

贮藏温度对无核黄皮保鲜期和品质的影响

孟祥春*, 黄泽鹏, 凡超, 陆育生

(广东省农业科学院果树研究所/农业农村部亚热带果树生物学与遗传资源利用重点实验室/
广东省热带亚热带果树研究重点实验室, 广州 510640)

摘要: 目的 研究确定无核黄皮的最佳贮藏保鲜温度, 为其贮运保鲜提供理论和技术基础。**方法** 无核黄皮经采收分选后, 分别贮藏于不同的环境温度下, 观测贮藏期间果实外观整体感观质量、色泽及主要生理和品质指标的变化。**结果** 较低温 3~5 °C、低温 8~10 °C 下无核黄皮的总感官品质下降慢, 贮藏保鲜期较长, 分别达 13 d 和 11 d, 而中低温 13~15 °C 下缩短至 9 d, 室温 23~25 °C 则只有 3 d。低温贮藏降低果实的呼吸速率和乙烯释放速率, 减缓果面色泽劣变, 并减缓可溶性固形物、可滴定酸和维生素 C 的变化, 从而保持新鲜品质营养。**结论** 低温贮藏能有效减缓无核黄皮内外观品质的下降, 温度越低, 贮藏保鲜期越长。8~10 °C 是无核黄皮的最佳贮藏温度范围, 此温度下的贮藏保鲜期为 11 d。

关键词: 无核黄皮; 贮藏温度; 保鲜期; 总感官指标

Effects of storage temperature on the preservation period and quality of seedless wampee fruit

MENG Xiang-Chun*, HUANG Ze-Peng, FAN Chao, LU Yu-Sheng

[Institute of Fruit Tree Research, Guangdong Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of South Subtropical Fruit Biology and Genetic Resource Utilization (MOA)/Key Laboratory of Tropical and Subtropical Fruit Tree Research, Guangzhou 510640, China]

ABSTRACT: Objective To study and determine the most suitable storage temperature of seedless wampee fruit, providing theoretical and technical basis for postharvest handling. **Methods** After harvesting and sorting, seedless wampee fruits were stored at different ambient temperatures, the changes of overall sensory quality, color, main physiological and quality indexes of fruit were observed during storage. **Results** Fruits at lower cold temperature 3-5 °C and low temperature 8-10 °C had slower overall visual quality decreasing and longer storage preservation period, which were 13 d and 11 d respectively, while storage time under moderate low temperature 13-15 °C was 9 d, and there was only 3 d under normal storage temperature of 23-25 °C. Cold storage could effectively reduce fruit respiration rate and ethylene release rate, delay pericarp color and overall visual quality deterioration, and slow down the changes of total soluble solids, titratable acid and vitamin C, so as to maintain fresh quality and nutrients. **Conclusion** Low temperature storage can effectively slow down inner and outer quality deterioration of seedless wampee fruit, the lower the temperatures, the longer the storage preservation period. The optimal storage temperature of seedless wampee fruit is 8-10 °C, the storage preservation period under this temperature is 11 d.

基金项目: 2021 年省级乡村振兴战略专项项目(粤农农计[2021]59 号)

Fund: Supported by the Special Project from Provincial Rural Revitalization Strategy (YuenongNongji [2021] No.59)

*通信作者: 孟祥春, 博士, 副研究员, 主要研究方向为亚热带水果采后生物学及贮运保鲜技术。E-mail: gerbera_mxc@126.com

*Corresponding author: MENG Xiang-Chun, Ph.D, Associate Professor, Institute of Fruit Tree Research, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Dafeng No.80 Street, Wushan Road, Tianhe District, Guangzhou 510640, China. E-mail: gerbera_mxc@126.com

KEY WORDS: seedless wampee fruit; storage temperature; preservation period; total sensory index

0 引言

无核黄皮是我国南方特有的优良果品, 是芸香科柑橘亚科黄皮属(*Clausena lansium*)黄皮的变异良种, 具有“中华名果”美誉^[1-2]。鲜果具有果大、皮薄肉厚、味甜肉脆、汁多色艳、营养价值高等特点, 且富含天然的抗氧化和抗肿瘤生物活性功能物质^[3-5], 具有健胃消食、理气健脾、润肺止咳、生津解渴等保健及药用功效, 并适合开发果酒、果汁饮料、馅饼、蜜饯等深加工产品^[6-7]。无核黄皮的成熟期恰逢高温高湿季节, 其果实采后生理变化剧烈, 加之皮薄易裂果, 在自然条件下极易变色腐烂, 保鲜期极短, 只有 1~2 d^[8], 极大地制约了贮藏销售, 阻碍了产业的发展。因此, 研究无核黄皮的贮藏特性及保鲜技术对发展无核黄皮产业具有重要现实意义。国内外已有关于黄皮果实采后贮藏生理及生物学特性的研究报道^[9-10], 也已有研究热处理^[11-12]、自发气调包装(modified atmosphere package, MAP)^[13]、咪鲜胺类化学保鲜剂^[14]、1-甲基环丙烯(1-methylcyclopropene, 1-MCP)^[15]、可食性涂膜^[16]、乙醇熏蒸^[17]等保鲜技术对黄皮采后生理和贮藏品质影响的报道, 但所用黄皮材料多为有核品种, 针对无核黄皮的采后贮藏保鲜研究方面开展的工作较少, 目前尚未有有效的黄皮采后处理及保鲜标准技术。

