

1-MCP 处理结合低温贮藏对早生新水梨采后生理及品质的影响

Effects of 1-MCP combined with low temperature storage on postharvest physiology and quality of Zaoshengxinshui pear

张明昊^{1,2}

叶正文^{1,2}

骆 军^{1,2}

苏明申^{1,2}

周慧娟^{1,2}

ZHANG Ming-hao^{1,2} YE Zheng-wen^{1,2} LUO Jun^{1,2} SU Ming-shen^{1,2} ZHOU Hui-juan^{1,2}

(1. 上海市农业科学院林木果树研究所, 上海 201403; 2. 上海市设施园艺技术重点实验室, 上海 201403)

(1. Forest and Fruit Tree Research Institute, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai 201403, China; 2. Shanghai Key Laboratory of Facility Horticulture Technology, Shanghai 201403, China)

摘要:目的:研究以品质调控为主要因素的保鲜技术。方法:以呼吸跃变型的早生新水梨果实为试材,经 3.24 $\mu\text{L/L}$ 的 1-MCP 熏蒸处理后,放置于 $(10 \pm 1)^\circ\text{C}$ 条件下贮藏;分别以不做任何处理、放置于 $(10 \pm 1)^\circ\text{C}$ 和 $(1 \pm 1)^\circ\text{C}$ 中贮藏的果实作对照一(CK1)和对照二(CK2),对贮藏期间的果实呼吸强度、乙烯释放速率、硬度、可溶性固形物含量、果皮色差值、褐心指数、失重率和腐烂率进行测定和调查,并进行相关性分析。结果:与 CK1 相比, $(10 \pm 1)^\circ\text{C}$ 贮藏结合 1-MCP 处理可抑制果实的乙烯释放速率和呼吸强度,推迟其高峰的出现,但对呼吸强度和乙烯释放速率的抑制效果仍显著低于 CK2;可保持较高的可溶性固形物含量、减少果实水分的流失、延缓果实腐烂和褐变、维持果皮绿色 (a^* 绝对值高, h° 高)。整个贮藏期间, $(10 \pm 1)^\circ\text{C}$ 贮藏结合 1-MCP 处理的果实带皮硬度、果肉组织硬度、果实脆性和果肉紧实度显著高于 CK1;但 CK2 对果实质地的保持效果仍高于 $(10 \pm 1)^\circ\text{C}$ 贮藏结合 1-MCP 处理的效果;除呼吸强度、乙烯释放速率和褐心指数外,其他各项指标间均存在不同程度的相关性。结论: $(10 \pm 1)^\circ\text{C}$ 贮藏结合 3.24 $\mu\text{L/L}$ 的 1-MCP 熏蒸处理安全贮藏期可达 103 d,可溶性固形物含量稳定在 12% 左右,较好地保持了果实固有风味和色泽,可作为代替单一低温贮藏的保鲜技术之一。

关键词:早生新水梨;1-甲基环丙烯;低温贮藏;采后生理;

质构

Abstract: **Objective:** This study focused on fresh-keeping technology with quality control as the main factor. **Methods:** The respiratory climacteric Zaoshengxinshui pear was used as material, after being fumigated with 3.24 $\mu\text{L/L}$ of 1-MCP, then was stored at $(10 \pm 1)^\circ\text{C}$. The fruits stored at $(10 \pm 1)^\circ\text{C}$ and $(1 \pm 1)^\circ\text{C}$ without any treatment were used as control 1 (CK1) and control 2 (CK2). The respiration intensity, ethylene release rate, firmness, soluble solid content, peel chromatism, core browning index, weight loss rate and decay rate of fruits during postharvest storage were measured and investigated, and the correlation was analyzed. **Results:** Compared with CK1, $(10 \pm 1)^\circ\text{C}$ combined with 1-MCP treatment could inhibit the ethylene release rate and respiratory intensity of fruit, delay its peak, but the inhibition effect on respiration intensity and ethylene release rate were still significantly lower than that of CK2. It can maintain high soluble solid content, reduce fruit water loss, delay fruit decay and browning, maintain the green peel (absolute value of a^* was high, h° was high). During the whole storage time, the peel hardness, pulp hardness, fruit brittleness and pulp compactness of fruits treated with $(10 \pm 1)^\circ\text{C}$ combined with 1-MCP were significantly higher than those of CK1. However, the retention effect of CK2 on fruit parenchyma was still higher than of $(10 \pm 1)^\circ\text{C}$ combined with 1-MCP; except respiration intensity, ethylene release rate and brown heart index, there were different degrees of correlation among other indexes. **Conclusion:** The safe storage period of $(10 \pm 1)^\circ\text{C}$ combined with 3.24 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP fumigation can reach 103 days, and the soluble solids are stable at about 12%. Therefore, it can better maintain the inherent flavor and color of the fruit, which can be used as one of the fresh-keeping technologies instead of single low-temperature storage.

