

# 茉莉酸甲酯处理对运输振动后尖椒贮藏品质的影响

徐冬颖<sup>1</sup>, 刘婧<sup>1,2</sup>, 左进华<sup>1</sup>, 高丽朴<sup>1</sup>, 王清<sup>1</sup>

(1.北京市农林科学院蔬菜研究中心, 农业部蔬菜产后处理重点实验室, 果蔬农产品保鲜与加工北京市重点实验室, 农业部华北地区园艺作物生物学与种质创制重点实验室, 农业部都市农业(北方)重点实验室, 北京 100097)

(2.安徽农业大学植物保护学院, 安徽合肥 230000)

**摘要:** 本实验通过研究 5 μmol/L 的茉莉酸甲酯 (methyl jasmonate, MeJA) 处理, 对模拟运输振动后的尖椒在常温贮藏 (20±1 °C) 条件下的感官评分、重量减轻、呼吸强度、叶绿素水平、可溶性固形物 (TSS)、维生素 C (Vc) 含量、抗氧化酶活性等多项品质指标的影响, 以测定 MeJA 处理对振动后尖椒的保鲜效果。实验结果表明: 与不振动处理组相比, 模拟运输振动会使尖椒产生机械损伤, 加快果实的呼吸作用和蒸腾作用, 抑制 POD、CAT、APX 活性; 而 MeJA 处理可以有效维持振动后尖椒的外观品质和抗氧化酶的活性, 减少水分和重量的损失, 减缓果实硬度的下降, 抑制呼吸强度, 延缓果实叶绿素含量的降解及可溶性固形物、Vc 含量的下降。因此, MeJA 处理可以有效的清除活性氧, 减少尖椒的逆境胁迫损伤, 保持果实的贮藏品质, 延长其货架期。

**关键词:** 茉莉酸甲酯; 尖椒; 振动; 抗氧化酶; 保鲜

文章编号: 1673-9078(2018)09-70-76

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.9.012

## Effect of Methyl Jasmonate Treatment on Quality of Postharvest Pepper Subjected Vibration during Transportation

XU Dong-ying<sup>1</sup>, LIU Jing<sup>1,2</sup>, ZUO Jin-hua<sup>1</sup>, GAO Li-pu<sup>1</sup>, WANG Qing<sup>1</sup>

(1.Beijing Vegetable Research Center, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences; Key Laboratory of the Vegetable Postharvest Treatment of Ministry of Agriculture; Beijing Key Laboratory of Fruits and Vegetable Storage and Processing; Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Horticultural Crops (North China), Ministry of Agriculture; Key Laboratory of Urban Agriculture (North), Ministry of Agriculture, Beijing 100097, China)

(2.College of Plant Protection, Anhui Agricultural University, Hefei 230000, China)

**Abstract:** In this research, the sensory score, weight loss, respiration intensity, level of chlorophyll, soluble solids, vitamin C content, and antioxidant enzyme activities of the pepper, subjected to simulated transport vibration and treatment with 5 μmol/L methyl jasmonate (MeJA), over the storage of pepper at 20±1 °C were periodically measured to evaluate the preservative effect of MeJA treatment on pepper. The experimental results showed that compared with the group without vibration, the vibration-treated peppers were mechanically damaged, with accelerated there spiration and transpiration and inhibited the activities of POD, CAT and APX. MeJA treatment effectively maintained the sensory quality and antioxidant activity of pepper subjected to vibration, while reducing water and weight loss, slowing down the decline of fruit hardness, inhibiting respiratory strength, and restraining the decline of chlorophyll, soluble solids and vitamin C contents. Thus, MeJA treatment could remove active oxygen species, reduce stress-induced damage, while maintaining the storage quality and prolonging the shelf life of pepper.

**Key words:** methyl jasmonate; pepper; vibration; antioxidant enzyme; preservation

尖椒(*Capsicum frutescens* L.)属茄科植物, 在我国

收稿日期: 2018-01-23

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2016YFD0400901); 国家大宗蔬菜产业体系建设项目 (GARS-23-E-02); 国家科技支撑计划课题 (2015BAD16B01); 北京市农林科学院青年基金项目 (QNJJ201709)

作者简介: 徐冬颖 (1994-), 女, 本科, 研究方向: 农产品贮藏保鲜; 刘婧 (1993-), 女, 硕士, 研究方向: 农产品贮藏保鲜 (共同第一作者)

通讯作者: 王清, 女, 博士, 研究方向: 农产品贮藏与保鲜

各地种植广泛, 消费市场需求量大<sup>[1]</sup>。尖椒果皮光滑细嫩, 富含维生素 C、蛋白质、多种微量元素等营养成分, 营养价值十分丰富, 具有加速新陈代谢、改善食欲、美容保健等功效。尖椒果肉脆嫩, 采后生理代谢旺盛, 极易出现失水萎蔫、衰老转红及蒂部腐烂等现象<sup>[2]</sup>, 严重影响营养和商品价值。运输振动是导致果蔬采后机械损伤、果实呼吸强度增加、货架期缩短的重要原因之一<sup>[3,4]</sup>。当前研究结果表明: 模拟运输振

