

黄文俊, 刘小莉, 张琦, 陈美艳, 钟彩虹. 黄肉红心猕猴桃‘东红’果实在不同贮藏方式下的生理和品质变化研究[J]. 植物科学学报, 2019, 37(3): 382~388

Huang WJ, Liu XL, Zhang Q, Chen MY, Zhong CH. Research on changes in postharvest physiology and fruit quality of *Actinidia chinensis* ‘Donghong’ under different storage methods[J]. *Plant Science Journal*, 2019, 37(3): 382~388

# 黄肉红心猕猴桃‘东红’果实在不同贮藏方式下的生理和品质变化研究

黄文俊<sup>1,2</sup>, 刘小莉<sup>1,2</sup>, 张琦<sup>1,2</sup>, 陈美艳<sup>1,2</sup>, 钟彩虹<sup>1,2\*</sup>

(1. 中国科学院植物种质创新与特色农业重点实验室, 中国科学院武汉植物园, 武汉 430074;

2. 中国科学院种子创新研究院, 北京 100101)

**摘要:** 以中华猕猴桃(*Actinidia chinensis* Planch.)黄肉红心新品种‘东红’为材料, 对其果实在常温和低温贮藏方式下的生理及品质变化进行了研究。结果表明, 果实硬度在2种贮藏方式下均呈先快速下降后缓慢下降的趋势。可溶性固形物含量、总糖含量、固酸比和糖酸比等4个品质指标均表现为先快速上升后维持在较高水平(低温贮藏下)或继续小幅上升(常温贮藏下)的趋势。总酸含量整体上均呈现逐渐下降之势, 至果实软熟时稳定在0.9%的水平。维生素C含量却在常温贮藏下基本呈逐渐上升之势, 而在低温贮藏下大致表现为先上升后轻微下降。果实失重率和腐烂率均随贮藏时间的延长而逐渐增加, 在常温贮藏时上升较快, 而在低温贮藏时上升非常缓慢。总体而言, ‘东红’果实主要的生理和品质指标在常温贮藏2~3周后或低温贮藏9周后发生明显转变, 果实进入可食用阶段; 并且继续低温贮藏15周内还能较好地保持果实品质, 耐贮性较好。

**关键词:** ‘东红’; 红肉猕猴桃; 采后生理; 果实品质; 贮藏

中图分类号: Q945.6<sup>+</sup>6; S663.4

文献标识码: A

文章编号: 2095-0837(2019)03-0382-07

DOI: 10.11913/PSJ.2095-0837.2019.30382

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Research on changes in postharvest physiology and fruit quality of *Actinidia chinensis* ‘Donghong’ under different storage methods

Huang Wen-Jun<sup>1,2</sup>, Liu Xiao-Li<sup>1,2</sup>, Zhang Qi<sup>1,2</sup>, Chen Mei-Yan<sup>1,2</sup>, Zhong Cai-Hong<sup>1,2\*</sup>

(1. Key Laboratory of Plant Germplasm Enhancement and Specialty Agriculture, Wuhan Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430074, China; 2. Innovative Academy of Seed Design, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

**Abstract:** Changes in the postharvest physiology and fruit quality of ‘Donghong’, a novel red-fleshed kiwifruit cultivar of *Actinidia chinensis* Planch., under ambient and cold storage were investigated to provide theoretical and technical guidelines for fruit preservation and marketing. ‘Donghong’ fruits from an orchard in Pujiang county, Sichuan Province, were collected and stored at ambient ( $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ , relative humidity 70%–75%) and cold temperatures ( $1.5^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ , relative humidity 90%–95%). The main physiological indices of the fruit, including fruit firmness, soluble solids content (SSC), total sugar (TS) content, titratable acidity (TA) content, SSC/TA and TS/TA ratios, vitamin C (Vc) content, weight loss rate, and rot rate, were measured once a week under ambient storage and every three

收稿日期: 2019-01-08, 退修日期: 2019-01-30。

基金项目: 湖北省技术创新专项(重大项目)(2016ABA109)。

This work was supported by a grant from Hubei Technical Innovation Project (Major Project) (2016ABA109).

