

温度波动对猕猴桃在 4 °C 下货架贮藏品质的影响

熊金梁^{1a}, 陈爱强^{1b}, 刘婧^{1a,2}, 张蕊^{1b,3}, 关文强^{1a}

(1.天津商业大学 a.天津市食品与生物技术重点实验室 b.天津市制冷技术重点实验室, 天津 300134;
2.中粮利金(天津)粮油股份有限公司, 天津 301600; 3.华商国际工程有限公司, 北京 100071)

摘要: **目的** 明确不同温度波动幅度对猕猴桃微环境参数和贮藏品质的影响。**方法** 以“徐香”猕猴桃为实验材料, 采用聚乙烯膜(Polyethylene, PE)包装扎口后装于白色塑料筐中, 分别放置于(4±1), (4±2), (4±3), (4±4)°C的保鲜箱内贮藏, 监测 PE 膜包装袋中微环境气体 CO₂, O₂, C₂H₄ 含量的变化, 每 6 d 测定相关品质指标。**结果** 贮藏结束时, (4±1)°C 实验组猕猴桃的质量损失率、硬度、可溶性固形物含量、维生素 C 含量、细胞膜透率分别为 0.66%, 0.58 kg/cm², 14.2% (质量分数), 683.5 mg/kg 和 50.32%, 小幅度的温度波动有效抑制了猕猴桃的软化和营养物质的流失, 延缓了呼吸高峰的出现和乙烯的释放。**结论** 温度波动幅度越小越有利于延缓猕猴桃的衰老速度, 维持贮藏品质。

关键词: 猕猴桃; 温度波动; 品质; 保鲜

中图分类号: TS255.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)19-0069-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.19.010

Effect of Temperature Fluctuation on the Quality of Kiwifruit during 4 °C Shelf Storage

XIONG Jin-liang^{1a}, CHEN Ai-qiang^{1b}, LIU Jing^{1a,2}, ZHANG Rui^{1b,3}, GUAN Wen-qiang^{1a}

(1a.Tianjin Key Laboratory of Food and Biotechnology b.Tianjin Key Laboratory of Refrigeration Technology, Tianjin University of Commerce, Tianjin 300134, China; 2.COFCO Lijin (Tianjin) Grain and Oil Co., Ltd., Tianjin 301600, China; 3.Hua Shang International Engineering Co., Ltd., Beijing 100071, China)

ABSTRACT: This paper aims to determine the effects of different temperature fluctuations on kiwifruit microenvironment parameters and storage quality. Kiwifruits (Xuxiang) were sealed with polyethylene film (Polyethylene, PE) and put in white plastic baskets, which were placed in four refrigerators with temperatures of (4±1), (4±2), (4±3), (4±4)°C, respectively to monitor the contents of CO₂, O₂ and C₂H₄ and to evaluate the quality indexes every 6 days. At the completion of storage, the weight loss, hardness, soluble solid content, vitamin C content and cell membrane permeability of kiwifruit stored at (4±1)°C were 0.66%, 0.58 kg/cm², 14.2%, 683.5 mg/kg, and 50.32%, where small temperature fluctuation effectively inhibited the softening and nutrient loss of kiwifruit and delayed the emergence of respiratory peak and ethylene release. The smaller the temperature fluctuation range is, the slower the senescence of kiwifruit will be, which is favorable to maintain the storage quality.

KEY WORDS: kiwifruit; temperature fluctuation; quality; preservation

收稿日期: 2021-03-29

基金项目: 天津市教委项目 (2017KJ177)

作者简介: 熊金梁 (1996—), 女, 天津商业大学硕士生, 主攻果蔬保鲜。

通信作者: 关文强 (1974—), 男, 博士, 天津商业大学教授, 主要研究方向为果蔬冷链运输和保鲜。

猕猴桃属于典型的呼吸跃变型水果^[1-2],含有丰富的维生素C、膳食纤维和多种氨基酸,是原产于我国的高营养价值水果。温度是影响果蔬品质最重要的因素之一^[3],猕猴桃在运输、贮藏和展销过程中采用的装置分别为冷藏运输车、贮藏冷库和展示柜,冷藏运输车在行驶过程中经历地域气候变化较快,箱内温度波动可达2~3℃,展销柜由于频繁开闭,其温度波动可达5~6℃,三者的温度波动范围主要通过制冷系统启停来控制。波动幅度设置较小会导致制冷系统启停频繁,显著增大运行能耗;温度波动幅度设置较大可能会缩短果蔬贮藏期,增大质量损失率。探寻温度波动幅度对猕猴桃品质的影响,对于指导猕猴桃冷链运输、贮藏和展销工艺优化具有重要意义。

