

# 电商速递中不同浓度 1-MCP 处理对脆李货架品质的影响

彭梦云<sup>1</sup>, 王雪青<sup>1</sup>, 熊金梁<sup>1</sup>, 张倩倩<sup>1</sup>, 张勋<sup>2</sup>, 向运芳<sup>2</sup>, 关文强<sup>1</sup>, 黄明<sup>2</sup>

(1.天津商业大学 a.生物技术与食品科学学院 b.天津市食品生物技术重点实验室, 天津 300134;

2.重庆市巫山县果品产业发展中心, 重庆 404716)

**摘要:** **目的** 探究在电商速递中不同浓度 1-甲基环丙烯 (1-Methylcyclopropene, 1-MCP) 处理对低温及常温脆李货架品质的影响。**方法** 采用不同浓度的 1-MCP (0、2、4、6  $\mu\text{L/L}$ ) 对电商运输中的脆李进行 46 h 熏蒸处理, 研究脆李在低温 ( $4\pm 0.2$ )  $^{\circ}\text{C}$  下贮藏 12 d, 然后转入常温货架 ( $25\pm 0.2$ )  $^{\circ}\text{C}$  下贮藏 3 d 过程中质量损失率、呼吸强度、乙烯释放量、质构、色泽、可溶性固形物 (TSS) 含量、可滴定酸 (TA) 含量、抗坏血酸 (Vc) 含量、丙二醛 (MDA) 含量的变化。**结果** 不同浓度的 1-MCP 处理均有效保持了脆李的货架品质。对照组的脆李果实在冷藏 12 d 时的呼吸强度为  $5.76 \text{ mg}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ , 乙烯释放量为  $23.44 \mu\text{L}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ , 硬度为  $350.86 \text{ g}$ , 此时脆李果实已全部软化, 失去了脆李特有的口感。2  $\mu\text{L/L}$  1-MCP 处理组脆李果实在冷藏 12 d 时的呼吸强度为  $3.57 \text{ mg}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ , 乙烯释放量为  $6.93 \mu\text{L}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ , 硬度为  $845.65 \text{ g}$ 。2  $\mu\text{L/L}$  1-MCP 处理组果实在 TSS、TA、Vc、MDA 等营养指标和衰老指标上均不同程度地优于对照组、4  $\mu\text{L/L}$  处理组、6  $\mu\text{L/L}$  处理组的脆李果实。通过 1-MCP 处理可有效减少脆李营养的流失, 保持脆李的外观和风味。**结论** 在电商速递中, 采用 2  $\mu\text{L/L}$  1-MCP 熏蒸处理能有效延缓脆李的衰老进程, 维持果实货架期间的品质。

**关键词:** 脆李; 电商速递; 1-甲基环丙烯; 货架品质

中图分类号: TS255.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2023)13-0074-10

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.13.010

## Effect of Different Concentrations of 1-MCP Treatment in E-Commerce Logistics on Shelf Quality of Crisp Plums

PENG Meng-yun<sup>1</sup>, WANG Xue-qing<sup>1</sup>, XIONG Jin-liang<sup>1</sup>, ZHAN Qian-qian<sup>1</sup>, ZHANG Xun<sup>2</sup>,  
XIANG Yun-fang<sup>2</sup>, GUAN Wen-qiang<sup>1</sup>, HUANG Ming<sup>2</sup>

(1.a. School of Biotechnology and Food Science b. Tianjin Key Laboratory of Food Biotechnology, Tianjin University of Commerce, Tianjin 300134, China; 2. Chongqing Wushan County Fruit Industry Development Center, Chongqing 404716, China)

**ABSTRACT:** The work aims to study the effect of different concentrations of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) treatment in E-commerce logistics on the shelf quality of crisp plums at low and room temperature. Crisp plums in E-commerce logistics were treated with different concentrations of 1-MCP at 0  $\mu\text{L/L}$ , 2  $\mu\text{L/L}$ , 4  $\mu\text{L/L}$  and 6  $\mu\text{L/L}$  through fumigation treatment for 46 h. Changes in mass loss rate, respiration intensity, ethylene release, texture, color, soluble solids (TSS), titratable acid (TA), ascorbic acid (Vc and malondialdehyde (MDA) content in crisp plums stored at low temperature

收稿日期: 2022-10-26

作者简介: 彭梦云 (1996—), 女, 硕士生, 主攻农产品加工与贮藏。

通信作者: 关文强 (1974—), 男, 博士, 教授, 主要研究方向为农产品加工与贮藏; 黄明 (1970—), 女, 研究员, 主要研究方向为果树栽培。

( $4\pm 0.2$ ) $^{\circ}\text{C}$  for 12 d and then transferred to ambient shelves at ( $25\pm 0.2$ ) $^{\circ}\text{C}$  for 3 d were investigated. The different concentrations of 1-MCP treatments effectively maintained the shelf quality of crisp plums. In the control group, the respiration intensity was 5.76 mg/(kg·h), the ethylene release was 23.44  $\mu\text{L}/(\text{kg}\cdot\text{h})$  and the hardness was 350.86 g on the 12th day of storage. At this time, the fruit was completely softened and lost the characteristic taste of crisp plums. For plums treated with 2  $\mu\text{L}/\text{L}$  1-MCP, the respiration intensity of was 3.57 mg/(kg·h), the ethylene release was 6.93  $\mu\text{L}/(\text{kg}\cdot\text{h})$  and the hardness was 845.65 g. The 2  $\mu\text{L}/\text{L}$  1-MCP treatment group were better than control group, 4  $\mu\text{L}/\text{L}$  and 6  $\mu\text{L}/\text{L}$  1-MCP treatment groups in terms of juice yield, TSS, TA, Vc, MDA and other nutrition indexes and senescence indexes. Such treatment could effectively reduce the nutrient loss and maintain the appearance and flavour of crisp plums. Fumigation treatment with 2  $\mu\text{L}/\text{L}$  1-MCP in E-commerce logistics can effectively delay the senescence process of crisp plums and maintain the quality of fruits during the shelf life.

**KEY WORDS:** crisp plums; E-commerce logistics; 1-Methylcyclopropene; shelf quality

脆李 (*Prunus americana*) 属于蔷薇科李属植物, 主要种植在我国西南地区<sup>[1]</sup>, 富含维生素、总酚、矿物质 (包括铁、钾和镁) 等营养成分, 果肉酸甜, 清脆可口, 受到广大消费者的喜爱<sup>[2-3]</sup>。由于脆李属于典型的呼吸跃变型果实, 因此采后仍会进行强烈的呼吸作用, 促使果皮颜色由绿变黄, 果肉发生软化, 加速了果实的后熟和衰老。脆李通过电商速递实现了快速流通<sup>[4]</sup>, 采用低温贮藏运输方式, 在运至目的地后仍保持了果实的品质。在冷藏后回温的货架期阶段会使果实的生理发生变化, 加快其品质的劣变<sup>[5]</sup>, 因此寻求一种脆李的低温及常温货架保鲜技术非常重要。

随着电商平台的迅速发展, 生鲜产品 (尤其是果蔬类) 的线上消费需求日益增大, 消费者对果蔬的口感和营养价值的要求日渐提升。由于生鲜果蔬具有鲜活易腐且容易受到挤压等特性, 故急需研发电商果蔬物流配送方式。目前, 常见的物流运输方式包括纸质缓冲包装、塑料缓冲包装、全程冷链物流及保鲜剂等。由于我国的低温运输能力相对滞后, 且运输成本较高, 故常温运输结合保鲜剂运输成为新型物流保鲜方式。