作者简介: 黄文俊(1981-), 男, 博士, 副研究员, 主要从事猕猴桃果实采后生理及贮藏保鲜技术研究(E-mail: wjhuang@wbgcas.cn)。

\* 通讯作者(Author for correspondence. E-mail: zhongch@wbgcas.cn)。

weeks under cold storage. Results indicated that during both ambient and cold storage, fruit firmness dropped rapidly during the first three weeks and nine weeks of ambient and cold storage, respectively, then slowed down slightly until the end of storage. Four physiological indices, including SSC, TS content, and SSC/TA and TS/TA ratios, showed similar patterns during both ambient and cold storage, first increasing sharply and then maintaining a highly stable level during cold storage or continuing to rise slightly during ambient storage. TA showed a gradual decrease from 1.12% to 0.92% during ambient storage and from 1.12% to 0.94% during cold storage. Vc content gradually increased and reached a maximum of 134.40 mg/100 g after five weeks of ambient storage, or generally increased at first, then declined slightly, and finally reached a maximum of 151.13 mg/100 g after 18 weeks of cold storage. Both the weight loss and rot rates gradually increased with storage length under both temperatures, with a rapid increase under ambient storage and extremely slow increase under cold storage. Both indices reached a maximum level of 16.09% and 20% after 33 weeks of cold storage, respectively. The main physiological indices of the ‘Donghong’ fruit exhibited obvious changes in trends after three weeks of ambient storage and nine weeks of cold storage, respectively, after which the fruits reached optimal edibility. Moreover, the ‘Donghong’ fruit largely maintained a high quality, with a very low rate of fruit rot and rarely lignified flesh during the first 24 weeks of cold storage, revealing outstanding storability.

**Key words:** ‘Donghong’; Red-fleshed *Actinidia chinensis*; Postharvest physiology; Fruit quality; Storage

猕猴桃(*Actinidia chinensis* Planch.)素有“水果之王”和“维C之王”的美誉，深受国内外广大消费者喜爱，现已成为我国重要的水果种类之一。目前，世界猕猴桃果品市场仍然以绿肉猕猴桃品种为主<sup>[1]</sup>。但是，随着红肉猕猴桃品种‘红阳’的成功选育，极大推动了我国猕猴桃产业的快速发展；同时也使得世界猕猴桃果品市场呈现“绿-黄-红”三色果肉并存的格局<sup>[1]</sup>。红肉猕猴桃(通常为黄肉红心)因其风味浓甜和果心颜色艳丽诱人，使其果实品质和商品售价普遍高于绿肉品种和大部分黄肉品种。从“绿-黄-红”三色果肉类型的比例来看，红肉猕猴桃的种植面积和产量还有巨大的提升空间<sup>[2, 3]</sup>。中国科学院武汉植物园历时15年从‘红阳’种子后代中成功选育出了一个黄肉红心新品种‘东红’，该品种风味浓甜、色泽艳丽，还兼有耐贮藏、抗病性强、适应性广等优点，深受种植者和消费者喜爱<sup>[4]</sup>。‘红阳’仍然是我国目前种植面积最大的红肉猕猴桃主栽品种，但是该品种也拥有众多瑕疵，严重影响了该品种的种植推广，如产量低、不耐贮藏、栽培适应性低、抗病性差，特别是易感染溃疡病<sup>[3, 5, 6]</sup>。黄肉红心新品种‘东红’一经推出，便展现出蓬勃发展之势<sup>[7]</sup>。

但是作为一个全新的黄肉红心猕猴桃品种，‘东红’还缺乏相对全面和深入的研究报道，特别是有关采后生理及贮藏保鲜方面鲜有报道。因为猕猴桃被公认为呼吸跃变型果实，有明显的生理后熟过程，采后易软化腐烂，不耐贮藏<sup>[8, 9]</sup>。因此，明确猕猴桃果实在贮藏期间的生理及品质变化规律显得尤为重要。本研究以四川蒲江县所产的猕猴桃品种‘东红’的果实为材料，通过常温贮藏(20℃ ± 1℃，相对湿度70% ~ 75%)和低温贮藏(1.5℃ ± 0.5℃，相对湿度90%~95%)实验，定期检测果实的主要生理和品质指标(果实硬度、可溶性固形物含量、总糖、总酸、维生素C、失重率及腐烂率等)，揭示‘东红’果实采后贮藏期间的生理及品质变化规律，以期为‘东红’果实贮藏保鲜及销售推广提供理论依据和技术支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