低温贮藏是延缓果实采后成熟、抑制采后病害发生的最重要手段, 低温可抑制果蔬采后呼吸作用和内源乙烯的生成, 有利于减缓生理代谢、延缓果实的衰老、保持营养物质的相对稳定^[18-19], 而如果果蔬贮藏在不适当的低温条件下, 极易产生冷害^[20]。目前对于贮藏温度对黄皮采后生理、品质变化和贮藏期影响的研究已有少量报道。常文俊等^[21]认为鸡心黄皮果实采后经 12 和 8 °C 的程序降温处理后, 转至 3 °C 低温贮藏, 果实衰老速度可得到一定程度地延缓, 可延长贮藏期至 12 d; 张泽煌等^[22]也认为鸡心黄皮的适宜贮藏温度为 2~4 °C, 而对无核黄皮的采后贮藏保鲜研究尚未见报道。本研究以广东无核黄皮为材料, 研究不同贮藏温度对果实贮藏保鲜期及主要品质和外观的影响, 以期在无核黄皮果实的保鲜贮运提供理论和技术依据, 对促进无核黄皮产业健康发展、提高经济效益具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

无核黄皮采摘于广东云浮市郁南县建成镇便民村种植基地, 采用常规管理栽培, 于 8 成熟时采收, 平均单果重 8~15 g。分别在成熟季采收 2 个年度(2019 和 2020)的无核黄皮果实进行 3 次重复试验。

MIR-554 型恒温箱(日本三洋公司); SP-60 色差仪(美国爱色丽公司); GY-4 数显果实硬度计(北京金科利达公司); PAL-1 数显手持糖度计(日本 ATAGO 公司); WITT OXYBABY M+残氧仪(德国威特公司); SGA-600 手持乙烯检测仪(深圳深国安电子公司); JJ-1000 型电子天平(瑞士梅特勒-托利多公司)。

1.2 试验方法

1.2.1 样品前处理

果实采收后即可冷藏运输至试验室, 挑选去除残次果, 选取大小、颜色、成熟度均匀一致、无病虫害的果实随机分成 4 个处理组, 分别置于较低温 3~5 °C (T1)、低温 8~10 °C (T2)、中低温 13~15 °C (T3)和室温 23~25 °C (T4)下贮藏, 各组成实用保鲜袋包装, 袋内相对湿度为 85%~90%。贮藏过程中, 定期随机取样评测总感官、果面色差、果实品质指标的变化。试验果实的成熟度如图 1 所示, 果实大小为 5~6 g, 横径为 20~25 mm, 纵径为 25~30 mm, 可溶性固形物(total soluble solid, TSS)含量为 13%~14%, 可滴定酸(titratable acid, TA)含量为 2.0~2.5 mg/100 mL, 维生素 C 含量为 60~67 mg/100 mL。



图 1 试验成熟期无核黄皮果实的图示

Fig.1 Illustration of the seedless wampee fruit at the experimental maturity

1.2.2 测定项目与方法

(1)果实整体感官质量评测

根据表 1 的评测标准, 在本试验室内随机选取 10 人对样品的总体新鲜度、外观色泽、风味、腐烂及可接受食用程度进行评定打分, 分值范围为 1~9 分: 9 分为非常好、7 分为很好、5 分为好(适销性的极限)、3 分为一般(使用性的极限)、1 分为差(不可食用)。一般认为果实整体感官质量(overall visual quality, OVQ)值在 5 分以上表示产品仍具有商品价值, 3 分是货架期终止, 丧失商品价值的指示。每处理评测记录 3 次, 结果取其平均值。

(2)果实呼吸速率和乙烯释放速率的测定

采用孟祥春等^[23]的方法, 将定量的黄皮果实样品在已知体积的密封罐中密封一定时间, 用威特 OXYBABY M+残氧仪测 CO₂ 生成量, 计算得出呼吸速率, 单位为 mL CO₂/(kg·h); 用手持乙烯检测仪测量乙烯释放量, 计算得出乙烯释放速率, 单位为 μL C₂H₄/(kg·h)。

