

轻度失水对软枣猕猴桃机械伤和品质的影响

于昕玉¹, 王庆萱¹, 王金燕¹, 魏宝东¹, 程顺昌^{1*}, 孙阳^{2*}, 李斌¹

(1. 沈阳农业大学 食品学院, 沈阳 110866; 2. 辽宁省经济林研究所, 辽宁 大连 116031)

摘要: **目的** 探究轻度失水对软枣猕猴桃果实机械伤和品质的影响。**方法** 以软枣猕猴桃为材料, 通过比较失水对运输模拟振动后果实机械伤的影响, 以不失水模拟运输振动为对照, 测定了处理后软枣猕猴桃果实贮藏过程中感官品质、营养品质、膜脂过氧化和活性氧代谢的变化情况。**结果** 与对照组相比, 4% 轻度失水处理有利于保持果实感官品质, 使其腐烂率降低了 10%、总酚含量提高了 18.2%, 抑制了其组织内丙二醛 (MDA) 含量和相对电导率的升高, 保持贮藏过程中过氧化氢酶 (CAT)、过氧化物酶 (POD)、抗坏血酸过氧化物酶 (APX) 活性。**结论** 4% 轻度失水可能是通过降低了果实硬度从而降低腐烂率, 保持较高活性氧清除能力, 抑制成熟进程, 从而利于缓解软枣猕猴桃果实采后运输机械伤发生, 保持果实品质。

关键词: 软枣猕猴桃; 失水; 机械伤; 贮藏品质

中图分类号: TB485.3

文献标志码: A

文章编号: 1001-3563(2024)07-0096-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2024.07.013

Effects of Light Water Loss on Mechanical Injury and Quality of *Actinidia arguta*

YU Xinyu¹, WANG Qingxuan¹, WANG Jinyan¹, WEI Baodong¹,
CHENG Shunchang^{1*}, SUN Yang^{2*}, LI Bin¹

(1. College of Food Science, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China;

2. Liaoning Economic Forest Research Institute, Liaoning Dalian 116031, China)

ABSTRACT: The work aims to explore the effects of light water loss on mechanical injury and quality of *Actinidia arguta*. The changes in sensory quality, nutritional quality, membrane lipid peroxidation and reactive oxygen metabolism of *Actinidia arguta* during storage were determined by comparing the effect of water loss on mechanical injury of fruit under simulated transportation vibration with the fruit under simulated transportation vibration without water loss as a control. Compared with the control group, the 4% light water loss treatment was beneficial in maintaining fruit sensory quality, reducing decay rate by 10% and increasing the total phenolic content by 18.2%. Water loss also inhibited the increase of malondialdehyde (MDA) content, and relative conductivity and maintained the activities of catalase (CAT), peroxidase (POD) and ascorbate peroxidase (APX) during storage. The 4% light water loss may have reduced the rate of decay by decreasing fruit hardness, maintaining a high scavenging capacity of reactive oxygen species and inhibiting the ripening process, thus facilitating the alleviation of mechanical injury occurrence in postharvest transportation of *Actinidia arguta* and maintaining fruit quality.

KEY WORDS: *Actinidia arguta*; light water loss; mechanical injury; storage quality

收稿日期: 2023-05-30

基金项目: 辽宁省教育厅科学研究经费项目 (LSNJC202010); 辽宁省“揭榜挂帅”科技项目 (2021JH1/10400036); 辽宁省经济林研究所联合创新项目

*通信作者

软枣猕猴桃 (*Actinidia arguta*), 别名软枣子, 属猕猴桃科、猕猴桃属大型落叶藤本植物^[1]。果实多为椭圆形或球形, 表面光滑无毛, 整颗可食^[2-3], 软枣猕猴桃主要分布于我国东北地区, 作为一种新兴的高值浆果, 富含多种维生素、氨基酸、矿物质和生物活性物质^[4], 其营养丰富、味美多汁、酸甜适口, 深受广大消费者的喜爱^[5]。

软枣猕猴桃是呼吸跃变型果实, 果皮薄且无毛, 采后常温下迅速后熟软化, 采收期集中、货架期短, 采收、采后处理及装运过程中容易发生机械伤, 加重腐烂, 极易失去商品价值。采后失水是影响果实感官品质和贮藏特性的重要因素之一, 也是影响机械伤发生的重要因素, 前期研究发现, 采后适度的失水处理可以抑制软枣猕猴桃果实酚类物质的降解, 保持果实颜色, 较好地维持果实的硬度和风味, 延缓成熟和衰老进程^[6-8]。而在柑橘中发现失水不同程度地降低了果实的采后损耗, 轻度失水可以改善柑橘果实的抗压性, 从而降低了因机械损伤和病害造成的损失^[7]。本实验室在前期研究过程中发现采后轻度失水可以延长果实的贮藏期, 降低腐烂率 (结果未发表)。目前对适度失水延长贮藏期, 缓解采后机械伤的研究尚未见报道。因此, 本研究以软枣猕猴桃为对象, 探究轻度失水对软枣猕猴桃果实采后模拟运输振动机械伤发生和贮藏品质的影响, 为研发新的软枣猕猴桃贮运保鲜技术提供理论依据与参考价值。

