

1-MCP 处理对“阳光玫瑰”葡萄货架品质的影响

张鹏¹, 袁兴铃², 王利强³, 孙学良⁴, 张鹤¹, 马淑凤³, 李江阔¹

(1.天津市农业科学院 天津市农产品采后生理与贮藏保鲜重点实验室, 天津 300384;

2.辽宁大学, 沈阳 110036; 3.江南大学, 江苏 无锡 214122;

4.天津新技术产业园区大远东制冷设备工程技术有限公司, 天津 301617)

摘要: **目的** 通过对比采前和采后 1-甲基环丙烯 (1-Methylcyclopropene, 1-MCP) 处理对“阳光玫瑰”葡萄货架品质的影响, 得到较优的 1-MCP 处理方式。**方法** 将“阳光玫瑰”葡萄分别进行 1 μL/L 1-MCP 采前喷施和采后熏蒸处理, 处理后进行 6 d 常温货架期实验, 以感官评分、质量损失率、固酸比、维生素 C (V_c) 含量、呼吸强度、乙烯释放速率、硬度和香气成分为评价指标, 通过主成分分析法分析得到 1-MCP 的最佳处理方式。**结果** 1-MCP 处理后的葡萄感官评分较对照 (CK) 组高 10 分以上, V_c、可溶性固形物、可滴定酸等营养物质流失速度较慢, 呼吸强度和乙烯释放速率较低, 硬度较高, 且在货架期 6 d 时 CK 组、采前 1-MCP 组、采后 1-MCP 组酯类香气成分的相对含量分别为 0.09%, 8.25%, 39.39%, 差异显著。经主成分分析法分析后得到 3 组葡萄得分排名为采后 1-MCP 处理组 > 采前 1-MCP 处理组 > CK 组。**结论** 1-MCP 处理可有效维持“阳光玫瑰”葡萄的货架品质, 且采后 1-MCP 处理组果实的货架品质优于采前处理组, 说明在“阳光玫瑰”葡萄货架期保鲜中 1-MCP 宜于采后处理。

关键词: 1-甲基环丙烯; 葡萄; 货架品质

中图分类号: TS255.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)07-0019-09

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.07.003

Effect of 1-MCP Treatment on Shelf Quality of "Sunshine Muscat" Grapes

ZHANG Peng¹, YUAN Xing-ling², WANG Li-qiang³, SUN Xue-liang⁴,
ZHANG He¹, MA Shu-feng³, LI Jiang-kuo¹

(1.Tianjin Key Laboratory of Postharvest Physiology and Storage of Agricultural Products, Tianjin Academy of Agricultural Sciences, Tianjin 300384, China; 2.Liaoning University, Shenyang 110036, China; 3.Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 4.Tianjin New Technology Industrial Park Dayuandong Refrigeration Equipment Engineering Technology Co., Ltd., Tianjin 301617, China)

ABSTRACT: By the comparison between the effects of preharvest and postharvest 1-MCP treatments on the shelf quality of "Sunshine Muscat" grapes, a better 1-MCP treatment method was obtained. The "Sunshine Muscat" grapes were treated with 1 μL/L 1-MCP preharvest spraying and postharvest fumigation treatments, and then subjected to 6-day room temperature shelf experiment after treatment. Weight loss rate, solid-to-acid ratio, Vitamin C (V_c) content, respiratory intensity, ethylene release rate, hardness and aroma components are evaluation indicators to obtain the best treatment method of 1-MCP through principal component analysis. The results showed that the sensory score of grapes treated with 1-MCP

收稿日期: 2020-12-01

基金项目: 兵团重点领域科技攻关项目 (2019AB024)

作者简介: 张鹏 (1981—), 女, 博士, 副研究员, 主要研究方向为果蔬贮运保鲜与无损检测。

通信作者: 李江阔 (1974—), 男, 博士, 研究员, 主要研究方向为农产品安全与果蔬贮运保鲜新技术。

1-MCP 处理对“阳光玫瑰”葡萄货架品质的影响

张鹏¹, 袁兴铃², 王利强³, 孙学良⁴, 张鹤¹, 马淑凤³, 李江阔¹

(1.天津市农业科学院 天津市农产品采后生理与贮藏保鲜重点实验室, 天津 300384;

2.辽宁大学, 沈阳 110036; 3.江南大学, 江苏 无锡 214122;

4.天津新技术产业园区大远东制冷设备工程技术有限公司, 天津 301617)

摘要: **目的** 通过对比采前和采后 1-甲基环丙烯 (1-Methylcyclopropene, 1-MCP) 处理对“阳光玫瑰”葡萄货架品质的影响, 得到较优的 1-MCP 处理方式。**方法** 将“阳光玫瑰”葡萄分别进行 1 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 采前喷施和采后熏蒸处理, 处理后进行 6 d 常温货架期实验, 以感官评分、质量损失率、固酸比、维生素 C (V_c) 含量、呼吸强度、乙烯释放速率、硬度和香气成分为评价指标, 通过主成分分析法分析得到 1-MCP 的最佳处理方式。**结果** 1-MCP 处理后的葡萄感官评分较对照 (CK) 组高 10 分以上, V_c 、可溶性固形物、可滴定酸等营养物质流失速度较慢, 呼吸强度和乙烯释放速率较低, 硬度较高, 且在货架期 6 d 时 CK 组、采前 1-MCP 组、采后 1-MCP 组酯类香气成分的相对含量分别为 0.09%, 8.25%, 39.39%, 差异显著。经主成分分析法分析后得到 3 组葡萄得分排名为采后 1-MCP 处理组 > 采前 1-MCP 处理组 > CK 组。**结论** 1-MCP 处理可有效维持“阳光玫瑰”葡萄的货架品质, 且采后 1-MCP 处理组果实的货架品质优于采前处理组, 说明在“阳光玫瑰”葡萄货架期保鲜中 1-MCP 宜于采后处理。

关键词: 1-甲基环丙烯; 葡萄; 货架品质

中图分类号: TS255.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)07-0019-09

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.07.003

Effect of 1-MCP Treatment on Shelf Quality of "Sunshine Muscat" Grapes

ZHANG Peng¹, YUAN Xing-ling², WANG Li-qiang³, SUN Xue-liang⁴,
ZHANG He¹, MA Shu-feng³, LI Jiang-kuo¹

