

温度波动对贮藏猕猴桃品质劣变的影响

张翼钊^{1,2,3}, 王宝刚^{2,3}, 李文生^{2,3}, 钱建平^{3,4}, 王云香^{2,3}, 郝光飞¹, 孟凡翔^{2,3}, 常虹^{2,3}, 周家华^{2,3}, 赵山山^{1*}

(1. 河北工程大学 生命科学与食品工程学院, 河北 邯郸 056000; 2. 北京市农林科学院 农产品加工与食品营养研究所, 北京 100097; 3. 果蔬农产品保鲜与加工北京市重点实验室, 北京 100097; 4. 中国农业科学院 农业资源与农业区划研究所, 北京 100081)

摘要:以“红阳”猕猴桃为试材, 采用低温贮藏方式, 分别设定3个不同温度波动区间处理: 对照猕猴桃在2℃贮藏, 处理组温度波动范围为3℃(2~5℃)和5℃(2~7℃)下循环处理72h(12h交替运行), 处理后贮藏于2℃条件下, 通过测定猕猴桃的失重率、果实硬度、可滴定酸、可溶性固形物含量等指标, 探究温度波动对猕猴桃品质变化的影响。结果表明: 在猕猴桃贮藏过程中, 温度波动处理提高了多酚氧化酶活性并使过氧化物酶活性高峰提前。温度波动处理对猕猴桃在贮藏前期的品质有较大影响, 加快了猕猴桃硬度和维生素C的下降, 提高可溶性固形物含量和相对电导率, 加剧透明化, 引起猕猴桃各方面品质参数的衰变, 致使整体走向衰败现象。贮藏过程中温度波动越大, 对猕猴桃的品质参数变化影响越大, 不利于猕猴桃的贮藏和保鲜。综上, 温度波动处理对猕猴桃贮藏品质及生理代谢影响明显, 降低果实抗氧化性以及加快细胞膜降解, 加速了猕猴桃整体品质下降。

关键词:温度波动; 品质变化; 贮藏; 保鲜; 衰变

Effect of Temperature Fluctuations on Quality Deterioration of Stored Kiwifruit

ZHANG Yizhao^{1,2,3}, WANG Baogang^{2,3}, LI Wensheng^{2,3}, QIAN Jianping^{3,4}, WANG Yunxiang^{2,3},
HAO Guangfei¹, MENG Fanxiang^{2,3}, CHANG Hong^{2,3}, ZHOU Jiahua^{2,3}, ZHAO Shanshan^{1*}

(1. School of Life Sciences and Food Engineering, Hebei University of Engineering, Handan 056000, Hebei, China; 2. Institute of Agri-food Processing and Nutrition, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China; 3. Beijing Key Laboratory of Fruits and Vegetable Storage and Processing, Beijing 100097, China 4. Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: Using the "Hongyang" kiwifruit as the experimental material, low-temperature storage was employed with three different temperature fluctuation ranges. Specifically, the control group stored at 2℃, while the treatment groups experienced temperature fluctuations within a range of 3℃(2-5℃) and 5℃(2-7℃) for 72h(alternating every 12h). After the treatment, all samples were stored at 2℃. By measuring indicators such as weight loss rate, fruit hardness, titratable acidity, and soluble solid content of the kiwifruit, the influence of temperature fluctuations on the quality changes of kiwifruit was investigated. The results showed that during the storage of kiwifruit, temperature fluctuation treatment increased polyphenol oxidase activity and advanced the appearance of the peak of peroxidase activity. Temperature fluctuation treatment had a significant impact on the quality of kiwifruit in the early storage period, accelerating the decrease in fruit hardness and vitamin C content, increasing the soluble solid content and relative conductivity, intensifying translucency, causing a decline in various quality parameters of kiwifruit, and leading to overall deterioration. Larger temperature fluctuation during storage allowed a greater impact on the changes in quality parameters of kiwifruit, which was detrimental to the storage and preservation of kiwifruit. In conclusion, temperature fluctuation treatment had a noticeable effect on the storage quality and physiological metabolism of kiwifruit, which reduced fruit antioxidant capacity and accelerated cell membrane degradation, thus accelerating the overall decline in kiwifruit quality.

基金项目: 国家自然科学基金项目(31971808); 现代农业产业技术体系(CARS-30); 北京市农林科学院协同创新基金(KJ CX201915)

作者简介: 张翼钊(1995—), 男(蒙古), 硕士研究生, 研究方向: 食品加工与安全。

* 通信作者: 赵山山(1982—), 女(汉), 讲师, 博士, 研究方向: 功能性食品。

Key words: temperature fluctuation; quality change; storage; freshness preservation; decay

引文格式:

张翼钊, 王宝刚, 李文生, 等. 温度波动对贮藏猕猴桃品质劣变的影响[J]. 食品研究与开发, 2023, 44(19):43-48, 103.

ZHANG Yizhao, WANG Baogang, LI Wensheng, et al. Effect of Temperature Fluctuations on Quality Deterioration of Stored Kiwifruit[J]. Food Research and Development, 2023, 44(19):43-48, 103.

