

冷激处理对冷藏香蕉果实内源多胺和乙烯的影响

邱佳容¹, 张良清¹, 陈纯^{1,2}, 王则金^{*1,2}

(1. 福建农林大学 食品科学学院, 福建 福州 350002; 2. 福建省农副产品保鲜技术开发基地, 福建 福州 350002)

摘要: 为了研究冷激处理对冷藏香蕉果实内源多胺和乙烯的影响及其与冷害的关系。将 3℃ 冷激处理 6 h 和未经冷激处理的香蕉同时置于 (8±0.5)℃ 下贮藏, 定期测定香蕉果实冷害指数、感官品质、内源多胺和乙烯的含量。结果表明: 腐胺与乙烯生成存在比较明显的正相关关系, 但随着乙烯生成的增加, 亚精胺和精胺含量会明显下降。与对照组相比, 3℃ 冷激处理 6 h 可明显降低香蕉果实的腐胺含量和乙烯释放量, 并延迟二者峰值的出现, 延缓亚精胺和精胺含量的下降, 同时降低香蕉果实的冷害指数, 维持果实较好的贮藏品质, 从而减轻香蕉果实冷害的发生。

关键词: 冷激处理; 香蕉; 内源多胺; 乙烯; 冷害

中图分类号: S 667.9; TS 225.4 文献标志码: A 文章编号: 1673—1689(2016)11—1189—06

Effects of Cold Shock Treatments on Polyamines and Ethylene of Cold-Stored Banana Fruit

QIU Jiarong¹, ZHANG Liangqing¹, CHEN Chun^{1,2}, WANG Zejin^{*1,2}

(1. College of Food Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China; 2. Agricultural Preservation Technology Development Base in Fujian Province, Fuzhou 350002, China)

Abstract: The effect of pre-storage cold shock treatment (CST) at 3℃ on polyamines (Put, Spd, Spm) and ethylene of cold-stored banana fruit was investigated, and its relationship with chilling injury was also studied. The chilling injury index, sensory quality and the contents of polyamines and ethylene in banana fruit were determined periodically for fruits treated with cold air at 3℃ for 6 h and the untreated control samples, all of which were stored at (8±0.5)℃. A positive correlation between Put and ethylene was observed. The contents of Spd and Spm decreased significantly with that of ethylene increased. The contents of Put and ethylene significantly decreased if pre-treated with CST at 3℃ for 6 h, comparing with the control group. The delay of the maximum values of Put and ethylene was also observed. CST treatment could efficiently slowdown the reduction of Spd and Spm, while inhibit the chilling injury of fruit. A better quality of banana fruit could be achieved under CST treatment with effective resistance of fruit chilling injury.

Keywords: cold shock treatment, banana fruit, polyamines, ethylene, chilling injury

收稿日期: 2015-02-16

基金项目: 科技部科技富民强县专项(国科发农[2013]514号)。

* 通信作者: 王则金(1957—), 男, 福建长汀人, 教授, 博士研究生导师, 主要从事农副产品贮藏与加工研究。

E-mail: wangzejin863@126.com

香蕉以其营养丰富、芳香味美而深受人们的喜爱^[1]。低温贮藏是我国目前应用最广泛且行之有效的果蔬贮藏方法,但香蕉对低温很敏感,在低温贮藏中极易受到冷害,导致果皮快速褐变,催熟后出现斑点,不能正常食用;温度较高时又易发生病害,从而降低香蕉的商品价值,制约香蕉产业的发展。

多胺与乙烯是植物体内广泛存在并具有重要生理作用的生长调节物质。多胺是生物体代谢过程中产生的具有生物活性的低相对分子质量脂肪族含氮碱,最常见的多胺主要包括精胺、亚精胺和腐胺^[2]。多胺是大多植物逆境生理反应的重要指标之一,温度胁迫会引起植物体内各种多胺之间的转变和含量改变^[3-5]。许多研究证明,冷害温度条件下,植物的抗冷性与内源多胺含量密切相关^[6-13]。一般来说低温贮藏可以有效地抑制果蔬采后内源乙烯的释放^[14],乙烯作为一种植物内源激素,具有促进成熟和加速衰老的作用,同时与逆境胁迫关系密切,而低温条件下乙烯释放量的增加是果蔬对冷害的一种生理反应^[15]。

