自由基清除能力的影响
Fig.8 Effect of 1-MCP fumigation on ABTS free radicals scavenging capacity of *actinidia arguta*

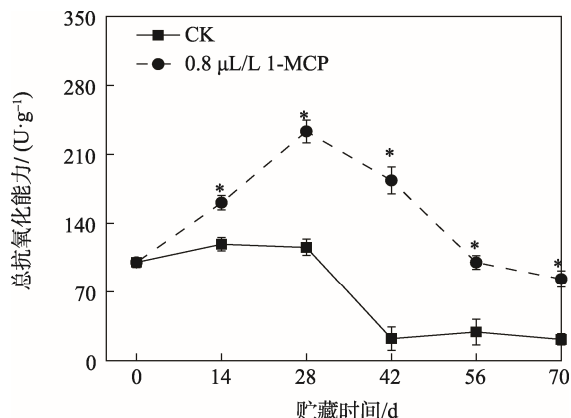


图9 1-MCP熏蒸处理对软枣猕猴桃总抗氧化能力的影响
Fig.9 Effect of 1-MCP fumigation on total antioxidant capacity of *actinidia arguta*

由基清除能力和总抗氧化能力均呈先上升后下降的趋势, 1-MCP处理组始终维持较高的抗氧化能力 ($P < 0.05$), 且贮藏结束时 (70 d), 对照组和处理组的ABTS自由基清除能力分别比贮藏前降低了64.37%和35.97%, 而处理组的总抗氧能力比对照组提高了73.99%。表明, 1-MCP能有效提高软枣猕猴桃的抗氧化能力, 可以抵抗活性氧的氧化损伤, 从而延缓果实衰老。

2.6 Pearson相关性矩阵

由图10可知, 软枣猕猴桃果实的颜色饱和度与叶绿素含量呈高度正相关 ($P < 0.01$); 总酚含量与类黄酮含量、ABTS自由基清除能力、总抗氧化能力均呈极显著正相关 ($P < 0.01$), 而与MDA含量和相对电导率呈负相关; MDA含量与相对电导率呈高度正相关 ($P < 0.01$), 与颜色饱和度、叶绿素含量、总酚

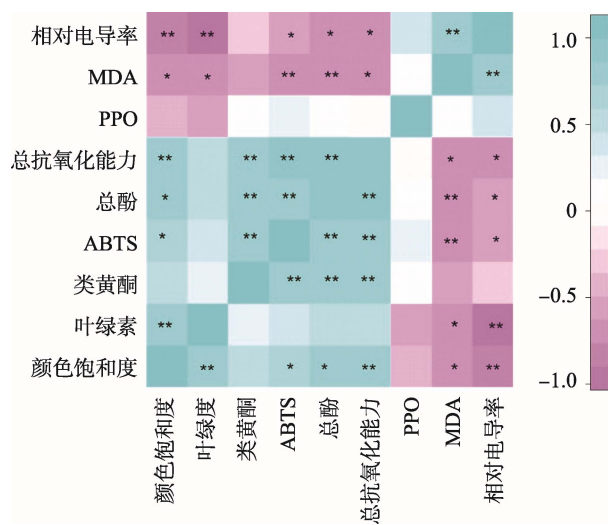


图10 各指标皮尔森相关性矩阵
Fig.10 Pearson correlation matrix of each indicator

注 *和**分别表示数值间相关性达到 $P < 0.05$ 水平和 $P < 0.01$ 水平

含量、ABTS自由基清除能力及总抗氧化能力呈显著负相关。这些结果表明, 1-MCP熏蒸处理可以通过提高软枣猕猴桃果实体内抗性来减少膜脂损伤, 较好地保持果实品质。

