

不同气体环境对金红苹果贮藏生理及品质的影响

肖子寒¹, 邢世瑶¹, 晁昕¹, 闫师杰^{1,2}, 梁丽雅^{1,2}

(1.天津农学院, 天津 300384; 2.天津市农副产品深加工技术工程中心, 天津 300384)

摘要: **目的** 研究在 0 °C 条件下, 不同气体环境对金红苹果贮藏生理及品质的影响。**方法** 以金红苹果为实验材料, 采用 3 个气调比例 (O₂ 的体积分数均为 2%~3%, CO₂ 的体积分数分别为 2%~3%, 5%~6%, 8%~9%) 分别处理金红苹果, 定期对其相关生理指标进行测定。**结果** 在贮藏期内, 与对照组相比, 气调贮藏有效推迟了果实呼吸高峰的出现, 显著抑制了乙烯释放速率和呼吸强度的增大; 增强了过氧化物酶 (POD) 活性, 降低了多酚氧化酶 (PPO) 活性; 果实硬度得到较好保持, 减缓了可滴定酸 (TA) 含量和可溶性固形物 (TSS) 含量的下降。其中, O₂ 体积分数为 2%~3% 和 CO₂ 体积分数为 2%~3% 的气体环境贮藏金红苹果的效果最好, 果实肉质坚硬, 酸甜适口, 色泽红青鲜艳, 具有较高的好果率, 货架期间感官评分较高。**结论** 低温贮藏金红苹果最适宜的气体环境为 O₂ 体积分数 2%~3%、CO₂ 体积分数 2%~3%。

关键词: 金红苹果; 贮藏; 气调; 生理; 品质

中图分类号: TB489; TB485.9; TS206 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2018)17-0090-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.17.015

Effects of Different Gas Environments on Storage Physiology and Quality of Golden-red Apple

XIAO Zi-han¹, XING Shi-yao¹, CHAO Xin¹, YAN Shi-jie^{1,2}, LIANG Li-ya^{1,2}

(1.Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384, China; 2.Tianjin Engineering and Technology Research Centre of Agricultural Products Processing, Tianjin 300384, China)

Abstract: The work aims to study the effects of different gas environments on the storage physiology and quality of golden-red apples at 0 °C. With golden-red apples as the experimental materials, the golden-red apples were respectively treated by means of 3 modified atmosphere ratios (volume fractions of O₂: 2%~3%; volume fractions of CO₂: 2%~3%, 5%~6% and 8%~9%) and their relevant physiological indicators were regularly measured. In the storage period, compared with the control group, the modified atmosphere storage effectively delayed the respiratory peak of fruit and inhibited the ethylene production rate and respiratory intensity; strengthened the activity of peroxidase (POD), and reduced the activity of polyphenol oxidase (PPO). The firmness of apples was well maintained, and the decline of TA and TSS contents slowed down. In the gas environment where the volume fractions of O₂ and CO₂ were 2%~3%, the storage effect was the best, the fruit pulp was hard with sweet and sour taste and bright red and cyan colors, the marketable fruit rate was quite high and the sensory score during the shelf life was high. The optimal gas environment for the low-temperature storage of golden-red apples is the one where the volume fractions of O₂ and CO₂ are 2%~3%.

Keywords: golden-red apple; storage; modified atmosphere; physiology; quality

金红苹果, 别名吉红、公主岭 123, 主要在吉林、内蒙古等地栽培^[1], 具有结果早、抗寒性强^[2]、丰产

性强等优点, 是当地著名的“野果”作物, 在种植过程中不施加化学农药, 属无污染、纯天然绿色食品, 深

收稿日期: 2018-05-03

基金项目: 天津市应用基础与前沿技术研究计划一般项目 (15JCYBJC51300)

作者简介: 肖子寒 (1991—), 男, 天津农学院硕士生, 主攻食品加工与安全。

通信作者: 梁丽雅 (1971—), 女, 博士, 天津农学院教授, 主要研究方向为农产品加工及贮藏等。

受当地消费者的喜爱。金红苹果的果皮红青鲜艳, 果汁味酸香甜, 营养丰富, 除含 85% 的水分外, 每千克果实含胡萝卜素 0.64 mg、硫胺素 0.08 mg、铁 2.4 mg 等多种人体所需的微量元素^[3]。在低温贮藏时, 果实极易出现果肉发绵^[4]、爆皮等现象, 降低商品的好果率, 给果农和消费者带来巨大的经济损失。