多胺抑制乙烯合成已在多种植物中报道,这在油桃^[11]、猕猴桃^[16]和大麦^[17]等农产品中已得到证实。而在逆境胁迫下,植物体内的多胺含量与乙烯的产生速率会发生显著的变化并相互影响。因此,作者从香蕉果实内源多胺含量变化与乙烯释放量的关系入手,分析了冷激处理对香蕉果实内源多胺和乙烯的影响及其与冷害的关系,为进一步揭示香蕉冷害机理提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料与处理

供试的“坂仔”香蕉于2014年7月23日采自漳州地区一个管理良好的果园,采收成熟度为7~8成,在果园用纸箱包装后当天运回福建农林大学海西农产品中心实验室。选择端正、大小均匀一致、无机械损伤和病虫害的果实于 $(12\pm0.5)^{\circ}\text{C}$ 的冷库中预冷约48 h至中心温度降至 12°C 。将冷激组(经 3°C 冷激处理6 h)和对照组(不经冷激处理)的香蕉果实分别用0.05 mm打孔聚乙烯薄膜袋包装,扎口,置于 $(8\pm0.5)^{\circ}\text{C}$ 下贮藏30 d,定期取样测定相关指标。

1.2 主要仪器设备及试剂

LC-10A液相色谱仪:日本岛津公司产品; Agilent7890A气相色谱仪:美国安捷伦公司产品;

DJW-2000高精度全自动交流稳压电源:上海全为电器有限公司产品;SIGMA 2-16K型通用台式冷冻离心机:上海东工实业有限公司产品;多胺(腐胺、精胺、亚精胺)标样:购自美国sigma公司产品;高纯 H_2 (99.999%)、高纯 N_2 (99.999%)、纯空气:福州新航工业气体有限公司产品;AL-0.3 L铝箔复合膜气体采样袋:上海申源科学仪器有限公司产品。

1.3 测定指标和方法

1.3.1 冷害指数(CH)的测定 冷害程度根据香蕉表皮表现症状确定,分别从表面色泽、褐变程度进行评价,每次评价均通过3次重复取样观察而获得最终数值。冷害级别分为5级,见表1。

表1 香蕉果实冷害指数分级标准

Table 1 Grading standards of chilling injury of banana fruit

冷害级别	香蕉表皮症状描述
0级	果皮呈亮绿色,没有冷害症状;
1级	果皮变暗失去光泽,出现褐色小凹陷斑点,冷害面积占果皮总面积0~25%;
2级	果皮褐变,凹陷斑面积扩大,冷害面积占果皮总面积25%~50%;
3级	果皮变黑,凹陷斑面积扩大并呈水渍状,冷害面积占果皮总面积50%~75%;
4级	果皮大部分变黑,水渍状面积进一步扩大有连呈一片,冷害面积占果皮总面积75%~100%

1.3.2 感观品质的评定 根据果皮黑斑、腐烂、果肉风味、硬度评分。评定小组由10名具有相关专业知识的老师和学生组成,具体评分标准见表2,货架期要求感观指标高于或等于5分。感观指标评定以单果进行。

1.3.3 内源多胺含量的测定 取1.0 g香蕉果肉,加入5 mL预冷的5% HClO_4 溶液,冰浴匀浆后在冰浴中静置提取60 min,随后于 4°C 下15 000 g离心30 min,取上清液即为多胺待测液。取待测上清液1 mL,加入2 mol/L的NaOH溶液2 mL和15 μL 苯甲酰氯,漩涡振荡(混匀)10 s,室温下放置20 min。在混合液中加2 mL饱和NaOH溶液和2 mL乙醚混匀、萃取、离心(10 000 g,5 min)。之后取1 mL上清液,在超净台上将乙醚吹干,残余物溶于100 μL 甲醇,用于多胺含量测定。液相色谱的流动相为体积分数64%的色谱级甲醇,流量为0.5 mL/min,波长