1-甲基环丙烯 (1-Methylcyclopropene, 1-MCP) 是一种乙烯作用抑制剂, 它可以抑制或推迟乙烯诱导的后熟作用, 延缓果实的衰老<sup>[6]</sup>。陈嘉等<sup>[7]</sup>探究了 1.0  $\mu\text{L}/\text{L}$  1-MCP 处理对青脆李低温贮藏期间品质的影响, 结果表明, 1-MCP 可以有效抑制果实的呼吸强度和乙烯释放量, 延长保鲜期。Win 等<sup>[8]</sup>研究了 1.0  $\mu\text{L}/\text{L}$  1-MCP 处理对苹果细胞壁中果胶的修饰作用, 证明 1-MCP 可以通过减弱果胶的解聚作用, 保持苹果的硬度, 延缓软化。目前已有将保鲜剂应用于电商果蔬的相关报道。闫琰等<sup>[9]</sup>探究了常温物流和冷链物流对西兰花品质的影响, 结果表明, 对于时间小于 100 h 的短距离运输西兰花, 可用常温物流代替冷链物流, 且在常温物流处理方式中, 泡沫箱+蓄冷剂+1-MCP 的处理方式的保鲜效果最好。邓丙乾等<sup>[10]</sup>研究了 1-MCP 处理对冷链运输月柿冷藏品质的影响, 结果表明, 采用

1-MCP 处理对冷链物流后柿果的保鲜品质和贮藏品质具有显著作用, 是一种与冷链物流技术相结合能够获得更佳效果的处理手段。

关于 1-MCP 在脆李保鲜上的应用已有很多报道。目前市面上使用的 1-MCP 产品多为粉末型, 而 1-MCP 保鲜卡与其相比, 具有使用方便、快捷、浓度控制精确等优点, 在电商果蔬保鲜中具有较好的应用前景<sup>[11]</sup>。周婷等<sup>[12]</sup>研究发现, 1  $\mu\text{L}/\text{L}$  1-MCP 贴剂结合 PVC 处理能显著降低青脆李果实贮藏过程中的腐烂率和质量损失率, 抑制果实转黄, 延缓果实衰老的进程。关于电商速递中 1-MCP 处理对脆李低温及常温货架品质的影响少见报道, 故文中采用不同浓度的 1-MCP 在电商运输中对脆李进行处理, 运输结束后, 在低温 ( $4^{\circ}\text{C}\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ) 条件下贮藏 12 d, 然后转入常温货架 ( $25^{\circ}\text{C}\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ) 贮藏 3 d, 研究果实品质的变化, 以期对脆李的低温及常温货架期保鲜提供技术支持。

## 1 实验

### 1.1 材料与试剂

脆李于 2021 年 7 月 13 日早上 6 点采摘于重庆市巫山县, 挑选大小均一、单果质量约为 30 g、八成熟和无机械伤的脆李作为样品。主要试剂: 1-MCP 保鲜卡 (有效含量为 15  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ , 尺寸为 4 cm $\times$ 2.5 cm), 山东营养源食品科技有限公司; 磷酸、三氯乙酸、无水乙醇、抗坏血酸和氯化铁等, 天津市化学试剂有限公司; 红菲咯啉, 天津市化学试剂供销公司。

### 1.2 仪器与设备

主要仪器和设备: Check Point II 便携式顶空气体分析仪, 美国 Ametek Mocon 公司; ES-100 乙烯分析仪, 北京阳光亿事达科技有限公司; TA-XT Plus 质构仪, 英国 Stable Micro Systems 公司; CR-400 色彩色差计, 日本柯尼卡美能达公司; PAL-BX/ACID1 糖酸折射仪, 日本 ATAGO 爱拓中国分公司;

Evolution201 紫外可见分光光度计, 美国赛默飞世尔科技有限公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 样品处理

将脆李采摘后, 于当天运至 0~4 °C 冷库中进行预冷, 次日 9 点结束预冷。将脆李装入打孔 (孔数量为 6 个, 分布在吸塑盒上方, 孔径为 0.5 cm) 的聚丙烯吸塑盒 (17.5 cm×13.5 cm×7.5 cm) 后放入泡沫箱 (39 cm×21.5 cm×19.5 cm) 内, 并在泡沫箱内放入 2 袋蓄冷剂 (150 g/袋), 将蓄冷剂分布于脆李之间, 将 1-MCP 保鲜卡放在吸塑盒上方, 最后用胶带封箱 (40 cm×22 cm×20 cm)。每箱 4 盒, 共计 2.5 kg。在实验过程中设置 4 个处理组, 每组做 3 个平行实验。

不同浓度的 1-MCP 保鲜卡 (0 张, 0 μL/L; 0.5 张, 2 μL/L; 1 张, 4 μL/L; 2 张, 6 μL/L) 分别对应对照组、2 μL/L 1-MCP 组、4 μL/L 1-MCP 组、6 μL/L 1-MCP 组。将处理后的样品经顺丰速运 (泡沫箱+蓄冷剂常温运输, 陆运 46 h), 由天津商业大学保鲜实验室收货, 然后进行分装, 每盒 8 个果实, 先放置在 (4±0.2) °C 下贮藏 12 d, 然后转入 (25±0.2) °C 下贮藏 3 d, 每隔 3 d 取样 1 次, 测定果实相关品质的变化情况。

#### 1.3.2 感官评价

由 9 位经过培训的研究生组成感官评价小组, 分别独立地评价脆李品质。感官评价标准见表 1。

表 1 脆李果实感官品质评价  
Tab.1 Sensory quality evaluation of crisp plums

| 评分 | 感官标准               |
|----|--------------------|
| 5  | 果实饱满, 坚硬, 商品价值高    |
| 4  | 果实饱满, 较硬, 商品价值较高   |
| 3  | 果实有手感, 稍软, 尚有商品价值  |
| 2  | 果实变软明显, 较软, 商品价值降低 |
| 1  | 果实完全软化, 无商品价值      |

#### 1.3.3 质量损失率的测定

参考熊金梁等<sup>[13]</sup>的方法测定质量损失率, 见式(1)。

$$\text{质量损失率} = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中:  $m_0$  为果实贮藏前的质量, g;  $m_1$  为果实贮藏后的质量, g。

#### 1.3.4 呼吸强度和乙烯释放量的测定

参考史萌等<sup>[14]</sup>的方法测定, 将脆李果实置于体积为 1.9 L 的密封盒中密封 4 h, 采用气体分析仪和乙烯分析仪分别测定密封后盒中的 CO<sub>2</sub> 含量和乙烯释放

量, 每个处理组做 3 次重复实验, 结果取其平均值。CO<sub>2</sub> 含量和乙烯释放量的单位分别为 mg/(kg·h)、μL/(kg·h)。

#### 1.3.5 质构特性的测定

参考熊金梁等<sup>[13]</sup>的方法测定, 在果实的赤道附近均匀选取 3 个点, 利用质构仪测定果皮的硬度 (g) 和果皮破裂距离 (mm)。探头型号为 P/2, 测前速度为 10 mm/s, 测试速度为 1 mm/s, 测后速度为 10 mm/s, 穿刺距离为 5 mm。每个处理组测定 9 个果实, 结果取其平均值。

#### 1.3.6 色差的测定

参考刘婧等<sup>[15]</sup>的方法测定色差。沿脆李果实中间切开, 用色差计测定果肉的  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ , 通过计算得到颜色饱和度  $C^*$ , 见式(2)。每个处理组测定 9 个果实, 结果取其平均值。