表 1 无核黄皮果实的整体感观质量判定标准
Table 1 Judgment standard of overall visual quality of seedless wampee fruit

OVQ 分值	感官评定指标
9(非常好)	新鲜度非常好、无任何可见外观色泽变化、果实特有的风味浓郁、无任何异味和腐烂、完全可接受食用
7(很好)	新鲜度略有降低, 总体感官仍很好、无明显可见外观色泽变化、果实特有风味略淡、无任何异味和腐烂、可接受食用程度高
5(好)	新鲜度有明显下降, 总体感官仍比较好、有轻微可见外观色泽变化、果实特有风味淡、无明显可分辨异味、个别果腐烂、不影响食用
3(一般)	新鲜度有显著下降, 总体感官一般、有明显可见外观色泽变化、果实特有风味丧失、有可分辨异味、个别果腐烂严重、可接受食用程度差
1(差)	新鲜度有极显著下降, 总体感官差、外观色泽变化显著、果实特有风味完全丧失、有可分辨异味、腐烂率及腐烂程度严重、无可食用价值

(3) 果面色差的测定

选用 SP-60 色差仪的 CIE $L^*a^*b^*$ 色差体系测定果面的 L^* (明亮度)、 a^* (红/绿差异)、 b^* (黄/蓝差异) 值, 孔径为 4 mm, 光源为脉冲式充气钨丝灯提供, 观察角度为 10° 。参考 SDIRI 等^[24]的方法, 选用 L^* 、 ΔE^* (总色泽容差) 和 h° (色相角) 3 个参数表示无核黄皮果面的色泽变化程度。 L^* 值、 h° 的下降, ΔE^* 值的升高意味着褐变发生, 色泽变化程度严重。各样品从不同温度处理环境中取出后在室温条件下平衡 1 h, 然后进行色差的测定。

色调角 h° 值和总容差 ΔE^* 根据 L^* 、 a^* 、 b^* 值, 分别采用公式(1)和(2)计算:

$$h^\circ = \frac{\arctan \frac{b^*}{a^*}}{2\pi} \times 360 + 180 \quad (1)$$

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (2)$$

(4) 可溶性固形物、可滴定酸和维生素 C 含量测定

取处理样品加水混合后榨汁, 经过滤后用数显手持糖度计测定 TSS 含量, 然后取果汁 5 mL, 称重后分别用 NaOH 中和滴定法和 2,6-二氯酚酚滴定法测定 TA 和维生素 C 含量。

1.2.3 数据处理

采用 Excel 软件进行数据处理, 并用 DPS 7.05 统计软件的 Duncan's 新复极差法比较处理间的差异显著性, $P < 0.05$ 表示显著性差异。

2 结果与分析

2.1 不同贮藏温度对无核黄皮总感官质量及贮藏保鲜期的影响

4 个贮藏温度下无核黄皮果实的总感官质量评价及果实外观图如图 2、3 所示。以 OVQ 值大于 5 分表示产品仍在贮藏保鲜期内, 具有商品价值, 以此作为评测标准, 图 2 显示较低温 $3\sim 5^\circ\text{C}$ (T1) 无核黄皮的贮藏保鲜期长达 13 d (14 d 时开始腐烂变色), 低温 $8\sim 10^\circ\text{C}$ (T2) 的贮藏保鲜期则为 11 d (12 d 时开始腐烂变色), 而中低温 $13\sim 15^\circ\text{C}$ (T3) 下

的保鲜期缩短至 9 d (10 d 时开始腐烂变色), 室温 $23\sim 25^\circ\text{C}$ (T4) 果实的品质下降最快, 只有 3 d 的保鲜期, 4 d 时开始快速变色、腐烂并出现异味。结果显示, 像其他果蔬一样, 低温是延长无核黄皮贮藏保鲜期的有效方式, 温度越低, 贮藏保鲜期越长。但在较低温 $3\sim 5^\circ\text{C}$ (T1) 时, 成熟度比较低的果实在第 10 d 左右会出现冷害现象(数据未显示)。本研究认为低温 $8\sim 10^\circ\text{C}$ (T2) 是无核黄皮的最佳贮藏温度, 此温度下的贮藏保鲜期为 11 d。