基金项目:上海市农委重点攻关项目(编号:2121906);上海市农业科学院攀高计划(编号:PG21221)

作者简介:张明昊,男,上海市农业科学院研究实习员,硕士。

通信作者:周慧娟(1985—),女,上海市农业科学院副研究员,博士。E-mail:zhouhuijuanzc@163.com

收稿日期:2022-02-07 **改回日期:**2022-08-21

Keywords: Zaoshengxinshui pear; 1-methylcyclopropene; low-temperature storage; postharvest physiology; texture

早生新水梨是上海市农业科学院林木果树研究所从新水梨自然杂交后代选出的品种,具有果肉脆嫩、石细胞极少、汁液丰富等优良特性,深受消费者青睐,是长三角地区新兴的主栽品种之一^[1]。早生新水梨是呼吸跃变型果实,具有明显的呼吸和乙烯释放高峰,加之成熟正值高温高湿季节,采后极易发生腐败变质;低温贮藏虽然可延长果实的保鲜期,但长期的低温贮藏易使果实出现糖酸失调、果心褐变、汁液减少等品质劣变症状,严重影响了果实的食用和商品价值,对果实贮运技术的研发带来了新的挑战^[2]。1-甲基环丙烯(1-MCP)是近年备受关注的一种高效、安全、绿色的乙烯作用抑制剂,可延缓果实软化衰老、保持果实品质,延长贮藏期。近年来,国内外研究人员在桃^[3-4]、苹果^[5-6]、香蕉^[7-8]、枣^[9]、杏^[10]等水果上对 1-MCP 的作用进行了较多研究,发现经 1-MCP 处理可以显著抑制果实采后的呼吸强度和乙烯释放速率,推迟二者高峰期的出现,同时延缓了果实软化,延长了果品贮藏期和货架期。1-MCP 处理在不同梨品种贮藏保鲜的研究也较多,被广泛应用于贮藏品质^[11-12]、香气成分^[13]和生理性病害^[14-16]等方面。1-MCP 对早红考密斯^[17]、红香酥^[18]、雪花^[19]、Bartlett 梨^[20]、鸭梨^[21]等不同梨品种的作用效果受其使用浓度、处理时间、处理次数、成熟度等多重因素影响。但不同品种的梨果适宜的处理参数不一,在实际应用中应重点关注。周慧娟等^[2]曾采用气调处理对早生新水梨贮藏品质的影响进行了研究,筛选出适宜气调贮藏的技术参数,而针对(10±1)℃贮藏结合 1-MCP 处理对早生新水梨采后生理及品质影响的研究还未见报道。

果实固有风味的丧失是传统低温冷藏技术的瓶颈。研究拟通过对果实呼吸强度、乙烯释放速率、硬度、可溶性固形物含量、果皮色差值、褐变指数、失重率和腐烂率等指标的测定,探讨(10±1)℃贮藏结合其他复合保鲜技术对早生新水梨采后贮藏特性和品质的影响,以期达到既能延长果实安全保鲜期和货架期,又能较好地保持果实固有风味的保鲜目的。

1 材料与方法

1.1 试剂与仪器

1.1.1 材料与试剂

早生新水梨:上海市农业科学院庄行综合试验站;

1-甲基环丙烯(1-MCP):纯度≥98%,美国阿格洛法士公司。

1.1.2 主要仪器设备

防雾保鲜袋:0.03 mm,零度包装科技有限公司;

质构仪:TA.XT.Plus 型,英国 SMS 公司;

色差自动检测计:CR-400 型,日本美能达公司;

手持阿贝折光仪:PAL-1 型,日本 ATAGO 公司;

气相色谱仪:GC7890A 型,美国安捷伦科技公司;

红外线 CO₂ 气体分析仪:GXH-305 型,泰仕电子工业股份有限公司;

电子天平:E1200-2 型,常熟市双杰测试仪器厂。

1.2 试验方法

1.2.1 试验分组 试验分 3 组:(10±1)℃+1-MCP 处理组、对照一(CK1)和对照二(CK2)。采收同一果园的早生新水梨,于 30 株树树冠外围高 1.2 m 处随机采摘向阳面果实,每株随机采摘 50 个成熟度一致、大小均一、色泽均匀、无病虫害、无机械损伤的果实,采摘后的果实立即运送至上海市设施园艺技术重点实验室冷库进行分装和预冷处理。每组处理 3 筐,每筐 36 个果实,每筐果品净重 6 kg,设 3 次重复,共计试验样品 27 筐。

1.2.2 试验处理 将果实放入体积为 108 L 的密闭箱内以体积分数为 3.24 μL/L 的 1-MCP 熏蒸 24 h,密闭箱内温度为(15±2)℃、相对湿度为 65%~70%,处理结束后将果实单层摆放于内衬厚度为 0.03 mm 防雾保鲜袋的塑料周转筐中,放置于温度为(10±1)℃、相对湿度为 80%~85%的冷库中贮藏。CK1 不做任何处理、放置温度为(10±1)℃、相对湿度为 80%~85%的冷库中贮藏;CK2 不做任何处理、放置温度为(1±1)℃、相对湿度为 85%~90%的冷库中贮藏。分别于贮藏第 8,13,18,23,28,33,38,48,58,73,103 天,测定处理组和对照组的果实乙烯释放速率、呼吸强度、失重率、腐烂率、果实质构、果皮色差等指标。

1.2.3 指标测定

(1)呼吸强度:参照文献^[22]。

(2)乙烯释放速率:参照 Khan 等^[23]的方法并稍加修改。每组每个时期随机选取 5 个梨,放置于体积为 4 L 的密闭容器中密封 1 h,用进样针吸取 1 mL 混合气体,并注入装有火焰离子化检测器(FID)和 DB-WAX 毛细管柱(30 m×0.25 mm×0.25 mm)的气相色谱仪的入口,用气相色谱仪进行测定。试验重复 3 次。

(3)质构:使用质构仪将果实放置于样品测试台上,然后搭配直径为 5 mm 圆柱形探头(P/5)对梨果实进行质构测试。测试方法选用 Two deformation test(TDT)进行两次下压,测试参数为测前速度 60 mm/min,测试速度 120 mm/min,测后速度 600 mm/min,触发力 0.5 N。第一次下压距离为 3 mm,测定参数为果皮硬度、果皮脆性;第二次下压距离为 20 mm,获得参数为果肉硬度、果肉紧实度、果肉脆性。

