

农产品保鲜与食品包装

1-MCP 和 SO₂ 处理对阳光玫瑰葡萄贮藏品质及风味的影响李梓童¹, 彭丽¹, 熊思国¹, 马廷东², 姜爱丽¹(1.大连民族大学 a.生命科学学院 b.生物技术与资源利用教育部重点实验室, 辽宁 大连 116600;
2.丹东市圣野浆果专业合作社, 辽宁 丹东 118000)

摘要: **目的** 探究片剂和粉剂 2 种剂型二氧化硫 (SO₂) 保鲜剂, 以及 1-甲基环丙烯 (1-methylcyclopropene, 1-MCP) 与 SO₂ 复配处理对阳光玫瑰葡萄贮藏品质和风味的影响。 **方法** 以阳光玫瑰葡萄为实验材料, 在采后分别用 1-MCP、不同 SO₂ 保鲜剂及 1-MCP 与 SO₂ 复配熏蒸处理, 在 (1±1) °C 下贮藏 60 d, 每 15 d 测定样品的亮度、饱和度、硬度、弹性、可溶性固形物、呼吸强度, 每 30 d 进行感官评定, 并用电子鼻、电子舌和气相色谱-质谱联用仪 (GC-MS) 联合测定分析挥发性物质含量和种类, 确定最佳的葡萄处理方式。 **结果** 在贮藏 60 d 时, 1-MCP+片剂和粉剂复配型 SO₂ 组样品的可溶性固形物含量、亮度、饱和度、硬度和弹性分别是对照组的 1.09、1.74、1.32、1.3、1.34 倍, 其呼吸速率比对照组的呼吸速率低约 30%, 且获得了较高的感官评分, 保持了更多的香气种类和更高的香气含量。 **结论** 1-MCP+片剂和粉剂复配型 SO₂ 可有效维持阳光玫瑰葡萄的贮藏品质和风味, 延缓果实的衰老进程。

关键词: 二氧化硫; 1-甲基环丙烯; 阳光玫瑰葡萄; 贮藏品质; 风味

中图分类号: TB485.2 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2023)11-0064-14

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.11.008

Effect of 1-MCP and SO₂ Treatment on Storage Quality and Flavor of Shine Muscat GrapeLI Zi-tong¹, PENG Li¹, XIONG Si-guo¹, MA Yan-dong², JIANG Ai-li¹

(1. a. College of Life Science b. Key Laboratory of Biotechnology and Resource Utilization, Ministry of Education, Dalian Minzu University, Liaoning Dalian 116600, China; 2. Dandong City Shengye Berry Planting Professional Cooperative Association, Dandong 118000, China)

ABSTRACT: The work aims to investigate the effects of sulfur dioxide (SO₂) preservatives in tablet and powder formulations and 1-methylcyclopropene (1-MCP) in combination with SO₂ on the storage quality and flavor of "Shine Muscat" grapes. "Shine Muscat" grapes were fumigated with 1-MCP, different SO₂ preservatives and 1-MCP in combination with SO₂ for 60 d at (1±1)°C after harvest. Brightness, saturation, hardness, elasticity, total soluble solids, and respiration intensity were measured every 15 d. Sensory evaluation was performed every 30 d. Volatile content and type were analyzed by electronic nose, electronic tongue, and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) to determine the best grape treatment. At 60 d of the storage, total soluble solids content, brightness, saturation, hardness and elasticity

收稿日期: 2022-11-01

基金项目: 中央高校基本科研业务费 (0919-140005, 0919-140029); 校企合作项目 (2021040021)

作者简介: 李梓童 (1998—), 女, 硕士, 主要研究方向为采后生物学与技术。

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

of the 1-MCP + tablet and powder compounded SO₂ group were 1.09, 1.74, 1.32, 1.3 and 1.34 times higher than those of the control group, respectively. The respiration rate was 30% lower than that of the control group and higher sensory scores were obtained, while more aroma species and higher aroma content were maintained. It is concluded that 1-MCP + tablet and powder compounded SO₂ can effectively maintain the storage quality and flavor of Shine Muscat grapes and delay fruit senescence, which can be used in production.

KEY WORDS: sulfur dioxide; 1-Methylcyclopropene; Shine Muscat grape; storage quality; flavor

阳光玫瑰葡萄 (*Vitis labruscana* Baily×*V. vinifera* L., Shine Muscat) 又名夏音马斯卡特、耀眼玫瑰, 属于葡萄科植物^[1], 是日本用“白南”和“安芸津 21 号”作为亲本选育出的中晚熟品种^[2]。近年来, 阳光玫瑰葡萄陆续引入我国, 并进行了种植试验和推广。该品种深受人们喜爱, 具有产量高、产量稳定、抗病性强、耐贮性好、风味优良等特性^[3]。由于阳光玫瑰葡萄的采收时间较集中, 且含水量大、组织脆嫩^[4], 在贮藏过程中会发生采后衰老, 出现严重的失水、果实软化、脱粒、腐烂等现象, 降低了葡萄的商品性和消费性^[5]。阳光玫瑰葡萄的果粒属于非呼吸跃变型, 其成熟过程不受乙烯控制, 而穗轴和果梗属于呼吸跃变型, 是整穗葡萄物质消耗的主要部位。由此可见, 在葡萄的贮藏保鲜中降低果实的呼吸强度是延长葡萄贮藏保鲜期的关键因素^[6]。

目前, 二氧化硫 (SO₂) 处理方法被认为是应用于葡萄采后保鲜最有效和最具有商业价值的技术, 该技术不仅对葡萄采后常见的真菌性病害有较强的抑制作用, 还能降低呼吸强度, 保持葡萄的风味和营养^[7]。由于不同品种的葡萄对 SO₂ 的敏感性不同, 在实践中很难控制 SO₂ 的使用量, 不适当的 SO₂ 处理会对葡萄果实造成组织损伤, 如开裂、漂白, 还会导致过量的亚硫酸盐残留^[8]。目前, 市面上常用的 SO₂ 保鲜剂有片剂和粉剂 2 种, 片剂型 SO₂ 的释放速度较慢、起效慢, 但持效期较长, 适用于葡萄的长期贮藏; 粉剂型 SO₂ 的释放速度较快、起效快, 但作用时间较短, 且容易引起药害^[9]。由此可见, 找到一种合理有效的 SO₂ 使用方法和用量非常关键。1-甲基环丙烯 (1-MCP) 是一种新型乙烯受体抑制剂, 通过阻断乙烯与其受体的结合, 减缓乙烯的生成和受该植物激素影响的成熟过程^[10]。之前的研究发现, 采后使用 1-MCP 处理可有效维持阳光玫瑰葡萄^[11]、软枣猕猴桃^[12]、桃^[13]的品质。

阳光玫瑰葡萄的香气成分是影响其品质、商品性的主要因素, 在贮藏过程中香气会减少^[14]。目前, 缺少对不同剂型 SO₂ 保鲜剂的筛选, 缺少对比单一使用 SO₂ 与 SO₂+1-MCP 保鲜方式, 缺少采用电子鼻、电子舌和 GC-MS 联合分析 1-MCP 结合 SO₂ 处理对阳光玫瑰葡萄风味物质的影响等方面的研究。由此, 文中选用阳光玫瑰葡萄为实验对象, 采用片剂和粉剂 SO₂ 保鲜剂, 以及将 1-MCP 与 SO₂

相结合对阳光玫瑰葡萄进行处理, 通过对比不同剂型 SO₂ 保鲜剂单独使用和结合 1-MCP 复配处理, 利用电子鼻、电子舌和 GC-MS 联合分析得到合适的 SO₂ 处理方式, 以期得到优良的阳光玫瑰葡萄贮藏保鲜方式, 为其品质及风味物质的保持提供参考, 并为延长阳光玫瑰葡萄采后贮藏期提供理论依据和技术支持。

1 实验

1.1 材料与仪器

主要材料: 选择大小均一、无机械损伤、成熟度相近 (可溶性固形物质量分数为 13.2%) 的阳光玫瑰葡萄, 从大连市金州区国家农业园区采收后立即运回实验室进行预冷处理。使用厚度为 0.03 mm 的食品用聚乙烯 (PE) 保鲜袋包装葡萄, 每袋质量为 5 kg, 敞开 PE 保鲜袋, 并置于温度 (1±1) °C、相对湿度 85%~90% 的冷库中预冷 24 h, 备用。实验所用 PE 保鲜袋、1-MCP 保鲜剂和 SO₂ 保鲜剂购自国家农产品保鲜技术研究中心 (天津)。