1 实验

1.1 材料和仪器

主要材料: 试验材料采自辽宁省丹东市宽甸县一管理良好的果园, 采收后放入加有冰袋的泡沫箱立即送回实验室, 品种为“龙城二号”; 挑选果实大小、成熟度一致, 表面无病、虫、伤的软枣猕猴桃果实作为试验材料。

主要仪器: 高速低温离心机, 日本日立集团; Vortex 3000 涡旋振荡器, 德国 Wiggins 公司; 数码摄影箱, 深圳 SANOTO 科技有限公司; PAL-1 数显糖度计, 日本 ATAGO 公司; 数字式电导率仪, 上海雷磁创益仪器仪表有限公司; 模拟运输振动台, 昆山市顺诺仪器有限公司; 紫外分光光度计, METASH; 数显恒温水浴锅, 郑州朋来仪器有限公司; 色差仪, 柯尼卡美能达; 质构仪, 美国 Brookfield 公司。

主要试剂: 愈创木酚, 分析纯, 江苏艾康生物医药研发有限公司; 福林酚、浓硫酸、抗坏血酸、2,6-二氯靛酚, 均为分析纯, 国药集团化学试剂有限公司; 三氯乙酸, 分析纯, 金良生物科技 (北京) 有限公司; 2-巯代巴比妥酸, 分析纯, 上海瑞永生物科技有限公司; 邻苯二酚, 分析纯, 沈阳西陇化工有限公司。

1.2 材料处理

1.2.1 失水处理

筛选大小一致、无病虫害的软枣猕猴桃果实 240 个, 将果实均匀分成 2 组, 其中一组装入保鲜袋中为对照, 另一组摆放在铺设纱布的实验台上。启动风扇进行“失水”处理, 实验室温度控制在 25 °C 左右, 相对湿度保持在 72%~78%; 处理过程中, 定时查看失水率, 3 个小时内失水率达到 4% 时处理结束 (根据前期预实验和参考文献确定)^[6]。

1.2.2 模拟运输振动处理

取失水和未失水处理的软枣猕猴桃, 将其分为 4 组, 每组 60 个, 将其放入塑料泡沫箱 (长度为 280 mm、宽度为 220 mm、高度为 120 mm) 中进行振动, 处理方法见表 1。处理结束后, 取出软枣猕猴桃果实, 置于保鲜袋中 (25±1) °C 室内模拟货架 10 d, 每天观察表型变化, 每 2 d 取一次样, 每组取 10 个, 取软枣猕猴桃果肉用液氮速冻后迅速置于 -80 °C 冰箱保存。用于后续各项品质、生理指标的测定。

表 1 处理方法对照
Tab.1 Comparison of treatment methods

处理代号	处理方法
CK ₁	不失水, 模拟振动时间 5 min
CK ₂	不失水, 模拟振动时间 10 min
S ₁	失水 4%, 模拟振动时间 5 min
S ₂	失水 4%, 模拟振动时间 10 min

1.3 测定项目

1.3.1 感官品质

外观品质使用拍照箱每 2 d 拍照记录变化; 色差的测定参照宋梦婷等^[9]的方法, 采用色差仪对软枣猕猴桃样品中部位取 2 点进行测量色差 L^* 、 a^* 、 b^* 值; 硬度的测定参照 Yang 等^[10]的方法, 利用质构仪对果实赤道部位进行测定, 同一个果测定 2 个点; 腐烂率测定参考张群等^[11]的方法, 略有改动。按照肉眼可见的肿胀、果实出现病斑、果皮颜色变深或不同于本色将腐烂果实分为 0~4 级; 腐烂率 (%) = \sum 腐烂级别 × 该级别样品数量 / 最高级别 × 样品总数量 × 100%。

1.3.2 营养指标

可溶性固形物含量利用 PAL-1 数显糖度计进行测定; 抗坏血酸含量的测定参照 An 等^[12]的方法, 采用 2,6-二氯靛酚滴定法进行测定; 总酚含量的测定参考 Ghasemnezhad 等^[13]的方法, 用没食子酸作为标准品曲线, 总酚含量用每克软枣猕猴桃组织中没食子酸含量表示 (mg/g)。

