

不同浓度CO₂气调贮藏条件下西梅果实品质和生理的变化

张路思, 孙祥杰, 宋尚健, 李玮, 赵宇, 李学文*

(新疆农业大学食品科学与药学院, 新疆乌鲁木齐 830052)

摘要: 该研究以“法兰西”西梅为试验材料, 贮藏于 O₂ 体积分数为 2%~3%, CO₂ 体积分数分别为 0%~3%、3%~6%、6%~9% 的环境中, 研究其对果实硬度、可溶性固形物、可滴定酸含量、抗坏血酸含量、失重率、果皮颜色变化、呼吸强度、细胞膜渗透率的影响, 筛选适合西梅气调的 CO₂ 浓度, 为研发西梅贮藏保鲜技术提供参考。结果表明: 与对照 (CK) 相比, 气调处理均在一定程度上抑制了果实硬度及可滴定酸、抗坏血酸含量下降, 延缓了果皮颜色变暗和失重率的增加, 降低了果实呼吸强度, 抑制了细胞膜渗透率上升, 延长了货架期, 贮藏 90 d 时, 6%~9% CO₂ 处理组能更有效地保持果实硬度, 比 CK 组提高 53.88%, 可溶性固形物、可滴定酸质量分数分别为 18.61%、0.132%, 比 CK 组分别提高了 10.58%、42.42%, 失重率比 CK 组的降低了 2.32%, 且 6%~9% CO₂ 处理组显著降低了呼吸强度, 延缓了西梅颜色变暗。因此, 气调贮藏能够保持西梅果实品质, 延长贮藏期, 适合西梅贮藏的 CO₂ 浓度为 6%~9%。研究结果为研发西梅贮藏保鲜技术提供科学依据。

关键词: 西梅; CO₂; 气调贮藏; 品质; 贮藏期

文章编号: 1673-9078(2025)08-140-147

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2025.8.0728

Changes in the Fruit Quality and Physiology of Plum Fruit Under Controlled Atmosphere Storage with Different CO₂ Concentrations

ZHANG Lusi, SUN Xiangjie, SONG Shangjian, LI Wei, ZHAO Yu, LI Xuewen*

(School of Food Science and Pharmacy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

Abstract: In this study, the "France" variety was used as the experimental material, which was stored in an environment with O₂ concentration in the range of 2%~3% and CO₂ concentration ranging in 0%~3%, 3%~6% and 6%~9%, respectively, to study the storages' effects on fruit firmness, soluble solids content, titratable acid content, ascorbic acid content, weight loss rate, peel color change, respiratory intensity, and cell membrane permeability. The CO₂ concentration suitable for plum fruit controlled atmosphere was screened to provide a reference for the research and development of plum fruit storage and preservation technology. The results showed that compared with the control (CK), the controlled atmosphere

引文格式:

张路思, 孙祥杰, 宋尚健, 等. 不同浓度CO₂气调贮藏条件下西梅果实品质和生理的变化[J]. 现代食品科技, 2025, 41(8): 140-147.

ZHANG Lusi, SUN Xiangjie, SONG Shangjian, et al. Changes in the fruit quality and physiology of plum fruit under controlled atmosphere storage with different CO₂ concentrations [J]. Modern Food Science and Technology, 2025, 41(8): 140-147.

收稿日期: 2024-05-27

基金项目: 新疆维吾尔自治区重点研发计划项目 (2022B02018)

作者简介: 张路思 (1998-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 食品加工与安全, E-mail: zhanglusi0512@163.com

通讯作者: 李学文 (1964-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 农产品贮藏加工, E-mail: 1741695056@qq.com

treatment inhibited to a certain extent the decreases of fruit firmness, titrable acid content and ascorbic acid content, delayed the darkening of fruit skin color and the increase of weight loss rate, reduced fruit respiration intensity, inhibited the increase of cell membrane permeability, and extended the shelf life. After 90 days of storage, the 6%~9% CO₂ treatment group could maintain fruit firmness more effectively, which was 53.88% higher than that of the CK group; the mass fractions of soluble solid and titratable acid were 18.61% and 0.132%, respectively, which were 10.58% and 42.42% higher than that of the CK group, respectively; the weight loss rate was 2.32% lower than that of the CK group. In addition, the 6%~9% CO₂ treatment group significantly reduced the respiration intensity and delayed the color darkening of plum fruit. Therefore, controlled atmosphere storage could maintain plum fruit quality and prolong storage period, and the CO₂ concentration suitable for prune storage was 6%~9%. The research results provide a scientific basis for the research and development of storage and preservation technology for plum fruit.