中华猕猴桃品种‘东红’于2017年9月采自四川省成都市蒲江县复兴乡猕猴桃果园。以果实可溶性固形物含量大于8 °Brix作为果实采收标准，果实采收后当天运回实验室待用。

## 1.2 方法

选取果形端正、大小均匀、无病虫害和机械损伤、成熟度相对一致的果实置于塑料果框中，用聚乙烯(PE)薄膜覆盖。常温( $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度70%~75%)贮藏6周，每周取样测定果实生理及品质指标；低温( $1.5^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度90%~95%)贮藏33周，每隔3周取样测定果实生理及品质指标。每次随机取样10个果实，用于果实硬度、可溶性固形物、维生素C、总糖及总酸含量的测定。

## 1.3 项目测定

果实硬度测量采用GY-4型数显台式果实硬度计，所用探头直径大小为7.9 mm，单位以 $\text{kg}/\text{cm}^2$ 表示。可溶性固形物含量采用手持折光仪(ATAGO PR-32α)测量，单位以 $^{\circ}\text{Brix}$ 表示。维生素C采用国标(GB 5009.86-2016)中的2,6-二氯靛酚滴定法测定，单位以mg/100 g鲜重表示。总糖含量按照国标(GB 5009.7-2016)直接滴定法中的反滴定法测定，其前提是先用盐酸加热将蔗糖水解为还原性单糖，然后按照还原糖的滴定方法进行测定和计算，以葡萄糖的百分含量表示。总酸含量按照国标(GB/T 12456-2008)酸碱滴定法测定，以柠檬酸的百分含量表示。

失重率(%) = (贮藏前果重 - 贮藏后果重)/贮藏前果重 × 100%；腐烂率 = 以腐烂果数/检查总果数 × 100%。失重率和腐烂率共用100个实验用果，其中50个果实单独编号、称重，用于果实失重率统计分析。

## 1.4 数据分析

所有实验数据均采用Excel 2010软件进行统计分析和作图，果实生理及品质指标结果以平均值±标准差表示。考虑到常温与低温贮藏周期相差较大，以贮藏期间检测时间点顺序(T)表示贮藏周数顺序(W)，如：T0、T1~T6依次代表常温贮藏第W0、W1~W6周；低温贮藏W0、W3、W6~W18周；T7、T8~T11分别代表低温贮藏第21、24~33周。

## 2 结果与分析

### 2.1 果实硬度和可溶性固形物含量

研究结果表明，无论是常温还是低温贮藏，‘东红’果实硬度曲线明显可分为2个阶段，快速

下降阶段和缓慢下降阶段(图1)。具体来说，果实硬度从T0到T3呈快速下降，随后缓慢下降，最后基本维持在 $0.3 \sim 0.5 \text{ kg}/\text{cm}^2$ 之间。相对于低温贮藏而言，常温贮藏下果实硬度下降速率较快(图1)。另外，果实硬度分别在常温贮藏2周后(T2)和低温贮藏9周后(T3)达到 $1.0 \text{ kg}/\text{cm}^2$ 左右。在2种贮藏方式下，可溶性固形物含量变化均呈现与果实硬度曲线基本相反的趋势，即从T0到T2急剧上升，然后缓慢上升并维持在较高水平，但在常温贮藏下可溶性固形物含量在T3时刻转入缓慢阶段后还继续小幅上升(图2)。就可溶性固形物含量整体变化趋势而言，可溶性固形物含量在常温贮藏不同检测时间点上高于相对应的低温贮藏检测时间点；同时，低温贮藏9周后(T3)，果实可溶性固形物含量达到最大值 $15.54^{\circ}\text{Brix}$ ，常温贮藏3周后(T3)也达到小高峰 $17.10^{\circ}\text{Brix}$ (图2)。