1.3.3 膜脂过氧化程度

电导率含量的测定参照曹建康等^[14]的方法,采用数字式电导率仪测定。MDA含量的测定参照Du等^[15]方法,采用硫代巴比妥酸法。

1.3.4 活性氧代谢

POD活性的测定参考Wang等^[16]的方法测定,采用愈创木酚法测定POD活性。CAT、APX和LOX活性的测定参照曹建康等^[14]的方法。

1.4 数据处理

所有处理重复测定3次,使用Excel软件进行数据处理,使用SPSS 24.0进行邓肯氏多重差异分析($P < 0.05$),并用Origin 2021软件作图。

2 结果与分析

2.1 失水处理对软枣猕猴桃外观品质的影响

失水对采后软枣猕猴桃感官品质的影响如图1所示,在贮藏前期(2~4 d)时,各处理组间外观无明显差异,贮藏中期第6天时,对照组CK₁和CK₂开始出现轻微褐变,随着贮藏时间的延长,这种现象逐渐加重。在贮藏第10天时已经完全失去商品价值。在贮藏第10天时,处理组S₁和S₂的软枣猕猴桃的外观品质仍优于对照CK₁和CK₂的。

2.2 失水处理对软枣猕猴桃色差的影响

色泽是评价果蔬新鲜度最直观的重要指标。 L^* 代表亮度, a^* 代表红绿值, b^* 代表蓝黄值。由图2可看出,在贮藏期间,软枣猕猴桃的 L^* 和 a^* 整体呈下降趋势,贮藏过程中失水处理组S₁、S₂的 L^* 和 a^* 均高于2个对照组,在贮藏第10天时,处理组S₁、S₂的 L^* (图2a)为39和37,分别比同期对照组CK₁和CK₂高了10.3%和4.1%,随着贮藏时间延长,软枣猕猴桃的黄色程度逐渐加深,其中失水处理组S₁、S₂的 b^*

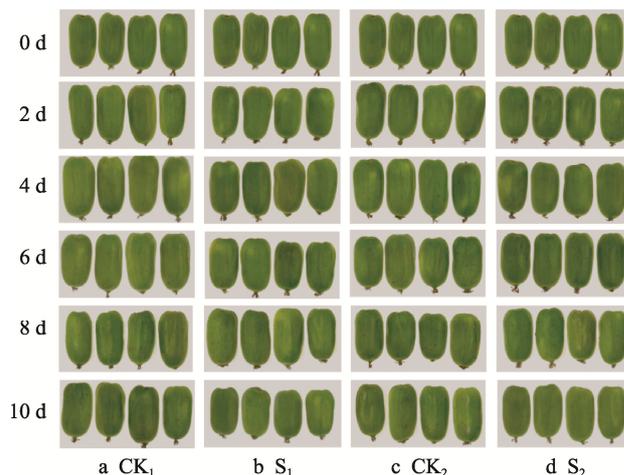


图1 失水处理软枣猕猴桃感官品质的影响
Fig.1 Effect of water loss treatment on sensory quality of *Actinidia arguta*

显著低于2个对照组,在贮藏第10天时,处理组S₁、S₂的 b^* (图2c)为25.46和26.57,分别比同期对照组CK₁和CK₂低了6.1%和4.6%。可见,轻度失水处理可以较好地保持软枣猕猴桃的色泽。

2.3 失水处理对软枣猕猴桃带皮硬度和腐烂率的影响

图3a为失水处理对软枣猕猴桃在采后贮藏期间带皮硬度的影响,随着贮藏时间的延长,其带皮硬度逐渐下降,发生软化。在贮藏前期0~2 d时,其硬度迅速下降,失水处理加速了其下降,提高了对机械伤的耐受力,随着贮藏时间的延长果实腐烂率逐渐升高(图3b)。在贮藏2 d时,处理组S₁的软枣猕猴桃未出现腐烂,但同期的对照组CK₁、CK₂和S₂开始出现腐烂。贮藏后期对照组果实的腐烂率显著高于处理组的,在贮藏末期第10天时,对照组CK₁和CK₂的腐烂率为30%和34%,同期的S₁、S₂含量为20%和25%。这说明轻度失水处理可有效延缓软枣猕猴桃腐烂率的升高。

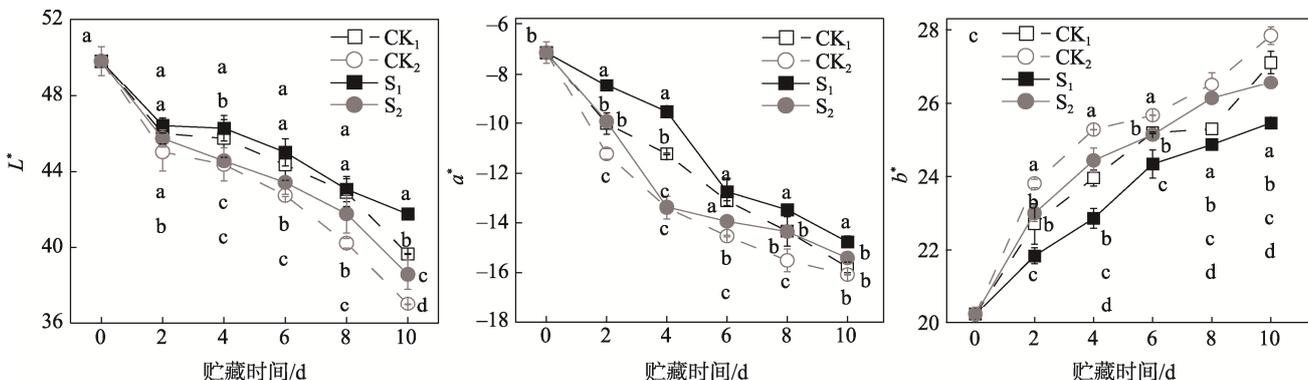


图2 失水处理对软枣猕猴桃色差 L^* (a)、 a^* (b)、 b^* (c)的影响
Fig.2 Effects of water loss treatment on color difference L^* (a), a^* (b) and b^* (c) of *Actinidia arguta*