Key words: plum fruits; CO₂; controlled atmosphere storage; quality; storage period

西梅为蔷薇科李属果植物, 也称欧洲李 (European Plum), 果实紫红色, 脆甜多汁、营养丰富, 深受消费者的喜爱^[1]。近年来西梅在新疆喀什、阿克苏、伊犁等地种植面积不断扩大, 产量迅速增加, 已成为当地重要的经济林果之一^[2]。西梅成熟期集中在 8 月, 气温高, 果实采后生理代谢旺盛, 软化快, 品质劣变迅速, 腐烂严重, 贮藏期短, 造成巨大经济损失, 已成为制约西梅产业高效发展的关键技术难题, 亟待研发西梅贮藏保鲜技术, 延长贮藏期, 减少西梅采后损失。

西梅为呼吸跃变型果实, 采后呼吸代谢旺盛, 加速果实衰老, 导致软化及品质下降, 贮藏时间较短^[3]。气调贮藏 (Controlled Atmosphere Storage, CA), 是对水果贮藏环境中的 O₂、CO₂ 浓度进行调整, 主要是降低贮藏环境 O₂ 含量, 提高 CO₂ 的含量, 保持合适的温度和湿度^[4], 抑制果蔬呼吸代谢, 有效减弱呼吸强度, 推迟呼吸高峰的出现, 减少营养物质消耗, 同时气调贮藏能够抑制乙烯的生物合成, 降低乙烯对果蔬的催熟效应, 从而抑制采后果实的成熟衰老, 保持果蔬的品质^[5], 能够有效延长果蔬的贮藏期与货架期。蟠桃^[6]、梨^[7]、猕猴桃^[8]等水果采用气调贮藏, 能够延缓果实呼吸跃变的发生, 降低呼吸强度和乙烯的产生, 保持果实品质, 延长贮藏期。

本研究以“法兰西”西梅为试验材料, 贮藏于不同浓度的 CO₂ 气调环境中, 研究其对果实品质的影响, 筛选适合西梅气调贮藏的气体参数, 为研发西梅贮藏保鲜技术提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料与试剂

试验材料: 西梅品种“法兰西”, 于 2023 年 8

月 14 日采于新疆喀什伽师县西梅商品园。选择成熟度七成 (硬度为 6.21 N), 无病虫害、无机械损伤的果实, 装入内衬无纺布的有孔塑料箱中 (4 kg), 当日空运至新疆农业大学食品科学与药学院果蔬贮藏保鲜库, 在 (5±1) °C 保鲜库预冷 24 h 后用于实验。

试验试剂: 碳酸氢钠, 氢氧化钠, 广东普惠化工科技有限公司; 草酸、邻苯二甲酸氢钾, 国药集团化学试剂有限公司; 酚酞, 天津市天新精细化工开发中心; 2,6-二氯酚靛酚钠盐, 合肥博美生物科技有限公司。

1.2 试验仪器

试验仪器: GY-4 数显果实硬度计, 乐清市艾德堡仪器有限公司; PAL-1 糖度计, 日本爱拓株式会社; DDS-307 微型电导率仪, 上海亿世电器有限公司; VAISALA 便携式 CO₂ 检测仪, VAISALA 公司; 电子天平、水浴锅, 力辰科技有限公司。

1.3 试验设计

西梅果实预冷后, 分别装入外敷 1.2 丝的 PE 薄膜的无纺布袋内, 在袋的两边, 上、中、下分别扎上三个直径为 3 mm 的孔, 放入塑料箱, 盖上盖子, 每箱 4 kg 约 160 颗西梅, 一共 32 箱, 分为 4 组, 每组 8 箱。CK: 随机取 8 箱西梅, 置于相对湿度为 85%~90%、温度为 -1~1 °C 保鲜库中, 不进行气调处理; 气调组 1: 随机取 8 箱西梅, 置于 2%~3% O₂+0%~3% CO₂ 的气调库中; 气调组 2: 随机取 8 箱西梅, 置于 2%~3% O₂+3%~6% CO₂ 的气调库中; 气调组 3: 随机取 8 箱西梅, 置于 2%~3% O₂+6%~9% CO₂ 的气调库中。通过中空纤维膜制氮机降低气调库中 O₂ 的体积分数, 通过钢瓶 CO₂ (纯度 99.5%) 调节气调库中 CO₂ 的体积分数。贮藏时间 3 个月,

每隔 10 d 取一次样, 用于测定西梅果实品质指标, 所有指标测定重复三次。

1.4 测定指标及方法

1.4.1 果实硬度的测定

随机抽取的 10 个样品, 去除果实表皮, 运用 GY-4 型果实硬度测定仪, 探头直径设置为 3 mm, 在每个果实赤道周围等间距选取三处作为测点来获得硬度数据, 取三次测量的平均值作为最终数据, 单位: N。

1.4.2 可溶性固形物含量的测定

随机选取 30 个果实, 分成三组, 每一组 10 个样品。将每一组样品经过混合研磨后形成均质浆液, 用 PAL-1 型糖度计测定其质量分数, 每组进行三次重复测量, 单位: %。