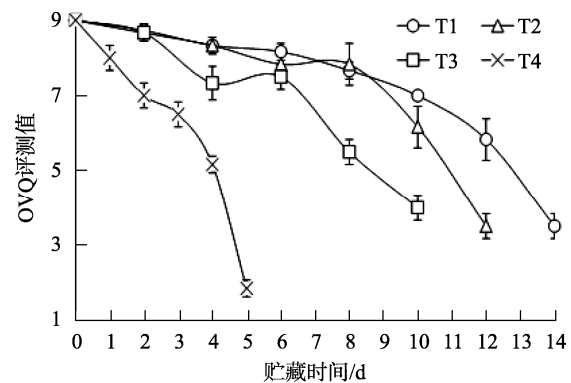


图 2 不同贮藏温度下无核黄皮总感官质量及贮藏保鲜期变化 ($n=3$)

Fig.2 Overall visual qualities and preservation period changes of seedless wampee fruit under different storage temperatures ($n=3$)

2.2 不同贮藏温度对无核黄皮呼吸速率和乙烯释放速率的影响

果实的呼吸速率和乙烯释放速率是决定其采后贮藏特性的主要生理基础。对不同贮藏温度下无核黄皮果实的呼吸速率进行测定, 结果显示(图 4), 在各处理贮藏期 (T1-12 d、T2-11 d、T3-8 d、T4-5 d) 内, 随着贮藏时间的延长, 黄皮的呼吸速率均呈先升高接着降低, 到贮藏后期又升高的趋势, 4 个贮藏温度下的呼吸高峰均在贮藏的第 3 d 出现。室温 $23\sim 25^\circ\text{C}$ (T4) 果实的呼吸速率最大, 在第 1 d 和第 3 d 时分别是 T1、T2 和 T3 的 8 倍以上和 1.8 倍以上。 $3\sim 5^\circ\text{C}$ (T1)、 $8\sim 10^\circ\text{C}$ (T2) 和 $13\sim 15^\circ\text{C}$ (T3) 贮藏的果实的呼

吸速率在 6 d 内差异不明显($P>0.05$), 7 d 之后差异变大, 仍表现为温度越高, 呼吸速率越强。各温度下贮藏期结束前 1 d 或 2 d 的呼吸速率升高, 可能由于贮藏后期果实开始出现腐烂, 生理代谢加剧造成的。

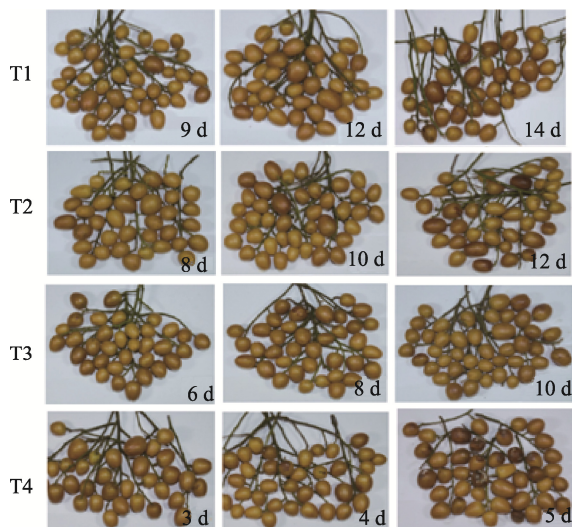


图 3 无核黄皮不同温度下贮藏不同时间后果实的外观图示
Fig.3 Illustration of outer appearances of seedless wampee fruit stored at different temperatures for different time

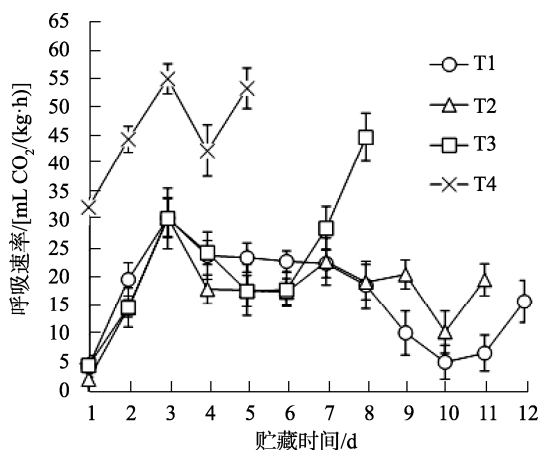


图 4 贮藏温度对无核黄皮果实呼吸速率的影响($n=3$)
Fig.4 Effects of storage temperatures on respiration rates of seedless wampee fruit ($n=3$)

