

# 采后橘油诱导及振动胁迫对贮藏期锦橙果皮油胞病的影响

刘丽丹<sup>1</sup>, 吴日章<sup>1</sup>, 曾凯芳<sup>1,2,\*</sup>

(1.西南大学食品科学学院, 重庆 400715; 2.重庆市特色食品工程技术研究中心, 重庆 400715)

**摘 要:** 以果皮塌陷指数和变色指数为测定指标, 研究橘油及振动胁迫处理对锦橙果皮油胞病的影响。结果表明: 随橘油体积分数增大果皮油胞病逐渐加重, 并以 100% 橘油处理对锦橙果皮油胞病的诱导效果最明显; 锦橙果皮油胞病发病程度随着振动胁迫强度增大而加重, 其中 500r/min 的诱导效果最显著。另外, 在橘油和振动胁迫处理后的果实不同温度下贮藏时, 发现 20℃ 贮藏的锦橙果皮油胞病最为严重, 0℃ 冷害温度也能加剧果实油胞病的发生, 5℃ 贮藏的锦橙果皮油胞病最轻微。研究结果为进一步研究柑橘油胞病的发生机理及防控措施提供理论依据。

**关键词:** 柑橘; 油胞病; 振动胁迫; 橘油

## Respective Effects of Post-harvest Citrus Oil Induction and Vibration Stress Treatment on Oleocellosis in Jincheng Orange Peel (*Citrus sinensis* Osbeck cv. Jincheng)

LIU Li-dan<sup>1</sup>, WU Ri-zhang<sup>1</sup>, ZENG Kai-fang<sup>1,2,\*</sup>

(1. College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. Chongqing Special Food Programme and Technology Research Center, Chongqing 400715, China)

**Abstract:** The respective effects of post-harvest citrus oil induction and vibration stress treatment on oleocellosis in Jincheng orange peel were studied based on collapse index and color index. Oleocellosis in Jincheng orange peel showed a gradual increase as the concentration of citrus oil increased. The most serious oleocellosis in citrus peel could arise from 100% citrus oil treatment. In addition, mechanical vibration stress also could induce oleocellosis in Jincheng orange peel. Mechanical vibration stress at 500 r/min revealed the most obvious effect on oleocellosis formation. Moreover, Jincheng oranges treated with citrus oil or mechanical vibration stress were also used to explore the effect of storage temperature on oleocellosis in their peels. As a result, Jincheng oranges stored at 20 or 5 °C had the severest change in oleocellosis. However, Jincheng oranges had the slightest change in oleocellosis during 5 °C storage. Therefore, these results can provide a theoretical reference for exploring the mechanisms and control strategies of oleocellosis.

**Key words:** citrus; oleocellosis; vibration stress; citrus oil

中图分类号: S609.3; S667.7

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2011)16-0365-05

柑橘是我国重要水果之一, 近年来我国柑橘种植面积及产量已居各类水果之首。同时我国柑橘品种资源丰富, 主要以宽皮柑橘为主, 并且栽培柑橘的省已有 20 个<sup>[1]</sup>。锦橙又名鹅蛋柑, 主要分布在四川、重庆、湖北、贵州等地。锦橙果大, 肉质细嫩化渣, 甜酸适中, 味浓汁多, 微具香气, 含有多种营养成分<sup>[2]</sup>。作为贮期较长的甜橙, 采后果皮易出现不规则生理性褐斑, 不仅对果皮的光洁度和内在风味品质有影响, 还可降低果实的商品价值<sup>[3]</sup>。目前柑橘病害关注的焦点

病理性的病害, 对柑橘果实生理性病害的研究很少。

油胞病是一种常见的果皮生理病变, 病斑内油胞突出, 组织稍凹陷, 后变为黄褐色, 油胞萎缩, 但油胞枯萎只发生在油皮层, 所以油胞病一般不会引起果实腐烂。果实发病后可在果皮上形成浅绿色或褐色的病斑, 导致果实外观品质下降引起柑橘果实的销量下降<sup>[4-5]</sup>。油胞病可由多种因素引起, 如采前长期阳光直射<sup>[6]</sup>, 营养元素缺乏<sup>[7]</sup>, 采前恶劣天气<sup>[7]</sup>, 机械伤及贮藏条件不适<sup>[8-9]</sup>等, 以前的研究更多地是关注如何通过控制采前条

收稿日期: 2011-05-09

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(31071618); 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(XDJK2010B001)