(4)果皮色差:选取每处理每个时期的 10 个果实,测定果皮两侧处色差值。采用 Hunter Lab 表色系统测定,

果皮颜色用 a^* 值、 L^* 值、 b^* 值和 h° 综合表示。

(5) 可溶性固形物含量:取果实两侧部位果肉,测定未经稀释的汁液可溶性固形物含量,每处理每个时期随机选取 10 个果实进行测定,取平均值。

(6) 失重率:每个处理每时期随机选取 10 个果实,分别测定贮藏前后的果实重量。按式(1)计算果实失重率。

$$X = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

X ——失重率,%;

W_1 ——贮藏前重量,g;

W_2 ——贮藏后重量,g。

(7) 腐烂率:以果实表面出现腐烂为判断依据,统计每个处理每时期的果实腐烂情况。按式(2)计算果实腐烂率。

$$Y = \frac{N_0}{N} \times 100\%, \quad (2)$$

式中:

Y ——腐烂率,%;

N_0 ——腐烂个数;

N ——调查总果数。

(8) 褐心指数:参照吴小华等^[24]的方法并稍加修改,按照果心褐变面积分 5 级,0 级:无褐心现象;1 级:褐心面积占果心面积比例 $<5\%$,即轻微褐变;2 级:褐心面积 $5\% \sim 20\%$;3 级:褐心面积 $20\% \sim 50\%$;4 级:褐心面积 $>50\%$ 。按式(3)计算果实褐心指数。

$$Z = \frac{\sum (i_0 \times N_0)}{i \times N}, \quad (3)$$

式中:

Z ——褐心指数;

i_0 ——褐变级数;

N_0 ——褐变级数相应的褐变果数;

i ——褐变最高级数;

N ——调查总果数。

1.3 数据处理

采用 Excel(Office 2016)进行数据统计分析并作图;采用 SPSS 22.0 软件进行相关性分析和显著性分析。

2 结果与分析

2.1 对梨果实呼吸强度和乙烯释放速率的影响

由图 1(a)可知,贮藏第 33 天,CK1 的果实出现呼吸高峰,峰值为 $15.9 \text{ mg CO}_2/(\text{kg} \cdot \text{h})$,分别比 $(10 \pm 1)^\circ\text{C} + 1\text{-MCP}$ 处理和 CK2 的果实高出 205.7%,430.0%;贮藏至第 48 天, $(10 \pm 1)^\circ\text{C} + 1\text{-MCP}$ 处理和 CK2 的果实出现呼吸高峰,分别为 $8.33, 5.15 \text{ mg CO}_2/(\text{kg} \cdot \text{h})$,较 CK1 的果实均推迟 15 d 出现呼吸高峰,且在贮藏前 38 d 经 1-MCP 处理的果实呼吸强度均显著低于 CK1 ($P < 0.05$);而贮藏前 48 d,经 1-MCP 处理的果实呼吸强度均显著高于 CK2 ($P < 0.05$)。因此,经 $(10 \pm 1)^\circ\text{C} + 1\text{-MCP}$ 处理和 $(1 \pm 1)^\circ\text{C}$ 冷藏均对果实呼吸强度有较为明显的抑制效果,不仅推迟果实呼吸高峰的出现时间,还降低其跃变峰值,抑制果实采后呼吸代谢进程。

由图 1(b)可知,贮藏第 33 天,CK1 的果实出现乙烯释放高峰,峰值为 $47.4 \mu\text{L}/(\text{kg} \cdot \text{h})$,均极显著高于处理组和 CK2 ($P < 0.01$);贮藏第 48 天, $(10 \pm 1)^\circ\text{C} + 1\text{-MCP}$ 处理的果实出现乙烯释放高峰,为 $17.8 \mu\text{L}/(\text{kg} \cdot \text{h})$,与 CK1 相比,可显著降低果实的乙烯释放速率,并推迟了乙烯释放高峰出现的时间,但 $(10 \pm 1)^\circ\text{C} + 1\text{-MCP}$ 处理对乙烯释放速率的抑制效果显著低于 CK2 ($P < 0.05$)。

试验结果表明,与 $(10 \pm 1)^\circ\text{C}$ 贮藏相比, $(10 \pm 1)^\circ\text{C} + 1\text{-MCP}$ 处理在一定程度上延缓了呼吸高峰的出现、降低了果实的乙烯释放速率和呼吸强度,与 1-MCP 处理对仙人掌梨^[12]、Bartlett 梨^[25]、翠冠^[26]的效果一致,均可显著降低果实乙烯释放速率和呼吸强度,还可以不同程度地