254 nm,柱温 25 ℃。

表 2 香蕉果实感官品质的评定标准

Table 2 Assessment standards of sensory quality of banana fruit

评分值	香蕉感观表现
9 分	果皮颜色好(黄色),手感硬
7 分	好,有极少量小褐斑,褐斑面积占总面积 0~2%
5 分	较好,根据多个零售商认为易销售,有少量小褐斑,褐斑面积占总面积少 5%
3 分	不易销售,有成片褐斑,褐斑面积占总面积 10%以上
1 分	明显腐烂

1.3.4 乙烯释放速率的测定 称取香蕉果实 1 kg 左右于广口瓶内用橡胶塞塞紧,并放置在贮藏温度下密闭 3 h 后、吸取 0.4 mL 气体进气相色谱分析。气相色谱工作条件为:色谱柱 HP-PLOT/Q(毛细管柱)30 m×0.32 mm×20 μm,柱温 60 ℃,检测器温度 200 ℃,氢气流量 30 mL/min,空气流量 400 mL/min,氮气流量 25 mL/min。计算公式如下:

$$V_s = \frac{c \times V}{m \times t}$$

式中, V_s 为乙烯释放速率, $\mu\text{g}/(\text{kg} \cdot \text{h})$; c 为气相色谱测定的样品气体中乙烯含量, $\mu\text{L}/\text{L}$; V 为容器体积, L ; m 为香蕉质量, kg ; t 为释放时间, h 。

1.3.5 试验数据处理 样品指标均进行 3 次重复试验。采用计算机统计软件 DPS V3.01 数据处理系统(Data Processing System)对数据进行方差分析(ANOVA),各处理平均数间采用 Duncan 多重比较法进行差异显著性分析,差异显著水平为 $\alpha=0.05$,极显著水平为 $\alpha=0.01$ 。

2 结果与分析

2.1 冷激处理对香蕉果实冷害指数的影响

由图 1 可知,香蕉在 $(8 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 贮藏期间,对照组和冷激组的冷害指数在贮藏前期均未发生冷害;但随着贮藏时间的延长,对照组的香蕉果实在贮藏第 11 d 出现轻微冷害,在贮藏第 30 d 达到中度冷害,冷害指数为 37%;而冷激组的则在贮藏第 17 d 出现轻微冷害,在贮藏第 30 d 冷害指数仅为 18%,与对照组相比冷害指数明显降低;在贮藏后期,对照组和冷激组均随贮藏时间的延长冷害指数不断增加,但对照组的上升幅度和冷害指数均明显高于冷激组的。可见,冷激处理可以明显减轻香蕉果实

的冷害程度。

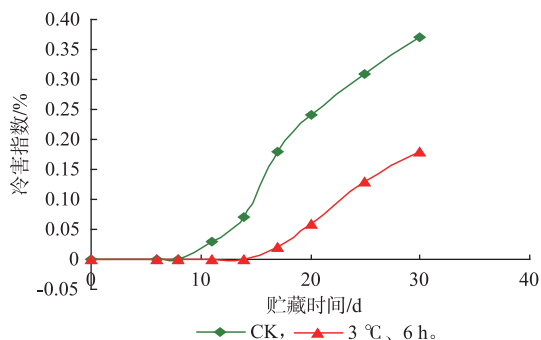


图 1 冷激处理对香蕉果实低温贮藏期冷害指数的影响

Fig. 1 Effects of cold shock treatment on chilling injury index of banana fruit stored at 8 °C

2.2 冷激处理对香蕉果实感官品质的影响

由表 3 可知,当香蕉果实经 $(8 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 贮藏 30 d 后于 $(20 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 下催熟,结果发现,对照组的香蕉果实虽能勉强后熟,但食用品质大大下降,果肉迅速软化,风味变淡,果皮出现较多的褐斑,商品价值受到较大的影响,在 $(12 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 下货架期仅有 1 d;而冷激组的香蕉果实能正常后熟,且保持果实的正常品质和风味,果皮有极少褐斑,但还保持了较高的商品价值,在 $(12 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 下货架期达到 3 d;可见。冷激处理在一定程度上可以减轻香蕉冷害,从而保证能够香蕉能够正常后熟以维持香蕉果实较好的感官品质。

