

1-MCP 结合低温贮藏对阳光玫瑰葡萄贮藏品质及生理特性的影响

李自芹¹, 陈雅², 李文绮³, 张正红¹, 王纪文⁴, 刘成江¹, 赵志永¹, 雷用东^{1*}

(1.新疆农垦科学院, 新疆 石河子 832000; 2.新疆农业科学院 吐鲁番农业科学研究所, 新疆 吐鲁番 838099; 3.石河子质量与计量检测所, 新疆 石河子 832000; 4.双河市丝蔓果蔬种植农民专业合作社, 新疆 双河市 833303)

摘要: 目的 为探究 1-MCP 结合低温处理对“阳光玫瑰”葡萄贮藏品质的变化。方法 以葡萄为试材, 分别用 0.5、1、1.5、2 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 进行处理, 无 1-MCP 处理的作为对照(CK)。将试材置于温度为 $(0\pm 0.5)^\circ\text{C}$ 、相对湿度为 75% 的保鲜库中贮藏, 每 20 d 测定 1 次葡萄的生理指标。结果 较其他浓度处理, 1 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 结合低温处理, 抑制了“阳光玫瑰”葡萄的硬度、呼吸强度、MDA 含量和 PPO 活性的升高, 减少了落粒率和腐烂率的发生, 延缓了 SSC、TA 含量的下降。结论 1 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 结合低温处理, 推迟了“阳光玫瑰”葡萄在贮藏期间的后熟衰老进程, 最大限度地保持了果实的新鲜品质, 延长了果实的贮藏期, 可作为“阳光玫瑰”葡萄规模化贮运保鲜的实用技术。

关键词: 阳光玫瑰; 1-MCP; 贮藏; 品质

中图分类号: S661.2 文献标志码: A 文章编号: 1001-3563(2024)01-0148-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2024.01.017

Effects of 1-MCP Combined with Low Temperature Storage on Storage Quality of Shine Muscat Grapes

LI Ziqin¹, CHEN Ya², LI Wenqi³, ZHANG Zhenghong¹, WANG Jiwen⁴,
LIU Chengjiang¹, ZHAO Zhiyong¹, LEI Yongdong^{1*}

(1. Xinjiang Academy of Agricultural and Reclamation Science, Xinjiang Shihezi 832000, China; 2. Turpan Institute of Agricultural science, Xinjiang Academy of Agricultural science, Xinjiang Turpan 838099, China; 3. Shihezi Quality and Measurement Institute, Xinjiang Shihezi 832000, China; 4. Shuanghe City Silk Man Fruit and Vegetable Farmers Professional Cooperative, Xinjiang Shuanghe 833303, China)

ABSTRACT: The work aims to investigate the changes in storage quality of "Shine Muscat" grapes treated with 1-MCP combined with low-temperature treatment. Grapes were used as test materials, and treated separately with 0.5, 1, 1.5, 2 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP. Those without 1-MCP treatment were used as controls (CK). The test materials were stored in a fresh-keeping warehouse at $(0\pm 0.5)^\circ\text{C}$ and 75% relative humidity, and the physiological indicators of grapes were measured every 20 days. As a result, compared with other concentration treatments, the combination of 1 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP and low-temperature

收稿日期: 2023-05-25

基金项目: 新疆自治区天山英才计划第三期(2021-2023); 湖北省技术创新专项援疆援藏项目(2021BG006); 兵团重点领域科技攻关计划(2020AB008, 2022AB001, 2020AB012); 自治区公益性科研院所基本科研业务经费资助项目(KY2022032); 兵团农产品质量安全监管(葡萄储藏保鲜风险评估)项目; 兵团五师科技计划项目(20NY06); 湖北省援疆援藏项目(2021BG006)

*通信作者

treatment suppressed the increase in hardness, respiratory intensity, MDA content, and PPO activity of "Shine Muscat" grapes, reduced the occurrence of grain drop and decay rates, and delayed the decrease in SSC and TA content. In conclusion, the combination of 1 μ L/L1-MCP and low-temperature treatment delays the post ripening and aging process of "Shine Muscat" grapes during storage, maximally maintaining the fresh quality of the fruits and prolonging their storage period. It can be used as a practical technology for large-scale storage, transportation, and preservation of "Shine Muscat" grapes.