主要仪器: PA-185 手持阿贝折光仪, 日本爱拓公司; CR400/CR410 型色差计, 日本柯尼卡美能达公司; F-940 型 O₂/CO₂ 手持式气体分析仪, 美国 Felix 公司; PL203 型精细电子天平, 美国梅特勒托利多公司; IKA-M20 型研磨机, 德国 IKA 公司; TA.XT Plus 型质构仪, 英国 Stable Micro System 公司; UV-2600 型紫外可见分光光度计, 日本岛津仪器有限公司; 气相色谱-质谱联用仪, 日本岛津仪器有限公司; AllegraX-30R 型超速冷冻离心机, 美国贝克曼库尔特公司; PDMS/DVB 萃取头, 太纬科技有限公司; 冰箱 (-80 °C), 日本 SANYO 公司; HH-6 型数显恒温水浴锅, 常州国华电器有限公司; SA402B 电子舌味觉分析系统, 日本 Insent 公司; PEN3 型电子鼻, 日本 Insent 公司。

1.2 方法

将预冷后的阳光玫瑰葡萄分为 CK 组、1-MCP 处理组、S1 处理组、S2 处理组、MS1 处理组和 MS2 处理组, 具体处理方法如下。

1) CK 组。不进行处理。

2) 1-MCP 处理组。加入 1 μL/L 1-MCP。

3) S1 处理组。加入 2.4 g/kg 片剂 SO_2 。

4) S2 处理组。加入 1.92 g/kg 片剂 SO_2 +0.6 g/kg 粉剂 SO_2 。

5) MS1 处理组。加入 1 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP+2.4 g/kg 片剂 SO_2 。

6) MS2 处理组。加入 1 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP+1.92 g/kg 片剂 SO_2 +0.6 g/kg 粉剂 SO_2 。

在预冷 24 h 后, 在 1-MCP 处理组中放入 1-MCP。在预冷 48 h 后, 在 SO_2 处理组中放入 SO_2 保鲜剂, 在处理结束后用橡皮筋封口。每个处理组重复 3 次实验。每 15 d 从各处理组中随机取出一串葡萄进行生理指标检测, 并用液氮进行速冻, 使用磨粉机进行磨粉处理, 并置于 $-80\text{ }^\circ\text{C}$ 冰箱中贮藏, 用于 GC-MS 的测定, 实验周期为 60 d。

1.2.1 感官评分

根据评分标准(表 1)^[15]对阳光玫瑰葡萄的风味进行感官评定, 由经过专业培训的 8 人组成评分小组, 按照评分标准表中的外观、质地、风味对阳光玫瑰葡萄进行评分。实验结果取 8 人评分的平均值。

1.2.2 生理指标测定

采用 CR400/CR410 型色差计测定样品的亮度 (L^*), 并计算颜色饱和度 (C^*)。

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (1)$$

式中: a^* 为红绿程度, +表示偏红, -表示偏绿; b^* 为黄蓝程度, +表示偏黄, -表示偏蓝; C^* 为颜色饱和度。

采用 TA.XT Plus 质构仪测定样品的硬度和弹性。P/5 型不锈钢探头的直径为 5 mm, 以 1 mm/s 测定, 刺穿深度为 7 mm, 取第 1 个峰的峰高, 用以表示硬度 (N)。使用手持阿贝折光仪测定样品的可溶性固形物 (Total Soluble Solid, TSS) 含量, 随机各取 5 个处理组的非脱粒果, 并对果实进行研磨, 取其汁液测定, 结果以质量分数 (%) 表示, 每个处理组做 3 个平行实验。

使用 F-940 便携式气体分析仪测定样品的呼吸强

度, 随机各取 5 个处理组的非脱粒阳光玫瑰葡萄果实, 称量后置于带有胶塞的密闭容器 (15 cm×10.8 cm×7 cm) 中 30 min, 分析气体含量, 并计算呼吸强度 ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$), 每个处理组做 3 个平行实验。

1.2.3 风味物质测定

采用电子鼻分析样品的气味。PEN3 型便携式电子鼻不同化学传感器的响应类型见表 2。称取 0 d (初始值)、30 d、60 d 时 6 组阳光玫瑰葡萄鲜样品各 5 g, 放入 20 mL 小瓶中密闭静置 30 min, 将进样针头插入小瓶内进行测定。测定条件: 传感室流量为 400 mL/min, 样品测试时间为 60 s, 取稳定状态 58~60 s 的数据进行分析。

电子舌不同化学传感器的响应类型见表 3。称取 0 d、30 d、60 d 时的 6 组阳光玫瑰葡萄样品粉末各 20 g 置于锥形瓶中, 加入 120 mL 去离子水溶解, 过滤后得到可进行电子舌测定的澄清滤液。组装电子舌, 安装完成活化味觉传感器, 将滤液倒入电子舌专用烧杯至刻度线, 以参比溶液为对照进行味觉分析。将滤液置于电子舌专用容器中, 样品采集与清洗交替进行。样品测定时间为 90 s, 清洗 (基准液) 时间为 336 s。检测环境温度为室温。每个样品的甜味测定 5 次, 涩味、鲜味、苦味、咸味、酸味均测定 4 次, 选取后 3 次稳定的电子舌响应值进行分析。

使用气相色谱-质谱联用仪 (GC-MS) 测定阳光玫瑰葡萄样品的挥发性风味物质。参考满坤^[16]研究阳光玫瑰葡萄芳香物质的方法, 得到此次实验的 GC-MS 气质分析条件。取样品冻样粉末 2.5 g, 置于 15 mL 顶空瓶中, 加入 1.5 mL 200 mmol EDTA 溶液、1.5 mL 20% (体积分数) 的 CaCl_2 溶液和 2 μL 0.356 5 mg/mL 的内标仲辛醇, 并充分涡旋 30~60 s。将涡旋后的样品瓶置于 40 $^\circ\text{C}$ 的恒温水浴锅中, 插入老化后的 SPME 萃取头, 吸附 0.5 h 后, 拨动手柄使纤维头退回针头内, 将萃取头取出, 插入气相色谱进样口, 在 250 $^\circ\text{C}$ 下解吸 8 min, 同时启动仪器采集数据。

表 1 阳光玫瑰葡萄的感官评分标准
Tab.1 Sensory evaluation criteria for Shine Muscat grape

项目 (100 分)	分级	得分
外观 (30 分)	落粒, 果梗干枯, 果形差, 果粒萎蔫、流汁, 无果粉	1~10
	果梗稍有褐变, 果形较好, 果色暗淡, 果粉部分脱落	10~20
	果梗鲜嫩, 果形端正, 果色均匀, 布满果粉	20~30
质地 (30 分)	果皮粗糙, 果肉黏滑, 果皮、果肉呈袋状分离	1~10
	果皮韧性大于脆性, 果肉变软	10~20
	果皮膨压大, 食用时易破碎, 果肉紧密, 果汁多	20~30
风味 (40 分)	风味不协调, 酸度过大, 有明显涩味, 有不良气味	1~15
	风味较好, 酸甜味较淡, 无不良气味	15~30
	风味极佳, 糖酸比例协调, 具有葡萄特有的芳香	30~40

表 2 电子鼻不同化学传感器的响应类型
Tab.2 Response types of different chemical sensors for electronic noses

序号	传感器名称	性能描述
1	W1C	芳香成分, 苯类
2	W1S	对甲烷灵敏
3	W1W	对硫化物敏感
4	W2S	对乙醇灵敏
5	W2W	对有机硫化物灵敏
6	W3C	氨水, 对芳香成分灵敏
7	W3S	对烷烃灵敏
8	W5C	烷烃芳香成分
9	W5S	对氧氮化合物灵敏, 灵敏度大
10	W6S	主要对氢气有选择性

表 3 电子舌不同化学传感器的响应类型
Tab.3 Response types of different chemical sensors for electronic tongues

序号	传感器名称	性能描述
1	AAE	对鲜味敏感
2	CT0	对咸味敏感
3	CA0	对酸味敏感
4	C00	对苦味敏感
5	AE1	对涩味敏感
6	GL1	对甜味敏感

1) 萃取头的老化。在气相色谱进样口的氮气保护下, 将 65 μm PDMS/DVB 萃取头于 270 $^{\circ}\text{C}$ 下老化 0.5 h, 脱去萃取头上可能吸附的挥发性成分。

2) 色谱条件。将起始温度设置为 35 $^{\circ}\text{C}$, 保持 2 min, 然后以速度 6 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 将温度升至 160 $^{\circ}\text{C}$, 再以速度 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升至 250 $^{\circ}\text{C}$, 保留 10 min。汽化室的温度为 250 $^{\circ}\text{C}$, 采用 He 为载气, 流速为 1 mL/min。

3) 质谱条件。电离方式为 EI, 电子能量为 70 eV, 离子源温度为 200 $^{\circ}\text{C}$, 接口温度为 230 $^{\circ}\text{C}$, 采集质量范围 (m/z) 为 35~350。