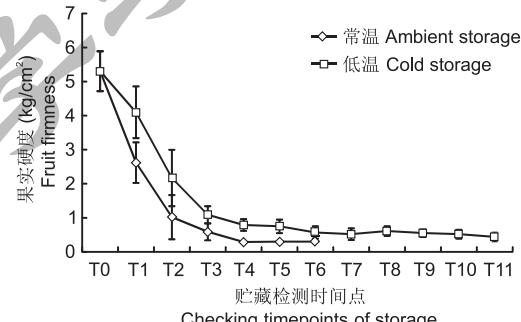


图1 ‘东红’在常温贮藏和低温贮藏过程中的果实硬度变化  
Fig. 1 Changes in fruit firmness of ‘Donghong’ during ambient and cold storage

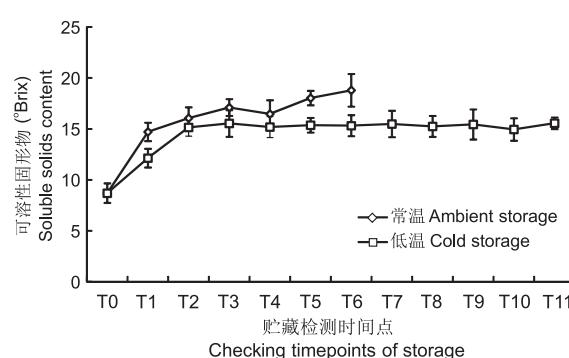


图2 ‘东红’在常温贮藏和低温贮藏过程中的可溶性固形物含量变化

Fig. 2 Changes in soluble solids content in ‘Donghong’ during ambient and cold storage

### 2.2 总糖、总酸含量及固酸比和糖酸比分析

糖酸是决定果实口感和品质的重要指标之一。本研究发现，在常温和低温贮藏2种方式下，‘东

红’总糖和总酸含量变化大致呈现相反的趋势，总糖呈先快速上升然后维持在较高水平或略微下降(图3)，而总酸则是呈先快速下降然后缓慢下降或维持在较低水平(图4)。具体来说，在常温贮藏方式下，除了T4时刻总糖含量基本上随着贮藏时期延长而逐渐增加，在贮藏5周后(T5)达到最大值12.29%；而在低温贮藏下，总糖含量也是从T0时的6.22%快速上升到T3时的11.31%，随后稳定在10.23%~11.44%，其中在贮藏18周后(T6)达到峰值11.44%(图3)。相对总糖的剧烈变化而言，总酸变化较为平缓，仅在0.92%~1.12%之间波动。总酸含量在2种贮藏方式下的变化趋势基本一致，均是在T0时为最大值，到T1时为较快下降阶段，然后在常温贮藏下逐渐缓慢下降至最低点0.92%(T5时)或在低温贮藏下更加平缓下降，在T10时(贮藏30周后)达到最低值0.94%(图4)。

果实固酸比和糖酸比也是影响果实口感和品质的重要因素之一。研究结果显示，‘东红’固酸比和

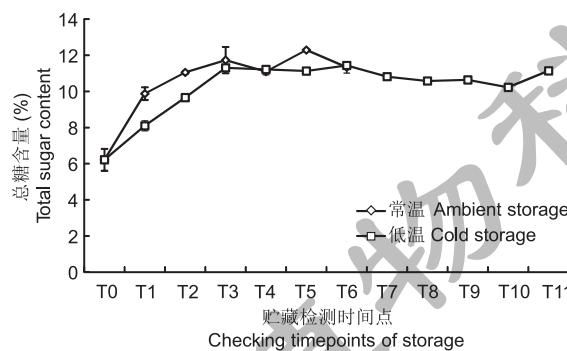


图3 ‘东红’在常温贮藏和低温贮藏过程中的总糖含量变化

Fig. 3 Changes in total soluble sugar content in ‘Donghong’ during ambient and cold storage

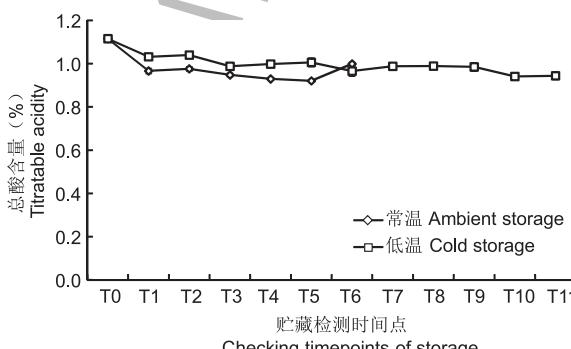


图4 ‘东红’在常温贮藏和低温贮藏过程中的总酸含量变化

Fig. 4 Changes in titratable acidity in ‘Donghong’ during ambient and cold storage