动会加速哈密瓜果肉的软化及衰老腐败<sup>[5,6]</sup>；加快冷藏鲜杏的后熟<sup>[4]</sup>；运输振动会导致鲜切生菜品质下降，且振动强度越高，其贮藏品质越差<sup>[7]</sup>。因此，研发安全有效的保鲜方法来提高尖椒运输后贮藏期间的品质，对尖椒产业的发展具有重要意义。

茉莉酸甲酯(methyl jasmonate, MeJA)是植物中天然存在的生长调节因子，在调节植物胁迫反应和发育过程方面发挥着重要的作用<sup>[8]</sup>。MeJA 可以修复果蔬外来的机械损伤，防止病原菌侵染，还可促进果蔬营养成分的有效积累，提高果实的营养价值，延长其贮藏期<sup>[9]</sup>。研究表明：MeJA 可以提高菜心的营养价值及耐贮性<sup>[10]</sup>；保持茄子的贮藏品质<sup>[11]</sup>；还可延缓鲜切芹菜的衰老进程，其中 1  $\mu\text{mol/L}$  的 MeJA 对芹菜的保鲜效果最佳<sup>[7]</sup>。尖椒贮藏运输过程中，易因挤压、振动而发生擦伤、碰伤，加重椒体的机械损伤，加速其软化衰老，引起果实品质劣变。因此，本实验模拟了运输振动过程，通过对常温贮藏期间多项品质指标的测定，来探究浓度为 5  $\mu\text{mol/L}$  的 MeJA 处理对振动后尖椒贮藏品质的影响，为其贮运保鲜提供理论参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与仪器

供试的尖椒采摘于延庆东小营村，挑选无机械伤、无病虫害、成熟度一致的完好尖椒作为实验试材；0.03 mm PE 膜购于北京华盾雪花有限公司；模拟运输振动

时所用纸箱的长、宽、高分别为 490 mm、300 mm、310 mm，采购于北京新发地农产品批发市场。

UV-1800 紫外分光光度计，日本京都岛津公司；D-37520 台式冷冻高速离心机，Thermo Fisher Scientific；HW SY11-K 型电热恒温水浴锅，北京市长风仪器仪表公司；GY-4-J 型数显水果硬度计，浙江托普仪器有限公司；IKA A11 basic 分析研磨机，德国。

### 1.2 实验方法

将选好的尖椒装入纸箱中，其中一箱不参与振动，作为对照，其余两箱运至经济开发区广电计量检测有限公司进行模拟蔬菜运输振动实验，在 0.5 g 的振动加速度、4 Hz 的振动频率下常温振动 2 h（频谱如图 1 所示）。振动后运回实验室，将振动后的尖椒随机分成两组，取其中一组用 5  $\mu\text{mol/L}$  的 MeJA 浸泡 10 min，另一组同不振动的尖椒分别用清水浸泡 10 min，室温晾干后装入 PE（厚度为 0.03 mm）保鲜袋中，折扣包装，于 20  $\pm$  1  $^{\circ}\text{C}$  的冷库中贮藏，每 2 d 对不同处理组尖椒进行取样、观察及品质指标测定，样品用液氮速冻，于 -20  $^{\circ}\text{C}$  下保存备用。

### 1.3 测定指标和方法

#### 1.3.1 尖椒感官评分的测定

由 6 人组成的品评小组对各处理组尖椒的感官品质进行评判，采取 9 分制<sup>[11,12]</sup>，实验结果取平均值，评判标准如表 1 所示。

表 1 尖椒感官评定标准

Table 1 The sheet of sensory assessment criteria of pepper

9 分	7 分	5 分	3 分	1 分
没有变化	稍有变化	商品性最低限	食用价值最低限	腐烂变质
果实新鲜	果实较好	果实呈微黄色	果实呈黄褐色	果实转红
形态饱满	形态较为饱满	形态稍有皱缩	形态皱缩	失水严重

#### 1.3.2 尖椒硬度的测定

硬度的测定使用 GYJ 数显型硬度计，探头直径为 0.7 cm，单位为 N。

#### 1.3.3 尖椒失重率的测定

失重率的测定采用差量法<sup>[13]</sup>，失重率(%)=(初始质量-最终质量)/初始质量 $\times$ 100。

#### 1.3.4 尖椒呼吸强度的测定

呼吸强度采用 GXH-3051 型便携式气体分析仪进行测定。

#### 1.3.5 尖椒叶绿素含量的测定

叶绿素含量的测定是根据 Shi 等<sup>[14]</sup>的方法：丙酮：乙醇（2:1）溶液作为样品组织提取液，测定其在 663 nm 和 645 nm 处的吸光值。