作者简介: 刘丽丹(1986—), 女, 硕士研究生, 研究方向为农产品加工与贮藏工程。E-mail: liulidan86@126.com

\* 通信作者: 曾凯芳(1972—), 女, 副教授, 博士, 研究方向为农产品加工与贮藏工程。E-mail: zengkaiyang@163.com

件来控制果实的病害。然后, 目前发现即使采用健康的果实贮藏, 在贮藏期依然会发生比较严重的油胞病。对于油胞病的发生机理的研究报道很少, 有研究认为由于油胞病的发生与柑橘外皮组织中的油胞破裂后渗出具有光毒性的橘油对果皮组织和细胞的伤害密切相关<sup>[10-11]</sup>, 外层油胞的橘油释放与振动胁迫和机械伤有关。目前对于直接采用橘油处理或者振动胁迫处理柑橘果实引起油胞病发病程度的研究报道还很缺乏。因此, 本实验选用不同体积分数的外源橘油或者不同强度的振动胁迫处理锦橙果实, 并将处理后的果实贮藏于不同温度条件下, 以果皮塌陷指数和变色指数作为主要指标, 研究锦橙果皮组织形态和色泽的变化, 从而确定外源橘油和振动胁迫对锦橙果皮油胞病发病情况的影响, 为柑橘油胞病发病机理的深入研究奠定理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试柑橘 (*Citrus Sinensis* Osbeck. cv. Jincheng 447#) 产地为重庆北碚, 果实为成熟果实, 色泽为黄色, 剔除病、伤果, 选择大小、果色均匀、成熟度一致(单果质量为 $(201.0 \pm 10.2)$ g, 固酸比为 $(13.25 \pm 0.82)$ 、无病斑的果实, 果实采收后立即运回实验室; 柑橘精油(纯度为 100%, 产地巴西) 植优雅香精油公司。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 不同贮藏温度对橘油处理后锦橙果实油胞病的影响

参考 Wild<sup>[12]</sup>的方法, 用打孔器制备直径(6mm)的滤纸圆片, 每个滤纸片上滴 15  $\mu$ L 100% 纯度的柑橘精油, 并将滤纸片放在宽度 1cm 的胶带上, 每隔 3cm 放置一个滤纸片。最后将胶带沿锦橙果实赤道部位缠绕一圈, 每个果实放置 5 个滤纸片。各种体积分数橘油处理后的锦橙果实用厚度为 0.015mm 的聚乙烯袋单果包装, 分别置于 0、5、10、20℃ 条件 3d, 然后拆除胶带, 用同样的聚乙烯袋单果包装后分别置于相应的温度(0、5、10、20℃)贮藏 7d, 并观察测定果皮塌陷指数和变色指数。3 次重复。

#### 1.2.2 不同体积分数的橘油处理对锦橙果皮油胞病发病情况的影响

参考 Wild<sup>[12]</sup>的方法, 橘油体积分数为 0(对照, 为向日葵精油)、25%、50%、75% 和 100%, 各体积分数柑橘精油以没有毒性的向日葵精油稀释, 按照 1.2.1 节方法进行橘油处理。橘油处理后的锦橙果实用厚度为 0.015mm 的聚乙烯袋单果包装, 置于 5℃ 条件下(此温度为柑橘果实较适宜的贮藏温度, 并且橘油处理后的果实油胞病发病趋势缓慢递增, 便于观察)3d, 然后拆除胶带, 用同样的聚乙烯袋单果包装后置于 5℃ 贮藏 7d, 观

察测定果皮塌陷指数和变色指数, 3 次重复。

#### 1.2.3 不同强度的振动胁迫对锦橙果皮油胞病发病情况的影响

参照高雪等<sup>[13]</sup>方法, 振动胁迫果实采用摆动式摇床振动, 分别设置 100、300、500r/min 摇床在室温(20℃)对锦橙果实进行 1d (24h)的振动处理, 采取无振动处理为对照。然后将果实用厚度为 0.015mm 的聚乙烯袋单果包装, 贮藏于 20℃ 环境中(此温度为室温, 并且振动胁迫处理后的果实油胞病发病趋势缓慢递增, 便于观察)贮藏 9d, 对其进行塌陷指数和变色指数测定。重复 3 次。

