

采后不同钙浓度处理对贮藏期间 苹果硬度及果胶含量的影响

贺 芬 芬, 刘 成 连, 原 永 兵, 王 永 章, 沈 俊 岭

(青岛农业大学 园艺学院, 山东 青岛 266109)

摘 要:以“富士”苹果为试材,采用 0%、2%、3%、4% 4 种不同浓度的 CaCl_2 浸泡果实,研究了苹果采后不同浓度钙处理对贮藏期间苹果果实硬度和不同种类果胶含量的影响,以期探明莱西地区“富士”苹果采后钙处理的最适应浓度。结果表明:随着贮藏时间的延长,苹果果实的硬度下降,水溶性果胶(WSP)含量增加,共价结合果胶(CSP)含量减少,离子型果胶(ISP)含量变化不大;苹果果实硬度与 WSP 含量呈极显著负相关,与 CSP 含量呈极显著正相关,与离子型果胶(ISP)无显著相关性;与对照相比,不同浓度的钙处理都能改善贮藏期间苹果果实的硬度,能减缓 WSP 含量的增加和 CSP 含量的减少;4 种浓度的钙处理中以 2% CaCl_2 处理的效果最好;采后钙处理能有效保持苹果在贮藏期间的硬度,有效减缓 WSP 含量的增加和 CSP 含量的减少,从而延缓了果实的软化,延长了苹果的货架寿命。

关键词:苹果;钙;硬度;果胶

中图分类号:S 641.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)09-0147-04

我国是世界上水果生产大国,苹果是我国水果中主要的品种之一。随着生活水平的提高,人们对苹果的品质要求也越来越高。如何保持采后果实的品质,已成为近年来的研究热点。果实采后仍然是一个活体,可以进行生理代谢活动。果实软化是贮藏期间果实主要的生理表现,也是衰老的主要特征之一,是决定果实能否长期贮藏的关键因素,与细胞膜和细胞壁特性的关系

较为密切^[1]。外源钙延缓果实衰老,可以保持较高的果实硬度^[2]。钙是细胞壁的重要组成部分, Ca^{2+} 与细胞壁果胶多糖形成络合物,增强细胞壁强度,保护细胞壁不受降解酶影响,从而稳定细胞壁结构^[3]。果实补钙的方式一般有采前补钙和采后补钙。据报道,采后补钙可以提高贮藏期间苹果^[4]和桃^[5]的硬度,同时还提高了贮藏过程中果实细胞壁不溶性果胶/可溶性果胶的比例^[6],并能改善甜瓜^[7]、梨^[8]、李^[9]、蜜柑^[10]和甜樱桃^[11]的果实品质。

该试验主要采用 0%、2%、3%、4% 4 种不同浓度的 CaCl_2 浸泡果实,研究采后不同钙浓度处理对贮藏期间苹果果实硬度及不同种类果胶含量的影响,以了解莱西地区“富士”苹果采后钙处理的最适应浓度,以为当地采后苹果品质的保持提供一定的理论依据。

第一作者简介:贺芬芬(1988-),女,山东潍坊人,硕士研究生,现主要从事果树栽培与生理等研究工作。E-mail: feng.169.love@163.com.

责任作者:刘成连(1956-),男,山东栖霞人,教授,研究方向为果树栽培生理与分子生物学。E-mail: fmdb@qau.edu.cn.

收稿日期:2013-12-10

inflorescence, the highest activity and the lowest activity presented in base floret and upper floret at the same vase time, respectively. The content of Malondialdehyde (MDA) accumulated gradually during vase holding, and the higher MDA content was observed in base floret than that in middle floret and upper floret at the same vase time, respectively. The content of super oxygen free radicals (O_2^-) increased obviously at 2 d followed by a drop at 4 d, and then increased up to the end of vase holding. Change trend of treatment group was consist with control, but O_2^- content was varied in different periods and disparate positions of the inflorescence. The results revealed that the water loss, decreased activity of antioxidant enzymes, the accumulation of O_2^- and the rising of membrane lipid peroxidation level were considered to be the main causes of senescence of cut *Freesia* flowers.