1.3 数据统计分析

通过 NIST/Wiley 标准谱库检索, 结合文献的标准谱图, 定性分析香气成分, 并用峰面积归一法测算各化学成分的相对含量。采用 SPSS 22.0 软件 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 进行实验数据及差异显著性分析。采用单因素方差分析数据, 然后用 LSD 检验进行平均值比较 ($P < 0.05$, 表示差异显著)。采用 Origin 和 excel 软件进行图表制作。

2 结果与分析

2.1 1-MCP 和 SO₂ 处理对阳光玫瑰葡萄外观、亮度和饱和度的影响

色泽是影响葡萄商品价值的一个可视化因素, 维持果实较好的色泽能够让消费者产生更强的购买欲望。品质优良的阳光玫瑰葡萄果实具有果皮鲜亮、大小均匀整齐、枝梗新鲜牢固、颗粒饱满、果粒牢固等特点。如图 1a 所示, 在贮藏 30 d 后, 处理组果实仍保持结构紧密、颗粒牢固; CK、S1、MS2 组果实的果蒂部位发生了腐烂, 开始褐变; MS1 组有果实脱落。在贮藏 60 d 后, 大部分葡萄果梗褐变严重, 处理组均有部分果实果蒂处发生了腐烂现象, 其中 CK、1-MCP、S1、S2 组的腐败现象更明显, 果实颜色变黄, 果实萎蔫, 有汁液渗出。整体来看, 1-MCP 与 SO₂ 复配组果实的腐烂现象不明显, MS1 组阳光玫瑰葡萄的外观品质保持效果最好。

L^* 表示果实的明暗度, L^* 下降表示果实在贮藏期内可能发生了色素聚集或酶促褐变等现象, 导致表皮变暗。 L^* 下降越明显, 果实的褐变程度越严重。如图 1b 所示, 果实的 L^* 随着贮藏时间的延长而降低。在贮藏 60 d 时, CK 组果实的 L^* 大幅度下降, 比初始值下降了 42.53%, MS2 组果实的 L^* 仅下降了 1% ($P < 0.05$)。 C^* 表示果实色泽的鲜艳程度, C^* 越大, 表明果实的颜色越鲜艳。由图 1c 可知, C^* 与 L^* 有着相同的变化趋势, 随着贮藏时间的延长, C^* 不断下降。MS2 组果实的 C^* 呈现上升趋势, 这可能是因随着贮藏时间的延长果实逐渐成熟。在各处理组中, MS2 组果实的 L^* 保持在一个较高水平, 且 C^* 的下降速度最慢, 说明采用 1-MCP+SO₂ 处理能较好地保持果实表面的亮度, 延缓果实的色泽变化进程。

2.2 1-MCP 和 SO₂ 处理对阳光玫瑰葡萄硬度和弹性的影响

影响阳光玫瑰葡萄商品价值的重要因素是硬度。随着贮藏时间的延长, 果实硬度均不同程度地下降 (图 2a)。在贮藏期间, 处理组果实的硬度均显著高于对照组的硬度 ($P < 0.05$), 尤其是经过 SO₂ 处理后的葡萄。在贮藏 30 d 时, MS2 组果实的硬度显著高于对照组果实的硬度, 其硬度为 12.62 N, 而 1-MCP 处理组和对照组的硬度仅为 8.90 N 和 8.32 N。原因可能是 1-MCP 在长时间冷藏过程中逐渐失去效果, Crisosto 等^[17]研究表明, 1-MCP 在处理“海沃德”猕猴桃 4 周后失效。总的来说, 1-MCP+SO₂ 处理能有效维持果实的硬度, 其中 MS2 组效果最佳。

葡萄的弹性可以反映葡萄含水量的变化情况, 葡萄失水越严重, 弹性越低。在采摘后, 无营养提供给葡萄果梗, 弹性随着贮藏时间的延长呈下降趋势 (图

2b), 但 1-MCP+SO₂ 处理组果实的弹性显著高于 CK 组的弹性 ($P<0.05$), S2 组相较于 S1 组显著延缓了弹性的降低 ($P<0.05$)。加入 1-MCP 后, MS1 和 MS2 处理比 S1 和 S2 处理更能有效抑制弹性的降低。

在贮藏 60 d 时, MS1、MS2、S1、S2 组果实的弹性分别下降了 5.41%、5.24%、17.46%、8.79%, 说明 1-MCP 结合 SO₂ 处理能有效抑制阳光玫瑰葡萄的失水, 维持葡萄的弹性。

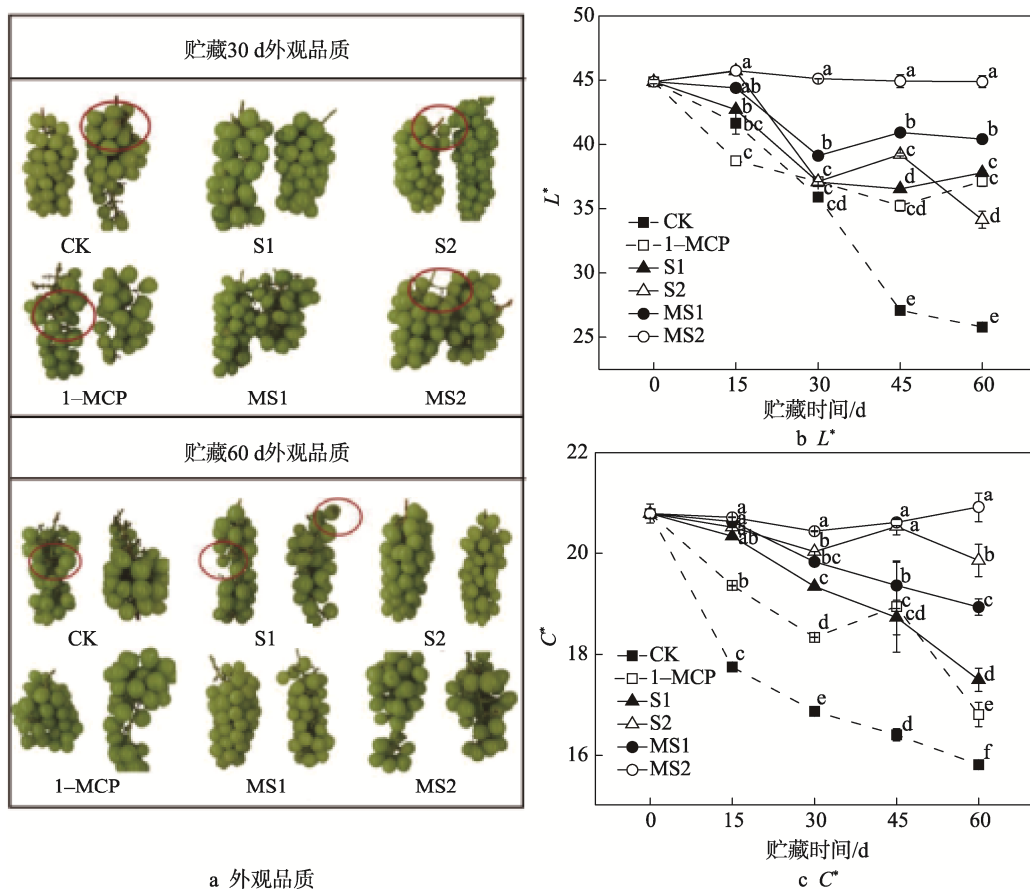


图1 不同处理对阳光玫瑰葡萄贮藏 60 d 时的外观品质、 L^* 及 C^* 的影响
Fig.1 Effect of different treatments on appearance quality, L^* and C^* of Shine Muscat grape at 60 d of storage