红阳猕猴桃(*Actinidia chinensis*)风味独特、营养丰富,深受消费者喜爱。它富含膳食纤维、维生素以及微量元素,能增强人体免疫力,改善亚健康体质^[1-2]。已经证实猕猴桃具有多种生物活性作用,如抗氧化、抗糖尿病、抗炎等^[3-5]。猕猴桃果皮较薄,采后呼吸代谢旺盛,不耐贮运。在运输过程中品质容易快速下降,从而缩短货架寿命^[6-7]。采后运输过程易变质已经成为猕猴桃销售和加工的主要问题。低温贮藏作为最常用的保鲜技术,是影响水果采后品质的重要因素,适宜的低温条件可以降低水果的生理代谢水平,抑制水果的成熟衰老以及微生物的生长,对保持水果良好的感官品质和营养价值具有重要意义。

现有新鲜食品在配送运输过程中,贮存温度并不稳定。猕猴桃在运输、贮藏过程中采用装置为冷藏运输车,目前陆路冷链物流运输的最长时间为3 d。冷藏运输车在行驶过程中经历不同地域气候,箱内温度波动可达3℃左右,若冷藏门打开频繁,其温度波动可达5℃左右,温度波动范围主要通过制冷系统开启和关闭进行控制^[8]。波动范围设置较小会导致制冷系统开启关闭频繁,明显增大运行能耗及冷藏系统损耗;温度波动范围设置较大可能会缩短水果贮藏时间,加快水果品质下降。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、贮藏工艺优化具有重要意义。

研究表明冷链物流运输温度波动对果蔬采后贮藏产生不利作用,对果蔬的品质影响较大。物流运输温度波动降低了果蔬的硬度、可溶性固形物含量,同时提高了果蔬的多酚氧化酶活性,加快了果蔬的品质衰变^[9-11]。在冷藏运输过程中,温度波动会明显影响猕猴桃的品质,加快猕猴桃软化速率。本文研究评价温度波动对猕猴桃果实品质的影响,以减少猕猴桃在冷链运输过程中的品质损害。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

红阳猕猴桃(*Actinidia chinensis*. cv. Hongyang): 2021年9月采摘于浙江省金华市浦江县;无水乙醇、丙酮(均为分析纯):天津市大茂化学试剂厂;碳酸钠、亚硝酸钠、氢氧化钠(均为分析纯):天津市天新精细化工开发中心。

1.2 仪器与设备

BCE2202I-1CCN 电子天平:赛多利斯科学仪器有限公司;PAL-1 手持折光仪:日本 ATAGO 公司;809 电位滴定仪:瑞士万通(中国)有限公司;F-920 便携式CO₂分析仪、H100C 果实内部品质无损检测仪器:北京阳光亿事达科技有限公司;FT327 硬度计:意大利 EF-FEGI 公司;H550S 显微镜:日本尼康公司;2695 高效液相色谱仪:美国沃特世公司。

1.3 方法

1.3.1 猕猴桃预处理与样品制备

选取大小均匀、成熟度一致、无病虫害、无机械性损伤未经催熟猕猴桃(S级),采后立即运回实验室散去田间热。

猕猴桃放入50 cm×30 cm的纸箱内,纸箱内用保鲜膜包装,每个纸箱随机放入30个猕猴桃。对照:(2±0.5)℃恒定温度贮藏。处理一:3℃(2~5℃)间隔12 h、波动循环72 h。处理二:5℃(2~7℃)间隔12 h、波动循环72 h。3 d后所有果实贮藏于(2±0.5)℃、湿度85%~95%,每周每个处理取出部分果实,检测各项品质和生理指标。每个处理3个生物学重复(对照、处理一、处理二分别做3组平行处理)。

1.3.2 果肉透明化评价

果实的透明化程度可以通过观察果实横切面果肉透明化面积比例进行评价。其中,0级:无透明化症状(0%);1级:透明化面积<25%;2级:25%≤透明化面积<50%;3级:透明化面积≥50%,具体见图1。



