

文章编号: 1674-7054(2018)04-0418-05

泰国柚常温贮藏的采后品质变化

刘娟¹, 阮音音¹, 曾丽萍¹, 李新国^{1, 2}

(1. 海南大学热带农林学院, 海口 570228; 2. 海南省澄迈县蜜柚研究所, 海南 澄迈 571945)

摘要: 研究常温(25℃)下贮藏泰国柚不同天数后果实的质量数、失重率、可食率、可溶性固形物等指标变化,旨在为泰国柚采后常温可食用性提供参考。结果表明,随着采后贮藏天数增加,泰国柚果实质量数下降,失重率上升,在28~42 d时质量及失重率变化速率增大,但其变化不显著;可食率在贮藏28 d时达到最大,28~42 d下降,但变化不显著;可溶性固形物含量0~28 d显著上升,28~42 d时上升速率增大,但变化不显著;可溶性总糖及非还原性糖在贮藏期间显著上升,且贮藏28~42 d时增长速率增大;还原性糖含量在贮藏0~14 d显著上升后呈波动变化,但变化不显著;可滴定酸含量在贮藏14~42 d显著上升;固酸比在贮藏28~42 d显著上升且增长速率增大;维生素C含量在贮藏0~28 d显著上升,贮藏28~42 d时增加,但不显著,增长速率降低。综上所述,泰国柚常温贮藏28~42 d时果实品质最佳。

关键词: 泰国柚; 常温贮藏; 采后; 品质

中图分类号: S 666.3 文献标志码: A DOI: 10.15886/j.cnki.rdsxb.2018.04.008

柚类(*Citrus maxima*)生长在南北半球亚热带地区,中国是其原产国之一,栽培历史久远^[1]。近年来,我国柚果产量不断上升,进口量呈下降趋势,出口额逐年上升,国内国外市场需求不断增加。目前,柚类生产已成为我国柑桔产业中生产发展和品种结构调整的新热点,产量占柑橘品种的12.9%。由于柚类的果皮较厚,如蜜柚的采后保鲜多采用自然通风库常温贮藏^[2-3],也有新型贮藏技术如气调冷库商品化贮藏模式^[4-7]。施堂红、仲山明^[8,9]等人报道胡柚在正常的室温条件下,贮藏60 d后,果品品质逐渐达到最佳。沙田柚^[10-11]、琯溪蜜柚^[12-13]的采后贮藏保鲜研究较成熟。泰国柚,又名暹罗柚,原产于泰国曼谷,柚果因其果实营养丰富,果皮淡黄色,果肉晶莹剔透,柔软多汁,香气浓郁而得到广泛种植^[14],是世界四大名柚之一,也是海南省名特优品之一。本试验通过测定常温贮藏条件下泰国柚果实品质的变化,旨在确定泰国柚常温贮藏的适宜天数,评价其可食性。

1 材料与方法

1.1 材料与处理 于2017-10-13采摘海南省海口市福昌文发种养产销专业合作社种植的泰国柚,果实为七至八成熟,采后立即运至实验室并放置于室温(25℃)、相对湿度80%、避光环境中贮藏。选取24个果实,随机挑选8个果实进行质量及失重率的测定,测定间隔时间为7 d。可食率、可滴定酸、可溶性固形物、可溶性总糖、维生素C含量测定间隔期为14 d,每个处理4个果实。

1.2 方法 质量采用天平称量,以2017-10-13的果实质量计为 M_0 ,定期测定的果实质量为 M_1 ,按下式分别计算失重率与可食率:

$$\begin{aligned} \text{失重率} &= (M_0 - M_1) / M_0 \times 100\%; \\ \text{可食率} &= \text{果肉质量} / \text{单果质量} \times 100\%。 \end{aligned}$$

收稿日期: 2018-09-30

修回日期: 2018-11-13

基金项目: 海南省重点研发计划项目(ZDYF2016032); 海南大学热带农林学院园艺学院园艺“3+2”专业分段培养试点学生创新课题(Y17-07)

作者简介: 刘娟(1996-),女,海南大学热带农林学院2014级本科生, E-mail: 1104168346@qq.com

通信作者: 曾丽萍(1970-),女,实验师,研究方向: 园艺植物生理等研究, E-mail: 714459023@qq.com

可溶性固形物测定采用折射仪法^[15]; 维生素 C 含量采用 GB 14754 - 2010^[16]; 可溶性总糖、还原糖及非还原性糖采用 GB/T6194^[17]; 可滴定酸采用 GB/T12456 - 2008 指示剂滴定法^[18]