表 3 冷激处理对香蕉果实感官品质的影响

Table 3 Effects of cold shock treatment on sensory quality of banana fruit

处理	感官评价/分	货架期/d
CK	4	1
3 °C, 6 h	7	3

2.3 冷激处理对香蕉果实腐胺含量的影响

由图 2 可知,香蕉在 $(8 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 贮藏期间,对照组和冷激组的腐胺含量均呈先上升后下降的趋势,但对照组的在整个贮藏过程中始终高于冷激组的。在贮藏前 8 d 对照组和冷激组的腐胺含量缓慢上升,之后迅速上升,其中,对照组香蕉果实腐胺含量在贮藏第 20 d 达到最大值 63.49 nmol/g,为初始值的 5.58 倍,之后缓慢下降;而冷激组的香蕉果实在贮藏第 24 d 达到最大值 49.65 nmol/g,随后逐渐下降。统计分析表明,对照组和冷激组的腐胺含量差异性达到极显著水平 ($P < 0.01$)。在贮藏前期,香蕉果

实腐胺含量的快速增加可能是因为低温胁迫造成了细胞膜的损伤和其他生化代谢的紊乱,从而使腐胺大量合成。有研究表明,腐胺累积是采后果蔬对冷害的普遍反应^[10]。但关于腐胺积累是冷害的促进剂或是冷害的产物,还是对冷害的一种防卫反应,目前尚存在争议。一些研究显示,腐胺过量积累可能对植物有害^[18]。作者实验结果表明,冷害低温促进香蕉果实腐胺的积累,而冷激处理能显著降低香蕉果实低温贮藏期间腐胺的积累。

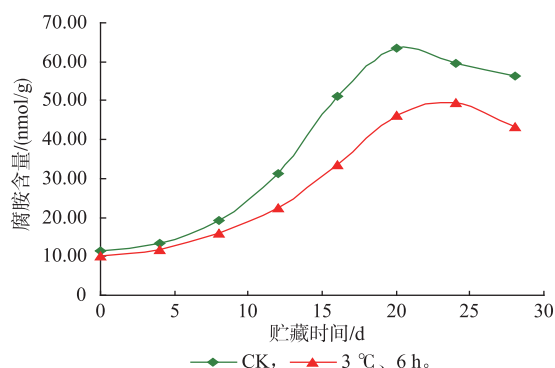


图2 冷激处理对香蕉果实低温贮藏期腐胺含量的影响
Fig. 2 Effects of cold shock treatment on Put content of banana fruit stored at 8 °C

2.4 冷激处理对香蕉果实亚精胺含量的影响

由图3可知,香蕉在 $(8\pm0.5)^{\circ}\text{C}$ 贮藏期间,对照组和冷激组的亚精胺含量均呈先上升后下降的趋势,但对照组的在整个贮藏期间始终低于冷激组的。对照组和冷激组在贮藏前期均缓慢上升,在贮藏第12 d达到最大值分别为43.65 nmol/g和52.16 nmol/g,冷激组为对照组的1.19倍,随后逐渐下降,在贮藏第16 d时冷激组香蕉果实亚精胺含量比对照高了30.2%。且在贮藏末期,对照组和冷激组的亚精胺含量与初始值相比分别下降了34.70%和22.27%。统计分析表明,对照组和冷激组的亚精胺含量达到极显著水平($P<0.01$)。与对照相比,冷激处理促进了香蕉果实贮藏前期内源亚精胺的上升和抑制其在贮藏后期的下降。

2.5 冷激处理对香蕉果实精胺含量的影响

由图4可知,香蕉在 $(8\pm0.5)^{\circ}\text{C}$ 贮藏期间,对照组和冷激组的精胺含量均呈缓慢下降的趋势,但冷激组的下降趋势明显缓于对照的,对照组在整个贮藏过程中下降了30.85%,而冷激组只下降了18.53%。在整个贮藏期间冷激组的香蕉果实精胺含

量始终高于对照的,在贮藏第28 d时冷激组的比对照组的高23.24%。统计分析表明,对照组和冷激组的精胺含量差异性达到极显著水平($P<0.01$)。与对照相比,说明冷激处理能有效的延缓低温贮藏下香蕉果实精胺含量的下降。