(1.Tianjin Key Laboratory of Postharvest Physiology and Storage of Agricultural Products, Tianjin Academy of Agricultural Sciences, Tianjin 300384, China; 2.Liaoning University, Shenyang 110036, China; 3.Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 4.Tianjin New Technology Industrial Park Dayuandong Refrigeration Equipment Engineering Technology Co., Ltd., Tianjin 301617, China)

ABSTRACT: By the comparison between the effects of preharvest and postharvest 1-MCP treatments on the shelf quality of "Sunshine Muscat" grapes, a better 1-MCP treatment method was obtained. The "Sunshine Muscat" grapes were treated with 1 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP preharvest spraying and postharvest fumigation treatments, and then subjected to 6-day room temperature shelf experiment after treatment. Weight loss rate, solid-to-acid ratio, Vitamin C (V_c) content, respiratory intensity, ethylene release rate, hardness and aroma components are evaluation indicators to obtain the best treatment method of 1-MCP through principal component analysis. The results showed that the sensory score of grapes treated with 1-MCP

收稿日期: 2020-12-01

基金项目: 兵团重点领域科技攻关项目 (2019AB024)

作者简介: 张鹏 (1981—), 女, 博士, 副研究员, 主要研究方向为果蔬贮运保鲜与无损检测。

通信作者: 李江阔 (1974—), 男, 博士, 研究员, 主要研究方向为农产品安全与果蔬贮运保鲜新技术。

was over ten points higher than that of the CK group. In addition, after grapes were treated with 1-MCP, the loss of nutrients such as water and V_C was slower, the respiratory intensity and ethylene release rate were lower, and the firmness was higher. And in the late shelf life, the relative content of esters and other beneficial aroma components in grapes differed significantly. The relative content of CK group, preharvest 1-MCP group, and postharvest 1-MCP group were 0.09%, 8.25% and 39.39% on 6th day of shelf life. After principal component analysis, the three groups of grapes were ranked as postharvest 1-MCP group > preharvest 1-MCP group > CK group. In short, 1-MCP treatment can effectively maintain the shelf quality of "Sunshine Muscat" grapes, and the shelf quality of the 1-MCP treatment group after harvest is better than that of the preharvest treatment group, indicating that 1-MCP is suitable for postharvest treatment in the shelf preservation of "Sunshine Muscat" grapes.

KEY WORDS: 1-methylcyclopropene; grape; shelf quality

葡萄 (*Vitis vinifera* L.) 为葡萄科葡萄树落叶藤本植物, 原产于亚洲西部, 现世界各地均有栽培, 为世界主产果实之一^[1]。我国葡萄产业以鲜食葡萄为主, 发展了“巨峰”、“夏黑”、“寒香蜜”、“阳光玫瑰”等多个鲜食品种^[2]。其中“阳光玫瑰”葡萄皮薄肉脆, 风味浓郁, 近年来深受人们的喜爱^[3], 由于其果实为高含水量浆果, 采摘时易受机械损伤, 常温存放易发生腐烂脱粒等现象, 不利于商品化进程, 因此探索一种适宜的保鲜模式对保持“阳光玫瑰”的货架品质显得尤为重要。

1-MCP (1-甲基环丙烯, 1-Methylcyclopropene) 是一种新型乙烯受体抑制剂, 可通过影响乙烯的生理效应来达到抑制或延缓果实成熟衰老的目的^[4], 并且处理后无残留, 目前已在蓝莓、油桃、香蕉、苹果、猕猴桃、菜心等果蔬中得到应用, 结果均显示 1-MCP 处理有利于维持果蔬贮藏或货架品质, 保鲜效果好^[5-10]。1-MCP 应用于果蔬保鲜中, 可于采前或采后处理, 且采前 1-MCP 处理和采后 1-MCP 处理均能达到较好的保鲜效果^[4,11]。由于针对采前和采后 1-MCP 处理对“阳光玫瑰”葡萄保鲜效果的对比研究鲜有报道, 因此文中将 1-MCP 处理应用于“阳光玫瑰”葡萄的货架保鲜, 通过对采前和采后 1-MCP 处理的比较分析得到较佳的 1-MCP 处理方式, 以期为“阳光玫瑰”葡萄的商品化发展提供一定参考。

1 实验

1.1 材料、仪器与设备

主要实验材料: “阳光玫瑰”葡萄, 采自辽宁鞍山, 选取无霉变、无脱粒、成熟度相近的果实进行采摘; 1-MCP 喷施剂、便携包, 国家农产品保鲜工程技术研究中心 (天津); 无盖 PET 塑料盒 (18 cm×14 cm×4.9 cm), 果味衣塑料制品有限公司。

主要实验仪器与设备: KF-568 电子称, 中国凯丰集团; PAL-1 便携式手持折光仪, 日本爱宕公司; 恒温水浴锅, 金坛市金南仪器制造有限公司; 916

Ti-Touch 电位滴定仪, 瑞士万通中国有限公司; Check PionII 便携式残氧仪, 丹麦 Dansensor 公司; F-900 便携式乙烯分析仪, 美国 FELIX 仪器公司; TU-1810 紫外-可见分光光度计, 北京普析通用仪器有限责任公司; TA. XT. Plus 质构仪, 英国 SMS 公司; 3-30K 离心机, 德国 SIGMA 公司; 气相色谱-质谱联用仪及 SPME Fiber 萃取手柄, 美国 Thermo 公司; PDMS/CAR/DVB 萃取头, 北京康林科技有限责任公司。

1.2 方法

1.2.1 实验处理

对“阳光玫瑰”果树实行避雨栽培, 选择大小均匀、无病虫害、无机械损伤且成熟度一致的果实作为实验用果。分为 CK 组、采前 1-MCP 处理组、采后 1-MCP 处理组。CK 组: 不进行处理; 采前 1-MCP 处理组: 采前 1 d 使用 1 μ L/L 1-MCP 水溶液对果树上的葡萄进行喷施, 保证果实所有部位均匀喷洒上 1-MCP 水溶液, 采摘前需确保果实表面无水分残留, 避免残留水分加速葡萄的腐烂变质; 采后 1-MCP 处理组: 葡萄采后将 1 μ L/L 1-MCP 便携包 (蒸馏水润湿后使用) 与其一同放置于微孔袋中熏蒸 24 h, 熏蒸结束后通风 2 h。所有实验材料处理结束后用塑料盒盛装进行常温 ((26±1)°C) 货架实验, 每隔 3 d 测定各项指标, 周期为 6 d。