气调贮藏是以冷藏为基础^[5], 将果蔬放入气调柜中密封, 同时严格控制气调柜中气体成分的一种保鲜技术, 在国际上被认为是最先进有效的果蔬保鲜方法之一^[6]。对于新鲜果蔬来讲, 一般是降低贮藏环境中 O₂ 含量和提高 CO₂ 含量, 来抑制果蔬的成熟衰老^[7]。研究表明, 低 O₂ 浓度有利于延长果实的贮藏期, 高 CO₂ 浓度会减弱果胶物质的分解, 抑制叶绿素的合成, 但过高的 CO₂ 浓度也会产生不良反应, 因此一般用于果蔬气调的 CO₂ 体积分数应控制在 3%~5% 之间^[8]。在发达国家, 气调主要应用于新鲜园艺产品贮藏, 能延缓产品的成熟衰老, 抑制乙烯生成, 防止病害的发生^[9]。气调贮藏在苹果的贮藏中应用广泛, 如贮藏红星苹果时, O₂ 体积分数应控制在 2%~4%, CO₂ 体积分数应控制在 3%~4%^[10]; 贮藏金冠苹果时, O₂ 体积分数为 3%~5%, CO₂ 体积分数为 2%~3%^[11]; 贮藏国光苹果时, O₂ 体积分数为 1%~5%, CO₂ 体积分数为 1%~6%^[12]; 贮藏富士苹果时, O₂ 体积分数为 1%~3%, CO₂ 体积分数为 0%~2%^[13]。目前, 关于金红苹果的研究主要是在栽培及果醋加工方面, 贮藏保鲜方面的研究甚少, 这里研究不同气体环境下贮藏的金红苹果, 筛选出适宜的气体环境, 以期在金红苹果贮藏保鲜技术的应用提供科学理论及实践依据。

1 实验

1.1 材料与仪器

主要材料: 金红苹果, 2017 年 9 月 26 日在内蒙古自治区赤峰市野果合作社购买, 常温运至国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津)实验室, 选择大小均一、无磕碰的苹果进行试验。

主要仪器: CA-10 呼吸测定仪, 由美国 Sable Systems 公司生产; SMY-2000 色差仪, 由北京盛名扬科技发展有限公司生产; TA.XT.Plus 质构仪, 由英国 Stable Micro System 公司生产; PAL-1 手持式糖度计, 由日本爱拓公司生产; GC-14C 气相色谱仪, 由日本岛津公司生产; PHS-3B 数显酸度计, 由上海雷磁仪器厂生产。

1.2 方法

1.2.1 样品处理

将挑选好的苹果装入塑料筐内, 每框 60 个苹果, 共 24 框。于 7 °C 冷库内预冷 24 h 后放入温度为 (0±1) °C 的冷库内贮藏, 测试果肉中心温度, 降至

0 °C 后, 取样测定其初始指标。将 24 框苹果分为 4 组分别放入已消毒的气调柜中, 气调柜的编号与气体成分见表 1, 定期 (2~3 d) 用便携式氧气、二氧化碳分析仪测定柜内气体体积分数并进行调整。每个处理组共 6 框苹果, 做 3 个平行, 每个平行挑选 20 个大小、成熟度一致的果实作为测定呼吸强度和乙烯释放速率的对象, 挑选 15 个色泽一致的果实, 在赤道线相对位置的红面和青面上分别画圆圈进行标记, 作为测定色差的对象。每隔 30 d 对其相关生理指标进行测定, 并将去皮后的果肉切成丁状, 用液氮快速冷冻后存放于 -80 °C 超低温冰箱中, 作为 PPO 和 POD 活性测定的对象。贮藏末期统计好果率, 贮藏 120 d 后, 将果实运送至天津农学院食品科学与生物工程学院实验室, 于常温 (20 °C) 贮藏, 模拟货架期, 定期 (0, 3, 5, 7 d) 对果实进行感官评价。

表 1 气体组分及处理组编号
Tab.1 Gas component and treatment number

组分	O ₂ 体积分数/%	CO ₂ 体积分数/%
CA1	2~3	2~3
CA2	2~3	5~6
CA3	2~3	8~9
CK (对照组)	21	0.03

1.2.2 硬度、可溶性固形物含量、可滴定酸含量的测定

随机取 15 个果实, 在赤道线相对位置削皮, 用物性测试仪测定, 结果取平均值, 单位为 kg/cm²。将硬度测试后的果实去皮、去核后榨汁, 可溶性固形物含量用 PAL-1 手持式折射仪测定, 可滴定酸含量用 PHS-3B 数显酸度计测定, 重复 3 次, 结果取平均值, 以百分比计。

1.2.3 色差的测定

将预先挑选的 15 个定果用 SMY-2000 色差仪测定色差, 结果取平均值。

1.2.4 呼吸强度、乙烯释放速率的测定

将预先挑选的 20 个定果称量后放入密封盒内, 将密封盒放入温度为 0 °C 的冷库内, 密封 1 h 后, 抽取 1 mL 气体。呼吸强度用 CA-10 呼吸检测仪测定, 重复 3 次, 以 CO₂ 计, 单位为 mg/(kg·h)。乙烯释放速率用 GC-14C 气相色谱仪测定, 重复 3 次, 单位为 μL/(kg·h)。

1.2.5 酶活性的测定

用邻苯二酚法^[14]测 PPO 活性, 单位为 0.01 ΔA/(min·g); 用愈创木酚法^[14]测 POD 活性, 单位为 0.01 ΔA/(min·g)。其中 ΔA 为波长 420 nm 下的吸光值。