3 讨论

软枣猕猴桃属于呼吸跃变型果实, 采后易皱缩软化、腐烂变质, 从而失去商品和食用价值, 加大了果实贮运的难度。1-MCP熏蒸处理在多种作物上已得到使用, 广泛用于控制果蔬成熟和衰老, 保持果实品质^[25]。文中研究发现, 1-MCP能有效抑制软枣猕猴桃的颜色饱和度和叶绿素含量的下降, 延缓果实成熟, 从而推迟果实色泽转变, 这与王慧等^[26]的研究一致。此外, 1-MCP熏蒸处理能维持软枣猕猴桃果实类的黄酮和总酚含量, 可能与1-MCP诱导了苯丙烷代谢有关。王友升等^[27]也证实了1-MCP处理能显著提高蓝莓果实总酚和类黄酮的含量。

软枣猕猴桃在采后贮藏期间, 组织的衰老和逆境代谢可产生大量的活性氧自由基, 引起膜脂过氧化, 而机体的抗氧化系统能清除过多的活性氧, 来维持细胞膜的稳定性和完整性, 从而维持果实的品质。文中实验结果显示, 1-MCP熏蒸处理能延缓相对电导率和MDA含量的上升, 以及ABTS自由基清除能力和总抗氧化能力的下降, 可能是1-MCP通过抑制乙烯产生, 降低了呼吸跃变对抗氧化系统的影响, 从而明显提高了果实抗氧化能力, 延缓了膜脂氧化和衰老进程。这一结果与千春录等^[6, 28]报道的1-MCP对中华猕猴桃膜脂变化和抗氧化能的影响, 以及1-MCP熏蒸处理后的黄花梨通过增强抗氧化能力来保持果实品质相一致。

4 结语

1-MCP处理组能有效地保持软枣猕猴桃在贮藏期间的叶绿素、总酚和类黄酮含量, 抑制果实的相对电导率、MDA含量和PPO活性, 维持较高的ABTS自由基清除能力及总抗氧化能力。综上所述, 1-MCP处理的软枣猕猴桃具有较好色泽及较高的营养价值, 抑制了膜脂氧化进程, 诱导果实的自身抗性防御系统, 进而延缓果实衰老, 维持其采后品质。

参考文献:

- [1] 马云, 王笑成, 穆易君, 等. 不同品种软枣猕猴桃品质指标的主成分分析[J]. 食品工业科技, 2019, 40(5): 233—238.
MA Yun, WANG Xiao-cheng, MU Yi-jun, et al. Principal Component Analysis of Quality Indexes of Different Varieties of Kiwifruit[J]. Science and Technol-