果实乙烯释放速率的相应变化如图 5 所示, 贮藏期内无核黄皮的乙烯释放速率也随贮藏时间延长逐渐升高, 室温 23~25 °C (T4)果实的乙烯释放速率最大, 其次为 13~15 °C (T3), 而较低温 3~5 °C (T1)和低温 8~10 °C (T2)贮藏的果实在 8 d 内的乙烯释放速率基本在同一水平, 在第 9~11 d 出现明显差异, T2 果实的乙烯释放速率明显高于 T1 ($P<0.05$)。因此, 低温可降低无核黄皮的乙烯释放速率, 温度越低, 释放乙烯的速率越慢。

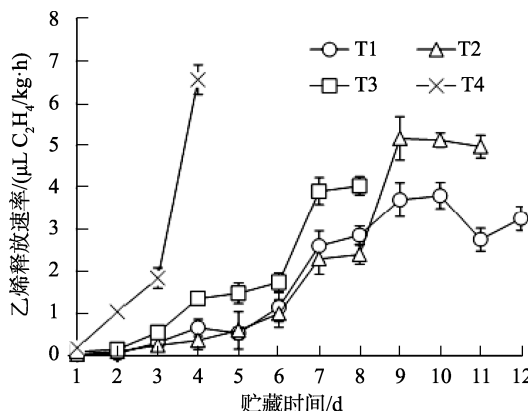


图 5 贮藏温度对无核黄皮果实乙烯释放速率的影响($n=3$)
Fig.5 Effects of storage temperatures on ethylene release rates of seedless wampee fruit ($n=3$)

2.3 不同贮藏温度对无核黄皮可溶性固形物、可滴定酸和维生素 C 含量的影响

TSS 和 TA 是无核黄皮鲜食品质的综合表现, 其变化与果实成熟、衰老及腐烂过程有关。图 6 为各处理温度下贮藏过程中无核黄皮果实 TSS、TA 和维生素 C 含量的变化。贮藏期内, 果实的 TSS 从初始的 13.3%均上升至 16%~17%。第 2 d 和第 4 d 时, 中低温 13~15 °C (T3)和室温 23~25 °C (T4)贮藏果实的 TSS 显著高于低温贮藏[3~5 °C (T1)和 8~10 °C (T2)] ($P<0.05$)。低温贮藏时, 果实 TSS 增加速度缓慢, 在临近贮藏期结束时才升高至最高值(图 6A)。结果显示中低温和室温贮藏果实可溶性固形物积累快。TA 在贮藏过程中的变化趋势为前期下降后期略有上升, 第 4 d 和第 6 d, T3 和 T4 条件下果实 TA 含量显著低于 T1 和 T2 ($P<0.05$), 这与其 TSS 高于 T1 和 T2 是相一致的, 也说明中低温和室温贮藏果实 TA 降低速度快。T1 和 T2 条件下贮藏 8 d 后至贮藏期结束, 果实 TA 略有上升趋势(图 6B)。在贮藏的 2~8 d 期间, 中低温 13~15 °C (T3)贮藏果实的维生素 C 含量高于同时期其他贮藏温度, T1、T2 和 T4 温度贮藏果实的维生素 C 含量差异不明显($P>0.05$)(图 6C)。

2.4 不同贮藏温度对无核黄皮果面色差的影响

无核黄皮室温 23~25 °C (T4)贮藏 6 d 期间, 明亮度 L^* (图 7A, $P<0.05$)和色相角 h^* (图 7C, $P<0.05$)均逐渐从初始的最高值降至贮藏期结束的最低值, 总色泽容差 ΔE^* 的变化趋势则同 L^* 、 h^* 相反, 逐渐升高至最大值(图 7B, $P<0.05$), 显示随室温贮藏时间的延长, 色泽改变逐渐发生, 总色泽变化程度与初始色差相比越来越大, 到贮藏期结束时同 0 d 的色泽容差达到最大值。同一贮藏时间下果面色泽变化趋势为: 温度越低, 明亮度 L^* 和色相角 h^* 值越高, ΔE^* 越低, 而低温 8~10 °C (T2)和较低温 3~5 °C (T1)贮藏果实的色差在 10 d 和 12 d 时变化差异不大。表明低温贮藏可有效控制无核黄皮果面色泽的裂变, 减缓同初始值的总色泽容差, 温度越低, 色泽变化越慢, 但 8~10 °C 低温可以达到 3~5 °C 较低温贮藏对无核黄皮果面的护色效果。

