

1-MCP、MAP 对苹果冷藏期间品质及保鲜效果的影响

贾晓辉, 佟 伟, 王文辉*, 夏玉静, 张志云, 姜云斌
(中国农业科学院果树研究所, 辽宁 兴城 125100)

摘 要: 以华红苹果为材料, 研究 1-MCP 和小包装自发气调包装(MAP)对苹果冷藏(0℃)期间品质的影响。结果表明: 1-MCP 和 MAP 均可有效控制华红苹果果实货架期返糖现象的发生, 抑制果实货架期间呼吸强度和乙烯释放量的增加, 减缓果实硬度、可溶性固形物含量和可滴定酸含量的下降, 抑制果皮亮度和细胞膜透性的增加。其中, 0.02mm PE 袋包装和 0.04mm PVC 袋包装均未使华红苹果产生 CO₂ 伤害, 为较耐 CO₂ 品种。果皮亮度和细胞膜透性可作为华红苹果衰老与否的衡量指标, 可溶性固形物和可滴定酸含量可作为华红苹果品质维持好坏的衡量指标。包装方式延长贮藏时间的顺序为: 1-MCP > 0.04mm PVC 袋 > 0.02mm PE 袋 > 对照; 包装方式维持果实品质能力的顺序为: 0.04mm PVC 袋 > 1-MCP > 0.02mm PE 袋 > 对照。

关键词: 苹果; 1-甲基环丙烯; 自发气调包装; 品质; 保鲜效果

Effects of 1-MCP and Modified Atmosphere Packaging (MAP) Treatment on Fresh-keeping and Quality of 'Huahong' Apples during Cold Storage

JIA Xiao-hui, TONG Wei, WANG Wen-hui*, XIA Yu-jing, ZHANG Zhi-yun, JIANG Yun-bin
(Research Institute of Pomology, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Xingcheng 125100, China)

Abstract: The effects of 1-MCP and modified atmosphere packaging (MAP) on the fresh-keeping and quality of 'Huahong' apples were investigated during cold storage (0 °C) in this study. The results indicated that, compared with control group, 1-MCP or MAP treatment significantly inhibited ethylene production and respiration rate, delayed the decrease of fruit firmness, soluble solid content and titratable acid, and inhibited the increase of L value and cell membrane permeability. No CO₂ injury was found in 'Huahong' apple packaged in 0.02 mm PE and 0.04 mm PVC bags, which suggests that 'Huahong' apple is resistant to carbon dioxide injury. The storage life of 'Huahong' apple was prolonged by different treatments in the following order: 1-MCP > 0.04 mm PVC bags > 0.02 mm PE bags > control. However, the quality of 'Huahong' apple was maintained in the following order: 0.04 mm PVC bags > 1-MCP > 0.02 mm PE bags > control.

Key words: 'Huahong' apple; 1-methylcyclopropene (1-MCP); modified atmosphere packaging (MAP); quality; fresh-keeping effect

中图分类号: TS255.3; S661.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2011)08-0305-04

华红苹果为中国农业科学院果树研究所选育, 以金冠为母本, 穗为父本杂交而成^[1]。果实长圆形, 个大, 风味酸甜浓郁, 有香气, 品质上等。然而, 该品种贮藏性较差, 易返糖, 货架期短。对于苹果贮藏保鲜, 目前国内外主要集中在 1-MCP、MAP 和气调贮藏研究方面, 其中气调贮藏的热点主要集中在低氧气调贮藏(low oxygen, LO)^[2]、超低氧气调贮藏(ultra low oxygen, ULO)^[3-4]和变动气调贮藏(dynamic controlled atmosphere,