- ogy of Food Industry, 2019, 40(5): 233—238.
- [2] LATOCHA P, KRUPA T, JANKOWSKI P, et al. Changes in Postharvest Physicochemical and Sensory Characteristics of Hardy Kiwifruit (*Actinidia Arguta*, and Its Hybrid) after Cold Storage under Normal Versus Controlled Atmosphere[J]. Postharvest Biology and Technology, 2014, 88(1): 21—33.
 - [3] KRUPA T, LATOCHA P, LIWIŃSKA A. Changes of Physicochemical Quality, Phenolics and Vitamin C Content in Hardy Kiwifruit (*Actinidia Arguta*, and Its Hybrid) during Storage[J]. Scientia Horticulturae, 2011, 130(2): 410—417.
 - [4] KIM A N, KIM H J, CHUN J, et al. Degradation Kinetics of Phenolic Content and Antioxidant Activity of Hardy Kiwifruit (*Actinidia arguta*) Puree at Different Storage Temperatures[J]. Lebensmittel-wissenschaft Technologie, 2018, 89: 535—541.
 - [5] SOOYEON L, SEUNG H H, JEONGYUN K, et al. Inhibition of Hardy Kiwifruit (*Actinidia Aruguta*) Ripening by 1-Methylcyclopropene during Cold Storage and Anticancer Properties of the Fruit Extract[J]. Food Chemistry, 2016, 190: 150—157.
 - [6] 千春录, 殷建东, 王利斌, 等. 1-MCP 和自发气调对猕猴桃品质及活性氧代谢的影响[J]. 食品科学, 2019 (预出版): 1—8.
QIAN Chun-lu, YIN Jian-dong, WANG Li-bin, et al. Effect of 1-MCP Treatment and Self-modified Atmosphere Storage on Quality and Reactive Oxygen Species Metabolism of Kiwifruit During Storage [J]. Food Science, 2019(Pre Publication): 1—8.
 - [7] 孙海燕, 陈丽, 刘兴华, 等. 1-MCP 处理对青椒贮藏生理的影响[J]. 食品科技, 2006, 31(3): 122—125.
SUN Hai-yan, CHEN Li, LIU Xing-hua, et al. Effect of 1-Methylcyclopropene on the Postharvest Physiology of Green Pepper[J]. Food Science and Technology, 2006, 31(3): 122—125.
 - [8] MASSOLO J F, CONCELLÓN A, CHAVES A R, et al. 1-Methylcyclopropene (1-MCP) Delays Senescence, Maintains Quality and Reduces Browning of Non-climacteric Eggplant (*Solanum Melongena*, L) Fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2011, 59(1): 10—15.
 - [9] 姬亚茹, 周福慧, 姜爱丽, 等. 乙醇熏蒸处理对采后蓝莓果实品质的影响[J]. 包装工程, 2018, 39(13): 85—92.
JI Ya-ru, ZHOU Fu-hui, JIANG Ai-li, et al. Effects of Ethanol Fumigation Treatments on the Quality of Postharvest Blueberry Fruits[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(13): 85—92.
 - [10] SHI J Y, GAO L P, ZUO J H, et al. Exogenous Sodium Nitroprusside Treatment of Broccoli Florets Extends Shelf Life, Enhances Antioxidant Enzyme Activity, and Inhibits Chlorophyll-degradation[J]. Postharvest Biology and Technology, 2016, 116: 98—104.
 - [11] 李晓博, 胡文忠, 姜爱丽, 等. 芒果果肉抗氧化成分测定及其对自由基清除能力的研究[J]. 食品工业科技, 2016, 37(10): 161—164.
LI Xiao-bo, HU Wen-zhong, JIANG Ai-li, et al. Study on the Antioxidant Components and Antioxidant Capacity of the Mangifera Indica Linn Pulp[J]. Science and Technology of Food Industry, 2016, 116: 98—104.
 - [12] SINGLETON V L, ROSSI J A. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-phosphotungstic Acid Reagents[J]. American Journal of Enology and Viticulture, 1965, 16(3): 144—158.
 - [13] 姜爱丽, 胡文忠, 田密霞, 等. 水杨酸处理对采后番茄果实后熟衰老的影响[J]. 食品与发酵工业, 2009, 35(5): 205—209.
JIANG Ai-li, HU Wen-zhong, TIAN Mi-xia, et al. Effects of Salicylic Acid Treatments on Postharvest Ripening and Senescence of Tomato[J]. Food and Fermentation Industries, 2009, 35(5): 205—209.
 - [14] JIN P, ZHU H, WANG L, et al. Oxalic Acid Alleviates Chilling Injury in Peach Fruit by Regulating Energy Metabolism and Fatty Acid Content[J]. Food Chemistry, 2014, 161: 87—93.
 - [15] RE R, PELLEGRINI N, PROTEGGENTE A, et al. Antioxidant Activity Applying an Improved ABTS Radical Cation Decolorization Assay[J]. Free Radical Biology and Medicine, 1999, 26(10): 1231—1237.
 - [16] MONTEFIORI M, MCGHIE T K, COSTA G, et al. Pigments in the Fruit of Red-fleshed Kiwifruit (*Actinidia chinensis* and *Actinidia Deliciosa*) [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005, 53(24): 9526.
 - [17] 杨乐, 侯智霞, 杨俊枫, 等. UV-C 对蓝莓酚类物质及其相关酶活性的影响[J]. 浙江农业学报, 2015, 27(6): 955—960.
YANG Le, HOU Zhi-xia, YANG Jun-feng, et al. Effect of UV-C Treatment on Phenolic Compounds and Relevant Enzymes Activities of Blueberry[J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2015, 27(6): 955—960.
 - [18] 夏乐晗, 陈玉玲, 冯义彬, 等. 不同品种杏果实发育过程中类黄酮、总酚和三萜酸含量及抗氧化性研究[J]. 果树学报, 2016(4): 425—435.
XIA Le-han, CHEN Yu-ling, FENG Yi-bin, et al. Changes in Flavonoids, Total Phenolics, Triterpenoid Acids and Antioxidant Capacity during Fruit Development of Different Cultivars of Apricot[J]. Journal of Fruit Science, 2016(4): 425—435.
 - [19] SAEED N. Antioxidant Activity, Total Phenolic and Total Flavonoid Contents of Whole Plant Extracts *Torilis Leptophylla* L[J]. BMC Complement Altern Med, 2012, 12(1): 221—232.
 - [20] 胡文忠, 姜爱丽, 蔡慧, 等. 茉莉酸甲酯处理对软枣猕猴桃生理生化变化的影响[J]. 食品工业科技, 2013, 34(4): 331—340.
HU Wen-zhong, JIANG Ai-li, CAI Hui, et al. Effect of MeJA Treatments on Physiological and Biochemical Changes for *Actinidia Arguta* [J]. Science and Tech-