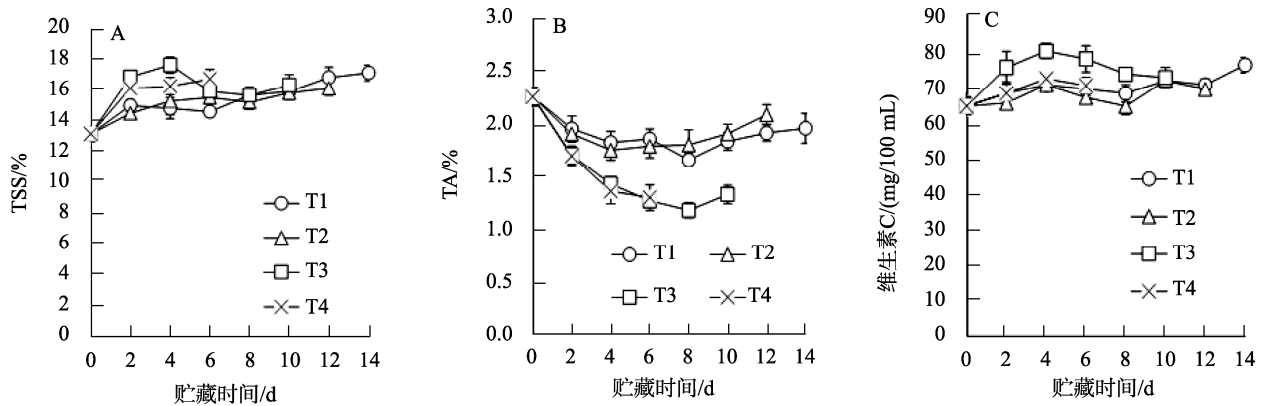


图6 贮藏过程中无核黄皮可溶性固形物(A)、可滴定酸(B)及维生素C(C)含量的变化

Fig.6 Changes of total soluble solid (A), titratable acid (B) and vitamin C (C) content of seedless wampee fruit during storage

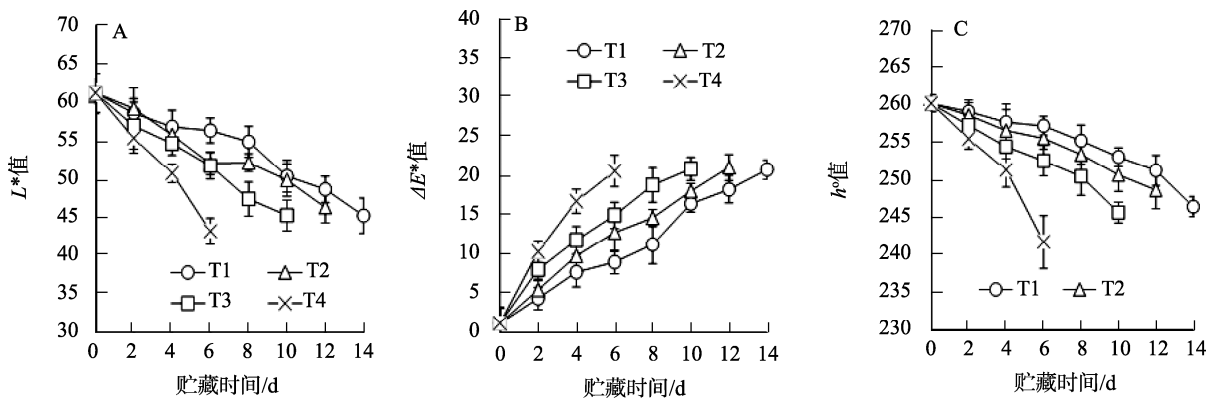


图7 贮藏温度对无核黄皮表面色差 L^* (A)、 ΔE^* (B)和 h° (C)值的影响

Fig.7 Effects of storage temperature on pericarp color difference values of L^* (A), ΔE^* (B) and h° (C) of seedless wampee fruit

3 结论与讨论

低温贮藏是果实保鲜的最重要手段,适宜的低温能够有利于贮藏期的延长和保持原有的风味品质,贮藏时温度要尽可能地低。但成熟于高温高湿环境中的热带水果对低温敏感,低温下容易造成代谢失调和细胞伤害,导致果实抗病性和耐藏性下降,造成严重褐变和品质裂变^[19]。张泽煌等^[22]的研究结果认为鸡心黄皮适宜的贮藏温度为 2~4 °C,常文俊等^[21]认为黄皮果实采后经程序降温至 3 °C低温贮藏,可延长贮藏期至 12 d。本试验结果表明,较低温 3~5 °C、低温 8~10 °C下无核黄皮的贮藏保鲜期可分别达 13 d 和 11 d,而中低温 13~15 °C下缩短至 9 d,室温 23~25 °C则只有 3 d。低温贮藏降低了无核黄皮的呼吸速率和乙烯释放速率,果面色泽劣变减缓,并减缓可溶性固形物、可滴定酸和维生素 C 的变化,从而保持新鲜品质营养。因此,同样证实低温贮藏能有效减缓无核黄皮内外品质下降,温度越低,贮藏保鲜期越长,但无核黄皮较低温 3~5 °C长期贮藏果实会产生冷害。本研究认为 8~10 °C是无核黄皮的最佳贮藏温度范围,此温度下的贮藏保鲜期为 11 d,这样不需要程序降温的复杂处理,