温度波动对肉类和果蔬的影响是诸多学者的重要研究方向。Wang等^[4]研究了4种波动温度工况(−18±0.1), −18~−17, −18~−15, −18~−13℃)下冷冻牛肉品质参数的变化,发现较大的温度波动可导致牛肉液汁流失和颜色变化,破坏纤维结构,最终影响冷冻牛肉的综合肉质。Grete等^[5]证实温度升高2℃即可导致鳕鱼货架期显著缩短。Kablan等^[6]探究了气调包装蘑菇、甘蓝、熟青番茄在各自适宜温度值附近10℃波动幅度下,其温湿度、气调成分和贮藏品质的变化,结果表明,温度波动对包装内的气体成分和贮藏品质有显著影响,CO₂浓度迅速上升,O₂浓度下降至1.5%(体积分数)以下,温度波动致使3种果蔬出现了褐变、硬度下降、质量损失增大、生理损伤和表面凝露感染等现象。刘佳等^[7]研究了不同温度波动(±1, ±0.3, ±0.1, ±0.05℃)贮藏对新鲜黄瓜品质的影响,发现小幅度温度波动可显著延缓果实膜透率和丙二醛含量的增加,维持果实抗氧化酶活性,有效延缓黄瓜贮藏冷害的发生。李媛^[8]研究贮藏环境温度波动对石榴果实贮藏品质的影响,也得到了相似结论。李珊等^[9]对比了草莓恒温冷藏和温度波动贮藏的品质差异,结果表明,温度波动条件下贮藏24h期间和货架12h期间的草莓品质显著低于恒温冷藏,针对平菇、鲜切苹果的实验研究也得到了相似结论^[10-11]。张瑞等^[12]研究了温度波动(0±0.1), (0±0.5), (0±1)℃)对灵武长枣采后贮藏品质的影响,发现较小的温度波动可以有效维持其感官品质,减缓维生素C的降解,其中在(0±0.1)℃下的贮藏保鲜效果最好。Vicent等^[13]探究低(±0.1℃)、中(±0.5℃)和高(±1.8℃)等3种温度波动对苹果冻藏期间的表面结霜、液汁流失、颜色和维生素C含量的影响,发现温度波动对冻藏期间苹果品质的影响较大。

目前,关于温度波动幅度对猕猴桃品质影响的研究相对匮乏,文中对不同温度波动幅度下猕猴桃所处微环境气体成分和品质指标进行测定,分析温度波动幅度对猕猴桃贮藏品质的影响,该研究成果可为后续猕猴桃在贮运过程中品质间接预测技术的开发提供

参考,为猕猴桃产业相关工艺的制定和优化提供理论指导。

1 实验

1.1 材料

猕猴桃品种为“徐香”,选择成熟度一致、大小均匀、色泽相近、无机械损伤、无病虫害的猕猴桃在0℃的冷库中预冷24h,采用PE膜(厚度为0.02mm,规格为65cm×65cm)包装扎口后置于白色塑料筐中,分别贮藏于(4±1), (4±2), (4±3), (4±4)℃的温度梯度箱内(型号为GQB-700KB,天津捷盛东辉保鲜科技有限公司,中国),每种处理重复3次,每次的重复实验取一袋果实(6个),其中3个用于感官评价,3个用于测量其他生理指标。每隔6d进行微环境气体成分和各项品质指标的测定。

1.2 设备

利用O₂/CO₂气体分析仪(型号为Check PointII型,PBI Dansensor,丹麦)测定各实验组微环境(PE膜内)中O₂和CO₂浓度。利用乙烯气体分析仪(型号为ES-100,意大利FCE公司)测定微环境中C₂H₄含量,每个实验组进行3次重复测量。利用testo-174H型温湿度记录仪记录微环境中的温湿度变化。

1.3 品质指标的测定

1.3.1 质量损失率

猕猴桃的质量损失率采用称量法进行测量^[14]。采用电子天平(型号为EL2044,梅特勒-托利多仪器有限公司,中国)测量贮藏前(m_0)和贮藏过程(m)中的质量,按式(1)计算贮藏过程中的质量损失率。

$$\text{质量损失率} = \frac{m_0 - m}{m_0} \times 100\% \quad (1)$$

1.3.2 硬度

参考郭文川等^[15]的方法并稍做修改,在猕猴桃果实赤道位置选取均匀分布的3个点,削去果皮后使用直径为5.0mm圆柱探头的硬度计(型号为FHM-5,日本竹村仪器公司)进行测定,以3点测量结果的平均值作为该样品的硬度。

1.3.3 果肉颜色

参考黄春辉等^[16]的方法并稍做修改,将赤道部位果实削皮,使用色差计(型号为CR-400,日本柯尼卡美能达公司)测量果肉的亮度 L^* 、红绿度 a^* 、黄蓝度 b^* ,采用式(2)计算猕猴桃果肉的颜色 C^* 。

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (2)$$

1.3.4 可溶性固形物含量

参考王圣通等^[17]的方法并稍做修改。将猕猴桃去

皮后在赤道位置切取 5 g 果肉, 使用 3 层纱布包裹, 并挤压出果汁滴入糖酸一体机 (型号为 PAL-BX/ACID1, 日本爱拓公司) 读取可溶性固形物含量。

1.3.5 维生素 C 含量

采用分光光度计法^[14]测量猕猴桃维生素 C 含量, 按照式 (3) 计算猕猴桃组织中的抗坏血酸含量。

$$\text{抗坏血酸含量} = \frac{V \times m'}{V_s \times m \times 10} \quad (3)$$

式中: m' 为由标准曲线求得的抗坏血酸的质量 (μg); V_s 为滴定时所用样品提取液的体积 (mL); V 为样品提取液总体积 (mL); m 为样品质量 (g)。

1.3.6 呼吸强度

采用电子天平 (型号为 EL-204, 梅特勒-托利多仪器有限公司, 上海) 测量 3 个随机挑选的猕猴桃果实的质量。随后置于密闭容器内, 采用果蔬呼吸测定仪 (型号为 GXH-305H, 北京均方理化科技研究所) 分别测试容器内的初始 CO_2 浓度和 15 min 后的 CO_2 浓度, 按式 (4) 计算呼吸强度 ($\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{h})$)。

$$\text{呼吸强度} = \frac{(W_2 - W_1) \times V \times M \times 1000}{V_0 \times m_s \times t} \quad (4)$$

