

低温贮藏对油棕果实采后贮藏品质的影响

林炎娟, 叶新福, 梁华俤, 方智振, 姜翠翠, 潘少霖, 周丹蓉*

(福建省农业科学院, 果树研究所, 福州 350013)

摘 要: **目的** 研究适宜低温贮藏对油棕果实采后综合贮藏品质的影响。**方法** 以室温为对照, 测定采后贮藏期间各项理化指标变化, 评价低温贮藏对油棕果实采后贮藏品质的影响。**结果** 与室温贮藏相比, $(4\pm 1)^\circ\text{C}$ 低温贮藏能显著抑制果实采后腐烂率和质量损失率上升, 有效延缓贮藏中后期果实硬度下降和丙二醛含量积累; 可延缓果实贮藏后期可滴定酸、总糖和维生素 C 含量下降, 维持蔗糖含量。**结论** 低温贮藏可有效延缓油棕果实采后贮藏品质劣变。

关键词: 油棕; 低温贮藏; 贮藏品质

Effects of low temperature storage on the postharvest storage quality of “Younai” fruits

LIN Yan-Juan, YE Xin-Fu, LIANG Hua-Di, FANG Zhi-Zhen,
JIANG Cui-Cui, PAN Shao-Lin, ZHOU Dan-Rong*

(Fruit Research Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350013, China)

ABSTRACT: **Objective** To study the effects of suitable low temperature storage on postharvest comprehensive storage quality of “Younai” fruit. **Methods** Taking room temperature as a control, the changes of physical and chemical indexes during postharvest oily fruit storage were measured, and the effects of low temperature storage on postharvest storage quality of oily loquat fruit were evaluated. **Results** Compared with room temperature storage, low temperature storage at $(4\pm 1)^\circ\text{C}$ could significantly inhibit the increase of postharvest rot rate and mass loss rate, effectively delayed the decline of fruit hardness and the accumulation of malondialdehyde in the middle and late storage period. It could delay the decline of titratable acid, total sugar and vitamin C in the late stage of fruit storage and maintain sucrose content. **Conclusion** Low temperature storage can effectively delay the deterioration of postharvest storage of “Younai” fruit.

KEY WORDS: “Younai” fruits; low temperature storage; storage quality

1 引 言

油棕, 又称桃形李、棕李, 是福建省主栽棕品种之一, 果实成熟时果形大、可食率高, 皮薄、肉厚、质脆、多汁,

含糖量高, 甘甜爽口, 具有良好风味, 且富含多种维生素、有机酸、氨基酸等营养成分^[1], 深受消费者青睐。但棕果属呼吸跃变型果实, 果实成熟于七八月高温季节, 采后生理代谢旺盛, 且易受微生物侵染而造成腐烂^[2], 不耐贮藏、

基金项目: 福建省属公益类科研院所基本科研专项(2018R1013-4)、农业部热带作物种质资源保护项目(151821301354052701)

Fund: Supported by the Basic Scientific Research Project of Fujian Provincial Public Welfare Research Institute (2018R1013-4), and Tropical Crop Germplasm Resources Protection Project of the Ministry of Agriculture (151821301354052701)

*通讯作者: 周丹蓉, 副研究员, 主要研究方向为水果营养品质与功能成分。E-mail: zhoudanrong@126.com

*Corresponding author: ZHOU Dan-Rong, Associate Professor, Fruit Research Institute & Fujian Academy of Agricultural Sciences, No.100, Pudang, Jin'an District, Fuzhou Fujian 350013, China. E-mail: zhoudanrong@126.com

运输与货架销售, 严重制约油棕果实鲜食产业的发展, 因而油棕果实采后贮藏保鲜技术发展的迫切性和重要性不言而喻。温度是影响果实采后贮藏寿命的重要因素, 低温贮藏是目前果品保鲜应用最广泛也是最有效的方法^[3]。温度不但会影响微生物生长繁殖, 也会影响果实水解酶活性、果实呼吸作用和果实内营养物质消耗等, 从而影响果实贮藏保鲜, 且温度过高过低都会影响果实的正常生理代谢^[4]。目前, 针对油棕果实采后最适贮藏温度保鲜的研究报道很多, 但研究低温对油棕采后综合贮藏品质变化影响的报道较少。