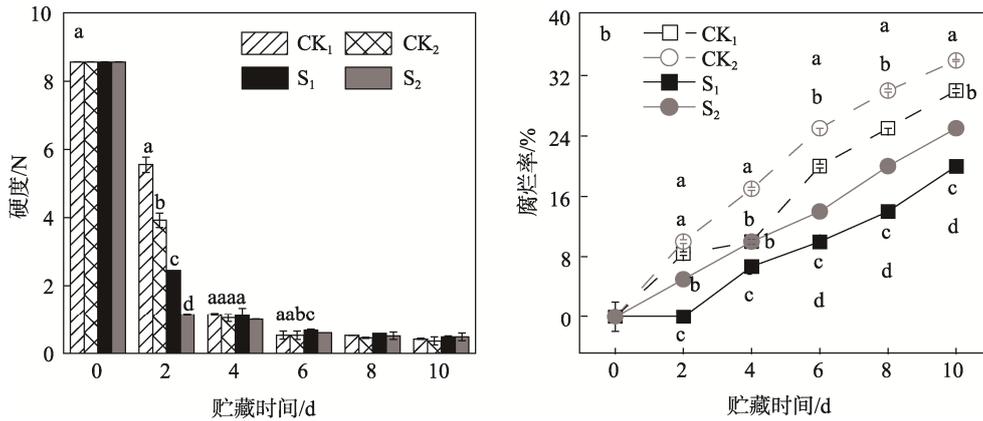


图 3 失水处理对软枣猕猴桃带皮硬度 (a) 和腐烂率 (b) 的影响
Fig.3 Effect of water loss treatment on skin hardness (a) and decay rate (b) of *Actinidia arguta*

2.4 失水处理对软枣猕猴桃营养品质的影响

图 4 为失水处理对软枣猕猴桃营养品质的影响, 随着贮藏时间的延长其可溶性固形物含量呈上升趋势, 但整体上处理组的可溶性固形物含量低于对照组。在软枣猕猴桃贮藏期间, 其组织内抗坏血酸含量总体呈下降趋势, 在 0~2 d 期间, 处理组与对照组的抗坏血酸含量之间无显著性差异, 在随后的贮藏期间, 失水处理均显著的抑制了软枣猕猴桃中抗坏血酸含量的下降。在第 4 天和第 6 天时, 失水处理组 S₁ 软枣猕猴桃内抗坏血酸含量分别为 43 mg/100 g 和 39 mg/100 g, 分别比同期对照组 CK₁ 高了 25% 和 30%, 失水处理组 S₂ 的软枣猕猴桃内抗坏血酸含量分别为 50 mg/100 g 和 48 mg/100 g, 比同期对照组 CK₂ 均高了 4%。在贮藏期间, 软枣猕猴桃果实总酚含量总体呈先上升后下降的趋势, 其中 CK₁ 和 CK₂ 组分别在第 6 天时达到峰值, 其含量为 3.59 和 3.48 mg/g。而经失水处理的软枣猕猴桃, 在贮藏第 6 天时含量分别为 3.74 和 3.54 mg/g, 为同期对照组 CK₁ 和 CK₂ 的 1.09 和 1.02 倍。可见, 轻度失水处理可以显著抑制软枣猕猴桃可溶性固形物上

升, 维持抗坏血酸和总酚含量。

2.5 失水处理对软枣猕猴桃膜脂过氧化的影响

图 5 为失水对软枣猕猴桃膜脂过氧化的影响, 软枣猕猴桃在贮藏期间, 相对电导率和丙二醛含量整体呈上升趋势, 与对照组相比, 失水处理组可以显著抑制其电导率和丙二醛含量的上升。在贮藏第 8 天时, 失水处理组 S₁、S₂ 的丙二醛含量(均指质量摩尔浓度)为 0.24 和 0.27 μmol/g, 分别比同期的 CK₁ 和 CK₂ 低了 31.4% 和 37.2%。这些结果均反应了, 失水处理可以更好地保护软枣猕猴桃膜组织的完整性。