Key words: *Freesia hybrid*; vase holding; petals aging; active oxygen balance

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料于 2012 年 10 月 23 日取自山东省莱西市孙守镇果园,随机选取栽培条件一致的若干株树,采摘大小均一、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。

1.2 试验方法

参照 Hussain 等^[4]的方法,分别以 0%(去离子水)、2%、3%和 4%浓度的 CaCl_2 (w/v) 浸泡苹果果实,以不做任何处理的苹果作对照(CK),每个浓度浸果 180 个,浸泡 30 min;浸泡期间,用手翻动苹果,保证所有样品浸泡程度一致。浸泡结束后,自然晾干,然后挑选出在浸泡期间没有机械损伤的 160 个苹果,分装于纸箱中,存放于 $(10 \pm 1)^\circ\text{C}$ 的气调冷库中,备用。从 10 月 25 号开始,每隔 15 d 取样 1 次,取回的样品立刻用液氮处理后,置 -80°C 超低温冰箱保存待测。

1.3 项目测定

1.3.1 硬度的测量 每个处理随机取 3~5 个果实,3 次重复,每个果实均等取 3 个部位(阴阳面都有),削皮后用 GY-4 型果实硬度计测定果实硬度,以 kg/cm^2 计。

1.3.2 果胶的提取 参考 Brummell 等^[12]、Fishman 等^[13]、茅林春等^[14]和魏建梅^[15]的方法,略有改动。取果肉,快速研磨后,称取 4 g 左右置于 50 mL 离心管中,加入 25 mL 80%乙醇,煮沸 20 min,目的是除去糖分和其它物质;冷却至室温后,12 000 r/min 离心 15 min,弃上清,用 25 mL 丙酮冲洗过滤;沉淀用 20 mL 90%的二甲基亚砷浸泡 15 h,然后 12 000 r/min 离心 20 min,弃上清;用 25 mL 的丙酮冲洗过滤,最后将滤渣置于放有滤纸的培养皿上,将培养皿放在盛有变色硅胶的干燥器里,室温真空干燥 3 d。

1.3.3 果胶的分离 参考魏建梅^[15]的方法,略有改动。称取 50 mg CWM(细胞壁物质,即提取完干燥的物质)加入 10 mL 50 mM 醋酸钠缓冲液(pH 6.5), 30°C 振荡 4 h 后过滤,得到的滤液为水溶性果胶(WSP)的滤液;滤渣加入 10 mL 含 50 mM EDTA 的 50 mM 醋酸钠缓冲液(pH 6.5), 30°C 振荡 4 h 后过滤,得到的滤液为离子型果胶(ISP)的滤液;滤渣加入 10 mL 50 mM Na_2CO_3 溶液(含 2 mM EDTA), 30°C 振荡 4 h,得到的滤液为共价结合果胶(CSP)的滤液。

1.3.4 果胶含量的测定 参考韩雅珊^[16]和 Bitter 等^[17]的咔唑比色法测定。

2 结果与分析

2.1 不同钙浓度处理对贮藏期间苹果硬度的影响

从图 1 可以看出,随着贮藏天数的延长,0% CaCl_2 、

2% CaCl_2 、3% CaCl_2 和 4% CaCl_2 处理的果实硬度都是一直减小的;只有对照,在贮藏 15~30 d 这一阶段,硬度有略微的升高,从 30 d 之后,果实硬度表现为一直下降。采后浸钙处理延缓了果实硬度的下降,其果实硬度的保持力也高于对照果实,例如,在贮藏 15 d 时,对照的果实硬度下降了 1.18%,0% CaCl_2 处理的下降了 9.8%,2% CaCl_2 和 3% CaCl_2 处理的果实硬度分别下降了 0.59%和 0.40%。其中用去离子水浸果(0% CaCl_2)后,硬度下降的最快,而 2% CaCl_2 处理的果实硬度下降最缓慢。