据已有文献报道, 油棕果实在 0~5 °C 低温贮藏保鲜效果最佳^[5], 因此, 本研究试图通过研究适宜低温贮藏对油棕果实采后综合贮藏品质的影响, 旨在为油棕果实采后贮藏保鲜技术提供理论基础依据。

2 材料与方法

2.1 材料与处理

油棕采自福建省古田县油棕果园, 采摘后立即运送回实验室, 于室内通风条件下晾凉去除田间热后, 选取八成成熟度、大小均匀、无病虫害和机械损伤的油棕果实为试验材料。将油棕果实分别置于低温为(4±1) °C 和室温为 25~30 °C 的条件下贮藏, 贮藏期间定期取样, 测定各项指标变化。每个处理组放置 200 个果, 其中每组 100 个果用于腐烂率和质量损失率测定, 测完放回原处, 其余每次取 10 个果用于测定硬度和可溶性固形物含量后, 去皮切块液氮速冻置于 -40 °C 冰箱中, 用作理化指标测定, 设 3 个重复。

2.2 仪器与试剂

PAL-1 型数显折射仪(日本 ATAGO 公司); GY-1 型果实硬度计(乐清市艾德堡仪器有限公司); GY-2 型果实硬度计(浙江托普云农科技股份有限公司); H1850 型台式高速离心机(湖南湘仪离心机仪器有限公司); B-220 型恒温水浴锅(上海亚荣生化仪器厂); TU-1900 型双光束紫外可见分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司)。

三氯乙酸、硫代巴比妥酸、氢氧化钠(分析纯, 国药集团化学试剂有限公司); 酚酞(分析纯, 麦克林生化科技有限公司);

2.3 测定方法

腐烂率按照以下公式计算: 腐烂率/% = (腐烂果实个数/果实总个数) × 100; 质量损失率采用称重法, 按照以下公式计算: 质量损失率/% = [(初始质量 - 贮藏后质量)/初始质量] × 100; 采用 GY-1 型和 GY-2 型果实硬度计测定硬度; 采用硫代巴比妥酸法^[6]测定丙二醛含量; 采用 PAL-1 迷你数显折射仪测定可溶性固形物含量; 可滴定酸含量的测定参照 GB/T 12456-2008《食品中总酸的测定》^[7]

进行, 结果以苹果酸计; 总糖、葡萄糖、果糖、蔗糖和维生素 C 含量均采用苏州科铭生物科技有限公司试剂盒(微量法)测定。

2.4 数据处理

数据运用 SPSS 24.0 软件的方差分析进行差异显著性检验, 利用 Excel 软件进行数据统计及作图。

3 结果与分析

3.1 低温贮藏对油棕果实腐烂率与质量损失率的影响

不同温度条件下油棕果实的腐烂率和质量损失率变化如下图 1 所示。

腐烂率果实贮藏的最主要指标, 直接体现果实商品性, 一旦出现腐烂, 果实便不能食用。如图 1 所示, 随贮藏时间延长, 油棕果实腐烂率变化总体呈上升趋势。室温条件下油棕果实腐烂率迅速上升, 贮藏至 30 d 腐烂率高达 52.00%, 而低温明显抑制了果实腐烂率发生, 低温条件油棕果实腐烂率在贮藏至 40 d 还未发现腐烂果, 直至贮藏 60 d 时腐烂率也仅为 6.33%, 整个贮藏期间均与室温条件腐烂率差异显著($P < 0.05$)。

质量损失率是体现果实贮藏好坏的另一指标, 质量损失往往是由于果实发生皱缩失水等, 影响其商品性及耐贮性。结果如图 1 所示, 油棕果实质量损失率随贮藏时间延长呈不断上升趋势。室温条件下油棕果实质量损失率迅速上升, 贮藏至 30 d 质量损失率高达 15.45%, 而低温显著抑制了果实质量损失率上升, 油棕果实低温条件质量损失率上升较为缓慢, 贮藏至 60 d, 质量损失率也仅为 4.28%, 整个贮藏期间与室温条件相比差异极显著($P < 0.01$)。