1.3 数据分析 所得数据采用 SPSS Statistics 24 进行方差分析, 使用 Duncan 新复极差法进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 泰国柚果实贮藏期间质量和失重率的变化

2.1.1 质量 由图 1 可见, 泰国柚果实贮藏 0 d 的质量与贮藏 14、21、28、35 及 42 d 的存在显著差异, 贮藏 7 d 的质量与贮藏 28、35 和 42 d 的存在显著差异, 贮藏 14、21 d 的与贮藏 42 d 的存在显著差异。此外, 泰国柚在贮藏 42 d 期间果实质量数不断下降, 每果下降 209.16 g。贮藏 0 ~ 28 d 果实质量的下降速率不断降低, 存在显著下降, 28 d 时果实的质量为 738.93 g, 28 ~ 42 d 质量的下降速率增大, 不存在显著下降。但是柚果质量的下降速度总体变化较小, 可能由于柚子是非跃变型果实, 呼吸强度平稳, 所以消耗果实贮藏营养的速度变化小, 最终呈现为果实质量下降速度小。结果表明, 泰国柚果实在贮藏 28 ~ 42 d 质量下降速度增大, 但下降幅度较小。

2.1.2 失重率 图 1 表明, 泰国柚果实的失重率在贮藏 42 d 与贮藏 0、7、14、21、28 d 存在显著差异, 贮藏 35 d 与贮藏 0、7、14、21 d 存在显著差异, 贮藏 28 d 与 0、7、14、42 d 存在显著差异, 贮藏 21 d 与贮藏 0、7、35、42 d 存在显著差异, 贮藏 14 d 与贮藏 0、28、35、42 d 存在显著差异, 贮藏 7 d 与贮藏 0、21、28、35、42 d 存在显著差异。此外, 泰国柚在贮藏期间果实的失重率不断上升, 42 d 时失重率达 25.19%。柚果常温贮藏条件下失重率变化范围在 7% ~ 23%^[19]。可见, 果实在 42 d 时质量损失较大。失重速度在贮藏 0 ~ 28 d 不断降低, 贮藏时间 28 ~ 42 d 时失重速度增大, 这与质量的变化规律一致。总而言之, 泰国柚果实在贮藏 28 ~ 42 d 时外部品质下降速度增大, 但变化不显著, 表明 42 d 的贮藏时间对于柚类经济价值的影响相对较小。

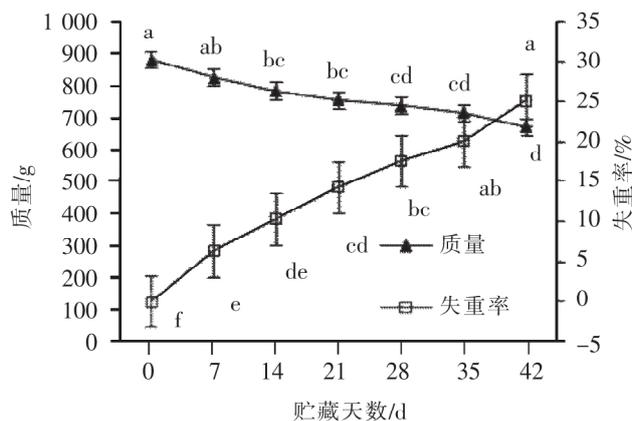


图 1 泰国柚果实常温贮藏下质量及失重率的变化
Fig.1 The changes of weight and weight loss ratio of Thai pomelo fruit stored at the room temperature

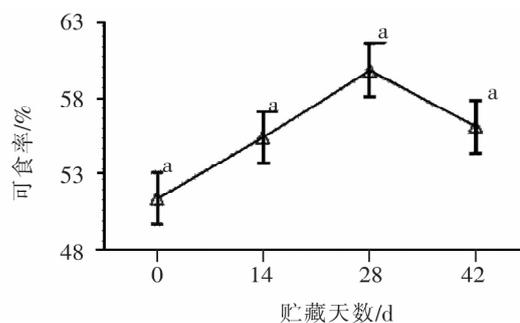


图 2 泰国柚果实常温贮藏下可食率的变化
Fig.2 The changes of the edible rate in Thai pomelo fruits stored at the room temperature