2.6 失水处理对软枣猕猴桃 POD、CAT、APX 和 LOX 酶活性的影响

软枣猕猴桃在采后贮藏期间 POD 酶、CAT 酶和 APX 酶活性总体呈先上升后下降的趋势 (图 6)。其中, 处理组的酶活性高于对照组的, 对照组 CK₁ 和处理组 S₁ 软枣猕猴桃的 POD 酶 (图 6a) 活性均在贮藏第 6 天时出现峰值, 其酶活性分别为 4.9 和 5.8 U/g,

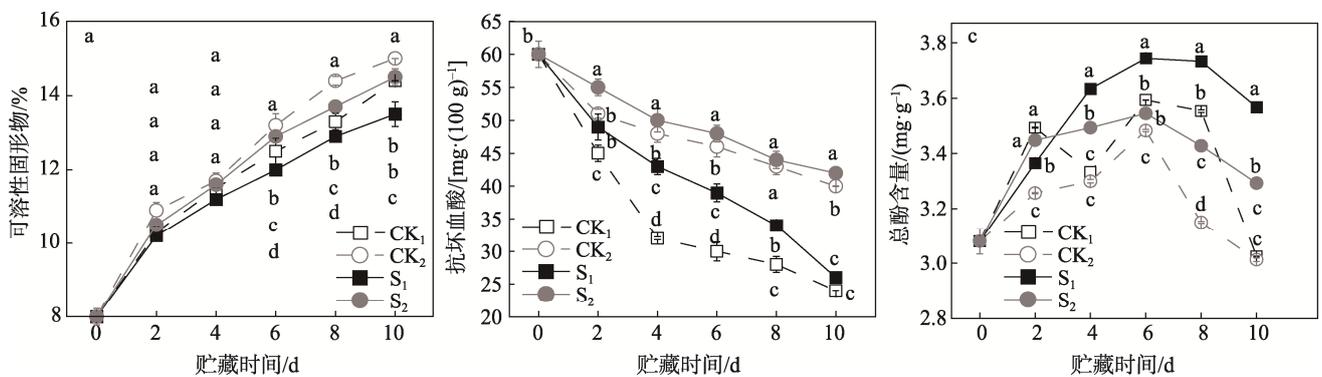


图 4 失水处理软枣猕猴桃可溶性固形物 (a)、抗坏血酸 (b) 和总酚 (c) 的影响
Fig.4 Effect of water loss treatment on soluble solids (a), ascorbic acid (b) and total phenols (c) of *Actinidia arguta*

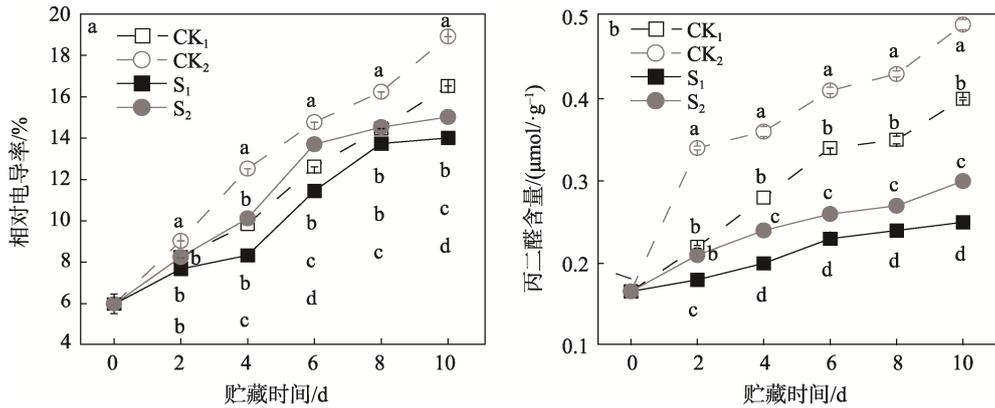


图5 失水处理对软枣猕猴桃相对电导率 (a) 和丙二醛 (b) 的影响
Fig.5 Effect of water loss treatment on the relative conductivity (a) and malondialdehyde (b) of *Actinidia arguta*

处理组 S₁ 的 POD 酶活性显著高于对照组 CK₁。在贮藏第 4 天时, 对照组 CK₂ 和处理组 S₂ 的软枣猕猴桃 APX 酶 (图 6c) 活性均出现峰值, 其酶活性分别为 33.6 和 48.0 U/g, 处理组 S₂ 的 APX 酶活性显著高于对照组 CK₂。随着贮藏时间的延长, LOX 酶活性总体呈上升趋势, 对照组均高于处理组。在贮藏第 6 天时, 处理组 S₁、S₂ 的 LOX 活性分别为 45.7 和 32 U/g, 处理组 S₁ 的 LOX 比对照组 CK₁ 的低了 19%, 处理组 S₂ 比 CK₂ 低了 20%。由此可见, 轻度失水处理可以提高 POD 酶、CAT 酶和 APX 酶活性, 且能延缓 LOX 酶活性的上升。

