

# 柠檬酸-纳米氧化锌对芒果采后保鲜效果的影响

江 敏, 胡小军, 焦铭珊, 黄思静, 陆秋平, 傅巧琳

(湛江师范学院 化学科学与技术学院, 广东高校新材料工程技术开发中心, 广东 湛江 524048)

**摘 要:**芒果采后分别经 10 mmol/L 柠檬酸、10 mmol/L 柠檬酸+0.05% 纳米氧化锌(ZnO) 复合浸果 10 min 后, 常温贮藏, 定期检测相关指标, 以探索芒果采后实用保鲜新方法。结果表明: 柠檬酸处理对芒果保鲜有一定作用, 可延长芒果贮藏时间; 但柠檬酸+纳米 ZnO 复合处理对芒果保鲜效果更显著, 贮藏 16 d, 柠檬酸+纳米 ZnO 处理芒果的硬度、好果率、可溶性固形物、可滴定酸、总糖、维生素 C 均明显高于柠檬酸组和对照组。而失重率、呼吸强度、过氧化物酶活性均低于柠檬酸组和对照组。所以柠檬酸+纳米 ZnO 处理可显著降低芒果采后呼吸作用, 较好保持芒果的营养成分。

**关键词:**芒果; 柠檬酸; 纳米氧化锌(ZnO); 保鲜

**中图分类号:**S 667.709<sup>+</sup>.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)11-0172-05

芒果(*Mangifera indica* L.) 又名檬果、檳果、闷果、蜜望、望果、庵波罗果等, 原产印度, 因其果肉细腻, 风味独特, 营养丰富, 深受人们喜爱, 所以素有“热带果王”之誉称。芒果属于典型的呼吸跃变型水果, 采后有明显的呼吸高峰<sup>[1]</sup>, 采后的后熟作用以及高温、高湿的环境, 使芒果很容易腐烂变质, 失去商品价值, 同时也影响芒果产业的发展<sup>[2]</sup>。目前, 芒果的贮藏保鲜方法主要有物理法、化学法和生物法。物理法主要有热处理<sup>[3]</sup>、冷藏<sup>[4]</sup>、气调等方法<sup>[5-6]</sup>。化学法主要有化学杀菌剂<sup>[7]</sup>、钙处理<sup>[8-9]</sup>、涂膜处理<sup>[8-12]</sup>、有机酸处理<sup>[13-16]</sup>以及天然提取物处理<sup>[17-18]</sup>等保鲜方法。生物法主要利用微生物及其代谢产物对芒果病原菌的抑制作用起到保鲜效果<sup>[19]</sup>。在上述众多芒果保鲜方法中有的对技术要求严格, 有的还需要大型设备, 这些都不易被普通的果农掌握。其中柠檬酸保鲜处理, 因其简单易行、处理方便、安全可靠将可能发展为芒果实用的保鲜新方法<sup>[16]</sup>。

柠檬酸作为有机酸, 主要参与植物的呼吸代谢活动, 外源柠檬酸用于水果保鲜已有报道<sup>[20-21]</sup>。另外, 柠檬酸还是食品工业重要的添加剂, 用于食品中可以调节食品 pH, 还可以用来防止加工过程中果蔬褐变和微生物污染。纳米 ZnO 是一种新型的功能性纳米材料, 已有研究发现, 纳米 ZnO 具有很强的杀菌效果<sup>[22]</sup>, 用于食品的保鲜也有报道<sup>[23]</sup>。

该试验采用柠檬酸与纳米氧化锌(ZnO)的复合处理芒果, 通过检测好果率、失重率、硬度、可溶性固形物(SSC)、可滴定酸(TA)、维生素 C、呼吸强度和过氧化物酶活性的变化来评价其保鲜效果, 为芒果贮藏保鲜新方法的开发提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