DCA)^[5-6], 然而气调贮藏成本高, 就我国当前产业现状看, 推广起来尚有许多困难。

1-MCP 和 MAP 贮藏技术成本大大低于气调贮藏成本, 目前关于该两项技术的研究也较多。然而, 品种不同其贮藏效果也有所不同。1-MCP 可增加部分苹果品种生理病害的发生, 如乔纳金苹果的苦痘病^[7]、金冠苹果的虎皮病^[8]等; 厚度不适宜的小包装材料使不耐二氧化碳的苹果品种产生二氧化碳伤害, 如富士^[9-10]等。本

收稿日期: 2010-07-14

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(200903044-6)

作者简介: 贾晓辉(1978—), 女, 助理研究员, 硕士, 主要从事果品采后生理、病理研究。E-mail: xiaohui-jia2008@163.com

* 通信作者: 王文辉(1969—), 男, 研究员, 硕士, 主要从事果品采后生理、贮藏保鲜研究。E-mail: wenhuiw@263.net

实验采用 1.0 μ L/L 1-MCP、0.02mm PE 袋和 0.04mm PVC 袋扎口贮藏的方法, 探讨不同处理对抑制华红苹果生理代谢、延缓衰老的保鲜效果, 从而为华红苹果商业化贮藏提供简便、易行的保鲜关键技术。

1 材料与方法

1.1 材料及处理

本实验于 2008 年进行。供试品种华红苹果为正常成熟时(10 月 1 日)采收, 当日运回实验室, 选择果形端正、大小均匀、果皮颜色一致、无病虫害及机械伤的果实为试验材料。采收时果实硬度和可溶性固形物含量分别为 7.14kg/cm² 和 13.64%。

设 1 个对照和 3 个处理。对照: 采用 0.04mm PVC 袋挽口包装; 处理 1: 0.02mm PE 袋扎口, 每袋 10kg, 重复 6 次。处理 2: 0.04mm PVC 袋扎口, 每袋 10kg, 重复 6 次。处理 3: 1.0 μ L/L 1-MCP 密封熏蒸处理 12h。果实于(0 \pm 0.5) $^{\circ}$ C、相对湿度 85%~90% 条件下贮藏 60、120d 后取出, 在 20 $^{\circ}$ C 平衡 24h 后测定各生理生化指标, 每次测定 15 个果, 剩余果实货架期 10d 时进行测定, 货架期条件: 温度 20 $^{\circ}$ C, 相对湿度 90%~95%。另取 20 个果进行乙烯释放量和呼吸强度的测定。

1.2 仪器与设备

SP-9890 气相色谱仪 山东鲁南瑞红仪器公司; PR-101 α 折光仪 日本 ATAGO 公司; CR-400 色差仪 日本美能达公司; 808 智能电位滴定仪 瑞士万通公司; COMBO 280 气体分析仪 意大利水果气调贮藏设备公司。

1.3 理化指标测定

乙烯释放量和呼吸强度用气相色谱仪测定, 呼吸强度以 mg CO₂/(kg \cdot h) 表示, 乙烯释放量以 μ L/(kg \cdot h) 表示; 果实硬度用数据可输式硬度计测定; 可溶性固形物含量用折光仪测定; 可滴定酸含量用电位滴定仪测定; 小包装气体成分用气体分析仪测定; 果皮底色用色差仪测定, 所用光源为 D65 光源, 其中在 Lab 色空间中, L 值表示亮度, L 值越大, 果皮颜色越亮; 细胞膜相对透性用 DDS-307 型电导率仪测定, 以相对电导率表示, 用 10mm 打孔器分别取 15 片果皮圆片, 放入烧杯中, 然后加 50mL 水测定 C₀, 后置于摇床上振摇 30min, 测定 C₁, 后置于沸水中煮 30min, 冷却后定容至 50mL, 测定 C₂。

$$\text{相对电导率}/\% = \frac{C_1 - C_0}{C_2 - C_0} \times 100$$

1.4 色谱条件

氢离子火焰(flame ionization detector, FID)检测器, 温度 140 $^{\circ}$ C; 转化炉温度 350 $^{\circ}$ C; 不锈钢填充柱, 柱温 120 $^{\circ}$ C; 载气高纯 N₂, 流速 55~58mL/min, 燃气高纯 H₂ 0.05MPa, 空气泵 0.1MPa, 进样量 1mL。