式中: W_1 为密闭容器内初始 CO_2 浓度 (mg/L); W_2 为密闭容器最终 CO_2 浓度 (mg/L); V 为密闭容器总容积 (L); M 为 CO_2 的摩尔质量 (g/mol); V_0 为测定温度下 CO_2 摩尔体积 (L/mol); m_s 为测定用果蔬的质量 (kg); t 果蔬呼吸时间 (h)。

1.3.7 乙烯释放量

参考曹建康等^[14]的方法并稍做修改, 测定猕猴桃乙烯释放量。随机选取 9 个猕猴桃果实, 分置于 3 个容积为 860 mL 的盒内, 密封 3 h, 采用乙烯气体分析仪分别测定每个密封盒中的乙烯释放量, 按照式 (5) 计算乙烯释放速率 ($\mu\text{L}/(\text{kg} \cdot \text{h})$)。

$$\text{乙烯释放量} = \frac{C \times V}{m \times t \times 1000} \quad (5)$$

式中: C 为密封盒中的乙烯含量 ($\mu\text{L/L}$); V 为密封盒的容积 (mL); t 为静置时间 (h); m 为猕猴桃的质量 (kg)。

1.3.8 细胞膜透性

将猕猴桃削去果皮, 用打孔器 (直径 8 mm) 打取猕猴桃赤道位置的果肉组织后, 用锋利的刀片将果实组织切成相同厚度 (2 mm) 的薄片, 取 2.0 g 圆片置于小烧杯中, 加入 20 mL 去离子水震荡 10 min, 用去离子水冲洗 3 次。使用干净滤纸吸干圆片上的水分, 放入 20.0 mL 去离子水大试管中, 经过真空干燥器 (型号为 V-i180SV, 浙江飞越机电有限公司) 抽气 30 min 后, 将其震荡 1 h, 在 20~25 °C 恒温下用电导率仪 (型号为 DDS-307A, 上海仪电科学仪器股份有限公司) 测定电导率 (P_0), 沸水浴 15 min 后冷却

至 20~25 °C, 再次测定煮沸后的电导率 (P_1), 按式 (6) 计算相对电导率。

$$P = \frac{P_0}{P_1} \times 100\% \quad (6)$$

式中: P 为相对电导率; P_0 为猕猴桃鲜组织提取液的电导率; P_1 为猕猴桃组织煮沸后提取液的电导率。

1.4 数据处理

采用 Excel 2010 进行数据整理, 采用 Origin 8.5 制图, 采用 SPSS 16.0 进行相关显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同温度波动对微环境指标的影响

2.1.1 温度梯度箱内不同温度波动的变化

由于温度波动会引起果蔬细胞膜发生相变、破裂, 造成果蔬组织损伤和品质下降, 影响贮藏特性, 因此精准控制温度波动极其必要^[18]。4 种温度波动 ((4 ± 1) , (4 ± 2) , (4 ± 3) , (4 ± 4) °C) 条件下每隔 3 h 的温度变化曲线见图 1, 由图 1 可知, 此实验所用的温度梯度控制箱中的温度波动符合实验设计要求。

2.1.2 不同温度波动对微环境中 CO_2 和 O_2 含量的影响

不同温度波动幅度下, 猕猴桃所处微环境内气体成分含量随贮藏时间的变化见图 2。随着贮藏时间的增加, 微环境中 CO_2 含量逐渐上升, O_2 含量逐渐下降。 CO_2 含量的上升和 O_2 含量的下降反映了猕猴桃的生理活动强度, 其数值变化会影响猕猴桃的生理活动。不同温度波动幅度下猕猴桃所处微环境的气体成分变化展现出不同的特点, CO_2 含量大体呈线性增长趋势, 贮藏后期的波动幅度为 (4 ± 3) °C 和 (4 ± 4) °C, 实验组 CO_2 含量的增速明显减缓, 各实验组 O_2 含量的下降速率随贮藏时间的不同而有所差异。贮藏结束时, 4 个实验组的 CO_2 含量分别由初始的 0.2% (气体含量均以体积分数计) 上升至 1.5%, 1.7%, 1.7%, 2.3%, O_2 含量分别由初始的 20.4% 下降至 18.2%, 17.4%, 16.9%, 15%。上述结果表明, 相较于其他组, (4 ± 1) °C 实验组的 CO_2 含量上升幅度和 O_2 含量下降幅度均最小。

2.1.3 不同温度波动对微环境中 C_2H_4 含量的影响

C_2H_4 是促进果实成熟衰老的重要气体激素^[19]。由图 3 可知, 各实验组微环境中的 C_2H_4 含量随着贮藏时间的增加呈逐渐上升的趋势, 其中 (4 ± 4) °C 实验组的 C_2H_4 含量上升速率最快, 温度波动幅度为 (4 ± 3) , (4 ± 2) °C 实验组的 C_2H_4 含量上升幅度差异不大, (4 ± 2) °C 实验组在贮藏 6 d 时 C_2H_4 含量稍有上升, 温度波动幅度最小的 (4 ± 1) °C 实验组的 C_2H_4 含量上升幅度最小。