1.4.3 果实可滴定酸含量测定

参考曹建康等^[9]的方法, 采用酸碱滴定法测量果实可滴定酸的质量分数, 以苹果酸折算系数 0.067 计算、精确测量、重复三次, 取平均值, 单位: %。

1.4.4 果实抗坏血酸含量测定

参照曹建康等^[9]的方法, 采用 2,6-二氯酚靛酚滴定法测量果实抗坏血酸的质量分数, 测定重复三次, 取平均值, 抗坏血酸含量以 mg/100 g 表示。

1.4.5 果实失重率的测定

以称重法统计。公式:

$$A = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

A ——失重率, %;

m_1 ——开始试验果实质量, g;

m_2 ——贮藏后定期测定果实质量, g。

1.4.6 果皮色泽的测定

每组处理随机取 15 枚西梅果实, 用 SC-10 精密色差仪, 随机测定果皮三个点的 L^* 、 a^* 、 b^* 值, 重复 3 次, 计算平均值。

1.4.7 果实呼吸强度的测定

称取 500 g 左右且无损伤的西梅果实置于玻璃容器中, 随后插入 CO_2 分析仪, 用保鲜膜密封, 待数值稳定后开始读数, 记录 15 min 内 CO_2 体积分数。测定重复三次, 取平均值。单位为 $\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{h})$ 。公式:

$$B = \frac{C_1 - C_0 \times M_{\text{CO}_2} \times V}{24.25 \times 1000 \times m \times h} \quad (2)$$

式中:

B ——呼吸强度, $\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{h})$;

C_1 ——15 min 后测定的 CO_2 含量, $\times 10^{-6}$;

C_0 ——空气中 CO_2 含量, $\times 10^{-6}$;

M_{CO_2} —— CO_2 的摩尔质量, g/mol;

V ——容器的体积, L;

m ——果实质量, kg;

h ——测定时间, h。

1.4.8 果实细胞膜渗透率的测定

DDS-307 电导率仪预热 30 min 后, 将电极浸在蒸馏水中激活。将西梅果实从中间切开, 果肉用直径 6 mm 打孔器取样, 用刀片切成厚度 5 mm 薄片, 将 20 个果肉薄片放入小烧杯里, 加入 40 mL 的蒸馏水, 立即进行电导率测定, 记作 P_0 ; 浸泡 15 min 后再测量电导率, 记为 P_1 ; 在 100 °C 的水中浸泡 15 min, 然后冷却到常温, 再测量其电导率, 记为 P_2 , 单位: %。细胞膜渗透率计算公式如下:

$$C = \frac{P_1 - P_0}{P_2 - P_0} \times 100\% \quad (3)$$

式中:

C ——细胞膜渗透率, %;

P_0 ——初始电导率, $\mu\text{S}/\text{cm}$;

P_1 ——15 min 后的电导率, $\mu\text{S}/\text{cm}$;

P_2 ——100 °C 水浴 15 min 后的电导率, $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。

1.4.9 货架期果实品质的测定

贮藏结束后, 西梅果实转移至常温环境, 每隔 2 d 精确检测果实的品质指标: 硬度、可溶性固形物、可滴定酸、抗坏血酸钠含量, 直至果实失去商品价值。

1.5 数据处理

使用 Microsoft Office Excel 2010 进行数据整理, 并经过邓肯式多重计算分析差异, $P < 0.05$ 时表示偏差显著, Graphpad 进行软件作图。

2 结果与分析

2.1 不同体积分数 CO_2 气调贮藏条件西梅果实硬度的变化

果实采收后, 仍然是一个活的有机体, 在贮藏过程中品质逐渐降低, 硬度下降、质地变软是限制其长期贮藏的主要原因^[10,11]。在贮藏期硬度随着果

实的衰老而逐渐降低,可以用硬度的变化判定果实衰老的程度。西梅果实随着贮藏时间的延长硬度呈现下降的趋势(图1)。气调贮藏在整个贮藏期果实硬度均高于对照果实。3%~6% CO₂、6%~9% CO₂ 气调贮藏果实硬度显著高于对照。贮藏90 d时,CK、0%~3% CO₂、3%~6% CO₂、6%~9% CO₂ 气调贮藏果实硬度分别为2.45、2.74、3.54、3.77 N。6%~9% CO₂ 气调贮藏果实硬度比CK组、0%~3% CO₂ 处理组、3%~6% CO₂ 处理组分别高53.88%、37.59%、6.50%,表明气调贮藏能够有效抑制西梅果实硬度的下降,延缓果实的衰老,6%~9% CO₂ 气调贮藏效果更加显著。康慧芳等^[8]研究发现,气调贮藏猕猴桃能抑制其生理代谢,延缓其衰老,从而有效地维持果实硬度。

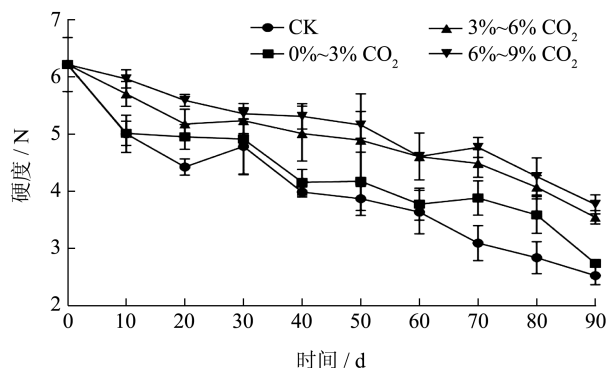


图1 不同体积分数CO₂气调贮藏条件下西梅硬度的变化

Fig.1 The change of plum fruit firmness under different concentrations of CO₂ gas regulated storage conditions

