

冷藏富士苹果货架期 CO₂ 敏感性研究

张培培, 李喜宏, 李伟丽, 霍雨霞

(天津科技大学 食品工程与生物技术学院, 天津 300457)

摘要:以 PE 膜包装冷藏 2 个月的富士苹果为试材, 研究 4.4、20℃条件下 2%、10% CO₂ 处理对果实生理及品质的影响。结果表明: 相同浓度 CO₂ 处理, 随着货架温度的升高, 富士苹果对 CO₂ 伤害越不敏感; 果实在 4.4℃条件下比 20℃下更易出现衰老症状, 品质下降。20℃条件下结合 10% CO₂ 处理对果实在抵抗逆境胁迫方面具有一定的调节作用, 延缓了果实的快速衰老, 果肉硬度大, Vc 含量高, MDA 积累少。经解剖分析、品尝对比后认为, 货架期无明显 CO₂ 伤害。

关键词: 富士苹果; 冷藏; CO₂ 敏感性

中图分类号: S 661.109⁺.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)02-0209-04

富士苹果在气调贮藏中对 CO₂ 的忍受值低, 且忍受时间短。贮藏环境 CO₂ 浓度一旦超过 4%, 贮藏 2~3 个月, 果实即会产生 CO₂ 伤害^[1]。有研究表明, 果实对 CO₂ 伤害的敏感性随着成熟度的提前而增大, 随着长期贮藏的进行而降低^[2]。低温下果实对 CO₂ 敏感, 高 CO₂ 易引起伤害症状^[3]。该试验对贮藏前期的富士苹果进行了高 CO₂ 处理, 结果表明, 贮藏前期的富士苹果对 CO₂ 较敏感, 遭受高 CO₂ 胁迫后短期内即可发生 CO₂ 伤害, 且温度越高, 出现伤害症状的时间越早。该试验拟对冷藏一定时间的富士苹果再进行高 CO₂ 气调处理, 对冷藏富士苹果在货架期间 CO₂ 的敏感性进行初步的研究。

1 材料与方法

1.1 试材与处理

富士苹果(优良晚熟品种长富 2 号)于 2008 年 10 月底购于天津果品市场, 成熟度一致、无机械损伤、无自然病害侵染。分组编号后均采用 0.03 mm 厚聚乙烯袋包装, 每袋果重 15 kg, 于 (0±0.5)℃冷库贮藏 60 d。取样分别于不同 CO₂ 浓度(2%和 10%)、不同温度下进行货架期实验。富士苹果分装于容量 20 L 的广口瓶内, 每瓶装果约 7.5 kg, 橡皮塞封口, 通过配气系统将钢瓶 CO₂ 及压缩空气按不同比例通入广口瓶内, 流量 100 mL/min。货架温度设 2 种: (4.4±0.5)℃、(20±0.25)℃, 货架期 14 d。分别在处理 0、2、4、7、10、14 d 取样测定品质和各项生理

指标, 3 次重复, 以通空气为对照。

1.2 检测指标及方法^[4]

果实硬度的测定: 采用 GY-1 型水果硬度计测定; 失重率的测定: 称重法; Vc 含量: 碘滴定法; 内源乙烯含量(IEC): 岛津 GC-14C 气相色谱仪测定; 丙二醛(MDA)含量的测定: 硫代巴比妥酸法。

2 结果与分析

2.1 货架期不同浓度 CO₂ 处理对冷藏富士苹果硬度和失重率的影响

2.1.1 货架期果肉硬度的处理效果 硬度作为衡量鲜销苹果品质的一个重要指标, 受到国内外鲜果市场的广泛重视。不同货架温度条件下, CO₂ 处理对 0℃贮藏 60 d 的富士苹果果肉硬度下降均有显著地抑制作用。如图 2, 10% CO₂ 处理在 20℃时贮藏 14 d, 果肉硬度高达 9.4 kg/cm², 4.4℃贮藏 14 d, 果肉硬度仅 7.8 kg/cm², 4.4℃空气(对照)为 8.7 kg/cm²。结果表明, 冷藏 60 d 的富士苹果对 20℃、2% CO₂ 和 4.4℃、10% CO₂ 较敏感, 果肉硬度下降幅度较大, 温度与 CO₂ 浓度的不同搭配导致果肉硬度的变化存在显著差异; 需要特别指出的是, 10% CO₂ 处理能有效地抑制 20℃高温对果实的催熟衰老作用, 延缓果肉硬度的下降, 这将对富士苹果贮后货架期 MAP(自发气调小包装)提供技术指导。