#### 1.2.4 不同贮藏温度对振动胁迫后锦橙果实油胞病的影响

采用 300r/min 的摆动式摇床在室温下(20℃)对锦橙果实进行 1d(24h)的振动处理, 然后将果实用厚度为 0.015mm 的聚乙烯袋单果包装, 分别于在 0、5、10、20℃ 贮藏 9d, 对其进行塌陷指数和变色指数测定。重复 3 次。

#### 1.2.5 塌陷指数和变色指数测定

参照 Knight 等<sup>[14]</sup>的方法进行标准分级及计算。塌陷级别: 果皮凹陷情况: 0 为无; 1 为较轻微; 2 为轻微; 3 为中等; 4 为严重。变色级别: 果皮变色情况: 0 为无; 1 为较轻微; 2 为轻微; 3 为中等; 4 为严重; 5 为极其严重。

塌陷指数 =  $\sum(\text{塌陷级别} \times \text{该级别果实占总果实的百分比})$

变色指数 =  $\sum(\text{变色级别} \times \text{该级别果实占总果实的百分比})$

### 1.3 数据分析

采用 Excel 2003 统计分析所有数据, 计算标准误并制图; 应用 SPSS 11.5 软件对数据差异显著性进行分析,  $P < 0.05$  表示差异显著。

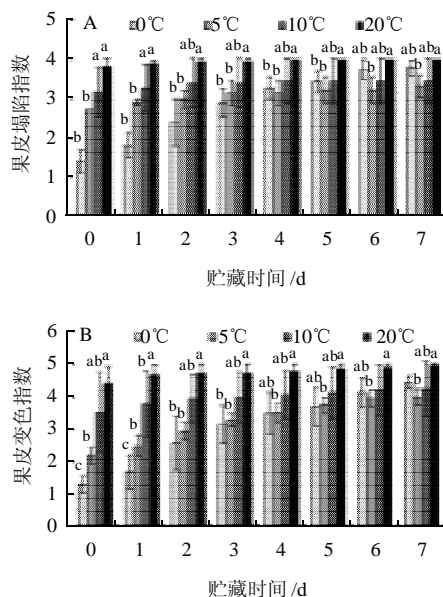
## 2 结果与分析

### 2.1 不同贮藏温度对橘油处理后锦橙果实油胞病的影响

由图 1 可知, 橘油处理后的锦橙果实不同温度条件下贮藏时, 20℃ 贮藏的锦橙果皮塌陷指数显著大于其他贮藏温度锦橙果实( $P < 0.05$ ), 贮藏后期 5℃ 贮藏果实的塌陷指数最小, 但是 0、5℃ 与 10℃ 贮藏的锦橙果皮塌陷指数在贮藏 1d 后没有显著性差异( $P > 0.05$ )。橘油诱导后(贮藏 0d 时), 20℃ 贮藏的锦橙果皮塌陷指数高达 3.83, 分别是 0、5℃ 和 10℃ 的 2.71、1.40 和 1.19 倍; 7d 后, 20℃ 贮藏的锦橙果皮塌陷指数增加到 4.00, 而 0、5℃ 和 10℃ 贮藏的锦橙果皮塌陷指数分别为 3.79、3.33 和 3.46。

橘油处理后的锦橙果实 20℃ 贮藏时, 贮藏前 4d 的果皮变色指数显著高于 0℃ 和 5℃ 贮藏的果实( $P < 0.05$ ), 0℃ 和 5℃ 贮藏果实的变色指数在贮藏 2d 后差异不显著( $P < 0.05$ )。橘油刚诱导后(贮藏 0d 时), 20℃ 贮藏的锦橙果皮变色指数已经为 4.42, 远高于其他贮藏温度下的果皮变色指数, 且于贮藏期间变化较小。橘油处理后

于0℃下贮藏的锦橙果皮变色指数变化急剧,初始值只有1.33,但到第7天时已经增高至4.46,超过了10℃贮藏的锦橙果皮的变色指数(4.25);5℃贮藏的锦橙果皮变色指数随贮藏时间而缓慢增加,变化趋势较为明显。



图中竖线代表标准误差;同一天字母不同表示差异显著( $P < 0.05$ )。下同。

图1 贮藏温度对橘油处理后锦橙果皮塌陷指数(A)和变色指数(B)的影响

Fig.1 Effect of storage temperature on collapse index (A) and color index (B) of Jincheng oranges treated with citrus oil