KEY WORDS: Shine Muscat; 1-MCP; storage; quality

葡萄在我国种植比较普遍,果实富含多种营养物质,十分受消费者的欢迎^[1]。目前,葡萄销售主要以鲜食为主,有“克瑞森”“巨峰”“夏黑”“阳光玫瑰”“红提”等品种^[2]。鲜食“阳光玫瑰”葡萄的含水量较高,加之葡萄的成熟期又较集中,为了满足不同地区消费者对鲜食葡萄的需求,拉长葡萄的消费期,采摘后的“阳光玫瑰”葡萄经常需要远距离冷藏运输或长时间在冷库贮藏。由于葡萄在采摘的过程中,容易造成人为机械损伤,在贮藏期间又易造成微生物腐烂、脱粒等现象^[3],影响了葡萄的货架品质,给农户及销售商造成了不必要的经济损失。目前,葡萄常用的保鲜方式主要以SO₂和低温处理为主。然而,SO₂在“阳光玫瑰”葡萄保鲜的过程中会产生异味,对葡萄也会造成一定伤害,进而降低了其商品价值,因此,探索适合鲜食“阳光玫瑰”葡萄的保鲜方法尤为重要。

1-甲基环丙烯(1-MCP)在果蔬体内是一种乙烯受体抑制剂^[4]。近年来,不少研究学者将1-MCP用于延迟果蔬的后熟和衰老上,达到延长货架期的作用,并且,1-MCP处理果蔬以后在果蔬体内没有残留。目前,在哈密瓜^[5]、油桃^[6]、香蕉^[7]、苹果^[8]、猕猴桃^[9]、菜心^[10]、樱桃^[11]、葡萄^[12]等果蔬中均有应用,研究结果表明,1-MCP可以延长果蔬的货架期,较好地保持果蔬的商品率。目前1-MCP结合冷库处理对保持“阳光玫瑰”葡萄的贮藏品质的报道较少。本文通过1-MCP结合冷库处理,探究其对“阳光玫瑰”葡萄贮藏品质的影响,为提高葡萄的商品率,延长其货架期提供一定的理论依据。

1 实验

1.1 材料

主要材料:“阳光玫瑰”葡萄,2021年9月,采摘自新疆八师145团,挑选无病害、烂果的葡萄进行实验;1-甲基环丙烯(1-MCP);葡萄保鲜筐、果蔬冷库熏蒸剂等,枣庄鲜都汇生物科技有限公司提供。

1.2 设备

主要设备:天平、TD-45糖度计、P901酸度计、破壁机、温湿度计。

1.3 实验方法

1.3.1 样品处理

将筛选好的“阳光玫瑰”葡萄分别用0.5、1、1.5、2 μ L/L的1-甲基环丙烯(1-MCP)处理,无处理的为CK。分成5个处理组,每组选葡萄30筐,每筐葡萄质量为6 kg,放入保鲜袋中,置于保鲜筐,最上面覆盖吸水纸,封盖保存。

以上各处理组分别放于温度为(0 $\pm$ 0.5)℃,相对湿度为75%的保鲜库(已用巴斯消毒液进行消毒处理)中贮藏。每隔20 d测定1次葡萄的各项指标。

1.3.2 果实落粒率、腐烂率的测定

采用称量法进行测定^[13],见式(1)~(2)。

$$W = \frac{m_1}{m} \times 100\%$$

$$Q = \frac{m_2}{m} \times 100\%$$

式中:W为落粒率;m为果实总质量;m₁为落粒果实质量;Q为腐烂率;m₂为腐烂果质量。

1.3.3 果实硬度的测定

果实硬度采用 Φ 2 mm柱头物性测定仪测定果实的硬度^[13]。

1.3.4 呼吸强度的测定

呼吸强度采用静置法进行测定^[14]。

1.3.5 可溶性固形物含量的测定

使用糖度计测定果实的可溶性固形物(SSC)含量^[15],单位为%

1.3.6 可滴定酸含量的测定

可滴定酸(TA)含量采用自动电位滴定仪进行测定^[16]。

1.3.7 丙二醛含量的测定

丙二醛采用硫代巴比妥酸比色法^[17]测定含量。

1.3.8 多酚氧化酶活性测定

采用儿茶酚比色法测定^[18]多酚氧化酶(PPO)活性。

1.4 数据统计分析

使用Excel软件绘图,SPSS软件进行分析,P<0.05作为差异显著的标准。

2 结果与分析

2.1 1-MCP 处理对葡萄外观品质的变化

图1为阳光玫瑰葡萄贮藏120 d时的外观品质变化。由图1可看出,1-MCP处理组果实的外观品质明显好于CK组,其中1 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP处理组对果实品质保持最好,0.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP处理组果梗有部分干枯和落粒现象,1.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP处理组果实存在转色,软化现象,2 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP处理组果实落粒现象较其他处理组严重,CK组果实在贮藏末期绿色普遍退去,果实软化程度比其他处理组较严重。由此可见,1-MCP处理在一定程度上延缓了果实的衰老和品质劣变。