2.2 不同体积分数CO₂气调贮藏条件下西梅可溶性固形物含量的变化

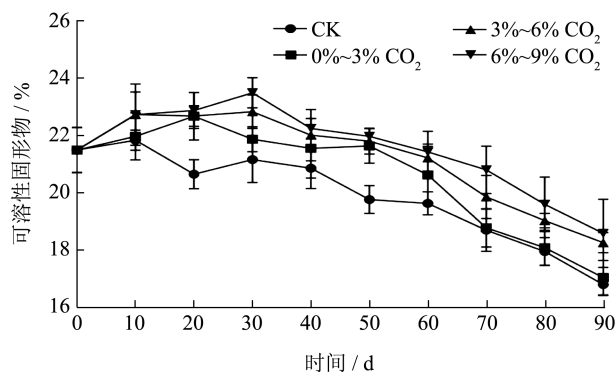


图2 不同体积分数CO₂气调贮藏条件下西梅可溶性固形物含量的变化

Fig.2 The change of soluble solid content of plum fruit under different concentrations of CO₂ gas regulated storage

随着贮藏时间的延长,西梅果实可溶性固形物含量呈现先增加后减少的趋势,如图2所示。采后

果实中的淀粉随着成熟度的增加水解为糖,使可溶性固形物含量升高。随着贮藏时间的延长,呼吸强度的增加,糖作为呼吸底物被氧化分解,果实可溶性固形物含量逐渐下降。3%~6% CO₂、6%~9% CO₂ 气调贮藏30 d时,果实可溶性固形物的质量分数分别为22.84%、23.5%,达到最大值。CK和0%~3% CO₂ 气调贮藏分别在10 d和20 d达到最大值。贮藏90 d时,6%~9% CO₂ 气调贮藏果实可溶性固形物的质量分数比CK和0%~3% CO₂、3%~6% CO₂ 气调贮藏分别高10.58%、9.02%、1.75%。结果表明较高体积分数的CO₂ 气调贮藏能够延缓果实可溶性固形物含量的下降,保持果实贮藏品质,陈敏惠等^[12]也同样认为,适宜的气调贮藏条件可抑制鲜切菠萝的呼吸强度,降低糖类物质的消耗速率,减少可溶性固性物的下降幅度。

2.3 不同体积分数CO₂气调贮藏条件下西梅可滴定酸含量的变化

可滴定酸含量是果实的重要品质指标,影响果实的风味。西梅果实随着贮藏时间的延长,可滴定酸含量呈现逐渐下降的趋势(如图3所示)。在整个贮藏过程中,6%~9% CO₂ 气调贮藏果实可滴定酸含量显著高于对照及其他CO₂ 气调贮藏。贮藏90 d时6%~9% CO₂ 气调贮藏果实可滴定酸的质量分数为0.132%,分别高于CK、0%~3% CO₂、3%~6% CO₂ 气调贮藏的42.42%、36.820%、20.648%,表明6%~9% CO₂ 气调贮藏显著抑制可滴定酸的分解,有效保持西梅贮藏期果实的风味,其他相关研究也表明^[13,14],有机酸作为呼吸作用的基质之一在不断被消耗,转化为各类物质,整体呈下降的趋势,而较高体积分数的CO₂ 抑制了果实的有氧呼吸,减少采后水果中有机酸的消耗,从而延缓了可滴定酸含量的下降。

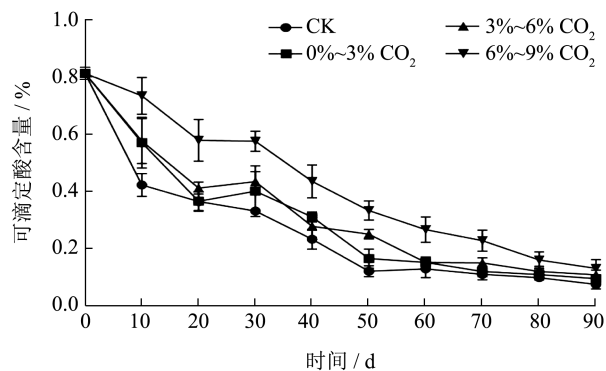


图3 不同体积分数CO₂气调贮藏条件下西梅可滴定酸含量的变化

Fig.3 The change of acid content of plum fruit under different concentrations of CO₂ gas regulated storage

2.4 不同体积分数CO₂气调贮藏条件下西梅抗坏血酸含量的变化

抗坏血酸是重要的果实品质指标。西梅采后随着贮藏时间的延长果实抗坏血酸含量呈现下降的趋势,贮藏前30 d果实抗坏血酸含量下降较快,随后缓慢降低如图4所示。贮藏90 d, CK果实抗坏血酸的质量分数为0.969 mg/100 g,较0 d下降了81.59% ($P < 0.05$), 0%~3% CO₂、3%~6% CO₂和6%~9% CO₂气调贮藏果实抗坏血酸质量分数分别比CK30.82%、47.33%和86.79% ($P < 0.05$),表明6%~9% CO₂可以更好地延缓抗坏血酸含量的下降, Yang等^[15]研究发现,通过调节CO₂和O₂的比例来控制樱桃的呼吸作用,使其的新陈代谢活动得到抑制,从而达到控制维生素C分解速度的目的,保证水果中维生素C的含量。