3.2 低温贮藏对油棕果实硬度的影响

不同温度条件下油棕果实的硬度变化如下图 2 所示。

硬度是反映果实耐贮性的重要指标, 软化是果实成熟衰老的一个重要特征。如图 2 所示, 随着贮藏时间的延长, 油棕果实的硬度呈下降趋势。在整个贮藏过程中, 室温条件下油棕果实硬度下降较快, 贮藏至 30 d 时硬度为 3.63 kg/cm², 下降了 75.75%。而低温条件在贮藏 5 d 时硬度下降也较快, 从 10 d 后下降速度较为缓慢, 到 30 d 硬度为 6.70 kg/cm², 下降了 55.24%, 与室温条件差异极显著($P < 0.01$), 到 60 d 硬度为 6.00 kg/cm², 下降了 59.92%。由此说明, 低温有效抑制了果实贮藏中后期硬度下降。

3.3 低温贮藏对油棕果实丙二醛含量的影响

不同温度条件下油棕果实的丙二醛含量变化如下图 3 所示。

丙二醛含量是膜脂过氧化的主要产物之一, 反映细胞膜的损伤程度和果实成熟与衰老程度^[6]。如图 3 所示, 随着

贮藏时间的延长, 油棕果实的丙二醛含量总体呈上升趋势。从开始贮藏至 15 d, 室温和低温条件下油棕果实的丙二醛含量均不断上升, 两者之间差异不显著($P>0.05$), 至 20 d 起低温条件丙二醛含量积累趋于平缓, 至 30 d 时, 室温条件果实丙二醛含量为 10.10 nmol/g, 低温为 8.31 nmol/g, 两者之间差异极显著($P<0.01$), 由此说明, 低温主要抑制了果实贮藏中后期丙二醛含量积累。

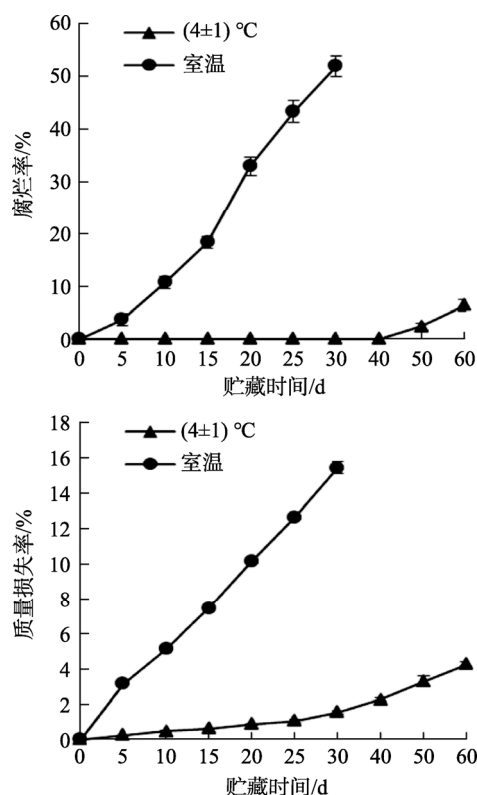


图1 油棕果实采后腐烂率和质量损失率变化($n=3$)

Fig.1 Change of postharvest rotten ratio and weight loss ratio of 'Younai' fruits ($n=3$)

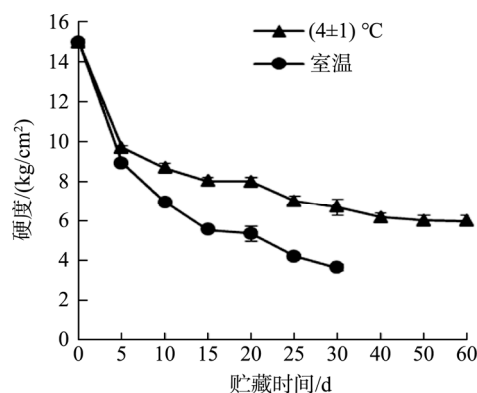


图2 油棕果实采后硬度变化($n=3$)

Fig.2 Change of postharvest firmness of 'Younai' Fruits ($n=3$)

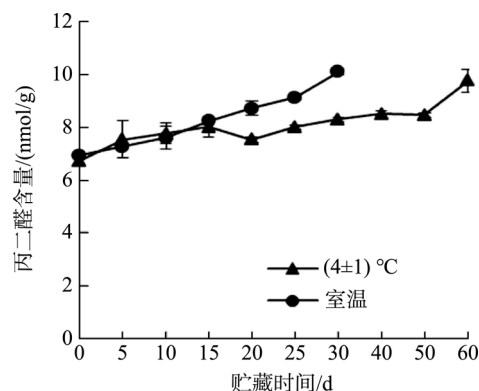


图3 油棕果实采后丙二醛含量变化($n=3$)