2.7 相关性分析

果实外观品质、营养品质、膜脂过氧化程度与活性氧代谢相关酶活性的相关性分析结果如表 2 所示。果实硬度与总酚和可溶性固形物含量呈显著负相关; 果实的腐烂率与可溶性固形物呈显著正相关, 与 MDA、电导率和 LOX 酶活性呈极显著正相关, 与抗坏血酸呈极显著负相关; 软枣猕猴桃果实可溶性固形物与 MDA 和电导率呈极显著正相关, 与抗坏血酸呈极显著负相关; 抗坏血酸与 MDA 和电导率呈极显著

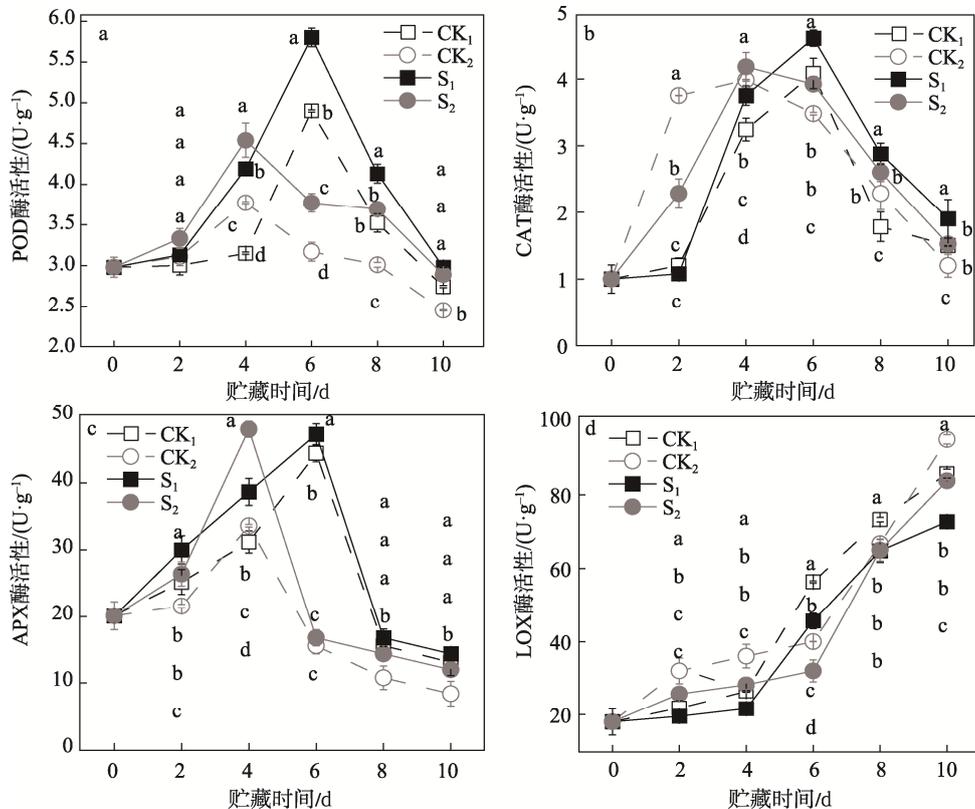


图6 失水处理对的软枣猕猴桃 POD 酶活性 (a)、CAT 酶活性 (b)、APX 酶活性 (c) 和 LOX 酶活性 (d) 的影响

Fig.6 Effect of dehydration treatment on POD enzyme activity (a), CAT enzyme activity (b), APX enzyme activity (c) and LOX enzyme activity (d) enzyme activity in *Actinidia arguta*

表2 相关性分析结果
Tab.2 Correlation analysis results

指标	硬度	腐烂率	可溶性固形物	抗坏血酸	总酚	MDA	电导率	POD	CAT	APX	LOX
硬度	1										
腐烂率	-0.69	1									
可溶性固形物	-0.91*	0.92*	1								
抗坏血酸	0.86	-0.95**	-0.99**	1							
总酚	-0.94*	0.68	0.87	-0.8	1						
MDA	-0.8	0.96**	0.96**	-0.96**	0.81	1					
电导率	-0.76	0.95**	0.95**	-0.95**	0.75	0.98**	1				
POD	-0.55	0.22	0.39	-0.29	0.76	0.42	0.32	1			
CAT	-0.61	0.36	0.49	-0.41	0.82	0.5	0.38	0.94*	1		
APX	-0.23	-0.31	-0.1	0.17	0.35	-0.14	-0.27	0.76	0.69	1	
LOX	-0.61	0.95**	0.87	-0.9	0.6	0.95**	0.98**	0.17	0.23	-0.42	1