1.2.6 好果率

参考梁丽雅等^[15]的实验方法。

1.2.7 货架期感官评价

参考史卫娜等^[16]的实验方法, 并进行修改。评分标准见表 2, 每个处理随机挑选 10 个果实, 邀请 10 位有一定经验的老师与同学进行评分, 结果取平

均值。

1.3 数据处理

用 Microsoft Office Excel 2016 进行数据处理; 用 IBM SPSS Statistics 22.0 软件进行显著性分析。

表 2 感官品质评价标准
Tab.2 Evaluation standard of sensory quality

评分	外观鲜度	气味	脆度	酸甜适口度	综合评价
85~100 分	色泽新鲜洁净, 无伤, 无病虫害	芳香无异味, 风味清新	质地紧密, 汁液饱满	酸甜可口	品质完好, 商品价值极高
75~85 分	着色不良, 色泽发乌, 无伤, 无病虫害	无固定清新风味和苹果香气, 无异味	质地略松软, 汁液尚且饱满	清甜可口, 无酸味	品质较高, 具有商品价值
60~75 分	果实灰暗, 表面略有皱缩	无固定清新风味, 略带有酒醇气味	松软, 发绵, 汁少味淡	略有苦味、异味	品质较差, 商品价值较低
30~60 分	着色差, 无光泽, 青暗发皱	有较浓酒味或苦味	果肉汁液少, 口感差	有苦味	品质差, 无商品价值
30 分以下	发霉, 腐烂	有霉味	无法食用	无法食用	品质极差, 无商品价值

2 结果与分析

2.1 硬度

不同气体环境对金红苹果硬度的影响见图 1, 可以看出, 采后果实初始硬度为 9.6 kg/cm², 质地坚硬。在整个贮藏期内, 果实硬度均呈下降趋势, 可能是由原果胶酶将原果胶分解为果胶, 并与纤维素分离所致。贮藏 120 d 时, CK 组果实的硬度下降至 8.12 kg/cm², 果肉软化, 口感发绵。气调贮藏下的果实, 其硬度下降均不同程度地得到延缓, CA1, CA2, CA3 组果实硬度分别 8.96, 8.78, 8.84 kg/cm², 均显著高于 CK 组果实的硬度 ($P < 0.05$)。由此可知, 气调包装均能使果实保持较高的硬度, 延缓硬度下降的趋势, 其中 CA1 组的效果略好于 CA2 和 CA3。

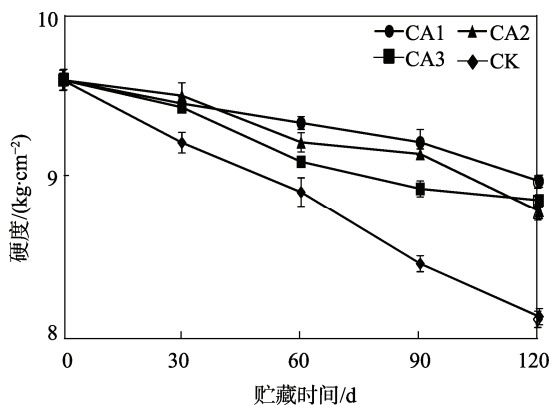


图 1 不同气体环境对金红苹果硬度的影响
Fig.1 Effects of different gas environments on firmness of golden-red apple

2.2 红面色泽

不同气体环境对金红苹果红面色泽的影响见图 2。由图 2a 可知, 在贮藏前 30 d, 所有果实的 L^* 值均呈上升趋势, 表皮色泽明亮。在整个贮藏期内, CA 组果实的 L^* 值始终高于 CK 组, 表明 CA 组果皮明亮有光泽, 外观较好。由图 2b 可知, 贮藏 0~120 d 内, 果实的 a^* 值均在不断增大, a^* 值越大代表果皮越红。与 CA 组相比, CK 组果实的 a^* 值始终处于较低水平, 表皮暗红, 而 CA 组果实则表皮鲜红, 色泽诱人。由图 2c 可知, 贮藏 120 d 内, 果实的 b^* 值变化均处于平稳趋势, 红面表皮黄化现象不明显, 其中 CO₂ 体积分数较低的 CA1 与 CA2 的 b^* 值有所下降, 抑制了果皮的黄化。综上所述, 气调处理后, 果实红面表皮具有较高的亮度和红度, 可能是因为气调处理促使果皮中叶绿素被破坏, 形成了花青素。CA1 组的处理效果最好, 果皮色泽明亮, 具有较高的商品价值。

2.3 青面色泽

不同气体环境对金红苹果青面色泽的影响见图 3。由图 3a 可知, 在整个贮藏期内, 果实青面表皮 L^* 值均呈先上升后下降的趋势, CK 组与 CA3 组处于较低的水平, 表皮色泽暗淡, 不明亮。CO₂ 体积分数较低的 CA1 与 CA2 组的 L^* 值较高, 表皮色泽明亮, 具有较好的外观, 其中, CA1 组的果实色泽较好。新鲜的金红苹果青面表皮应为青翠色, a^* 值与 b^* 值均较低时, 说明果实青面表皮外观最好。由图 3b—c 可知, CA1 组的 a^* 值与 b^* 值始终低于其他组, 果皮由绿转红的速度较慢, 始终呈青翠状态, 并且抑制了果皮的黄化。