图1 果实透明化分级图谱

Fig.1 Grading atlas of fruit transparency

透明化指数计算公式如下。

$$T = \frac{\sum E \times R}{S \times H} \times 100$$

式中: T 为透明化指数,%; E 为各级透明化指数,%; R 为相应级数; S 为调查总果数; H 为最高级别值。

透明化发生率计算公式如下。

$$I = \frac{N}{S} \times 100$$

式中: I 为透明化发生率,%; N 为发生透明化果实个数; S 为调查总果数。

1.3.3 硬度测定

果实硬度采用硬度计测定^[2]。

1.3.4 可溶性固形物含量测定

可溶性固形物(soluble solid content,SSC)含量采用折光仪测定。

1.3.5 维生素 C 测定

维生素 C 含量采用高效液相色谱法测定,根据杨晓元等^[3]的测定方法并稍作修改。称取样品 2.000 0 g 于 100 mL 烧杯中,加入适量 20 g/L 偏磷酸溶液进行搅拌、提取,重复 2~3 次,将试样转移至 100 mL 容量瓶中,定容;将样品溶液转移至 100 mL 离心管中,超声辅助提取 10 min,3 500 r/min 离心 10 min。准确吸取 100 mL 上清液于另一 50 mL 离心管中,加入 10 mL 40 g/L L-半胱氨酸溶液,加入 100 g/L 磷酸三钠溶液,调节 pH 值至 7.0~7.5,涡旋、振荡,用磷酸调节 pH 值至 2.4~2.9,用蒸馏水将试液全部转移至 100 mL 容量瓶中,定容。混匀,样品溶液过 0.45 μm 水相滤膜后,供高效液相色谱仪检测分析。

1.3.6 总酚含量测定

采用福林酚法测定猕猴桃总酚含量,并有所改动。称取 1 g 猕猴桃果肉,加入 0.05 mol/L 磷酸盐缓冲溶液(phosphate buffered solution,PBS) 4 mL,冰浴研磨完全,移至离心管中,4 ℃、10 000 r/min 离心 15 min,移取离心后的上清液 1 mL,加 1 mL 福林-酚试剂后静置,随后取碳酸钠(10%)溶液 1 mL 定容,在室温下静置 4 min。取均匀后的上清液 175 μL,使用酶标仪在 750 nm 波长处测定样品吸光度。

1.3.7 多酚氧化酶和过氧化物酶活性的测定

分别制备提取缓冲液(含 1 mol/L 聚乙烯醇、4%聚乙烯吡咯烷酮、1% TritonX-100)、醋酸缓冲液(50 mmol/L, pH5.5)和儿茶酚溶液(50 mmol/L)。共称重 5.0 g 组织,并与 5.0 mL 提取缓冲液混合。在冰浴条件下研磨匀浆后,在 4 ℃和 12 000×g 下离心 30 min。在上清液中加入 4.0 mL 醋酸缓冲液。以蒸馏水为参考,以 420 nm 处的吸光度计算猕猴桃的多酚氧化酶活性,以 470 nm 处的吸光度计算猕猴桃的过氧化物酶活性。每个处理进

行 3 个重复,每个重复使用 10 个猕猴桃,以得到平均值。结果用 U/g 表示。

1.3.8 可滴定酸测定

果实可滴定酸(titratable acid,TA)含量采用电位滴定仪测定^[4]。

1.3.9 干物质测定

采用果实内部品质无损检测仪测定。

1.3.10 丙二醛测定

采用硫代巴比妥酸法测量丙二醛含量。称取 2 g 冷冻研磨猕猴桃果实,加入 10 mL 10% 三氯乙酸研磨至匀浆,4 ℃、4 000 r/min 离心 10 min,吸取上清 2 mL(空白管加蒸馏水 2 mL),然后各管再加入 2 mL 0.6% 硫代巴比妥酸溶液。摇匀,混合液在沸水浴中反应 15 min,迅速冷却后 4 000 r/min 离心 15 min。取上清液分别在 532、600、450 nm 波长处测定吸光度,单位为 μmol/g FW。

1.3.11 相对电导率测定

用 14.5 mm 打孔器,对猕猴桃果实打孔,去皮后取质量约 2.5 g 果肉。在所取果肉中加入 30 mL 甘露醇溶液(0.8 mmol/L)浸泡 1 h 后,用电导率仪第 1 次测定电导率值。测定结束后,将其沸水浴 5 min,待冷却后第 2 次测定电导率值。相对电导率计算方法如下。

$$X = \frac{S_1}{S_2} \times 100$$

式中: X 为相对电导率,μS/cm; S_1 为第 1 次测定值; S_2 为第 2 次测定值。

1.4 数据分析

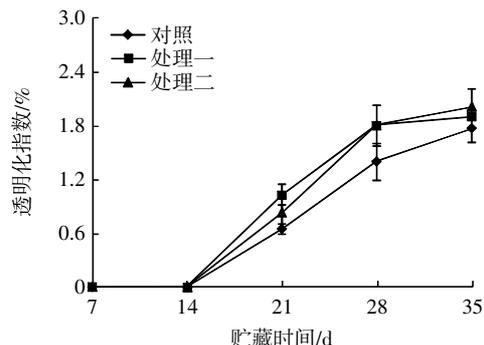
所有试验数据采用 Excel 处理。

2 结果与分析

2.1 温度波动对猕猴桃果实贮藏期间透明化的影响

温度波动对猕猴桃透明化的影响见图 2。

果实的透明化程度是猕猴桃劣变的重要标志之一,如图 2 所示,随着贮藏时间延长透明化呈上升的趋势,21 d 时处理透明化发生率明显高于对照,处理间差异明显。猕猴桃在贮藏 21 d 前出现透明化,28 d 处理与对照的透明化指数差异明显,处理果实透明化指数比对照高 22%。随着贮藏时间延长,猕猴桃果实的透



