

## 浸钙对黑宝石李果实采后品质和延缓衰老的影响

王文凤<sup>1</sup>, 冯晨静<sup>1</sup>, 杨建民<sup>1\*</sup>, 孟庆瑞<sup>1</sup>, 张广燕<sup>2</sup>, 张平<sup>3</sup>

(1. 河北农业大学园林与旅游学院, 保定 071000; 2. 辽宁农业职业技术学院食品系, 辽宁熊岳 115009;  
3. 国家农产品保鲜工程技术研究中心, 天津 300384)

**摘要:** 采用不同浓度  $\text{CaCl}_2$  溶液浸泡黑宝石李采后果实, 研究对其果实品质和延缓衰老的影响, 达到延长贮藏期的目的。结果表明: 浸钙处理可显著抑制采后贮藏过程中果实可滴定酸含量、硬度和可溶性糖含量的下降, 浸钙处理降低了果实可溶性固性物含量; 贮藏期间浸钙处理后乙烯释放量显著低于对照, 且峰值出现的时间比对照推迟 15 d; 浸钙处理可保持采后贮藏过程中果实较高的超氧化物歧化酶(SOD)活性和较低的丙二醛(MDA)含量, 维持细胞内活性氧代谢平衡, 显著降低膜脂过氧化作用, 从而延缓果实成熟衰老进程, 较好的保持了果实品质。4 种钙浓度处理中以 1% 和 2%  $\text{CaCl}_2$  溶液浸果效果较好。

**关键词:** 黑宝石李果实; 采后;  $\text{CaCl}_2$  处理; 品质; SOD 活性; MDA 含量

**中图分类号:** S662.3      **文献标识码:** B      **文章编号:** 1002-6819(2007)5-0237-04

王文凤, 冯晨静, 杨建民, 等. 浸钙对黑宝石李果实采后品质和延缓衰老的影响[J]. 农业工程学报, 2007, 23(5): 237-240.

Wang Wenfeng, Feng Chenjing, Yang Jianmin, et al. Effects of calcium treatments on the quality and delaying aging of friar plum fruit [J]. Transactions of the CSAE. 2007, 23(5): 237-240. (in Chinese with English abstract)

### 0 引言

近年来, 钙不再被认为是单纯的矿质元素, 而是作为一种调节物质被逐渐重视, 据研究, 钙具有维持细胞壁和细胞膜结构的功能, 及作为第二信使等的功能<sup>[1]</sup>。采后浸钙能改善抑制果实呼吸、乙烯释放<sup>[2]</sup>, 延缓果蔬采后衰老<sup>[3]</sup>, 并能提高果实品质。目前, 国内外学者关于钙处理对果实采后生理影响的研究在苹果、梨、桃、猕猴桃等果品方面<sup>[3-5]</sup>的报道较多, 但对李果实采后品质及生理特性影响的系统研究尚未见报道。

本试验采用不同浓度  $\text{CaCl}_2$  溶液处理李果实, 探讨浸钙处理对贮藏过程中黑宝石李果实品质和延缓衰老的影响, 以丰富李果实贮藏的理论, 为进一步研究李果实贮藏保鲜技术提供理论依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验材料及处理方法

以晚熟李品种黑宝石(Friar)硬熟期果实为试材, 采自河北满城绿龙苗圃盛果期 5~6 年生李园。于晴天的早晨, 自每株树东、西、南、北方向挑选大小均一、果皮颜色一致、无机械损伤和病虫害的果实, 带果柄采收组成混合样。试材于 4℃冷库中预冷 24 h 后, 分别用 0.5%、1%、2% 和 4% 浓度的  $\text{CaCl}_2$  溶液浸果 5 min, 自然晾干后装入 0.04 mm 聚乙烯薄膜袋中, 每袋 2.5 kg,