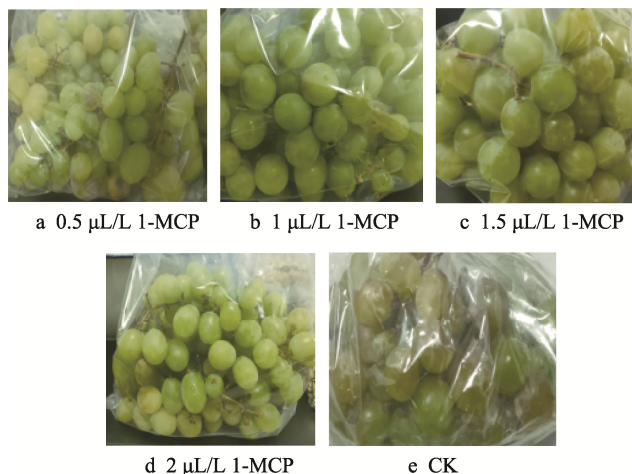


图1 1-MCP处理后葡萄外观品质的变化
Fig.1 Changes in grape appearance quality after 1-MCP treatment

2.2 1-MCP 处理对葡萄落粒率的影响

葡萄落粒与果实本身病害、气候、采摘前氮肥量等因素有关^[19]。由图2所示,葡萄的落粒率在整个贮藏过程中不断上升,在前20 d,阳光玫瑰葡萄未产生落粒现象,从40 d以后,葡萄果实的落粒率不断增加,在100 d时,CK组、0.5、1、1.5、2 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP处理组葡萄的落粒率分别为10%、9.8%、5.2%、7.5%、11.5%。在120 d,1 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP处理组较CK组,落粒率下降了5.5% ($P < 0.05$)。在整个贮藏期间,1 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP处理组果实的落粒率均低于CK组及其他处理组。可以看出,1 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP结合低温处理能较好地降低“阳光玫瑰”葡萄的落粒率,这与陶慧慧等^[20]研究结果相似。

2.3 1-MCP 处理对葡萄腐烂率的影响

由图3所示,葡萄果实在贮藏期间,其腐烂率呈不断上升的变化趋势,CK组及1.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP

处理组葡萄的腐烂率一直处于最高值,在第80天时,1 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP处理组葡萄的腐烂率为8.5%,较CK组及1.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP处理组低了4%。可以看出,1 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP结合低温贮藏抑制了“阳光玫瑰”葡萄腐烂率的上升 ($P < 0.05$),提高了果实的贮藏品质。

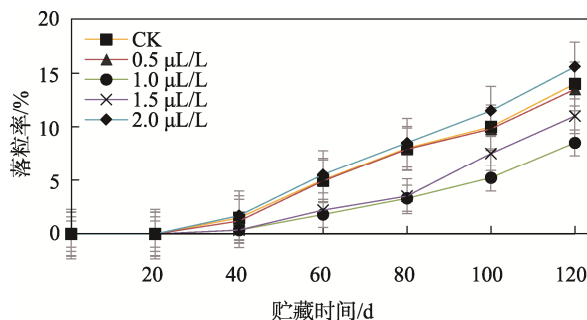


图2 1-MCP处理对葡萄落粒率的影响
Fig.2 Effect of 1-MCP Treatment on seed drop rate of grapes

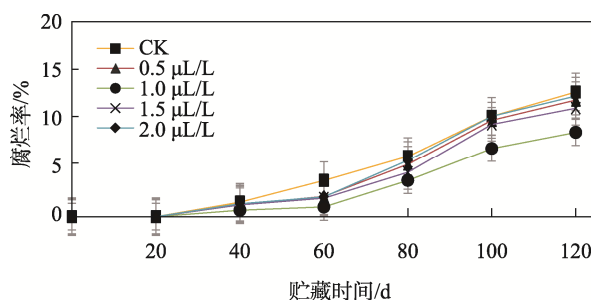


图3 1-MCP处理对葡萄腐烂率的影响
Fig.3 Effect of 1-MCP treatment on decay rate of grapes

2.4 1-MCP 处理对葡萄硬度的影响

硬度可直观地反映果实的贮藏品质^[21]。如图4可以看出,果实的硬度在整个贮藏期间均呈不断下降的变化趋势。1 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP处理组阳光玫瑰硬度一直处于最高值。说明1 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP结合低温处理延缓了“阳光玫瑰”葡萄的硬度和脆性的下降,提高了果实的口感和贮藏品质。

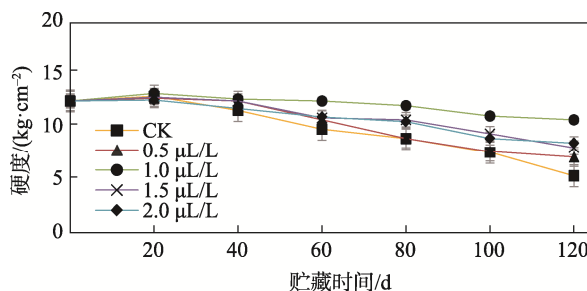


图4 1-MCP处理对葡萄硬度的影响
Fig.4 Effect of 1-MCP treatment on hardness of grapes

2.5 1-MCP 处理对葡萄呼吸强度的影响

呼吸强度代表着葡萄的生命活力,体现了葡萄体内有机物质的消耗程度以及果实呼吸强度的大小^[22]。如图 5 所示,在贮藏前 20 d,各处理组果实的呼吸强度呈缓慢下降的趋势,这可能与葡萄受到外界低温环境造成的胁迫有关,也与低温导致果实生理代谢及呼吸作用缓慢有关。从 20 d 以后,不同处理组果实的呼吸强度呈倒“V”型变化趋势。贮藏 100 d 时,1 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理组葡萄的呼吸强度为 36.5 $\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{h})$,较 CK 组及 2 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 组分别低了 3.5 $\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ 和 6.5 $\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ ($P < 0.05$)。说明,1 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 结合低温贮藏降低了葡萄的呼吸强度以及生理代谢速率,推迟了果实的衰老进程。