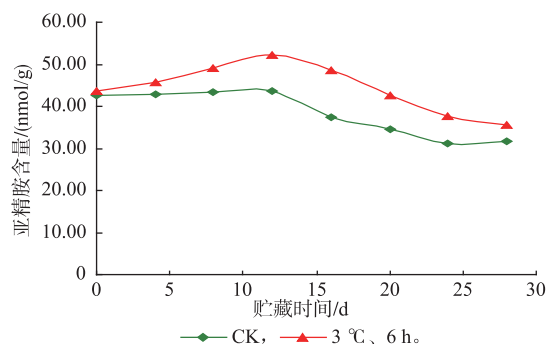


图3 冷激处理对香蕉果实低温贮藏期亚精胺含量的影响
Fig. 3 Effects of cold shock treatment on Spd content of banana fruit stored at 8 °C

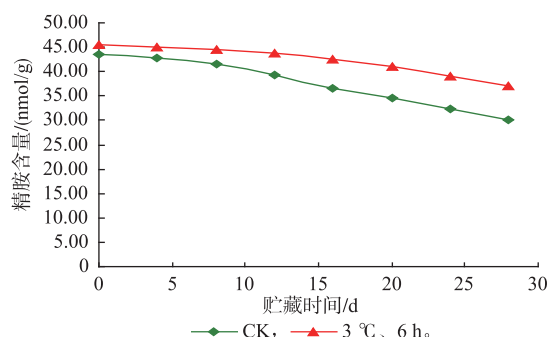


图4 冷激处理对香蕉果实低温贮藏期精胺含量的影响
Fig. 4 Effects of cold shock treatment on Spm content of banana fruit stored at 8 °C

2.6 冷激处理对香蕉果实乙烯释放速率的影响

由图5可知,香蕉在 $(8\pm0.5)^{\circ}\text{C}$ 贮藏期间,对照组和冷激组的乙烯释放速率均呈先上升后下降的趋势。香蕉在贮藏前期乙烯释放量很低,几乎为零,对照组和冷激组无明显差异;随后出现不同程度的上升和下降趋势,但对照组始终明显高于冷激组的。对照组从第8 d开始乙烯释放量急剧上升,在贮藏第20 d时达到高峰 $4.93 \mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{h})$,之后又迅速下降;而冷激组在贮藏第12 d后才开始显著上升,且上升幅度明显低于对照组的,在贮藏第24 d时达到高峰 $2.27 \mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{h})$,之后缓慢下降。这可能是由于随着冷害程度的加深,对照组的乙烯释放变化异常,冷害胁迫刺激香蕉果实内源乙烯的合成,当冷

害超过一定限度时,乙烯释放量将不再增加,反而会急剧下降;而冷激组因受到的冷害程度比较轻且在可逆转的范围之内,所以在贮藏后期保持平稳下降。可见,冷激处理明显延缓了乙烯高峰的到来和香蕉内源乙烯的释放速率。

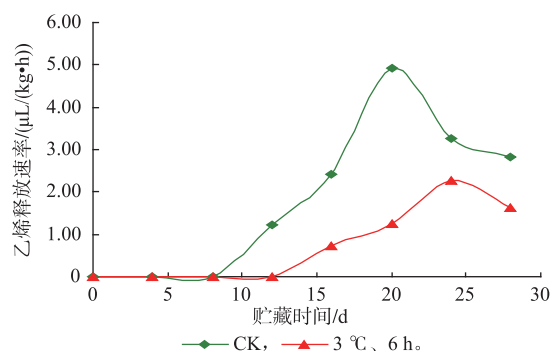


图5 冷激处理对香蕉果实低温贮藏期间乙烯释放速率的影响
Fig. 5 Effects of cold shock treatment on ethylene release rate of banana fruit stored at 8 °C

3 讨论

冷害指数是判断果实贮藏效果最直观,也是最主要的生理指标之一。而感官品质的评定是判断果实食用价值和商品价值最关键的手段。实验中,香蕉果实在 $(8\pm0.5)^{\circ}\text{C}$ 下贮藏,随着贮藏时间的延长香蕉果实的冷害指数不断增加,而感官品质不断下降;但与对照组相比,冷激组的变化幅度明显比较缓慢,且冷害程度也较轻并能维持较好的感官品质。

在逆境胁迫下,植物体内的多胺含量与乙烯释放量均会发生显著的变化并相互影响。本实验中,香蕉果实在 $(8\pm0.5)^{\circ}\text{C}$ 贮藏时,腐胺含量和乙烯释放量在贮藏前期大量积累,之后又出现迅速下降,同时伴随着冷害的发生,而冷激处理可抑制腐胺和乙