负相关; MDA 与电导率和 LOX 呈极显著正相关; 电导率与 LOX 呈极显著正相关; POD 与 CAT 呈显著正相关。

3 讨论

果蔬在采摘后依然进行多种生理活动, 以维持着正常的新陈代谢。由于果蔬组织含水量高, 在贮藏过程中, 容易发生失水, 引起果蔬失重、失鲜和生理代谢紊乱^[17]。研究发现采后失水虽然降低了软枣猕猴桃果实的感官质量, 但适度失水能够降低果实呼吸速率和乙烯释放量, 从而延缓了果实成熟衰老进程, 减少了果蔬的腐烂率, 延长了其贮藏期。本实验室在前期研究发现轻度失水能缓解采后贮运中机械伤带来的伤害, 减少采后腐烂(数据未发表)。本研究中, 4%的失水处理能够维持软枣猕猴桃较好地营养品质, 抑制膜脂过氧化程度和活性氧代谢, 显著延缓软枣猕猴桃的衰老。在软枣猕猴桃贮藏过程中, 感官指标可以直接反映果蔬的品质变化^[18]。腐烂率可以反映果实贮藏期间效果, 本研究中, 随着贮藏时间的逐渐延长, 软枣猕猴桃果实的腐烂率总体呈上升趋势。与对照组相比, 处理组均能不同程度降低软枣猕猴桃的腐烂率, 但处理组中随着振动时间的增加, 腐烂率也增加, 这与姜丹等^[6]的研究结果一致。

软枣猕猴桃是一种营养丰富的水果, 富含多种维生素和酚类物质^[19]。随着果实成熟衰老, 可溶性固形物含量上升, 抗坏血酸和酚类物质的含量不断下降。轻度失水处理组抑制了总酚和抗坏血酸的下降, 延缓了可溶性固形物含量上升, 郑万财等^[20]研究发现葡萄采后失水具有类似的趋势。

研究发现软枣猕猴桃果实贮藏中丙二醛含量和相对电导率呈上升趋势, 轻度失水可以延缓丙二醛含量和相对电导率的上升, 穆晶晶等^[21]的研究也证实了这一结果。表明轻度失水对贮藏期间果实细胞膜衰老有抑制作用, 保护软枣猕猴桃膜功能和结构的完整性, 可以维持细胞微环境和正常的生理代谢。

除此之外, 轻度失水诱导了活性氧降解酶(POD、APX 和 CAT) 的活性, 抑制了 LOX 酶活性。因此, 适度失水可能是通过诱导活性氧代谢相关酶和抑制膜脂过氧化水平, 缓解机械伤发生, 延长贮藏期, 采后模拟振动刺激活性氧生成和清除能力失衡, 导致活性氧积累, 加速衰老进程^[19]。而轻度失水通过提高抗氧化酶活性, 更好地维持了软枣猕猴桃果实品质。

4 结语

轻度失水可以缓解采后机械伤对软枣猕猴桃贮藏品质的影响, 可能是由于轻度失水处理加速了硬度下降, 从而降低软枣猕猴桃对机械伤的敏感性, 此外还保持较高活性氧清除能力和细胞膜完整性, 延缓了果实衰老进程, 保持了良好的商品性。

参考文献:

- [1] 黄国辉. 软枣猕猴桃产业发展现状与问题[J]. 北方果树, 2020(1): 41-43.
HUANG G H. Present Situation and Problems of Actinidia Arguta Industry Development[J]. Northern Fruits, 2020(1): 41-43.
- [2] 冉昇, 高萌, 屈魏, 等. 限气包装对'绿迷一号'软枣猕