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (2)$$

#### 1.3.7 可溶性固形物和可滴定酸含量的测定

参考洪伟荣等<sup>[16]</sup>的方法, 使用 PAL-BX/ACID1 型糖酸折射仪测定脆李果实的可溶性固形物 (TSS) 和可滴定酸 (TA) 含量, 每个处理组随机选取 9 个脆李果实, 沿每个果实的中线切开, 去除果核, 然后随机组合, 并挤压出果汁。其中, 一部分果汁用于 TSS 的测定, 将另一部分果汁稀释 50 倍后用于 TA 的测定。TSS 和 TA 含量均以质量分数 (%) 表示。

#### 1.3.8 抗坏血酸 (Vc) 含量的测定

参考曹建康等<sup>[17]</sup>的方法测定抗坏血酸含量。称取约 1.0 g 果肉样品, 置于研钵中, 加入 10 mL 50 g/L 的 TCA 溶液, 在冰浴条件下研磨成浆状, 转入 50 mL 容量瓶中, 并用 50 g/L TCA 溶液定容至刻度, 混合后提取 10 min, 然后过滤, 收集滤液备用。吸取 1.0 mL 样品提取液于试管中, 加入 1.0 mL 50 g/L TCA 溶液、1.0 mL 无水乙醇、0.5 mL 0.4% 磷酸-乙醇溶液、1.0 mL 5 g/L BP-乙醇溶液、0.5 mL 0.3 g/L FeCl<sub>3</sub>-乙醇溶液进行反应, 并测定。记录反应体系在波长 534 nm 处的吸光度值, 重复实验 3 次。

#### 1.3.9 MDA 含量的测定

参考曹建康等<sup>[17]</sup>的方法测定 MDA 含量。称取约 1.0 g 脆李果肉, 加入 5 mL 100 g/L TCA 溶液, 研磨匀浆后, 于 4 °C、1 000g 下离心 20 min, 取上清液置于低温下备用。吸取 2 mL 上清液 (在对照空白管中加入 2 mL 100 g/L TCA 溶液代替提取液), 再加入 2 mL TBA 溶液于离心管中, 混匀。置于沸水浴中 20 min, 再置于冰浴中冷却。再离心 1 次, 吸取上清液, 并置于比色皿中, 测定 450、532、600 nm 处的吸光度 (A)。果实中丙二醛含量 (μmol/g) 的计算见式(3)。

$$\text{丙二醛含量} = \frac{C \times V}{V_s \times m \times 1000} \quad (3)$$

式中:  $V$  为样品提取液的总体积, mL;  $V_s$  为吸取样品的体积, mL;  $m$  为样品的质量, g;  $C$  为反应混合液中 MDA 的浓度,  $\mu\text{mol/L}$ ;  $C=6.45 \times (A_{532}-A_{600})-0.56 \times A_{450}$ 。

## 1.4 数据统计与分析

采用 Excel 2019 统计分析软件整理数据, 每组实验均做 3 次平行实验, 计算平均值和标准误差。用 Origin 9.1 分析软件作图, 用 SPSS 26.0 进行 Duncan's 差异显著性分析, 在  $P < 0.05$  时认为具有显著性差异。

## 2 结果与分析

### 2.1 电商速递中 1-MCP 处理对脆李感官评价的影响

外观的好坏是决定消费者是否购买产品的关键, 由图 1a 可知, 对照组在 4 °C 下贮藏 6 d 时开始变黄, 在 12 d 时全部由绿变黄, 失去了脆李特有的口感。2  $\mu\text{L/L}$  1-MCP 处理组果实在贮藏 12 d 时仍保持了较好的外观品质, 维持了脆李的商品价值。

清脆可口是脆李的主要特点<sup>[18]</sup>, 感官评价基于脆李的果肉硬度进行评价。由图 1b 可知, 对照组和 1-MCP 处理组果实的感官评分均呈下降趋势, 表明随着时间的延长, 脆李果肉逐渐变软, 硬度和脆度下降。对照组脆李的感官评分最低, 在冷藏 6~12 d 和货架 3 d 时其感官评分显著低于 1-MCP 处理组果实 ( $P < 0.05$ ), 且在货架 3 d 时, 对照组脆李的感官评分为 1.67, 此时果肉已完全软化, 失去了清脆的特点。在 1-MCP 处理组中, 2  $\mu\text{L/L}$  1-MCP 处理组果实的感官评分在冷藏 6 d 时显著高于 4  $\mu\text{L/L}$  和 6  $\mu\text{L/L}$  1-MCP 处理组, 在货架 3 d 时显著高于 6  $\mu\text{L/L}$  1-MCP 处理组果实。结果表明, 1-MCP 处理可以延缓果实感官评分的下降, 其中 2  $\mu\text{L/L}$  1-MCP 处理的效果较好。

### 2.2 在电商速递中 1-MCP 处理对脆李质量损失率的影响

脆李采后的呼吸作用和蒸腾作用是导致其质量损失的主要原因<sup>[19]</sup>, 水分的流失会使脆李果皮发生皱缩, 脆度和新鲜度下降。如图 2 所示, 随着时间的延长, 对照组和 1-MCP 处理组果实的质量损失率呈上升趋势, 并且在冷藏 0~12 d 时, 果实的质量损失率较低。这主要是因低温对呼吸速率具有一定的抑制作用, 降低了质量损失率<sup>[20]</sup>。在货架贮藏时, 脆李质量损失率的上升速度较快, 在货架 3 d 时, 各处理组果实的质量损失率分别为 11.90%、9.51%、10.91%、11.00%。在冷藏及货架期间, 对照组果实的质量损失率高于 1-MCP 处理组。在货架 3 d 时, 2  $\mu\text{L/L}$  1-MCP 处理组果实的质量损失率显著低于 4  $\mu\text{L/L}$  和 6  $\mu\text{L/L}$  1-MCP

处理组。结果表明, 1-MCP 处理可以有效延缓脆李质量的损失, 其中 2  $\mu\text{L/L}$  1-MCP 处理的效果最好。

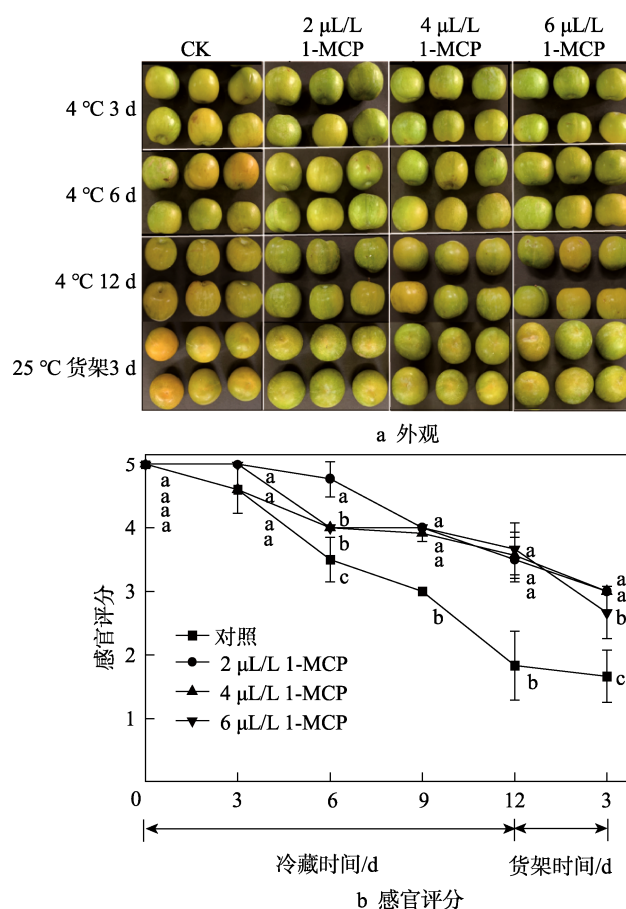


图 1 电商速递中 1-MCP 处理对脆李外观及感官评分的影响

Fig.1 Effect of 1-MCP treatment in E-Commerce logistics on appearance and sensory evaluation of crisp plums