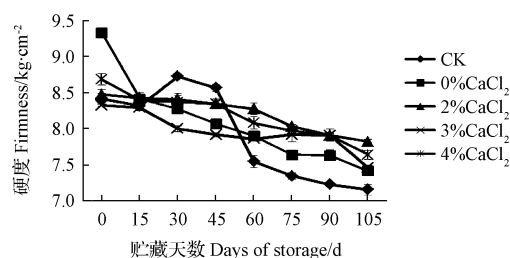


图 1 不同钙浓度处理对苹果硬度的影响

Fig. 1 Effect of various calcium concentrations dip treatment on fruit firmness

2.2 不同钙浓度处理对苹果果胶的影响

2.2.1 不同钙浓度处理对苹果水溶性果胶(WSP)的影响 从图 2 可以看出,随着贮藏天数的延长,所有处理果实的 WSP 含量都有不同程度的增加。前期贮藏时间段(0~30 d),对照和 2% CaCl_2 处理的果实 WSP 含量增加缓慢,在 30~90 d 这个时间段,对照和 4% CaCl_2 处理的果实 WSP 含量增加的幅度最大,0% CaCl_2 、2% CaCl_2 和 3% CaCl_2 处理的果实 WSP 含量增幅基本相同,贮藏 90 d 后,0% CaCl_2 和 2% CaCl_2 处理的果实 WSP 含量突然增加,但对于整个贮藏阶段,2% CaCl_2 处理可以明显减缓果实 WSP 的增加,很好的保持果实的硬度,3% CaCl_2 处理也可以减缓果实 WSP 含量的增加,4% CaCl_2 处理对于减缓果实 WSP 含量效果不明显。

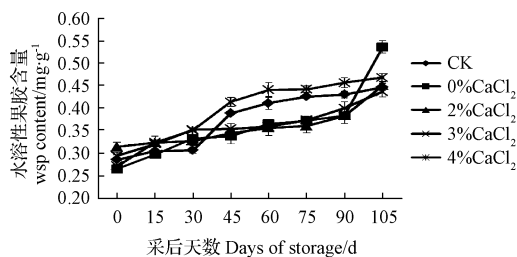


图 2 不同钙浓度处理对苹果水溶性果胶(WSP)的影响

Fig. 2 Effect of various calcium concentrations dip treatment on WSP content

2.2.2 不同钙浓度处理对苹果共价结合果胶(CSP)的影响 由图3可知,在整个贮藏阶段,果实的CSP含量是呈下降趋势的。不同钙浓度处理都可以不同程度的减缓贮藏期间果实CSP含量的下降,但是2%CaCl₂处理的效果最好,而对照在整个贮藏阶段,CSP含量几乎是呈直线下降的,2%CaCl₂、3%CaCl₂和4%CaCl₂处理在贮藏60d后,果实的CSP含量下降速度要比之前阶段快,4%CaCl₂处理的果实在贮藏90d后,CSP含量突然下降。

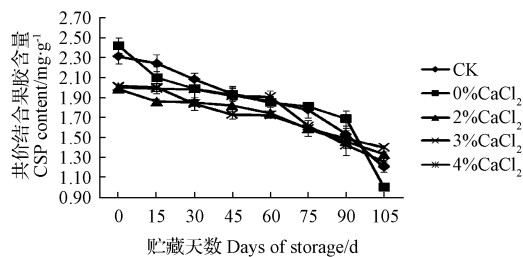


图3 不同钙浓度处理对苹果共价结合果胶(CSP)的影响

Fig. 3 Effect of various calcium concentrations dip treatment on CSP content

2.2.3 不同钙浓度处理对苹果离子型果胶(ISP)的影响

由图4可知,在整个贮藏阶段,对照和0%CaCl₂处理的果实ISP含量变化趋势是相同的,在0~15d,4%CaCl₂处理的果实ISP含量是呈上升趋势的,而其它处理果实的ISP含量是呈下降趋势的,在贮藏60d时,对照、0%CaCl₂和4%CaCl₂处理的果实ISP含量达到整个贮藏阶段的最低值,而在贮藏90d时,所有处理果实的ISP含量都突然增加,且对照、2%CaCl₂、3%CaCl₂和4%CaCl₂处理的果实ISP含量达到了最高值。