糖酸比在常温和低温贮藏方式下均呈相似的变化趋势，均为先快速上升然后维持在较高水平，并且在常温贮藏下2个指标均高于低温贮藏(图5)。具体来说，固酸比在常温和低温条件下均是快速上升到T3时期，分别达到18.04和15.73；随后在常温条件下继续上升，直到5周后(T5)达到最大值19.59，而在低温条件下基本维持在15.5左右，最后从T8到T11呈现小幅增加趋势(图5)。在常温和低温贮藏方式下，糖酸比也是从T0快速上升到T3时期，分别达到12.38和11.45，然后缓慢上升至13.35(常温贮藏T5时期)或维持在10.70~11.84之间(低温贮藏)，其中T6时期即贮藏18周后为最大值11.84(图5)。

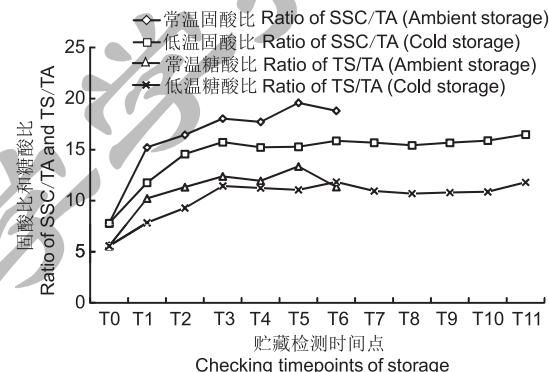


图5 ‘东红’在常温贮藏和低温贮藏过程中的固酸比和糖酸比变化

Fig. 5 Changes in SSC/TA and TS/TA ratios in ‘Donghong’ during ambient and cold storage

### 2.3 维生素C含量分析

维生素C是猕猴桃果实营养品质重要指标之一。本研究发现，在常温贮藏下，‘东红’果实维生素C含量呈现逐渐上升趋势，从T0时的117.11 mg/100 g缓慢上升到T5时的最大值134.40 mg/100 g，增幅达到14.8%(图6)。在低温贮藏过程中，维生素C整体呈现先上升再下降的变化趋势，从T0时的最低值上升到T6时的(贮藏18周后)最大值151.13 mg/100 g，增幅高达29.0%，然后逐步小幅降低至T11时的142.65 mg/100 g(图6)。另外，在对应贮藏检测时间点上，维生素C含量在低温贮藏下基本都高于常温贮藏。

### 2.4 失重率和腐烂率分析

失重率和腐烂率是衡量果实耐贮性和综合实力的重要指标之一。本研究结果表明，果实失重率在

2种贮藏方式下均呈现单边上扬趋势，并且常温贮藏下失重率明显高于低温贮藏时的失重率(图7)。失重率在2种贮藏条件下(T3)分别达到11.59%和5.93%，而在常温贮藏末期(T6)达到17.21%，低温贮藏末期(T11)达到16.09%(图7)。腐烂率在2种贮藏方式下变化差异非常大，常温贮藏下腐烂率从T3(贮藏3周后)才开始急剧上升，到贮藏6周后达到最大值68.89%；而低温贮藏下前27周腐烂率一直保持在3%以下，直到30周后才上升到16.00%(图8)。

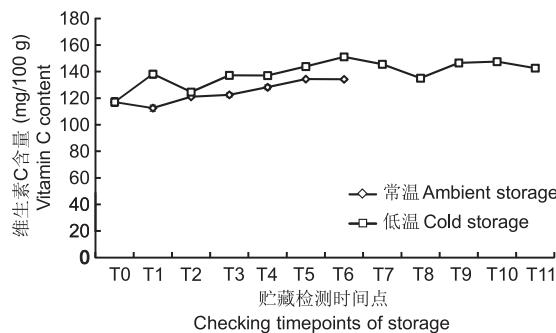


图6 ‘东红’在常温贮藏和低温贮藏过程中的维生素C含量变化

Fig. 6 Changes in vitamin C content in ‘Donghong’ during ambient and cold storage