芒果购于水果市场(芒果在前天下午采收, 未经任何处理, 当天运至市场, 成熟度为八成熟, 产地为广东茂名高州)。在购买过程选择成熟度、大小一致, 无损伤、病斑和病虫害。纳米 ZnO 购自浙江舟山明日纳米材料有限公司。葡萄糖、浓硫酸、蒽酮、柠檬酸、草酸、酚、碘化钾、硫酸铜、氯化钡、氢氧化钠、高锰酸钾、过氧化氢、磷酸氢二钠、磷酸二氢钠、邻苯二甲酸氢钾、愈创木酚均为国产分析纯。仪器与设备: GY-1/GY-2/GY-3 型果实硬度计, 广州市铭睿电子科技有限公司; 阿贝折光仪(Brix 范围 0~32%), 石家庄泰斯特仪器设备有限公司; 80-2 型电动离心机, 江苏省金坛市新航仪器厂; V-1100D 型可见分光光度计, 上海美谱达仪器有限公司; C 型玻璃仪器气流烘干器, 郑州市长城科工贸有限公司; TE214S 型电子分析天平, 上海济成分析仪器有限公司。

### 1.2 试验方法

将选购的芒果分成 3 组, 每组 120 个, 做 3 组样品处理。将其中 2 组芒果分别用 10 mmol/L 柠檬酸、10 mmol/L 柠檬酸和 0.05% 纳米氧化锌的混合溶液浸泡 10 min, 取出分别放在托盘上自然晾干。未经处理的芒果作为空白对照。将芒果置于室温(温度(28±1)℃, 湿度 85%)贮藏, 隔天抽取样品进行相关指标测定。

**第一作者简介:**江敏(1977-), 女, 硕士, 实验师, 研究方向为食品功能成分的制备与应用及食品的加工与保鲜。

**基金项目:**湛江市科技攻关资助项目(2008C08018); 湛江师范学院自然科学研究资助项目(L0809)。

**收稿日期:**2012-03-07

### 1.3 项目测定

失重率(%)=(M2-M1)/M1×100%。其中,M1、M2 分别为贮藏前芒果的质量与贮藏一段时间后的质量。好果率<sup>[24]</sup>(%)=好果数目/试验总果数×100%,其中好果数目为符合 0 级和 1 级的芒果数量;0 级:果实无腐烂;1 级:果实腐烂面积小于 1%;2 级:果实的腐烂面积介于 1%~20%;3 级:果实腐烂率介于 20%~50%;4 级:果实腐烂率大于 50%以上。果实硬度采用水果硬度计测定芒果的硬度。可溶性固形物(SSC)采用阿贝折光仪进行测定。可滴定酸采用中和滴定法<sup>[25]</sup>。维生素 C 含量采用 2,6-二氯酚酚滴定法<sup>[26]</sup>。总糖采用蒽酮比色法<sup>[27]</sup>。呼吸强度采用静置法<sup>[28]</sup>。过氧化物酶活性采用愈创木酚比色法<sup>[29]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 失重率的变化

由图 1 可知,随着贮藏时间的延长,芒果失重率增加,空白组芒果贮藏至第 16 天,果实失重率达到了 18.92%,而经柠檬酸、柠檬酸+纳米 ZnO 的处理后的芒果,第 16 天的失重率分别为 18.67%和 17.15%。说明经过处理的芒果失重率均低于空白组,且经柠檬酸+纳米 ZnO 的处理后芒果的失重率比对照低 1.77%。

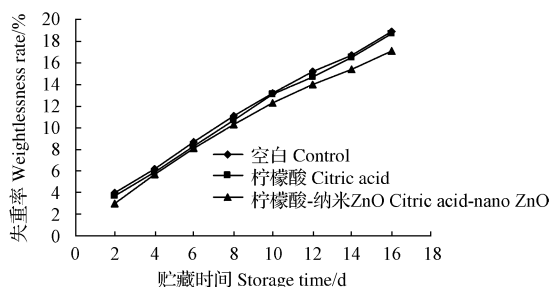


图 1 不同处理对芒果失重率的影响

Fig. 1 Effect of different treatment on weight loss rate of mango fruits

### 2.2 好果率的变化

由图 2 可知,无论是处理组还是对照组,好果率均呈现出逐步下降的趋势。在第 18 天对照组的好果率下降到 87.1%,而经柠檬酸、柠檬酸+纳米 ZnO 处理过的芒果,第 18 天的好果率分别下降到 90.32%和 93.75%。说明柠檬酸组和柠檬酸+纳米 ZnO 组好果率明显高于对照组,且柠檬酸+纳米 ZnO 组效果最好,一方面可能是柠檬酸抑制了细菌的繁殖和防止芒果的褐变,另一方面纳米 ZnO 对常见食品污染菌具有较广谱的杀菌抑菌能力。