1.5 数据分析

采用 SPSS 13.0 数据分析软件进行方差分析, 差异显著性分析采用 Duncan 新复极差法进行比较。

2 结果与分析

2.1 不同处理对果实乙烯释放量和呼吸强度的影响

呼吸强度和乙烯释放量是评价果蔬贮藏期长短的重要指标, 其值越高, 贮藏期越短。由图 1 可以看出, 各处理均在不同程度上抑制了果实乙烯释放量和呼吸强度, 其抑制能力依次为 1-MCP>0.04mm PVC 袋>0.02mm PE 袋>对照。采用 PE 袋和 PVC 袋扎口贮藏的华红苹果货架期呼吸强度在货架 2d 时均较高, 分析原因, 可能是果实在解口后, 突然与外界环境接触, 从而自身生理产生了强烈变化。

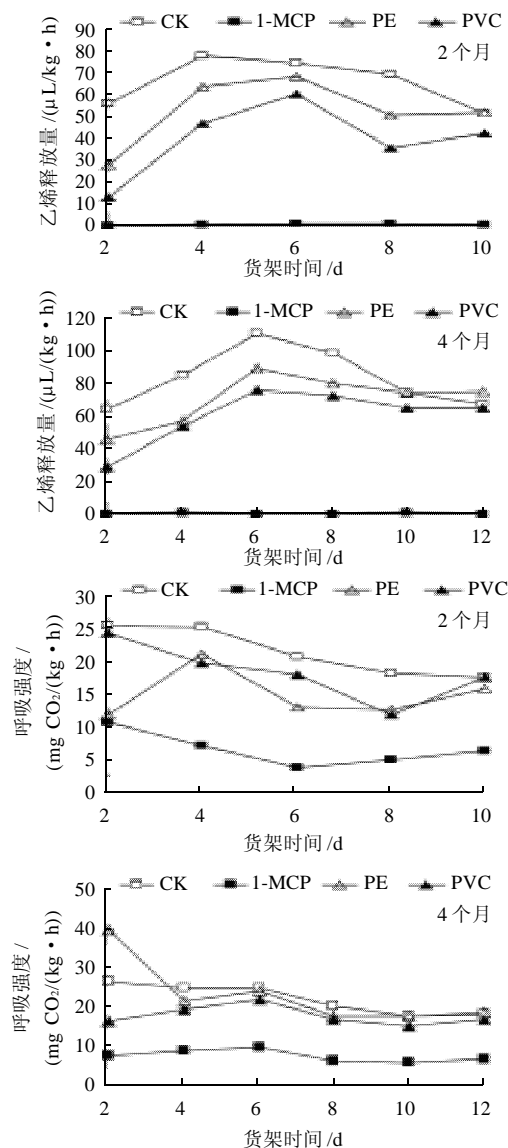
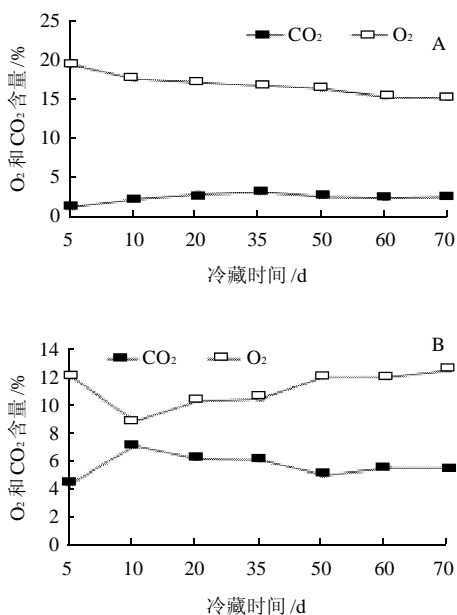