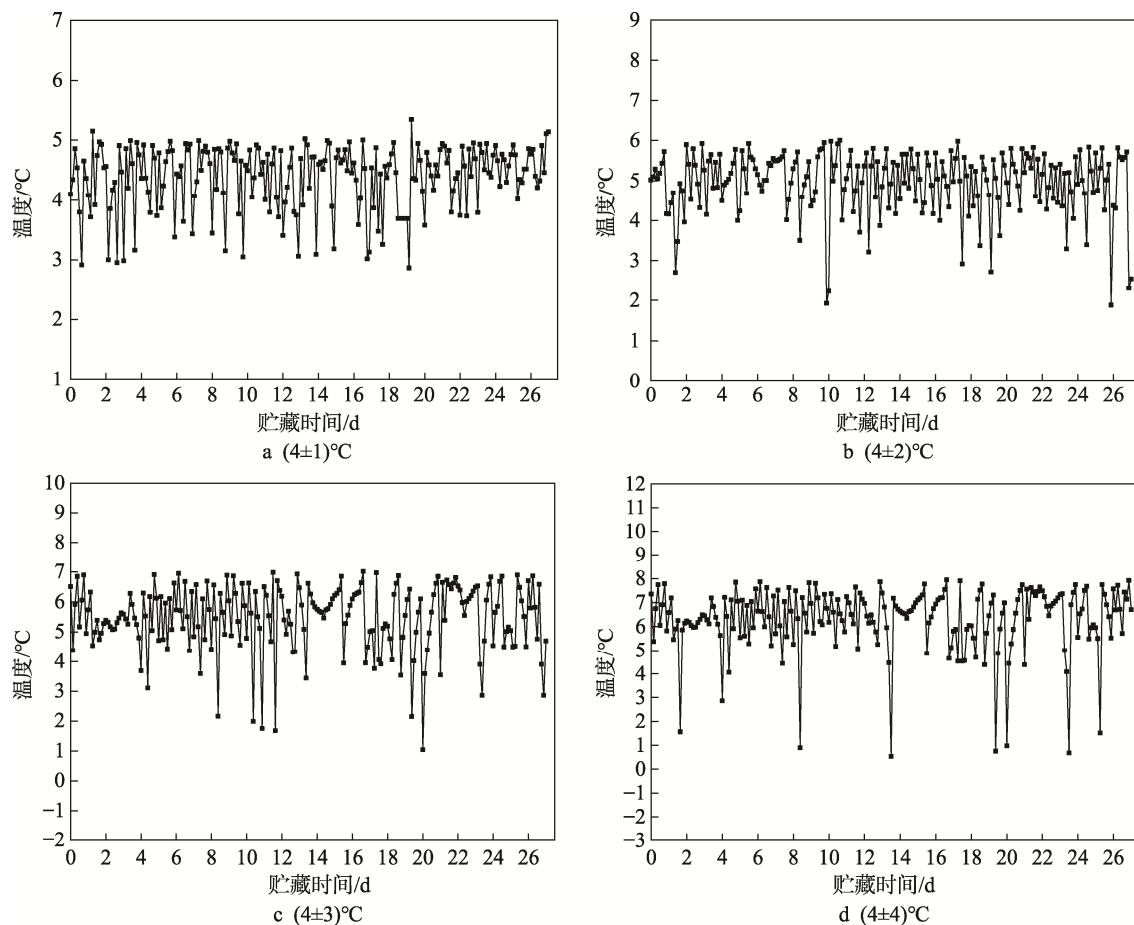
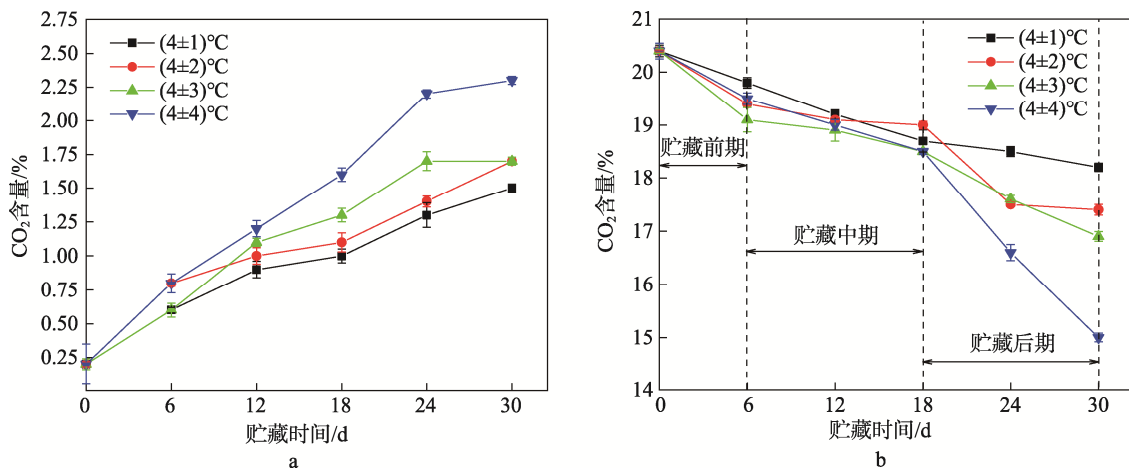


图1 不同设定温度变化幅度下温度梯度箱内的实际温度波动

Fig.1 Actual variation of different temperature fluctuation in temperature gradient box

图2 不同温度波动幅度对微环境中CO₂和O₂含量的影响Fig.2 Effect of different temperature fluctuations on CO₂ and O₂ contents in microenvironment