### 2.3 硬度的变化

由图 3 可知,芒果在贮藏过程中果实硬度随贮藏期的延长呈现下降的趋势,其中柠檬酸+纳米 ZnO 组样品效果最好。贮藏第 18 天时,空白组的硬度下降到 1.073

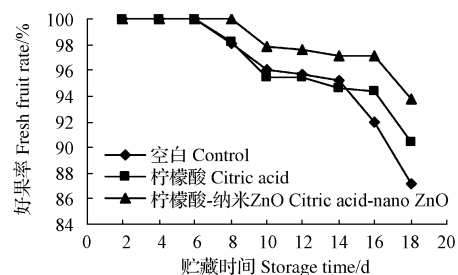


图 2 不同处理对芒果好果率的影响

Fig. 2 Effect of different treatment on fresh fruit rate of mango fruits

kg/cm<sup>2</sup>,柠檬酸组样品的硬度下降到 1.238 kg/cm<sup>2</sup>,而柠檬酸+纳米 ZnO 组样品的果实硬度第 18 天时仍为 2.498 kg/cm<sup>2</sup>,比对照组高了 132.8%。结果表明,柠檬酸和柠檬酸+纳米 ZnO 处理芒果在贮藏过程中都能很好地保持了果实的硬度,抑制了芒果果实软化。

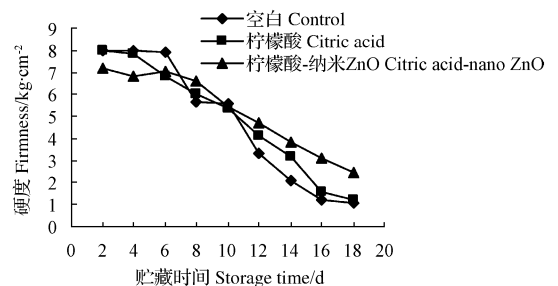


图 3 不同处理对芒果硬度的影响

Fig. 3 Effect of different treatment on firmness of mango fruits

### 2.4 可溶性固形物(TSS)的变化

由图 4 可知,果实中可溶性固形物的含量随着贮藏期的延长呈现上升的趋势,达到一定峰值后趋于平缓或下降。其主要原因是芒果在贮藏过程中成熟度变化引起的。结果表明,对照和柠檬酸组提前出现下降趋势,而柠檬酸+纳米 ZnO 组推迟下降时间,贮藏 16 d 可溶性固形物含量为 11.8%,比对照高 1%。

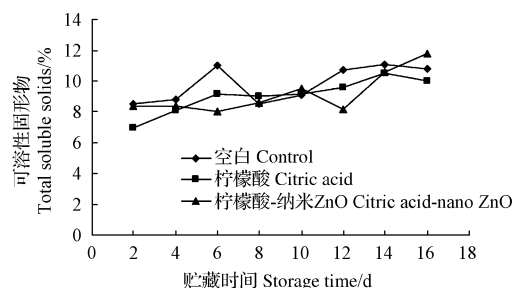


图 4 不同处理对芒果可溶性固形物含量的影响

Fig. 4 Effect of different treatment on total soluble solids content of mango fruits

### 2.5 可滴定酸的变化

由图 5 可知,芒果在贮藏过程中可滴定酸含量呈下

降趋势,空白组下降速度最快,贮藏第 14 天时,柠檬酸组可滴定酸含量的下降速度与空白组相近,而柠檬酸+纳米 ZnO 组的可滴定含量下降缓慢,第 16 天时的总酸含量为 1.2%,比空白组高了 0.76%。可见柠檬酸+纳米 ZnO 处理芒果能抑制可滴定酸的降解。