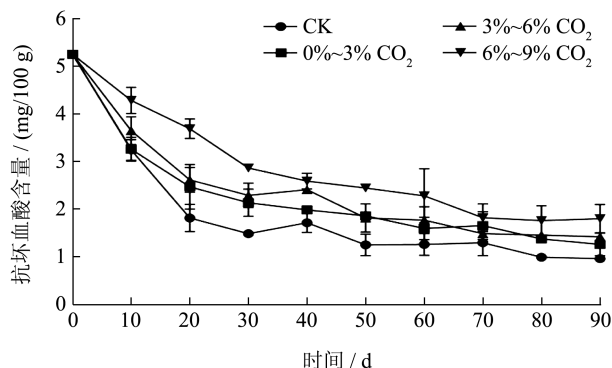


图4 不同体积分数CO₂气调贮藏条件下西梅抗坏血酸含量的变化

Fig.4 The change of ascorbic acid content in plum fruit under different concentrations of CO₂ gas regulated storage

2.5 不同体积分数CO₂气调贮藏条件下西梅失重率的变化

果蔬采后在贮藏过程中,由于呼吸消耗和水分的蒸腾,导致果蔬质量减少。采后西梅在贮藏过程中,果实质量减轻,失重率逐渐增加,如图5所示。贮藏20 d后,对照果实失重率增加显著高于CO₂气调贮藏果实。6%~9% CO₂气调贮藏果实失重率增加缓慢,显著低于对照和其它气调贮藏。贮藏90 d时,6%~9% CO₂气调贮藏果实失重率为3.56%, CK、0%~3% CO₂、3%~6% CO₂气调贮藏失重率分别为5.88%、4.36%、4.31%。表明较高浓度CO₂气调贮藏能够抑制西梅贮藏期间果实的失重率,这表明气调贮藏可以延缓西梅呼吸强度,减少组织内部水分

的蒸腾,延长其正常的生理活动,降低其失重率。张四普等^[16]的研究气调贮藏可以有效降低猕猴桃贮藏期果实的失重率,罗俊渲等^[17]研究发现气调贮藏明显降低和田红杏贮藏期果实的失重率。

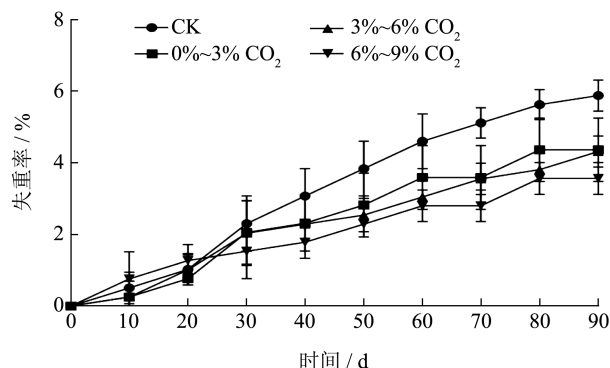


图5 不同体积分数CO₂气调贮藏条件下西梅失重率的变化

Fig.5 The change of weight loss rate of plum fruit under different concentrations of CO₂ gas regulated storage

2.6 不同体积分数CO₂气调贮藏条件下西梅果实色度的变化

L^* 值表示西梅果皮的明暗度,各处理果实 L^* 值经历先升后降的变化过程,贮藏初期的0~30 d,由于果实逐渐成熟,果实表面光泽度增强,在贮藏30 d以后,果实接近完熟,果皮色泽变深, L^* 值降低如图6a所示。6%~9% CO₂气调贮藏果实光泽亮度始终高于其他三组,说明6%~9% CO₂有效抑制西梅果实成熟色泽变化。红色和绿色变化程度通过 a^* 值来衡量, a^* 值大于零,表明果皮色泽变红, a^* 值越大,色度越深。随着贮藏时间延长,各处理组的颜色从青绿色向红色渐进转变,当果实完全成熟变红, a^* 值达到最大值(如图6b所示)。贮藏90 d,6%~9% CO₂气调贮藏的 a^* 值明显高于对照、0%~3% CO₂及3%~6% CO₂气调贮藏。在贮藏过程中,各个处理组的 b^* 值不断降低,西梅果皮颜色逐步转为紫色,6%~9% CO₂气调贮藏果皮 b^* 值的变化明显小于其他处理组。以上表明6%~9% CO₂气调贮藏能有效延缓西梅果实的成熟衰老。

颜色是水果成熟程度的感官指标,反映了新鲜水果的保质期质量^[18]。本试验通过气调处理,降低贮藏环境中的O₂体积分数,提高CO₂体积分数,保持西梅果实亮度、延缓西梅颜色转变,这一结果也得到了其他研究的支持,如Nakano等^[19]报道,低氧在延缓樱桃颜色转变方面更有效。