2.2 泰国柚果实贮藏期间品质的变化

2.2.1 可食率 由图 2 可知, 泰国柚果实不同时间的可食率未发生显著变化。此外, 可食率在果实贮藏 0 ~ 28 d 上升, 贮藏 28 d 时达到最大, 可食率为 59.83%。果实在贮藏 28 ~ 42 d 时呈下降趋势, 42 d 时可食率为 56.10%。泰国柚在常温贮藏条件下, 随着贮藏时间的推移, 可能由于果皮脱水而导致果皮所占比例下降, 进而导致果实可食率上升, 但是由于贮藏后期果实呼吸作用消耗营养, 可食率呈下降趋势^[8]。可见, 果实在贮藏 28 ~ 42 d 时, 果实呼吸作用消耗养分速率增大, 但变化不显著, 这与质量及失重率的变化趋势相符。

2.2.2 可溶性固形物 图 3 表明, 除贮藏时间为 0 d 的与贮藏时间为 14 d 的, 贮藏时间为 14 d 的与贮藏时间为 28 d 的, 贮藏 28 d 的与贮藏 42 d 的不存在显著差异外, 不同时间泰国柚的可溶性固形物含量之间

存在显著差异。此外 泰国柚在常温贮藏条件下,果肉的可溶性固形物含量不断上升,总体增加 2.3%。由于刚采摘的果实含淀粉较多,在柚果贮藏过程中,淀粉转变为可溶性糖^[20]。果实在贮藏 0~28 d 时可溶性固形物的增长速率降低,变化显著,贮藏 28 d 时可溶性固形物为 10.98%。而果实在贮藏 28~42 d 时可溶性固形物的增长速率增大,变化不显著,贮藏 42 d 时可溶性固形物为 12.20%。可见,果实的可溶性固形物在贮藏 0~28 d 时显著增加,贮藏 28~42 d 可溶性固形物含量增长速率增大,但变化不显著。

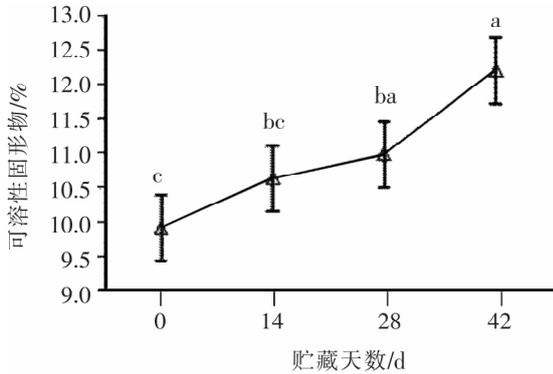


图 3 泰国柚果实常温贮藏下可溶性固形物含量的变化
Fig.3 The changes of soluble solids content in Thai pomelo fruits stored at the room temperature

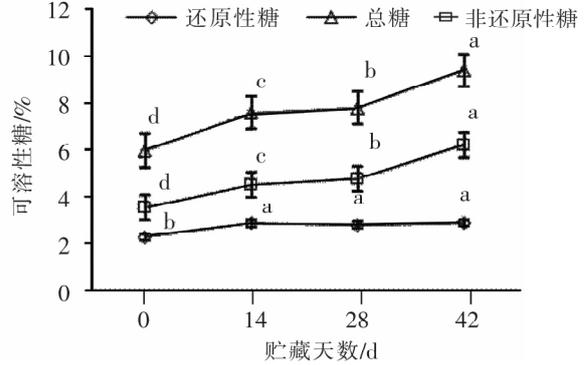


图 4 泰国柚常温贮藏下可溶性糖含量的变化
Fig.4 Changes of the contents of soluble sugar in Thai pomelo fruits stored at the room temperature

2.2.3 可溶性糖 由图 4 可知,不同贮藏时间的果实可溶性总糖含量和非还原性糖含量都存在显著差异。此外,泰国柚的果实贮藏过程中可溶性总糖及非还原性糖呈现上升趋势,可溶性总糖共计上升 3.42%,非还原性糖共计上升 2.66%。泰国柚果实在贮藏 0~28 d 可溶性总糖及非还原性糖增长速度降低,贮藏 28 d 时可溶性总糖为 7.80%,非还原性糖为 4.76%。而贮藏 28~42 d 增长速度上升,贮藏 42 d 可溶性总糖为 9.39%,非还原性糖为 6.20%。结果表明,可溶性总糖及非还原性糖在贮藏期间显著增加且贮藏 28~42 d 增长速度增大。此外,图 4 表明,常温贮藏条件下泰国柚还原性糖含量贮藏 0 d 的与贮藏 14、28、42 d 的存在显著差异。此外,贮藏时间为 14 d 时,还原糖含量增加 0.6%。但贮藏 28 d 时还原性糖含量下降 0.07%,贮藏 42 d 时还原性糖含量增加 0.08%。可见还原性糖含量在贮藏 0~14 d 显著增加后呈波动变化,且变化幅度不显著。