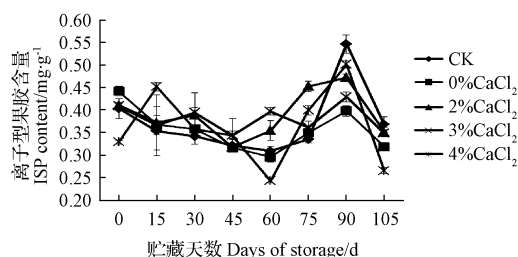


图4 不同钙浓度处理对苹果离子型果胶(ISP)的影响

Fig. 4 Effect of various calcium concentrations dip treatment on ISP content

2.3 不同钙浓度处理果实贮藏期间硬度和3种果胶含量的关系

通过表1苹果硬度与3种果胶相关性分析可以看出,在贮藏期间,各个处理果实硬度与果实的水溶性果

胶(WSP)含量呈极显著负相关,而与果实的共价结合果胶(CSP)含量呈极显著正相关,与果实的离子型果胶(ISP)含量无显著相关性。

表1 苹果硬度与果胶含量的相关性分析

Table 1 Correlation analysis of pectin content and fruit firmness

硬度 Firmness	水溶性果胶 WSP	离子型果胶 ISP	共价结合果胶 CSP
Control	-0.81 **	-0.06	0.85 **
0%CaCl ₂	-0.85 **	0.22	0.82 **
2%CaCl ₂	-0.91 **	-0.33	0.99 **
3%CaCl ₂	-0.94 **	0.35	0.90 **
4%CaCl ₂	-0.91 **	0.09	0.91 **

注: * 表示 $P < 0.05$; ** 表示 $P < 0.01$ 。

3 结论与讨论

采后贮藏,果实变软是最主要的问题,它影响果实的货架寿命,引起果实变软的因素有很多种,细胞壁结构和成分的改变是引起果实质地变化的主要原因^[18-19],而果胶物质是细胞壁的主要构成成分。该研究表明,随着贮藏时间的延长,伴随着果实硬度的下降、水溶性果胶(WSP)含量的增加和共价结合果胶(CSP)含量的降低,这与关军锋等^[1]对苹果的研究结果是一样的;同时李宏建等^[20]对“岳帅”苹果贮藏期的研究也发现,随着贮藏时间的延长,果实逐渐软化,水溶性果胶(WSP)含量逐渐增加。

外源钙处理可以维持细胞膜和细胞壁的结构与功能,同时降低果实的呼吸速率和乙烯的释放量,以保持果实较高的硬度,延缓果实的成熟软化^[21]。该研究表明,采后用不同浓度的氯化钙浸果,都能改善苹果果实硬度,延缓了果实水溶性果胶(WSP)含量的增加和共价结合果胶(CSP)含量的下降,有效保持了苹果果实的硬度,延长了苹果的货架寿命。4种处理中,2%CaCl₂处理的效果最好,能有效保持果实的硬度,在贮藏105d时,对照果实的硬度为7.1,而2%CaCl₂处理的果实硬度能保持在7.8左右,能有效保持所试苹果果实硬度,提高苹果的贮藏品质;这与Hussain等^[4]的研究结果相一致。采后浸钙处理的果实,多聚半乳糖醛酸酶的活性降低,非水溶性果胶物质的降解及水溶性果胶物质的上升速度变慢,从而有效地减缓了果实的软化速度^[22]。该研究还发现苹果果实的硬度与水溶性果胶(WSP)和共价结合果胶(CSP)有着密切的关系,随着贮藏时间的延长,果实软化,硬度下降,共价结合果胶(CSP)含量的下降趋势与水溶性果胶(WSP)含量上升趋势相符,可以推测在贮藏期间果实的共价结合果胶(CSP)向水溶性果胶转化^[1],但是其中的机理有待进一步研究。

参考文献

- [1] 关军锋,马智宏. 苹果果实软化与果胶含量、质膜透性和钙溶性的关系[J]. 果树学报, 2001, 18(1): 12-14.