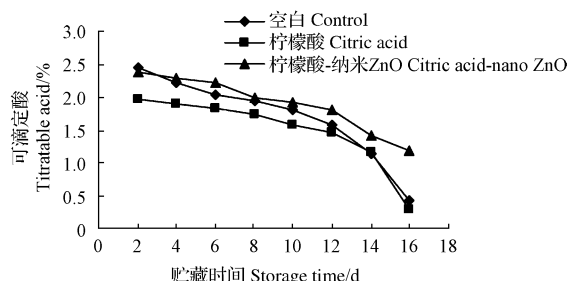


图5 不同处理对芒果可滴定酸含量的影响

Fig. 5 Effect of different treatment on titratable acid content of mango fruits

## 2.6 维生素C的变化

由图6可知,对照和处理组芒果,在贮藏过程中,伴随着芒果的后熟,维生素C呈现先上升后下降的趋势。由于试验芒果成熟度较低,对照组和处理组在贮藏后的第14天维生素C含量达到峰值,随后出现下降趋势,且空白下降较快。

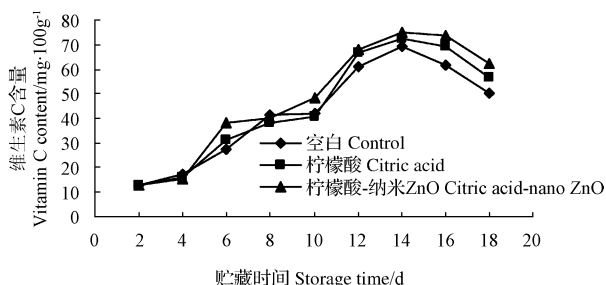


图6 不同处理对芒果维生素C含量的影响

Fig. 6 Effect of different treatment on vitamin C content of mango fruits

## 2.7 总糖的变化

由图7可知,随着贮藏时间的延长,芒果果实含糖量基本呈现先上升后下降的趋势。对照组和柠檬酸处理的总糖含量达到极值时间较早,然后下降;而经柠檬酸+纳米 ZnO 处理的芒果,其总糖含量在贮藏后的第16天仍未达到峰值。因此总的来说,柠檬酸+纳米 ZnO 组保鲜效果最好。主要原因是在贮藏期间,芒果的后熟作用和呼吸作用造成的。

## 2.8 呼吸强度的变化

由图8可知,随着贮藏时间的延长,不同处理的芒果的呼吸强度均逐渐上升达到峰值之后开始下降。3种处理的芒果呼吸强度均在贮藏第16天时达到峰值随后开始下降。柠檬酸处理果实呼吸强度在贮藏期变化初

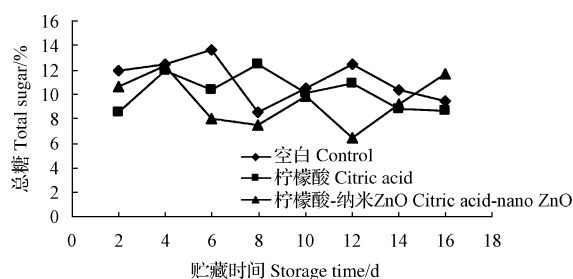


图7 不同处理对芒果总糖含量的影响

Fig. 7 Effect of different treatment on total sugar content of mango fruits

期,与空白组比较没有显著差异,在贮藏第16天空白组与柠檬酸组的呼吸高峰值接近,对照组呼吸强度值稍高。而柠檬酸+纳米 ZnO 组呼吸强度相对而言一直在较低水平,特别是在贮藏第14天后,该组的呼吸强度峰值远远低于其它2组,其下降速度也较其它2组迅速。该结果表明,单独柠檬酸处理对芒果具有一定的保鲜作用,但是对芒果呼吸强度影响较小,效果不明显;而柠檬酸+纳米 ZnO 的复合处理则明显降低芒果的呼吸强度,增强了芒果的保鲜效果。