Fig.3 Change of malondialdehyde content of 'Younai' Fruits ($n=3$)

3.4 低温贮藏对油棕果实可溶性固形物和可滴定酸含量的影响

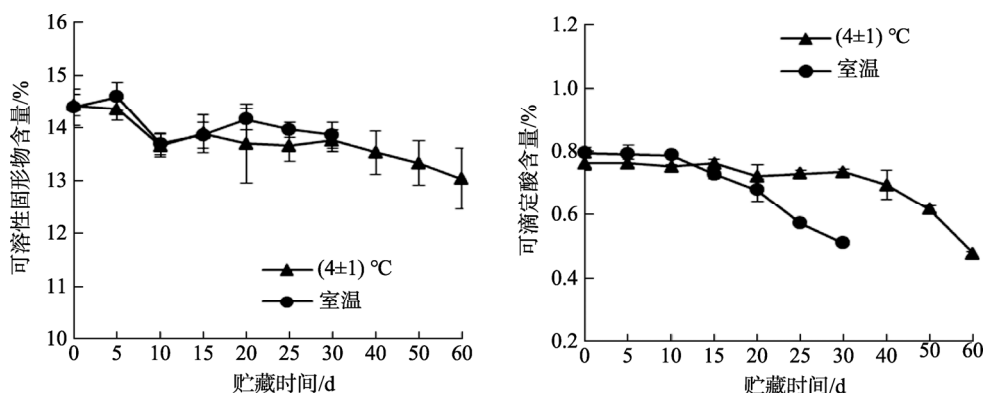
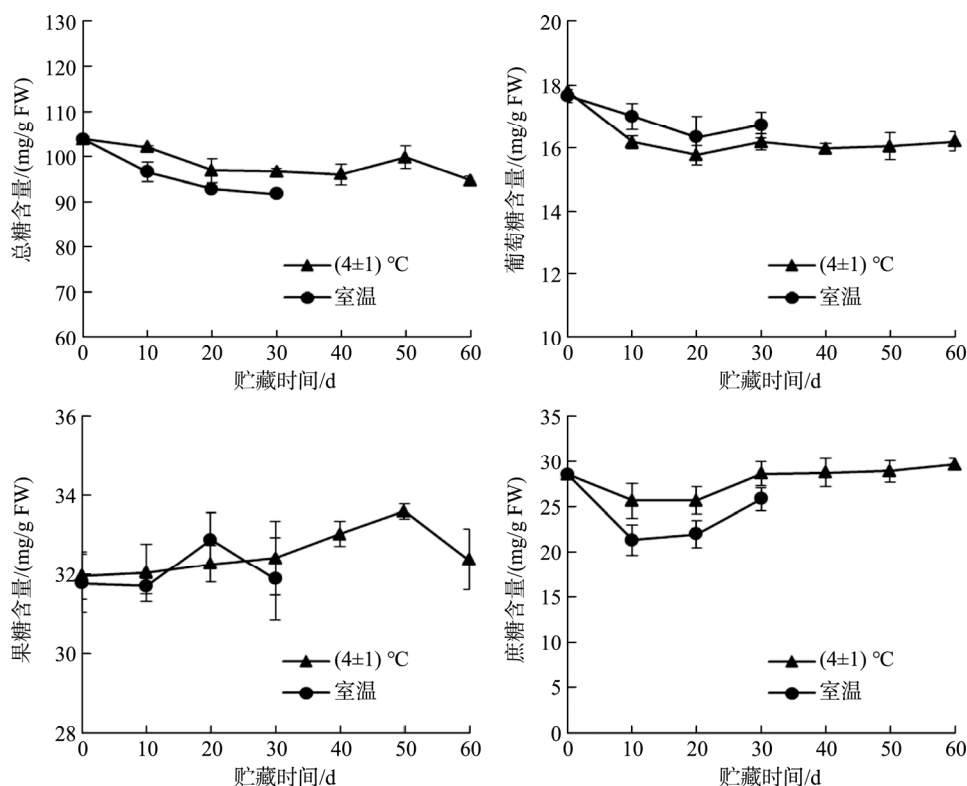
不同温度条件下油棕果实的可溶性固形物和可滴定酸含量变化如下图4所示。