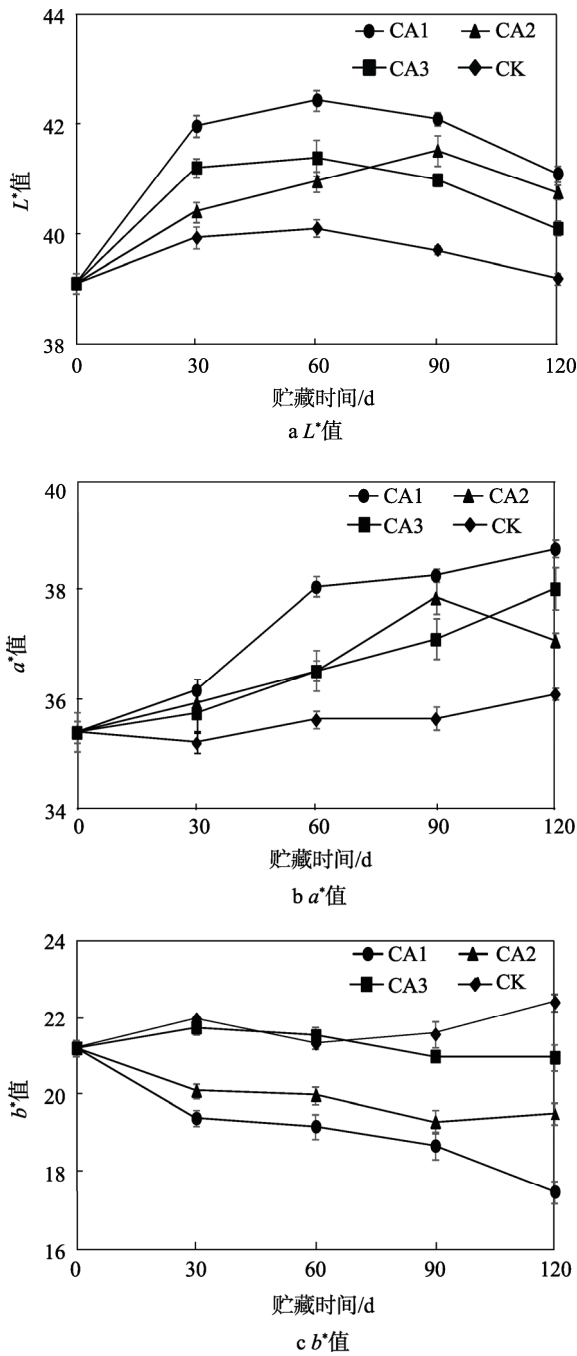


图 2 不同气体环境对金红苹果红面色泽的影响
Fig.2 Effects of different gas environments on red face color of golden-red apple

2.4 可溶性固形物含量

不同气体环境对金红苹果可溶性固形物含量的影响见图 4，可以看出，在贮藏前 60 d 果实的 TSS 含量变化不明显。贮藏 60~120 d，CK 组果实的 TSS 含量呈下降趋势，由初始值 13% 降至 12.03% ($P < 0.05$)，可能是因为果实呼吸代谢导致营养物质消耗加快，果实甜度较低。CA1 和 CA3 组果实的 TSS 含量变化不明显；CA2 组果实的 TSS 含量呈缓慢下降趋势，在贮藏 120 d 时，TSS 含量为 12.76%；气调