图1 不同处理对果实乙烯释放量和呼吸强度的影响
Fig.1 Effects of different treatments on ethylene production and respiration rate of 'Huahong' apple during cold storage



A. 0.02mm PE 袋包装; B. 0.04mm PVC 袋包装。

图2 MAP对袋内O₂和CO₂气体成分变化的影响Fig.2 Changes in O₂ and CO₂ concentrations of modified atmosphere packaging (A: 0.02 mm PE, B: 0.04 mm PVC)

由图2可看出, 0.02mm PE袋包装, 果实O₂和CO₂体积分数分别为(15.0 ± 0.5)%和(3.0 ± 0.5)%时达到平衡; 0.04mm PVC袋包装, 果实O₂和CO₂体积分数分别为(12.0 ± 0.5)%和(5.0 ± 0.5)%时达到平衡。在此二氧化碳体积分数条件下, 华红苹果未产生二氧化碳伤害。进一步看出, 华红苹果为较耐二氧化碳品种, 0.04mm PVC袋更有利于袋内CO₂的积累。

2.2 不同处理对品质的影响

由表1可以看出, 在华红苹果的整个贮期, 果实硬度、可溶性固形物含量和可滴定酸含量均逐渐下降, 且以对照下降速率最快。3种处理不同程度地抑制了果实硬度、可溶性固形物含量和可滴定酸含量的下降, 延缓了华红果实的衰老。1-MCP对果实硬度下降的抑制效果更好, 尤其在货架期。0.04mm PVC袋包装能更有效抑制果实酸度和可溶性固形物含量(soluble solid content, SSC)的下降。因此, 1-MCP处理对果实长期贮藏效果

更好, 0.04mm PVC袋包装对果实品质的维持效果更好。

2.3 不同处理对果皮亮度和细胞膜透性的影响

华红苹果在货架期间易返糖, 通过肉眼观察和色差计测定数据结果表明(表2), L值(即果皮亮度)越高, 果皮返糖越严重。由表2可以看出, 1-MCP和MAP在一定程度上有效抑制了果皮返糖进程, 其效果在货架期更明显。总体上看, 各处理对果实返糖的抑制效果为: 1-MCP > 0.04mm PVC袋 > 0.02mm PE袋 > 对照。

表2 不同处理对果皮亮度(L值)的影响

Table 2 Effects of different treatments on L value in pericarp

不同处理	2个月	2个月+10d货架	4个月	4个月+10d货架
CK	71.76 ± 4.05 ^a	71.81 ± 5.35 ^a	71.04 ± 4.15 ^a	73.84 ± 3.60 ^a
PE	71.41 ± 4.22 ^a	66.69 ± 5.58 ^b	70.61 ± 4.67 ^a	72.19 ± 3.16 ^a
PVC	68.95 ± 6.11 ^a	68.19 ± 5.70 ^{ab}	70.32 ± 2.21 ^a	68.56 ± 5.12 ^b
1-MCP	69.65 ± 5.42 ^a	66.03 ± 4.64 ^b	68.56 ± 6.78 ^a	68.60 ± 5.30 ^b

表3 不同处理对果皮细胞膜透性的影响

Table 3 Effects of different treatments on cell membrane permeability in pericarp

不同处理	2个月	2个月+10d货架	4个月	4个月+10d货架
CK	21.45 ± 4.42 ^a	28.75 ± 0.37 ^a	29.35 ± 6.94 ^a	35.40 ± 2.02 ^a
PE	20.34 ± 2.50 ^{ab}	18.67 ± 1.37 ^b	23.33 ± 0.39 ^b	32.82 ± 2.47 ^{ab}
PVC	16.36 ± 0.35 ^b	18.64 ± 0.20 ^b	21.79 ± 1.98 ^{bc}	20.35 ± 2.02 ^b
1-MCP	10.85 ± 1.95 ^c	15.45 ± 0.69 ^c	14.52 ± 3.59 ^c	21.41 ± 4.12 ^b