2.2.4 可滴定酸 由图 5 可见,果实在贮藏 42 d 与贮藏 0、14、28 d 时可滴定酸含量存在显著差异。泰国柚果实可滴定酸含量在贮藏 14 d 时下降 0.2 mg·kg⁻¹,可滴定酸含量为 81 mg·kg⁻¹。在贮藏 14~42 d 可滴定酸含量显著上升,且上升速度增大,贮藏 42 d 时可滴定酸含量为 85.3 mg·kg⁻¹。结果表明,可滴定酸在贮藏 14 d 后含量显著增加。

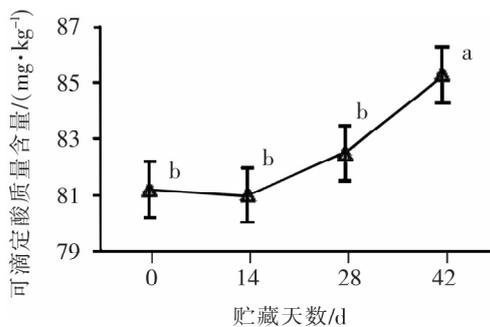


图 5 泰国柚果实常温贮藏下可滴定酸含量的变化
Fig.5 The changes of the contents of titratable acid in Thai pomelo fruits stored at the room temperature

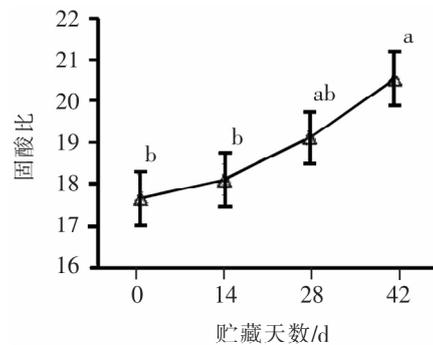


图 6 泰国柚果实常温贮藏下固酸比的变化
Fig.6 Changes of soluble solids content / titratable acid content ratio in Thai pomelo fruits stored at the room temperature

2.2.5 固酸比 图 6 表明,贮藏 42 d 的果实固酸比含量与贮藏 0、14 d 的存在显著差异。此外,常温贮藏条件下泰国柚果实的固酸比在贮藏期间不断上升,且上升速度增大,贮藏 42 d 时为 20.54,共计增加 2.87。虽

然可溶性固形物与可滴定酸都呈现上升趋势,但可溶性固形物上升幅度较大,故固酸比总体也呈现为上升趋势。结果表明,泰国柚果实在贮藏 28~42 d 固酸比显著上升且上升速度增加。

2.2.6 维生素 C 由图 7 可见,维生素 C 含量除贮藏 28 d 和贮藏 42 d 差异不显著外,各时期维生素 C 含量之间都存在显著差异。此外,维生素 C 在贮藏期间不断上升,但上升速度呈下降趋势。贮藏 42 d 时达到 $586 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,总体上升了 $129 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。可能是泰国柚较厚的果皮和囊衣等非可食部分对维生素 C 具有很好的保护作用,泰国柚的高酸环境可能也提供了一个适宜贮藏的环境条件。总而言之,维生素 C 含量在贮藏 0~28 d 显著增加,贮藏 28~42 d 增加不显著,增长速度降低。

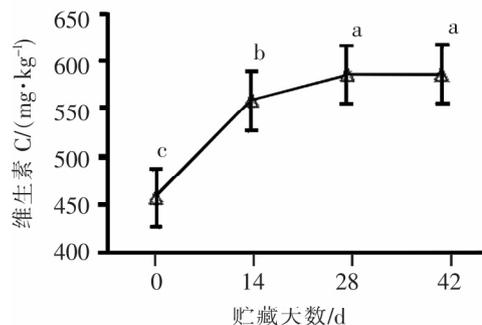


图 7 泰国柚常温贮藏下维生素 C 含量的变化
Fig.7 Changes of the contents of Vc in Thai pomelo fruit stored at the room temperature