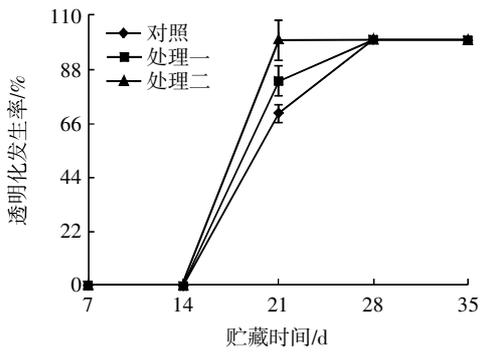


图2 温度波动对猕猴桃透明化的影响

Fig.2 Effect of temperature fluctuations on transparency of kiwifruit

明化发生率呈上升趋势,14 d后开始出现透明化,28 d所有果实出现透明化。贮藏21 d时处理猕猴桃果实透明化发生率高于对照,处理二高于处理一。结果表明,温度波动处理会加速果实透明化发生率的升高。

2.2 温度波动对猕猴桃果实贮藏期间硬度和可溶性固形物含量的影响

温度波动对猕猴桃硬度和可溶性固形物含量的影响见图3。

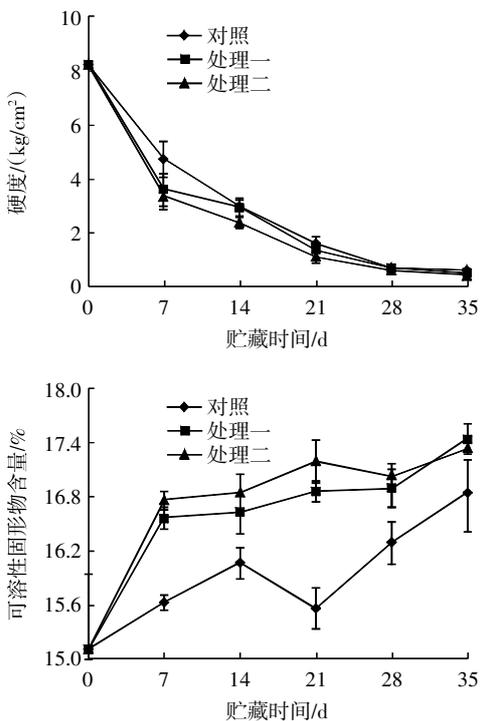


图3 温度波动对猕猴桃硬度和可溶性固形物含量的影响

Fig.3 Effect of temperature fluctuations on hardness and soluble solids of kiwifruit

硬度是衡量果蔬成熟度标准之一^[14-17]。如图3所示,猕猴桃果实的硬度在贮藏过程中随贮藏时间的延长呈下降趋势。贮藏7 d时处理果实硬度明显低于对照,从贮藏开始到7 d时对照的硬度由8.23 kg/cm²下

降到4.72 kg/cm²,降低了42%,处理一由8.23 kg/cm²下降到3.61 kg/cm²,降低了56%,处理二由8.23 kg/cm²下降到3.33 kg/cm²,降低了59%。处理硬度下降速度明显高于对照。因此温度波动处理会加速果实软化,降低果实的感官品质,提高了水果的新陈代谢,从而加快水果硬度下降。

可溶性固形物主要指可溶性糖类,是检测水果采后品质和贮藏效果的重要基础指标之一^[18]。猕猴桃的食用价值下降前可溶性固形物含量越高,说明果实成熟度越高。如图3所示,猕猴桃可溶性固形物含量随贮藏时间的延长整体呈上升趋势,处理可溶性固形物含量始终高于对照,贮藏期间,对照的可溶性固形物含量由15.0%上升至16.8%,升高了10%,处理一由15.0%上升到17.4%,升高了13%,处理二由15%上升到17.3%,升高了12%。结果表明,温度波动加速了可溶性固形物含量的上升。

2.3 温度波动对猕猴桃果实贮藏期间维生素C和总酚含量的影响

温度波动对猕猴桃维生素C和总酚含量的影响见图4。

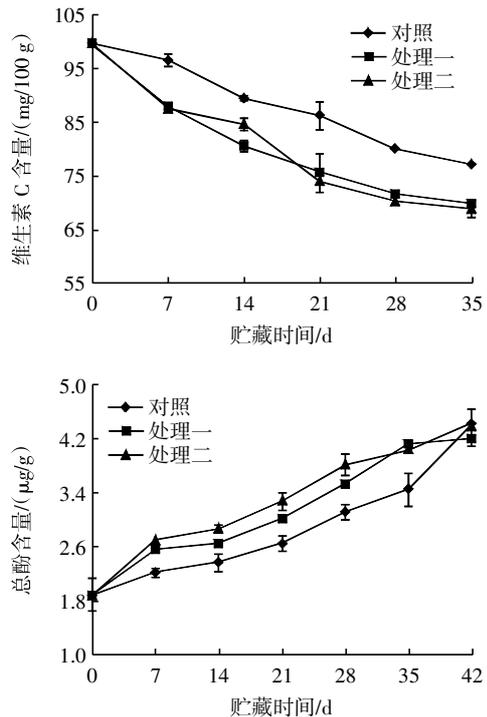


图4 温度波动对猕猴桃维生素C和总酚含量的影响

Fig.4 Effect of temperature fluctuations on vitamin C and total phenol concentration of kiwifruit