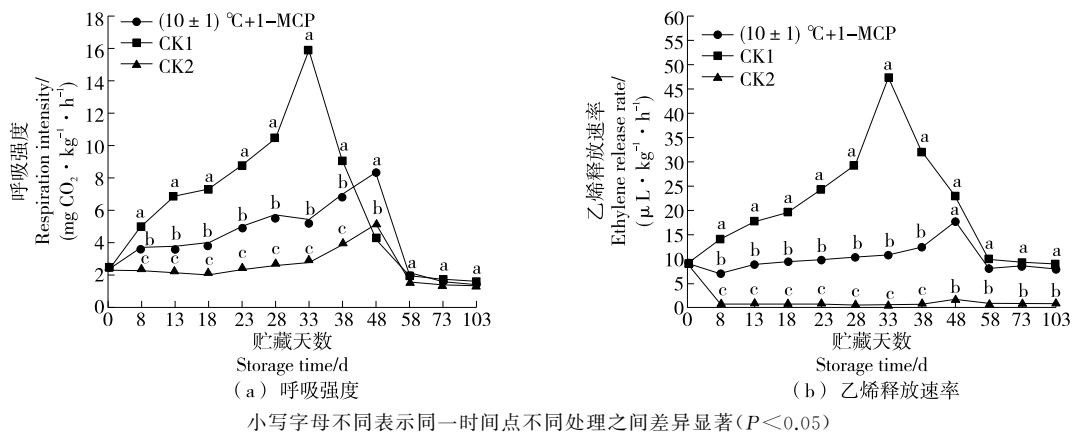


图 1 $(10 \pm 1)^\circ\text{C} + 1\text{-MCP}$ 处理对果实呼吸强度和乙烯释放速率的影响

Figure 1 Effects of $(10 \pm 1)^\circ\text{C} + 1\text{-MCP}$ on respiration intensity and ethylene production rate of fruit

推迟乙烯、呼吸峰的出现。但 $(10 \pm 1)^\circ\text{C} + 1\text{-MCP}$ 处理对呼吸强度和乙烯释放速率的抑制效果均显著低于 CK2 ($P < 0.05$)。

2.2 对梨果实品质的影响

2.2.1 色泽 由图 2 可知,随着贮藏时间延长,果皮 a^* 值、 L^* 值和 b^* 值均呈上升趋势, h° 呈下降趋势,表明贮藏期果皮颜色由绿色逐渐向黄色转变,预示着果实逐渐衰老,与红香酥^[27]、南国梨^[15]等梨品种上的效果一致,但 1-MCP 使用浓度和贮藏温度等有一定差异。与 CK1 相比, $(10 \pm 1)^\circ\text{C} + 1\text{-MCP}$ 处理在整个贮藏期均显著抑制果皮由绿色向黄色转变,一定程度上抑制了果实衰老;在整个贮藏期, $(10 \pm 1)^\circ\text{C} + 1\text{-MCP}$ 处理和 CK2 果实的果皮 a^* 值、 L^* 值、 b^* 值和 h° 无显著性差异,但 CK2 对维持果皮绿色 (a^* 绝对值高、 h° 高) 的效果较高于 $(10 \pm 1)^\circ\text{C} + 1\text{-MCP}$ 处理。

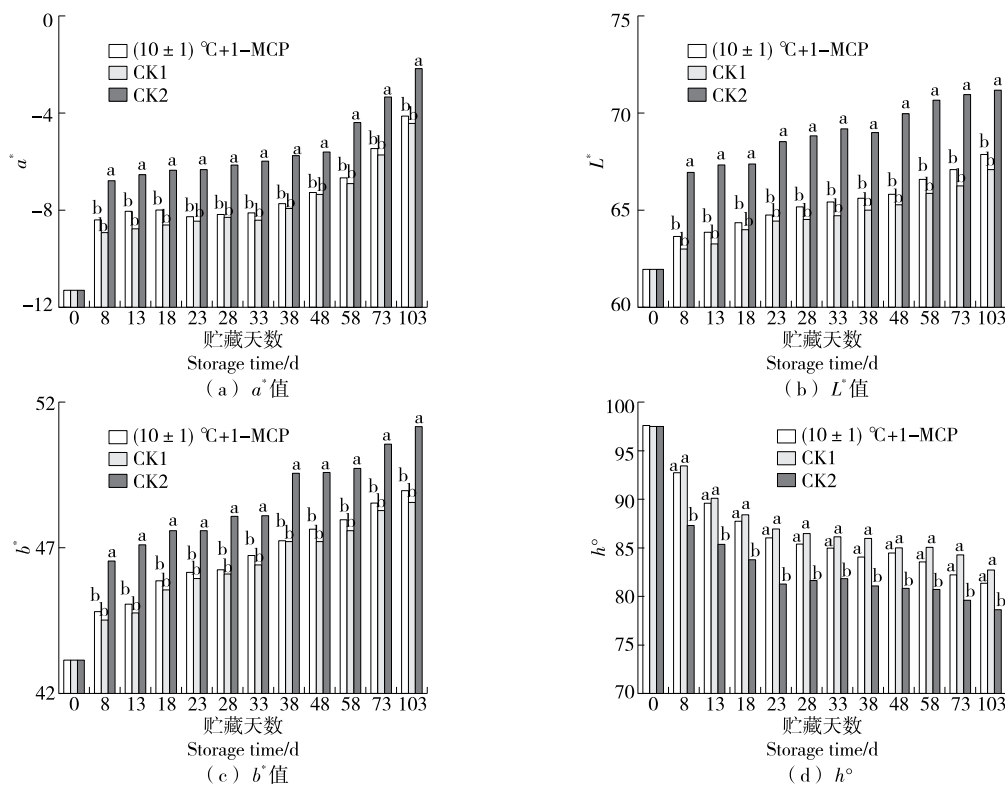
2.2.2 质构 由图 3 可知,与 CK1 相比, $(10 \pm 1)^\circ\text{C}$ 贮藏结合 1-MCP 处理显著抑制了果实带皮硬度、果肉组织硬度、果实脆性和果肉紧实度的下降速率,抑制了果实的衰老和软化,与经 1-MCP 处理在早红考密斯^[17]、红香酥^[18]、雪花^[19]、Bartlett 梨^[20]、鸭梨^[21]等梨品种上的作用效果一致,但使用浓度有一定差异;在整个贮藏期间, $(10 \pm 1)^\circ\text{C} + 1\text{-MCP}$ 处理和 CK2 果实的果肉组织硬度、