#### 1.3.6 尖椒可溶性固形物含量的测定

可溶性固形物（TSS）含量采用手持糖度计进行测定。

#### 1.3.7 尖椒维生素 C 含量的测定

维生素 C (Vc) 含量的测定采用钼酸铵比色法<sup>[15]</sup>，测定其在 760 nm 处的吸光值。

#### 1.3.8 尖椒抗氧化酶活性的测定

过氧化物酶（POD）、过氧化氢酶（CAT）、抗坏血酸过氧化物酶（APX）活性测定均采用曹建康等<sup>[16]</sup>的方法，分别测定 470 nm、240 nm、290 nm 处的吸光值。

## 1.4 数据分析与处理

利用 EXCEL 2010 统计分析软件行数据整理, 利用 Origin 8.5 作图, 利用 IBM SPSS Statistics 22 软件对数据进行差异显著性检验 ( $p < 0.05$  为差异显著;  $p < 0.01$  为差异极显著)。

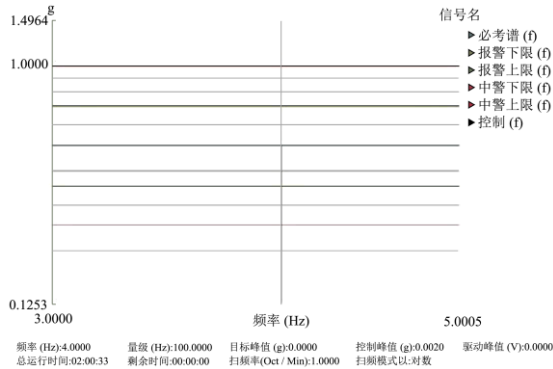


图 1 尖椒振动频谱谱线图

Fig.1 Vibration spectrum line diagram of pepper

## 2 结果与分析

### 2.1 茉莉酸甲酯处理对振动后尖椒感官评价的影响

的影响

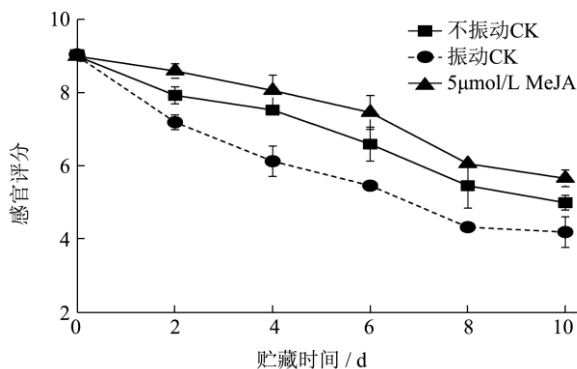


图 2 茉莉酸甲酯对振动后尖椒感官评分的影响

Fig.2 Effect of MeJA on sensory score of pepper after vibration

感官评定是描述和判断尖椒品质及质量最直观的指标, 也是影响消费者购买意象的关键因素。如图 2 所示, 尖椒贮藏期间的感官评分呈下降趋势, MeJA 处理组尖椒的感官评分始终高于其他两组, 且在贮藏的第 4~8 d, MeJA 处理组与对照组差异极显著 ( $p < 0.01$ ); 在贮藏结束时, MeJA 处理组尖椒仍具有一定商品价值, 不振动 CK 组尖椒的商品性达到最低限, 而振动 CK 组的尖椒已经失去商品性。因此, 模拟运输振动实验会加快尖椒感观品质的下降, 而 MeJA 处理可有效地维持振动后尖椒的外观品质。

### 2.2 茉莉酸甲酯处理对振动后尖椒硬度影响

硬度是评价果蔬成熟程度的重要指标<sup>[17]</sup>, 可直观

反映尖椒果皮脆嫩及新鲜程度。由图 3 可知, 尖椒果实的硬度随贮藏时间的延长逐渐下降, MeJA 处理的振动后尖椒硬度始终高于对照组; 在贮藏的第 2~6 d, 振动 CK 组尖椒硬度与 MeJA 处理组及不振动 CK 组差异显著 ( $p < 0.05$ ); 在贮藏结束时, MeJA 处理组尖椒硬度比其他两个处理组分别高出 1.32 N 和 2.3 N。结果表明尖椒经过振动处理后, 会加速果实贮藏期间品质的下降, 而 MeJA 处理可延缓其硬度的下降, 对保持尖椒质量具有促进作用。