置于冷库((0±0.5)℃、RH 90%~95%)中贮藏, 以不浸钙的果实为对照(CK), 每处理 10 袋, 重复 3 次。贮藏过程中每 15 d 取样 1 次, 用于各项指标的测定。定期检测袋内  $\text{O}_2$ 、 $\text{CO}_2$  等气体组成成分含量, 使贮藏期间袋内气体成分保持一致。试验于 2003~2004 年在国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津)进行。

#### 1.2 测定方法

##### 1.2.1 品质指标

硬度采用英国产 TX32 型质构分析仪测定, 探针直径 2 mm, 穿刺速度 1 mm/s, 穿刺距离 1 cm, 从各处理随机抽取 5 个果实, 每个果实在其最大横径处选取 3 个部位, 带皮测定, 取其平均值; 可溶性固形物含量采用手持折光仪法; 可滴定酸含量、可溶性可溶性糖含量测定参照文献[6, 7]的方法。

##### 1.2.2 生理指标

MDA(丙二醛)含量采用巴比妥酸法, SOD(超氧化物歧化酶)活性测定采用 NBT 光还原法, 参照文献[8, 9]方法。

乙烯释放量采用日本岛津 GC-2010 型气相色谱仪测定, 重复 3 次取平均值。氢火焰离子化检测器, 温度 220℃, 毛细管柱, 进样口温度 150℃, 气体进样阀进样, 外标法定量。

### 2 结果与分析

#### 2.1 钙处理对黑宝石李果实品质的影响

##### 2.1.1 可滴定酸(TA)含量的变化

伴随着贮藏时间延长, 黑宝石李果实 TA 含量会逐渐下降。试验结果显示(图 1), 钙处理有延缓 TA 含量下降的作用。在整个贮藏过程中, 各浸钙处理的 TA 含量均高于对照。贮藏 75 d 时, 0.5%、1%、2% 和 4%  $\text{CaCl}_2$  处理的 TA 含量分别由贮藏开始的 0.88% 下降为 0.43%、0.52%、0.45% 和 0.47%, 而对照 TA 含量下降到 0.37%。方差分析结果表明, 1%  $\text{CaCl}_2$  处理与 CK 存在极显著差异( $P < 0.01$ ), 4%  $\text{CaCl}_2$  处理与 CK 存在显著差异( $P < 0.05$ ), 0.5% 和 2%  $\text{CaCl}_2$  处理差异不显著。说明

收稿日期: 2006-08-29 修订日期: 2007-03-06

基金项目: 河北省教育厅博士基金项目(B2003211)

作者简介: 王文凤(1966-), 女, 河北清苑人, 主要从事李杏贮藏加工方面的实验教学与研究。保定 河北农业大学园林与旅游学院, 071000

\*通讯作者: 杨建民(1962-), 男, 河北清苑人, 教授, 主要从事李杏资源、栽培生理方面的研究。保定 河北农业大学园林与旅游学院, 071000。Email: yangjm3706@sina.com

1%的CaCl<sub>2</sub>溶液浸果,能够显著抑制黑宝石果实可滴定酸含量的降低,较好地保持果实风味及品质,延长贮藏期。其原因是果实对过量钙的吸收很少,甚至可能不再吸收,浸钙浓度过大,对果皮组织造成轻度盐害,果实表面出现黑斑<sup>[10]</sup>。

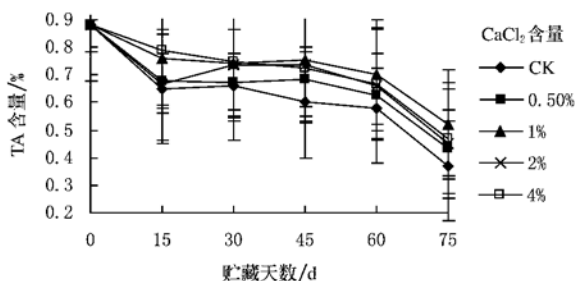


图1 采后钙处理对李果实TA含量的影响

Fig. 1 Effects of postharvest treatment with calcium on the TA content of friar plum fruits during storage