猕猴桃中维生素C的含量普遍高于一般水果,享有“维C之王”的美称。维生素C又名抗坏血酸,是维持人体机能的一种重要的维生素^[19]。水果果实中维生素C含量直接影响水果的营养价值。如图4所示,随着贮藏时间的延长,猕猴桃果实的维生素C含量呈下

降趋势。从贮藏开始到结束,对照的维生素 C 含量由 99.5 mg/100 g 下降到 77.2 mg/100 g,降低了 22%,处理一由 99.5 mg/100 g 下降到 69.8 mg/100 g,降低了 29%,处理二由 99.5 mg/100 g 下降到 68.9 mg/100 g,降低了 30%。结果表明,温度波动处理加快果实维生素 C 含量的下降,并提高了下降速率。

猕猴桃酚类化合物具有抗氧化作用,在维护人体健康方面发挥着重要作用,酚类含量与植物的抗氧化能力相关^[20]。整个贮藏过程中,不同处理组猕猴桃果实的总酚含量呈上升趋势。在贮藏 7 d 时,处理一和处理二猕猴桃的总酚含量分别为 2.55 μg/g 和 2.69 μg/g,明显高于对照组(2.21 μg/g),说明温度波动降低了总酚在猕猴桃贮藏过程中的消耗。

2.4 温度波动对猕猴桃果实贮藏期间多酚氧化酶和过氧化物酶活性的影响

温度波动对猕猴桃过氧化物酶和多酚氧化酶活性的影响见图 5。

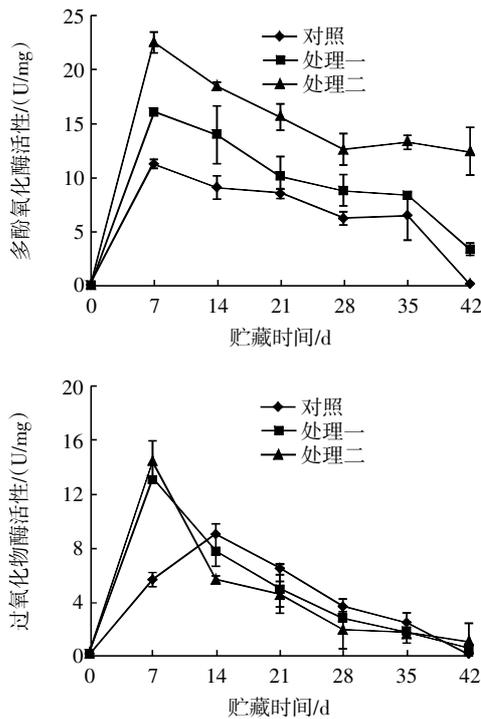


图 5 温度波动对猕猴桃过氧化物酶和多酚氧化酶活性的影响

Fig.5 Effect of temperature fluctuations on peroxidase and polyphenol oxidase activity of kiwifruit

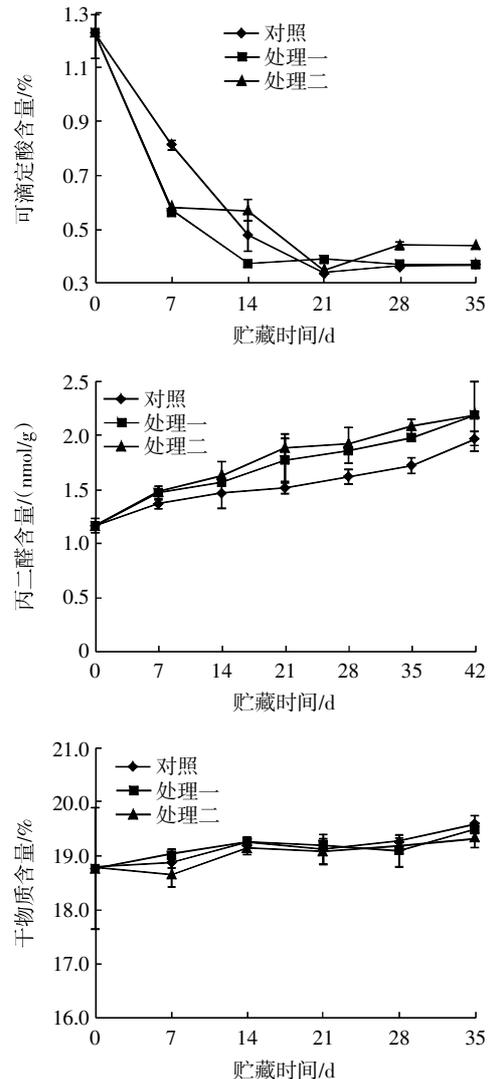
图 5 显示,随着贮藏时间的延长,多酚氧化酶和过氧化物酶活性整体呈先上升后下降的趋势,贮藏 7 d 时多酚氧化酶活性整体达到高峰,然后由于细胞衰老和功能丧失而迅速下降。对照与处理一、处理二之间有明显差异。在贮藏过程中,处理一和处理二的多酚氧化酶水平明显高于对照。处理和对照的过氧化物酶活性分别第 7 天和第 14 天到达高峰,随后由于细胞