1.2.2 感官评分

感官品质评价方法: 由 11 名感官评价人员 (6 男 5 女) 对“阳光玫瑰”葡萄货架期间的感官品质进行评分, 评分标准见表 1^[12]。

1.2.3 指标测定

质量损失率通过货架期前后果实质量的差值进行计算; 可溶性固形物含量采用便携式手持折光仪测定^[13]; 可滴定酸含量采用电位滴定仪进行测定^[14]; 固酸比为可溶性固形物含量与可滴定酸含量的比值; 维生素 C (V_C) 含量采用钼蓝比色法^[15]进行测定; 硬度采用物性测定仪测定, 测定参数: 探头型号为 P/2,

表 1 感官评分
Tab.1 Sensory evaluation

项目	描述	分值
色泽 (25 分)	亮绿色, 有光泽, 果实果梗均无褐变霉斑	20~25
	绿色变暗, 稍偏黄色, 果实光泽变暗、无褐变霉斑, 果梗轻微褐变	11~19
	黄绿色或者黄色, 无光泽, 果实有褐变现象、出现霉斑, 果梗褐变严重	0~10
气味 (25 分)	有浓郁的玫瑰香味, 无异味	20~25
	玫瑰香味儿变淡, 有轻微异味	11~19
	有霉酸味	0~10
质地 (25 分)	果实饱满, 果皮光滑, 果皮和果肉接合紧密, 果实质地较硬, 无脱粒现象	20~25
	果实稍变软, 果皮轻微皱缩, 果皮和果肉接合性变差, 有脱粒现象	11~19
	果实发软, 果皮皱缩, 果皮和果肉之间接合性差, 有腐烂现象, 脱粒严重	0~10
滋味 (25 分)	酸甜可口, 口感脆	20~25
	酸甜味变淡, 口感稍软	11~19
	有霉酸味, 甚至不可食用	0~10

直径为 2 mm, 测试速度为 2 mm/s; 测定深度为 6 mm。

呼吸强度采用静置法^[16]进行测定, 向 600 mL 的密封罐中放入葡萄果穗 (110 g), 室温下静置 2 h 后用便携式残氧仪测定; 乙烯释放速率采用便携式乙烯测定仪进行测定, 向 600 mL 的密封罐中放入葡萄果穗 (110 g), 测定乙烯生成量, 计算得出乙烯生成速率。

香气成分分析采用 HS-SPME-GC-MS 法测定葡萄果实的挥发性物质含量, 在整串葡萄的各个位置均匀选取 (100±20)g 果实, 打浆后离心 10 min (10 000 r/min), 取 8 mL 上清液于 15 mL 顶空瓶中, 向顶空瓶中加入 2.5 g NaCl, 采用有孔盖盖上。采用 Thermo Triplus RSH 自动进样装置进行固相微萃取及进样操作。聚二甲基硅氧烷/碳筛/二乙烯苯 (PDMS/CAR/DVB) 萃取头需活化后使用。孵化炉温度为 50 °C, 孵化 10 min, 在 40 °C 下吸附 30 min, 萃取头在 250 °C 下热解析 5 min。气相色谱条件: HP-INNOWAX 色谱柱 (长为 30 m, 内径为 0.25 mm, 液膜厚度为 0.25 μm); 程序升温, 在 40 °C 下保留 3 min, 然后以 4 °C/min 升至 120 °C, 接着以 5 °C/min 升至 210 °C, 并保持 5 min; 传输线温度为 250 °C, 载气为 He, 流速为 1.0 mL/min, 不分流。质谱条件: 连接杆 280 °C, 采用电子离子源, 离子源 200 °C, 扫描范围 (m/z) 为 35~350。

1.3 统计分析

香气成分结果通过 NIST/Wiley 标准谱库检索, 结合文献的标准谱图, 进行定性分析, 并用峰面积归一法测算各化学成分的相对含量; 图表制作通过 Excel 2010 进行; 差异显著性分析通过 DPS 7.5 软件 LSD 法进行; 主成分得分分析通过 SPSS 25 软件进行。

2 结果与分析

2.1 不同处理方式对“阳光玫瑰”葡萄货架品质的影响

根据表 2 数据进行分析, 从感官状态来看, 随着货架时间的延长, 葡萄感官评分逐渐降低, 说明葡萄的感官品质逐渐变差, 在货架期 6 d 时 CK 组果实感官评分较低, 为 76.30, 采前 1-MCP 处理和采后 1-MCP 处理后的葡萄货架期 6 d 时感官评分分别为 87.00 和 89.50, 均高于 CK 组果实评分 10 以上, 差异显著 ($P < 0.05$), 表明 1-MCP 处理可有效维持葡萄果实的感官品质, 且采后 1-MCP 处理后的果实感官优于采前 1-MCP 处理后的果实。

从营养指标的数据变化可以看出, 葡萄货架期间质量损失率逐渐增大, CK 组、采前 1-MCP 处理组、采后 1-MCP 处理组的果实质量损失率在货架期间分别上升了 1.45%, 1.32%, 1.06%, 可归因于水分含量的减少和干物质的消耗^[17], 水分含量的减少体现在果皮皱缩、失去光泽, 感官评分的结果可以验证这一点。干物质的消耗主要在于可溶性固形物、可滴定酸及 Vc, 其中可溶性固形物和可滴定酸含量的变化与葡萄滋味密切相关, 即通过固酸比的变化趋势可得到葡萄口感转变的理化指标依据, 数据显示, 葡萄固酸比呈先升高后降低的趋势, 可能是由于货架前期果实成熟度升高, 可溶性固形物不断积累^[11], 与此同时可滴定酸持续被消耗, 货架后期可溶性固形物积累结束, 果实呼吸代谢等消耗干物质, 固酸比下降。通过纵向分析可知, 1-MCP 处理后的果实营养成分流失速度显著 ($P < 0.05$) 低于 CK 组, 采前 1-MCP 处理和采后 1-MCP 处理后的葡萄质量损失率和固酸比差异不显