烯的积累以及果实冷害的发生。亚精胺和精胺含量整体呈逐渐下降趋势,并伴随着冷害的发生,从而导致果实品质下降;冷激处理可延缓内源亚精胺和精胺的下降,减轻冷害发生从而保持果实较高的感官品质,这表明亚精胺和精胺对提高果蔬抗冷性具有重要作用。

随着低温贮藏时间的延长,香蕉果实乙烯释放量和腐胺含量迅速上升,而亚精胺和精胺含量逐渐下降,这可能是由于乙烯与亚精胺和精胺生成之间共同竞争前体物质S-腺苷酸,随着乙烯释放量的增加,导致亚精胺和精胺含量的降低。虽然亚精胺在贮藏过程中呈先上升后降低趋势,但在贮藏后期下降幅度与精胺相比较为明显,说明乙烯与亚精胺、精胺之间存在拮抗作用,且与亚精胺之间的拮抗关系较为明显;而腐胺作为生成亚精胺和精胺的底物之一,所以亚精胺和精胺生成减少,必然导致腐胺含量上升;分析表明,腐胺含量与乙烯释放量之间呈显著正相关关系, $r=0.948$,即乙烯释放量较高时,香蕉果实腐胺含量也较高,反之亦然。

4 结语

香蕉果实在 $(8\pm0.5)^{\circ}\text{C}$ 下贮藏,会促进香蕉果实乙烯的释放,增加腐胺含量,使两者峰值提早出现,同时会使亚精胺和精胺含量下降,并伴随着冷害的发生,使果实感官品质下降。而 3°C 冷激处理6 h可明显降低香蕉果实的腐胺含量和乙烯释放量,并延迟两者峰值的出现,延缓亚精胺和精胺含量的下降,同时降低香蕉果实的冷害指数,维持果实较好的贮藏品质,从而减轻香蕉果实冷害的发生。研究表明,香蕉果实内源多胺和乙烯的生成与香蕉果实低温冷害密切相关。

参考文献:

- [1] 杨公明,王娟,程燕锋,等.香蕉粉的功能、加工现状及新技术[J].食品与生物技术学报,2007,26(5):121-126.
YANG Gongming, WANG Juan, CHENG Yanfeng, et al. Banana powder: functions current status and new technology on processing[J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2007, 26(5): 121-126. (in Chinese)
- [2] 马瑛,刘静.植物体中多胺代谢及其功能研究进展[J].陕西理工学院学报(自然科学版),2010,26(2):47-54.
MA Ying, LIU Jing. Progress in metabolism and functions of polyamines in plants [J]. *Journal of Shan xi University of Technology (Natural Science Edition)*, 2010, 26(2): 47-54. (in Chinese)
- [3] 陈淳,陈丽璇,柯合作,等.低温胁迫对建兰叶片内源多胺含量的影响[J].亚热带植物科学,2010,39(2):1-4.
CHEN Chun, CHEN Lixuan, KE Hezuo, et al. Changes of endogenous polyamines contents of leaves in cymbidium ensifolium var susin during low temperature stress[J]. *Subtropical Plant Science*, 2010, 39(2): 1-4. (in Chinese)