衰老和功能丧失而迅速下降。处理一与处理二之间无明显差异,但两种处理的多酚氧化酶水平贮藏前期均明显高于对照组,从而促进了猕猴桃的衰老过程。处理一和处理二的多酚氧化酶活性在 7 d 内升高,然后下降。贮藏 7 d 时与对照相比,处理一和处理二的多酚氧化酶水平明显降低。此外,它们在第 7 天达到了一个高峰,比对照组更早。7 d 时处理一和处理二过氧化物酶水平分别升高了约 56.6% 和 60.9%。果实的软化和老化是由细胞膜破裂导致,这与多酚氧化酶和过氧化物酶活性有关。多酚氧化酶通过将苯酚氧化为奎宁,与果实的褐变密切相关,奎宁以非酶的方式聚合,形成棕色色素。在本研究中,多酚氧化酶活性和过氧化物酶活性均受到抑制。

2.5 温度波动对猕猴桃果实贮藏期间可滴定酸、干物质、丙二醛、相对电导率的影响

温度波动对猕猴桃可滴定酸、干物质、丙二醛、相对电导率的影响见图 6。

如图 6 所示,贮藏期间随贮藏时间延长,果实可滴



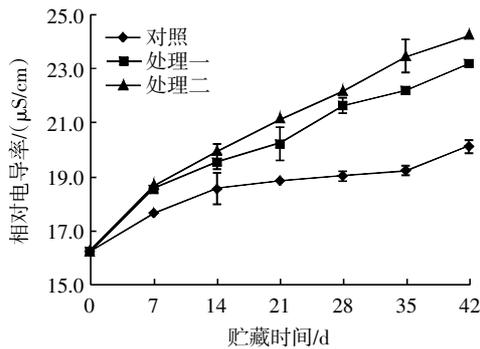


图6 温度波动对猕猴桃可滴定酸、干物质、丙二醛、相对电导率的影响

Fig.6 Effect of temperature fluctuations on titratable acidity, dry matter, malondialdehyde, and relative conductivity of kiwifruit

定酸含量呈下降趋势。贮藏7 d时,对照的可滴定酸含量由1.22%下降到0.81%,降低了33%,处理一由1.22%下降到0.56%,降低了54%,处理二由1.22%下降到0.57%,降低了52%,处理的可滴定酸下降速率明显高于对照。结果表明,温度波动加速了有机酸的消耗。

贮藏期间果实干物质含量随贮藏时间延长呈缓慢上升的趋势,处理间差异不明显。丙二醛含量是反映细胞膜脂过氧化程度的重要指标^[21]。不同处理猕猴桃丙二醛含量呈上升趋势,贮藏前14 d,丙二醛含量缓慢上升,14~42 d各组处理间的差异明显,贮藏结束时处理含量为2.18 nmol/g为对照(1.97 nmol/g)的1.1倍,差异明显。结果表明温度波动处理可以促进猕猴桃果实丙二醛含量增加,加剧贮藏期果实细胞膜破坏程度。

相对电导率的大小可以描述果蔬组织衰老伴随细胞膜通透性增加的程度^[22]。贮藏期间猕猴桃相对电导率呈上升的趋势,0~14 d各组处理间差异较小,21 d后波动效果明显,贮藏结束时对照组为20.12%,处理一和处理二组分别为23.21%和24.26%。处理组的相对电导率上升较快,说明温度波动处理对贮藏期间果实胞膜衰老有促进作用,加快细胞微环境和正常的生理代谢,温度波动增加果实膜脂损伤,提升贮藏期的猕猴桃相对电导率。

3 结论

采后温度波动对贮藏红阳猕猴桃品质变化有明显影响。在贮藏前期温度波动对比恒温贮藏明显降低果实硬度和提高可溶性固形物含量,同时提升了猕猴桃的相对电导率,此外,温度波动处理促进了贮藏猕猴桃可滴定酸的消耗,加速果实的后熟进程,加快猕猴桃整体品质下降。温度波动处理对贮藏猕猴桃多酚氧化酶、过氧化物酶、硬度、可溶性固形物、失重、V_C、相对电导率、丙二醛、透明化影响较大。温度波动区间不

同,对水果品质造成的衰变程度差异明显,波动越大猕猴桃的品质和营养价值的下降越迅速。因此,温度波动对维持代谢平衡、保护猕猴桃膜结构和抗衰老都有不利影响。此研究结果为收获后猕猴桃的运输、储存和保存提供了理论指导。