可溶性固形物和可滴定酸含量是体现果实糖酸品质的综合指标, 也反映果实内含物消耗情况。如图4所示, 低温和室温条件下油棕果实可溶性固形物含量随贮藏时间延长均呈先下降再上升后下降的总体趋势。油棕果实低温和室温条件的可溶性固形物含量差异不显著($P>0.05$)。如图4所示, 低温和室温条件下油棕果实可滴定酸含量均随贮藏时间延长均呈下降趋势。油棕果实贮藏前期低温和室温条件下可滴定酸含量差异不显著($P>0.05$), 从贮藏 25 d 起低温条件油棕果实可滴定酸含量显著高于同贮藏期室温条件可滴定酸含量($P<0.05$)。由此可见, 低温可延缓贮藏后期油棕果实采后可滴定酸含量下降。

3.5 低温贮藏对油棕果实糖类物质含量的影响

不同温度条件下油棕果实的总糖、葡萄糖、果糖和蔗糖含量变化如下图5所示。

葡萄糖、果糖和蔗糖等糖分是影响果实风味食用品质的重要呈味物质^[8]。如图5所示, 随贮藏时间延长, 油棕果实总糖含量总体呈下降趋势。其中室温贮藏油棕果实总糖含量下降较快, 至贮藏 30 d 时, 室温贮藏总糖含量显著低于低温贮藏($P<0.05$)。如图5所示, 油棕果实葡萄糖含量随贮藏时间总体呈下降趋势, 但在贮藏 30 d 略有上升, 而后低温条件葡萄糖含量趋于稳定, 但在不同温度条件下贮藏, 两者葡萄糖含量差异不显著($P>0.05$)。如图5所示, 油棕果实果糖含量随贮藏时间呈先上升后下降的总体趋势, 低温和室温贮藏分别在第 50 d 和 20 d 达到最高值, 但贮藏期间不同温度其果糖含量差异不显著($P>0.05$)。如图5所示, 油棕果实蔗糖含量随贮藏时间呈先下降后上升的总体趋势。其中, 油棕果实贮藏至 20 d 和 30 d, 低温条件蔗糖含量均显著高于室温条件($P<0.05$)。由此说明, 低温可延缓油棕果实贮藏后期总糖含量下降, 维持蔗糖含量, 但对葡萄糖和果糖含量无显著影响。

图 4 油棕果实采后可溶性固形物和可滴定酸含量变化($n=3$)Fig.4 Change of postharvest total soluble solid and titratable acid content of 'Younai' Fruits ($n=3$)图 5 油棕果实采后总糖、葡萄糖、果糖和蔗糖含量变化($n=3$)Fig.5 Change of postharvest total sugar, glucose, fructose and sucrose content of 'Younai' Fruits ($n=3$)

3.6 低温贮藏对油棕果实维生素 C 含量的影响

不同温度条件下油棕果实的维生素 C 含量变化如下图 6 所示。

维生素 C 是果实重要的活性营养成分之一, 采后极易被氧化而损失^[9]。如图 6 所示, 随贮藏时间延长, 油棕果实维生素 C 含量呈先上升后下降的总体趋势。贮藏至 20 d, 低温和室温贮藏的油棕果实维生素 C 含量均达到最高值, 此时两者差异不显著($P>0.05$), 而后开始下降, 至 30 d, 室温贮藏果实维生素 C 含量显著低于低温贮藏($P<0.05$), 这说明低温可延缓果实贮藏后期维生素 C 含量下降。

4 结论与讨论

在油棕果实贮藏过程中, 果实发生腐烂、质量损失、硬度下降等直接影响其耐贮性和食用及商品价值, 体现贮藏期, 已有大量的研究表明适宜低温可有效延长青脆李^[10]、荔枝^[11]、余甘子^[12]等果实保鲜期。有研究表明, 油棕果实在 0~5 °C 低温贮藏效果最佳^[5], 与前人研究结果一致, 本试验结果显示, 与室温相比, (4±1) °C 低温贮藏可有效延缓果实腐烂率、质量损失率的上升, 延缓果实硬度下降和丙二醛含量的积累, 且在贮藏期间未发现果肉褐变等