### 2.1.2 可溶性糖含量的变化

由图2可见,在整个贮藏过程中,可溶性糖含量变化在贮藏初期,随贮藏时间的延长,均呈上升趋势,并达到最高峰,之后含量随贮藏时间延长均呈下降趋势;但不同处理,其可溶性糖含量达到最高峰的时间及峰值不同,CK、2%、4% CaCl<sub>2</sub>处理于贮藏30 d可溶性糖含量达到最高峰,峰值分别为4.80、4.51、5.71 mg/g·FW,0.5% CaCl<sub>2</sub>处理于贮藏15 d可溶性糖含量达到最高峰,峰值为5.58 mg/g·FW,1% CaCl<sub>2</sub>处理于贮藏45 d可溶性糖含量达到最高峰,峰值为5.47 mg/g·FW;至贮藏75 d时,CK、0.5%、1%、2%和4% CaCl<sub>2</sub>处理可溶性糖含量分别下降了1.67、2.08、1.24、0.78、1.73 mg/g·FW。1%和2% CaCl<sub>2</sub>处理可溶性糖含量下降幅度明显低于对照,方差分析的结果表明,差异达极显著水平,0.5% CaCl<sub>2</sub>处理可溶性糖含量的下降幅度极显著高于对照,4% CaCl<sub>2</sub>处理可溶性糖含量与对照相比下降幅度差异不显著。说明1%的CaCl<sub>2</sub>溶液和2%的CaCl<sub>2</sub>溶液能够显著抑制贮藏过程中黑宝石李果实可溶性糖含量的降低,较好的保持果实的品质,延长了贮藏期。适宜浓度的钙处理,能够增加胞外钙的水平,保持细胞膜结构的完整性,减缓淀粉水解为糖,降低呼吸作用,从而延缓果实的成熟衰老<sup>[11]</sup>。

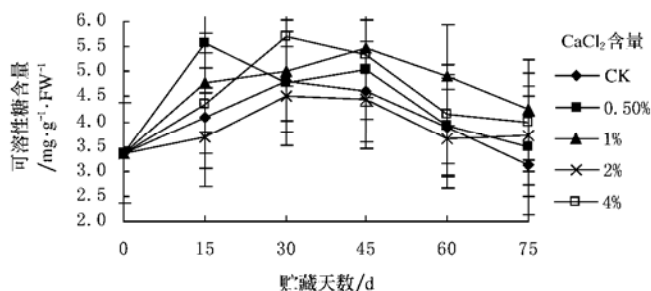


图2 采后钙处理对李果实可溶性糖含量的影响

Fig. 2 Effects of postharvest treatment with calcium on the total sugar content of friar plum fruits during storage

### 2.1.3 硬度的变化

由图3可见,在整个贮藏过程中,对照和处理黑宝石果实硬

度保持平稳的变化趋势,变化幅度较小。在贮藏过程中,各浸钙处理的果实硬度均高于对照,方差分析的结果表明,差异达极显著水平。至贮藏75 d时,果实硬度由大到小的顺序为:2%、1%、4%、0.5% CaCl<sub>2</sub>处理和CK,表明浸钙处理能显著提高果实硬度,较好的保持果实品质,延长贮藏期。浸钙处理后抑制了多聚半乳糖醛酶(PG)的活性,从而降低了不溶性果胶的降解和可溶性果胶的上升速度<sup>[12]</sup>;钙处理后果实内钙的总量增加,而增加的钙主要以结合态存在于组织中,因而有效地抑制了果实衰老过程中细胞壁和细胞膜的解体<sup>[13]</sup>。