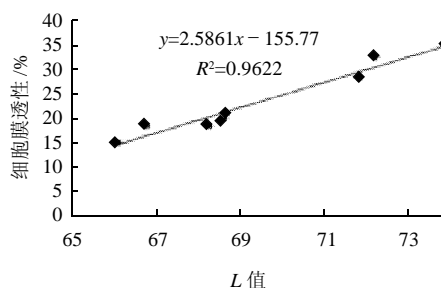


图3 果皮亮度与细胞膜透性相关性分析

Fig.3 Correlation analysis of between L value and cell membrane permeability in pericarp

果实细胞膜透性是反映果实衰老的重要指标之一。由表3可以看出, 各处理均显著抑制了果皮细胞膜透性

表1 不同处理对果实品质的影响

Table 1 Effects of different treatments on fruit quality changes

不同处理	2个月			2个月+10d货架			4个月			4个月+10d货架		
	硬度/(kg/cm ²)	SSC/%	可滴定酸含量/%	硬度/(kg/cm ²)	SSC/%	可滴定酸含量/%	硬度/(kg/cm ²)	SSC/%	可滴定酸含量/%	硬度/(kg/cm ²)	SSC/%	可滴定酸含量/%
CK	5.42 ± 0.59 ^a	13.21 ± 1.18 ^a	0.374 ± 0.015 ^b	4.56 ± 0.39 ^c	13.11 ± 0.83 ^b	0.368 ± 0.007 ^b	4.43 ± 0.41 ^b	12.74 ± 0.52 ^c	0.320 ± 0.005 ^c	4.16 ± 0.30 ^c	12.68 ± 0.81 ^b	0.325 ± 0.007 ^c
PE	5.94 ± 0.47 ^a	13.10 ± 0.59 ^{ab}	0.398 ± 0.002 ^{ab}	4.48 ± 0.50 ^c	12.91 ± 0.54 ^b	0.379 ± 0.020 ^b	4.47 ± 0.40 ^b	13.58 ± 0.86 ^b	0.407 ± 0.044 ^{ab}	4.48 ± 0.42 ^b	12.79 ± 0.86 ^b	0.375 ± 0.009 ^a
PVC	6.13 ± 0.32 ^a	13.02 ± 0.69 ^b	0.487 ± 0.098 ^a	5.23 ± 0.90 ^b	13.77 ± 1.34 ^a	0.382 ± 0.010 ^b	4.63 ± 0.94 ^b	14.21 ± 1.23 ^a	0.448 ± 0.001 ^a	4.54 ± 0.31 ^b	13.53 ± 1.13 ^a	0.376 ± 0.005 ^{ab}
1-MCP	6.05 ± 0.35 ^a	13.11 ± 0.54 ^{ab}	0.481 ± 0.033 ^a	5.84 ± 0.71 ^a	13.11 ± 0.93 ^b	0.410 ± 0.011 ^a	5.34 ± 0.38 ^a	13.16 ± 0.52 ^{bc}	0.387 ± 0.002 ^b	4.93 ± 0.42 ^a	13.55 ± 0.84 ^a	0.357 ± 0.008 ^b

注: 同一列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。下同。

的升高。对果皮亮度与细胞膜透性进行相关性分析结果(图3)表明,果皮亮度越高,细胞膜透性越高,两者呈极显著正相关($y=2.5861x-155.77$, $R=0.9809$)。

3 结论与讨论

果实呼吸速率的降低对延长货架寿命起着决定性的作用,降低温度和含氧量最容易达到这一目的^[11]。结果表明,1-MCP和MAP均可有效抑制冷藏期间果实呼吸强度和乙烯释放量。同时,1-MCP未加重华红果实生理病害的发生,MAP也未使果实产生二氧化碳伤害。关于MAP,其技术的关键在于选择适当的薄膜材料,以获得包装袋内最适宜的气调环境^[12-13],同时MAP可有效保持果实贮藏环境的湿度,进而减少水分蒸发,维持果实品质^[14]。因此,对于较耐二氧化碳苹果品种而言,MAP是一种经济实用的保鲜技术。