- nology of Food Industry, 2013, 34(4): 331—340.
- [21] WANG Q, DING T, ZUO J, et al. Amelioration of Postharvest Chilling Injury in Sweet Pepper by Glycine Betaine[J]. Postharvest Biology and Technology, 2016, 112: 114—120.
- [22] XING Y, LI X, XU Q, et al. Effects of Chitosan Coating Enriched with Cinnamon Oil on Qualitative Properties of Sweet Pepper (*Capsicum Annuum*, L.)[J]. Food Chemistry, 2011, 124(4): 1443—1450.
- [23] 王馨, 胡文忠, 陈晨, 等. 活性氧在果蔬采后成熟衰老过程中的作用及几种气体处理对其影响的研究进展[J]. 食品工业科技, 2017, 38(5): 375—379.
- WANG Xin, HU Wen-zhong, CHEN Chen, et al. The Role of Reactive Oxygen in Harvested Fruits and Vegetables during Maturation and Senescence and the Influences which Handled by Several Gas Treatments[J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(5): 375—379.
- [24] MAGALHÃES L M, BARREIROS L, REIS S, et al. Kinetic Matching Approach Applied to ABTS Assay for High-throughput Determination of Total Antioxidant Capacity of Food Products[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2014, 33(2): 187—194.
- [25] CHRIS B. WATKINS. The Use of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) on Fruits and Vegetables[J]. Biotechnology Advances, 2006, 24(4): 389—409.
- [26] 王慧, 陈燕华, 林河通, 等. 纸片型 1-MCP 处理对安溪油柿果实采后生理和贮藏品质的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(21): 260—266.
- WANG Hui, CHEN Yan-hua, LIN He-tong, et al. Effect of 1-Methylcyclopropene Treatment on Postharvest Physiology and Storage Quality of Anxi Persimmon Fruit[J]. Food Science, 2018, 39(21): 260—266.
- [27] 王友升, 张小玲, 姚婷, 等. 1-MCP 和 ClO_2 对蓝莓果实抗氧化活性影响的多变量分析[J]. 中国食品学报, 2017, 17(04), 147—154.
- WANG You-sheng, ZHANG Xiao-ling, YAO Ting, et al. Multivariate Analysis of Effect of 1-Methylcyclopropene and Chlorine Dioxide on Antioxidant Activity of Blueberry[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2017, 17(4): 147—154.
- [28] 千春录, 何志平, 林菊, 等. 1-MCP 对黄花梨冷藏品质和抗氧化特性的影响[J]. 食品工业科技, 2012, 33(21): 326—330.
- QIAN Chun-lu, HE Zhi-ping, LIN Ju, et al. Influence of 1-MCP Treatment on the Quality and Antioxidative Properties in Cold Stored 'huanghua' Pear Fruit[J]. Science and Technology of Food Industry, 2012, 33(21): 326—330.