冷害症状,说明该温度是油棕果实贮藏的适宜低温条件,可有效延缓果实成熟与衰老,延长贮藏保鲜期。

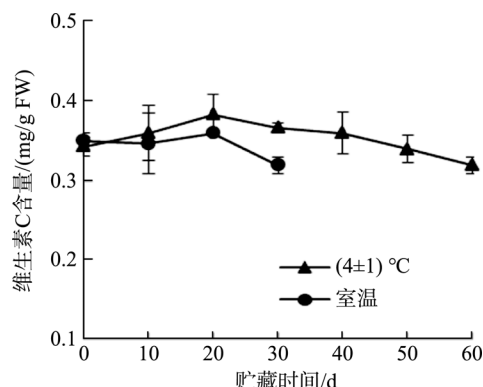


图6 油棕果实采后维生素C含量变化($n=3$)

Fig.6 Change of postharvest vitamin C content of 'Younai' Fruits ($n=3$)

果实保鲜的意义不仅仅是延缓果实衰老败坏,更是要尽可能保持果实新鲜品质和后熟品质,包括风味及营养品质等。可溶性固形物、可滴定酸、总糖、葡萄糖、果糖、蔗糖和维生素C等含量体现了果实的食用品质、风味品质和营养价值等。本试验结果显示,(4±1) °C低温贮藏相较室温贮藏可延缓果实可滴定酸、总糖、蔗糖和维生素C含量的下降,对可溶性固形物、葡萄糖和果糖含量无显著影响。刘晓燕等^[13]研究发现5 °C相较25 °C可有效延缓可滴定酸含量下降,但对可溶性固形物含量影响不显著,与本结论结果相似。与本结论有所不同的是,戚雯烨等^[14]研究发现低温贮藏延缓了‘华特’猕猴桃果实蔗糖的降解、果糖和葡萄糖的积累,而李昌宝等^[15]研究发现低温贮藏能有效抑制香蕉总糖、葡萄糖、果糖和蔗糖等糖分的增长速度。果实贮藏期间采后糖含量的变化主要受呼吸作用、淀粉水解和组织失水程度等多方面的影响^[16],糖通常作为呼吸作用底物,而低温可有效抑制呼吸作用强度、影响淀粉降解和蔗糖代谢相关酶活性等^[14,17],从而影响己糖的积累和蔗糖的水解,但不同果种采后糖代谢具体作用机制有待进一步研究。维生素C是具有抗氧化能力的活性物质,在果实活性氧代谢平衡中起重要作用。马琳等^[18]研究发现低温可维持维生素C的含量,与本结论相似,他们认为低温通过抑制抗坏血酸氧化酶活性而减缓了维生素C含量损失。综上所述,(4±1) °C低温贮藏可有效延缓果实衰老,并且在一定程度上维持果实的风味及营养品质,本研究可为油棕果实采后保鲜技术研发提供理论参考依据。