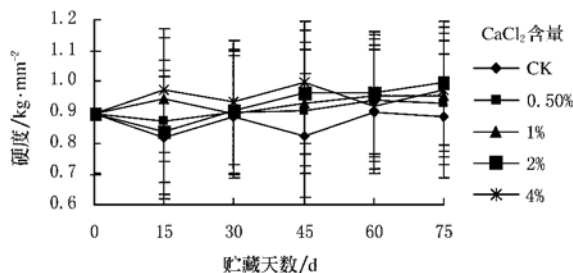


图3 采后钙处理对李果实硬度的影响

Fig. 3 Effects of postharvest treatment with calcium on the firmness of friar plum fruits during storage

## 2.2 浸钙处理对采后黑宝石李果实成熟衰老的影响

### 2.2.1 乙烯释放量的变化

由图4可见,钙处理的李果实乙烯释放量呈单峰变化趋势,对照在贮藏第45 d达乙烯释放高峰,峰值为14.5 μL/(kg·FW·h),不同浓度钙处理均在贮藏第60 d时,乙烯释放达最大值,比对照推迟15 d,0.5%、1%、2%、4% CaCl<sub>2</sub>处理分别为14.647、12.518、13.175、10.646 μL/(kg·FW·h),除0.5% CaCl<sub>2</sub>处理峰值比对照高外,其余各处理峰值都低于对照,钙浓度越大,贮藏期间李果实乙烯释放峰值越小,2% CaCl<sub>2</sub>处理在贮藏0~60 d之间,乙烯释放量一直高于其他3个处理。至贮藏75 d时,乙烯释放量仍然是对照最高,方差分析可知,对照乙烯释放量极显著高于各处理,1% CaCl<sub>2</sub>处理显著高于0.5%和2% CaCl<sub>2</sub>处理,0.5%和2% CaCl<sub>2</sub>处理之间差异不显著,可见,钙处理可抑制乙烯释放量增加。浸钙处理能够增加果实胞外钙含量,抑制了乙烯形成酶的活性,从而使ACC转化为乙烯的过程受抑,延缓了果实的成熟与衰老<sup>[14]</sup>。

### 2.2.2 MDA含量的变化

MDA是膜脂过氧化作用的主要产物之一,其含量的增加使膜脂过氧化作用加强,膜受伤而加剧衰老的表现,其含量高低可以反映细胞膜脂氧化的程度。由图5可见,在贮藏过程中,随着贮藏时间的延长,对照与处理果实中MDA含量变化均呈上升趋势。各处理的MDA含量均低于对照,方差分析的结果表明,1%、2%和4% CaCl<sub>2</sub>处理的MDA含量极显著低于CK,0.5% CaCl<sub>2</sub>处理的MDA含量显著低于对照,说明浸钙处理能够显著抑制膜脂过氧化产物MDA的积累,减弱果实细胞膜的伤害,有利于果实贮藏时间的延长。浸钙处理维持了膜结构的完整和膜系统的区域化作用,阻碍了果实在成熟与衰老过程中细胞底物与酶的接触反应,从而减缓了果肉组织软化的发生,也抑制了果

实的膜脂过氧化作用<sup>[10]</sup>。

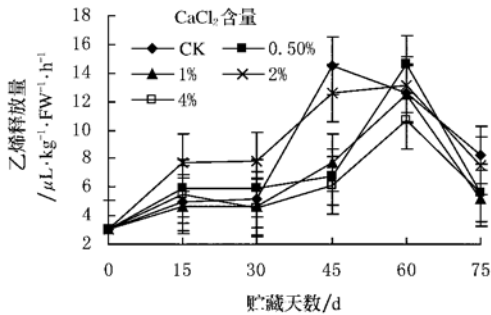


图 4 采后钙处理对李果实乙烯释放量的影响

Fig. 4 Effects of postharvest treatment with calcium on the ethylene production of friar plum fruits during storage