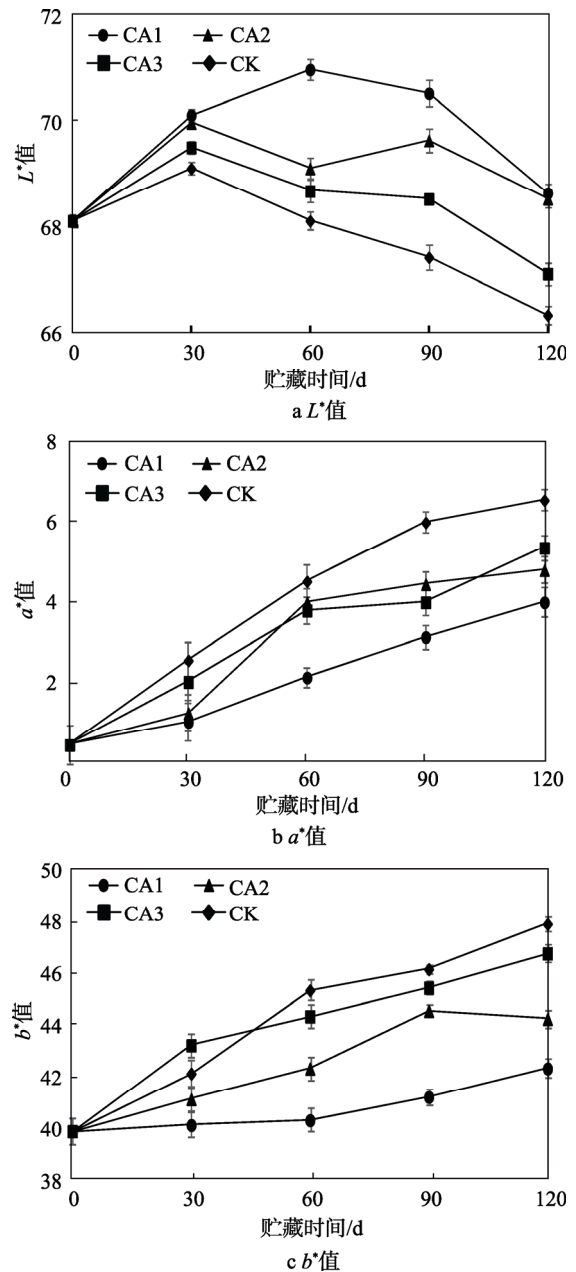


图 3 不同气体环境对金红苹果青面色泽的影响
Fig.3 Effects of different gas environments on cyan face color of Golden-red apple

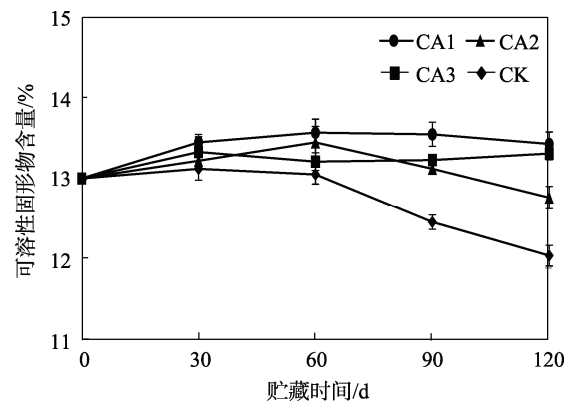


图 4 不同气体环境对金红苹果可溶性固形物含量的影响
Fig.4 Effects of different gas environments on TSS contents of golden-red apple

贮藏下果实的 TSS 含量均显著高于 CK 组 ($P < 0.05$)。由此可知, 经气调处理后的果实 TSS 含量均能得到较好保持, 其中 CA1 组的处理效果较好。

2.5 可滴定酸含量

不同气体环境对金红苹果可滴定酸含量的影响见图 5, 可以看出, 在贮藏 0~30 d, CA1 组果实的 TA 含量呈上升趋势, 从初始值 0.6% 上升至 0.8%, 可能是果实的呼吸强度受到了气调的抑制, 从而抑制了营养物质的消耗。从贮藏 30 d 开始, 所有果实的 TA 含量均呈下降趋势, 其中处理组比 CK 组的下降速度慢, TA 含量始终较高。CK 组果实的营养物质消耗较快, 从 0.6% 下降至 0.3%, 失去了苹果酸甜的风味。在整个贮藏期内, 气调贮藏下的果实 TA 含量均高于 CK 组, 由此可知, 气调处理可以保持果实较高的 TA 含量。

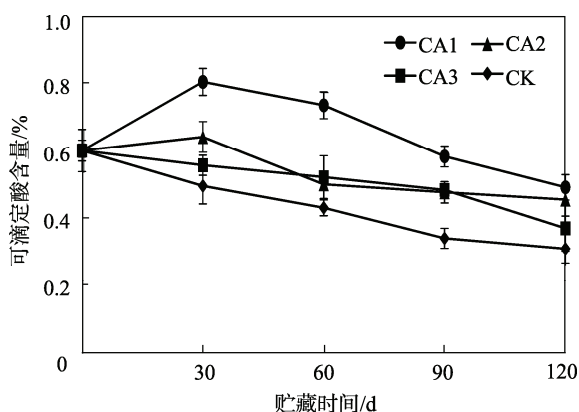


图 5 不同气体环境对金红苹果可滴定酸含量的影响
Fig.5 Effects of different gas environments on TA contents of golden-red apple

2.6 呼吸强度

不同气体环境对金红苹果呼吸强度的影响见图 6, 可以看出, 贮藏 30 d 时, CK 组果实的呼吸强度

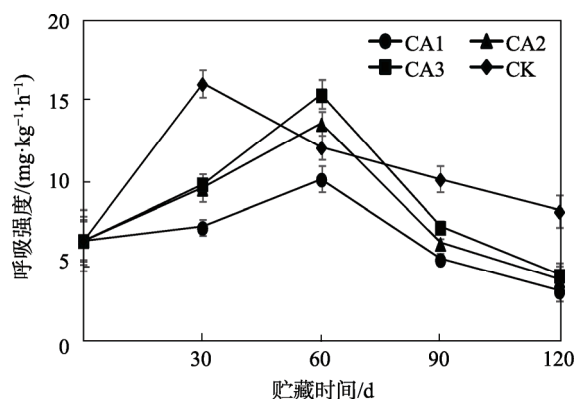


图 6 不同气体环境对金红苹果呼吸强度的影响
Fig.6 Effects of different gas environments on respiratory intensity of golden-red apple