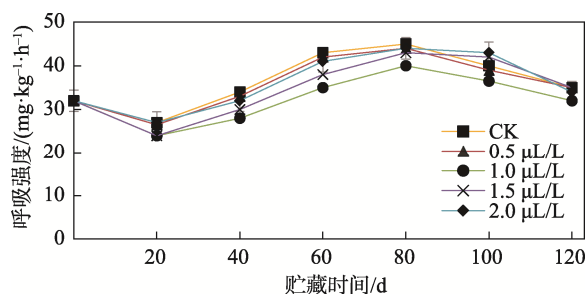


图 5 1-MCP 处理对葡萄呼吸强度的影响
Fig.5 Effect of 1-MCP Treatment on respiratory intensity of grapes

2.6 1-MCP 处理对葡萄 SSC 含量的影响

SSC 是判断葡萄耐贮藏性的重要指标^[23]。由图 6 可知,“阳光玫瑰”葡萄果实在贮藏早期,SSC 含量不断增加,是因为在初期葡萄成熟度还在逐渐升高。在贮藏后期,随着葡萄果实呼吸作用和体内生理代谢都需要消耗体内的有机物,使得果实体内 SSC 含量呈下降的趋势。从 60 d 开始,各处理组 SSC 的含量开始快速下降。在贮藏 80 d 时,CK 组、0.5、1、1.5、2 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理组的 SSC 含量分别为 15%、15.5%、17%、15.6%和 13.5%。说明 1 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 结合低温贮藏有效抑制了“阳光玫瑰”葡萄 SSC 含量的下降,保持了果实的口感和品质。

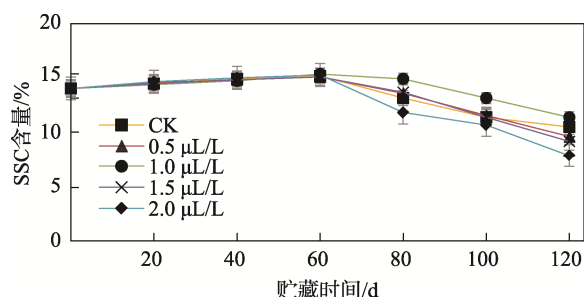


图 6 1-MCP 处理对葡萄 SSC 含量的影响
Fig.6 Effect of 1-MCP treatment on SSC content in grapes

2.7 1-MCP 处理对葡萄 TA 含量的影响

TA 是决定葡萄口感和风味的重要指标^[24]。由图 7 可知,不同处理组的 TA 含量与 SSC 含量变化趋势相似。在贮藏过程中,1 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理组果实中的 TA 含量始终处于最高值。2 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理组的 TA 含量保持在最小值,可能是 1-MCP 浓度稍高,使得葡萄果实细胞遭到损害的缘故。说明,1 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 能够延缓“阳光玫瑰”果实 TA 含量的下降,维持了葡萄的口感和风味。

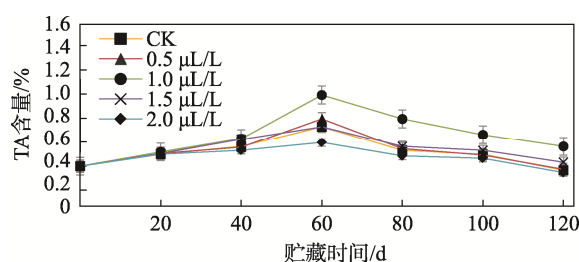


图 7 1-MCP 处理对葡萄 TA 含量的影响
Fig.7 Effect of 1-MCP treatment on TA content in grapes

2.8 1-MCP 处理对葡萄 MDA 含量的影响

MDA 在果蔬体内积累过多会造成果蔬细胞膜的损害^[25]。由图 8 所示,不同处理组葡萄的 MDA 含量呈不断上升趋势。从 40 d 开始,MDA 含量在葡萄体内的累积速度较快,在整个贮藏期,1 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理组的 MDA 含量始终低于其他处理组($P < 0.05$)。说明,1 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 结合低温处理可有效抑制“阳光玫瑰”葡萄 MDA 的上升,减少 MDA 对葡萄细胞膜和细胞器的损伤程度,进而较好地保持了果实的贮藏品质。