注: 同一冷藏及货架时间, 不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

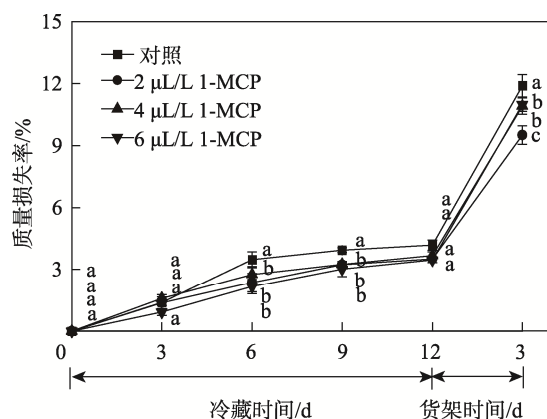


图 2 电商速递中 1-MCP 处理对脆李质量损失率的影响

Fig.2 Effect of 1-MCP treatment in E-commerce logistics on weight loss of crisp plums

注: 同一冷藏及货架时间, 不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

### 2.3 电商速递中 1-MCP 处理对脆李呼吸强度和乙烯释放量的影响

呼吸代谢速率可以反映果实生命进程,与品质密切相关<sup>[21]</sup>。不同浓度 1-MCP 处理对脆李呼吸代谢速率的影响如图 3a 所示。对照组和 1-MCP 处理组果实的呼吸强度均随着时间的延长,呈现先升高后降低的趋势。对照组在冷藏 9 d 时出现呼吸高峰,果实的呼吸强度为 5.76 mg/(kg·h),而 1-MCP 处理组果实则在冷藏 12 d 时出现呼吸高峰,果实的呼吸强度分别为 3.57、3.46、3.68 mg/(kg·h)。在冷藏 3~12 d 和货架 3 d 时,对照组果实的呼吸强度显著高于 1-MCP 处理组 ( $P < 0.05$ )。这是因为 1-MCP 可以有效降低果实的呼吸强度,与先前的研究结果一致<sup>[22]</sup>,而 1-MCP 处理组间果实的呼吸强度无显著性差异。结果表明,1-MCP 处理可以有效抑制脆李的呼吸作用。

乙烯是一种内源性激素,它能够诱导与果实后熟和衰老有关的一系列生理生化过程<sup>[23]</sup>。如图 3b 所示,对照组果实在冷藏 9 d 时出现乙烯释放量峰值,峰值为 23.58  $\mu\text{L}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ ,并且在冷藏 6~12 d 时,显著高于 1-MCP 处理组 ( $P < 0.05$ )。这是因为 1-MCP 竞争性地与乙烯受体结合,抑制了乙烯的释放速率<sup>[24]</sup>;1-MCP 处理组之间在冷藏 0~12 d 时无显著性差异。在货架 3 d 时,2  $\mu\text{L}/\text{L}$  1-MCP 处理组果实的乙烯释放量显著低于 4  $\mu\text{L}/\text{L}$  和 6  $\mu\text{L}/\text{L}$  1-MCP 处理组。结果表明,1-MCP 处理可以有效降低乙烯释放量,延缓果实衰老。其中,2  $\mu\text{L}/\text{L}$  1-MCP 处理在货架期间的效果较好。

### 2.4 电商速递中 1-MCP 处理对脆李质构的影响

脆李在储存期间由于细胞中胶层的结构变化、细胞壁降解及降解酶的作用,导致果实软化,硬度不断下降<sup>[25]</sup>。由图 4a 可知,随着时间的延长,对照组和

1-MCP 处理组果实的硬度呈下降趋势,且对照组果实的硬度最小,在冷藏 3~12 d 和货架 3 d 时显著低于 1-MCP 处理组 ( $P < 0.05$ )。这主要是因为 1-MCP 处理降低了 PME 和 PG 活力,延缓了细胞壁物质的分解,减缓了原果胶物质的分解及可溶性果胶的生成,从而维持了果实细胞壁物质的结构,延缓了果实硬度的下降<sup>[26]</sup>。1-MCP 处理组之间,青脆李在冷藏 0~12 d 时的硬度无显著性差异。在货架 3 d 时,2  $\mu\text{L}/\text{L}$  1-MCP 处理组果实的硬度显著高于 4  $\mu\text{L}/\text{L}$  和 6  $\mu\text{L}/\text{L}$  1-MCP 处理组。结果表明,1-MCP 处理可以有效保持果实的硬度,延缓果实的软化,其中 2  $\mu\text{L}/\text{L}$  1-MCP 处理在冷藏及货架期间的效果较好。

果皮破裂距离表示质构仪探头刺穿果皮时果皮的形变距离,果皮破裂距离越小,表明果实越脆<sup>[27]</sup>。如图 4b 所示,对照组和 1-MCP 处理组果实的果皮破裂距离均随着时间的延长呈上升趋势,这可能与果实的后熟变软有关。对照组在冷藏 3~12 d 和货架 3 d 时果实的果皮破裂距离显著高于 1-MCP 处理组 ( $P < 0.05$ ),表明 1-MCP 处理可以有效保持脆李的脆度;2  $\mu\text{L}/\text{L}$  1-MCP 处理组果实的果皮破裂距离在冷藏 6 d 和 12 d 时显著高于 4  $\mu\text{L}/\text{L}$  和 6  $\mu\text{L}/\text{L}$  1-MCP 处理组,表明 2  $\mu\text{L}/\text{L}$  1-MCP 处理的效果优于其他 1-MCP 处理。

### 2.5 电商速递中 1-MCP 处理对脆李色差的影响

$L^*$  表示亮度,可以用于反映果实内部颜色的变化情况<sup>[28]</sup>。如图 5a 所示,对照组和 1-MCP 处理组果实的  $L^*$  随着时间的延长呈下降趋势,表明果实内部变暗,这可能与内部发生褐变有关。其中,对照组果实的  $L^*$  最小,且在冷藏 12 d 和货架 3 d 时显著低于 1-MCP 处理组 ( $P < 0.05$ ),表明 1-MCP 处理可以延缓  $L^*$  的下降,但 1-MCP 处理组间无显著性差异。如图 5b 所示,对照组和 1-MCP 处理组果实的  $C^*$  均呈下

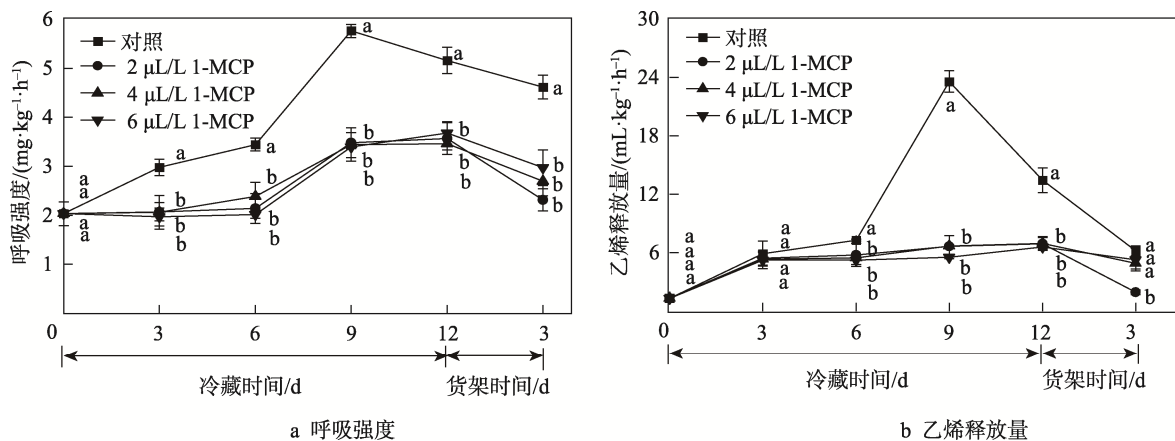


图3 电商速递中 1-MCP 处理对脆李呼吸强度和乙烯释放量的影响

Fig.3 Effect of 1-MCP treatment in E-commerce logistics on respiration intensity and ethylene release of crisp plums