达到顶峰, 呼吸强度为 $16 \text{ mg}/(\text{kg}\cdot\text{h})$, 是整个贮藏期的最高水平, 果实代谢快, 营养物质消耗多, 果实提前进入成熟衰老阶段。处理组呼吸高峰均出现在 60 d 左右, 气调处理使果实的呼吸强度高峰推迟了 1 个月, 并有效地抑制了呼吸强度的大小, 延缓了成熟。由此可知, 气调处理能抑制果实呼吸强度的大小, 并推迟呼吸强度高峰的出现, 其中 CA1 组果实的呼吸强度显著低于其他组, 始终处于较低的水平, 减缓了营养物质的消耗速率。

2.7 乙烯释放速率

不同气体环境对金红苹果乙烯释放速率的影响见图 7, 可以看出, 贮藏 30 d 时, 所有果实的乙烯释放速率均达到最高值, 果实代谢加快, CK 组果实乙烯释放速率的峰值为 $291 \mu\text{L}/(\text{kg}\cdot\text{h})$, 显著高于处理组 ($P < 0.05$)。处理组果实的乙烯释放速率高峰并没有推迟, 但很大程度地抑制了乙烯释放速率的大小, CO_2 体积分数较低的 CA1 与 CA2 组果实的乙烯释放速率始终处于较低水平, 其乙烯释放速率仅为 CK 组的 1/2, CA3 组果实的乙烯释放速率也始终低于 CK 组, 但效果没有 CA1 和 CA2 组的好, 可能是因为高体积分数的 CO_2 使果实产生不良的反应, 导致果实代谢紊乱。由此可知, 气调处理均能抑制果实乙烯释放速率的大小, 其中 CA1 组果实的乙烯释放速率最低, 有效抑制了果实的衰老。

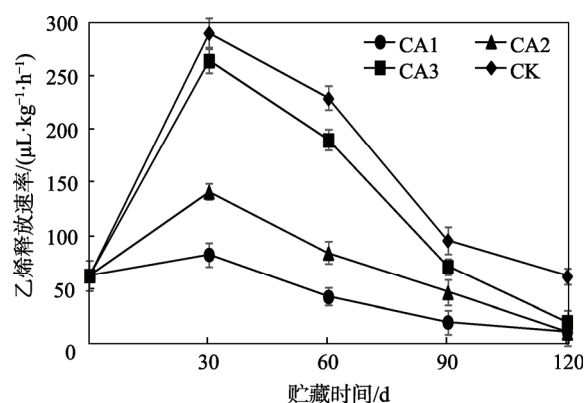


图 7 不同气体环境对金红苹果乙烯释放速率的影响
Fig.7 Effects of different gas environments on ethylene production rate of golden-red apple

2.8 PPO 和 POD 活性

不同气体环境对金红苹果 PPO 和 POD 活性的影响见图 8。由图 8a 可知, 在贮藏 0~30 d 时, CK 组的 PPO 活性呈直线上升趋势, 可能是因为苹果受到逆境胁迫, 导致 PPO 活性增强, 出现了 PPO 活性高峰, 而处理组均在贮藏第 60 天达到 PPO 活性高峰, 与之相比, PPO 活性高峰推迟了 30 d。其中, CA1 组果实的 PPO 活性始终处于较低的水平, 抑制了果肉的褐变。

由图 8b 可知, 果实的 POD 活性呈先上升后下降的趋势。在整个贮藏过程中, CK 组果实 POD 活性始终低于处理组。果实的 POD 活性高峰均出现在贮藏第 60 天, 气调处理虽未推迟 POD 活性高峰的出现, 但显著地增强了 POD 活性, 其中, CA1 组果实的 POD 活性始终处于较高的水平, 抑制了苹果的衰老成熟。

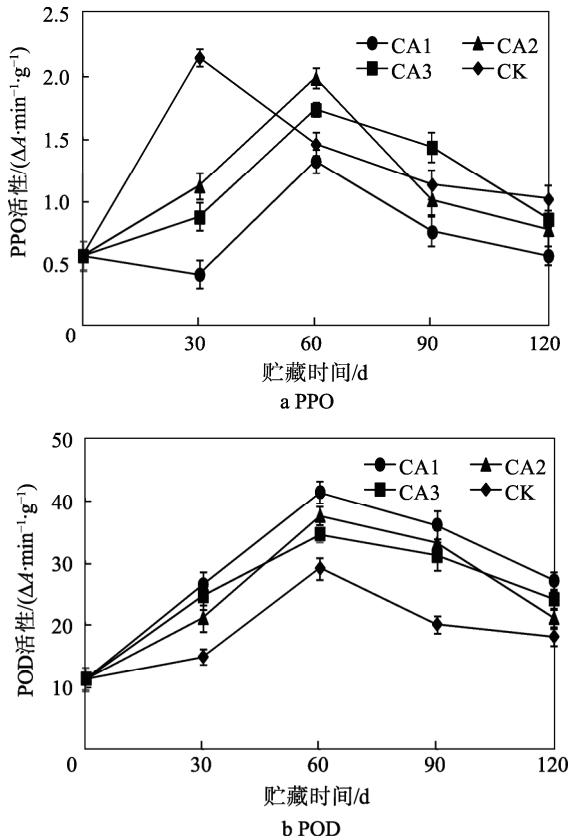


图 8 不同气体环境对金红苹果 PPO 和 POD 活性的影响
Fig.8 Effects of different gas environments on PPO and POD activity of golden-red apple