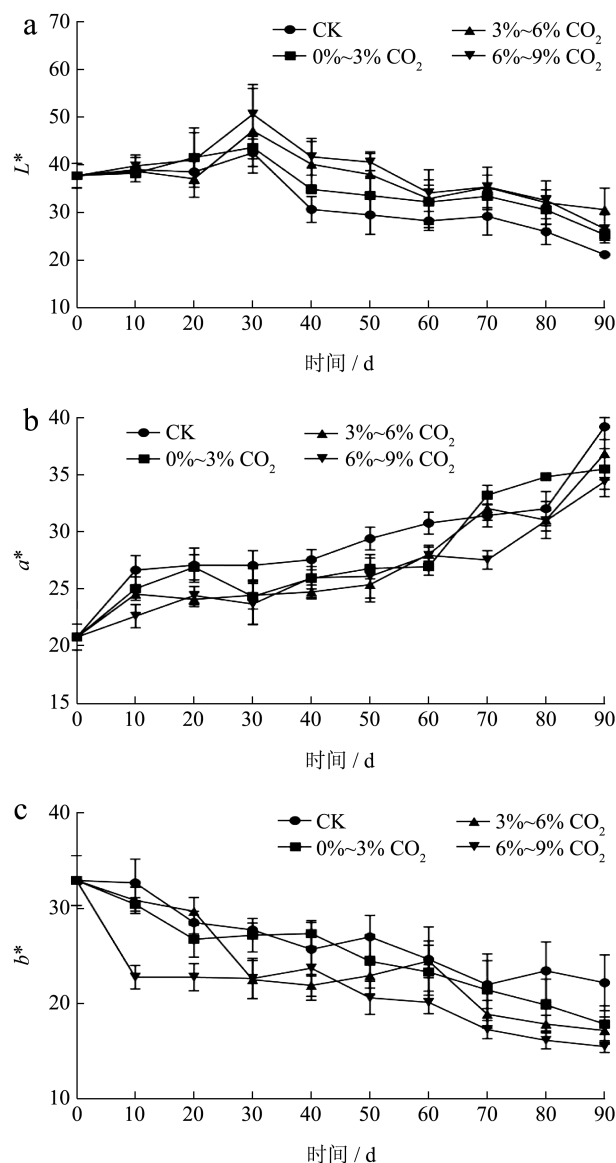


图6 不同体积分数 CO_2 气调贮藏条件下西梅果皮 L^* (a)、 a^* (b)、 b^* (c) 的变化

Fig.6 Changes of L^* (a), a^* (b) and b^* (c) of plum fruit peel under different concentrations of CO_2 gas regulated storage

2.7 不同体积分数 CO_2 气调贮藏条件下西梅呼吸强度的变化

呼吸高峰的出现是果实从成熟到衰老的一个标志,表明果实的贮藏能力相应地降低。西梅果实在贮藏期间的呼吸强度逐渐增加,贮藏30 d时达到高峰,随后呼吸强度逐渐下降如图7显示。6%~9% CO_2 气调贮藏果实呼吸高峰显著低于其他三个处理组。贮藏90 d时6%~9% CO_2 气调贮藏的果实呼吸强度分别比CK组、0%~3% CO_2 、3%~6% CO_2 气调贮藏低59.44%、30.97%、4.98%,达到显著性差异

($P < 0.05$),表明6%~9% CO_2 气调贮藏显著降低果实在贮藏过程中的呼吸强度,延缓果实的后熟和衰老过程,这可能是贮藏环境中 CO_2 浓度的增加,抑制了西梅的呼吸作用。朱丽娜等^[20]通过气调包装降低了鲜杏的呼吸速率,说明了 CO_2 对各呼吸路径产生了一定调控作用,降低了不同路径呼吸速率。

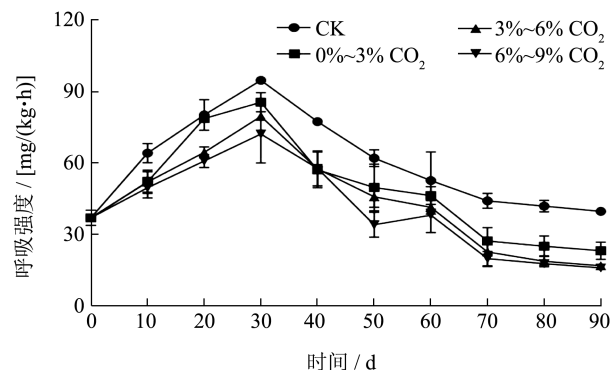


图7 不同体积分数 CO_2 气调贮藏条件下西梅呼吸强度的变化
Fig.7 The change of respiratory intensity of plum fruit under different concentrations of CO_2 gas regulated storage

2.8 不同体积分数 CO_2 气调贮藏条件下西梅细胞膜渗透率的变化

西梅在贮藏过程中,各处理果实细胞膜渗透率均呈现出逐渐上升的趋势。CK组果实的细胞膜渗透率快速增加,高于其它处理(如图8所示)。贮藏90 d时,0%~3% CO_2 、3%~6% CO_2 和6%~9% CO_2 气调贮藏果实细胞膜渗透率分别为60.74%、58.20%、52.29%,表明较高体积分数 CO_2 气调贮藏能够减轻细胞膜受损害程度,维持细胞膜的完整性,降低电解物质的外渗。