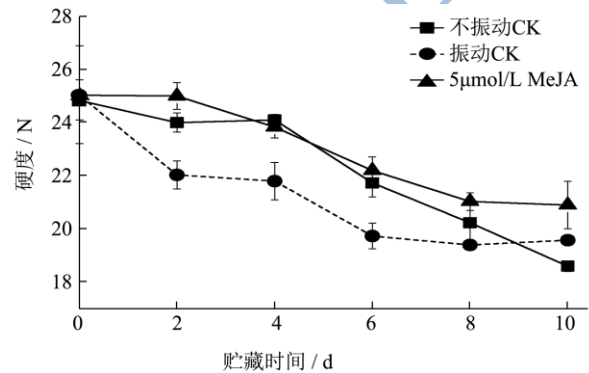


图 3 茉莉酸甲酯对振动后尖椒硬度的影响

Fig.3 Effect of MeJA on hardness of pepper after vibration

### 2.3 茉莉酸甲酯处理对振动后尖椒失重率的影响

影响

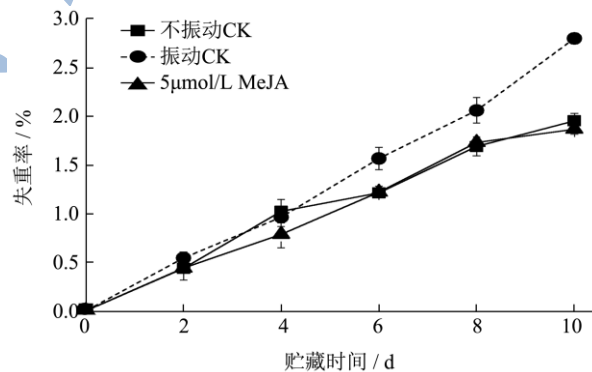


图 4 茉莉酸甲酯对振动后尖椒失重率的影响

Fig.4 Effect of MeJA on weight loss of pepper after vibration

果蔬在贮藏时由于水分蒸发及组织代谢消耗会产生失重现象<sup>[18]</sup>, 水分散失会使尖椒果皮邹缩, 椒体变软, 商品价值降低。如图 4 所示, 随着贮藏时间的延长, 尖椒失重率呈上升趋势, MeJA 处理组与不振动 CK 组尖椒失重率上升趋势较为缓慢, 且二者之间无显著差异, ( $p > 0.05$ ); 在贮藏的第 6~10 d, MeJA 处理组与不振动 CK 组尖椒失重率差异极显著 ( $p < 0.01$ ); 贮藏结束时, 振动 CK 组失重率达到 2.8%, 不振动 CK 组失重率为 1.95%, 而 MeJA 处理组仅为 1.86%, 表明振动可能会加快尖椒的蒸腾呼吸作用, 从而增加



果体失重率，而 MeJA 处理可延缓贮藏期间振动后尖椒失重率的上升。

## 2.4 茉莉酸甲酯处理对振动后尖椒呼吸强度的影响

的影响

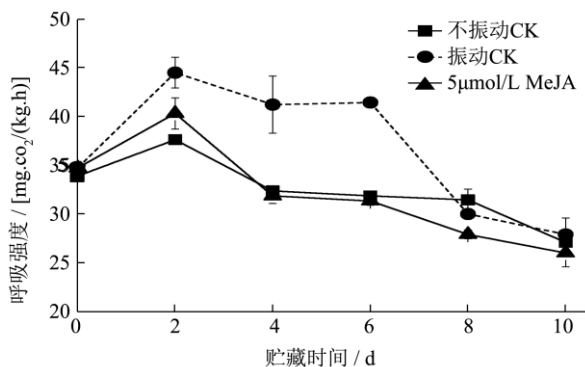


图5 茉莉酸甲酯对振动后尖椒呼吸强度的影响

Fig.5 Effect of MeJA on respiration rate of pepper after vibration

果蔬的呼吸速率可直接影响其保质期，呼吸速率越高，其保质期越短<sup>[19]</sup>。如图5所示，尖椒贮藏期间的呼吸强度呈先上升后下降的趋势，且不振动CK及MeJA处理组的呼吸强度始终维持在较低水平；在贮藏的0~2d，不振动CK组尖椒的呼吸高峰最小，说明振动会加快果实的呼吸速率；在贮藏的2~6d，MeJA处理组尖椒的呼吸强度与振动CK组差异极显著 ( $p < 0.01$ )，但与不振动CK组无显著差异 ( $p > 0.05$ )，表明MeJA能抑制振动后尖椒的呼吸作用，延长其保质期。

## 2.5 茉莉酸甲酯处理对振动后尖椒叶绿素含量的影响

的影响

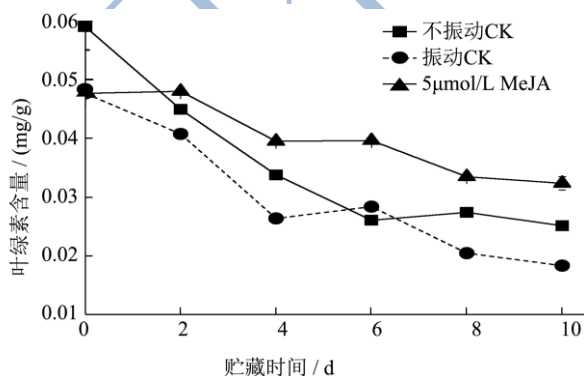


图6 茉莉酸甲酯对振动后尖椒叶绿素含量的影响

Fig.6 Effect of MeJA on chlorophyll content of pepper after vibration

叶绿素含量可以反映尖椒的贮藏品质，椒体黄化

是由于叶绿素降解引起的。如图6所示，振动CK及不振动CK处理组尖椒的叶绿素含量呈快速下降的趋势，且不振动CK组叶绿素含量总体高于振动CK组，MeJA处理组叶绿素含量下降趋势较为缓慢，在贮藏的2~10d，MeJA和振动CK处理组差异极显著 ( $p < 0.01$ )；在贮藏结束时，每克MeJA处理组尖椒果实的叶绿素含量比不振动CK组高0.0072mg，比振动CK组高0.014mg，表明MeJA处理可有效维持振动后尖椒的品质及商品价值。