并且避免长期贮藏产生冷害。SHAO 等^[17]在研究乙醇熏蒸对黄皮冷藏过程中的果皮褐变及贮藏品质的影响时,也优选 8 °C低温贮藏。

采后贮藏保鲜是一个系统的工程,温度只是影响果实采后呼吸强度、糖酸风味变化等生理作用的主要因素之一。要最大限度地延长果实的贮藏保鲜期,必须综合采用采后精选、清洗、预冷、防腐处理、功能性包装等保鲜技术。因此在低温贮藏的基础上若能结合采用预冷、安全有效杀菌防腐、气调包装等保鲜配套技术,无核黄皮的贮藏期会更长,保鲜效果会更好。

参考文献

- [1] 陆育生,林志雄,曾杨,等. 中国黄皮果树种质资源果实品质性状的多样性分析[J]. 分子植物育种, 2015, 13(2): 317-330.
LU YS, LIN ZX, ZENG Y, et al. Diversity of wampee (*Clausena lansium* (Lour.) Skeels) germplasm in China revealed based on fruit quality traits [J]. *Molecul Plant Breed*, 2015, 13(2): 317-330.
- [2] LIM TK. Edible medicinal and non-medicinal plants [M]. Berlin: Springer Netherlands, 2012.
- [3] PRASAD KN, XIE HH, HAO J, et al. Antioxidant and anticancer activities of 8-hydroxypsoralen isolated from wampee (*Clausena lansium*