- [2] Ferguson I B. Calcium in plant senescence and fruit ripening[J]. Plant Cell Environ, 1984, 7(6): 477-489.
- [3] White P J, Broadley M R. Calcium in plants[J]. Ann Bot, 2003, 92: 487-511.
- [4] Hussain P R, Meena R S, Dar M A, et al. Effect of post-harvest calcium chloride dip treatment and gamma irradiation on storage quality and shelf-life extension of Red delicious apple[J]. Journal of Food Science and Technology, 2012, 49(4): 415-426.
- [5] 李正国, 罗爱民, 刘勤晋. 钙处理对水蜜桃果实成熟的影响[J]. 食品科学, 2000, 21(7): 15-16.
- [6] Manganaris G A, Vasilakakis M, Diamantidis G, et al. Effect of calcium additives on physicochemical aspects of cell wall pectin and sensory attributes of canned peach (*Prunus persica* (L.) Batsch cv Andross)[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2005, 85(10): 1773-1778.
- [7] 吕双双, 李天来, 吴志刚, 等. 采前喷钙和采后浸钙对网纹甜瓜采后果实软化生理的影响[J]. 江苏农业学报, 2009, 25(2): 347-348.
- [8] 刘剑锋, 唐鹏, 彭抒昂. 采后浸钙对梨果实不同形态钙含量及生理生化变化的影响[J]. 华中农业大学学报, 2004, 23(5): 561-562.
- [9] 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): 237-239.
- [10] 肖家欣, 彭抒昂, 何华平, 等. 硝酸钙和 IAA 对温州蜜柑果实钙含量及其品质的影响[J]. 果树学报, 2005, 22(3): 212-214.
- [11] 杨晓宇, 马岩松, 杨华. 浸钙处理对甜樱桃贮藏生理的影响[J]. 食品工业科技, 2004, 25(7): 121-122.
- [12] Brummell D A, Dal Cin V, Crisosto C H, et al. Cell wall metabolism during maturation, ripening and senescence of peach fruit[J]. Journal of Experimental Botany, 2004, 55(405): 2029-2039.
- [13] Fishman M L, Levaj B, Gillespie D, et al. Changes in the physico-chemical properties of peach fruit pectin during on-tree ripening and storage[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1993, 118(3): 343-349.
- [14] 茅林春, 张上隆. 果胶酶和纤维素酶在桃果实成熟和贮藏中的作用[J]. 园艺学报, 2001, 28(2): 107-111.
- [15] 魏建梅. 苹果 (*Malus domestica* Borkh.) 果实质地品质发育及采后调控的生理和分子基础[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2009.
- [16] 韩雅珊. 食品化学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996.
- [17] Bitter T, Muir H M. A modified uronic acid carbazole reaction[J]. Analytical biochemistry, 1962, 4(4): 330-334.
- [18] Andrews P K, Li S L. Cell wall hydrolytic enzyme activity during development of nonclimacteric sweet cherry (*Prunus avium* L.) fruit[J]. Journal of Horticultural Science (United Kingdom), 1995, 70(4): 561-567.
- [19] Zhou H W, Sone G L, Ben A R. Analysis of cell wall components in juice of flavor top nectarines during normal ripening and woolliness[J]. J Amer Soc Hort Sci, 1999, 124(4): 424-429.
- [20] 李宏建, 徐贵轩, 宋哲, 等. 岳帅苹果贮藏期间果实软化生理变化研究[J]. 江苏农业科学, 2011(1): 316-317.
- [21] 李天来, 吕双双, 吴志刚, 等. 硝酸钙对网纹甜瓜果实软化及其相关生理因素的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2009, 40(4): 388-390.
- [22] 王贵禧, 韩雅珊, 于梁. 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): 22-24.

Effect of Various Calcium Concentrations Dip Treatment on Firmness and Pectin Content During Post-harvest of Apple

HE Fen-fen, LIU Cheng-lian, YUAN Yong-bing, WANG Yong-zhang, SHEN Jun-ling
(College of Horticulture, Qingdao Agricultural University, Qingdao, Shandong 266109)

Abstract: Taking 'Fuji' apple as material, the effect of 'Fuji' apples dipped in calcium chloride solution of various concentrations (2%, 3%, 4% w/v) on firmness and pectin content during storage was studied, in order to elucidate the suitable concentration of the post-harvest calcium dip treatment of 'Fuji' apple in the Laixi area. The results showed that the firmness and the covalently bound pectin (CSP) decreased and the water soluble pectin (WSP) increased with further advancement of storage. During the storage, the contents of the ionic bound pectin (ISP) had little change. The fruit firmness was significantly positively correlated with CSP contents and significantly negatively with WSP contents. However, the content of the ionic bound pectin (ISP) was not significantly correlated with the fruit firmness. Compared to the control, various calcium concentrations dip treatment could improve the firmness of apples during storage. It also could slow down the increase of WSP contents and the decrease of CSP contents. Of the three calcium chloride concentrations, the level of 2% (w/v) CaCl_2 was the best concentration. Post-harvest calcium treatment could slow down the increase of the WSP contents and the decrease of the CSP contents so as to delay the fruit softening and to extend the fruit shelf life.

Key words: apple; calcium; firmness; pectin