3 讨论

泰国柚果实质量呈下降趋势,失重率呈上升趋势,可食率呈上升再下降的趋势,这与常山胡柚^[9]研究一致。仲山民^[9]研究表明还原性糖先下降再上升,而泰国柚还原性糖含量上升后再呈现波动变化,这可能是由于果实品种的不同而存在差异。此外,研究表明,泰国柚果实在常温贮藏条件下不同时间维生素 C 含量呈上升趋势,且上升速度降低、可溶性固形物含量呈上升趋势、固酸比上升,这与常山胡柚^[9]相符。仲山民^[9]施堂红^[8]、匡晓东^[21]等人的实验表明,柚果中酸含量呈下降趋势,而本试验结果表明,泰国柚贮藏期间可滴定酸呈现不断上升趋势,即出现“返酸”现象,这与张小红等^[22]研究一致。杨会容^[19]、范青^[23]等人对南沙田柚、坪山柚、大马八斤柚、五步柚、陈家梁山柚、冬瓜圈、垫江团墩白心柚等 13 个柚类进行贮藏保鲜研究,试验结果表明,可食率无固定规律,可溶性固形物变化有上升、变化不大、下降 3 种变化趋势,糖、酸、维生素 C 含量存在上升和下降变化趋势,说明柚果因品种不同可食率、可溶性固形物、维生素 C 含量的变化趋势不同,但是固酸比均呈上升趋势,这与本试验结果相符。结果表明,果实在贮藏 28~42 d 时质量、失重率、可食率、可溶性固形物、可溶性糖的趋势发生改变,具体机理尚待研究。此外,多数研究表明,套袋^[24-26]、涂膜^[27-28]及多种贮藏技术的结合^[29-30]可以延长果实的保鲜期,改善果实的品质,而对泰国柚果实采后品质相关研究尚待进一步研究。

参考文献:

- [1] 郑淑娟,罗金辉. 中国柚类产业现状与发展分析[J]. 广东农业科学, 2010, 37(1): 192-194.
- [2] 刘顺枝,江月玲,李小梅,等. 柚类果实采后生理及贮藏技术研究进展[J]. 食品科学, 2010, 31(21): 394-399.
- [3] 何天富. 中国柚类栽培[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.
- [4] OLIVIER P, GILLES T, AUDRIC A. Harvest time and storage conditions of 'Star Ruby' grapefruit (*Citrus paradisi* Macf.) for short distance summer consumption[J]. Postharvest Biology and Technology, 2004, 34(1): 65-73.
- [5] ANDREA BIOLATTO, DANIEL E V, ANA M et al. Effect of commercial conditioning and cold quarantine storage treatments on fruit quality of "Rouge La Toma" grapefruit (*Citrus paradisi* Macf.) [J]. Postharvest Biology and Technology, 2004, 35(2): 167-176.
- [6] 孙志惠,付华,张青. 气调包装对果蔬保鲜效果的影响[J]. 农产品加工, 2018(6): 20-22.
- [7] 王秀丽. 琯溪蜜柚气调保鲜技术研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2011.
- [8] 施堂红,刘晓政,严晓丽,等. 常山胡柚果品品质及贮藏过程中变化规律的研究[J]. 食品工程, 2013(4): 34-38.
- [9] 仲山民,田荆祥,吴美春. 常山胡柚果实贮藏期间营养成分含量的变化[J]. 浙江林学院学报, 1994(1): 53-57.
- [10] 胡位荣,孔维娜,庞学群,等. 2 种贮藏温度对沙田柚果实保鲜效果的影响[J]. 食品科技, 2015, 40(8): 334-339.
- [11] 刁俊明. 6-BA 对沙田柚果实品质和耐藏力的影响[J]. 嘉应大学学报, 1997(3): 65-67.
- [12] 潘纯清. 温度对琯溪蜜柚生理生化及品质的效应[C]//2006 福建省冷藏技术研讨会论文集资料集. 福建省制冷学会, 2006.
- [13] 黄育宗,李健. 琯溪蜜柚贮藏期间果实主要性状的变化[J]. 福建农业学报, 1999(S1): 85-88.