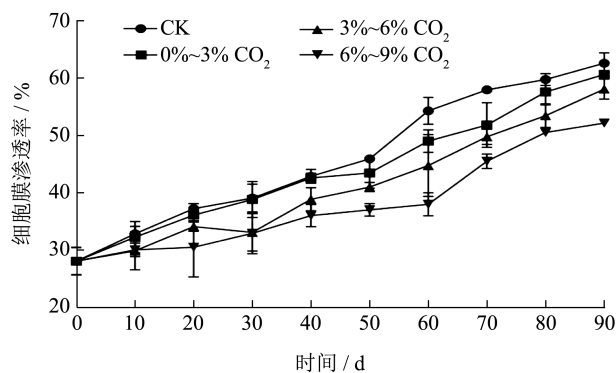


图8 不同体积分数 CO_2 气调贮藏条件下西梅细胞膜渗透率的变化
Fig.8 The change of cell membrane permeability of plum fruit under different concentrations of CO_2 gas regulated storage

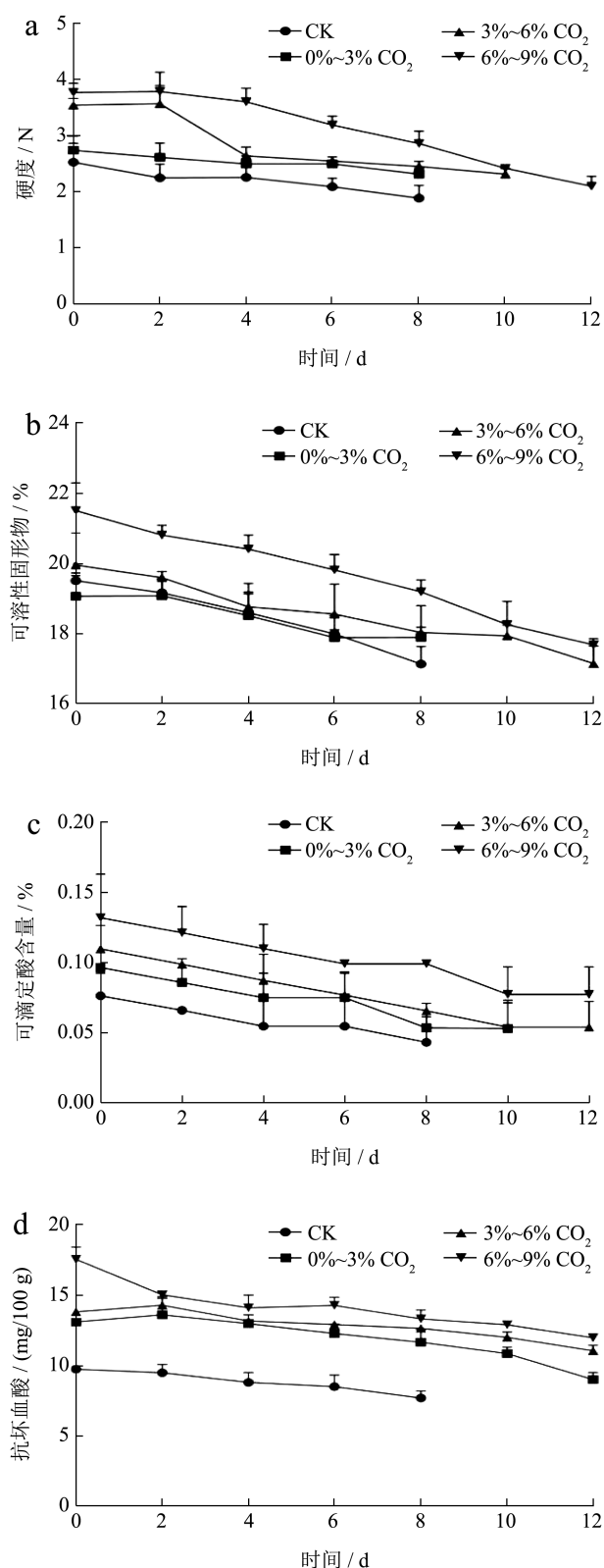


图9 不同体积分数CO₂气调贮藏条件下西梅货架期硬度(a)及可溶性固形物(b)、可滴定酸(c)、抗坏血酸(d)含量的变化

Fig.9 Changes of shelf-life firmness (a), soluble solids (b), titratable acid (c) and ascorbic acid (d) of plum fruit under different concentrations of CO₂ gas regulated storage

2.9 不同体积分数CO₂气调贮藏条件下西梅货架期品质的变化

西梅由气调贮藏转入常温后, 其果实硬度、可溶性固性物、可滴定酸、抗坏血酸含量均呈现下降趋势。由图9a和9b所示, CK组和0%~3% CO₂组西梅果实的硬度和可溶性固形物含量在货架期8 d时完全腐烂, 3%~6% CO₂和6%~9% CO₂气调贮藏果实能存放到12 d。6%~9% CO₂气调贮藏果实在货架期12 d时硬度和可溶性固形物的质量分数分别维持在2.10 N、17.68%。