注:同一冷藏及货架时间,不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

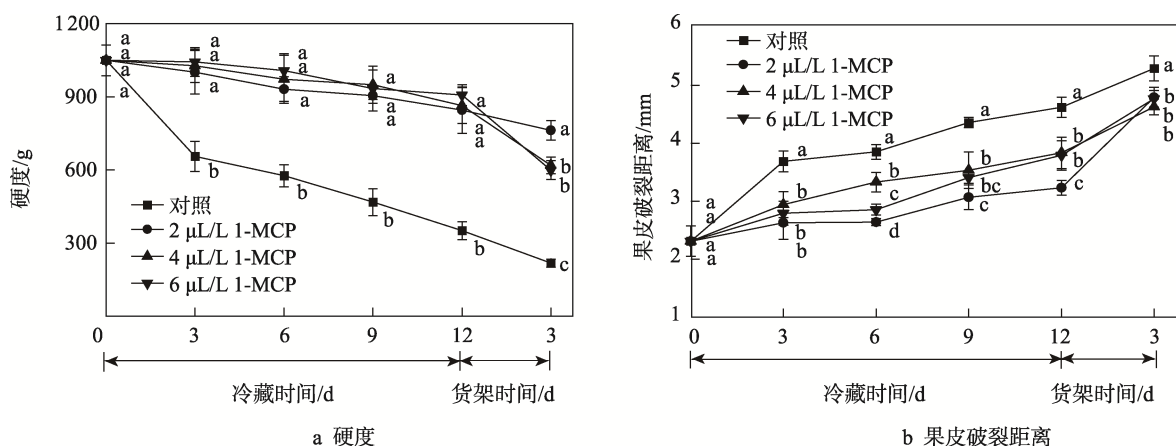
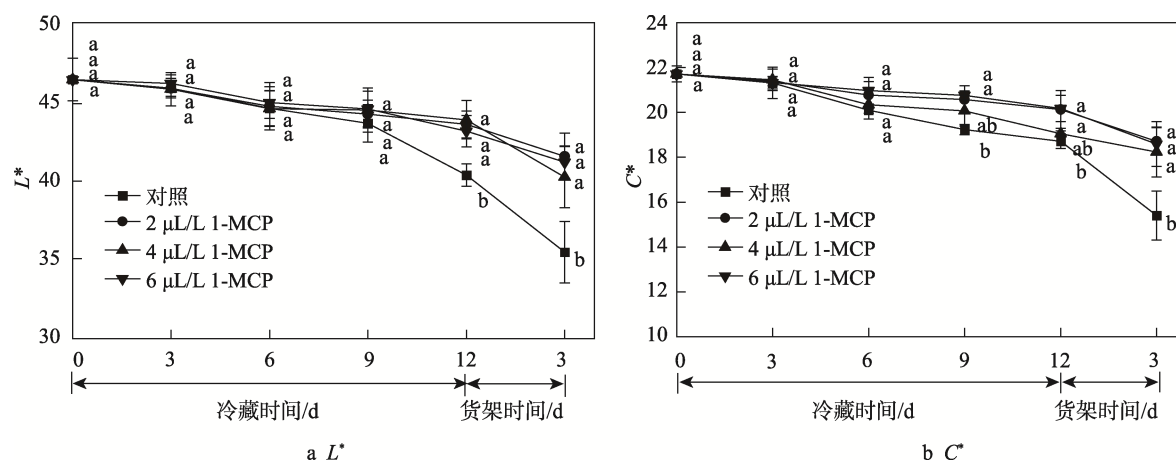


图 4 电商速递中 1-MCP 处理对脆李果皮硬度和果皮破裂距离的影响

Fig.4 Effect of 1-MCP treatment in E-commerce logistics on Pericarp hardness and pericarp rupture distance of crisp plums

注: 同一冷藏及货架时间, 不同小写字母表示差异显著 ( $P<0.05$ )。图 5 电商速递中 1-MCP 处理对脆李果实  $L^*$  和  $C^*$  的影响Fig.5 Effect of 1-MCP treatment in E-commerce logistics on  $L^*$  and  $C^*$  value of crisp plums注: 同一冷藏及货架时间, 不同小写字母表示差异显著 ( $P<0.05$ )。

降趋势, 表明果实内部的颜色饱和度下降, 色泽变暗。在冷藏 9~12 d 和货架 3 d 时, 对照组果实的  $C^*$  显著低于 2  $\mu\text{L/L}$  和 4  $\mu\text{L/L}$  1-MCP 处理组, 在货架 3 d 时与 6  $\mu\text{L/L}$  1-MCP 处理组有显著性差异 ( $P<0.05$ )。结果表明, 1-MCP 处理有利于保持果肉色泽, 其中 2  $\mu\text{L/L}$  和 4  $\mu\text{L/L}$  1-MCP 处理的效果较好。

## 2.6 电商速递中 1-MCP 处理对脆李可溶性固形物和可滴定酸含量的影响

水果中的可溶性固形物 (TSS) 主要为单糖、双糖、多糖等可溶性糖类, 还包括部分维生素及矿物质。TSS 含量与果蔬成熟度相关, 是衡量果实品质的重要指标<sup>[29-30]</sup>。如图 6a 所示, 对照组和 1-MCP 处理组果实的 TSS 含量均随着时间的延长, 呈先升高后降低的趋势。这可能是因在冷藏前期, 脆李果实的一些大分子物质发生分解或淀粉水解为糖, 使得脆李果实的 TSS 含量上升, 后期因 TSS 作为呼吸底物被消耗, 导

致其含量下降, 这与刘京宏等<sup>[31]</sup>的研究结果一致。在冷藏后期, 对照组果实的 TSS 含量呈直线下降趋势, 而 1-MCP 处理组果实的 TSS 含量呈缓慢上升趋势。其中, 在货架 3 d 时, 1-MCP 处理组果实的 TSS 含量显著高于对照组。说明 1-MCP 处理能够抑制 TSS 作为呼吸底物被消耗, 使得脆李果实保持了较高的 TSS 含量。

有机酸的种类和含量对果实的口感和风味有着重要影响<sup>[32]</sup>。如图 6b 所示, 对照组和 1-MCP 处理组果实的可滴定酸 (TA) 含量均呈下降趋势。有机酸作为呼吸底物被消耗, 这与熊子璇等<sup>[33]</sup>报道的采后油桃果实在贮藏期间 TA 含量的下降趋势一致。对照组果实的可滴定酸含量的下降速度较快, 在冷藏 3~12 d 和货架 3 d 时显著低于 1-MCP 处理组 ( $P<0.05$ ), 1-MCP 处理组在冷藏 12 d 时显著高于其他处理组。以上结果表明, 1-MCP 处理可有效延缓果实中可滴定酸含量的下降。