著 ($P > 0.05$), 处理效果相近。对于 Vc 含量的变化, CK 组和采前 1-MCP 组的 Vc 含量均呈先上升后下降的趋势, 且采前 1-MCP 处理组的果实 Vc 含量显著 ($P < 0.05$) 高于 CK 组果实, 在 3 d 时差值达到了 27 mg/kg, 可能是由于货架前期葡萄果实成熟度的提高使得 Vc 含量升高, 采前 1-MCP 处理有利于 Vc 含量的保持, 在货架后期时采前喷施 1-MCP 的作用效果逐渐消散, 使得 Vc 含量与 CK 组同步降低, 而采后 1-MCP 处理组果实 1-MCP 的效用时间更长, 因此整个货架期间 Vc 含量呈现上升的趋势。

从生理指标的数据变化情况来看, 货架期间葡萄果穗呼吸速率呈下降趋势, 其中 CK 组葡萄呼吸速率始终高于 1-MCP 处理组, 说明 1-MCP 处理能有效抑制葡萄的呼吸作用, 且采后 1-MCP 处理的抑制效果优于采前 1-MCP 处理, 其中货架期 3 d 时呼吸强度分别为 15.10, 10.31 mg/(kg·h), 差异显著 ($P < 0.05$)。1-MCP 作为一种乙烯受体抑制剂, 乙烯生成速率是评价 1-MCP 处理效果非常重要的一个指标, 数据显示, 不同处理方式间葡萄乙烯释放速率差异显著 ($P <$

0.05), CK 组葡萄的乙烯释放速率在货架期间均高于 1-MCP 处理组, 证实 1-MCP 对抑制葡萄乙烯释放存在有利作用, 其中采前 1-MCP 处理仅在货架前期发挥了显著 ($P < 0.05$) 抑制功效, 货架后期作用效果不明显, 在货架期 6 d 时采前 1-MCP 组和 CK 组葡萄乙烯生成速率分别为 18.54, 19.46 $\mu\text{L}/(\text{kg}\cdot\text{h})$, 数值差异不显著。采后 1-MCP 处理抑制乙烯释放的效果在整个货架期间均显著 ($P < 0.05$)。在葡萄硬度变化方面, 货架期间果肉硬度整体呈下降趋势, 1-MCP 处理后的葡萄硬度始终高于 CK 组, 货架前期 3 个处理组果实间的差异不显著, 在货架期 6 d 时差异显著, 3 个处理组的果实硬度分别为 10.23, 10.85, 12.92 N, 表明采后 1-MCP 组果实硬度优于采前 1-MCP 组和 CK 组。

2.2 采前与采后 1-MCP 处理对“阳光玫瑰”葡萄货架品质影响的对比

根据表 2 中所测指标的数据, 进行主成分分析, 拟合出 2 个主成分, 累积贡献率可达 86.35%, 说明

表 2 基础指标数据
Tab.2 Basic index data

指标	处理组	货架时间/d		
		0	3	6
感官评分	CK	97.20±1.44 ^{bA}	85.30±1.33 ^{cA}	76.30±1.33 ^{cA}
	采前 1-MCP	99.00±0.00 ^{aB}	92.00±0.50 ^{bB}	87.00±1.50 ^{bB}
	采后 1-MCP	99.00±0.00 ^{aC}	95.00±0.00 ^{aC}	89.50±0.50 ^{aC}
质量损失率/%	CK	0.00±0.00 ^{aC}	0.83±0.11 ^{bC}	1.45±0.07 ^{aC}
	采前 1-MCP	0.00±0.00 ^{aB}	0.52±0.04 ^{aB}	1.32±0.14 ^{abB}
	采后 1-MCP	0.00±0.00 ^{aA}	0.68±0.11 ^{aA}	1.06±0.18 ^{bA}
固酸比	CK	168.40±0.88 ^{bC}	271.89±2.13 ^{bC}	242.69±2.07 ^{bC}
	采前 1-MCP	268.03±0.74 ^{aA}	332.61±7.66 ^{aB}	248.19±7.15 ^{aB}
	采后 1-MCP	267.91±12.07 ^{aB}	326.96±5.56 ^{aA}	260.29±4.10 ^{bA}
Vc 含量/(mg·kg ⁻¹)	CK	2.38±0.01 ^{cB}	16.02±0.06 ^{cB}	0.29±0.12 ^{cC}
	采前 1-MCP	31.89±0.01 ^{aA}	43.00±0.07 ^{aA}	6.75±0.01 ^{bB}
	采后 1-MCP	24.96±0.01 ^{bC}	29.52±0.04 ^{bC}	39.46±0.01 ^{aA}
呼吸强度/(mg·kg ⁻¹ ·h ⁻¹)	CK	18.77±0.94 ^{aA}	15.06±0.21 ^{aA}	11.36±0.13 ^{aA}
	采前 1-MCP	16.50±0.93 ^{bB}	15.10±0.66 ^{aA}	7.78±0.95 ^{bB}
	采后 1-MCP	14.80±0.22 ^{cC}	10.31±0.40 ^{bB}	5.01±0.14 ^{cC}
乙烯生成速率/($\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	CK	7.83±0.27 ^{aC}	10.59±0.12 ^{aC}	19.46±0.14 ^{aC}
	采前 1-MCP	3.80±0.20 ^{cB}	9.48±0.36 ^{bB}	18.54±0.06 ^{bB}
	采后 1-MCP	4.33±0.10 ^{bA}	5.27±1.19 ^{cA}	10.50±0.31 ^{cA}
硬度/N	CK	10.56±1.96 ^{aA}	11.01±0.13 ^{aA}	10.23±1.45 ^{bA}
	采前 1-MCP	12.39±1.11 ^{aA}	11.88±0.82 ^{aA}	10.85±1.03 ^{abA}
	采后 1-MCP	12.58±0.37 ^{aA}	11.81±1.28 ^{aA}	12.92±0.68 ^{aA}

注: 不同的小写字母表示每列每个指标的显著性差异 ($P < 0.05$), 不同的大写字母表示每行的显著性差异 ($P < 0.05$)

