

冷激处理对香蕉果实后熟及抗冷性的影响

Effect of cold shock treatment on ripening and cold resistance of banana fruits

邱佳容

王则金

张良清

林震山

QIU Jia-rong WANG Ze-jin ZHANG Liang-qing LIN Zhen-shan

(福建农林大学食品科学学院, 福建 福州 350002)

(College of Food Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002, China)

摘要: 坂仔香蕉分别经 0℃ 冷风处理 2, 3, 4, 5 h, 3℃ 冷风处理 4, 6, 8, 10 h 后, 置于 (8±0.5)℃ 冷库中贮藏, 贮藏 30 d 后, 置于 (20±0.5)℃ 恒温箱中催熟, 观察其冷害症状和后熟情况, 并定期取样测定 3℃ 冷激处理 6 h 的香蕉果实 (8±0.5)℃ 贮藏期间抗冷性生理指标。结果表明: 与对照组相比, 3℃ 冷激处理 6 h 能显著降低冷害指数, 提高后熟品质且延长货架期。此外, 3℃ 冷激处理 6 h 还延缓了香蕉果皮细胞膜透性的上升, 降低了丙二醛含量, 提高了可溶性蛋白质和游离脯氨酸含量。试验证明: 3℃ 冷激处理 6 h 不仅可以有效保持香蕉果实的后熟品质、延长货架期, 而且还能显著提高香蕉果实在低温贮藏期间的抗冷性。

关键词: 冷激处理; 香蕉; 后熟; 抗冷性

Abstract: Banzai banana was treated by 0℃ cold shock 2, 3, 4, 5 h and 3℃ cold shock treatment 4, 6, 8, 10 h, stored at (8±0.5)℃ of 30 d, ripened at (20±0.5)℃ of the constant temperature box, and the chilling injury symptoms and postripeness were observed. And 3℃ cold shock treatment 6 h of banana fruits were regularly sampled and measured cold resistance physiological indexes during the period of (8±0.5)℃. The results showed that: compared with the control group, 3℃ cold shock 6h could significantly reduce the chilling injury index, improve the quality of after-ripening and prolong the shelf life. In addition, it delayed cell membrane permeability of bananas peel increased, reduced MDA content, improved soluble protein content and free proline content of banana fruits. In summary, 3℃ cold shock 6 h treatment not only could effectively maintain the ripening of quality and prolong the shelf life of bananas, but also could significantly improve the cold resistance of banana fruits.

Keywords: cold shock treatment; banana; ripening; cold resistance

冷藏是香蕉保藏的最佳方式, 但香蕉对低温十分敏感,

在 11℃ 以下贮藏就会发生冷害, 导致果实不能正常成熟, 造成果实品质劣变, 食用价值下降甚至完全丧失^[1]。传统的低温处理通常是采用冷害临界温度以上的低温对采后果蔬进行较长时间的驯化, 使之对低温产生一定程度的适应性。经前期预试验发现, 香蕉安全驯化温度为 12℃ 以上, 但在该温度下长时间处理, 香蕉易发生潜伏性病害从而不利于香蕉的贮运。

冷激处理是对采后果蔬进行不致发生冷害和冻害的短时低温处理, 以提高果蔬贮藏品质的物理保鲜方法。该法节能环保, 易于实现工业化生产, 应用前景广阔。据报道, 冷激处理不仅能有效提高香蕉^[2]、柑橘^[3]、木瓜^[4]、樱桃^[5]、琯溪蜜柚^[6]、圣女果^[7]、凤凰水蜜桃^[8]、木瓜^[9]等低温保鲜效果, 还能明显提高芒果^[10]、辣椒^[11]的抗冷性, 减少果蔬冷害的发生。但关于冷激处理对采后香蕉冷害的影响还不明确。

本研究拟采用远低于香蕉冷害临界温度的低温进行冷激处理, 筛选最佳的冷激条件, 并进一步分析冷激处理与香蕉抗冷性的关系, 为减轻香蕉低温贮运期间冷害的发生提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

香蕉: 坂仔, 2013 年 12 月 24 日采自漳州市平和县坂仔蕉园, 7~8 成熟, 用纸箱包装当天运回福建农林大学保险基地实验室;

考马斯亮蓝 G-250: 分析纯, 国药集团化学试剂有限公司。

1.1.2 主要仪器设备

电导率仪: ORION 3STAR 型, 上海希言科学仪器有限公司;

紫外可见分光光度计: UV-1800PC 型, 上海美谱达仪器有限公司;

通用台式冷冻离心机: SIGMA 2-16K 型, 上海东工实业有限公司。

基金项目: 科技部科技富民强县专项 (编号: 国科发农[2013]514 号)