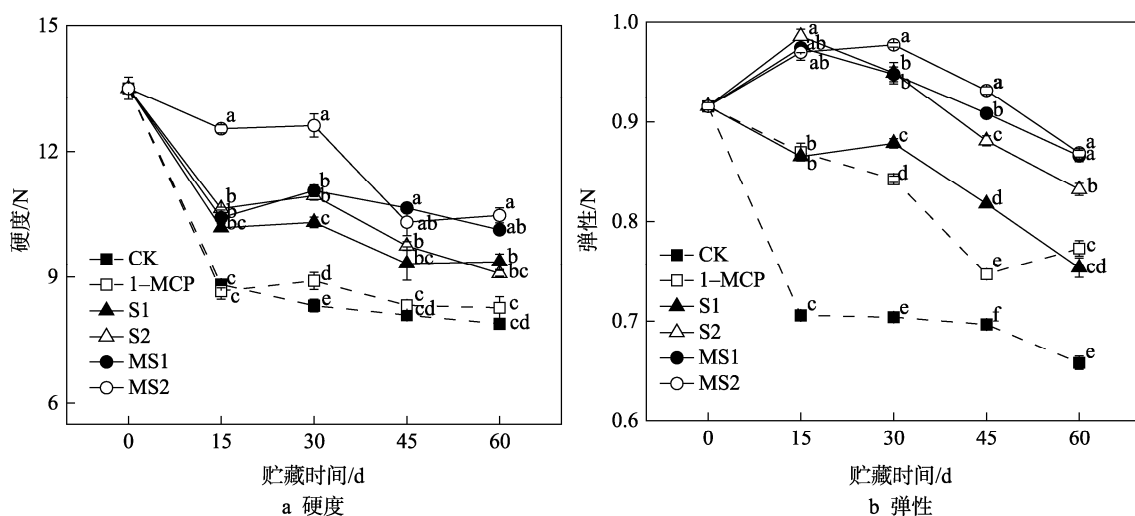


图2 不同处理对阳光玫瑰葡萄贮藏 60 d 时硬度及弹性的影响
Fig.2 Effect of different treatments on hardness and elasticity of Shine Muscat grape at 60 d of storage

2.3 1-MCP 和 SO₂ 处理对阳光玫瑰葡萄可溶性固形物含量和呼吸强度的影响

可溶性固形物 (TSS) 含量能直接反映葡萄的风味, 影响贮藏期间葡萄的品质。由图 3a 可知, 在贮藏结束时, MS2 和 S2 处理组果实的 TSS 含量分别为 16.9% 和 16.66%, MS1 和 S1 处理组果实的 TSS 含量分别为 16.4% 和 15.83%, 表明相对于单一使用片剂 SO₂ 保鲜剂, 加入粉剂保鲜剂的 S2 处理组的效果更好。对比单一使用 SO₂ 保鲜剂和与 1-MCP 复配处理时发现, 采用 1-MCP 结合 SO₂ 处理能有效抑制阳光玫瑰葡萄 TSS 含量的下降, 维持果实品质。

呼吸强度是鲜切葡萄生命活动的重要体现。由图 3b 可知, 不同处理组葡萄的呼吸强度呈上升趋势, 1-MCP 组葡萄在贮藏 30 d 后显著低于 CK 组 ($P<0.05$)。这可能是因为葡萄果梗受到 1-MCP 的影响, 抑制了果梗的呼吸作用, 而 MS2 组葡萄的呼吸强度在贮藏 60 d 后低于 CK 组的呼吸强度, 且差异显著 ($P<0.05$)。此外, 采用 SO₂ 的 2 种处理组中, S1 和 S2 组果实的呼吸强度差异不明显, 说明 2 种 SO₂ 处理对葡萄呼吸作用的抑制作用差异不大。

2.4 1-MCP 和 SO₂ 处理对阳光玫瑰葡萄口感和风味的影响

感官评定可模拟消费者在购买、食用果蔬时的心理状态, 也是对果蔬新鲜程度、产品质量和商品价值最直观的体现^[18]。根据 6 组阳光玫瑰葡萄在 0 d、30 d、60 d 时外观、质地、风味和香气评分绘制出雷达分析图 (图 4a、b)。根据雷达图进行数据分析, 在整个贮藏期间, 阳光玫瑰葡萄的感官评分逐渐降低, 表明

各项感官品质随着时间的延长呈下降趋势。从图 4a 可以看出, 在采后处理 30 d 时, 6 个处理组果实的感官评分相较于 0 d 时均有所降低。其中, MS1 组果实的外观、质地、风味和香气等方面的评分最高, 感官评定总分为 83.318, 与 0 d 时 (83.875) 的评分接近, MS1 组果实的感官品质保持效果明显优于其他 5 个组。S2 组阳光玫瑰葡萄的感官品质保持效果较好, 感官评定总分为 77.125。1-MCP 组与 CK 组相比, 除风味评分相差较明显外, 外观、质地和香气的评分相差不大。从图 4b 可以看出, 在采后处理 60 d 时, 6 个处理组果实的感官评分相较于 0 d 时均明显下降。MS1 组阳光玫瑰葡萄品质的保持效果最显著, 感官评定总分为 66.5 分。1-MCP、S1、S2、MS2 组果实的香气评分基本重合, 外观、质地、风味存在微小差别, 感官评定总分分别为 59.75、59.25、58.75、60 分, 均高于 CK 组果实的感官评定总分 (50.5 分)。由此可见, 采用 1-MCP 结合 SO₂ 处理能较好地保持葡萄的品质, 获得较高的感官评分, 其中采用片剂结合粉剂的保鲜效果更好。

PEN3 电子鼻包括 10 个传感器, 根据不同处理时间 6 组阳光玫瑰葡萄在 10 个传感器上的响应值绘制出雷达分析图, 如图 5 所示。在整个贮藏期间, W1S (对甲烷类敏感)、W1W (对硫化物敏感)、W2S (对醇类、醛酮类灵敏) 和 W2W (芳香成分, 对有机硫化物灵敏) 4 个传感器对各组阳光玫瑰葡萄样品的响应值都较大, 尤其是 W1S 和 W2S。如图 5a 所示, 在采后处理 30 d 时, 1-MCP 组和 S2 组的雷达响应图与其他 4 组的差异较大, 这 2 个组在 W1S、W1W、W2S、W2W 和 W5S 等 5 个传感器的响应值明显大于其他组的响应值, 其余 5 个传感器的响应值与其他组差异不大, 即这 5 个传感器检测出的挥发性成分基本

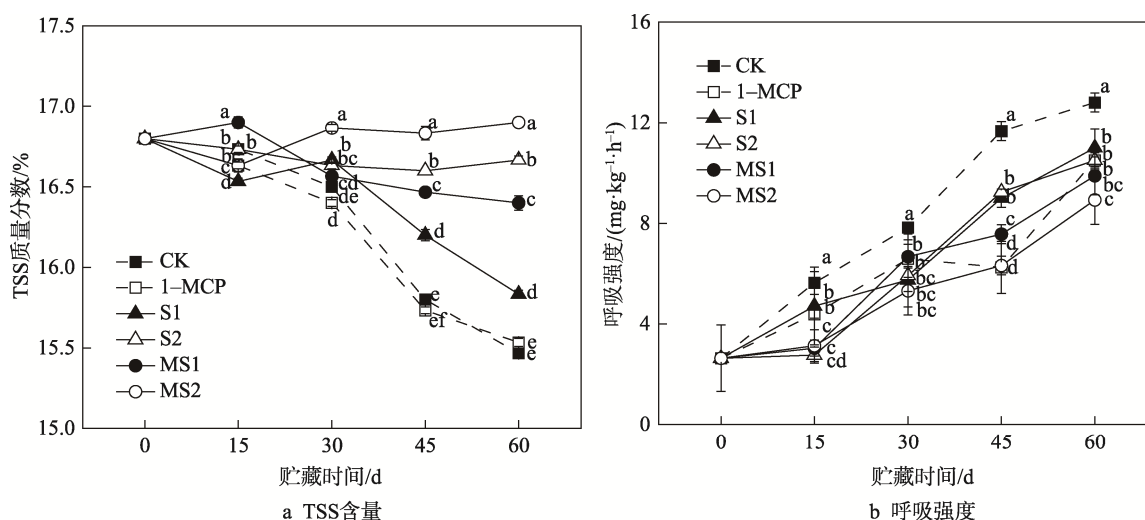


图 3 不同处理对阳光玫瑰葡萄贮藏 60 d 时 TSS 含量和呼吸强度的影响
Fig.3 Effect of different treatments on TSS content and respiration intensity of Shine Muscat grape at 60 d of storage

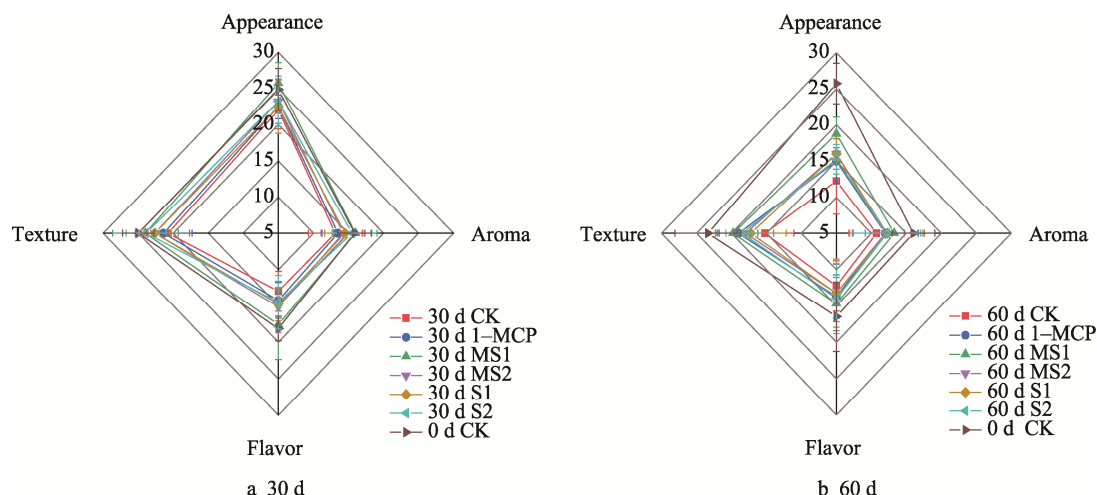


图4 不同处理的阳光玫瑰葡萄贮藏30 d和60 d时的感官评价雷达分析图谱
Fig.4 Radar analysis plots of sensory evaluation of different treatments on Shine Muscat grape at 30 d and 60 d of storage