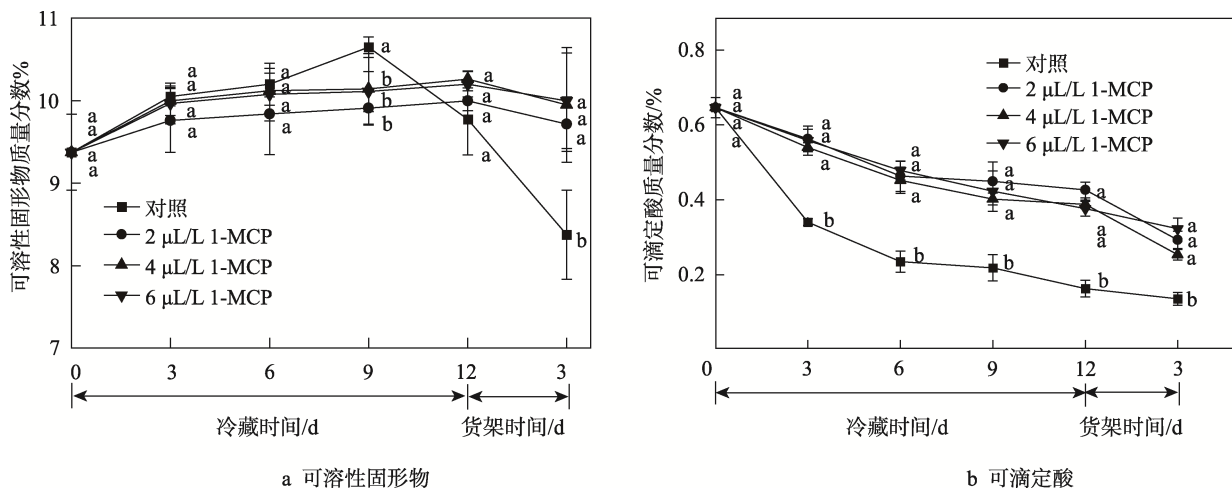


图6 电商速递中1-MCP处理对脆李可溶性固形物和可滴定酸含量的影响

Fig.6 Effect of 1-MCP treatment in E-commerce logistics on soluble solids and titratable acid content of crisp plums

注：同一冷藏及货架时间，不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

## 2.7 电商速递中1-MCP处理对脆李抗坏血酸含量的影响

抗坏血酸 (Vc) 作为一种重要的抗氧化剂，在延缓果蔬衰老方面发挥着至关重要的作用。抗坏血酸含量可以作为评价脆李营养品质的重要指标之一<sup>[34]</sup>。如图7所示，在冷藏及货架期间，对照组和1-MCP处理组果实的抗坏血酸含量均呈下降趋势。对照组脆李的抗坏血酸含量的下降速度较快，通过实验观察到对照组果实冷藏3~12 d和货架3 d时的抗坏血酸含量显著低于1-MCP处理组 ( $P < 0.05$ )，表明1-MCP处理可以有效延缓果实中抗坏血酸含量的下降。这是因为1-MCP抑制了抗坏血酸酶的活性，从而延缓了果实的成熟和衰老进程。在实验中还发现，2  $\mu\text{L/L}$  1-MCP处理组果实的抗坏血酸含量在冷藏6 d时显著

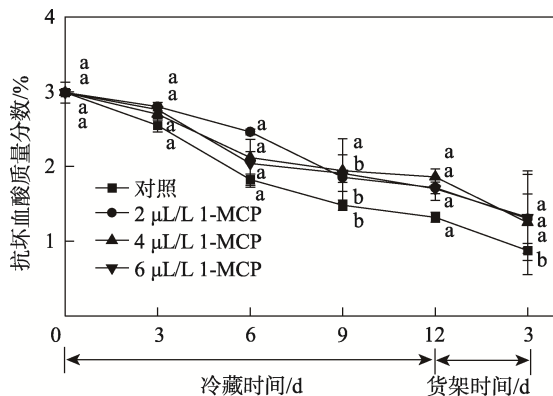


图7 电商速递中1-MCP处理对脆李抗坏血酸含量的影响

Fig.7 Effect of 1-MCP treatment in E-commerce logistics on ascorbic acid content of crisp plums

注：同一冷藏及货架时间，不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

高于4  $\mu\text{L/L}$ 和6  $\mu\text{L/L}$  1-MCP处理组，表明2  $\mu\text{L/L}$  1-MCP处理的效果优于其他1-MCP处理。

## 2.8 电商速递中1-MCP处理对脆李丙二醛含量的影响

由图8可知，在冷藏及货架期间，各处理组脆李的丙二醛含量均呈上升趋势，表明脆李果实细胞损伤加重。对照组脆李的丙二醛含量的上升速度较快，在冷藏12 d时，对照组及1-MCP处理组果实的丙二醛含量分别为1.55、0.94、1.14、1.11  $\mu\text{mol/g}$ 。在冷藏及货架期间，对照组果实的丙二醛含量高于1-MCP处理组，在冷藏9 d时，2  $\mu\text{L/L}$  1-MCP处理组果实的丙二醛含量显著低于4  $\mu\text{L/L}$ 和6  $\mu\text{L/L}$  1-MCP处理组。结果表明，1-MCP处理可以有效延缓丙二醛含量的上升，其中2  $\mu\text{L/L}$  1-MCP处理的效果最好。

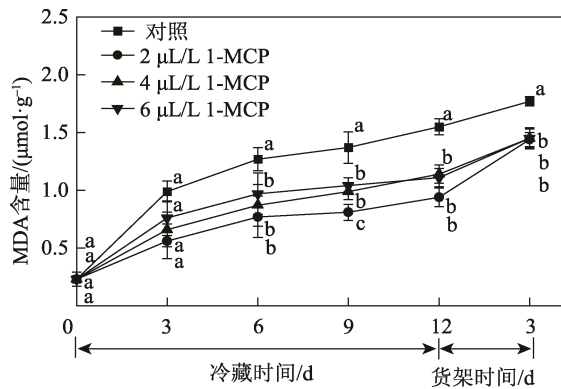


图8 电商速递中1-MCP处理对脆李丙二醛含量的影响

Fig.8 Effect of 1-MCP treatment in E-commerce logistics on malondialdehyde content of crisp plums

注：同一冷藏及货架时间，不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

### 3 结果与讨论

脆李是典型的呼吸跃变型果实,采后因其自身的呼吸和蒸腾作用,果实会出现硬度下降、质地变软、营养物质流失和色泽变化等现象。采用保鲜剂处理能够延缓脆李果实硬度的下降速率,减少营养物质的流失,延长货架期,从而提高脆李果实的经济价值。研究发现,1  $\mu\text{L/L}$  1-MCP 处理结合 0  $^{\circ}\text{C}$  贮藏能有效保持‘Royal Zee’李果实的硬度,且将其贮藏期延长至 30 d<sup>[35]</sup>。Lin 等<sup>[36]</sup>研究发现,经纸片型 1.2  $\mu\text{L/L}$  的 1-MCP 处理后,油桃李果实的硬度始终高于对照组果实,延缓了李果实的软化进程,保持了果实的硬度。这里基于上述研究,探究了电商速递中不同浓度 1-MCP 处理对脆李货架品质的影响,发现 2  $\mu\text{L/L}$  1-MCP 为最佳处理浓度。随着冷藏及货架时间的延长,对照组脆李果实软化严重,而在电商速递中采用 2  $\mu\text{L/L}$  的 1-MCP 处理结合 4  $^{\circ}\text{C}$  冷藏对果实硬度的下降有着显著抑制作用。