果实脆性和果肉紧实度无显著性差异,但 CK2 对果实质地的保持效果仍高于 $(10 \pm 1)^\circ\text{C}$ 贮藏结合 1-MCP 处理的,说明低温仍是保持果实质地的主控因子,冷敏感性早生新水梨果实对低温及 1-MCP 的反应机制需进一步研究。

2.2.3 可溶性固形物含量 由图 4 可知,冷藏前 28 d, CK2 果实的可溶性固形物含量呈下降趋势,风味降低。在整个贮藏期间, $(10 \pm 1)^\circ\text{C} + 1\text{-MCP}$ 处理和 CK1 果实的可溶性固形物含量基本维持在较高水平,两组处理果实的可溶性固形物含量差异不显著,但均显著高于 CK2 的 ($P < 0.05$),表明 $(10 \pm 1)^\circ\text{C}$ 的贮藏环境可使果实的次生物质正常代谢,保持果实原有的风味,解决了因长期的低温冷藏导致的果实风味降低的问题^[27]。

2.3 对梨果实失重率、腐烂率及褐心指数的影响

由图 5(a)可知,由于早生新水梨在贮藏期间受呼吸作用等的影响,果实失重率持续上升,CK1 的果实失重率显著高于 $(10 \pm 1)^\circ\text{C} + 1\text{-MCP}$ 处理和 CK2 ($P < 0.05$),贮藏第 103 天失重率达到 17.6%; $(10 \pm 1)^\circ\text{C} + 1\text{-MCP}$ 处理和 CK2 的果实在贮藏第 103 天时失重率分别为 7.3%, 11.6%, 保水效果显著高于 CK1, 其中 $(10 \pm 1)^\circ\text{C} + 1\text{-MCP}$ 处理的果实失重率显著低于 CK2 ($P < 0.05$)。说明 $(10 \pm 1)^\circ\text{C} + 1\text{-MCP}$ 处理和 CK2 均可有效减少早生新



小写字母不同表示同一时间点不同处理之间差异显著 ($P < 0.05$)

图 2 $(10 \pm 1)^\circ\text{C} + 1\text{-MCP}$ 对果实色泽的影响

Figure 2 Effect of $(10 \pm 1)^\circ\text{C} + 1\text{-MCP}$ on fruit color

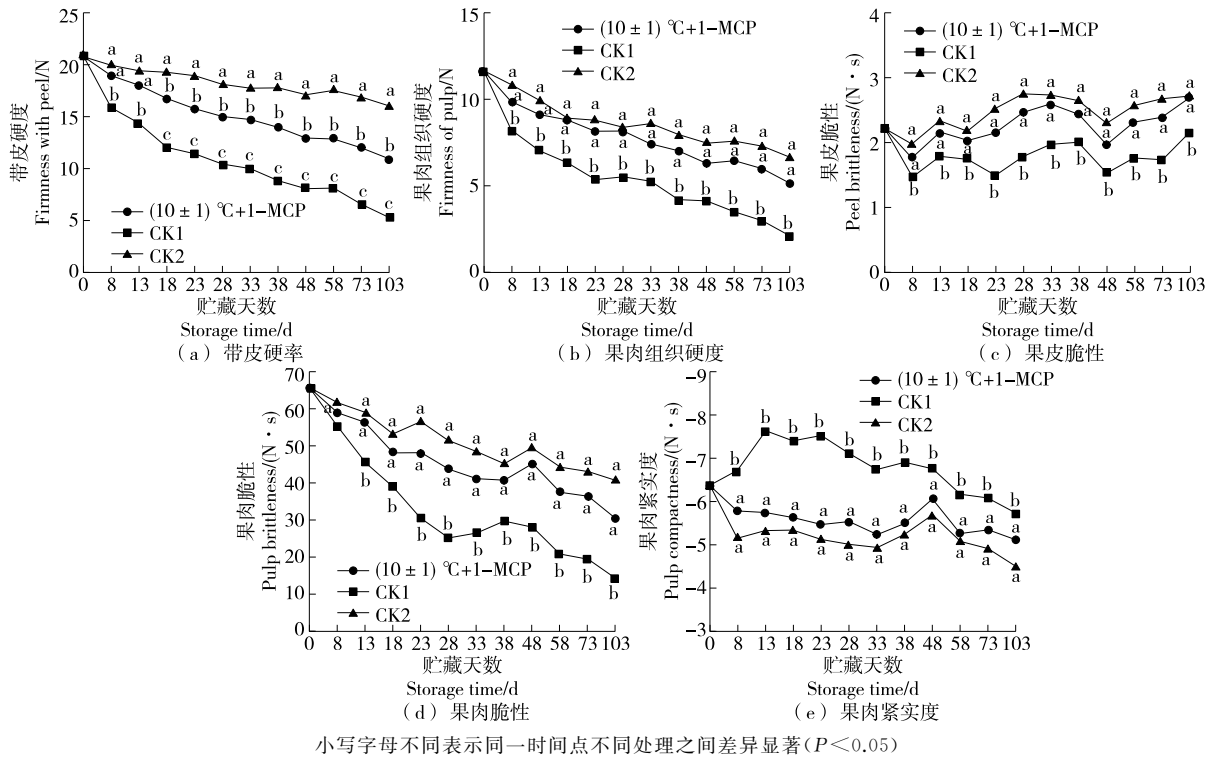


图 3 $(10 \pm 1) ^\circ\text{C} + 1\text{-MCP}$ 对果实质构的影响
Figure 3 Effects of $(10 \pm 1) ^\circ\text{C} + 1\text{-MCP}$ on fruit texture