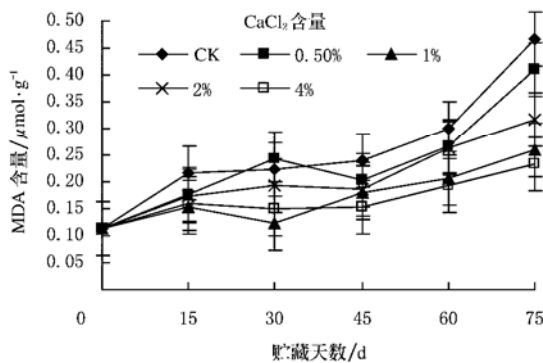


图 5 采后钙处理对李果实 MDA 含量的影响

Fig. 5 Effects of postharvest treatment with calcium on the MDA content of friar plum fruits during storage

2.2.3 SOD 活性的变化

超氧化物歧化酶(SOD)在植物衰老过程中清除组织中的活性氧,维持活性氧的平衡,保护膜结构,因而能延缓衰老。果实衰老时,SOD 活性下降,意味着体内清除活性氧能力的下降。由图 6 可见,在贮藏初期(0~ 15 d)对照与处理的 SOD 活性呈急剧下降趋势,在贮藏 15~ 30 d 期间 SOD 活性均呈上升趋势,30~ 75 d 期间,随贮藏时间的延长,SOD 活性总体呈下降趋势,只有 1% 和 2% CaCl<sub>2</sub> 处理在 60~ 75 d 期间略呈上升趋势。在贮藏 30

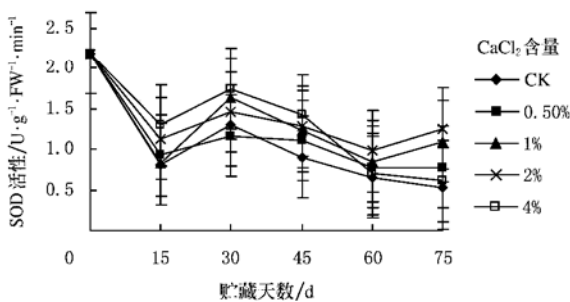


图 6 采后钙处理对李果实 SOD 活性的影响

Fig. 6 Effects of postharvest treatment with calcium on the SOD activity of friar plum fruits during storage

~ 75 d 期间 0.5%、2% 和 4% CaCl<sub>2</sub> 处理的 SOD 活性极显著高于对照 ( $P < 0.01$ ), 0.5% CaCl<sub>2</sub> 处理与 CK 相比差异不显著。表明在贮藏过程中,钙处理有利于保持李果实较高的 SOD 活性,延缓果实衰老,保持其品质。以 1% 和 2% CaCl<sub>2</sub> 处理效果最好。正常情况下,细胞内自由基的产生和清除处于动态平衡状态,一旦失去平衡,自由基积累,膜结构易遭到破坏。SOD 属膜保护酶系统,果实贮藏过程中,细胞内 SOD 维持较高的活性,可以有效地清除细胞和组织中的活性氧,从而降低膜脂过氧化作用,延缓果实的衰老<sup>[15]</sup>。

3 结论

1) 不同浓度 CaCl<sub>2</sub> 溶液处理采后黑宝石李果实,可显著抑制贮藏过程中可滴定酸含量、果实硬度、可溶性糖含量的降低,显著抑制膜脂过氧化产物 MDA 的积累,显著提高果实细胞中 SOD 活性;不同浓度 CaCl<sub>2</sub> 溶液处理采后黑宝石李果实,乙烯释放量出现最高峰的时间比对照推迟了 15 d,且峰值明显低于对照。说明钙处理能够减少李果实贮藏过程中呼吸消耗,延缓果实的衰老,从而延长果实的贮藏期。

2) 通过对浸钙处理对黑宝石李采后果实品质和成熟衰老影响的综合研究认为,1% CaCl<sub>2</sub> 和 2% CaCl<sub>2</sub> 溶液处理的贮藏效果最好。

[参考文献]

[1] 莫开菊,汪兴华. 钙与果实采后生理[J]. 植物生理学通讯, 1994, 30 (1): 48- 49.