图9c和9d表示西梅果实可滴定酸和抗坏血酸含量的变化趋势。在常温条件下存放8 d的CK组果实已经失去了其商品价值, 贮藏12 d时, 6%~9% CO₂气调贮藏果实维持较高的可滴定酸和抗坏血酸的质量分数, 分别为0.08%、11.96%。由此说明, 6%~9% CO₂气调贮藏能够更好地延缓可滴定酸、抗坏血酸的分解, 保持果实货架期品质。

3 结论

本试验采用不同体积分数CO₂气调贮藏“法兰西”西梅, 测定其对果实硬度、可溶性固形物、可滴定酸、抗坏血酸、失重率、果皮颜色变化、呼吸强度、细胞膜渗透率的影响, 研究结果表明气调贮藏降低了果实呼吸强度, 抑制硬度下降, 保持可溶性固形物、可滴定酸及抗坏血酸的质量分数, 延缓细胞膜渗透率的增加, 维持果皮良好的色泽, 延长货架期。通过比较, 6%~9% CO₂气调贮藏能够更好的保持西梅贮藏期的品质, 延长货架期。试验不足之处在于没有设置更高体积分数的CO₂气调贮藏对西梅贮藏品质的影响, 在这方面需开展进一步的研究, 完善西梅气调贮藏保鲜技术。

参考文献

- [1] “十二五”国家重点图书出版规划项目《植物药活性成分大辞典》(上、中、下册)[J]. 中草药, 2012, 43(12): 2457-2457.
- [2] 李忠, 王向未, 董成虎, 等. 不同处理方式对西梅贮藏品质的影响[J]. 保鲜与加工, 2023, 23(4): 16-19.
- [3] 刘志旭, 朱璇, 赵亚婷, 等. 高浓度CO₂短时处理对西梅采后贮藏品质及抗氧化代谢的影响[J]. 食品工业科技, 2024, 45(12): 311-318.
- [4] LI D, ZHANG X, QU H, et al. Delaying the biosynthesis of aromatic secondary metabolites in postharvest strawberry fruit exposed to elevated CO₂ atmosphere [J]. Food Chemistry, 2020, 306: 125611.

- [5] SHELLIE K C. Ultra-low oxygen refrigerated storage of 'rio red' grapefruit: fungistatic activity and fruit quality [J]. Postharvest Biology and Technology, 2002, 25(1): 73-85.
- [6] 张鹏,李欣悦,贾晓昱,等.微环境气调对蟠桃冷藏和常温货架品质和生理变化的影响[J].食品与发酵工业,2023, 49(3):275-283
- [7] DLMANAL T. Controlled atmosphere and shelf life performance of a new late-maturing Japanese pear, *Pyrus pyrifolia* (Burm. F.) Nakai, cultivar 'Atago'[J]. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 2020, 48(1): 177-188.
- [8] 康慧芳,乔勇进,刘晨霞,等.气调贮藏对“徐香”猕猴桃采后保鲜效果影响[J].食品工业科技,2020,41(2):5-10.
- [9] 曹建康,姜微波,赵玉梅,等.果蔬采后生理生化实验指导[M].北京:中国轻工业出版社,2007.
- [10] SINGH S P, SINGH Z. Controlled and modified atmospheres influence chilling injury, fruit quality and antioxidative system of Japanese plums (*Prunus salicina* Lindell) [J]. International Journal of Food Science and Technology, 2013, 48(2): 363-374.
- [11] FAN X, JIANG W, GONG H, et al. Cell wall polysaccharides degradation and ultrastructure modification of apricot during storage at a near freezing temperature [J]. Food Chemistry, 2019, 300: 125-194.
- [12] 陈敏惠,陈于陇,李佳鸿,等.气调包装对鲜切菠萝品质的影响分析[J].现代食品科技,2023,39(11):135-142.
- [13] CRISTIANO A S, BRACKMANN A, PINTO J A V, et al. Respiratory rate of fruits of temperate climate [J]. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 2007, 42(3): 313-321.
- [14] SESTARI I, GIEHL R F H, PINTO J A V, et al. Controlled atmosphere storage for 'maciel' peaches harvested in two ripening stages [J]. Ciência Rural, 2008, 38(5): 1240-1245.
- [15] YANG Q Z, ZHANG X P, WANG F, et al. Effect of pressurized argon combined with controlled atmosphere on the postharvest quality and browning of sweet cherries [J]. Postharvest Biology and Technology, 2019, 147(1): 59-67
- [16] 张四普,王欣锐,崔巍,等.气调贮藏对金桃猕猴桃货架品质的影响[J].河南农业科学,2022,51(12):162-171.
- [17] 罗峻渲,孙腾飞,易明玥,等.气调贮藏对和田红杏贮藏品质的影响[J].食品科技,2022,47(11):30-35.
- [18] 陆徐行.基于特征约束的视频目标跟踪算法研究[D].南京:南京邮电大学,2024.
- [19] NAKANO K, MAEZAWA S. Combined effect of heat treatment and modified atmosphere packaging on the color development of cherry tomato [J]. Postharvest Biology and Technology, 2004, 34: 113-116.
- [20] 朱丽娜,孟新涛,徐斌,等.CO₂气调包装对轮南白杏采后呼吸和色泽质地的影响[J].现代食品科技,2019,35(7):89-98.