- [14] 佚名. 泰国蜜柚种植前景看好[J]. 农村新技术 2015(5): 42.
- [15] 中华人民共和国农业部. NY/T 2637-2014 水果和蔬菜可溶性固形物含量的测定 折射仪法[S]. 北京: 中华人民共和国农业部 2014.
- [16] 中华人民共和国卫生部. GB 14754-2010 食品安全国家标准 食品添加剂 维生素 C(抗坏血酸) [S]. 北京: 中华人民共和国卫生部 2010.
- [17] 国家标准化委员会. GB/T 6194-1986 水果、蔬菜可溶性糖测定法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1986.
- [18] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T 12293-1990 水果、蔬菜制品 可滴定酸度的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 1990.
- [19] 杨会容, 陈华林, 夏先绪, 等. 柚果实常温贮藏后品质的变化[J]. 四川果树, 1994(2): 13-14.
- [20] 李小婷, 徐世荣, 李波云, 等. 9个品种柚类的果实品质评价[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(36): 16-18.
- [21] 匡晓东, 向敏, 王聪田, 等. 安农无核蜜香柚采后生理及保鲜技术研究[J]. 湖南农业科学, 2008(5): 119-120.
- [22] 张小红, 赵依杰, 潘东明, 等. 琯溪蜜柚果实采后有机酸代谢[J]. 果树学报, 2010, 27(2): 193-197.
- [23] 范青, 杨会容. 不同柚品种果实贮藏后品质变化研究初报[J]. 绵阳经济技术高等专科学校学报, 1998(1): 29-31.
- [24] 吴方方, 程玉芬, 谢金长, 等. 套袋对广丰马家柚果实品质的影响[J]. 中国南方果树, 2015, 44(4): 35-37.
- [25] 林燕金, 林旗华, 卢艳清, 等. 果袋类型对“黄金蜜柚”果实外观和品质的影响[J]. 中国南方果树, 2016, 45(3): 68-69.
- [26] 林燕金, 林旗华, 姜翠翠, 等. 套袋对“黄金蜜柚”果实贮藏品质的影响[J]. 福建农业学报, 2014, 29(9): 870-873.
- [27] 李崇高, 黄建初, 陈艺勤, 等. 涂膜对琯溪蜜柚贮藏保鲜效果的影响[J]. 食品与机械, 2010, 26(4): 35-38.
- [28] 蒋紫洮, 朱攀攀, 覃晓娟, 等. 涂膜与袋装处理对黄皮果实贮藏品质的影响[J]. 中国南方果树, 2018, 47(1): 63-66.
- [29] 虎云青, 夙芳娥. 熏蒸与气调袋对不同品种青贮核桃冷藏期核仁含水率的影响[J/OL]. 经济林研究, 2018(3): 167-171 [2018-08-05]. <https://doi.org/10.14067/j.cnki.1003-8981.2018.03.026>.
- [30] MARIANNA M, MARCELLA M, AMALIA C, et al. Combined effect of active coating and MAP to prolong the shelf life of minimally processed kiwifruit (*Actinidia deliciosa* cv. *Hayward*) [J]. Food Research International, 2011, 44(5): 1224-1230.

The Changes of Postharvest Quality in Thai Pomelo Fruits Stored at Room Temperature

LIU Juan¹, RUAN Yinyin¹, LONG Chunrui¹, ZENG Liping¹, LI Xinguo^{1,2}

(Institute of Tropical Agriculture and Forestry of Hainan University, Haikou, Hainan 570228, China;

2. Chengmai Pummelo Research Institute, Chengmai, Hainan 571945, China)

Abstract: Thai pomelo (*Citrus maxima*), a pomelo cultivar, is one of the famous fruits produced in Hainan. Thai pomelo fruits produced in Chengmai, Hainan were harvested and stored for different days at the room temperature (25 °C) to observe their changes in some parameters such as weight, weight loss rate, edible rate, soluble solids, etc. so as to provide reference for postharvest handling and storage of Thai pomelo at the room temperature. The results showed that the pomelo fruit stored at the room temperature decreased weight and increased weight loss rate but not significantly in the days 28-42 of storage. The edible rate of the fruit in storage was the highest at the day 28 of storage and decreased in the days 28-42 but not significantly. Soluble solids content increased significantly in the days 0-28 but not significantly in the days 28-42. Soluble total sugar and non-reducing sugar contents increased significantly with a maximum rate in the days 28-42. The reducing sugar content increased significantly in the days 0-14, and then showed a fluctuated change but not significantly. The titratable acid content increased significantly in the days 14-42; the soluble solids content/titratable acid ratio increased significantly in the days 28-42 with a rapid rate. Vitamin C content increased significantly in the days 0-28, and then increased but not significantly in the days 28-42. It is concluded that the Thai pomelo fruits are optimum in quality when stored for 28-42 days at the room temperature.

Keywords: Thai pomelo; storage at room temperature; fruit quality

(责任编辑: 钟云芳)