该模型可靠。通过主成分分析对不同处理后的葡萄进行打分，得到的结果见表 3—4。参照薛友林等^[18]的方法，主成分分析以每个因子得分 FAC1，FAC2 所对应的特征值为权数，与该因子得分相乘可得主成分得分，根据主成分得分计算相关性综合得分，文中称之为 F，由此计算出货架期间 3 种处理方式与葡萄的理化指标综合相关性的相对程度。综合得分越高说明该种处理方式所得的果实品质越高，排名越高，反之则越低。由表 4 可知，采后 1-MCP 处理方式的平均综合得分最高，即采后 1-MCP 处理优于采前 1-MCP 处理。

不同处理方式下“阳光玫瑰”葡萄货架期间的香气成分变化情况见图 1，葡萄香气成分中醛类物质占最大比重（23.70%~80.64%），且在 CK 组果实中的含量高于 1-MCP 处理组，说明 1-MCP 处理可抑制葡萄香气成分中醛类物质的释放，且采后 1-MCP 处理的抑制效果最好。葡萄香气成分中萜类物质含量仅次于醛类物质，货架期间呈现含量先升高后减少的趋势，醇类和酯类物质含量均呈现上升趋势，结合醛类物质货架期间含量逐渐降低的情况，推测醛类、萜类物质与醇类、酯类物质在货架期间存在一定的代谢转化。酯类物质通常为有利香气成分^[19]，货架后期采后 1-MCP 组的葡萄香气成分中酯类含量显著增多，说明采后 1-MCP 处理可促进葡萄中有利香气成分的释放。

不同处理后葡萄中具体香气成分见表 5。货架期内的 CK 组葡萄共检出 26 种香气成分，其中醛类 9 种、萜类 10 种、醇类 2 种、酯类 2 种、其他类别 3 种，主要香气成分按相对含量排序为 2-己烯醛、己醛、

芳樟醇等。采前 1-MCP 处理的葡萄共检出 28 种香气成分，其中醛类 9 种、萜类 9 种、醇类 2 种、酯类 2 种、其他类别 6 种，主要香气成分按相对含量排序为 2-己烯醛、芳樟醇、己醛等。采后 1-MCP 处理的葡萄共检出 33 种香气成分，其中醛类 6 种、萜类 10 种、醇类 3 种、酯类 8 种、其他类别 6 种，主要香气成分按相对含量排序为 2-己烯醛、己醛、芳樟醇、乙酸己酯等。以上结果表明，不同处理葡萄之间香气成分种类的差异主要体现在醛类和酯类上，且经 1-MCP 处理后的葡萄香气成分种类更多，其中采后 1-MCP 处理的葡萄果实中香气成分种类最为丰富，体现为丰富的酯类物质。

对香气成分进行具体分析，由表 5 可知，不同处理组的葡萄果实中醛类物质含量在货架期间均呈下降趋势，醛类在高度稀释下通常被描述为新鲜植物和水果的香气^[20]，其含量的降低将使醛类物质呈现出来的香气更加清香，如具有浓郁的绿叶清香和果香的 2-己烯醛、呈绿色蔬菜气味的己醛、具有浓郁柠檬香的柠檬醛^[21]以及具有橄榄油香气的（E,E）-2,4-己二烯醛^[22]等。“阳光玫瑰”作为葡萄中的玫瑰香型品种，萜类物质是一种重要的呈香物质^[21]，货架期间葡萄果实的香气成分中萜类物质呈先升高后降低的趋势，所检测出的萜类物质包括芳樟醇（玫瑰花香）、橙花醇（玫瑰花香）、香叶醇（玫瑰花香）、罗勒烯（草香、花香）、大马士酮（似玫瑰香味）等^[23]，且整个货架期间 1-MCP 处理后的葡萄萜类物质含量始终高于 CK 组，说明 1-MCP 处理有利于“阳光玫瑰”葡萄香气成分的释放。对于酯类物质而言，乙酸己酯含量的变化

表 3 主成分的特征值和贡献率
Tab.3 Principal component eigenvalue and contribution rate

主成分	特征值	贡献率%	累计贡献率%
1	3.83	54.76	54.76
2	2.21	31.59	86.35

表 4 主成分得分
Tab.4 Principal component scores

处理组	FC1	FC2	F1	F2	F	F 平均	排名
CK	0.070	-2.146	0.120	-3.642	-1.730	-1.311	3
	-0.397	-0.214	-0.684	-0.364	-0.527		
	-1.801	-0.117	-3.103	-0.198	-1.675		
采前 1-MCP	1.156	-0.343	1.992	-0.583	0.726	0.311	2
	0.589	0.680	1.014	1.154	1.083		
	-1.241	0.253	-2.139	0.429	-0.876		
采后 1-MCP	1.051	-0.284	1.812	-0.482	0.684	1.000	1
	0.511	0.729	0.881	1.238	1.057		
	0.062	1.442	0.108	2.446	1.258		

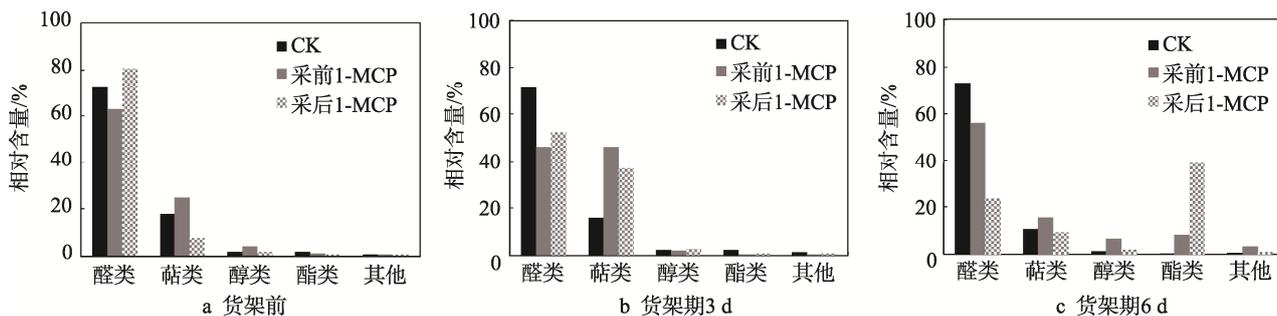


图1 货架期间不同处理葡萄的香气成分
Fig.1 Aroma composition of different processed grapes during shelf life

表5 货架期间不同处理葡萄的香气成分数据
Tab.5 Aroma composition data of different processed grapes during shelf life