## 2.6 茉莉酸甲酯处理对振动后尖椒可溶性固形物含量的影响

的影响

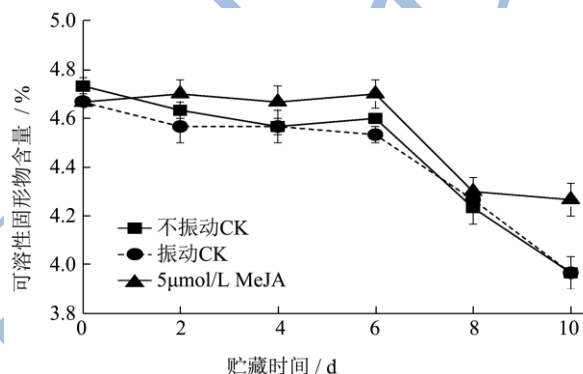


图7 茉莉酸甲酯对振动后尖椒可溶性固形物含量的影响

Fig.7 Effect of MeJA on TSS content of pepper after vibration

可溶性固形物(TSS)含量是评价尖椒营养及商品价值的重要指标。由图7可知，尖椒的TSS含量在贮藏前6d保持着较高的水平，在6~10d呈快速下降趋势，且MeJA处理组TSS含量始终高于其他处理组；在贮藏的第2~6d，MeJA处理组与振动CK组差异显著 ( $p < 0.05$ )，在第10d时，两者差异极显著 ( $p < 0.01$ )，且MeJA处理组果实的TSS含量高于对其他两组0.3%，表明MeJA处理可延缓振动后尖椒TSS含量的下降。

## 2.7 茉莉酸甲酯处理对振动后尖椒维生素C含量的影响

含量的影响

维生素C(Vc)是尖椒含量最丰富的营养物质，是评价尖椒营养品质的重要指标。如图8所示，随着贮藏时间的延长，尖椒的Vc含量呈下降趋势，不振动处理组的Vc含量始终高于振动CK组，且在贮藏的第0~8d差异极显著 ( $p < 0.01$ )，表明振动加速了尖椒营养物质的流失。MeJA处理组尖椒的Vc含量始终高于振动CK组，且两者差异极显著 ( $p < 0.01$ )，在整个贮藏期内，振动CK组尖椒Vc含量下降了0.99mg，

而 MeJA 处理组仅下降了 0.67 mg, 说明 MeJA 处理可保持尖椒振动后贮藏期内的 Vc 含量。

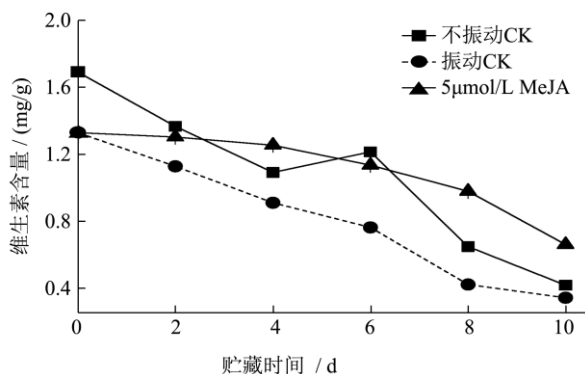


图8 茉莉酸甲酯对振动后尖椒维生素C含量的影响

Fig.8 Effect of MeJA on vitamin C content of pepper after vibration

## 2.8 茉莉酸甲酯处理对振动后尖椒过氧化物酶活性的影响

酶活性的影响

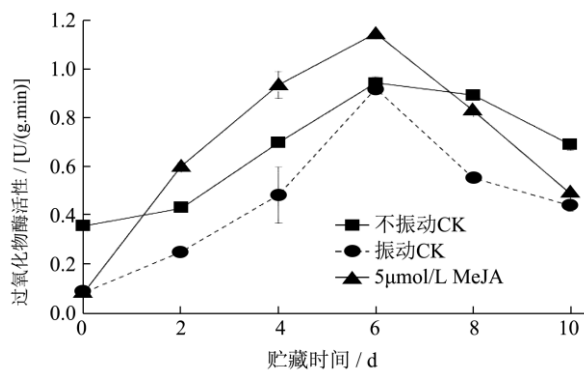


图9 茉莉酸甲酯对振动后尖椒过氧化物酶活性的影响

Fig.9 Effect of MeJA on POD activity of pepper after vibration

过氧化物酶 (POD) 是园艺作物逆境条件下酶促防御系统的关键酶之一, 可清除过剩的自由基, 从而提高植物的抗逆性<sup>[20]</sup>。如图 9 所示, 尖椒的 POD 活性随着贮藏时间的延长呈先上升后下降的趋势, 在贮藏的第 6 d 达到最大值, 不振动处理组的 POD 活性始终高于振动处理组, 且除第 6 d 外两者差异极显著 ( $p<0.01$ ), 而 MeJA 处理组 POD 活性始终高于振动 CK 组, 且在第 2~8 d 两者差异极显著 ( $p<0.01$ ), 说明 MeJA 处理可增强尖椒 POD 的活性, 提高了果实贮藏期间的抗逆性。