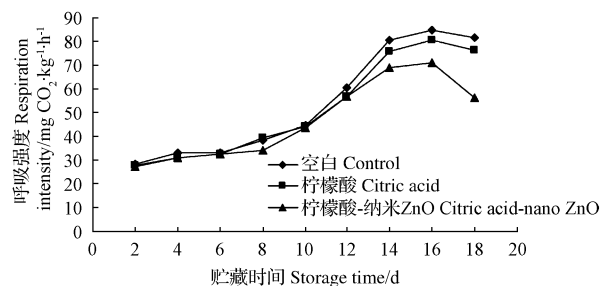


图8 不同处理对芒果呼吸强度的影响

Fig. 8 Effect of different treatment on respiration intensity of mango fruits

## 2.9 过氧化物酶(POD)活性的变化

由图9可知,与空白组相比,整个贮藏过程中,柠檬酸+纳米 ZnO 组的芒果果实 POD 酶的活性处于较低水平。原因可能是柠檬酸+纳米 ZnO 复合处理对于 POD

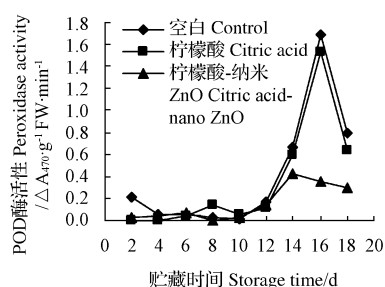


图9 不同处理对过氧化物酶活性的影响

Fig. 9 Effect of different treatment on peroxidase activity of mango fruits

酶活性的抑制有利于延缓果实衰老延缓果实出现褐变的时间及降低褐变的程度。而单独用柠檬酸处理对过氧化物酶的抑制作用比空白组稍好,但效果不明显。

### 3 结论与讨论

从常温贮藏保鲜的芒果的失重率、好果率、硬度、可溶性固形物、可滴定酸、维生素 C、总糖、呼吸强度、过氧化物酶活性等指标的分析可以看出,单独采用柠檬酸处理对芒果能够起到一定的保鲜作用,延长了贮藏时间。采用柠檬酸+纳米 ZnO 复合保鲜芒果的效果较单独采用柠檬酸保鲜的效果好。

柠檬酸在植物的物质代谢和能量代谢中具有重要作用,同时也是影响果实品质的重要因素之一。该试验结果表明,10 mmol/L 柠檬酸处理对芒果有一定的保鲜效果,有效减缓果肉品质、风味的劣变速率,提高果实的贮藏性。在此基础上加入纳米 ZnO 有抗菌作用,还可以改善细胞膜的透性,二者复合用于芒果保鲜可有效抑制后熟,降低营养物质的消耗。同时,多使用的柠檬酸和纳米 ZnO 2 种材料浓度低,安全性好,用于芒果保鲜易于操作,是一种较为有效和实用的芒果保鲜新方法,具有一定的应用前景。