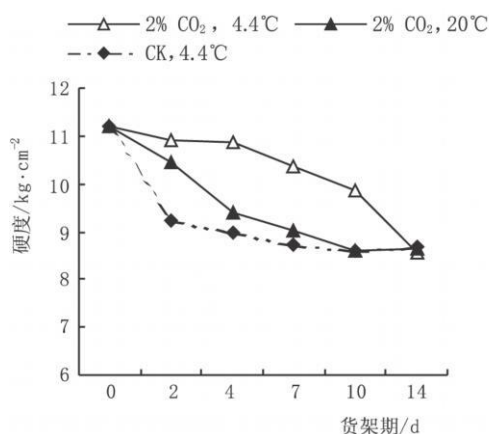
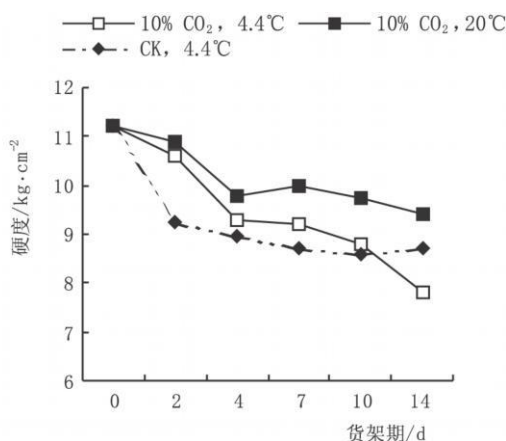
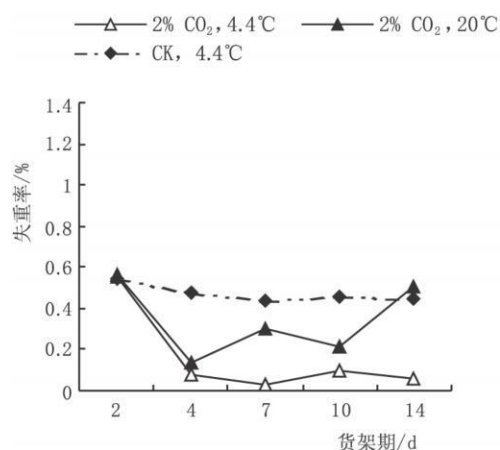
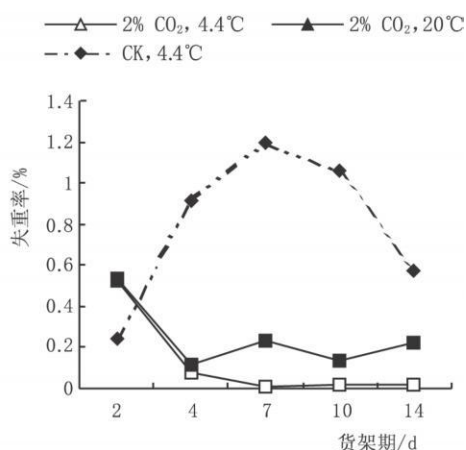
2.1.2 货架期果实失重率的变化 相对于对照组的空气处理, 0℃贮藏 60 d 的富士苹果在 4.4、20℃条件下经 CO₂ 处理均能较好的抑制果实水分的散失。20℃对照组失重率在 7 d 达到最大, 以后逐渐降低。4.4℃结合 2% CO₂ 和 10% CO₂ 处理均可较好的控制果实水分的散失; 20℃时, 10% CO₂ 处理组的失重率低于 2% CO₂ 处理组, 可见, 冷藏 60 d 的富士苹果在 20℃时对 2% CO₂ 较敏感。高 CO₂ 处理可显著抑制果实的呼吸, 且在一定条件下, 水分散失与温度呈正相关。运输或贮藏时, 温

第一作者简介: 张培培(1983—), 女, 硕士, 现从事农产品低温物流及保鲜研究工作。E-mail: zhangpeip@163.com。

通讯作者: 李喜宏(1960—), 男, 教授, 博士生导师, 研究方向为农产品低温物流与保鲜。

基金项目: 云南省“十五”重点攻关课题资助项目(2005YX26)。

收稿日期: 2009-08-24

图1 货架期 2% CO₂ 处理的果肉硬度变化图2 货架期 10% CO₂ 处理的果肉硬度变化图3 货架期 2% CO₂ 处理的果实失重率变化图4 货架期 10% CO₂ 处理的果实失重率变化