## 2.2 不同体积分数橘油处理对锦橙果皮油胞病的影响

不同体积分数橘油处理后,锦橙果皮塌陷指数和变色指数均随着贮藏时间延长而增大(图2),在相同的贮藏天数中,处理的橘油体积分数越高,锦橙果皮的塌陷和变色指数越高。100%橘油处理的果皮塌陷指数和变色指数显著高于其他体积分数处理的果实( $P < 0.05$ ),在刚诱导后的果实中,100%橘油处理果实的塌陷指数分别比对照和25%、50%、75%橘油诱导果实的高13.67、15.47、1.20和10.00倍。50%橘油处理果皮的塌陷指数和变色指数在贮藏0d和2d时显著高于25%和75%橘油处理果实( $P < 0.05$ ),但是在贮藏2d后3者之间无显著性差异( $P > 0.05$ )。对照果皮塌陷指数和变色指数在贮藏期间均显著低于其他各体积分数的橘油处理果实( $P < 0.05$ )。

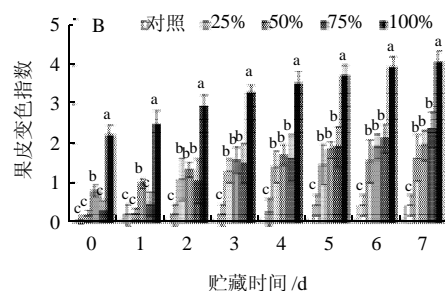
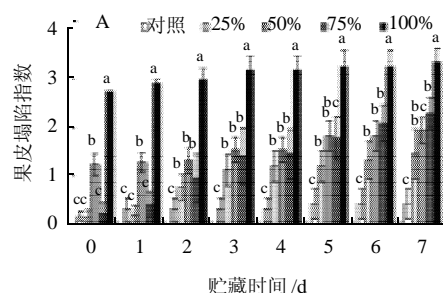


图2 不同体积分数橘油处理对锦橙果皮塌陷指数(A)和变色指数(B)的影响

Fig.2 Effect of citrus oil concentration on collapse index (A) and color index (B) of Jincheng oranges

## 2.3 不同振动强度处理对锦橙果皮油胞病的影响

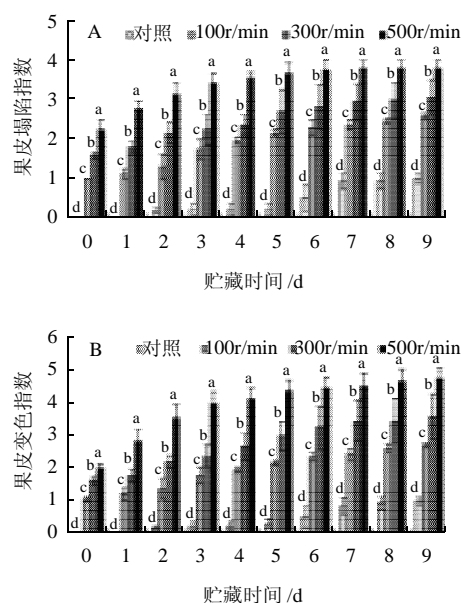


图3 不同振动强度处理对锦橙果皮塌陷指数(A)和变色指数(B)的影响

Fig.3 Effect of mechanical vibration intensity on collapse index (A) and color index (B) of Jincheng oranges

由图3可知,振动胁迫处理后可促进锦橙果皮塌陷指数和变色指数增加,贮藏期间不同振动强度处理后锦橙果皮的塌陷指数显著高于对照果实( $P < 0.05$ ),且振动强度越高,果实油胞病发病越严重。贮藏0d时,对照锦橙果皮塌陷指数和变色指数为0,300r/min处理的锦橙果皮塌陷指数和变色指数在贮藏0d时均为1.58,而500r/min振动处理的锦橙果皮塌陷指数和变色指数就已经达到2.50和2.00。贮藏的第10天,500r/min处理的锦橙果皮塌陷和变色指数已经分别达到3.83和4.75,分别比对照高3.83和4.75倍。100r/min处理的锦橙果皮塌陷指数和变色指数显著低于300r/min和500r/min处理的果实( $P < 0.05$ )。