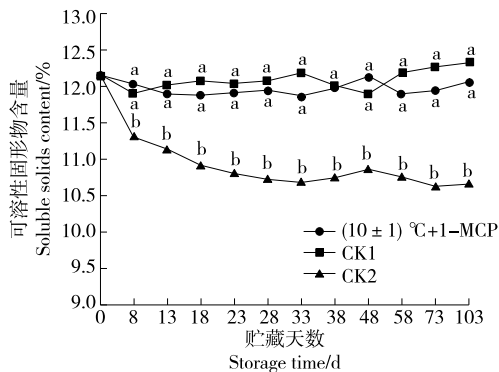


图 4 $(10 \pm 1) ^\circ\text{C} + 1\text{-MCP}$ 对果实可溶性固形物含量的影响
Figure 4 Effects of $(10 \pm 1) ^\circ\text{C} + 1\text{-MCP}$ on fruit soluble solid content

水果果实水分的流失,推迟果实品质劣变,而且 $(10 \pm 1) ^\circ\text{C} + 1\text{-MCP}$ 处理的效果更优。

由图 5(b)可知,贮藏 18 d 后 CK1 的果实开始出现腐烂现象,随贮藏时间的延长,果实腐烂率不断增加;与 CK1 相比, $(10 \pm 1) ^\circ\text{C} + 1\text{-MCP}$ 处理显著抑制了果实腐烂的发生 ($P < 0.05$),但经 1-MCP 处理只是降低了果实腐烂程度,而对病原微生物感染无抑制作用,这与 1-MCP 处理在其他梨^[18,28]上的研究结果一致;在整个贮藏期间,

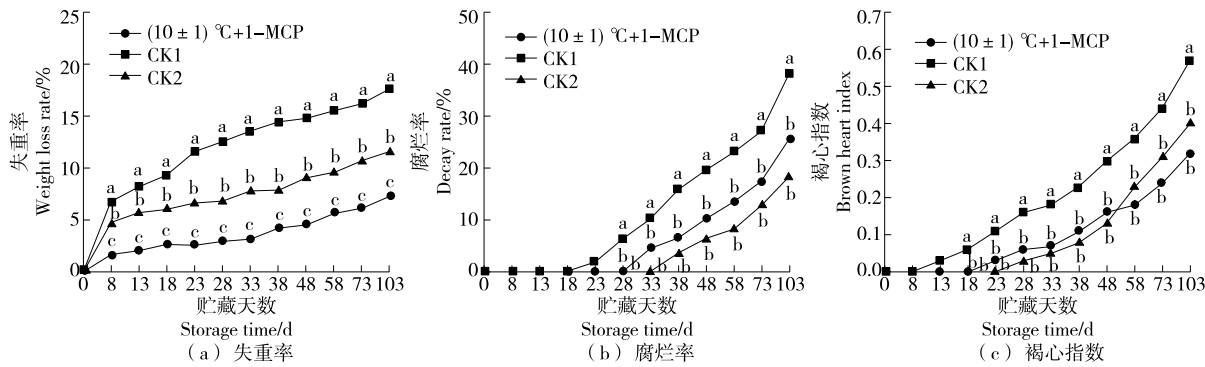
$(10 \pm 1) ^\circ\text{C} + 1\text{-MCP}$ 处理和 CK2 的果实腐烂率差异不显著,但 CK2 对果实腐烂的抑制效果高于 $(10 \pm 1) ^\circ\text{C} + 1\text{-MCP}$ 处理。

由图 5(c)可知,贮藏第 13 天,CK1 果实开始发生轻微的褐心现象,而 $(10 \pm 1) ^\circ\text{C} + 1\text{-MCP}$ 处理和 CK2 的果实分别在贮藏第 23、28 天发生轻微的褐心现象,较 CK1 推迟了 10~15 d;与 CK1 相比, $(10 \pm 1) ^\circ\text{C} + 1\text{-MCP}$ 处理显著降低了果心褐变的发生 ($P < 0.05$),也说明早生新雪梨果心褐变为果实衰老所致;在整个贮藏期间, $(10 \pm 1) ^\circ\text{C} + 1\text{-MCP}$ 处理和 CK2 的果实褐心指数差异不显著,但贮藏 48 d 后 CK2 对果心褐变的抑制效果低于 $(10 \pm 1) ^\circ\text{C} + 1\text{-MCP}$ 处理,说明长期的低温冷藏易导致果心褐变。

经 1-MCP 处理对果实的抗病效果还未有明确定论,王俊英等^[29]研究发现,新高梨在冷藏和货架期均未发生果心褐变,但在冷藏 180 d + 7 d 货架后发生了腐烂病害;Cheng 等^[21]对鸭梨的研究结果表明,1-MCP 处理能够降低果心褐变的发生。试验结果表明,经 1-MCP 处理只是降低了腐烂病和果心褐变的程度,并不能抑制病害的发生,而且长期的低温冷藏易导致果心褐变。

2.4 相关性分析

由表 1 可知,早生新雪梨果肉硬度与可溶性固形物含量(SSC)和 a^* 值呈极显著负相关,与 L^* 、 b^* 值和 h^* 呈极显著正相关;可溶性固形物含量(SSC)与 a^* 值呈极显



小写字母不同表示同一时间点不同处理之间差异显著($P<0.05$)

图 5 $(10\pm 1)^\circ\text{C}+1\text{-MCP}$ 对果实失重率、腐烂率及褐心指数的影响

Figure 5 Effects of $(10\pm 1)^\circ\text{C}+1\text{-MCP}$ on fruit weight loss rate, decay rate and brown heart index

表 1 $(10\pm 1)^\circ\text{C}+1\text{-MCP}$ 处理早生新水梨贮藏期各项指标相关性分析[†]