类别	编号	中文名	货架前相对含量/%			3 d 相对含量/%			6 d 相对含量/%		
			CK 组	采前 1-MCP 处理组	采后 1-MCP 处理组	CK 组	采前 1-MCP 处理组	采后 1-MCP 处理组	CK 组	采前 1-MCP 处理组	采后 1-MCP 处理组
醛类	1	己醛	15.57	18.17	17.63	15.06	9.31	12.7	19.09	8.62	8.21
	2	2-己烯醛	56.16	42.89	61.62	45.09	35.15	29.45	60.3	45.18	14.72
	3	(E,E)-2,4-己二烯醛	0.83	0.85	0.8	0.87	0.52	0.5	0.63	0.44	0.39
	4	苯乙醛	0.11	—	0.14	0.25	0.19	0.28	0.21	—	0.18
	5	正癸醛	0.11	0.37	—	—	—	—	0.2	0.56	—
	6	柠檬醛	0.17	0.14	0.15	0.36	0.66	0.59	—	—	0.2
	7	正辛醛	—	0.28	—	—	—	—	—	0.38	—
	8	壬醛	—	0.57	—	—	—	—	0.21	0.68	—
	9	2-庚烯醛	—	—	0.08	0.14	0.2	0.85	—	—	—
	10	2-甲基-4-戊醛	—	—	—	9.98	—	7.74	—	—	—
	11	反-2-辛烯醛	—	—	—	—	—	0.3	—	—	—
		小计	72.95	63.27	80.42	71.75	46.03	52.41	80.64	55.86	23.7
萜类	1	β-蒎烯	1.04	1.56	—	—	2.19	1.94	—	—	—
	2	α-蒎烯	0.17	0.28	—	—	0.19	0.34	0.11	—	—
	3	罗勒烯	0.38	0.57	0.16	0.32	0.46	0.93	0.28	0.38	0.22
	4	芳樟醇	14.37	20.22	5.61	11.73	37.21	28.5	9.42	13.31	7.31
	5	(+)-α-松油醇	0.55	0.28	0.33	0.8	1.29	1.07	0.1	0.45	0.25
	6	橙花醇	0.17	0.18	0.12	0.21	0.65	0.55	0.08	—	0.2
	7	香茅醇	0.26	0.56	0.38	0.69	0.56	0.65	0.18	0.61	0.5
	8	香叶醇	0.74	0.9	0.66	1.32	2.72	2.68	0.38	0.87	0.81
	9	大马士酮	—	—	0.14	0.38	—	—	—	—	—
	10	萜品油烯	0.27	0.23	0.1	0.23	0.72	0.33	0.13	—	—
	11	(-)-玫瑰醚	—	—	—	—	0.14	—	—	—	—
		小计	17.95	24.78	7.50	15.68	46.13	36.99	10.68	15.62	9.29
醇类	1	顺式-对-薄荷-1(7),8-二烯-2-醇	0.11	—	—	—	—	—	0.1	—	—
	2	2-乙基己醇	1.61	3.83	1.57	2.19	1.73	1.5	0.96	6.28	0.9
	3	1-辛炔-3-醇	—	0.15	—	—	—	—	—	—	—

续表 5

类别	编号	中文名	货架前相对含量/%			3 d 相对含量/%			6 d 相对含量/%		
			CK 组	采前 1-MCP 处理组	采后 1-MCP 处理组	CK 组	采前 1-MCP 处理组	采后 1-MCP 处理组	CK 组	采前 1-MCP 处理组	采后 1-MCP 处理组
醇类	4	蘑菇醇	—	—	—	—	—	0.59	—	—	—
	5	(2Z)-2-辛烯-1-醇	—	—	—	—	—	0.23	—	—	—
	6	2,2-二甲基-1-己醇	—	—	—	—	—	—	—	—	0.15
	7	苯乙醇	—	—	—	—	—	—	—	—	0.89
	8	十一醇	—	—	—	—	—	—	—	0.31	—
		小计	1.72	3.98	1.57	2.19	1.73	2.32	1.06	6.59	1.94
酯类	1	2,2,4-三甲基戊二醇 异丁酯	0.21	1.04	0.23	0.15	—	—	—	4.41	—
	2	邻苯二甲酸二丁酯	1.3	—	0.57	2.03	0.16	—	0.09	1.64	—
	3	乙酸己酯	—	—	—	—	—	0.7	—	—	34.64
	4	邻苯二甲酸庚-4-基 异丁酯	—	—	—	—	—	—	—	2.20	—
	5	乙酸叶醇酯	—	—	—	—	—	—	—	—	3.85
	6	丙酸己酯	—	—	—	—	—	—	—	—	0.16
	7	乙酸苯乙酯	—	—	—	—	—	—	—	—	0.41
	8	乙酸香茅酯	—	—	—	—	—	—	—	—	0.18
	9	乙酸香叶酯	—	—	—	—	—	—	—	—	0.15
		小计	1.51	1.04	0.8	2.18	0	1	0.09	8.25	39.39
其他	1	甲氧基苯基胍	0.14	0.17	0.15	0.14	—	—	0.32	0.29	0.21
	2	2,4-二叔丁基酚	0.55	—	0.30	0.76	—	—	0.07	1.07	—
	3	2,6-二甲基-2,4,6-辛 三烯	—	0.16	—	—	0.23	0.19	0.08	—	—
	4	香叶基丙酮	—	0.18	—	—	—	—	—	0.34	—
	5	十四烷	—	—	0.1	—	—	—	—	—	—
	6	顺式柠檬烯氧化物	—	—	—	—	—	0.26	—	—	—
	7	己酸	—	—	—	0.23	—	—	—	—	0.34
	8	异辛酸	—	—	—	—	—	—	—	0.5	—
	9	2-丁氧基乙酸	—	—	—	—	—	—	—	—	0.4
	10	愈创木酚	—	—	—	—	—	—	—	1.13	—
	小计	0.69	0.51	0.55	1.13	0.23	0.45	0.47	3.33	0.95	
	总计	94.82	93.58	90.84	92.93	94.28	92.87	92.94	89.65	75.27	