## 2.4 不同贮藏温度对振动胁迫后锦橙果实油胞病的影响

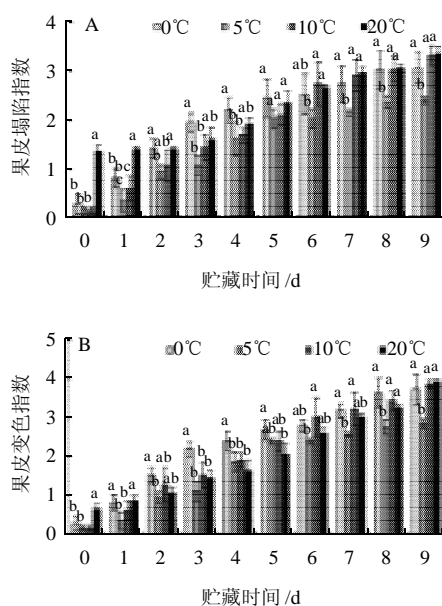


图4 不同贮藏温度对振动胁迫后锦橙果皮塌陷指数(A)和变色指数(B)的影响

Fig.4 Effect of storage temperature on collapse index (A) and color index (B) of Jincheng oranges with mechanical vibration treatment

由图4可知,振动胁迫处理后各温度下贮藏的锦橙果皮塌陷指数和变色指数均随着贮藏时间延长而增大。贮藏0d时,20℃贮藏的锦橙果皮塌陷指数和变色指数分别达到1.33和0.58,显著高于0、5℃和10℃贮藏果实( $P < 0.05$ ),0、5℃和10℃贮藏果实的塌陷指数和变色指数并无显著差异( $P > 0.05$ )。但是贮藏中期0℃和10℃的果皮塌陷指数和褐变指数增加趋势要比20℃大,并且于贮藏第2天超过了20℃的锦橙果实。第7~9天除5℃外各温度下的锦橙果皮塌陷指数和变色指数相当,无显著性差异( $P > 0.05$ )。整个贮藏期中5℃贮藏锦橙的塌陷指数和变色指数都基本小于其他贮藏温度,与0℃和10℃贮藏的果实相比,5℃贮藏锦橙果皮塌陷指数和变色指数在7~9d存在显著性差异外,其他贮藏期间差异性较小( $P > 0.05$ )。

## 3 结 论

橘油处理能够诱导锦橙果皮油胞病的发生,且不同温度下贮藏的锦橙果皮油胞病发病程度有区别,其中5℃贮藏的锦橙果皮油胞病发病程度最小,与20℃贮藏的锦橙果皮油胞病发病程度(以果皮塌陷指数和变色指数表示)差异显著( $P < 0.05$ )。另外,橘油体积分数对锦橙果皮油胞病有一定影响,且橘油体积分数增大,其果皮塌陷指数和变色指数越大。贮藏期间100%橘油处理

的锦橙果皮油胞病发病最为严重,并与其他体积分数的橘油处理所诱导的锦橙果皮油胞病发病程度存在显著性差异( $P < 0.05$ )。另外,不同振动强度处理对锦橙果皮油胞病发生的影响程度不同,振动强度越大,发病越严重,500r/min处理的锦橙果皮油胞病发病程度与其他处理存在显著性差异( $P < 0.05$ )。同时振动胁迫处理后于不同温度贮藏的锦橙果皮油胞病发病程度相差较大,以5℃贮藏的锦橙果皮油胞病发病最少,20℃贮藏的锦橙果皮油胞病发病明显。

## 4 讨 论

橘油可诱导锦橙油胞病发生,该试验结果与Knight等<sup>[14]</sup>和Wild等<sup>[12]</sup>对华盛顿脐橙的研究结果一致。本实验在此基础上还进一步研究了不同体积分数橘油及橘油处理后于不同温度贮藏对锦橙果皮油胞病的影响,为橘油伤害可能是引起果实油胞病发病的根本原因的机理补充了研究基础。橘油诱导后,可引起果皮细胞代谢紊乱和促进果实衰老,产生大量的活性氧<sup>[15]</sup>,活性氧自由基具强氧化性,易造成果蔬组织的膜脂过氧化和脱酯化作用<sup>[16-18]</sup>,促进油胞病的发生。但对于橘油诱导油胞病的机理还需要进一步开展研究工作。另外,不适贮藏温度对采后锦橙果皮油胞病发病有一定促进作用,如在冷害温度(0℃)下贮藏可促进果实油胞病发生;较高的室温(20℃)下贮藏也会促进果实油胞病的发生<sup>[19]</sup>,两者的机理可能不同,需进一步研究。振动胁迫能够促进锦橙果皮油胞病产生,该试验结果与Knight等<sup>[14]</sup>对华盛顿脐橙的研究结果一致。振动胁迫诱导锦橙油胞病发生加重是因为振动引起果实膜脂过氧化加剧<sup>[20-21]</sup>,还是振动引起锦橙果皮橘油释放所致,还需要进行更深入的研究。