度是果实失水的主要影响因素。

2.2 货架期不同浓度 CO₂ 对冷藏富士苹果 V_c 的影响

冷藏 60 d 的富士苹果 V_c 含量为 87.36 mg/100g, 贮后货架期 V_c 均呈现显著的下降趋势, 14 d 时对照组降到 44.8 mg/100g, 损失达到 48.72%。贮藏于 20℃ 下的果实 V_c 含量得到了较好的保持, 10% CO₂ 处理组在 14 d 时 V_c 含量仍保持在 63.84 mg/100g。10% CO₂ 结合 20℃ 贮藏能较好的保持果实硬度, 延缓 V_c 降低, 对维持冷藏富士苹果的品质有一定的作用。

2.3 货架期不同浓度 CO₂ 对冷藏富士苹果 IEC 的影响

用注射器从果核空腔中抽出 1 mL 气体注入日本岛津 GC-14C 型气相色谱仪中测定乙烯浓度, 色谱柱为 SE-54 弹性石英毛细管柱 (30 m×0.25 mm×0.25 μm), 氢火焰检测器 (FID)。进样口温度为 100℃, 柱温为 70℃, 检测器温度为 150℃。以标准乙烯气体进行校正。以 N₂ 作为载气, H₂ 和空气作为 FID 的燃气, 其进气速率分别为 25 mL/min 和 400 mL/min。

14 d 货架期内, 2% 和 10% CO₂ 处理组的乙烯高

峰出现时间均晚于对照组, 2% CO₂ 处理在 20℃ 贮藏 10 d, IEC 出现一个高峰, 达到 283 μL·L⁻¹, 而 10% CO₂ 处理在 20℃、10 d 时 IEC 仅为 100.94 μL·L⁻¹, 表明 20℃ 贮藏温度下, 10% CO₂ 能够在一定程度上抑制乙烯的合成; 4.4℃、2% CO₂ 处理组在 7 d 出现一个乙烯峰值 101.45 μL·L⁻¹, 10% CO₂ 处理组则无明显乙烯高峰出现, 表明 4.4℃ 贮藏温度下, 10% CO₂ 对延缓乙烯高峰出现仍有一定作用。

2.4 货架期不同浓度 CO₂ 对冷藏富士苹果 MDA 的影响

植物器官衰老或在逆境下遭受伤害, 往往发生膜的过氧化作用。膜系统由于受到氧自由基的攻击而透性增加, 造成离子外渗, 同时膜脂过氧化生成代谢产物丙二醛。通常把丙二醛积累情况作为衡量细胞膜受损程度的重要指标^[5]。由图 9、10 可看出, 丙二醛开始时缓慢积累, 后呈逐渐上升趋势, 说明细胞膜受到了不可逆伤害。2% CO₂ 处理组的 MDA 含量一直低于对照, 10% CO₂ 处理组在 4.4℃ 时 MDA 含量高于对照, 20℃ 时则积累较少。结果表明, 2% CO₂ 处理及 20℃ 下 10% CO₂ 处

理可以在一定程度上抑制膜脂过氧化反应; 在 4.4℃ 下进行 10% CO₂ 处理可以增大细胞膜的伤害程度, 加速果实衰老。4.4℃ 低温条件下, 0℃ 贮藏 60 d 的富士苹果对 10% CO₂ 有一定的敏感性。适宜的 CO₂ 浓度可抑制

MDA 含量的上升, 一般情况下, 较高的温度会加速果实的衰老, 导致 MDA 含量的增加。10% CO₂ 处理能有效地抑制 20℃ 高温对果实的不利影响, 减少膜脂过氧化物的积累。