2.2 不同温度波动对猕猴桃品质的影响

2.2.1 不同温度波动对猕猴桃质量损失率的影响

在贮藏过程中各实验组猕猴桃的质量损失率变化情况见图4,各实验组的质量损失率均不断增长,温度波动幅度越大,质量损失率越大。温度波动幅度为 $(4\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 时,猕猴桃质量损失率的增长速率最小,

甚至初期的质量损失率可忽略不计。温度波动幅度为 $(4\pm 4)^{\circ}\text{C}$ 时,猕猴桃质量损失率的增长速率最大,温度波动幅度为 $(4\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 与 $(4\pm 3)^{\circ}\text{C}$ 时的猕猴桃质量损失率变化十分相近。各实验组的质量损失率差异随贮藏时间的增加而逐渐增大,贮藏结束时, $(4\pm 4)^{\circ}\text{C}$ 实验组的质量损失率显著高于其他实验组($P<0.05$), $(4\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 与 $(4\pm 3)^{\circ}\text{C}$ 实验组的差异不显著($P>0.05$)。

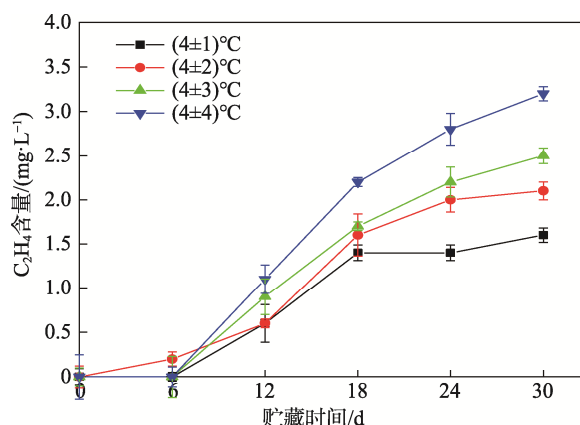


图 3 不同温度波动幅度对微环境中 C_2H_4 含量的影响
Fig.3 Effects of different temperature fluctuations on C_2H_4 content in microenvironment

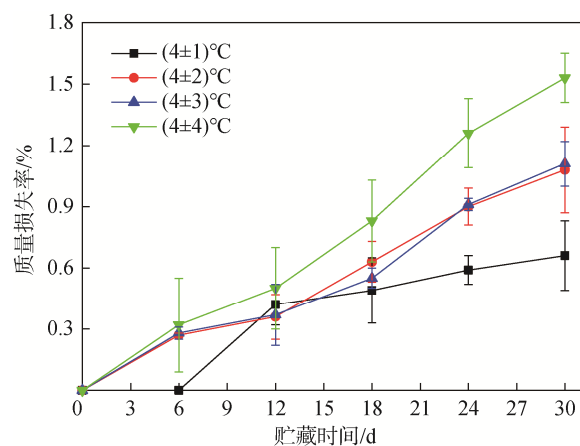


图 4 不同温度波动幅度对猕猴桃质量损失率的影响
Fig.4 Effects of different temperature fluctuations on weight loss rate of kiwifruit

2.2.2 不同温度波动对猕猴桃硬度的影响

不同实验组的硬度变化见图 5, 贮藏初期各实验组猕猴桃的硬度下降幅度相对较小, 这可能是因为贮藏初期猕猴桃自身的生理代谢相对正常, 具有较高的耐贮性。贮藏 12 d 时, 各实验组的硬度值由小到大依次为(4±4), (4±3), (4±2), (4±1)°C, 其中(4±1)°C实验组的硬度显著高于其他实验组 ($P<0.05$), 较小的温度波动幅度可能能够延缓果胶的分解速率, 抑制果实的成熟衰老进程。贮藏结束时, 4 个实验组的硬度分别下降至 0.58, 0.36, 0.2, 0.15 kg/cm², 较小的温度波动幅度能在一定程度上延缓猕猴桃果实的软化, 保持较大的硬度。

2.2.3 不同温度波动对猕猴桃颜色的影响

不同实验组的颜色变化见图 6, 在贮藏前期, 不同温度波动幅度下猕猴桃果实的颜色饱和度 C^* 值和明亮度 L^* 值下降较为明显, 后期趋于稳定。在贮藏初期, 猕猴桃 C^* 值为 31.13, 贮藏 12 d 时, (4±1)°C 实验组的 C^* 值为 28.53, 显著高于其他实验组 ($P<0.05$),

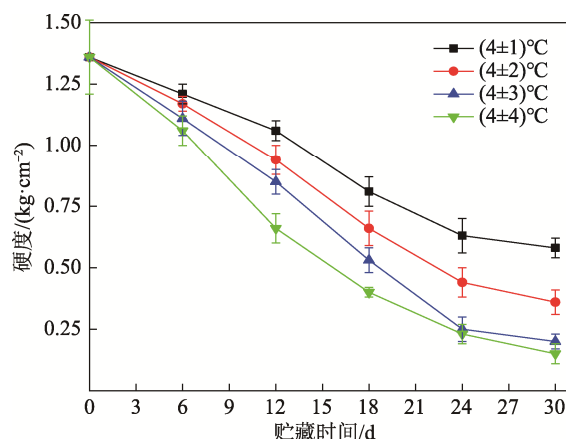


图 5 不同温度波动幅度对猕猴桃硬度的影响
Fig.5 Effects of different temperature fluctuations on hardness of kiwifruit