果实返糖是细胞膜透性发生变化,从而引起衰老的一个外在反映。结果表明,果皮亮度与细胞膜透性呈显著正相关,1-MCP和MAP均可显著抑制果实细胞膜透性增加和果实返糖。货架期间,采用小包装处理的果实硬度下降较快,1-MCP处理无论在冷藏期还是在货架期均使果实保持较高的硬度和可溶性固形物含量。

总体上看,从贮藏时间角度,其效果:1-MCP > 0.04mm PVC袋 > 0.02mm PE袋 > 对照。从品质维持角度,其效果:0.04mm PVC袋 > 1-MCP > 0.02mm PE袋 > 对照。因此,1-MCP和MAP对华红苹果均起到了较好的保鲜效果,采用1-MCP结合MAP对于华红苹果贮藏保鲜效果的影响需进行后续研究。

参考文献:

[1] 束怀瑞. 苹果学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.

- [2] ESCALONA V H, VERLINDEN B E, GEYSEN S, et al. Changes in respiration of fresh-cut butter head lettuce under controlled atmospheres using low and superatmospheric oxygen conditions with different carbon dioxide levels[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2006, 39 (1): 48-55.
- [3] ZANELLA A. Control of apple superficial scald and ripening-a comparison between 1-methylcyclopropene and diphenylamine postharvest treatments, initial low oxygen stress and ultra low oxygen storage[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2003, 27(1): 69-78.
- [4] AWAD M A, de JAGER A. Flavonoid and chlorogenic acid concentrations in skin of 'Jonagold' and 'Elstar' apples during and after regular and ultra low oxygen storage[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2000, 20(1): 15-24.
- [5] GASSER F, EPPLER T, NAUNHEIM W, et al. Control of the critical oxygen level during dynamic CA storage of apples by monitoring respiration as well as chlorophyll fluorescence[J]. *Acta Horticulturae*, 2008, 796: 69-76.
- [6] ZANELLA A, CAZZANELLI P, ROSSI O. Dynamic controlled atmosphere (DCA) storage by the means of chlorophyll fluorescence response for firmness retention in apple[J]. *Acta Horticulturae*, 2008, 796: 77-82.
- [7] 孙希生, 王文辉, 王志华, 等. '乔纳金'苹果采后1-MCP处理对常温贮藏效果的影响[J]. *园艺学报*, 2003, 30(1): 90-92.
- [8] RAZAFIMBELO F, NOCK J, WATKINS C. Managing external carbon dioxide injury with and without smart fresh™[J]. *New York Fruit Quality*, 2006, 14(3): 5-8.
- [9] 石建新, 赵猛, 赵迎丽, 等. 气调贮藏对富士苹果采后生理及果肉褐变的影响[J]. *果树科学*, 1999, 16(1): 14-17.
- [10] 寇莉萍, 刘兴华, 丁武, 等. 富士苹果贮藏期间果肉褐变的生化特性研究[J]. *西北农林科技大学学报*, 2002, 30(增刊1): 61-64.
- [11] 傅志红. 新鲜果蔬包装[J]. *中国包装工业*, 1997(5): 23-25.
- [12] 高慧, 饶景萍. 自发气调贮藏对油桃采后生理及相关酶活性变化的影响[J]. *园艺学报*, 2005, 32(1): 91-93.
- [13] 关文强, 陈丽, 李喜宏, 等. 红富士苹果自发气调保鲜技术研究[J]. *农业工程学报*, 2004, 20(5): 218-221.
- [14] van den BERG L. High humidity storage of vegetables and fruits[J]. *Hortscience*, 1978, 13: 565-569.