最大, 仅在采后 1-MCP 处理组果实中检出, 且含量较高, 乙酸己酯具有清香和水果清甜的气味, 是一种有利香气成分, 因此可以说明采后 1-MCP 处理对葡萄香气释放有利。总体来说, 除了具有有利香气的酯类以外, 有新鲜植物和水果香气的醛类物质, 具有玫瑰花香的芳樟醇、橙花醇、香叶醇、罗勒烯、大马士酮等萜类物质和部分醇类物质等构成了“阳光玫瑰”葡萄的香气成分, 且从综合货架期间的香气成分分析结果来看, 不同处理方式中采后 1-MCP 处理更有利

于葡萄香气成分的释放。

3 讨论

“阳光玫瑰”是我国鲜食葡萄的一个重要品种, 目前市场需求量不断扩大。1-MCP 作为一种天然无害的乙烯受体抑制剂, 能不可逆地与乙烯受体蛋白结合, 阻断乙烯与受体结合, 抑制果实的生理生化反应, 达到保鲜的目的^[18]。Guo 等^[24]研究表明, 采后 0.15 $\mu\text{L/L}$

1-MCP 处理对梨贮藏期间的乙烯释放有抑制作用,从而达到延长梨贮藏期的目的。Thewes 等^[25]的研究表明,采后 0.625 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理可降低苹果贮藏期间的乙烯释放速率,延缓苹果的成熟衰老。DOERFLINGER 等^[26]研究发现,采前 1-MCP 处理可减少苹果贮藏期间的乙烯释放量,延缓果实软化。文中采取了采前和采后 1-MCP 处理这 2 种不同的方式对“阳光玫瑰”葡萄进行了保鲜处理,通过对上述图表数据的分析可以看出,不同处理方式对葡萄的货架品质有不同的影响,1-MCP 处理具有显著延长葡萄果实货架期和提高果实货架品质的作用,且可抑制果实的呼吸作用和乙烯释放,延缓果实软化,促进香气成分的释放。经主成分分析后可得出结论,采后 1-MCP 处理优于采前 1-MCP 处理,并显著优于 CK 组,与贾艳萍等^[11]在“无核寒香蜜”葡萄中的研究结论一致,可能是由于采前 1-MCP 处理对葡萄保鲜的作用时长较短,且 1-MCP 采前喷施过程中分散于空气中,实际作用于葡萄的 1-MCP 浓度低于 1 $\mu\text{L/L}$,使得采前 1-MCP 处理效果劣于采后处理效果。以上实验证实了 1-MCP 在“阳光玫瑰”葡萄货架保鲜中的有利作用,并得到了较优处理方式,在实际生产应用中,可因地制宜选择更优的处理方式对葡萄进行保鲜,以提高其商品价值,此外,复合保鲜技术是目前果蔬保鲜产业的大势所趋,单一的处理方式往往不能满足消费者更高的需求,因此将采前和采后 1-MCP 处理结合在一起或许能达到比单一处理更好的保鲜效果。

4 结语

1-MCP 处理能够延缓“阳光玫瑰”葡萄采后常温货架期间果实硬度和固酸比的下降进程,保持较高的 Vc 含量,减少质量损失率,同时抑制果实的呼吸强度和乙烯生成速率,感官评分显著高于对照组。以各项测定指标数值为依据,通过主成分分析法对不同处理进行排序后得到采后 1-MCP 处理组 > 采前 1-MCP 处理组 > CK 组。“阳光玫瑰”葡萄主要香气成分由 2-己烯醛(浓郁的绿叶清香和果香)、己醛(绿色蔬菜气味)、柠檬醛(浓郁柠檬香)、(E,E)-2,4-己二烯醛(橄榄油香气)、芳樟醇(玫瑰花香)、橙花醇(玫瑰花香)、香叶醇(玫瑰花香)、罗勒烯(草香、花香)、大马士酮(似玫瑰香味)、乙酸己酯(清香和水果清甜的气味)等构成,采后 1-MCP 处理更有利于葡萄香气成分的释放。

参考文献:

[1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 1984: 261—263.
Chinese Academy of Sciences Chinese Flora Editorial

- Committee. Chinese Flora[M]. Beijing: Science Press, 1984: 261—263.
- [2] 史文婷. GA₃ 和 CPPU 对“阳光玫瑰”葡萄果实无核化及品质的影响[D]. 银川: 宁夏大学, 2017: 1—10.
SHI Wen-ting. Effects of GA₃ and CPPU on the Seedlessness and Quality of "Sunshine Muscat" Grapevine[D]. Yinchuan: Ningxia University, 2017: 1—10.
- [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 Kind of Plant Growth Regulators on the Fruit Quality of "Sunshine Muscat" Grape[J]. Journal of Zhejiang University (Agricultrue and Life Sciences), 2016, 42(4): 419—426.
- [4] 李江阔, 曹森, 张鹏, 等. 1-MCP 采前处理对葡萄采后相关酶活性与品质的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(22): 270—275.
LI Jiang-kuo, CAO Sen, ZHANG Peng, et al. Effects of Preharvest 1-MCP Treatments on Postharvest Quality and Related Enzyme Activities of Grapes[J]. Food Science, 2014, 35(22): 270—275.
- [5] 李天元, 张鹏, 李江阔, 等. 贮藏微环境气体调控对蓝莓冷藏期果实品质及挥发性物质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(8): 226—234.
LI Tian-yuan, ZHANG Peng, LI Jiang-kuo, et al. Effect of Storage Microenvironment Gas Regulation on Blue-Berry Quality and Volatile Substances during Cold Storage[J]. Food and Fermentation Industries, 2016, 42(8): 226—234.
- [6] ZHANG Wan-li, ZHAO Han-dong, JIANG Hai-tao, et al. Multiple 1-MCP Treatment More Effectively Alleviated Postharvest Nectarine Chilling Injury than Conventional One-Time 1-MCP Treatment by Regulating ROS and Energy Metabolism[J]. Food Chemistry, 2020, 330: 127256.
- [7] ZHU Xiao-yang, SONG Zun-yang, LI Qiu-mian, et al. Physiological and Transcriptomic Analysis Reveals the Roles of 1-MCP in the Ripening and Fruit Aroma Quality of Banana Fruit (Fenjiao)[J]. Food Research International, 2020, 130: 108968.
- [8] SABA M K, WATKINS C B. Flesh Browning Development of 'Empire' Apple during a Shelf Life Period after 1-Methylcyclopropene (1-MCP) Treatment and Controlled Atmosphere Storage[J]. Scientia Horticulturae, 2020, 261: 108938.
- [9] 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 Yu-fu, LIU Sheng, ZHANG Qi, et al. Effects of Different Treatments on Nutrition and Quality of Chinese Flowering Cabbage[J]. Food and Fermentation Industries, 2020, 46(20): 159—163.
- [10] XU Fang-xu, LIU Shi-yang, LIU Ye-fei, et al. Effec-