[2] 于建娜,任小林,张少颖. 钙处理对桃冷藏期间呼吸速率和乙烯释放以及褐变相关酶活性的影响[J]. 植物生理学通讯, 2004, 40(2): 159- 160.

[3] 王仁才. 猕猴桃幼果期钙处理对果实贮藏和品质的影响[J]. 果树科学, 2000, 17(1): 45- 47.

[4] 高敏,张继澍. 钙处理对红富士苹果酶促褐变的影响[J]. 西北植物学报, 2002, 22(4): 961- 964.

[5] 刘剑锋,唐鹏,彭抒昂. 采后浸钙对梨果实不同形态含量及生理生化影响[J]. 华中农业大学学报, 2004, 23(5): 560- 562.

[6] 韩雅珊. 食品化学实验指导[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1996: 41- 47.

[7] 白玉璋,王景安,孙玉霞. 植物生理学测试技术[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2001: 156- 158.

[8] 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: 87- 91.

[9] Saltveit M E. Prior temperature exposure affects subsequent chilling sensitivity[J]. Phy-siol plant, 1991, 82(7): 529- 536.

[10] 吴有根,陈金印,左俊峰. 钙渗入抑制翠冠梨果实衰老软化作用的生理生化机制[J]. 西北植物学报, 2003, 23(10): 1682- 1687.

[11] 陈留勇,孙秋莲,孟宪军,等. 浸钙处理对黄桃后熟软化的影响[J]. 食品科技, 2003, 7: 22- 24.

[12] Brady C J, McGlasson W B, Pearson J A, et al. Interactions between the amount and molecular forms of polygalacturonase, calnimm and tirmness into tomato fruit[J]. J Amer Soc Hort Sci, 1985, 110(2): 254- 258.

[13] 王贵禧,韩雅珊,于果. 浸钙对猕猴桃果实硬度变化影响的生化

机制[J]. 园艺学报, 1995, 22(1): 21- 24.

[14] Chevery J L, Poul Quen J. Calcium regulation of exogenous and ACC bioconversion to ethylene[J]. *Physiol Plant*, 1988, 74: 53-

57.

[15] 施瑞成, 周丽珍, 张熙新, 等. 钙处理对芒果采后生理的影响[J]. 热带作物学报, 2000, 21(1): 52- 53.

## Effects of calcium treatments on the quality and delaying aging of friar plum fruit

Wang Wenfeng<sup>1</sup>, Feng Chenjing<sup>1</sup>, Yang Jianmin<sup>1\*</sup>, Meng Qingrui<sup>1</sup>, Zhang Guangyan<sup>2</sup>, Zhang Ping<sup>3</sup>

(1. *College of Landscape Architecture and Tourism, Hebei Agricultural University, Baoding 071000, China;*

2. *Department of Food Science, Liaoning Agricultural Vacation College, Xiongyue, Liaoning 115009, China;*

3. *National Engineering and Technology Center for Agricultural Products Freshness Protection, Tianjin 300384, China)*

**Abstract:** In order to provide basic theory for the optimal storage conditions and methods for friar plum fruits, the influences of calcium treatment (dipping Ca-solution after harvest) on storabilities of friar plum fruits were studied. Results indicate that the calcium treatment can obviously lower the rot of fruit and retain the fruit firmness. delay the decreasing of soluble solid. titratable acidity(TA) and the content of soluble total sugar content and soluble acid; With calcium treatments, the decreasing rate of SOD (superoxide dismutase) activity is slowed down, the activity of PPO(polyphenol oxidase) and the accumulation of MDA(malondialdehyde) content are restrained, the enzymatic browning is lightened through inhibition of POD(peroxidase) activity, thus the storage quality is improved and the shelf life of friar plum can be prolonged. Among the four kinds of calcium concentrations treatments, 1% and 2% CaCl<sub>2</sub> show the better effect.

**Key words:** friar plum fruit; post-harvest; calcium treatment; quality; PPO activity; MDA content