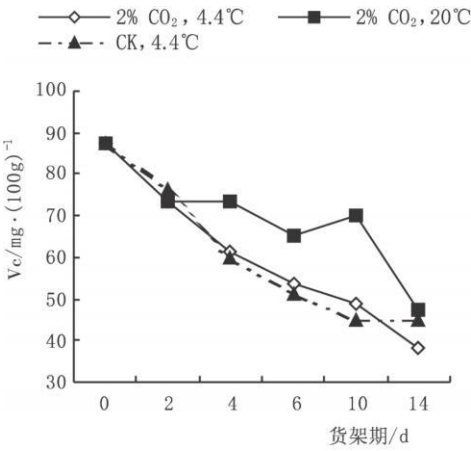


图 5 货架期 2% CO₂ 处理的果实 Vc 变化

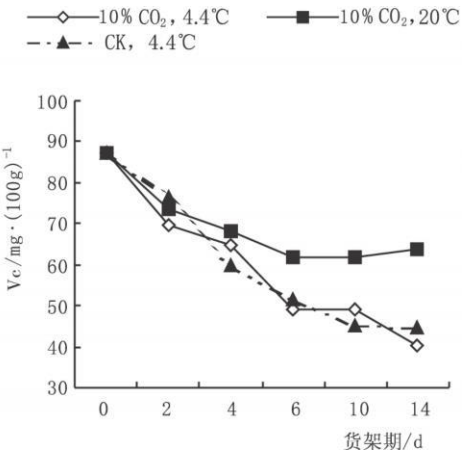


图 6 货架期 10% CO₂ 处理的果实 Vc 变化

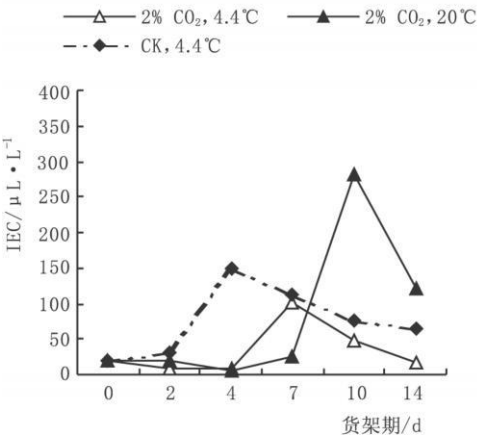


图 7 货架期 2% CO₂ 处理的果实 IEC 变化

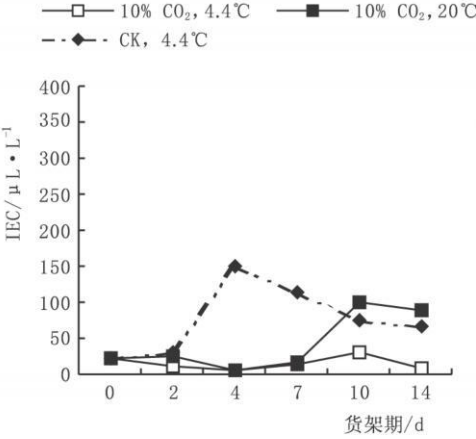


图 8 货架期 10% CO₂ 处理的果实 IEC 变化

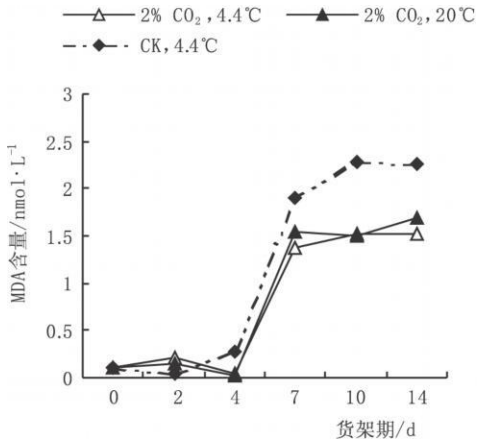


图 9 货架期 2% CO₂ 处理的 MDA 含量变化

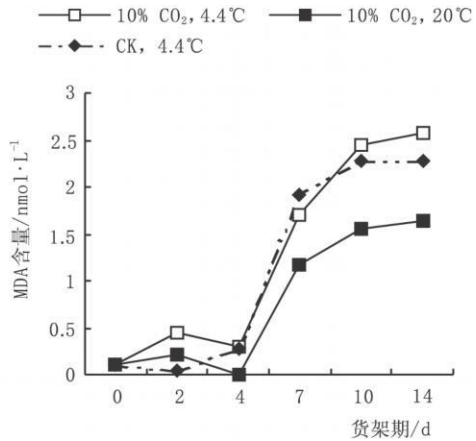


图 10 货架期 10% CO₂ 处理的 MDA 含量变化

3 讨论

苹果在不同的贮藏阶段应采用不同的技术指标。有研究证实在苹果采后较高温度下使用较高 CO₂ 浓度, 并随时间变动的贮藏方法其效果优于冷库, 与标准气调相近^[6]。