Table 1 Correlation analysis of storage indexes of Zaoshengxinshui pear at $(10\pm 1)^\circ\text{C}+1\text{-MCP}$

指标	呼吸强度	乙烯释放速率	果肉硬度	SSC	L^* 值	a^* 值	b^* 值	h°	褐心指数
呼吸强度	1.000	0.049	-0.236	0.084	-0.171	0.112	-0.058	-0.124	0.183
乙烯释放速率		1.000	-0.261	0.048	-0.113	0.093	-0.053	-0.014	0.132
果肉硬度			1.000	-0.838 **	0.848 **	-0.798 **	0.889 **	0.835 **	-0.214
SSC				1.000	-0.366 *	0.784 **	-0.385 **	-0.748 **	0.167
L^* 值					1.000	-0.409 **	0.817 **	0.735 **	-0.352
a^* 值						1.000	-0.531 **	-0.876 **	0.246
b^* 值							1.000	0.667 **	-0.191
h°								1.000	-0.048
褐心指数									1.000

[†] * 表示显著相关($P<0.05$); ** 表示极显著相关($P<0.01$)。

著正相关,分别与 L^* 值和 b^* 值、 h° 呈显著和极显著负相关; a^* 值与 L^* 、 b^* 值和 h° 呈极显著负相关;呼吸强度、乙烯释放速率和褐心指数均与其他指标无显著相关性。这与经 1-MCP 处理对南果梨^[15]、库尔勒香梨^[30]等不同梨品种的研究结论一致,但 1-MCP 使用浓度和贮藏条件等有差异。

3 结论

与 $(10\pm 1)^\circ\text{C}$ 贮藏相比, $(10\pm 1)^\circ\text{C}$ 贮藏结合体积分数为 $3.24\ \mu\text{L/L}$ 的 1-MCP 熏蒸处理早生新水梨果实可有效抑制果实的乙烯释放速率和呼吸强度,推迟其高峰的出现,但对呼吸强度和乙烯释放速率的抑制效果仍显著低于 $(1\pm 1)^\circ\text{C}$ 贮藏;可保持较高的可溶性固形物含量、减少果实水分的流失、延缓果实腐烂和褐变、维持果皮绿色(a^* 绝对值高、 h° 高)。整个贮藏期间, $(10\pm 1)^\circ\text{C}$ 贮藏结合 1-MCP 处理的果实带皮硬度、果肉组织硬度、果实脆性和果肉紧实度显著高于 $(10\pm 1)^\circ\text{C}$ 贮藏;但 $(1\pm 1)^\circ\text{C}$ 贮藏对果实质地的保持效果仍高于 $(10\pm 1)^\circ\text{C}$ 贮藏结合 1-MCP 处理。除呼吸强度、乙烯释放速率和褐心指数外,其他各项指标间均存在不同程度的相关性。综上, $(10\pm$

$1)^\circ\text{C}$ 贮藏结合浓度为 $3.24\ \mu\text{L/L}$ 的 1-MCP 处理即可一定程度上延缓果实衰老,安全贮藏期达 103 d,可溶性固形物稳定在 12% 左右,较好地保持了果实固有风味和色泽,可作为代替单一低温贮藏的保鲜技术之一。

参考文献

[1] 骆军, 许苏梅, 练雪兴, 等. 早熟、优质砂梨新品种‘早生新水’[J]. 园艺学报, 2006(1): 212-222.
LUO J, XU S M, LIAN X X, et al. An early maturity and high-quality new variety of asian pear 'Zaoshengxinshui' [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2006(1): 212-222.
[2] 周慧娟, 叶正文, 骆军, 等. 气调处理对‘早生新水’梨贮藏品质的影响[J]. 中国农学通报, 2018, 34(28): 143-152.
ZHOU H J, YE Z W, LUO J, et al. Effect of controlled-atmosphere on storage quality of 'Zaoshengxinshui' pear[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2018, 34(28): 143-152.
[3] JIANG L, ZHANG L, SHI Y, et al. Proteomic analysis of peach fruit during ripening upon post-harvest heat combined with 1-MCP treatment[J]. Journal of Proteomic, 2014, 98: 31-43.
[4] HUAN C, AN X J, YU M L, et al. Effect of combined heat and 1-