作者简介: 邱佳容 (1988—), 女, 福建农林大学在读硕士研究生。

E-mail: 898739783@qq.com

通讯作者: 王则金

收稿日期: 2015-05-13

1.2 试验方法

1.2.1 冷激处理 挑选大小匀称、没有机械损伤及病虫害的果实于(12±0.5)℃的冷库中预冷约48 h至中心温度降至12℃。冷激处理共设两大组,第一组:0℃冷激处理2,3,4,5 h;第二组:3℃冷激处理4,6,8,10 h。将冷激处理和未冷激处理的香蕉果实用0.05 mm打孔聚乙烯薄膜袋包装,扎口,同时在(8±0.5)℃下贮藏。贮藏30 d后置于(20±0.5)℃恒温箱中催熟,观察冷害症状和后熟情况、测定冷害指数以及评定感官品质。通过对香蕉果实外观以及整体保鲜效果的综合评价,选择最合适的冷激处理条件。

以最适宜的冷激处理参数作为本试验的冷激处理条件,分析冷激处理对香蕉果实在(8±0.5)℃下贮藏期间抗冷性生理指标的影响,定期测定其细胞膜透性、丙二醛含量、可溶性蛋白质含量和游离脯氨酸含量。

1.2.2 指标测定方法

(1) 冷害指数(CII)的测定:冷害指数参照朱世江等^[12]的方法,稍作修改。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,详见表1,冷害指数按式(1)计算:

$$\text{冷害指数} = \frac{\sum \text{冷害级别} \times \text{该级别果数}}{4 \times \text{总果数}} \quad (1)$$

表1 香蕉果实冷害指数分级标准

Table 1 Banana fruits chilling injury index grading standards

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,水渍状面积扩大且连成一片,冷害面积占果皮总面积75%~100%

(2) 感官品质的评定:根据果皮黑斑、腐烂、果肉风味、硬度等进行评分。评估小组由10个相关专业的师生组成,具体评分标准见表2,货架期要求感官指标高于或等于5分。

表2 香蕉果实感官评定标准

Table 2 Banana fruits sensory evaluation criteria

评分值	香蕉感官表现
9分	果皮色泽金黄,手感硬实
7分	好,有极小部分小斑点,褐斑面积占总面积0~2%
5分	比较好,有少量小褐斑,但仍容易销售,褐斑面积占总面积5%以下
3分	不易销售,有大片褐斑,褐斑面积占总面积10%以上
1分	明显腐烂

(3) 细胞膜透性:参照文献^[13]。

(4) 丙二醛(MDA)含量的测定:称取2.0 g香蕉果肉,加入100 g/L TCA溶液5.0 mL,研磨成浆状后移入10 mL的离心管中,于4℃、10 000 r/min离心20 min,收集上清液。移取2.0 mL提取液,加入0.67% TBA 2.0 mL,将其充分混合后,放在沸水浴中加热20 min,冷却后再于4℃、10 000 r/min离心20 min,最后测吸光度值。

(5) 可溶性蛋白质含量:采用考马斯亮蓝染色法^[14]。

(6) 游离脯氨酸含量的测定:取2.0 g果肉于研钵中,加入30 g/L 磺基水杨酸溶液2.0 mL,研磨匀浆,移入试管中。将试管放在沸水浴中加热10 min。冷却至室温,于10 000 r/min离心15 min,得到上层提取液。吸取2.0 mL上清液到试管中,分别加入乙酸和酸性苯并戊三酮试剂,沸水加热30 min,冷却至室温后再加入甲苯,取上层澄清液进行吸光度值测定。

1.2.3 试验数据处理 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α=0.05,极显著水平为α=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

冷害指数是判断果实贮藏效果最直观,也是最主要的感官指标之一。由表3可知,未经冷激处理的香蕉在(8±0.5)℃下贮藏30 d后发生中度冷害,冷害指数为0.37;0℃冷激处理4 h和3℃冷激处理4,6 h在一定程度上可减轻冷害的发生,其中以3℃冷激处理6 h的效果最明显,贮藏30 d后仅发生轻微冷害,冷害指数为0.18,与对照组相比,明显降低了香蕉的冷害指数;而0℃冷激处理2,3,5 h和3℃冷激处理8,10 h则不同程度地加重了冷害的发生,其中3℃冷激处理8,10 h严重加深了香蕉的冷害,在贮藏第30天时冷害指数分别为0.54和0.63,与对照组相比存在显著性差异。

表3 冷激处理对香蕉果实冷害指数的影响[†]

Table 3 Effect of cold-shock treatment on chilling injury index of banana fruits

处理	冷害指数	处理	冷害指数
CK	0.37 ^a	3℃,4 h	0.34 ^a
0℃,2 h	0.38 ^a	3℃,6 h	0.18 ^b
0℃,3 h	0.41 ^a	3℃,8 h	0.54 ^c
0℃,4 h	0.32 ^a	3℃,10 h	0.63 ^c
0℃,5 h	0.46 ^a		