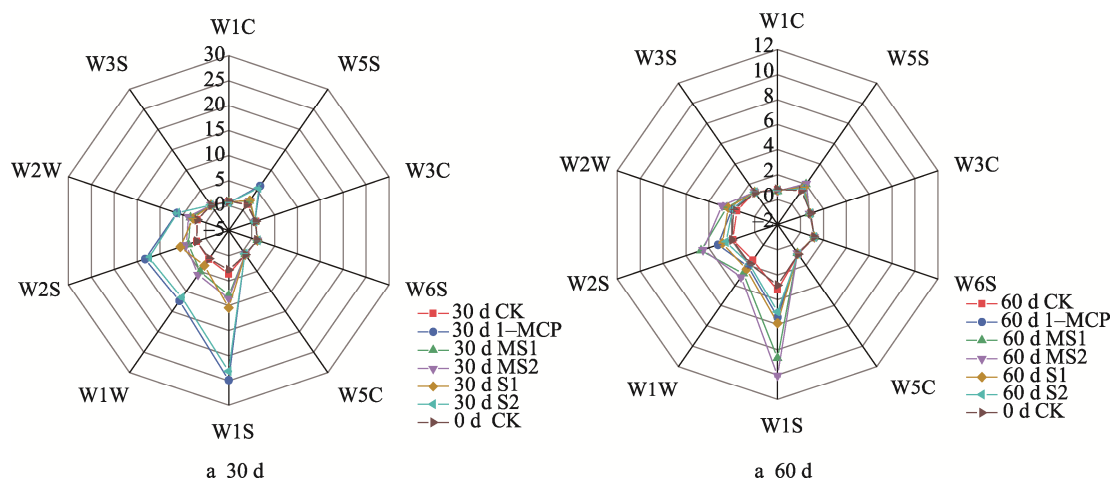


图5 不同处理的阳光玫瑰葡萄贮藏30 d和60 d时的电子鼻雷达分析图谱
Fig.5 Electronic nose radar analysis plots of different treatments on Shine Muscat grape at 30 d and 60 d of storage

相似。S2、MS1、MS2等3个处理组在W1S、W1W、W2S、W2W和W5S等5个传感器的响应值均低于1-MCP组和S1组,但高于0 d时的响应值,而CK组与0 d时接近。说明在处理30 d内,1-MCP和S2处理对甲基类、硫化物、醇类、醛酮类、芳香成分、有机硫化物和氮氧化合物的保持效果优于其他处理,这与感官评价结果一致。在采后处理60 d(图5b)时,MS1组和MS2组的雷达响应图和其他4组的差异较大,在W1S、W1W、W2S、W2W和W5S等5个传感器的响应值显著大于其他4组,1-MCP、S1、S2组在这5个传感器的响应值较接近。表明贮藏60 d时,MS1和MS2组果实的风味物质得到了较好调控,相对于其他组,这2组果实在贮藏60 d时产生的不良气味更少,这与感官评价分析结果吻合。综上可知,阳光玫瑰葡萄中的醇类、醛酮类、芳香成分、有机硫

化物、甲基类、氮氧化合物的含量较多,苯类、氨基、烷烃和氯化物的含量极少,并且采用1-MCP结合SO₂处理能有效保持葡萄的气味。

SA402B电子舌共有6个传感器,根据6组阳光玫瑰葡萄在6个传感器上的响应值绘制雷达色谱图(如图6所示),不同颜色和形状表示不同组别的阳光玫瑰葡萄。如图6a所示,在处理时间为30 d时,酸味和甜味传感器对各组阳光玫瑰葡萄样品的响应值最大,苦味的响应值在所有传感器的响应值中最低。如图6b所示,在处理时间为60 d时,酸味和甜味传感器对各组阳光玫瑰葡萄样品的响应值依然最大,并且与30 d时的响应值基本相似。MS1和MS2组果实的苦味和涩味响应值低于S2处理组,说明相较于单一使用SO₂保鲜剂,采用1-MCP结合SO₂处理能更有效地保持葡萄的味道,这与电子鼻的分析结果一致。

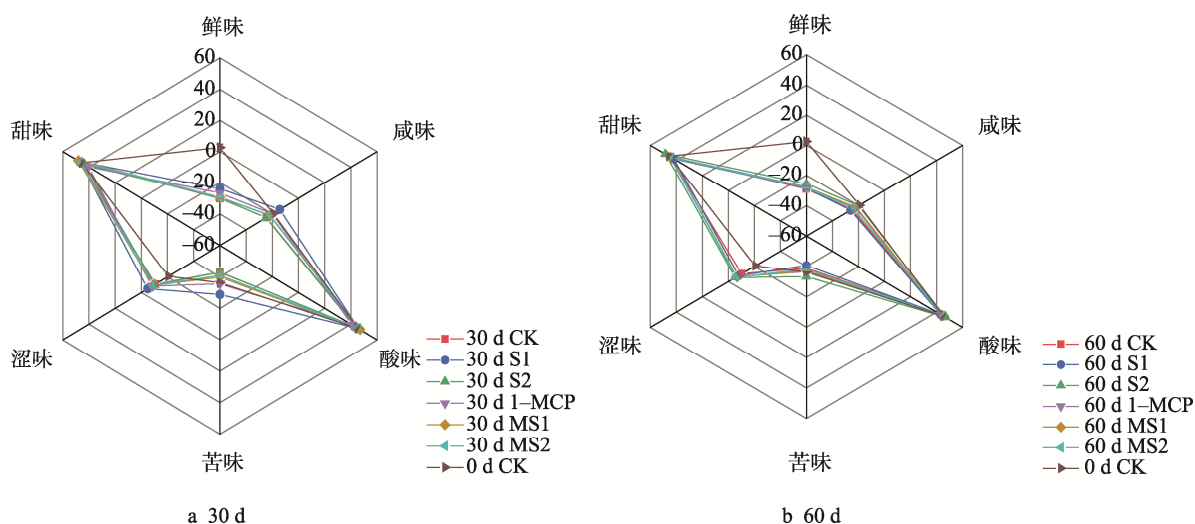


图 6 不同处理的阳光玫瑰葡萄贮藏 30 d 和 60 d 时的电子舌雷达分析图谱

Fig.6 Electronic tongue radar analysis plots of different treatments on Shine Muscat grape at 30 d and 60 d of storage

2.5 1-MCP 和 SO₂ 处理对阳光玫瑰葡萄风味物质种类及含量的影响

由表 4 可知, 6 组阳光玫瑰葡萄经过 GC-MS 分析后, 共检测出主要挥发性风味物质 35 种, 包括醇类 9 种、醛类 11 种、酯类 9 种, 其他 6 种。其中, 醇类以正己醇、芳樟醇为主; 醛类以 2-己烯醛、正己醛为主; 酯类以乙酸丁酯为主。其他(萜烯类、酸类、酮类)挥发性物质的种类较少, 在所有样品中共检测到 6 种。如图 7a 所示, 不同处理组阳光玫瑰葡萄在贮藏 30 d 时产生的挥发性风味物质种类普遍高于 0 d 和 60 d 时。其中, MS2 组果实的挥发性风味物质的种类最多, 达到 22 种, 醛类最多; 其次是 MS1 组, 种类为 19 种, 也是醛类最多; 1-MCP 组果实的挥发性风味物质种类(9 种)最少。在贮藏 60 d 时, 挥发性风味物质种类只有 2~4 种。如图 7b 所示, 除 CK 组外, 其余 5 个处理组阳光玫瑰葡萄在贮藏 30 d 时产生的挥发性风味物质含量均高于 0 d 时的含量。其中, MS2 组的挥发性风味物质含量最多, 达到 6.48 mg/g, 醛类含量最多(5.09 mg/g), 醇类和酯类含量分别为 0.42 mg/g 和 0.97 mg/g; 其次是 MS1 组, 挥发性风味物质含量为 2.97 mg/g, 其中醛类含量为 2.29 mg/g, 这与电子鼻分析结果吻合。由此可知, 采用 1-MCP 结合 SO₂ 处理能有效维持葡萄的风味物质和含量, 其中采用片剂结合粉剂处理的保鲜效果更好。