### 参考文献

- [1] Burg S P. Role of ethylene in fruit ripening[J]. Plant Physiol, 1962, 37 (2): 179-189.
- [2] Mitra S K, Baldwin E A. Mango[M]//MITRA S K, Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits. New York: CAB international, 1997: 85-122.
- [3] 贾文君, 李雯, 邵远志, 等. 热处理对红贵妃芒果贮藏品质及保鲜效果的影响[J]. 食品科学, 2008, 29(12): 722-725.
- [4] 季作梁, 张昭其, 王燕, 等. 芒果低温贮藏及其冷害的研究[J]. 园艺学报, 1994, 21(2): 111-116.
- [5] Kim Y, Brecht J K, Talcott S T. Antioxidant phytochemical and fruit quality changes in mango (*Mangifera indica* L.) following hot water immersion and controlled atmosphere storage[J]. Food Chemistry, 2007, 105 (4): 1327-1334.
- [6] 吴岚芳, 黄绵佳, 李绍鹏. 气调贮藏对芒果保鲜效果的研究[J]. 食品科学, 2008, 29(12): 705-707.
- [7] 卢植新, 黄辉晔, 林明珍. 25%施保克乳油在芒果防腐保鲜贮藏后残留降解动态分析[J]. 西南农业学报, 2005, 18(1): 80-83.
- [8] 蒋依辉, 易干军, 孟祥春, 等. 钙处理结合壳聚糖涂膜对芒果贮藏品质的影响[J]. 食品科学, 2009, 30(22): 369-372.
- [9] 蒋依辉, 何万欢, 孟祥春, 等. 壳聚糖涂膜结合浸钙处理对芒果褐变及两种酶活性的影响[J]. 包装工程, 2010, 31(13): 7-10.
- [10] 刘琨, 李向伟, 王雪玲. 膨润土涂膜对芒果常温保鲜效果的影响[J]. 食品科学, 2011, 32(12): 305-308.
- [11] 江敏, 胡小军, 赖静方, 等. 高良姜提取物-海藻酸钠涂膜保鲜芒果的研究[J]. 食品研究与开发, 2011, 32(8): 152-155.
- [12] 湛素华, 王维民, 夏杏洲. 壳聚糖涂膜保鲜对芒果保鲜效果的研究[J]. 食品科技, 2007(3): 236-238.
- [13] 郑小林, 田世平, 李博强, 等. 外源草酸延缓采后芒果成熟及其生理基础的研究[J]. 中国农业科学, 2007, 40(8): 1767-1773.
- [14] Zheng X L, Tian S P, Gidley M J, et al. Slowing deterioration of mango fruit during cold storage by pre-storage application of oxalic acid[J]. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 2007, 82(5): 707-714.
- [15] 荣瑞芬, 佟世生, 冯双庆. 水杨酸对采后芒果和番茄保鲜效果的初步研究[J]. 食品科学, 2001, 22(3): 79-81.
- [16] 郑小林, 吴小业. 柠檬酸处理对采后芒果保鲜效果的影响[J]. 食品科学, 2010, 31(18): 381-384.
- [17] 霍峰岩, 夏宁, 韦保耀, 等. 黄芩提取物对芒果贮藏保鲜的研究[J]. 食品工业科技, 2009, 30(12): 342-346.
- [18] 张娜, 关文强, 阎瑞香. 芥末精油对芒果采后病原真菌抑制效果和保鲜效应的研究[J]. 食品工业科技, 2011, 32(3): 349-353.
- [19] 杨胜远, 陈桂光, 肖功年, 等. 芽孢杆菌 *Bacillus* sp. X-98-2 对芒果保鲜作用[J]. 食品科学, 2004, 25(3): 180-183.
- [20] 曹建康, 姜微波. 柠檬酸处理对鸭梨果实贮藏性能特性的影响[J]. 食品科技, 2005(10): 8-87.
- [21] 唐三定. 大五星枇杷柠檬酸处理常温保鲜试验[J]. 中国南方果树, 2005, 34(2): 36-37.
- [22] Sawai J, Igarashi H, Hashimoto A, et al. Evaluation of growth inhibitory effect of ceramics power slurry on bacteria by conductance method[J]. Journal of Chemical Engineering of Japan, 1995, 28(3): 288-293.
- [23] 李亚娜, 贺庆辉. 纳米 ZnO/HDPE 膜对奶酪的抗菌保鲜性[J]. 食品科学, 2011, 32(4): 237-240.
- [24] Zheng X L, Tian S P, Gidley M J, et al. Effects of exogenous oxalic acid on ripening and decay incidence in mango fruit during storage at room temperature[J]. Postharvest Biology and Technology, 2007, 45(2): 281-284.
- [25] 赵晨霞, 祝战斌. 果蔬贮藏加工实训教程[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 12-15.
- [26] 江苏省农科院. GB/T 6195-86, 水果、蔬菜维生素 C 含量测定法(2,6-二氯酚滴定法)[S]. 北京: 中国标准出版社, 1986.
- [27] 张水华. 食品分析实验[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 43-44, 53-55.
- [28] 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: 49-51.
- [29] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 164-165.

## Preservative Effect of Citric Acid and Nano-ZnO Treatment on Storage of Mango at Room Temperature

JIANG Min, HU Xiao-jun, JIAO Ming-shan, HUANG Si-jing, LU Qiu-ping, FU Qiao-lin

(Chemistry Science and Technology School, Zhanjiang Normal University, Development Center for New Materials Engineering and Technology in Universities of Guangdong, Zhanjiang, Guangdong 524048)



# CPPU 处理对切花腊梅保鲜的影响

刘芳, 许飞飞, 吴三林, 李仲芳, 唐梅

(乐山师范学院 峨眉山生物多样性保护与利用研究所, 四川 乐山 614004)

**摘要:**以‘馨口’腊梅为试材,研究了不同浓度 CPPU 处理对瓶插腊梅切花的开花率、水分平衡、花枝鲜重以及花蕾的可溶性总糖、可溶性蛋白质和过氧化物酶(POD)活性等指标的影响。结果表明:5 mg/L 的 CPPU 处理切花腊梅的开花效果理想,保鲜效果较好。