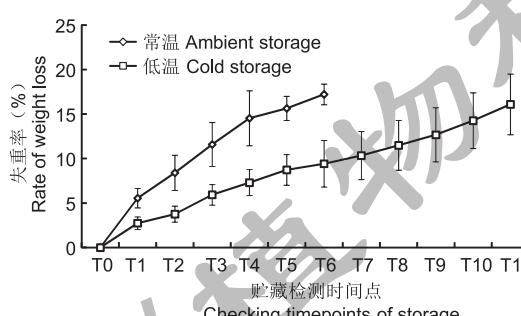


图7 ‘东红’在常温贮藏和低温贮藏过程中的失重率变化  
Fig. 7 Changes in weight loss rate of ‘Donghong’ during ambient and cold storage

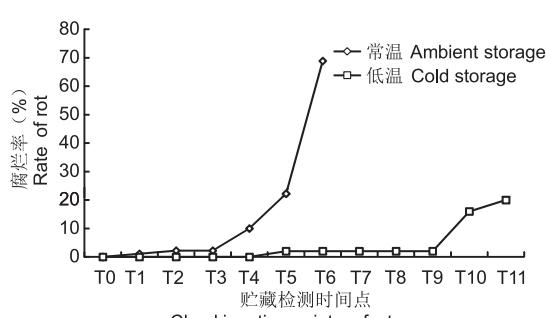


图8 ‘东红’在常温贮藏和低温贮藏过程中的腐烂率变化  
Fig. 8 Changes in rot rate of ‘Donghong’ during ambient and cold storage

### 3 讨论

总体而言，‘东红’果实软熟时表现出优异的果实品质。低温贮藏9周后，‘东红’果实进入可食状态，其可溶性固形物含量稳定在15 °Brix水平，总糖含量在10.23%~11.44%之间小幅波动，总酸含量稳定在0.95%水平，固酸比高达15以上。常温贮藏2周后的果实表现出更高的甜度、较低的酸度和更高的糖酸比，可溶性固形物最高可达18.79 °Brix，总酸低至0.92%，固酸比最高达到19.59。除了总酸含量明显高于‘红阳’外，可溶性固形物与总糖含量与‘红阳’大致相当<sup>[10]</sup>。另外，‘东红’果实中维生素C含量在常温和低温贮藏过程中分别稳定在130 mg/100 g和145 mg/100 g水平，与‘红阳’果实136 mg/100 g的水平基本持平<sup>[10]</sup>。总体说来，常温贮藏2~3周后或低温贮藏9周后，‘东红’果实中主要品质和生理指标发生明显转折，果实进入可食状态，而且在低温贮藏下这种可食状态可维持较长时间(15周)。

但是，对于果实耐贮性而言，‘东红’明显强于‘红阳’。‘红阳’低温贮藏通常为3个月左右，还易发生冷害，为冷敏感性果品种<sup>[11, 12]</sup>。相比之下，‘东红’低温贮藏下27周内还能较好保持果实品质，果实腐烂率仅在5%以下，但果实失重率较高，为12.67%，果皮皱缩，影响果实的外观品质。研究表明，猕猴桃果实在低温贮藏下的失重率通常在5%以内，如‘金圆’<sup>[13]</sup>、‘金艳’<sup>[14]</sup>、‘Hayward’<sup>[15]</sup>等。不过，‘东红’果实常温下的失重率变化更为剧烈，最大达到17.21%。表明‘东红’果实在常温和低温贮藏下均易失水，导致果实皱缩，失重率高于其他主栽品种。另外，我们发现‘东红’果实低温贮藏24周即6个月后，部分果实出现外果肉木质化现象，影响口感和品质。因此，综合果实品质、失重率及腐烂率等指标的变化，我们认为‘东红’果实在低温贮藏下保鲜期可达6个月之久。

研究发现，随着猕猴桃果实软化成熟，果实中的可溶性固形物含量及总糖含量通常会逐步上升然后稳定在一个较高水平或小幅下降，而维生素C和总酸含量则表现为逐渐小幅下降或维持较高水平<sup>[13, 16, 17]</sup>。然而，‘东红’果实中的总糖、可溶性固形物及维生素C含量在常温贮藏后期却还继续