- tiveness of Lysozyme Coatings and 1-MCP Treatments on Storage and Preservation of Kiwifruit[J]. Food Chemistry, 2019, 288: 201—207.
- [11] 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 Yan-ping, ZHANG Peng, CAO Sen, et al. Effect of 1-MCP Treatment on the Preservation of Grapes[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2016, 16(12): 185—192.
- [12] 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]. Food Industry, 2018, 39(4): 96—99.
- [13] 颜廷才, 刘振通, 李江阔, 等. 箱式气调结合 1-MCP 对软枣猕猴桃冷藏期品质及风味物质的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(20): 253—260.
YAN Ting-cai, LIU Zhen-tong, LI Jiang-kuo, et al. Effect of Box-Type Modified Atmosphere Packaging Combined with 1-MCP on Quality and Flavor Compounds of *Actinidia Arguta* during Cold Storage[J]. Food Science, 2016, 37(20): 253—260.
- [14] 李文生, 冯晓元, 王宝刚, 等. 应用自动电位滴定仪测定水果中的可滴定酸[J]. 食品科学, 2009, 30(4): 247—249.
LI Wen-sheng, FENG Xiao-yuan, WANG Bao-gang, et al. Determination of Titratable Acids in Fruits with Automatic Potentiometric Titrator[J]. Food Science, 2009, 30(4): 247—249.
- [15] 李玉红. 钼蓝比色法测定水果中还原型维生素 C[J]. 天津化工, 2002(1): 31—32.
LI Yu-hong. Determination of Reduced Vitamin C in Fruits by Molybdenum Blue Colorimetry[J]. Tianjin Chemical Industry, 2002(1): 31—32.
- [16] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬采后生理生化试验指导[M]. 中国轻工业出版社, 2007: 44—46.
CAO Jian-kang, JIANG Wei-bo, ZHAO Yu-mei. Guidance on Postharvest Physiological and Biochemical Experiments of Fruits and Vegetables[M]. China Light Industry Press, 2007: 44—46.
- [17] KAFKALETOU M, CHRISTOPOULOS M V, TSANTILI E. Short-Term Treatments with High CO₂ and Low O₂ Concentrations on Quality of Fresh Goji Berries (*Lycium Barbarum* L) during Cold Storage: Storage of Fresh Goji Berries[J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 2017, 97(15): 5194—5201.
- [18] 薛友林, 于弘毅, 张鹏, 等. 不同处理条件的蓝莓货架品质比较分析[J]. 现代食品科技, 2020, 36(5): 113—121.
XUE You-lin, YU Hong-tao, ZHANG Peng, et al. Comparison of Shelf Quality of Different Treatments on the Blueberries[J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(5): 113—121.
- [19] 杨旭, 陈亮, 辛秀兰, 等. 果汁发酵和带渣发酵蓝靛果酒香气成分分析[J]. 食品科学, 2014, 35(12): 115—119.
YANG Xu, CHEN Liang, XIN Xiu-lan, et al. Analysis of Volatile Aroma Components of Blue Honeysuckle (*Lonicera Caerulea*) Wines Fermented from Mashed Fruit and the Corresponding Juice[J]. Food Science, 2014, 35(12): 115—119.
- [20] 邓凤莹, 梁世弦, 陈彦蓓, 等. 3 个鲜食葡萄冬果挥发性香气成分分析[J]. 南方农业学报, 2020, 51(5): 1145—1151.
DENG Feng-ying, LIANG Shi-xian, CHEN Yan-bei, et al. Volatile Aroma Components of Winter Fruits for Three Table Grape Varieties in Two-Crops-a-Year Cultivation[J]. Southern Journal of Agricultural Sciences, 2020, 51(5): 1145—1151.
- [21] 牛早柱, 陈展, 赵艳卓, 等. 15 个不同葡萄品种果实香气成分的 GC-MS 分析[J]. 华北农学报, 2019, 34(S1): 85—91.
NIU Zao-zhu, CHEN Zhan, ZHAO Yan-zhuo, et al. Analysis of Aromatic Components from the Berries of Fifteen Grape Varieties by GC-MS[J]. North China Agricultural Journal, 2019, 34(S1): 85—91.
- [22] 雷春妮, 张雅珩, 李经纬, 等. 基于主成分分析构建初榨橄榄油香气质量评价模型[J]. 中国粮油学报, 2019, 34(12): 65—70.
LEI Chun-ni, ZHANG Ya-heng, LI Jing-wei, et al. Construction of Virgin Olive Oil Aroma Quality Evaluation Model Based on Principal Component Analysis[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2019, 34(12): 65—70.
- [23] 蔡炳彪, 张凤梅, 牛云蔚. 桂花精油特征香气成分研究[J]. 食品工业, 2019, 40(7): 301—303.
CAI Bing-biao, ZHANG Feng-mei, NIU Yun-wei. Study on the Aroma Active Components of *Osmanthus Essential Oil*[J]. Food Industry, 2019, 40(7): 301—303.
- [24] GUO Jia-ming, WEI Xin-yu, LYU En-li, et al. Ripening Behavior and Quality of 1-MCP Treated d'Anjou Pears during Controlled Atmosphere Storage[J]. Food Control, 2020, 117: 107364.
- [25] THEWES F R, ANESE R O, THEWES F R, et al. Dynamic Controlled Atmosphere (DCA) and 1-MCP: Impact on Volatile Esters Synthesis and Overall Quality of "Galaxy" Apples[J]. Food Packaging and Shelf Life, 2020, 26: 100563.
- [26] DOERFLINGER F C, NOCK J F, MILLER W B, et al. Preharvest Aminoethoxyvinylglycine (AVG) and 1-Methylcyclopropene (1-MCP) Effects on Ethylene and Starch Concentrations of "Empire" and "McIntosh" Apples[J]. Scientia Horticulturae, 2018, 244: 134—140.