**关键词:**CPPU;切花腊梅;保鲜

**中图分类号:**S 685.99 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)11-0176-03

腊梅(*Chimonanthus praecox* (L.) Link.), 又名蜡梅, 主要分布于黄河流域以南地区, 各地均有栽培, 常见栽培种有‘狗蝇’、‘馨口’、‘素心’、‘小花’4 个品种。腊梅花色美丽, 香气馥郁, 花期达 3 个月之久, 常用作布置庭院或室内插花, 但腊梅在运输和瓶插观赏过程中常出现香味散失、花朵脱落等衰老现象, 给运输和观赏带来不便<sup>[1]</sup>。目前国内外对康乃馨<sup>[2]</sup>、月季<sup>[3]</sup>、非洲菊<sup>[4]</sup>等保鲜研究较多, 腊梅保鲜研究较少。CPPU 是 1 种具有细胞分裂素活性的苯基脲类衍生物, 化学名为 N-(2-氯-4-吡啶基)-N-苯基脲(N-(2-chloro-4-pyridyl)-N-phenylurea, 简称 CPPU)。近年来 CPPU 广泛应用于农业, 对多种农作物有促进坐果作用<sup>[5]</sup>, 但其对鲜花的保鲜作用的研究比较少, 而其它的一些细胞分裂素, 如 6-苄基腺嘌呤(6-BA)在鲜花保鲜方面的研究比较多, 而 CPPU 的活性是 N,N-二苯基脲(4-PU) 的 100 倍, 较 6-BA 高 10 倍左右, 且具有低毒、低残留的特点<sup>[5-7]</sup>。因此, 该试验选用 CPPU 做为保鲜剂, 研究其不同浓度下对腊梅切花保鲜的效果, 找出 CPPU 对腊梅切花保鲜的最适浓度。

**第一作者简介:**刘芳(1978-), 女, 硕士, 讲师, 现主要从事植物生理方面的教学和研究工作。E-mail: liufang9028@163.com。

**收稿日期:**2012-03-29

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试品种为‘馨口’腊梅(*Chimonanthus praecox* var. *grandiflora*), 采自乐山师范学院教学楼花园内, 采后当天进行试验。CPPU (氯吡苯脲, 4-CPPU, 含量≥98.5%,  $C_{12}H_{10}ClN_3O$ ), 上海宇涵生物科技有限公司制造。

### 1.2 试验方法

于早晨 8:30 用锋利的枝剪剪取腊梅花枝, 剪口光滑, 避免压破茎部, 对花枝进行挑选, 整理丢弃病虫害感染和畸形花朵, 选取花枝粗细和成熟度一致的腊梅花枝。每瓶 10 枝, 插入装有 550 mL 的不同浓度的 CPPU 保鲜液的三角瓶中, 保鲜液浓度分别为 0、1、2、3、4、5、6 和 7 mg/L, 置于通风良好处。直到花瓣萎蔫凋谢脱落为止, 即作为瓶插寿命的结束。各项指标每 4 d 测定 1 次, 3 次重复。

### 1.3 项目测定

**1.3.1 开花率** 每 4 d 开放的花朵数除以开花花朵数, 以百分率计算。

**1.3.2 水分平衡值** 总重量=花枝+溶液+瓶, 瓶液重=溶液+瓶, 吸水量等于 2 次瓶液重之差; 失水量等于 2 次的总重量之差; 水分平衡值等于吸水量与失水量

**Abstract:** Harvest mango fruits were subjected to treatments of citric acid and citric acid-nano ZnO for 10 min, preservative index of mango fruits were determined every two days, in order to explore a new and practical method for the preservation of mango. The results showed that treatment of citric acid had good effect of mango preservation and it could prolong storage time. However, treatment of citric acid-nano ZnO had significant effect of mango preservation. The firmness, fresh fruit, total soluble solids, titratable acid, total sugar, VC content of mango treated by citric acid-nano ZnO were significantly higher than treatment of citric acid and control. But weightlessness rate, respiration intensity, peroxidase activity were obviously lower than treatment of citric acid and control. So citric acid-nano ZnO could significantly reduce mango post harvest respiration and well keep nutrients of mango.

**Key words:** mango; citric acid; nano-zinc; preservative effect