不同处理组阳光玫瑰葡萄在贮藏期间挥发性物质的比例如表 5 所示。在 0 d 时, 醇类化合物含量约占总化合物含量的 16.67%, 醛类化合物含量约占 33.33%, 酯类化合物含量约占 33.33%。在贮藏 30 d 时, 挥发性风味物质种类和挥发性风味物质含量都高

的 MS2 组果实的醇类化合物含量约占总化合物含量的 27.27%, 醛类化合物含量约占 31.82%, 酯类化合物含量约占 27.27%。挥发性风味物质种类和挥发性风味物质含量居第 2 位的 MS1 组果实的醇类化合物含量约占总化合物含量的 26.32%, 醛类化合物含量约占 42.11%, 酯类化合物含量约占 21.05%, 其中醛类含量比其他处理组果实的含量高 4%~9%。由表 4 可知, 不同处理方式使得 6 组阳光玫瑰葡萄的挥发性物质不同, 主要体现在风味物质成分和风味比例上。综上可知, MS2 组阳光玫瑰葡萄芳香物质种类和含量的保持效果最好。

3 讨论

阳光玫瑰葡萄具有皮薄肉脆、天然玫瑰香味、高糖低酸等特点, 是近几年国内的热点品种^[19]。阳光玫瑰葡萄在采摘后易出现果实腐烂、脱落、干茎、褐变等不良现象^[20], 这会严重影响其商业和经济效益。1-MCP 是一种能够阻止乙烯作用的环烯烃, 能有效延长果实的贮藏期^[21], 它作为采后处理技术已广泛应用于调控多种果实的成熟软化, 以提高果实的采后品质^[22]。1-MCP 处理能有效延长软枣猕猴桃的贮藏期^[23], 抑制梨果实的软化和褐变^[24], 抑制桃子的呼吸强度和可溶性固形物含量的下降^[25], 提高芒果^[26]和枣^[27]的抗氧化酶活性水平。目前, SO₂ 处理被认为是应用于葡萄采后保鲜最有效和最有商业价值的技术。Duarte-Sierra 等^[28]研究发现, 采用 SO₂ 处理能有效抑制葡萄的腐烂。林艺芬等^[29]研究发现, SO₂ 可延缓龙眼的果实软化。在蓝莓^[30]、小白菜^[31]等果蔬贮藏过程中, 采用 SO₂ 处理均表现出积极的效果。

表 4 不同处理对阳光玫瑰葡萄贮藏期间挥发性风味物质含量的影响
Tab.4 Effects of different treatments on volatile flavor substances in Shine Muscat grape during storage

mg/g

化合物类别	化合物	贮藏时间/d	CK	1-MCP	S1	S2	MS1	MS2
醇类	正己醇 1-Hexanol	0						
		30	0.023	0.022	0.012	0.1	0.027	
		60					0.024	
	正庚醇 1-Heptanol	0						
		30					0.031	
		60					0.024	
	芳樟醇 1,6-Octadien-3-ol	0	0.121	0.121	0.121	0.121	0.121	0.121
		30	0.042	0.064	0.239	0.069	0.151	0.115
		60						
	2-己炔-1-醇 2-Hexyn-1-ol	0						
		30	0.006					0.043
		60	0.006					
	反式-2-己烯-1-醇 2-Hexen-1-ol	0						
		30	0.003	0.022	0.013	0.012	0.096	0.023
		60						
	糠醇 2-Furanmethanol	0						
		30	0.005					
		60						
	叶醇 3-Hexen-1-ol	0						
		30	0.022	0.028	0.003		0.044	0.036
		60						
	反式-3-己烯-1-醇 3-Hexen-1-ol	0						
		30	0.022					
		60						
	(+) -新孟 (+) -neomenthol	0						
		30						0.012
		60						
醛类	2-己烯醛 2-Hexenal	0	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
		30	0.075	0.341	0.286	0.221		0.596
		60						
	异戊醛 Isovaleraldehyde	0						
		30	0.003		0.029	0.01	0.035	0.05
		60						
	5-硝基水杨醛 5-Nitrosalicylaldehyde	0						
		30					0.001	0.003
		60						
	3-羟基丁醛 3-Butanolal	0						
		30	0.003				0.019	
		60						
	十二醛 Lauryl aldehyde	0						
		30			0.005		0.017	0.031
		60					0.047	
	癸醛 Decanal	0						
		30	0.003			0.006		
		60						
	正己醛 Hexanal	0	0.124	0.124	0.124	0.124	0.124	0.124
		30	0.143	0.104	0.546	0.529	2.581	1.58
		60	0.393	0.242	0.282	0.207	0.285	0.292
	庚醛 Heptanal	0						
		30			0.009	0.007	0.181	0.021
		60						

续表

化合物类别	化合物	贮藏时间/d	CK	1-MCP	S1	S2	MS1	MS2
酯类	壬醛 Nonanal	0						
		30		0.019			0.046	
		60						0.009
	正辛醛 Octanal	0						
		30				0.003		
		60						0.029
	青叶醛 Trans-2-Hexenal	0						
		30			0.014		0.035	0.011
		60						
	乙酸丁酯 Acetic acid,butyl ester	0						
		30	0.005	0.013	0.043		0.055	
		60						
	亚硝酸正戊酯 Amyl Nitrite	0	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008
		30						
		60						
	乙酸仲丁酯 Acetic ac- id,1-methylpropyl	0	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
		30	0.007	0.036		0.027		0.048
		60						
	乙酸壬酯 Nonyl acetate	0						
		30						0.145
		60						
	乙酸己酯 Hexyl acetate	0						
		30	0.006		0.006		0.062	0.003
		60				0.017		
其他	乙酸丁酯 Butyl acetate	0						
		30				0.013		
		60				0.028		0.007
	乙酸异丁酯 Isobutyl acetate	0						
		30			0.018		0.009	
		60						
	丁酸香茅酯 Citronellyl butyrate	0						
		30						0.007
		60						
	乙酸乙酯 Ethylacetate	0						
		30			0.018		0.158	0.006
		60						
	柠檬烯 Limonene	0						
		30	0.009		0.011	0.005		0.01
		60						
	1-己烯 1-Hexene	0	0.016					
		30	0.008	0.026	0.013	0.019		
		60		0.087	0.109			0.011
	3-己酮 3-Hexanone	0						
		30						0.005
		60						
	4-叔丁基环己酮 4-tert-Butylcyclohexanone	0						
		30						0.172
		60						
	壬酸 Nonanoic acid	0						
		30					0.803	
		60						
	正癸酸 n-Decanoic acid	0						
		30					0.002	
		60						