## 2.9 茉莉酸甲酯处理对振动后尖椒过氧化氢酶活性的影响

酶活性的影响

过氧化氢酶 (CAT) 可通过调控活性氧过氧化氢来减轻细胞损伤, 从而延缓植物的衰老<sup>[21]</sup>。如图 10

所示, 尖椒的 CAT 活性随着贮藏时间的延长呈先上升后下降的趋势, 不振动处理组的 CAT 活性在贮藏期间高于振动处理组, 且在第 0~6 d 两者差异极显著 ( $p<0.01$ ), MeJA 处理组尖椒的 CAT 活性始终高于振动 CK 组, 在第 2~10 d 两组处理极差异显著 ( $p<0.01$ ), 表明振动会加重细胞损伤, 而 MeJA 处理可增强 CAT 活性, 延缓尖椒果实的衰老。

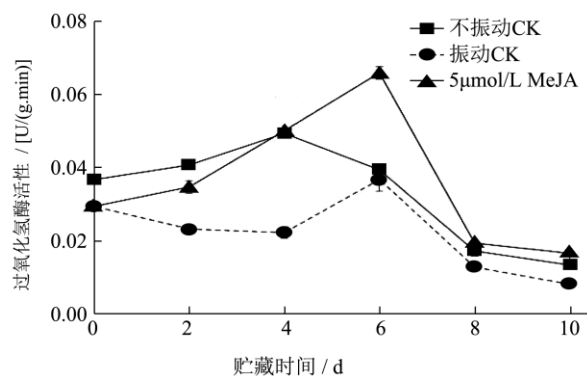


图10 茉莉酸甲酯对振动后尖椒过氧化氢酶活性的影响

Fig.10 Effect of MeJA on CAT activity of pepper after vibration

## 2.10 茉莉酸甲酯处理对振动后尖椒抗坏血酸过氧化物酶活性的影响

酶活性的影响

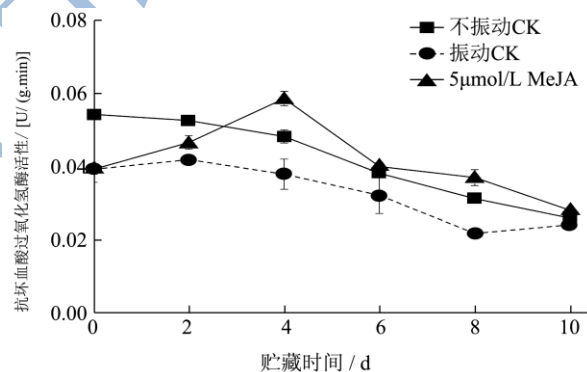


图11 茉莉酸甲酯对振动后尖椒抗坏血酸过氧化物酶活性的影响

Fig.11 Effect of MeJA on APX activity of pepper after vibration

抗坏血酸过氧化物酶 (APX) 作为植物 AsA-GSH 氧化还原途径的重要组成部分之一, 是植物特有的清除  $H_2O_2$  的重要酶类<sup>[22]</sup>。如图 11 所示, 随着贮藏时间的延长, 尖椒的 APX 活性总体呈下降趋势, 不振动处理组的 APX 活性在贮藏的第 0~8 d 显著高于振动处理组 ( $p<0.05$ ), 且 MeJA 处理组尖椒的 APX 活性在第 2~8 d 显著高于振动 CK 组 ( $p<0.05$ ), 表明振动会加快尖椒组织的氧化损伤, 而 MeJA 处理可增强抗氧化酶活性, 从而减轻尖椒的氧化胁迫。

## 3 结论

3.1 MeJA 可通过激活植物的防御反应和修复外来机械损伤来调控果蔬的品质<sup>[9]</sup>。有研究表明 MeJA 可以维持鲜切芹菜<sup>[8]</sup>、蓝莓果实<sup>[23]</sup>的贮藏品质, 延长货架期。本实验通过对 MeJA 处理的模拟运输振动后尖椒的感官评价及品质指标测定与分析发现, 运输振动会加快尖椒感官品质下降, 而 MeJA 处理可使振动后尖椒保持较高的感官评分和叶绿素含量, 抑制水分散失和呼吸强度, 延缓果实硬度的下降及 TSS 和 Vc 含量的流失, 维持了尖椒的贮藏品质。