参考文献

- [1] 孙文鹏. 福建木奈产业现状及木奈三种功效成分研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2014.
Sun WP. Status survey of nane industry and study on its three functional components in Fujian province [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2014.
- [2] 李辉, 林河通, 袁芳, 等. 不同浓度1MCP处理对采后油木奈果实的保鲜效应[J]. 农业机械学报, 2012, 43(5): 114–121.
Li H, Lin HT, Yuan F, et al. Effects of different concentrations of 1-mcp treatments on freshness of harvested younai fruits [J]. Transact Chin Soc Agric Mach, 2012, 43(5): 114–121.
- [3] 朱赛赛, 张敏. 温度激化处理对采后果蔬贮藏品质影响的研究进展[J]. 食品科学, 2016, 37(5): 230–238.
Zhu SS, Zhang M. Advances in the study of the effect of temperature shock treatments on storage quality of postharvest fruits and vegetables [J]. Food Sci, 2016, 37(5): 230–238.
- [4] 王淑贞. 果品保鲜贮藏与优质加工新技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2009.
Wang SZ. Fruit preservation and storage and new processing technology [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2009.
- [5] 潘东明, 刘星辉, 郑家基. (木奈)果的贮藏保鲜与采后生理变化研究[J]. 福建农学院学报, 1992, 21(4): 418–423.
Pan DM, Liu XH, Zheng JJ. Study on storage and preservation and postharvest physiological changes of (munai) fruits [J]. J Fujian Agric Coll, 1992, 21(4): 418–423.
- [6] 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 JK, Jiang WB, Zhao YM. Physiological and biochemical experiment guidance for postharvest fruits and vegetables [M]. China Light Ind Press, 2007.
- [7] GB/T 12456-2008 食品中总酸的测定[S].
GB/T 12456-2008 Determination of total acid in food [S].
- [8] Zhu Z, Liu R, Li B, et al. Characterisation of genes encoding key enzymes involved in sugar metabolism of apple fruit in controlled atmosphere storage [J]. Food Chem, 2013, 141(4): 3323–3328.
- [9] 邵远志, 李雯. 不同贮藏温度及包装对莲雾采后生理和贮藏品质的影响[J]. 中国南方果树, 2007, 36(3): 53–54.
Shao YZ, Li W. Effects of different storage temperatures and packaging on postharvest physiology and post-harvest quality of lotus flour [J]. South China Fruits, 2007, 36(3): 53–54.
- [10] 张立新, 陈嘉, 冯志宏, 等. 不同温度对青脆李贮藏性的影响[J]. 北方园艺, 2016, (3): 129–131.
Zhang LX, Chen J, Peng ZH, et al. Effect of different temperatures on storability of *Prunus americana* [J]. Northern Hortic, 2016, (3): 129–131.
- [11] 黄婉莉, 郑诚乐, 郭志雄, 等. 低温贮藏对于‘站山晚荔’荔枝品质的影响研究[J]. 中国南方果树, 2016, 45(3): 98–101.
Huang WL, Zheng CL, Guo ZX, et al. Effect of low temperature storage on the quality of litchi in "Lushan Late Night" [J]. South China Fruits, 2016, 45(3): 98–101.
- [12] 张福平, 王惠敏, 郑道序, 等. 温度对余甘子采后贮藏期间感官及营养品质的影响[J]. 南方农业学报, 2014, 45(7): 1248–1252.
Zhang FP, Wang HM, Zheng DX, et al. Effect of temperature on sensory and nutritional quality of post-harvest storage of *Phyllanthus emblica* [J]. Guangxi Agric Sci, 2014, 45(7): 1248–1252.
- [13] 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 XY, Wang R, Liang H, et al. Physiological and quality changes of postharvest kiwifruit stored at different temperatures [J]. Jiangsu Agric Sci, 2015, 43(6): 264–267.
- [14] 戚雯烨, 周晨卉, 宋丽君, 等. 毛花猕猴桃‘华特’果实采后糖代谢研究

- [J]. 果树学报, 2016, 33(6): 744–751.
- Qi WY, Zhou CH, Song LJ, *et al.* Study on sugar metabolism of *Actindiaeriantha*Benth cv. 'White' during storage [J]. J Fruit Sci, 2016, 33(6): 744–751.
- [15] 李昌宝, 孙健, 李丽, 等. 贮藏温度对香蕉糖酸组分的影响[J]. 食品工业科技, 2017, 38(7): 305–310.
- Li CB, Sun J, Li L, *et al.* Effect of storing temperatures on the sugar and acid compositions in banana fruits [J]. Sci Technol Food Ind, 2017, 38(7): 305–310.
- [16] 潘永贵, 谢江辉. 现代果蔬采后生理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- Pan YG, Xie JH. Postharvest physiology of modern fruits and vegetables [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2009.
- [17] 齐秀东, 魏建梅. 冷藏和乙烯处理对采后苹果果实糖代谢及关键基因表达的调控[J]. 现代食品科技, 2015, 31(7): 137–145.
- Qi XD, Wei JM. Effect of cold storage and ethylene regulation on sugar metabolism and its key gene expression in post-harvest apple fruit [J]. Mod Food Sci Technol, 2015, 31(7): 137–145.
- [18] 马琳, 张雄峰, 许丽敏, 等. 不同贮藏温度对杏梅贮藏品质的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 36(21): 337–340.

Ma L, Zhang XF, Xu LM, *et al.* Effects of storage temperature on post-harvest quality of *Pruns armeniaca* L. fruit during storage [J]. Sci Technol Food Ind, 2015, 36(21): 337–340.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介



林炎娟, 硕士, 主要研究方向为果品保鲜与加工。

E-mail: linyanjuan916@126.com

周丹蓉, 硕士, 副研究员, 主要研究方向为水果营养品质与功能成分。

E-mail: zhoudanrong@126.com