保持小幅上升, 特别是后两者, 上升趋势明显。研究表明, 有少数组品种果实中的维生素C含量能在贮藏过程中逐渐增加, 如毛花猕猴桃(*Actinidia eriantha* Benth.)品种‘华特’, 原因与‘华特’果实中抗坏血酸合成和再生协同作用有关<sup>[18, 19]</sup>。‘东红’果实在常温贮藏后期失水严重, 从第4周开始失重率已经接近15%, 持续上升到第6周的最大值17.21%。这意味着果实失水严重, 干物质含量增大, 如果以相同鲜重计算, 说明果实干物质多, 导致以鲜重为单位的营养指标偏高。因此, 我们初步推测常温条件下失水严重很可能是造成果实可溶性固形物、总糖及维生素C在贮藏后期还能继续小幅上升的重要原因。

## 4 结论

‘东红’果实软熟时表现出优异的果实品质和极高的耐贮性。在低温贮藏下, ‘东红’果实从贮藏第9周开始进入后熟软化状态, 并能长时间保持较好的果实品质和较低的果实腐烂率, 整个低温贮藏保鲜期长达6个月之久。然而, ‘东红’果实在低温贮藏后期出现的果肉木质化及易失水等现象值得我们注意和进一步研究。如何防范或减少果实冷害和易失水, 以最大程度延长贮藏期限并保持果实品质将是下一步的工作重点。

## 参考文献:

- [1] Ferguson AR. World economic importance [C]//Testolin R, Huang HW, Ferguson AR, eds. *The Kiwifruit Genome*. Cham: Springer International Publishing, 2016.
- [2] 黄宏文. 中国猕猴桃种质资源[M]. 北京: 中国林业出版社, 2013: 8–9.
- [3] 齐秀娟, 徐善坤, 林苗苗, 李玉阔, 孙雷明, 方金豹. 红肉猕猴桃果着实色机制研究进展[J]. 果树学报, 2015, 32(6): 1232–1240.
- [4] Qi XJ, Xu SK, Lin MM, Li YK, Sun LM, Fang JB. Research advances on fruit coloring mechanism in red-fleshed kiwifruit [J]. *Journal of Fruit Science*, 2015, 32(6): 1232–1240.
- [5] 钟彩虹, 韩飞, 李大卫, 刘小莉, 张琼, 等. 红心猕猴桃新品种‘东红’的选育[J]. 果树学报, 2016, 33(12): 1596–1599.
- [6] Zhong CH, Han F, Li DW, Liu XL, Zhang Q, et al. Breeding of red-fleshed kiwifruit cultivar ‘Donghong’ [J]. *Journal of Fruit Science*, 2016, 33(12): 1596–1599.
- [7] Han F, Chen MY, Li KT, Huang WJ, Yan CL, et al. Changes in physiological indices and storage properties of ‘Jinyuan’ kiwifruit from different orchards under low temperature storage [J]. *Plant Science Journal*, 2018, 36(3): 381–392.
- [8] Man YP, Wang YC, Li ZZ, Jiang ZW, Yang HL, et al. High-temperature inhibition of biosynthesis and transportation of anthocyanins results in the poor red coloration in red-fleshed *Actinidia chinensis* [J]. *Physiol Plantarum*, 2015, 153(4): 565–583.
- [9] Li L, Zhong CH, Li DW, Zhang SJ, Huang HW. Research progress on bacterial canker disease of kiwifruit [J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2013, 32(5): 124–133.
- [10] 黄宏文. 猕猴桃研究进展(Ⅷ)[M]. 北京: 科学出版社, 2018.
- [11] 黄文俊, 钟彩虹. 猕猴桃果实采后生理研究进展[J]. 植物科学学报, 2017, 35(4): 622–630.
- [12] Huang WJ, Zhong CH. Research advances in the postharvest physiology of kiwifruit [J]. *Plant Science Journal*, 2017, 35(4): 622–630.
- [13] 张美芳, 何玲, 张美丽, 郭宇欢. 猕猴桃鲜果贮藏保鲜研究进展[J]. 食品科学, 2014, 35(11): 343–347.
- [14] Zhang MF, He L, Zhang ML, Guo YH. Advances in preservation methods for kiwifruit [J]. *Food Science*, 2014, 35(11): 343–347.
- [15] Wang M, Li M, Meng A. Selection of a new red-fleshed kiwifruit cultivar ‘Hongyang’ [J]. *Acta Hortic*, 2003, 610: 115–117.
- [16] 王玉萍, 傅景萍, 杨青珍, 李萌, 索江涛, 赵海亮. 猕猴桃3个品种果实耐冷性差异研究[J]. 园艺学报, 2013, 40(2): 341–349.
- [17] Wang YP, Rao JP, Yang QZ, Li M, Suo JT, Zhao HL. Chilling tolerance difference among three kiwifruit cultivars [J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2013, 40(2): 341–349.
- [18] 马秋诗, 傅景萍, 李秀芳, 孙振营, 索江涛. 贮前热水处理对‘红阳’猕猴桃果实冷害的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(14): 256–261.
- [19] Ma QS, Rao JP, Li XF, Sun ZY, Suo JT. Effect of prestorage hot water treatments on chilling injury in ‘Hongyang’ kiwifruit [J]. *Food Science*, 2014, 35(14): 256–261.
- [20] 韩飞, 陈美艳, 李昆同, 黄文俊, 闫春林, 等. 不同产地‘金圆’猕猴桃低温贮藏下的生理指标及贮藏性变化[J]. 植物科学学报, 2018, 36(3): 381–392.
- [21] Han F, Chen MY, Li KT, Huang WJ, Yan CL, et al. Changes in physiological indices and storage properties of ‘Jinyuan’ kiwifruit from different orchards under low temperature storage [J]. *Plant Science Journal*, 2018, 36(3): 381–392.
- [22] 钱政江, 刘亭, 王慧, 屈红霞, 钟彩虹, 等. 采收期和贮藏温度对金艳猕猴桃品质的影响[J]. 热带亚热带植物学报, 2011, 19(2): 127–134.