参考文献:

- [1] SATPAL D, KAUR J, BHADARIYA V, et al. *Actinidia deliciosa* (kiwifruit): A comprehensive review on the nutritional composition, health benefits, traditional utilization, and commercialization[J]. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2021, 45(6): e15588.
- [2] 田津津, 张秋梅, 张哲, 等. 冷藏运输过程中温度波动对猕猴桃品质的影响[J]. *海南师范大学学报(自然科学版)*, 2019, 32(4): 381-389.
TIAN Jinjin, ZHANG Qiumei, ZHANG Zhe, et al. Effect of temperature fluctuation on quality of kiwi fruit during refrigerated transport[J]. *Journal of Hainan Normal University (Natural Science)*, 2019, 32(4): 381-389.
- [3] 李曼. 冷藏集装箱内部流场及送风形式的研究[D]. 天津: 天津商业大学, 2015.
LI Man. Research on internal flow field and air supply form in the refrigerated container[D]. Tianjin: Tianjin University of Commerce, 2015.
- [4] 张丽华. 乙烯、气调贮藏与温度对中华猕猴桃品种‘华优’果肉黄化的影响[D]. 西安: 陕西师范大学, 2016.
ZHANG Lihua. Effects of ethylene, controlled atmosphere storage and temperature on pulp yellowing of Chinese kiwifruit variety ‘Hua-you’[D]. Xi’an: Shaanxi Normal University, 2016.
- [5] 刘晓燕, 王瑞, 梁虎, 等. 不同温度贮藏贵长猕猴桃采后生理和品质变化[J]. *江苏农业科学*, 2015, 43(6): 264-267.
LIU Xiaoyan, WANG Rui, LIANG Hu, et al. Changes of postharvest physiology and quality of kiwifruit stored at different temperatures[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2015, 43(6): 264-267.
- [6] 张浩, 周会玲, 张晓晓, 等. 不同低温对‘亚特’猕猴桃果实贮藏效果的研究[J]. *安徽农业大学学报*, 2014, 41(6): 981-984.
ZHANG Hao, ZHOU Huiling, ZHANG Xiaoxiao, et al. Effect of different hypothermia on fruits of ‘Yate’ kiwifruit storage effect[J]. *Journal of Anhui Agricultural University*, 2014, 41(6): 981-984.
- [7] 李盼盼, 钟雨, 戚雯焯, 等. 美味猕猴桃‘布鲁诺’果实贮藏过程中乙醇代谢与挥发性成分的变化[J]. *果树学报*, 2016, 33(7): 865-873.
LI Panpan, ZHONG Yu, QI Wenye, et al. Changes in ethanol fermentation metabolism and volatile metabolites in kiwifruit ‘Bruno’ during storage at room and low temperature[J]. *Journal of Fruit Science*, 2016, 33(7): 865-873.
- [8] 熊金梁, 陈爱强, 刘婧, 等. 温度波动对猕猴桃在4℃下货架贮藏品质的影响[J]. *包装工程*, 2021, 42(19): 69-76.
XIONG Jinliang, CHEN Aiqiang, LIU Jing, et al. Effect of temperature fluctuation on the quality of kiwifruit during 4℃ shelf storage[J]. *Packaging Engineering*, 2021, 42(19): 69-76.
- [9] PAN Y F, LI X H, JIA X Y, et al. Storage temperature without fluctuation enhances shelf-life and improves postharvest quality of peach[J]. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2019, 43(3): e13881.
- [10] XIA H, WANG X, SU W Y, et al. Changes in the carotenoids profile of two yellow-fleshed kiwifruit cultivars during storage[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2020, 164: 111162.

(下转第103页)

- 中国粮油学报, 2022, 37(8): 102-110.
- ZHAO Junmei, WANG Xueqing, HAN Meikun, et al. Evaluation on the best cooking methods of different types of sweet potatoes [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2022, 37(8): 102-110.
- [26] 吴永祥, 戴毅, 王雅群, 等. 不同护色处理对红薯干品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(16): 222-227.
- WU Yongxiang, DAI Yi, WANG Yaqun, et al. Effects of different color protection treatments on quality of candied sweet potato [J]. Food and Fermentation Industries, 2019, 45(16): 222-227.
- [27] NHUT PHAM T, QUOC TOAN T, DUC LAM T, et al. Anthocyanins extraction from purple sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam): The effect of pH values on natural color[J]. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019, 542(1): 012031.
- [28] 赵国瑜, 田亚萍, 巫丹, 等. 紫薯花色苷提取及稳定性研究[J]. 保鲜与加工, 2020, 20(4): 104-110.
- ZHAO Guoyu, TIAN Yaping, WU Dan, et al. Study on extraction and stability of anthocyanin from purple sweet potato[J]. Storage and Process, 2020, 20(4): 104-110.
- [29] 赵欣, 韩建欣, 武晋海, 等. 响应面法优化复合护色剂对柿汁褐变的影响[J]. 中国食品添加剂, 2022, 33(1): 146-153.
- ZHAO Xin, HAN Jianxin, WU Jinhai, et al. Optimization of compound color-preserving agent on inhibiting browning of persimmon juice by response surface methodology[J]. China Food Additives, 2022, 33(1): 146-153.
- [30] 熊素琴, 李丹, 杨森, 等. 川明参无硫护色工艺[J]. 食品工业, 2020, 41(5): 68-72.
- XIONG Suqin, LI Dan, YANG Sen, et al. The non-sulfur color protection technology of chuanmingshen violaceum[J]. The Food Industry, 2020, 41(5): 68-72.
- [31] 吴淑清, 段红梅, 王顺余, 等. 复合保鲜液对长白穗木嫩芽护色保鲜效果的研究[J]. 中国调味品, 2020, 45(10): 17-23.
- WU Shuqing, DUAN Hongmei, WANG Shunyu, et al. Study on the effect of compound preservation liquid on color protection and preservation of *Aralia continentalis* kitagawa sprouts[J]. China Condi-ment, 2020, 45(10): 17-23.