3.2 氧化胁迫会加快细胞内活性氧的积累, 从而损坏细胞组织, 但植物体内具有抗氧化酶组成的抗氧化防御系统来抵抗活性氧的伤害<sup>[24]</sup>。前人研究表明 MeJA 可增强番茄<sup>[25]</sup>、火龙果<sup>[26]</sup>的抗氧化酶活性, 维持较高的抗氧化能力。本实验结果表明, 振动处理会加快采收后尖椒的氧化损伤, 而 MeJA 可以保持较高的抗氧化酶活性, 清除活性氧自由基对果实组织的伤害。因此, MeJA 可提高振动后尖椒感官品质及商品价值的, 延长货架期。

## 参考文献

- [1] 李月, 朱启忠, 张迪, 等. 壳聚糖复合涂膜常温保鲜青尖椒的优化试验研究[J]. 食品工业, 2009, 30(2): 23-24  
LI Yue, ZHU Qi-zhong, ZHANG Di, et al. Optimization experimental study on the normal temperature preservation of fresh green pepper with chitosan composite film [J]. Food Industry, 2009, 30(2): 23-24
- [2] 侯田莹, 王福东, 寇文丽, 等. 温度变化和 1-MCP 处理对青椒贮藏品质的影响[J]. 保鲜与加工, 2012, 12(5): 8-13  
HOU Tian-ying, WANG Fu-dong, KOU Wen-li, et al. Effects of temperature change and 1-mcp treatment on the storage quality of green pepper [J]. Preservation and Processing, 2012, 12(5): 8-13
- [3] 周然, 苏树强, 李云飞. 果蔬运输振动频谱检测分析及对水果损伤的研究[J]. 包装工程, 2007, 28(10): 76-79  
ZHOU Ran, SU Shu-qiang, LI Yun-fei. Analysis of vibration spectrum detection of fruit and vegetable transportation and research on fruit damage [J]. Packaging Engineering, 2007, 28(10): 76-79
- [4] 潘俨, 车凤斌, 董成虎, 等. 模拟运输振动对新疆杏呼吸途径和品质的影响[J]. 农业工程学报, 2015, 31(3): 325-331  
PAN Yan, CHE Feng-bin, DONG Cheng-hu, et al. Effects of simulated transport vibration on the apricots respiration pathway and quality in Xinjiang [J]. Journal of Agricultural Engineering, 2015, 31(3): 325-331
- [5] 徐斌, 车凤斌, 潘俨, 等. 模拟运输振动对不同堆高哈密瓜果实质地品质的影响[J]. 新疆农业科学, 2017, 54(2): 243-253  
XU Bin, CHE Feng-bin, PAN Yan, et al. Effects of simulated transport vibration on the quality of fruit texture of different piles of cantaloupe [J]. Xinjiang Agricultural Science, 2017, 54(2): 243-253
- [6] 曾媛媛, 王锡昌, 周然, 等. 运输振动对哈密瓜贮藏品质的影响[J]. 食品与机械, 2016, 32(3): 141-144, 148  
ZENG Yuan-yuan, WANG Xi-chang, ZHOU Ran, et al. Effects of transportation vibration on the storage quality of cantaloupe [J]. Food and Machinery, 2016, 32(3): 141-144, 148
- [7] 董雪临, 张超, 马越, 等. 运输振动对鲜切生菜品质的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(8): 255-259  
DONG Xue-lin, ZHANG Chao, MA Yue, et al. Effects of transportation vibration on the quality of fresh lettuce [J]. Food Science, 2016, 37(8): 255-259
- [8] 张馨跃, 王艳颖, 李天, 等. 茉莉酸甲酯处理对鲜切芹菜贮藏品质的影响[J]. 保鲜与加工, 2013, 13(5): 24-28  
ZHANG Xin-yue, WANG Yan-ying, LI Tian, et al. Effect of methyl jasminate on the storage quality of fresh cut celery [J]. Preservation and Processing, 2013, 13(5): 24-28
- [9] 齐海萍, 刘程惠, 田密霞, 等. 茉莉酸甲酯在采后果蔬品质控制中的应用[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(7): 2415-2419  
QI Hai-ping, LIU Cheng-hui, TIAN Mi-xia, et al. Application of methyl jasminate in quality control of fruits and vegetables after harvest [J]. Journal of Food Safety Quality Detection, 2015, 6(7): 2415-2419
- [10] 张法梅, 刘少群, 苏蔚, 等. 茉莉酸甲酯处理对菜心耐贮性的影响[J]. 农业工程学报, 2009, 25(S1): 87-91  
ZHANG Fa-mei, LIU Shao-qun, SU Wei, et al. Effects of methyl jasminate on the resistance to the storage of vegetables [J]. Journal of Agricultural Engineering, 2009, 25(S1): 87-91
- [11] 范林林, 任恒雪, 夏春丽, 等. 短波紫外线处理对青椒采收后生理特性的影响[J]. 北方园艺, 2016, 10: 127-130  
FAN Lin-lin, REN Heng-xue, XIA Chun-li, et al. Effect of UV-C treatment on physiological property of postharvest sweet peppers [J]. Northern Horticulture, 2016, 10: 127-130
- [12] 许晖, 徐泽平, 马韵升, 等. 明胶与壳聚糖复配对青椒贮藏保鲜的影响[J]. 福建农业学报, 2015, 30(6): 590-593  
XU Hui, XU Ze-ping, MA Yun-sheng, et al. Effect of edible chitosan-gelatin coating on shelf life of fresh green peppers [J]. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2015, 30(6): 590-593