- Qian ZJ, Liu T, Wang H, Qu HX, Zhong CH, et al. Effects of harvest stage and storage temperature on quality of 'Jinyan' kiwifruit (*Actinidia chinensis* × *A. eriantha*) [J]. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 2011, 19(2): 127–134.
- [15] Shiri MA, Ghasemnezhad M, Fatahi Moghadam J, Ebrahimi R. Effect of CaCl<sub>2</sub> sprays at different fruit development stages on postharvest keeping quality of 'Hayward' kiwifruit [J]. *J Food Process Pres*, 2016, 40(4): 624–635.
- [16] 王仁才, 谭兴和, 吕长平, 熊兴耀. 猕猴桃不同品系耐贮性与采后生理生化变化 [J]. 湖南农业大学学报, 2000, 26(1): 46–49.
- Wang RC, Tan XH, Lü CP, Xiong XY. Fruit storability and physio-biochemical changes during postharvest ripening in different clones of *Actinidia* [J]. *Journal of Hunan Agricultural University*, 2000, 26(1): 46–49.
- [17] 王绍华, 杨建东, 段春芳, 高俊燕, 杨世品, 等. 猕猴桃果实采后成熟生理与保鲜技术研究进展 [J]. 中国农学通报, 2013, 29(10): 102–107.
- Wang SH, Yang JD, Duan CF, Gao JY, Yang SP, et al. Advances of research on mature physiological and preservation technology of kiwifruit [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2013, 29(10): 102–107.
- [18] 钟雨. 毛花猕猴桃‘华特’采后果实抗坏血酸代谢的研究 [D]. 杭州: 浙江工商大学, 2017.
- [19] 张佳佳, 郑小林, 励建荣. 毛花猕猴桃‘华特’果实采后生理和品质变化 [J]. 食品科学, 2011, 32(8): 309–312.
- Zhang JJ, Zheng XL, Li JR. Physiological and quality changes in *Actinidia eriantha* Benth 'Walter' fruit during storage at normal temperature [J]. *Food Science*, 2011, 32(8): 309–312.

(责任编辑: 周媛)