2.9 好果率

不同气体环境对金红苹果好果率的影响见图 9, 可以看出, 贮藏 120 d 后, CK 组的好果率较低, 只有 65%, 表皮皱缩, 果实发绵变软, 果肉褐变, 商品价值较低。经气调处理后, 好果率均能达到 80% 以上, 其中, CA1 组的果实表皮红青鲜艳、果肉细嫩多汁, 具有较高的商品价值。

2.10 货架期感官评分

果实经贮藏后需上市销售或被消费者食用, 货架期的感官评分能最直接、有效地评价果实的新鲜程度和果实的商品价值, 能直观地判断果实贮藏效果的好坏。不同气体环境对金红苹果货架期感官评分的影响见图 10, 可以看出, 在货架贮藏第 3 天时, CA1, CA2, CA3 组果实的感官评分分别为 85, 80, 75 分, 果实口感清甜可口, 汁液饱满, 色泽鲜亮, 品质完好,

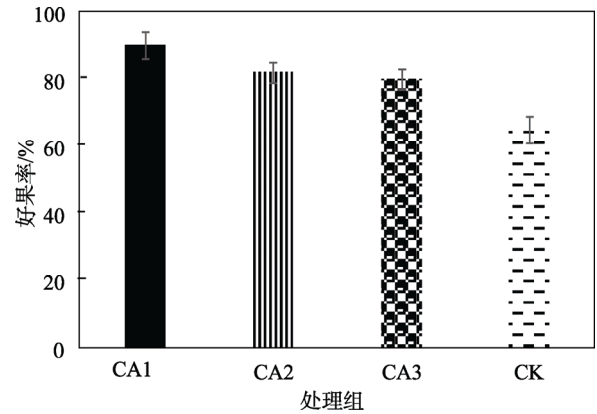


图 9 不同气体环境对金红苹果好果率的影响
Fig.9 Effects of different gas environments on marketable fruit rate of golden-red apple

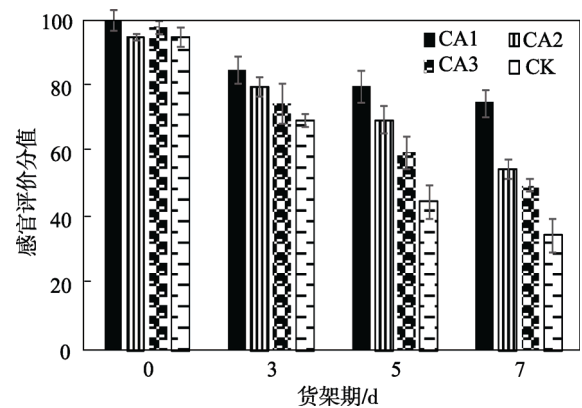


图 10 不同气体环境对金红苹果货架期感官评分的影响
Fig.10 Effects of different gas environments on sensory evaluation of golden-red apple

具有较高的商品价值。在贮藏 5 d 时, CA2 和 CA3 组果实的感官评分分别为 70 和 60 分, 品质较差, 具有较低的商品价值。CK 组果实在贮藏 3 d 时, 感官评分仅为 70 分, 商品价值较差, 在贮藏 5 d 后, 果实品质差, 无可食性, 毫无商品价值。CA1 组果实在整个货架期内, 感官评分始终高于 CA2, CA3 和 CK 组, 在贮藏 7 d 时, 感官评分为 75 分, 依然具有较高的品质, 具有商品价值。

3 结语

金红苹果在低温贮藏时, CK 组果实硬度下降迅速, 质地软化较快, 果肉发绵, 产生褐变; 呼吸强度和乙烯释放速率始终处于较高的水平, 加速了成熟衰老; TA 含量和 TSS 含量迅速下降, 果实口感发涩; 表皮颜色暗淡, 色泽感官较差。经气调处理后, 糖酸含量下降趋势得到延缓, 果皮明亮鲜艳, 很好地保持了果实的风味和色泽; 硬度较好地得到保持, 果实质地细脆, 口感良好; 同时推迟了呼吸强度高峰的出现, 抑制了果实的呼吸强度和乙烯释放速率的增大, 使果

实处于代谢缓慢的状态,延缓了果实的成熟,延长了贮藏时间;POD活性处于较高的水平,PPO活性受到了抑制,延缓了果实的成熟和果肉的褐变,果实在贮藏末期具有较高的好果率;在模拟货架时期,果实感官评分较高,具有较高的商品价值。 O_2 体积分数为2%~3%, CO_2 体积分数为2%~3%的气体环境贮藏效果最好,是适宜低温贮藏金红苹果的气体环境。