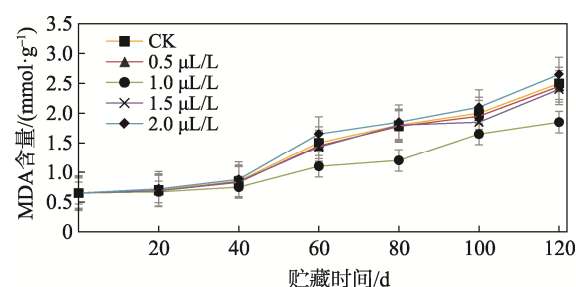


图 8 1-MCP 处理对葡萄 MDA 含量的影响
Fig.8 Effect of 1-MCP treatment on the MDA content in grapes

2.9 1-MCP 处理对葡萄 PPO 活性的影响

PPO 在葡萄体内可将酚类转化成醌类物质,当果实受到微生物侵染时,PPO 就会立刻被激活^[26]。如图 9 所示,在贮藏期间,果实体内的 PPO 活性呈现不断上升的趋势。在第 60 天时,所有处理组果实

的 PPO 活性快速增加,这与外界低温胁迫导致果实产生应激反应有关,1 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 和 1.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理组的 PPO 活性上升得较缓慢。在贮藏 100 d 时,1 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理组的 PPO 活性为 0.3 U/g (以每分钟增加 0.01OD 值定义为一个酶活性单位 (U)),较 CK 组与 2 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理组的 PPO 活性分别低 0.2 U/g 和 0.35 U/g。说明,1 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 结合低温处理抑制了果实 PPO 活性的上升,减少了果实遭受外界的刺激和胁迫。

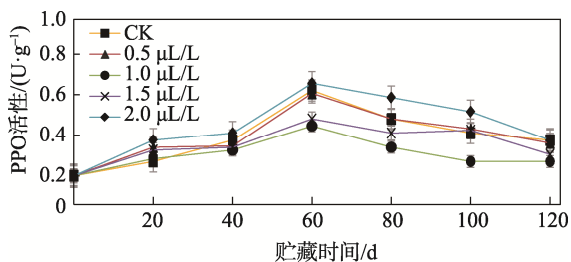


图9 1-MCP 处理对葡萄 PPO 活性的影响
Fig.9 Effect of 1-MCP treatment on PPO activity of grapes

2.10 1-MCP 处理对葡萄过氧化氢酶活性的影响

过氧化氢酶 (CAT) 在果蔬受到外界胁迫或者机械损伤时,会及时清除体内对果蔬造成伤害的活性氧,使体内活性氧处于平衡状态,进而延缓果蔬的成熟和衰老。如图 10 所示,不同处理组 CAT 活性表现出先下降后上升又下降的趋势。1 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理组与 CK 组的差较大,在贮藏末期,1 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理组的 CAT 比活力是 CK 组的 140%,各处理组的 CAT 比活力从大到小分别为 1 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP、1.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP、2 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP、0.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP、CK。说明 1-MCP 结合低温处理延缓了 CAT 活力的下降,对葡萄长期贮藏保鲜起到了一定的积极作用。

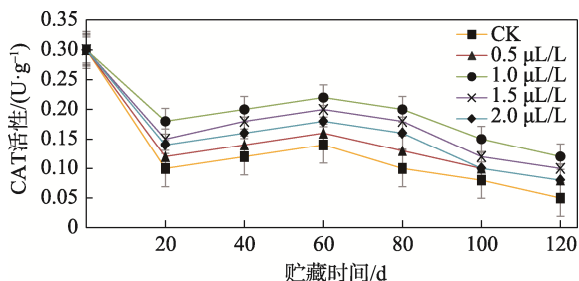


图10 1-MCP 处理对葡萄 CAT 活性的影响
Fig.10 Effect of 1-MCP treatment on CAT activity of grapes

2.11 1-MCP 处理对葡萄脂氧合酶活性的影响

脂氧合酶 (LOX) 与果蔬的氧化成熟衰老息息相

关。由图 11 可看出,果实的 LOX 活性呈上升的变化趋势,从第 60 天开始,CK 组 LOX 活性上升较快,1-MCP 处理组 LOX 活性上升较缓慢,在贮藏第 120 天,CK 组 LOX 活性为 16 U/g,而 0.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP、1 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP、1.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 和 2 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理组 LOX 活性分别为 14、9.5、12 和 13 U/g。通过对比可知,1 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理更有效地控制了 LOX 活性的上升,在贮藏后期 1-MCP 处理组与 CK 组比较仍有显著差异 ($P < 0.05$)。

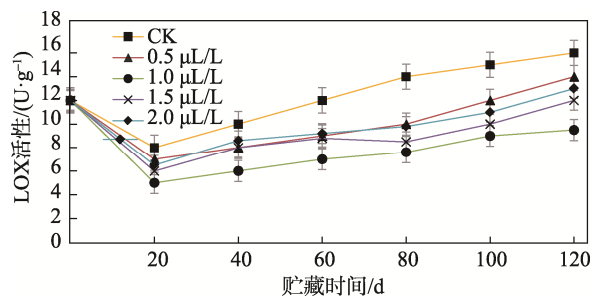


图11 1-MCP 处理对葡萄 LOX 活性的影响
Fig.11 Effect of 1-MCP treatment on LOX activity of grapes