(4±2)°C 与 (4±3)°C 实验组的差异不显著 ($P>0.05$)。贮藏结束时, (4±1), (4±2), (4±3), (4±4)°C 实验组的 C^* 值较初值分别下降了 20.11%, 22.45%, 23.45%, 24.16%, 表明(4±1)°C 实验组相较于其他实验组能有效保持果实的颜色饱和度。各实验组猕猴桃果实的 L^* 值均呈下降趋势, 贮藏结束时, (4±1)°C 实验组的降幅最小, (4±3)°C 和 (4±4)°C 实验组的果实 L^* 值显著低于其他实验组 ($P<0.05$)。上述结果表明, 较小的温度波动能更好地维持果实亮度, 保持良好色泽。

2.2.4 不同温度波动对猕猴桃可溶性固形物和维生素 C 含量的影响

贮藏过程中不同实验组的可溶性固形物和维生素 C 含量变化见图 7。采收初期猕猴桃果实的淀粉含量较高, 各实验组可溶性固形物含量在贮藏过程中呈现先上升再下降的趋势。在贮藏前期, 淀粉的转化作用使可溶性固形物含量迅速上升, 中后期因呼吸作用逐渐下降。贮藏结束时, (4±1)°C 实验组果实的可溶性固形物含量显著低于(4±3)°C 和 (4±4)°C 实验组 ($P<0.05$), (4±1)°C 与 (4±2)°C 实验组的可溶性固形物含量无显著性差异 ($P>0.05$)。 (4±1)°C 实验组维生素 C 含量下降最慢, (4±4)°C 实验组的维生素 C 含量下降最快。贮藏结束时, (4±1), (4±2), (4±3), (4±4)°C 实验组的维生素 C 含量相较于初值分别下降了 36.13%, 49.73%, 64.15%, 76.05%, (4±1)°C 实验组的维生素 C 含量最高, 显著高于其他 3 个实验组 ($P<0.05$)。上述结果表明, 较小的温度波动可以有效延缓猕猴桃可溶性固形物含量的上升和维生素 C 含量的下降, 保持果实良好的口感和营养价值。

2.2.5 不同温度波动对猕猴桃呼吸乙烯和细胞膜透性的影响

贮藏过程中不同实验组猕猴桃的呼吸强度、乙烯释放量和细胞膜相对电导率的变化见图 8。在贮藏前期, 各实验组果实呼吸强度的差异不明显, 在贮藏中后期差异逐渐增大, 见图 8a。在贮藏 12 d 时, (4±4)°C