加工编辑: 刘艳美

收稿日期: 2022-06-29

(上接第48页)

- [11] 王宝刚, 李文生, 侯玉茹, 等. 甜樱桃物流及气调箱贮藏期间的品质变化[J]. 果树学报, 2014, 31(5): 953-958.
- WANG Baogang, LI Wensheng, HOU Yuru, et al. Changes of sweet cherry quality during logistics and CA box storage[J]. Journal of Fruit Science, 2014, 31(5): 953-958.
- [12] 中华人民共和国农业部. 水果硬度的测定: NY/T 2009—2011[S]. 北京: 中国农业出版社, 2011.
- Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Determination of fruit firmness: NY/T 2009—2011[S]. Beijing: China Agriculture Press, 2011.
- [13] 杨媛, 冯晓元, 石磊, 等. 高效液相色谱法同时测定水果蔬菜中L-抗坏血酸、D-异抗坏血酸、脱氢抗坏血酸及总维生素C的含量[J]. 分析测试学报, 2015, 34(8): 934-938.
- YANG Yuan, FENG Xiaoyuan, SHI Lei, et al. Determination of L-ascorbic acid, D-isoascorbic acid, dehydroascorbic acid and total vitamin C in fruit and vegetable by HPLC[J]. Journal of Instrumental Analysis, 2015, 34(8): 934-938.
- [14] 李文生, 冯晓元, 王宝刚, 等. 应用自动电位滴定仪测定水果中的可滴定酸[J]. 食品科学, 2009, 30(4): 247-249.
- LI Wensheng, FENG Xiaoyuan, WANG Baogang, et al. Study on determination of titratable acidity in fruits using automatic potentiometric titrator[J]. Food Science, 2009, 30(4): 247-249.
- [15] XIA Y X, ZHUO R L, LI B Q, et al. Effects of 1-methylcyclopropene on disease resistance of red-fleshed kiwifruit during long-term cold storage and the possible mechanisms[J]. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 2021, 49(2/3): 182-195.
- [16] PAULO M, AYALEW Y. Storability and maintaining quality of banana with pretreatments by preservatives and packaging materials[J]. International Journal of Postharvest Technology and Innovation, 2019, 6(2): 83.
- [17] JIAO J Q, JIN M J, LIU H, et al. Application of melatonin in kiwifruit (*Actinidia chinensis*) alleviated chilling injury during cold storage[J]. Scientia Horticulturae, 2022, 296: 110876.
- [18] YANG W M, WANG M, YUE A Q, et al. QTLs and epistasis for drought-tolerant physiological index in soybean (*Glycine max* L.) across different environments[J]. Caryologia, 2014, 67(1): 72-78.
- [19] 陈曦冉, 张鹏, 贾晓昱, 等. 1-MCP处理维持软枣猕猴桃活性氧的代谢平衡[J]. 现代食品科技, 2022, 38(4): 83-91.
- CHEN Xiran, ZHANG Peng, JIA Xiaoyu, et al. Reactive oxygen metabolism balance in *Actinidia arguta* by 1-MCP treatments[J]. Modern Food Science and Technology, 2022, 38(4): 83-91.
- [20] LIANG J J, REN Y P, WANG Y, et al. Physicochemical, nutritional, and bioactive properties of pulp and peel from 15 kiwifruit cultivars[J]. Food Bioscience, 2021, 42: 101157.
- [21] MEDIC A, HUDINA M, VEBERIC R. The effect of cane vigour on the kiwifruit (*Actinidia chinensis*) and kiwiberry (*Actinidia arguta*) quality[J]. Scientific Reports, 2021, 11: 12749.
- [22] JIAO J Q, GUO L Y, LIU H, et al. Effect of different packaging film thicknesses on chilling injury in postharvest 'Cuixiang' kiwifruit[J]. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 2021, 49(2/3): 168-181.

加工编辑: 冯娜

收稿日期: 2022-09-06