- MCP treatment on the quality and antioxidant level of peach fruit during storage[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2018, 145: 193-202.
- [5] 彭贞贞, 叶旗慧, 徐晓艳, 等. 1-甲基环丙烯处理对红富士苹果贮藏品质的影响[J]. *浙江大学学报(农业与生命科学版)*, 2020, 46(1): 83-92.
- PENG Z Z, YE Q H, XU X Y, et al. Effects of 1-methylcyclopropene treatment on storage quality of red Fuji apple[J]. *Journal of Zhejiang University (Agric and Life Sci)*, 2020, 46(1): 83-92.
- [6] 贾晓辉, 佟伟, 王文辉, 等. 1-MCP、MAP 对苹果冷藏期间品质及保鲜效果的影响[J]. *食品科学*, 2011, 32(8): 305-308.
- JIA X H, TONG W, WANG W H, et al. Effects of 1-MCP and modified atmosphere packaging (MAP) treatment on fresh-keeping and quality of 'Huahong' apples during cold storage[J]. *Food Science*, 2011, 32(8): 305-308.
- [7] 李敏, 高兆银, 邹冬梅, 等. 1-甲基环丙烯对高温下“南天黄”香蕉品质的影响[J]. *中国南方果树*, 2019, 48(6): 34-39, 42.
- LI M, GAO Z Y, ZOU D M, et al. Effect of 1-methylcyclopropene on quality of 'Nantianhuang' banana under high temperature[J]. *Fruit Trees in South China*, 2019, 48(6): 34-39, 42.
- [8] PONGPRASERT N, SRILAONG V. A novel technique using 1-MCP microbubbles for delaying postharvest ripening of banana fruit[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2014, 95: 42-45.
- [9] 张淑萍, 张小康, 袁雪, 等. 1-甲基环丙烯对早中熟鲜食枣的保鲜及采后生理效应[J]. *食品科学*, 2018, 39(13): 272-279.
- ZHANG S P, ZHANG X K, YUAN X, et al. Effect of 1-methylcyclopropene on preservation and postharvest physiology of early-middle maturing table jujube[J]. *Food Science*, 2018, 39(13): 272-279.
- [10] 罗岩, 李蓓. 1-MCP 结合低温贮藏对杏果实采后软化及相关酶活的影响[J]. *保鲜与加工*, 2018, 18(3): 43-48.
- LUO Y, LI B. Effects of 1-MCP combined with low temperature storage on postharvest softening and related enzyme activity of apricot fruits[J]. *Storage and Process*, 2018, 18(3): 43-48.
- [11] 王志华, 陈颖, 王文辉, 等. 不同产地和 1-MCP、MAP 处理对安梨贮藏品质的影响[J]. *包装工程*, 2019, 40(19): 41-49.
- WANG Z H, CHEN Y, WANG W H, et al. Effects of different producing areas and 1-MCP and MAP on storage quality of 'Anli' pear[J]. *Packaging Engineering*, 2019, 40(19): 41-49.
- [12] LI L, KASHASH Y, GOLDENBERG L, et al. Effects of 1-methylcyclopropene on postharvest storage performance and the transcriptome of cactus pear fruit[J]. *International Journal of Food Science and Technology*, 2017, 52(8): 1 801-1 809.
- [13] 杜林笑, 赵晓敏, 李斌斌, 等. 1-MCP 处理对库尔勒香梨货架期香气成分及品质的影响[J]. *食品工业科技*, 2018, 39(18): 230-237.
- DU L X, ZHAO X M, LI B B, et al. Effects of 1-MCP treatment on aroma components and quality of Korla fragrant pear fruits during shelf life[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2018, 39(18): 230-237.
- [14] XU F X, ZHANG K X, LIU S Y. Evaluation of 1-methylcyclopropene (1-MCP) and low temperature conditioning (LTC) to control brown of Huangguan pears[J]. *Scientia Horticulturae*, 2020, 259: 108738.
- [15] 王阳, 佟伟, 贾晓辉, 等. 1-MCP 对不同后熟程度‘南果梨’贮藏品质和果皮褐变的影响[J]. *中国果树*, 2020(3): 52-57.
- WANG Y, TONG W, JIA X H, et al. Effects of 1-MCP on storage quality and peel browning of 'Nanguo pear' with different post-ripening degree[J]. *China Fruits*, 2020(3): 52-57.
- [16] 陈柏, 颜敏华, 王学喜, 等. 1-MCP 处理对常温贮藏黄冠梨褐心病和果实品质的影响[J]. *食品工业科技*, 2016, 37(24): 342-345, 359.
- CHEN B, JIE M H, WANG X X, et al. Effects of 1-MCP treatment on browning heart and quality of Huangguan pears during storage at room temperature[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2016, 37(24): 342-345, 359.
- [17] 程玉豆, 张亚光, 关军锋, 等. 1-MCP 和延迟冷藏对‘早红考密斯’梨货架期间品质和软化相关基因表达的影响[J]. *中国农业科学*, 2020, 53(22): 4 658-4 666.
- CHEN Y D, ZHANG Y G, GUAN J F, et al. Effects of 1-MCP and delayed cold-storage on quality and expression of softening related genes in 'Doyenne du comice' pear during shelf life[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2020, 53(22): 4 658-4 666.
- [18] 王志华, 姜云斌, 王文辉, 等. 1-MCP 对常温贮藏‘红香酥’梨保鲜效果的影响[J]. *中国果树*, 2016(1): 15-18.
- WANG Z H, JIANG Y B, WANG W H, et al. Effect of 1-MCP on fresh-keeping of 'Hongxiangsu' pear stored at room temperature[J]. *China Fruits*, 2016(1): 15-18.
- [19] 关军锋, 牛京京, 王燕霞, 等. 1-MCP 对‘雪花’梨冷藏后货架期间品质和生理的影响[J]. *现代食品科技*, 2016, 32(3): 197-203.
- GUAN J F, NIU J J, WANG Y X, et al. Effects of 1-methylcyclopropene on the quality and physiology of 'Xuehua' pear after cold storage[J]. *Modern Food Science and Technology*, 2016, 32(3): 197-203.
- [20] ESCRIBANO S, LOPEZ A, SIVERTSEN H, et al. Impact of 1-methylcyclopropene treatment on the sensory quality of 'Bartlett' pear fruit[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2016, 111: 305-313.
- [21] CHENG Y D, LIU L Q, FENG Y X, et al. Effects of 1-MCP on fruit quality and core browning in 'Yali' pear during cold storage[J]. *Scientia Horticulturae*, 2019, 243: 350-356.
- [22] ZHOU H J, ZHANG X N, SU M S, et al. Effects of ultraviolet-c pretreatment on sugar metabolism in yellow peaches during shelf life[J]. *Hort Science*, 2020, 55(4): 416-423.
- [23] KHAN A S, SINGH Z. 1-Methylcyclopropene application and modified atmosphere packaging affect ethylene biosynthesis fruit softening and quality of 'Tegan Blue' Japanese plum during cold storage[J]. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 2008, 133(2): 290-299.

(下转第 209 页)