参考文献:

- [1] 张文英,姜晓坤.采收期对金红苹果贮藏品质的影响[J].食品研究与开发,2009,30(12):144—147.
ZHANG Wen-ying,JIANG Xiao-kun.Effects of Harvest Date on the Quality of Golden-red Apple during Storage[J].Food Research and Development,2009,30(12):144—147.
- [2] 张文英,李扬.贮藏方式对金红苹果贮藏品质影响的研究[J].北方园艺,2009(9):208—210.
ZHANG Wen-ying,LI Yang.Effects of Storage Methods on Storage Quality of Golden Red Apple[J].Northern Horticulture,2009(9):208—210.
- [3] 赵欣宇.金红苹果果醋及果醋饮料加工工艺的研究[D].长春:吉林农业大学,2008.
ZHAO Xin-yu.Study on the Processing Technology of Jinhong Cider Vinegar Drink[D].Changchun:Jilin Agricultural University,2008.
- [4] 张文英.不同采收期和贮藏方式对金红苹果贮藏品质的影响[D].北京:中国农业科学院,2007.
ZHANG Wen-ying.Effect of Different Harvest Date and Storage Methods on the Quality of Golden-red Apple during Storage[D].Beijing:Chinese Academy of Agricultural Sciences,2007.
- [5] HATOUM D,HERTOG M M,GEERAERD A H,et al.Effect of Browning Related Pre- and Postharvest Factors on the 'Braeburn' Apple Metabolome during CA Storage[J].Postharvest Biology & Technology,2016,111:106—116.
- [6] LARA I,GRAELL J,LOPEZ M L,et al.Multivariate Analysis of Modifications in Biosynthesis of Volatile Compounds after CA Storage of 'Fuji' Apples[J].Postharvest Biology & Technology,2006,39(1):19—28.
- [7] 任小林,李倩倩.苹果贮藏保鲜关键技术[J].保鲜与加工,2013,13(1):1—8.
REN Xiao-lin,LI Qian-qian.The Key Technique of Preservation of Apples[J].Storage and Process,2013,13(1):1—8.
- [8] 苏青青.富士苹果贮藏期间果实品质的研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2014.
SU Qing-qing.Study of Fruit Quality during Storage on Fuji Apple[D].Yangling:Northwest A&F University,2014.
- [9] 戚英伟,田建文,王春良.水果气调贮藏保鲜研究进展[J].保鲜与加工,2014(4):53—58.
QI Ying-wei,TIAN Jian-wen,WANG Chun-liang.Research Advances in Modified Atmosphere Preservation of Fruits[J].Storage and Process,2014(4):53—58.
- [10] 石建新,赵猛,梁小娥,等.红星苹果双相变调气调贮藏应用中的极值研究[J].山西农业大学学报(自然科学版),1998(1):36—38.
SHI Jian-xin,ZHAO Meng,LIANG Xiao-e,et al.Study on the Extreme Value of the Application of Double Phase Modulated Atmosphere Storage in Red Star Apple[J].Journal of Shanxi Agricultural University(Natural Science Edition),1998(1):36—38.
- [11] 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.
WANG Chun-sheng,AN Xiu-zhang,LI Jian-hua,et al.Determination of Gas Parameters in Apple Modified Atmosphere Storage[J].Journal of Shanxi Agricultural Sciences,1992(8):12—15.
- [12] 龚国强,于梁,周山涛.国光苹果炭分子筛气调贮藏的研究[J].中国果树,1993(3):10—13.
GONG Guo-qiang,YU Liang,ZHOU Shan-tao.Study on the Atmosphere Storage of Carbon Molecular Sieves of Guoguang Apple[J].China Fruits,1993(3):10—13.
- [13] 赵猛,王亮,李超,等.冰温气调对红富士苹果贮藏效果的影响[J].保鲜与加工,2010,10(3):46—50.
ZHAO Meng,WANG Liang,LI Chao,et al.Study on Ice-temperature CA Storage of Red Fuji Apple[J].Storage and Process,2010,10(3):46—50.
- [14] 曹建康,姜微波,赵玉梅.果蔬采后生理生化实验指导[M].北京:中国轻工业出版社,2007.
CAO Jian-kang,JIANG Wei-bo,ZHAO Yu-mei.Experimental Guidance on Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables[M].Beijing:China Light Industry Press,2007.
- [15] 梁丽雅,王娜,马照春,等.1-MCP结合降温处理对中华寿桃采后生理及品质的影响[J].食品与机械,2013,29(1):195—198.
LIANG Li-ya,WANG Na,MA Zhao-chun,et al.Effect of 1-MCP Combined with Different Cooling Treatment on Physiology and Quality of Zhonghuashoutao Peach after Harvest[J].Food & Machinery,2013,29(1):195—198.
- [16] 史卫娜.苹果品质变化对温度的响应规律及贮藏寿命预测[D].杨凌:西北农林科技大学,2016.
SHI Wei-na.The Response of Apple Quality to Temperature and Storage-life Prediction[D].Yangling:Northwest A&F University,2016.