- [13] 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
- [14] 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
- [15] 张洪军,潘艳娟,王建清.大蒜肉桂精油复配PE膜对双孢菇的保鲜研究[J].包装与食品机械,2015,33(4):21-25  
ZHANG Hong-jun, PAN Yan-juan, WANG Jian-qing. A study on the preservation of bisporus with garlic/cinnamon oil compound PE film [J]. Packaging and Food Machinery, 2015, 33(4): 21-25
- [16] 曹建康,姜微波,赵玉梅.果蔬采后生理生化实验指导.2 版 [M].北京:中国轻工业出版社,2011  
CAO Jian-kang, JIANG Wei-bo, ZHAO Yu-mei. Guidance of physiological and biochemical experiment in postharvest fruits and vegetables.2 [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2011
- [17] 李立民.运输过程中机械振动对果蔬贮藏品质的影响[D].天津:天津商业大学,2016  
LI Li-min. Effects of mechanical vibration on storage quality of fruits and vegetables during transportation [D]. Tianjin: Tianjin University of Commerce, 2016
- [18] 何彩梅,何忠伟,赵孝承,等.复合天然抗氧化保鲜剂对大果山楂保鲜效果研究[J].食品工业,2017,38(12):11-13  
HE Cai-mei, HE Zhong-wei, ZHAO Xiao-cheng, et al. Study on the preservation effect of compound natural antioxidant preservatives [J]. Food Industry, 2017, 38(12): 11-13
- [19] 高虎.呼吸保鲜包装对果蔬产品保鲜的重要性[J].印刷技术,2017,6:59-62  
GAO Hu. The importance of fresh packaging for fresh fruit and vegetable products [J]. Printing Technology, 2017, 6: 59-62
- [20] 梁艳荣,胡晓红,张颖力,等.植物过氧化物酶生理功能研究进展[J].内蒙古农业大学学报:自然科学版,2003,24(2): 110-113  
LIANG Yan-rong, HU Xiao-hong, ZHANG Ying-li, et al. Progress on physiological function research of plant peroxidase [J]. Journal of Inner Mongolia Institute of Agriculture & Animal Husbandry, 2003, 24(2): 110-113
- [21] 李哲,黄磊.植物叶片和采后果蔬的过氧化物酶活性[J].生态科学,2010,29(6):573-578  
LI Zhe, HUANG Lei. Catalase activity in plant leaves and postharvest fruits and vegetables [J]. Ecological Science, 2010, 29(6): 573-578
- [22] 沈文飏,黄丽琴,徐朗莱.植物抗坏血酸过氧化物酶[J].生命的化学,1997,5:24-26  
SHEN Wen-biao, HUANG Li-qin, XU Lang-lai. Ascorbic acid peroxidase in plants [J]. Chemistry of Life, 1997, 5: 24-26
- [23] 冯叙桥,黄晓杰,赵宏侠,等.MeJA(茉莉酸甲酯)处理对采后蓝莓品质和抗氧化能力的影响[J].食品工业科技,2014,35(22):330-335  
FENG Xu-qiao, HUANG Xiao-jie, ZHAO Hong-xia, et al. Effect of treatment with MeJA on quality and antioxidant ability of postharvest blueberry fruit [J]. Science and Technology of Food Industry, 2014, 35(22): 330-335
- [24] 史君彦,高丽朴,左进华,等.外源神经酰胺处理对青椒果实抗冷性的影响[J].现代食品科技,2016,32(2):164-170  
SHI Jun-yan, GAO Li-pu, ZUO Jin-hua, et al. Effect of exogenous ceramide treatment on chilling tolerance in green bell pepper fruits [J]. Modern Food Science and Technology, 2016, 32(2): 164-170
- [25] Zhu Z, Tian S. Resistant responses of tomato fruit treated with exogenous methyl jasmonate to Botrytis cinerea, infection [J]. Scientia Horticulturae, 2012, 142: 38-43
- [26] 李晓安,韩聪,高梵,等.茉莉酸甲酯预处理对鲜切火龙果品质和抗氧化活性的影响[J].食品安全质量检测学报,2015,7: 2502-2508  
LI Xiao-an, HAN Cong, GAO Fan, et al. Effect of methyl jasmonate pre-treatment on quality and antioxidant activity of fresh-cut pitaya fruit [J]. Journal of Food Safety and Quality, 2015, 7: 2502-2508