除了硬度外, TSS、TA、Vc 等含量及色泽也是衡量脆李果实新鲜度的重要指标。研究发现,采用 5  $\mu\text{L/L}$  1-MCP 处理能有效延缓麦李、青脆李和歪嘴李果实 TA 含量和 Vc 含量的降低,抑制  $a^*$  的上升,延缓李果实由绿转红的进程,维持较好的外观品质<sup>[37]</sup>。实验结果表明,在电商速递中采用 2  $\mu\text{L/L}$  1-MCP 处理能有效延缓果实 TSS、TA、Vc 等含量的变化速率,在一定程度上抑制果实的品质劣变,延长其货架期。

在成熟衰老过程中,脆李果实组织细胞会发生膜脂过氧化作用,导致果实衰老变质,MDA 为膜脂过氧化作用的主要产物之一<sup>[38]</sup>。文中实验采用 2.0  $\mu\text{L/L}$  1-MCP 处理脆李果实,处理后果实的 MDA 含量明显低于对照组的 MDA 含量。说明 1-MCP 处理可以清除细胞内的活性氧,从而减轻活性氧对膜的损伤程度。由此可见,2  $\mu\text{L/L}$  1-MCP 熏蒸处理能更好地抑制脆李果实的后熟,达到延缓果实衰老、延长贮藏时间的目的。

### 4 结语

将 1-MCP 保鲜技术应用于脆李电商领域,探究了不同浓度 1-MCP (2、4、6  $\mu\text{L/L}$ ) 处理对脆李低温及常温货架品质的影响。结果表明,与对照组相比,不同浓度 1-MCP 处理均能有效降低果实的呼吸速率和乙烯释放量,延缓果实的黄化进程,维持较高的果实硬度和脆度,减少质量损失,延缓果实抗坏血酸含量的下降。在冷藏 12 d 时,1-MCP 处理组果实的丙二醛含量比对照组的丙二醛含量分别降低了 0.61、0.41、0.44  $\mu\text{mol/g}$ 。另外,2  $\mu\text{L/L}$  1-MCP 处理更有效地延缓了脆李果实可溶性固形物和可滴定酸的转化和降解。综上所述,1-MCP 处理均能保持电商脆李的品质,其中以 2  $\mu\text{L/L}$  1-MCP 处理的效果最好。文中

研究为电商脆李的低温及常温货架保鲜提供了技术参考。

#### 参考文献:

- [1] 韩玮,曾里,冉旭.不同干燥方式青脆李果干芳香成分分析[J].食品科技,2020,45(9):67-72.  
HAN Wei, ZENG Li, RAN Xu. Analysis of Aroma Components in Dried 'Qing Cuili' Plum by Different Drying Methods[J]. Food Science and Technology, 2020, 45(9): 67-72.
- [2] 陈力维,令阳,邓丽莉,等. L-半胱氨酸处理对采后青脆李果实苯丙烷代谢的影响[J]. 农业工程学报, 2020, 36(13): 257-263.  
CHEN Li-wei, LING Yang, DENG Li-li, et al. Effects of L-Cysteine Treatment on Phenylpropanoid Metabolism of Postharvest "Qingcui" Plum Fruit[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2020, 36(13): 257-263.
- [3] LI Hui, HUANG Ze-xuan, ADDO K A, et al. Evaluation of Postharvest Quality of Plum (*Prunus Salicina* L Cv 'French') Treated with Layer-by-Layer Edible Coating during Storage[J]. Scientia Horticulturae, 2022, 304: 111310.
- [4] MISHRA S, BARMAN K, SINGH A K, et al. Exogenous Polyamine Treatment Preserves Postharvest Quality, Antioxidant Compounds and Reduces Lipid Peroxidation in Black Plum Fruit[J]. South African Journal of Botany, 2022, 146: 662-668.
- [5] 李甜竹,刘熙,王政钧,等.不同贮藏温度对糙皮侧耳冷藏后货架期品质和细胞壁变化的影响[J]. 江西农业大学学报, 2020, 42(4): 700-706.  
LI Tian-zhu, LIU Xi, WANG Zheng-jun, et al. Effects of Different Temperatures on Quality and Cell Wall Changes of *Pleurotus Ostreatus* during Its Shelf Life after Refrigeration[J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2020, 42(4): 700-706.
- [6] SHOFFE Y A, NOCK J F, ZHANG Y, et al. Physiological Disorder Development of 'Honeycrisp' Apples after Pre- and Post-Harvest 1-Methycyclopropene (1-MCP) Treatments[J]. Postharvest Biology and Technology, 2021, 182: 1-11.
- [7] 陈嘉,张立新,赵迎丽,等. 1-MCP 对青脆李亚低温贮藏期间生理生化及品质的影响[J]. 保鲜与加工, 2011, 11(6): 18-22.  
CHEN Jia, ZHANG Li-xin, ZHAO Ying-li, et al. Effect of 1-MCP on Physiology, Biochemistry and Storage Quality of *Prunus Americana* under Sub-Low Tempera-

- ture[J]. *Storage & Process*, 2011, 11(6): 18-22.
- [8] 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.
- [9] 闫琰, 陈庆敏, 张智, 等. 不同物流方式对西兰花品质的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2022, 48(12): 183-187. YAN Yan, CHEN Qing-min, ZHANG Zhi, et al. Effects of Different Logistics Methods on the Quality of Broccoli[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2022, 48(12): 183-187.
- [10] 邓丙乾, 张鹏, 李江阔, 等. 1-MCP 对冷链运输月柿冷藏品质的影响[J]. *包装工程*, 2019, 40(7): 1-10. DENG Bing-qian, ZHANG Peng, LI Jiang-kuo, et al. Effect 1-MCP on Cold Storage Quality of Persimmon after Cold Chain Transportation[J]. *Packaging Engineering*, 2019, 40(7): 1-10.
- [11] 杜佳铭, 谷诗雨, 杨永佳, 等. 1-MCP 复合 MAP 包装对无花果贮藏品质的影响[J]. *包装工程*, 2022, 43(7): 11-17. DU Jia-ming, GU Shi-yu, YANG Yong-jia, et al. Effects of Combined Treatment of 1-MCP and MAP Packaging on Storage Quality of Figs[J]. *Packaging Engineering*, 2022, 43(7): 11-17.
- [12] 周婷, 汤慧, 陈可馨, 等. 1-MCP 结合 PVC 对小包装青脆李果实常温贮藏品质的影响[J]. *食品工业科技*, 2021, 42(5): 275-281. ZHOU Ting, TANG Hui, CHEN Ke-xin, et al. Effects of 1-MCP Combined with PVC on Storage Quality of Small Package of 'Qingcui' Plum Fruit at Room Temperature[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2021, 42(5): 275-281.
- [13] 熊金梁, 陈爱强, 刘婧, 等. 典型电商运输包装对猕猴桃运输微环境及贮藏品质的影响[J]. *食品科学*, 2021, 42(17): 218-224. XIONG Jin-liang, CHEN Ai-qiang, LIU Jing, et al. Effect of Typical E-Commerce Packaging on Transportation Microenvironment and Storage Quality of Kiwifruits[J]. *Food Science*, 2021, 42(17): 218-224.
- [14] 史萌, 刘婧, 杨沛洁, 等. 货架温度对西兰花品质影响及预测模型建立[J]. *食品研究与开发*, 2019, 40(19): 1-7. SHI Meng, LIU Jing, YANG Pei-jie, et al. Influence of Shelf Temperatures on Broccoli Quality and the Establishment of Prediction Models[J]. *Food Research and Development*, 2019, 40(19): 1-7.
- [15] 刘婧, 史萌, 关文强, 等. 猕猴桃货架期间品质动力学及寿命预测模型[J]. *包装工程*, 2019, 40(9): 6-14. LIU Jing, SHI Meng, GUAN Wen-qiang, et al. Quality Kinetics and Life Prediction Model of Kiwifruit during Shelf Life[J]. *Packaging Engineering*, 2019, 40(9): 6-14.
- [16] 洪伟荣, 王璇, 刘馨岚, 等. 1-MCP 预处理对采后猕猴桃机械损伤导致品质变化的影响[J]. *保鲜与加工*, 2021, 21(2): 7-12. HONG Wei-rong, WANG Xuan, LIU Xin-lan, et al. Effect of 1-MCP Pretreatment on Kiwifruit Quality Changes Caused by Mechanical Damage after Harvest[J]. *Storage and Process*, 2021, 21(2): 7-12.
- [17] 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: 39-155. 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: 39-155.
- [18] 龚娣. 青脆李采后糖代谢规律及 1-MCP 结合人工气调包装对青脆李保鲜效应的研究[D]. 重庆: 西南大学, 2021: 1. GONG Di. Study on the Regulation of Sugar Metabolism of Green Crisp Plums after Harvest and the Study of 1-MCP Combined with Artificial Modified Atmosphere Packaging on the Fresh-Keeping Effect of Green Crisp Plums[D]. Chongqing: Southwest University, 2021: 1.
- [19] YAN Ran, XU Qi-hang, DONG Jing-xian, et al. Effects of Exogenous Melatonin on Ripening and Decay Incidence in Plums (*Prunus Salicina* L Cv Taoxingli) during Storage at Room Temperature[J]. *Scientia Horticulturae*, 2022, 292: 110655.
- [20] 黄夏. 醋栗果实低温及常温货架贮藏期间品质变化研究[J]. *辽宁林业科技*, 2018(6): 14-16. HUANG Xia. Studies on Quality Change of Gooseberry Fruit during Storage at Low Temperature and Room Temperature[J]. *Liaoning Forestry Science and Technology*, 2018(6): 14-16.
- [21] FARCUH M, TAJIMA H, LERNO L A, et al. Changes in Ethylene and Sugar Metabolism Regulate Flavonoid Composition in Climacteric and Non-Climacteric Plums during Postharvest Storage[J]. *Food Chemistry: Molecular Sciences*, 2022, 4: 100075.
- [22] LIPPERT F, BLANKE M M. Effect of Mechanical Harvest and Timing of 1-MCP Application on Respiration and Fruit Quality of European Plums *Prunus Domestica* L[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2004, 34(3): 305-311.
- [23] XIE Guo-fang, LIU Na, SONG Yi, et al. Integrated Analysis of Transcriptomics and Small RNA Reveals