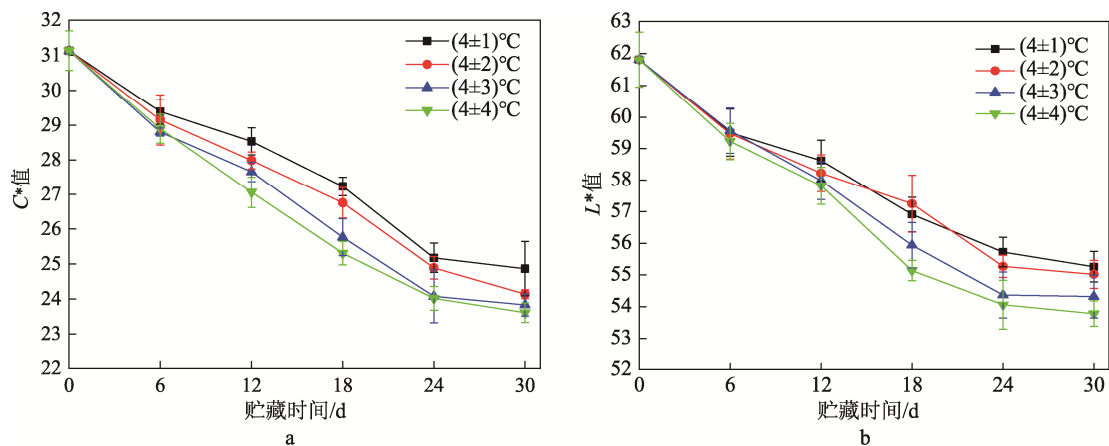


图6 不同温度波动幅度对猕猴桃颜色的影响

Fig.6 Effects of different temperature fluctuations on color values of kiwifruit

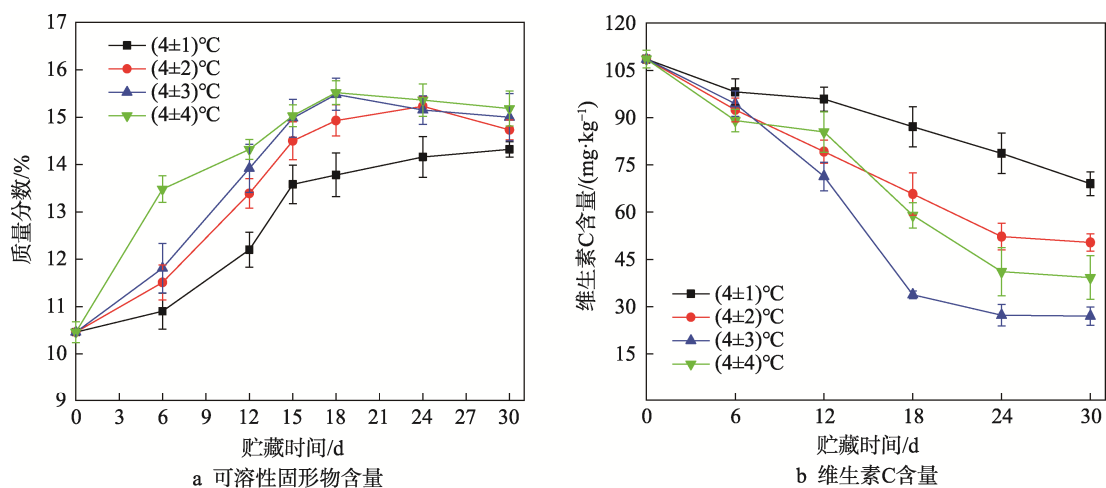


图7 不同温度波动幅度对猕猴桃营养物质的影响

Fig.7 Effect of different temperature fluctuations on the nutrients of kiwifruit

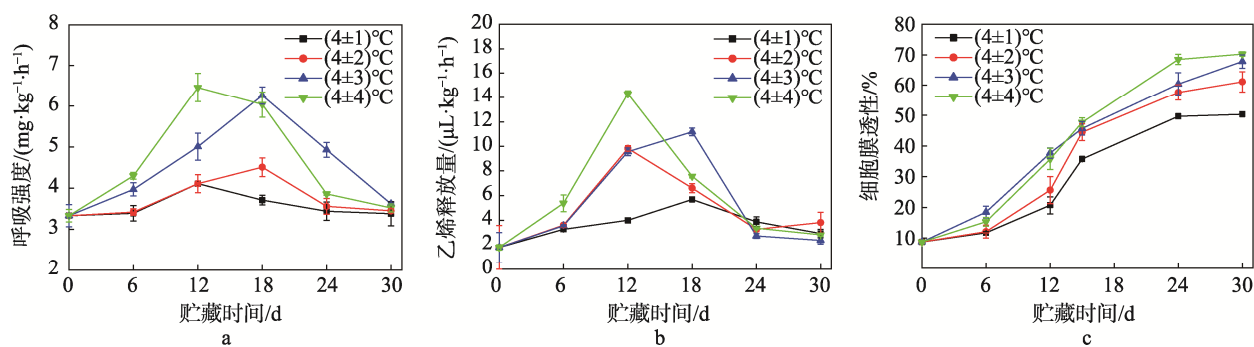


图8 不同温度波动幅度对猕猴桃呼吸强度、乙烯释放量和细胞膜透性的影响

Fig.8 Effects of different temperature fluctuations on respiration intensity, ethylene release and cell membrane permeability of kiwifruit

实验组果实的呼吸强度达到峰值, (4±2)°C和(4±3)°C实验组均在贮藏18 d时达到峰值, 且有显著性差异 ($P<0.05$), 并且(4±1)°C实验组果实的呼吸强度显著低于其他实验组, 较小的温度波动幅度能够降低猕猴桃呼吸强度的峰值, 延缓呼吸进程。在(4±1)°C波动条件下, 乙烯释放量一直处于较低水平(图8b),

(4±2), (4±3), (4±4)°C实验组分别在贮藏12, 18, 18 d达到释放高峰。温度波动幅度越大, 乙烯高峰出现的时间越早且峰值越高, 之后随着果实的衰败又迅速回落。贮藏12 d时, (4±3)°C与(4±4)°C实验组猕猴桃的细胞膜透性分别为37.68%, 35.74%(图8c), 显著高于(4±1)°C和(4±2)°C实验组 ($P<0.05$)。贮藏结束时,

各组果实的细胞膜透性分别为 50.32%, 61.07%, 67.76%, 70.23%, (4±1)℃实验组果实的细胞膜透性显著低于其他实验组 ($P<0.05$)。较低的温度波动能更好地抑制猕猴桃细胞膜相对电导率的上升, 延缓果实的衰老, 保证其良好的品质。

3 结语

不同温度波动条件下, 随着贮藏时间的增加, PE膜内微环境气体含量发生显著变化。波动幅度越大, 微环境气体参数变化越剧烈, 稳定性越低, 对猕猴桃果实的胁迫性越大, 其品质下降越明显; 温度波动幅度越小, 越有利于猕猴桃的贮藏和保鲜, (4±1)℃实验组有效地抑制了猕猴桃的软化和营养物质的损失, 延缓了猕猴桃的呼吸强度和乙烯释放量高峰的出现, 抑制了果实的后熟和品质的下降; (4±1)℃实验组的处理效果优于(4±2)℃, 两者间差异在可接受范围内, 考虑到机器耗能和维修投入, 在实际贮藏和展销过程时可将温控保持(4±2)℃的波动范围。

参考文献:

- [1] 韩世明, 周赛霞, 宋满珍, 等. 猕猴桃产业的市场现状及发展对策[J]. 黑龙江农业科学, 2011(2): 101—106.
HAN Shi-ming, ZHOU Sai-xia, SONG Man-zhen, et al. Market Status and Development Strategies of Kiwi-fruit Industry[J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2011(2): 101—106.
- [2] 许森, 陈庆红, 罗轩, 等. 猕猴桃贮藏保鲜技术研究进展[J]. 湖北农业科学, 2017, 56(5): 809—812.
XU Miao, CHEN Qing-hong, LUO Xuan, et al. Research Progress of Kiwifruit Storage Technology[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2017, 56(5): 809—812.
- [3] 胡云峰, 李喜宏, 朱志强, 等. 果蔬保鲜温度梯度试验冷库的设计与效果分析[J]. 农业工程学报, 2005(7): 132—135.
HU Yun-feng, LI Xi-hong, ZHU Zhi-qiang, et al. Design and Effect Analysis of Temperature Gradient Cold Storage for Fruit and Vegetable Preservation[J]. Journal of Agricultural Engineering, 2005(7): 132—135.
- [4] WANG Yao, LIANG Hong, XU Ru-ying, et al. Effects of Temperature Fluctuations on the Meat Quality and Muscle Microstructure of Frozen Beef[J]. International Journal of Refrigeration, 2020, 116: 1—8.
- [5] GRETE L, TATIANA A, MORTEN H, et al. Temperature Fluctuations in Processing and Distribution: Effect on the Shelf Life of Fresh Cod Fillets (*Gadus Morhua* L)[J]. Food Control, 2020, 112: 107102.
- [6] KABLAN T, MATHIAS K O, GILLES D, et al. Comparative Evaluation of the Effect of Storage Temperature Fluctuation on Modified Atmosphere Packages of Selected Fruit and Vegetables[J]. Postharvest Biology and Technology, 2007, 46(3): 212—221.
- [7] 刘佳, 乔丽萍, 李喜宏, 等. 温度波动对黄瓜贮藏冷害及品质影响[J]. 食品工业, 2017, 38(4): 52—54.
LIU Jia, QIAO Li-ping, LI Xi-hong, et al. Effect of Temperature Fluctuation on Chilling Injury and Quality of Cucumber during Storage[J]. Food Industry, 2017, 38(4): 52—54.
- [8] 李媛. 温度波动对石榴贮藏效果的影响[J]. 保鲜与加工, 2018, 18(2): 15—18.
LI Yuan. Effect of Temperature Fluctuation on Pomegranate Storage[J]. Preservation and Processing, 2018, 18(2): 15—18.
- [9] 李珊, 朱毅, 傅达奇, 等. 温度波动对草莓贮藏和货架期品质的影响[J]. 农产品加工(学刊), 2013(3): 18—21.
LI Shan, ZHU Yi, FU Da-qi, et al. Effect of Temperature Fluctuation on Storage and Shelf Life Quality of Strawberry[J]. Journal of Agricultural Products Processing, 2013(3): 18—21.
- [10] 徐丽婧, 高丽朴. 温度波动对平菇贮藏品质的影响[C]//全国食用菌学术研讨会, 2014: 266—270.
XU Li-jing, GAO Li-pu. Effect of Temperature Fluctuation on Storage Quality of *Pleurotus Ostreatus*[C]//National Symposium on Edible Fungi, 2014: 266—270.
- [11] 张洁, 刘震远, 李悦明, 等. 鲜切苹果货架品质对温度波动响应规律研究[J]. 食品科技, 2019, 44(10): 44—49.
ZHANG Jie, LIU Zhen-yuan, LI Yue-ming, et al. Study on the Response of Shelf Quality of Fresh Cut Apple to Temperature Fluctuation[J]. Food Science and Technology, 2019, 44(10): 44—49.
- [12] 张瑞, 张新, 李喜宏, 等. 温度波动对灵武长枣贮藏品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(24): 199—203.
ZHANG Rui, ZHANG Xin, LI Xi-hong, et al. Effect of Temperature Fluctuation on Storage Quality of Lingwu Long Jujube[J]. Food Research and Development, 2017, 38(24): 199—203.
- [13] VICENT V, NDOYE F T, VERBOVEN P, et al. Quality Changes Kinetics of Apple Tissue during Frozen Storage with Temperature Fluctuations[J]. International Journal of Refrigeration, 2018, 92: 165—175.
- [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: 39—40.
CAO Jian-kang, JIANG Wei-bo, ZHAO Yu-mei. Physiological and Biochemical Experiment Guidance of

- Postharvest Fruits and Vegetables[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007: 39—40.
- [15] 郭文川, 刘大洋. 猕猴桃膨大果的近红外漫反射光谱无损识别[J]. 农业机械学报, 2014, 45(9): 230—235.
- GUO Wen-chuan, LIU Da-yang. Nondestructive Identification of Kiwifruit by Near Infrared Diffuse Reflectance Spectroscopy[J]. Journal of Agricultural Machinery, 2014, 45(9): 230—235.
- [16] 黄春辉, 葛翠莲, 高洁, 等. 不同类型猕猴桃果实发育过程中内果皮色泽的动态变化[J]. 江西农业大学学报, 2014(3): 501—506.
- HUANG Chun-hui, GE Cui-lian, Gao Jie, et al. Dynamic Changes of Endocarp Color during Fruit Development of Different Types of Kiwifruit[J]. Journal of Jiangxi Agricultural University, 2014(3): 501—506.
- [17] 王圣通, 戴泽翰, 鲍敏丽, 等. 健康贡柑和感黄龙病贡柑果实品质比较[J]. 南方农业学报, 2015(8): 1411—1414.
- WANG Sheng-tong, DAI Ze-han, BAO Min-li, et al. Comparison of Fruit Quality between Healthy and Susceptible Gonggan[J]. Journal of Southern Agriculture, 2015(8): 1411—1414.
- [18] 焦岩, 张岩, 李保国, 等. 冰箱中温湿度变化对果蔬贮藏质量的影响[C]//全国低温工程大会, 2001: 148—152.
- JIAO Yan, ZHANG Yan, LI Bao-guo, et al. The Effect of Temperature and Humidity in Refrigerator on the Storage Quality of Fruits and Vegetables[C]//National Low Temperature Engineering Conference, 2001: 148—152.
- [19] 胡位歆. 新鲜水果货架期预测模型的构建[D]. 杭州: 浙江大学, 2016: 1—70.
- HU Wei-xin. Construction of Fresh Fruit Shelf Life Prediction Model[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2016: 1—70.