3 讨论

“阳光玫瑰”是我国鲜食葡萄的重要品种,近些年,市场需求量在日益增加。果蔬的呼吸强弱与外界环境温度息息相关,适当降低果蔬的贮藏温度可减弱其呼吸强度,延长贮藏期。

1-MCP 是一种乙烯受体抑制剂,在农业上使用较广泛,在果蔬的贮藏保鲜方面也有相关报道,陈浩等^[27]研究发现,1-MCP 处理推迟了采后红提葡萄果实的软化速度,抑制了葡萄呼吸高峰的出现,保持了葡萄的货架品质;贾朝爽等^[28]研究发现,1-MCP 处理抑制了苹果的呼吸速率,延长了苹果的货架期。王晓东等^[29]研究发现 1-MCP 处理抑制了板栗在贮藏期间的丙二醛的累积,保持了板栗组织的完整性。Wang 等^[30]研究发现,1-MCP 处理抑制了无花果的腐烂、软化和失重,提高了抗坏血酸过氧化物酶的活性。本文通过 1-MCP 结合低温处理对“阳光玫瑰”葡萄进行贮藏,通过对其贮藏期间生理指标分析可以发现,不同处理组较 CK 组对在贮藏期间果实的品质呈现出不同的变化,1-MCP 结合低温处理具有明显延长葡萄果实贮藏期的作用,且可抑制果实的落粒率、腐烂率和呼吸作用的上升,延缓果实的软化以及抑制体内 SSC、TA 含量的下降,较好地保持了葡萄的贮藏品质,这与前人研究相符。本文还通过研究 PPO、CAT、LOX 活性得出,1-MCP 结合冷库贮藏降低了 PPO、LOX 活性,提高了 CAT 活性,减少了果实的褐变程

度,推迟了果实的氧化衰老速度。

4 结语

前人的研究表明,1-MCP在果蔬的贮藏保鲜中,可延缓果蔬的后熟和衰老,适量浓度的1-MCP对葡萄果实在贮藏期间的品质能产生积极的作用。本文研究结果发现:1-MCP结合低温贮藏较好地抑制了“阳光玫瑰”的呼吸和代谢,保持了果实的外观品质和贮藏特性。经过试验对比,1 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP结合冷库处理,保持了葡萄的贮藏品质,减少了葡萄的腐烂率、落粒率、硬度,以及SSC、TA含量的下降,延缓了果梗褐变的发生,抑制了MDA、PPO和LOX活性的升高。可见,通过1-MCP结合低温处理对采后“阳光玫瑰”的贮藏保鲜具有一定的应用前景和价值。这种保鲜方式价格低廉、易操作,可为“阳光玫瑰”葡萄的贮藏保鲜提供一定的参考。由于目前1-MCP对葡萄的研究主要集中在应用上,对葡萄基因、蛋白以及分子水平的研究较少,下一步工作计划是研究1-MCP与其他技术协同效应的研究,发掘其最大的应用潜能。

参考文献:

- [1] MA Y Y, GAO Z, DU W S, et al. Integrated Metabolomic and Transcriptomic Analyses Reveal that Bagging Delays Ripening of 'Ruidu Kemei' grape Berries[J]. *Scientia Horticulturae*, 2023, 317(28): 112058.
- [2] HU W Q, GONG F, DONG Q F, et al. Antioxidant Mechanism of a Continuous Microenvironment Regulation System for Prolonging the Shelf-Life of Red Grapes[J]. *Journal of Food Science*, 2023, 88(6): 2496-2511.
- [3] 李翠玲, 李余康, 谭昊然, 等. 基于 K-means 聚类 and RF 算法的葡萄霜霉病检测分级方法[J]. *农业机械学报*, 2022, 53(5): 225-236.
- LI C L, LI Y K, TAN H R, et al. Detection and Classification Method of Grape Downy Mildew Based on K-Means Clustering and Random Forest[J]. *Journal of Agricultural Machinery*, 2022, 53(5): 225-236.
- [4] XIE G F, FENG Y C, CHEN Y, et al. Effects of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) and Ethylene on Post-harvest Lignification of Common Beans (*Phaseolus Vulgaris* L)[J]. *ACS Omega*, 2020, 5(15): 8659-8666.
- [5] 王辰元, 王钊, 徐静, 等. $^{60}\text{Co-}\gamma$ 辐照对葡萄3种病原真菌的抑制效果[J]. *经济林研究*, 2022, 40(1): 189-195.
- WANG C Y, WANG F, XU J, et al. Inhibition of Three Fungal Pathogens of Grape Cuttings and Fruits by $^{60}\text{Co-}\gamma$ Ray Radiation[J]. *Non-wood Forest Research*, 2022, 40(1): 189-195.
- [6] 吕真真, 刘慧, 张春岭, 等. 1-甲基环丙烯和不同贮藏温度对油桃果实硬度与细胞壁果胶的影响[J]. *食品工业科技*, 2021, 42(7): 317-323.
- LYU Z Z, LIU H, ZHANG C L, et al. Effects of 1-Methylcyclopropene and Different Ambient Temperature on Firmness and Cell Wall Pectin in Postharvest Nectarine[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2021, 42(7): 317-323.
- [7] 郝晓玲, 王愈. 1-MCP处理对香蕉乙烯代谢和褐变的影响[J]. *山西农业科学*, 2019, 47(9): 1513-1515.
- HAO X L, WANG Y. Effects of 1-MCP Treatment on Ethylene Metabolism and Browning of Banana[J]. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 2019, 47(9): 1513-1515.
- [8] 杜美军, 阎一鸣, 刘震远, 等. 采前外源植物激素与采后1-MCP处理对糖心苹果贮藏品质的影响[J]. *食品科学技术学报*, 2021, 39(3): 151-159.
- DU M J, YAN Y M, LIU Z Y, et al. Effect of Pre-Harvest Exogenous Phytohormone and Post-Harvest 1-MCP Treatment on Storage Quality of Sugar-Core Apples[J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2021, 39(3): 151-159.
- [9] 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 L, SUN X S, LIANG X W, 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.
- [10] 钟育富, 刘升, 张琪, 等. 不同处理方法对冷藏保鲜菜心营养及品质的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2020, 46(20): 159-163.
- ZHONG Y F, LIU S, ZHANG Q, et al. Effects of Different Treatments on Nutrition and Quality of Chinese Flowering Cabbage[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2020, 46(20): 159-163.
- [11] 聂国伟, 冯志宏, 高振峰, 等. 冰温贮藏结合1-MCP对‘红玛瑙’樱桃保鲜效果的影响[J]. *中国果树*, 2020(6): 55-59.
- NIE G W, FENG Z H, GAO Z F, et al. Effect of Ice Temperature Storage Combined with 1-MCP on the

- Preservation of 'Red Agate' Cherry[J]. China Fruits, 2020(6): 55-59.
- [12] NA L, XIE G F, WU Y, et al. Quality Characteristics of Niagara Grapes and Their Storage Life as Affected by 1-MCP Combined with Sulfur Dioxide Treatment and Modified Atmosphere Packaging[J]. International Journal of Food Properties, 2022, 25(1): 46-65.
- [13] 贾艳萍, 张鹏, 曹森, 等. 1-MCP 处理对葡萄保鲜的影响[J]. 中国食品学报, 2016, 16(12): 185-192.
- JIA Y P, ZHANG P, CAO S, et al. Effects of 1-MCP Treatment on Grapes Preservation[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2016, 16(12): 185-192.
- [14] 郑碧霞, 戢小梅, 李长林, 等. 不同复合保鲜处理对‘夏黑’果实贮藏效果的影响[J]. 中国农学通报, 2022, 38(7): 135-143.
- ZHENG B X, JI X M, LI C L, et al. Effects of Different Compound Fresh-Keeping Treatments on the Storage of 'Summer Black' Grape[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2022, 38(7): 135-143.
- [15] 田竹希, 龙明秀, 李咏富, 等. 1-甲基环丙烯结合 $60\text{Co-}\gamma$ 辐照处理对水晶葡萄保鲜效果的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(23): 9124-9131.
- TIAN Z X, LONG M X, LI Y F, et al. Effects of 1-Methylcyclopropene Combined with $60\text{Co-}\gamma$ Irradiation Treatment on Preservation of Crystal Grape[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2021, 12(23): 9124-9131.
- [16] 孙思胜, 张晓娟, 张岗, 等. 不同浓度肉桂丁香提取物结合壳聚糖涂膜对夏黑葡萄采后生理的影响[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(5): 164-168.
- SUN S S, ZHANG X J, ZHANG G, et al. Effects of Different Concentrations of Cinnamomum Cassia Syringa Extract Combined with Chitosan Coating on Postharvest Physiology of Summer Black Grape[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2021, 49(5): 164-168.
- [17] 杨小月. 1-甲基环丙烯处理技术在鲜食葡萄保鲜中的应用[D]. 沈阳: 辽宁大学, 2020.
- YANG X Y. Application of 1- Methylcyclopropene Treatment Technology in Fresh-Keeping of Table Grapes[D]. Shenyang: Liaoning University, 2020.
- [18] 唐怡, 杨红, 李文婷, 等. 1-MCP 对木纳格葡萄的保鲜效果[J]. 食品工业科技, 2018, 39(5): 301-306.
- TANG Y, YANG H, LI W T, et al. The Preservation Effect of 1-MCP on Munage Grape Fruit[J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(5): 301-306.
- [19] 张红, 李洪山, 申玉香. 夏黑葡萄采后壳聚糖等多种保鲜剂处理对其保鲜效果的影响[J]. 食品科技, 2017, 42(9): 26-29.
- ZHANG H, LI H S, SHEN Y X. Effects of Chitosan and other Preservatives on Fresh-Keeping of Summer Black Grape Cultivars[J]. Food Science and Technology, 2017, 42(9): 26-29.
- [20] 陶慧慧, 邱家洪, 曾明, 等. 采前喷施不同试剂对“夏黑”葡萄采后落粒的影响[J]. 安徽农业科学, 2022, 50(3): 46-52.
- TAO H H, QIU J H, ZENG M, et al. Effects of Pre-Harvest Application of Different Reagents on Reducing "Summer Black" Grape Berries Abscission in Storage[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2022, 50(3): 46-52.
- [21] 冯美琴, 龚瑶, 孙健. 植物乳杆菌和模仿葡萄球菌复配对发酵羊肉香肠理化性质、风味及多肽抗氧化能力的影响[J/OL]. 食品科学: 1-16[2023-12-18]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.TS.20231218.1342.018.html>.
- FENG M Q, GONG Y, SUN J. The Effects of a Combination of Lactobacillus Plantarum and Staphylococcus Mimicking Bacteria on the Physicochemical Properties, Flavor, and Peptide Antioxidant Capacity of Fermented Lamb Sausages[J/OL]. Food Science: 1-16[2023-12-18]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.TS.20231218.1342.018.html>.
- [22] 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 P, YUAN X L, WANG L Q, et al. Effect of 1-MCP Treatment on Shelf Quality of "Sunshine Muscat" Grapes[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(7): 19-27.
- [23] 何庆. 采前喷施水杨酸对红地球葡萄采后灰霉病抗性和品质的影响[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2021.
- HE Q. Effects of Salicylic Acid Spraying before Harvest on Postharvest Gray Mold Resistance and Quality of Red Globe Grape[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2021.
- [24] 郑素慧, 何庆, 张健, 等. 茉莉酸甲酯对红地球葡萄采后贮藏品质和病害的影响[J]. 新疆农业科学, 2022, 59(1): 190-198.
- ZHENG S H, HE Q, ZHANG J, et al. Effects of Ex-