对冷藏 2 个月的富士苹果在 4.4、20℃ 下进行了 2%、10% CO₂ 处理的 14 d 货架期试验, 结果表明 相同浓度高 CO₂ 处理, 果实在 4.4℃ 条件下比 20℃ 下更易出现衰老症状, 品质下降, 说明冷藏富士苹果对 CO₂ 的耐受性随温度的升高而增强, 可能是低温时 CO₂ 在果肉细胞中溶解度增大, 高 CO₂ 浓度造成细胞损伤而引起了生理紊乱, 对富士苹果造成伤害。经解剖分析、品尝对比后认为, 果实未发生 CO₂ 直接伤害。CO₂ 浓度一定时, 降低 O₂ 浓度能加剧富士苹果的 CO₂ 伤害^[1], 且富士苹果对高 CO₂ 的敏感性大于对低 O₂ 的敏感性^[7]。该试验 O₂ 浓度控制在 16%±0.5%, 因此对 CO₂ 伤害的发生起到了一定的抑制作用。CO₂ 潜在伤害有待进一步试验验证。

苹果 CO₂ 伤害敏感性的变化是决定富士苹果贮藏最佳气调条件的重要因素。20℃+10% CO₂ 条件下, 各种生理反应进行得比较缓慢, 说明高温结合高 CO₂ 处理对果肉组织在抵抗逆境胁迫方面具有一定的调节作用, 能延缓果实的快速衰老。高 CO₂ 对果实的成熟与衰老

起抑制作用, 这与低温的效应同样, 因而高 CO₂ 可代替低温的作用, 为富士苹果贮后货架期 MAP (自发气调小包装) 提供技术支持。

不同品种的苹果对 CO₂ 的耐受性有很大的差异, 对 CO₂ 比较敏感的品种 (如富士苹果) 往往会因 CO₂ 伤害出现而使商品造成损失。因此, 高 CO₂ 处理也有它的局限性。在生产中大量应用时, 需对各品种苹果进行高 CO₂ 处理所需的最佳处理浓度和处理时间进行系统周密的试验研究, 才能充分发挥这种贮藏方法的作用。

参考文献

- [1] 石建新, 赵猛, 赵迎丽. 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.
- [2] Argenta L C, Fan X T, Mattheis J P. Responses of 'Fuji' apples to short and long duration exposure to elevated CO₂ concentration[J]. Postharvest Biology and Technology, 2002, 24: 13-24.
- [3] Wang C Y. Physiological and bio chemical effects of CA on fruits and vegetables[M]. Controlled Atmosphere for Food Products CRC press, 1987
- [4] 朱广廉. 植物生理学实验[M]. 北京: 北京大学出版社, 1990.
- [5] 王爱国, 邵从本, 罗光华. 丙二醛作为植物脂质过氧化指标的探讨[J]. 植物生理学通讯, 1986(2): 55-57.
- [6] 王春生, 安秀章, 李建华, 等. 苹果双变气调贮藏中气体指标参数的确定[J]. 山西农业科学, 1992(8): 12-15.
- [7] 王春生, 石建新, 赵猛, 等. 红富士苹果气调贮藏参数的研究[J]. 华北农学报, 2002, 17(4): 100-103.

Research on CO₂ Sensitivity of Cold—stored 'Fuji' Apples During Shelf—life

ZHANG Pei—pei, LI Xi—hong, LI Wei—li, HUO Yu—xia

(College of Food Engineering and Biotechnology, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457)

Abstract: The purpose of this work was to estimate the changes of physiology and quality of 'Fuji' apples kept at 4.4℃ and 20℃ in 2% and 10% CO₂ concentration during shelf—life. The test material was refrigerated in PE film for 2 months. The results showed that treated with the same CO₂ concentration, as the temperature increases, 'Fuji' apples were insensitive to CO₂ injury. The performances under 4.4℃ was worse than 20℃ treatment, which caused senescence and the quality decreased. 10% CO₂ permitted good quality retention at 20℃, regulated the ability to resisting force of adversity and delayed the quick senescence process. The fruit had higher firmness and vitamin C content, product of peroxidized membrane lipid (MDA) accumulated little. Through analysis and contrast, there was no significant CO₂ injury was detected.

Key words: fuji apple; cold storage; CO₂ sensitivity