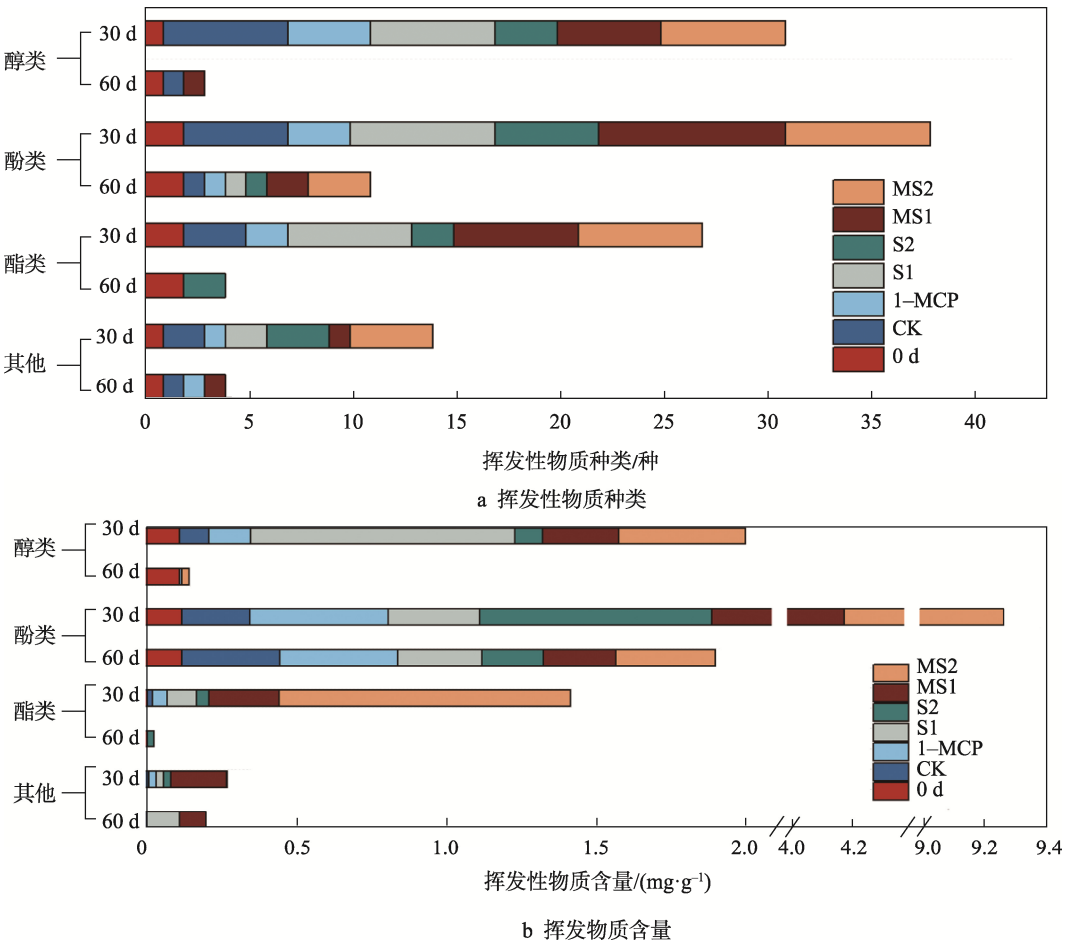


图 7 不同处理对阳光玫瑰葡萄贮藏 60 d 时的挥发性物质种类及含量的影响
Fig.7 Effect of different treatments on the type and content of volatile substances in Shine Muscat grape at 60 d of storage

表 5 不同处理组对阳光玫瑰葡萄贮藏期间挥发性物质种类的影响
Tab.5 Effects of different treatments on volatile substances in Shine Muscat grape during storage

种类	0 d							30 d						60 d			
	CK	CK	1-MCP	S1	S2	MS1	MS2	CK	CK	1-MCP	S1	S2	MS1	MS2	CK	1-MCP	S1
总种类/种	6	16	9	16	13	19	22	2	2	2	2	3	3	4	2	2	2
醇类/种	1	6	3	4	3	5	6	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0
百分比/%	16.67	37.50	33.33	25.00	23.08	26.32	27.27	50.00	50.00	0	0	0	33.33	0	50.00	50.00	0
醛类/种	2	5	3	6	5	8	7	1	1	1	1	1	2	3	1	1	1
百分比/%	33.33	31.25	33.33	37.50	38.46	42.11	31.82	50.00	50.00	50.00	50.00	33.33	66.67	75.00	50.00	50.00	33.33
酯类/种	2	3	2	4	2	4	6	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
百分比/%	33.33	18.75	22.22	25.00	15.38	21.05	27.27	0	0	0	0	66.67	0	0	0	0	0
其他/种	1	2	1	2	3	2	3	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
百分比/%	16.67	12.51	11.11	9.52	12.50	10.53	13.64	0	0	0	50.00	0	0	25.00	0	0	0

目前,缺少对不同剂型 SO₂ 保鲜剂的筛选,缺少对比单一使用 SO₂ 与 SO₂+1-MCP 的保鲜方式,缺少采用电子鼻、电子舌和 GC-MS 联合分析 1-MCP 结合 SO₂ 处理对阳光玫瑰葡萄风味物质的影响等方面的研究。由此,文中针对阳光玫瑰葡萄采后贮藏期较短、贮藏期果梗易失水、果实易褐变腐烂等问题,研究了葡萄贮藏期品质变化与保鲜技术之间的关系,探究了单一使用片剂和粉剂 SO₂ 保鲜剂,以及采用

1-MCP与SO₂复合处理对阳光玫瑰葡萄采后生理与贮藏品质的影响,并用电子鼻、电子舌和GC-MS联合测定分析了挥发性物质的含量和种类,确定了最佳的葡萄处理方式。通过分析可知,使用不同种类的SO₂对葡萄的保鲜效果不同,相较于单独使用片剂SO₂,加入粉剂SO₂的效果更佳。采用1-MCP+SO₂保鲜剂处理后的效果优于单一使用SO₂保鲜剂的效果。在整个贮藏期间,采用1-MCP结合SO₂处理有效地延长了葡萄的贮藏期,保持了贮藏期间果实的品质。在贮藏末期,采用复配处理的MS1和MS2组果实的可溶性固形物含量是对照组的1.06和1.09倍,其呼吸强度分别比对照组降低2.91、3.87 mg/(kg·h),并且复配处理能保持果实更好的色泽、质地和风味物质。其中,MS1组阳光玫瑰葡萄的香气最浓郁、外观色泽明亮、口感细腻,保留了阳光玫瑰葡萄特有的香味,且香气协调。S1和S2组果实在电子舌各个传感器上的响应值均较高,说明SO₂处理适于保持阳光玫瑰葡萄的味道。MS1组和MS2组果实的各种芳香成分的保持效果优于其他处理组,并且检测到的挥发性香气物质种类和含量均高于其他处理组,且采用感官评价、电子鼻、电子舌、GC-MS分析的结果高度吻合,表明采用1-MCP结合SO₂处理能更有效地维持阳光玫瑰葡萄的风味。

目前,复合保鲜剂的使用已逐渐应用于消费市场中,由上述结果可知,对于耐贮品种阳光玫瑰葡萄,将片剂与粉剂型SO₂保鲜剂结合使用后效果最佳。相对于单一处理,采用1-MCP结合SO₂处理更适用于阳光玫瑰葡萄的保鲜贮藏,且采用GC-MS结合电子鼻、电子舌分析阳光玫瑰葡萄的风味物质具有可行性。

4 结语

采用1-MCP+片剂和粉剂复配型SO₂处理能有效保持葡萄的品质至60 d,延缓了果实的成熟衰老进程,维持了果实的亮度、饱和度、硬度、弹性,延缓了可溶性固形物含量和呼吸强度的下降速率,获得了较高的感官评分,得到了更多的香气种类和更高的香气含量。

采用电子鼻、电子舌和GC-MS联合测定阳光玫瑰葡萄的风味物质,结果表明,葡萄的香气成分主要由正己醇(酒香、果香)、正庚醇(柑橘香气)、芳樟醇(玫瑰花香)、柠檬烯(柠檬香味)、乙酸己酯(水果清甜的气味)、乙酸丁酯(清甜的水果气味)、乙酸异丁酯(生梨和复盆子的香气)、十二醛(松叶油和橙油的强烈香气)、癸醛(甜橙油与玫瑰香气)、正己醛(绿色蔬菜气味)、庚醛(新鲜甜的草本气味)、壬醛(玫瑰和柑橘的香气)、正辛醛(果香茉莉气息)、青叶醛(果香和茉莉香)、乙酸丁酯(果香)、亚硝酸

正戊酯(芳香水果味)、乙酸仲丁酯(水果香气)等构成。

参考文献:

- [1] SUEHIRO Y, MOCHIDA K, ITAMURA H, et al. Skin Browning and Expression of PPO, STS, and CHS Genes in the Grape Berries of 'Shine Muscat'[J]. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 2014, 83(2): 122-132.
- [2] 李明. 阳光玫瑰葡萄的引种表现和优质栽培技术[J]. *中国南方果树*, 2021, 50(3): 163-166.
LI Ming. Introduction Performance and High-Quality Cultivation Techniques of Sunshine Rose Grape[J]. *South China Fruits*, 2021, 50(3): 163-166.
- [3] 李海燕, 张丽平, 王莉, 等. 2种植物生长调节剂对阳光玫瑰葡萄品质的影响[J]. *浙江大学学报(农业与生命科学版)*, 2016, 42(4): 419-426.
LI Hai-yan, ZHANG Li-ping, WANG Li, et al. Effects of Two Kinds of Plant Growth Regulators on Fruit Quality of Shine Muscat Grape[J]. *Journal of Zhejiang University (Agriculture and Life Sciences)*, 2016, 42(4): 419-426.
- [4] MAOZ I, DE ROSSO M, KAPLUNOV T, et al. Metabolomic and Transcriptomic Changes Underlying Cold and Anaerobic Stresses after Storage of Table Grapes[J]. *Scientific Reports*, 2019, 9(1): 2917.
- [5] 赵柏峰, 张平, 朱志强, 等. “红地球”葡萄果实品质与贮藏效果关系分析[J]. *北方园艺*, 2014(22): 24-28.
ZHAO Bai-feng, ZHANG Ping, ZHU Zhi-qiang, et al. Analysis of the Relationship between the Quality and Storage Effect Of 'Red Globe' Grapes[J]. *Northern Horticulture*, 2014(22): 24-28.
- [6] 陈浩, 张润光, 付露莹, 等. 1-MCP与Na₂S₂O₅复合保鲜剂对‘红提’葡萄采后生理及贮藏品质的影响[J]. *中国农业科学*, 2019, 52(7): 1192-1204.
CHEN Hao, ZHANG Run-guang, FU Lu-ying, et al. Effects of 1-MCP and Na₂S₂O₅ Composite Preservative on Postharvest Physiology and Storage Quality of Red Globe Grapes[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2019, 52(7): 1192-1204.
- [7] YOUSSEF K, JUNIOR O J C, MÜHLBEIER D T, et al. Sulphur Dioxide Pads can Reduce Gray Mold while Maintaining the Quality of Clamshell-Packaged 'BRS Nubia' Seeded Table Grapes Grown under Protected Cultivation[J]. *Horticulturae*, 2020, 6(2): 20.
- [8] XU Dan-dan, DENG Yi-zhen, HAN Ting-yu, et al. In Vitro and in Vivo Effectiveness of Phenolic Compounds