- 猴桃采后贮藏特性的影响[J]. 西北农业学报, 2020, 29(12): 1848-1858.
- RAN B, GAO M, QU W, et al. Effect of Air-Limiting Package on Postharvest Storage Characteristics of 'Lümi No.1' *Actinidia Arguta* Fruit[J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2020, 29(12): 1848-1858.
- [3] WOJDYŁO A, NOWICKA P. Anticholinergic Effects of *Actinidia Arguta* Fruits and Their Polyphenol Content Determined by Liquid Chromatography-Photodiode Array Detector-Quadrupole/Time of Flight-Mass Spectrometry (LC-MS-PDA-Q/TOF) [J]. *Food Chemistry*, 2019, 271: 216-223.
- [4] BARANOWSKA-WÓJCIK E, SZWAJGIER D. Characteristics and Pro-Health Properties of Minikiwi (*Actinidia Arguta*)[J]. *Horticulture Environment and Biotechnology*, 2019, 60(2): 217-225.
- [5] 张鹏, 陈曦冉, 贾晓昱, 等. 1-MCP 结合乙烯吸收剂对软枣猕猴桃贮藏品质的影响[J]. *包装工程*, 2022, 43(21): 17-24.
- ZHANG P, CHEN X R, JIA X Y, et al. Effects of 1-MCP Combined with Ethylene Absorbent on the Storage Quality of *Actinidia Arguta*[J]. *Packaging Engineering*, 2022, 43(21): 17-24.
- [6] 姜丹, 张博, 李书倩, 等. 采后适当失水处理对软枣猕猴桃 20℃下生理生化变化的影响[J]. *果树学报*, 2013, 30(2): 299-303.
- JIANG D, ZHANG B, LI S Q, et al. Effects of Appropriate Dehydration Treatment on Physiology and Biochemistry of *Actinidia Arguta* during Postharvest Stored under 20 °C[J]. *Journal of Fruit Science*, 2013, 30(2): 299-303.
- [7] 曹锦萍, 陈焯芝, 徐淑婷, 等. '红美人'柑橘果皮失水对果实抗压和耐贮性的影响[C]// 中国园艺学会 2019 年学术年会暨成立 90 周年纪念大会. 郑州: 中国园艺学会, 2019: 2570.
- CAO J P, CHEN Y Z, XU S T, et al. Effect of Water Loss from the Peel of 'Red Beauty' Citrus on Fruit Stress Resistance and Storability[C]// *Proceedings of the 2019 Annual Academic Conference of the Chinese Society of Horticulture and the 90th Anniversary of its Establishment*, 2019: 85.
- [8] 王玉迪. 失水处理对采后香菇品质及风味的影响[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2019: 8-18.
- WANG Y D. Effects of Dehydration Treatment on Quality and Flavour of *Lentinus Edodes* during Post-Harvest Storage[D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2019: 8-18.
- [9] 宋梦婷. 不同软枣猕猴桃种质资源营养、风味和贮藏品质的评价[D]. 沈阳农业大学, 2022: 33-34.
- SONG M T. Evaluation of *Actinidia Arguta* Germplasm Based on Thenutrition, Taste and Storage Quality[D]. Shenyang Agricultural University, 2022: 33-34.
- [10] YANG C, DUAN W, XIE K, et al. Effect of Salicylic Acid Treatment on Sensory Quality, Flavor-Related Chemicals and Gene Expression in Peach Fruit after Cold Storage[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2020, 161: 111089.
- [11] 张群, 舒楠, 宁密密, 等. 采果方法对贮藏期猕猴桃果实品质劣变和抗氧化能力的影响[J]. *湖南农业科学*, 2022(5): 80-85.
- ZHANG Q, SHU N, NING M M, et al. Effects of Fruit-Picking Methods on Quality Deterioration and Antioxidant Capacity of Kiwifruit during Storage[J]. *Hunan Agricultural Sciences*, 2022(5): 80-85.
- [12] AN R H, LUO S F, ZHOU H S, et al. Effects of Hydrogen-Rich Water Combined with Vacuum Precooling on the Senescence and Antioxidant Capacity of Pakchoi (*Brassica rapa subsp. Chinensis*)[J]. *Scientia Horticulturae*, 2021, 289: 110469.
- [13] GHASEMNEZHAD M, SHERAFATI M, PAYVAST G A. Variation in Phenolic Compounds, Ascorbic Acid and Antioxidant Activity of Five Coloured Bell Pepper (*Capsicum annum*) Fruits at Two Different Harvest Times[J]. *Journal of Functional Foods*, 2011, 3(1): 44-49.
- [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 J K, JIANG W B, ZHAO Y M. *Guidance on Postharvest Physiological and Biochemical Experiments of Fruits and Vegetables*[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007.
- [15] DU Q, ZHAO X, XIA L, et al. Effects of Potassium Deficiency on Photosynthesis, Chloroplast Ultrastructure, ROS, and Antioxidant Activities in Maize (*Zea mays L.*)[J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2019, 18(2): 395-406.
- [16] WANG L, WANG Y, WANG X, et al. Regulation of POD Activity by Pelargonidin during Vegetative Growth

- in Radish (*Raphanus sativus L.*)[J]. *Scientia Horticulturae*, 2014, 174: 105-111.
- [17] WEI X P, XIE D D, MAO L C, et al. Excess Water Loss Induced by Simulated Transport Vibration in Postharvest Kiwifruit[J]. *Scientia Horticulturae*, 2019, 250: 113-120.
- [18] SANZ V, LÓPEZ-HORTAS L, TORRES M D, et al. Trends in Kiwifruit and Byproducts Valorization[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2020, 107: 401-414.
- [19] SUN B X, YU G C, REN H, et al. Effects of Vibration Stress on Active Oxygen Metabolism and Antioxidant Properties of *Agaricus Bisporus*[J]. *Journal of Packaging*, 2022, 14(1): 17-25.
- [20] 郑万财, 白羽嘉, 冯作山, 等. 采后失水对葡萄皮中酚类物质及细胞超微结构的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2020, 46(8): 72-77.
- ZHENG W C, BAI Y J, FENG Z S, et al. Effect of Postharvest Dehydration on Phenolics and Cell Ultrastructure of Grape Skin[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2020, 46(8): 72-77.
- [21] 穆晶晶, 张博, 李书倩, 等. 失水处理对软枣猕猴桃贮藏期间褐变相关因子的影响[J]. *食品科学*, 2013, 34(20): 307-311.
- MU J J, ZHANG B, LI S Q, et al. Effect of Dehydration Treatment on Parameters Associated with Browning of *Actinidia Arguta Sieb Zucc* during Storage at Room Temperature[J]. *Food Science*, 2013, 34(20): 307-311.