## 参考文献:

- [1] 陈仕俏,赵文红,白卫东.我国柑橘的发展现状与展望[J].农产品加工,2008(3):21-24;32.
- [2] 潘训海,左勇.锦橙果酒开发研究[J].四川食品与发酵,2007,43(4):40-43.
- [3] 李聪敏,杨晓红,郝春梅,等.锦橙采后果皮结构及生理特征变化与褐斑的相关性[J].食品科学,2010,31(6):274-278.
- [4] 高雪,李正国,杨迎伍,等.柑橘果皮生理性病变的发生与控制[J].重庆大学学报,2006,29(5):64-68.
- [5] VITOR R F, LIDON F C, CARVALHO C S, et al. Pre-harvest dark stains of the flavedo of 'Encore' mandarin: tissue chemical composition and implications to the fruit internal quality[J]. Fruits, 1999, 54: 395-404.
- [6] MAIA M I, MEDEIRA M C, PINTO M J, et al. Pre-harvest rindstain of 'Encore' mandarin: initial histological signs of epicarp disturbance and extent of the disorder[J]. Sci Hort, 2004, 99(2): 143-152.
- [7] GRIERSON W. Factors affecting postharvest market quality of citrus fruits[J]. Proc Amer Soc Hort Sci, 1965(9): 65-84.
- [8] CHIKAIZUMI S. Mechanisms of rind-oil spot development in Encore

- fruit[J]. J Japan Soc Hort Sci, 2000, 69 (2): 149-155.
- [9] ALFEREZ F, ZACARIAS L, BURNS J K. Low relative humidity at harvest and before storage at high humidity influence the severity of postharvest peel pitting in citrus[J]. J Am Soc Hort Sci, 2005, 130(2): 225-231.
- [10] MEDEIRA M C, MAIA M I, VITOR R F. The first stages of preharvest 'peel pitting' development in 'encore' mandarin: An histological and ultrastructural study[J]. Ann Bot, 1999, 83(6): 667-673.
- [11] SAWAMURA M T, MANABE S, OONISHI K, et al. Effect of rind oils and their components on the induction of rind spot in citrus species[J]. J Hort Sci, 1984, 59(4): 575-579.
- [12] WILD B L. New method for quantitatively assessing susceptibility of citrus fruit to oleocellosis development and some factors that affect its expression[J]. Australian Journal of Experimental Agriculture, 1998, 38 (6): 279-285.
- [13] 高雪, 李正国. 奉节脐橙果皮褐变生理的研究[J]. 食品科学, 2009, 30(8): 280-283.
- [14] KNIGHT T, KLEBER A, SEDGLEY M. Structural basis of rind disorder oleocellosis in Washington Navel orange[J]. Ann Bot, 2002, 90(6): 765-773.
- [15] KNIGHT T, KLIEBER A, SEDGLEY M. The relationship between oil gland and fruit development in Washington Navel orange[J]. Ann Bot, 2001, 88(6): 1039-1047.
- [16] MITTLER R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance[J]. TRENDS in plant science, 2002, 7(9): 405-410.
- [17] 冯叙桥, 冯有胜, 谭兴和, 等. 农产品贮藏运销学[M]. 四川: 成都科技大学出版社, 1996: 38.
- [18] 申琳, 生吉萍, 罗云波. 运输中的机械损伤对贮藏初期苹果活性氧代谢的影响[J]. 中国农业大学学报, 1999, 1(5): 107-110.
- [19] ALFEREZ F, AGUSTI M, ZACARIA L. Postharvest rind staining in navel orange is aggravated by changes in storage relative humidity: effect on respiration, ethylene production and water potential[J]. Postharvest Biol Technol, 2003, 28(1): 143-152.
- [20] 李正国, 苏彩萍. 振动胁迫对猕猴桃果实成熟衰老生理的影响[J]. 农业工程学报, 2000, 16(4): 142-143.
- [21] 曾凯芳, 肖丽娟, 曾凡坤. 振动胁迫对果品采后贮藏特性的影响[J]. 食品科技, 2005, 29(4): 81-85.