- for the Control of Postharvest Gray Mold of Table Grapes[J]. Postharvest Biology and Technology, 2018, 139: 106-114.
- [9] 王世军. 二氧化硫类防腐杀菌剂在葡萄保鲜中的应用[J]. 保鲜与加工, 2015, 15(2): 1-6.
WANG Shi-jun. Application of Sulfur Dioxide Fungicides in the Preservation of Grape[J]. Storage and Process, 2015, 15(2): 1-6.
- [10] 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.
- [11] 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 "Sunshine Muscat" Grapes[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(7): 19-27.
- [12] XU D, ZHOU F H, GU S T, et al. 1-Methylcyclopropene Maintains the Postharvest Quality of Hardy Kiwifruit (*Actinidia Aruguta*)[J]. Journal of Food Measurement and Characterization, 2021, 15: 3036-3044.
- [13] WU Xiao-qin, AN Xiu-juan, YU Ming-liang, et al. 1-Methylcyclopropene Treatment on Phenolics and the Antioxidant System in Postharvest Peach Combined with the Liquid Chromatography/Mass Spectrometry Technique[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2018, 66(25): 6364-6372.
- [14] TYAGI K, MAOZ I, VINOKUR Y, et al. Enhancement of Table Grape Flavor by Postharvest Application of Monoterpenes in Modified Atmosphere[J]. Postharvest Biology and Technology, 2020, 159: 111018.
- [15] 孙思胜, 张化阁, 李光辉, 等. 不同中药提取物对“夏黑”葡萄保鲜效果的影响[J]. 食品工业, 2018, 39(4): 96-99.
SUN Si-sheng, ZHANG Hua-ge, LI Guang-hui, et al. Effect of Different Chinese Herbal Medicine Extract on Fresh-Keeping of "Summer Black" Grape[J]. The Food Industry, 2018, 39(4): 96-99.
- [16] 满坤. 不同光质对“阳光玫瑰”葡萄香气组分及风味的影响[D]. 杭州: 浙江大学, 2020: 15-17.
MAN Kun. Effect of Different Light Quality on Aroma Components and Flavor of 'Shine Muscat' Grape[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2020: 15-17.
- [17] CRISOSTO C H, GARNER D. 1-MCP Inhibits Kiwi-fruit Softening during Storage[J]. Perishable Handling Quarterly, 2001, 108: 19-20.
- [18] SALAZAR J, JORQUERA C, CAMPOS-VARGAS R, et al. Effect of the Application Timing of 1-MCP on Post-harvest Traits and Sensory Quality of a Yellow-Fleshed Kiwifruit[J]. Scientia Horticulturae, 2019, 244: 82-87.
- [19] ZHANG Hao-hao, FAN Pei-ge, LIU Cui-xia, et al. Sun-light Exclusion from Muscat Grape Alters Volatile Profiles during Berry Development[J]. Food Chemistry, 2014, 164: 242-250.
- [20] LIU Peng, LI dong li, XU wen cai, et al. Research on SO₂ Controlled Release Packaging on the Preservation Performance of 'Kyoho' Grapes[J]. Applied Mechanics and Materials, 2015, 731: 369-373.
- [21] 张宝香, 赵滢, 秦红艳, 等. 1-MCP 不同处理浓度对不同品种软枣猕猴桃果实贮藏效果的影响(一)[J]. 特产研究, 2019, 41(4): 64-67.
ZHANG Bao-xiang, ZHAO Ying, QIN Hong-yan, et al. Dosage Effects of 1-MCP Treatments on the Storage Quality of Different Species of Kiwifruit(I)[J]. Special Wild Economic Animal and Plant Research, 2019, 41(4): 64-67.
- [22] 董欣瑞, 张珮, 袁楚珊, 等. 1-MCP 联合乙烯吸附剂处理对黄桃果实冷害与糖代谢的影响[J]. 中国食品学报, 2022, 22(9): 208-216.
DONG Xin-rui, ZHANG Pei, YUAN Chu-shan, et al. Effects of 1-MCP Combined with Ethylene Adsorbent on Chilling Injury and Sugar Metabolism of Peach Fruit[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2022, 22(9): 208-216.
- [23] LIM S, HAN S H, KIM J, et al. Inhibition of Hardy Kiwi-fruit (*Actinidia Aruguta*) Ripening by 1-Methylcyclopropene during Cold Storage and Anticancer Properties of the Fruit Extract[J]. Food Chemistry, 2016, 190: 150-157.
- [24] DEELL J, EHSANI-MOGHADDAM B. Timing of Postharvest 1-Methylcyclopropene Treatment Affects Bartlett Pear Quality after Storage[J]. Canadian Journal of Plant Science, 2011, 91(5): 853-858.
- [25] YANG xiang zheng, WEI wen wen, LV Ping, et al. Effectiveness of 1-Methylcyclopropene Treatment on Peach Fruit (*Prunus Persica* L) for Extending Storage Life[J]. Advanced Materials Research, 2015, 1089: 159-162.
- [26] 马冀恒, 李雯, 陈明敏, 等. 不同处理对采后芒果质构的影响[J]. 保鲜与加工, 2021, 21(12): 10-15.
MA Ji-heng, LI Wen, CHEN Ming-min, et al. Effects of

- Different Treatments on Texture of Postharvest Mango Fruits[J]. *Storage and Process*, 2021, 21(12): 10-15.
- [27] 王思滢, 寇莉萍, 蔚江涛, 等. 1-MCP 处理对冬枣低温贮藏期间品质变化的影响[J]. *食品研究与开发*, 2021, 42(22): 64-70.
- WANG Si-ying, KOU Li-ping, YU Jiang-tao, et al. Effect of 1-MCP Treatment on Quality of Winter Jujube during Low-Temperature Storage[J]. *Food Research and Development*, 2021, 42(22): 64-70.
- [28] DUARTE-SIERRA A, AISPURO-HERNANDEZ E, VARGAS-ARISPURO I, et al. Quality and PR Gene Expression of Table Grapes Treated with Ozone and Sulfur Dioxide to Control Fungal Decay[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2016, 96(6): 2018-2024.
- [29] 林艺芬, 林毅雄, 林河通, 等. ‘东壁’和‘福眼’龙眼果实果皮褐变差异的生理机制[J]. *食品科学*, 2016, 37(20): 221-227.
- LIN Yi-fen, LIN Yi-xiong, LIN He-tong, et al. Physiological Mechanism of the Difference in Pericarp Browning of Harvested Fruit between Longan Cultivars 'Dongbi' and 'Fuyan'[J]. *Food Science*, 2016, 37(20): 221-227.
- [30] 陈守江, 王海鸥, 扶庆权, 等. 不同剂量 SO₂ 缓释剂对蓝莓果实抑菌、漂白及残留量的影响[J]. *江苏农业科学*, 2018, 46(14): 174-177.
- CHEN Shou-jiang, WANG Hai-ou, FU Qing-quan, et al. Influences of Sulfur Dioxide Slow Release Preservative on Anti-Fungi, bleaching and Residues in Blueberry Fruits[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2018, 46(14): 174-177.
- [31] 王晓, 陈冰洁, 刘晨霞, 等. ClO₂ 缓释熏蒸处理对小白菜保鲜效果的影响[J]. *江苏农业科学*, 2021, 49(6): 160-163.
- WANG Xiao, CHEN Bing-jie, LIU Chen-xia, et al. Influences of Chlorine Dioxide Slow-Release Fumigation on Preservation of Chinese Cabbage[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2021, 49(6): 160-163.

责任编辑: 彭颀