- (Lour.) Skeels peel [J]. Food Chem, 2010, 118: 62–66.
- [4] LIU H, LI F, LI C, *et al.* Bioactive furanocoumarins from stems of *Clausena lansium* [J]. Phytochemistry, 2014, 107(1): 141–147.
- [5] TERDTHAI T, PHACHONPAI W. Cognitive booster of wampee peel extract on chronic restraint stress-induced memory dysfunction in rats [J]. J App Pharm Sci, 2020, 10(7): 19–26.
- [6] 黄星才, 黄星源, 陈小莲. 发酵型蜂蜜黄皮酒的研制[J]. 酿酒, 2016, 43(6): 81–84.
HUANG XC, HUANG XY, CHEN XL. Development of fermented honey plum wine [J]. Liquor Mak, 2016, 43(6): 81–84.
- [7] 周亮. 郁南县无核黄皮加工业发展现状及对策分析[J]. 南方农业, 2019, 13(12): 118–120.
ZHOU L. Development status and countermeasure analysis of seedless wampee processing industry in Yunan [J]. South Chin Agric, 2019, 13(12): 118–120.
- [8] ZENG JK, JIANG ZT, LI W, *et al.* Effects of UV-C irradiation on postharvest quality and antioxidant properties of wampee fruit (*Clausena lansium* (Lour.) Skeels) during cold storage [J]. Fruits, 2020, 75(1): 36–43.
- [9] 王海波, 陈丽晖, 张昭其. 黄皮采后处理与保鲜技术[J]. 广东农业科学, 2011, 19: 93–95.
WANG HB, CHEN LH, ZHANG ZQ. Postharvest treatment and preservation technology of wampee [J]. Guangdong Agric Sci, 2011, 19: 93–95.
- [10] 屈红霞, 蒋跃明, 李月标, 等. 黄皮耐贮性与果皮超微结构的研究[J]. 果树学报, 2004, 21(2): 153–157.
QU HX, JIANG YM, LI YB, *et al.* Research on the storage life and peel ultrastructure in wampee (*Clausena lansium*) [J]. J Fruit Sci, 2004, 21(2): 153–157.
- [11] 张福平, 林晓萍. 热水处理对黄皮果实贮藏品质的影响 [J]. 农业工程学报, 2009, 25(4): 299–302.
ZHANG FP, LIN XP. Effect of hot water treatment on quality of wampee fruit during storage [J]. Trans Chin Soc Agric Eng, 2009, 25(4): 299–302.
- [12] 黄剑波, 董华强, 林丽超, 等. 采后黄皮果实热处理保鲜[J]. 食品科技, 2008, 3: 234–236.
HUANG JB, DONG HQ, LIN LC, *et al.* The preservation of harvested wampee fruit by heat treatment [J]. Food Sci Technol, 2008, 3: 234–236.
- [13] 张福平, 郑丽平, 丘春秀, 等. 微波结合气调袋包装对黄皮采后耐贮性的影响 [J]. 南方农业学报, 2018, 49(3): 543–548.
ZHANG FP, ZHENG LP, QIU CX, *et al.* Effects of microwave combined with modified atmosphere package on storability of *Clausena lansium* (Lour.) skeels fruit during postharvest storage [J]. J South Agric, 2018, 49(3): 543–548.
- [14] 陈丽晖, 李军, 陈杰忠, 等. 施保功浓度和贮藏温度对黄皮保鲜效果的影响[J]. 广东农业科学, 2007, 2: 66–68.
CHEN LH, LI J, CHEN JZ, *et al.* Effects of prochloraz treatment and storage temperature on quality of wampee fruits [J]. Guangdong Agric Sci, 2007, 2: 66–68.
- [15] 陈丽晖, 黄雪梅, 张昭其, 等. 1-甲基环丙烯对无核黄皮贮藏品质和生理的影响[J]. 华南农业大学学报, 2015, 36(4): 117–122.
CHEN LH, HUANG XM, ZHANG ZQ, *et al.* Effects of 1-methylcyclopropene on the storage quality and the postharvest physiology of seedless wampee fruit [J]. J South Chin Agric Univ, 2015, 36(4): 117–122.
- [16] 邱松山, 姜翠翠. 三种可食性涂膜对黄皮货架期品质和生理的影响[J]. 食品工业科技, 2010, 31(12): 313–315.
QIU SS, JIANG CC. Effects of edible coating on the qualities and physiological changes of wampee fruits during shelf life [J]. Sci Technol Food Ind, 2010, 31(12): 313–315.
- [17] SHAO YZ, JIANG ZT, ZENG JK, *et al.* Effect of ethanol fumigation on pericarp browning associated with phenol metabolism, storage quality, and antioxidant systems of wampee fruit during cold storage [J]. Food Sci Nutr, 2019, 75(1): 36–43.
- [18] 王香兰, 朱贤东, 郑志华, 等. 温度和 PE 袋包装对皖金猕猴桃果实采后品质变化的影响[J]. 果树学报, 2021, 38(4): 580–591.
WANG XL, ZHU XD, ZHENG ZH, *et al.* Effects of temperature and PE bags packaging on the postharvest fruit quality in Wanjin kiwifruit [J]. J Fruit Sci, 2021, 38(4): 580–591.
- [19] 饶景萍. 园艺产品贮藏学[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
RAO JP. Storage and transportation of horticultural products [M]. Beijing: Science Press, 2009.
- [20] WANG Q, DING T, ZUO JH, *et al.* Amelioration of postharvest chilling injury in sweet pepper by glycine betaine [J]. Postharvest Biol Technol, 2016, 112(1): 114–120.
- [21] 常文俊, 阎宁, 沈丸钧, 等. 程序降温处理对黄皮果实贮藏品质和采后生理的影响[J]. 热带作物学报, 2019, 40(6): 1181–1187.
CHANG WJ, YAN N, SHEN WJ, *et al.* Effects of low temperature conditioning on storage quality and postharvest physiology of wampee (*Clausena lansium* L.) fruits [J]. Chin J Trop Crop, 2019, 40(6): 1181–1187.
- [22] 张泽煌, 许家辉, 李维新, 等. 黄皮的适宜贮藏温度及 MAP 保鲜[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2006, 35(6): 593–597.
ZHANG ZH, XU JH, LI WX, *et al.* Proper storage temperature and MAP fresh-keeping technique of wampee [J]. J Fujian Agric Fore Univ (Nat Sci Ed), 2006, 35(6): 593–597.
- [23] 孟祥春, 黄泽鹏, 凡超, 等. 1-甲基环丙烯保鲜贴纸延缓香蕉后熟衰老进程的研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(9): 2527–2532.
MENG XC, HUANG ZP, FAN C, *et al.* Post-ripen and senescence progress of banana delayed by 1-methylcyclopropene fresh-keeping sticking paper [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(9): 2527–2532.
- [24] SDIRI S, NAVARRO P, MONTERDE A, *et al.* New degreening treatments to improve the quality of citrus fruit combing different periods with and without ethylene exposure [J]. Postharvest Biol Technol, 2012, 63(1): 25–32.

(责任编辑: 于梦娇 郑丽)

作者简介



孟祥春, 博士, 副研究员, 主要研究方向为南亚热带水果采后生物学及贮藏保鲜技术。

E-mail: gerbera_mxc@126.com