- that 1-MCP Inhibits Lignocellulosis of Fresh Common Beans by Regulating Secondary Cell Wall Metabolism[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2022, 186: 111836.
- [24] WANG Wen-jun, LI Yao, LI Fu-hua, et al. Polypropylene Crisper and 1-MCP Delay the Softening, Lignification and Transcription Levels of Related Enzyme Genes of Golden Needle Mushrooms (*Flammulina Velutipes*)[J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2022, 21(1): 249-260.
- [25] LANGER S E, MARINA M, FRANCESE P, et al. New Insights into the Cell Wall Preservation by 1-Methylcyclopropene Treatment in Harvest-Ripe Strawberry Fruit[J]. *Scientia Horticulturae*, 2022, 299: 111032.
- [26] LWIN H P, CHOI J H, CHUN J P, et al. 1-Methylcyclopropene Treatment Alters Fruit Quality Attributes and Targeted Metabolites in 'Wonhwang' Pears during Shelf Life[J]. *Scientia Horticulturae*, 2021, 284: 110125.
- [27] XIE Dan-dan, LIU Da-yang, GUO Wen-chuan. Relationship of the Optical Properties with Soluble Solids Content and Moisture Content of Strawberry during Ripening[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2021, 179: 111569.
- [28] 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): 253-259.
- 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): 253-259.
- [29] 杜佳铭, 谷诗雨, 杨永佳, 等. 1-MCP 复合 MAP 包装对无花果贮藏品质的影响[J]. *包装工程*, 2022, 43(7): 11-17.
- DU Jia-ming, GU Shi-yu, YANG Yong-jia, et al. Effects of Combined Treatment of 1-MCP and MAP Packaging on Storage Quality of Figs[J]. *Packaging Engineering*, 2022, 43(7): 11-17.
- [30] BI Xiu-fang, DAI Yu-shan, ZHOU Zhong-yu, et al. Combining Natamycin and 1-Methylcyclopropene with Modified Atmosphere Packaging to Evaluate Plum (*Prunus Salicina* Cv 'Cuihongli') Quality[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2022, 183: 111749.
- [31] 刘京宏, 肖鑫丽, 彭雅婷, 等. 采后红提果实内源糖对低温胁迫的响应[J]. *农业研究与应用*, 2015(2): 1-5.
- LIU Jing-hong, XIAO Xin-li, PENG Ya-ting, et al. Response of Endogenous Sugar in Post-Harvest Red Globe Grape to Low Temperature[J]. *Agricultural Research and Application*, 2015(2): 1-5.
- [32] HUANG Xiao, WANG Hua-kun, LUO Wen-jie, et al. Prediction of Loquat Soluble Solids and Titratable Acid Content Using Fruit Mineral Elements by Artificial Neural Network and Multiple Linear Regression[J]. *Scientia Horticulturae*, 2021, 278: 109873.
- [33] 熊子璇, 吴志蒙, 黄华, 等. 不同保鲜袋包装对采后油桃果实贮藏品质的影响[J]. *包装工程*, 2022, 43(3): 78-86.
- XIONG Zi-xuan, WU Zhi-meng, HUANG Hua, et al. Effects of Different Packaging Films on Quality of Postharvest Ambient Storage in Nectarine Fruits[J]. *Packaging Engineering*, 2022, 43(3): 78-86.
- [34] PARVEEZ ZIA M, ALIBAS I. The Effect of Different Drying Techniques on Color Parameters, Ascorbic Acid Content, Anthocyanin and Antioxidant Capacities of Cornelian Cherry[J]. *Food Chemistry*, 2021, 364: 130358.
- [35] DONG Li, LURIE S, ZHOU Hong-wei. Effect of 1-Methylcyclopropene on Ripening of 'Canino' Apricots and 'Royal Zee' Plums[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2002, 24(2): 135-145.
- [36] LIN Yi-fen, LIN Yi-xiong, LIN He-tong, et al. Effects of Paper Containing 1-MCP Postharvest Treatment on the Disassembly of Cell Wall Polysaccharides and Softening in Younai Plum Fruit during Storage[J]. *Food Chemistry*, 2018, 264: 1-8.
- [37] 陈鸥, 吴雪莹, 邓丽莉, 等. 1-甲基环丙烯处理对采后李果实硬度变化的影响机制[J]. *食品科学*, 2020, 41(3): 185-191.
- CHEN Ou, WU Xue-ying, DENG Li-li, et al. Effect of 1-Methylcyclopropene Treatment on Firmness Change of Postharvest Plum Fruit and Underlying Mechanism[J]. *Food Science*, 2020, 41(3): 185-191.
- [38] 徐冬颖, 张静, 姜爱丽, 等. 1-MCP 熏蒸处理对软枣猕猴桃的保鲜效果[J]. *包装工程*, 2019, 40(11): 26-32.
- XU Dong-ying, ZHANG Jing, JIANG Ai-li, et al. Effects of 1-Methylcyclopropene Fumigation on Preservation of Actinidia Arguta[J]. *Packaging Engineering*, 2019, 40(11): 26-32.