- [4] 范华,冯双庆,赵玉梅. 黄瓜、番茄冷害以及黄瓜温度预处理与多胺的相关性[J]. 中国农业大学学报,1996,1(1):108-112.
FAN HuA ,FENG Shuangqing,ZHAO Yumei. The correlation of polyamines with chilling injury of cucumber and tomato and the treatments for alleviating chilling injury[J]. **Journal of China Agricultural University**,1996,1(1):108-112. (in Chinese)
- [5] 李天来,郝敬虹,杜哲,等. 夜间温度对薄皮甜瓜果实膨大及多胺含量的影响[J]. 园艺学报,2009,36(3):421-426.
LI Tianlai,HAO Jinghong,DU Zhe,et al. Effects of night temperature on fruit expansion and polyamine content in melon[J]. **Acta Horticulturae Sinica**,2009,36(3):421-426. (in Chinese)
- [6] 胡位荣,刘顺枝,张昭其,等. 采后荔枝果实冷害过程中多胺含量的变化[J]. 广西植物,2006,26(4):370-374.
HU Weirong,LIU Shunzhi,ZHANG Zhaoqi,et al. Changes of polyamines contents during chilling injury of litchi fruit [J]. **Guihaia**,26(4):370-374. (in Chinese)
- [7] 蔡玉婷. MeJA 处理减轻枇杷采后冷害和病害的机理研究[D]. 南京农业大学,2012.
- [8] Gonzalez Aguilar G L,Gayosso L,Cruz R. Polyamine induced by hot water treatments reduce chilling injury and decay in pepper fruit[J]. **Postharvest Biology and Technology**,2000,18(1):19-26.
- [9] 罗自生,席均芳,楼健. 热处理减轻柿果冷害与内源多胺的关系[J]. 中国农业科学,2003,36(4):429-432.
LUO Zisheng,XI Yufang,LOU Jian. Relationships between heat treatment for alleviating chilling injury and endogenous polyamine of persimmon fruits[J]. **Scientia Agricultura Sinica**,2003,36(4):429-432. (in Chinese)
- [10] 郑永华,李三玉,席均芳,等. 多胺与枇杷果实冷害的关系[J]. 植物学报,2000,42(8):824-827.
ZHENG Yonghua,LI Sanyu,XI Yufang,et al. Polyamine changes and chilling injury in cold-stored loquat fruits [J]. **Acta Botanica Sinica**,2000,42(8):824-827. (in Chinese)
- [11] 高慧. 油桃果实冷害及冷害生理机制研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2007.
- [12] 乔勇进,冯双庆,李丽萍,等. 热处理对黄瓜贮藏冷害及内源多胺含量的影响[J]. 南京农业大学学报,2005,28(3):34-37.
QIAO Yongjin,FENG Shuangqing,LI Liping,et al. The effect of heat treatment on chilling injury and endogenous polyamine contents of cucumber[J]. **Journal of Nanjing Agricultural University**,2005,28(3):34-37. (in Chinese)
- [13] 韩涛,黄漫青,李丽萍,等. 多胺生物合成抑制剂结合热处理后番茄冷害、多胺含量的变化及其相关性分析[J]. 西北植物学报,2005,25(5):962-967.
HAN Tao,HUANG Manqing,LI Liping,et al. Changes of chilling injury index and polyamine content in stored tomatoes with polyamine biosynthetic inhibitors,heat treatments and their correlations[J]. **Journal of Northwest Plant**,2005,25(5):962-967. (in Chinese)
- [14] 冯叙桥,孙海娟,徐方旭,等. 1-OCp 作为乙烯效应抑制剂与 1-MCP 对芒果低温贮藏品质影响的比较研究[J]. 食品与生物技术学报,2013,32(5):460-468.
FENG Xuqiao,SUN Haijuan,XU Fangxu,et al. Effect of 1-Octylcyclopropene,as an Ethylene Action Inhibitor and Compared with 1-MCP,on Storage Quality of “Guifei” Mango Fruits in Cold Storage [J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**,2013,32(5):460-468. (in Chinese)
- [15] 王玉萍,饶景萍,李萌,等. 1-MCP 对‘徐香’猕猴桃冷藏期间冷害与果实品质的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2013,41(11):93-99.
WANG Yuping,AO Jingping,LI Meng,et al. Effects of 1-MCP on chilling injury and quality of ‘Xu Xiang’ kiwi fruit during cold storage[J]. **Journal of Northwest A&F University (Nat.Sci.Ed.)**,2013,41(11):93-99. (in Chinese)
- [16] 杨青珍. 猕猴桃果实采后冷害发生生理机制及调控作用[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2013.
- [17] LOCKE J M,BRYCE J H,MORRIS P C. Contrasting effects of ethylene perception and biosynthesis inhibitors on germ inaction and seedling growth of barley (*Hordeum vulgare* L.)[J]. **Experimental Botany**,2000,51(352):1843-1849.
- [18] WALDEN R,CORDEIRO A,TIBURCIO A F. Polyamines:small molecules triggering pathways in plant growth and development[J]. **Plant Physiol**,1997,113(4):1009-1013.