- ogenous Methyl Jasmonate on Quality and Disease of Grapefruit[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2022, 59(1): 190-198.
- [25] 张晓媛, 陆昭钰, 蔡小瑜, 等. 茶粕提取物对巨峰葡萄的采后保鲜效果研究[J]. 赣南师范大学学报, 2021, 42(6): 83-87.
- ZHANG X Y, LU Z Y, CAI X Y, et al. Research on Fresh Keeping Effect of Camellia Meal Extract on Postharvest 'Kyoho' Grape[J]. Journal of Gannan Normal University, 2021, 42(6): 83-87.
- [26] 王剑功, 褚伟雄, 吴剑. 葡萄电商运输工艺关键技术研究[J]. 食品科技, 2020, 45(1): 62-68.
- WANG J G, CHU W X, WU J. Research on Key Technologies of Grape E-Commerce Transportation Process[J]. Food Science and Technology, 2020, 45(1): 62-68.
- [27] 陈浩, 郜海燕, 张润光, 等. 1-MCP与ClO₂保鲜纸复合处理对红提葡萄采后生理及贮藏品质的影响[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版), 2020, 48(5): 48-55.
- CHEN H, GAO H Y, ZHANG R G, et al. Combined Treatment Effects of 1-MCP and ClO₂ Preservative Paper on the Postharvest Physiology and Storage Quality of Red Globe Grapes[J]. Journal of Shaanxi Normal University (Natural Science Edition), 2020, 48(5): 48-55.
- [28] 贾朝爽, 王志华, 王文辉, 等. 贮前1-MCP处理和货架温度对晚采‘华红’苹果品质的影响[J]. 中国果树, 2021(12): 16-21.
- JIA C S, WANG Z H, WANG W H, et al. Effects of Pre Storage 1-MCP Treatment and Shelf Temperature on the Quality of Late Harvested 'Huahong' Apple[J]. China Fruits, 2021(12): 16-21.
- [29] 王晓东, 赵薇, 王梦雅, 等. 1-甲基环丙烯协同壳聚糖处理对板栗贮藏期品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2023, 44(10): 70-76.
- WANG X D, ZHAO W, WANG M Y, et al. Effect of 1-Methylcyclopropene(1-MCP)Combined with Chitosan on Quality of Chestnut during Storage[J]. Food Research and Development, 2023, 44(10): 70-76.
- [30] WANG C L, DU J M, HOU D H, et al. Quality Retention and Delay Postharvest Senescence of Figs (Ficus Carica L.) Using 1-Methylcyclopropene and Modified Atmosphere Packaging during Cold Storage[J]. Food Bioscience, 2023, 53(2): 76-84.