[†] 表中相同字母代表差异不显著(P<0.05)。

2.2 冷激处理对香蕉果实后熟品质的影响

由表4可知,当各处理的香蕉果实经(8±0.5)℃贮藏30 d于(20±0.5)℃下催熟后,3℃冷激处理6 h的香蕉果实能正常后熟,并且保持果实的正常品质和风味,果皮有极少褐斑,还保持了较高的商品价值,在(12±0.5)℃下货架期达

3 d;0 ℃冷激处理 2,3,4,5 h,3 ℃冷激处理 4 h 以及未经冷激处理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,商品价值受到较大影响,在(12±0.5) ℃下货架期仅 1 d;而 3 ℃冷激处理 8 h 和 10 h 的香蕉果实因在贮藏期间受到严重的冷害,不能正常后熟,出现明显的腐烂现象,完全失去商品价值。

表 4 冷激处理对香蕉果实感官品质的影响

Table 4 Effect of cold-shock treatment on sensory quality of banana fruits

处理	感官评价	货架期/d	处理	感官评价	货架期/d
CK	4	1	3 ℃,4 h	4	1
0 ℃,2 h	4	1	3 ℃,6 h	7	3
0 ℃,3 h	3	0	3 ℃,8 h	1	0
0 ℃,4 h	4	1	3 ℃,10 h	1	0
0 ℃,5 h	3	0			

2.3 冷激处理对香蕉果皮细胞膜透性的影响

细胞膜透性的变化可作为植物耐冷性的生理指标之一。由图 1 可知,随着香蕉在(8±0.5) ℃下贮藏时间的延长和冷害程度的加深,其果皮细胞膜透性逐渐升高,且对照组的香蕉果皮细胞膜透性明显高于 3 ℃冷激处理 6 h 的。在整个贮藏过程中,对照组的香蕉果皮细胞膜透性上升明显,而 3 ℃冷激处理 6 h 的细胞膜透性上升幅度较小,在贮藏第 28 天时细胞膜透性为 21.5%与对照的相比降低了 37%,存在极显著性差异(P<0.01)。说明 3 ℃冷激处理 6 h 可以明显地抑制香蕉果皮细胞膜透性的上升。

2.4 冷激处理对香蕉果肉中丙二醛含量的影响

由图 2 可知,香蕉在(8±0.5) ℃冷藏期间,随着贮藏时间的延长香蕉果肉丙二醛含量逐渐上升。其中,对照组的香蕉果肉丙二醛含量上升迅速,从开始贮藏时的 0.491 nmol/g 上升到贮藏末期的 1.23 nmol/g;而 3 ℃冷激处理 6 h 的香蕉果肉丙二醛含量增加缓慢,变化不明显,与对照组相比存在极显著性差异(P<0.01)。说明 3 ℃冷激处理 6 h 明显抑制了香蕉果肉丙二醛含量的上升。

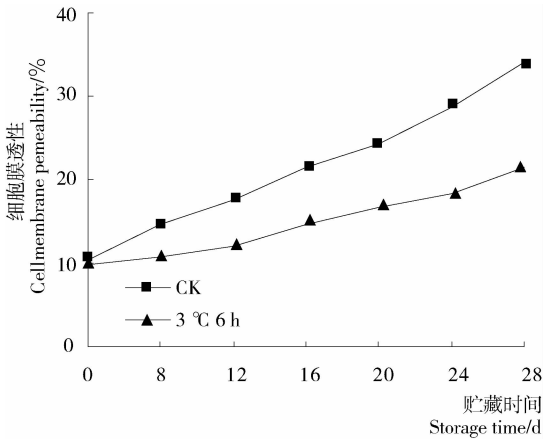


图 1 冷激处理对低温贮藏期间香蕉果皮细胞膜透性的影响
Figure 1 Effect of cold-shock treatment on cell membrane permeability of banana peel stored at 8 ℃

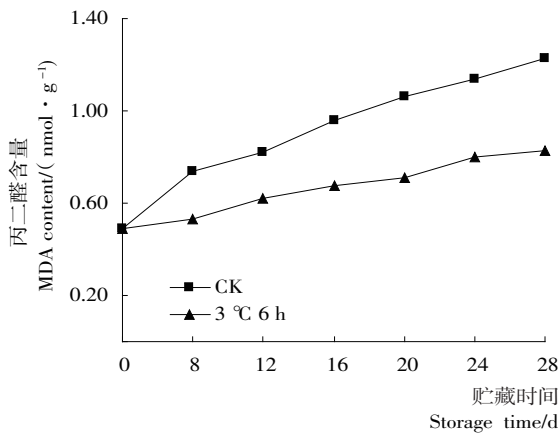


图 2 冷激处理对香蕉果实低温贮藏期间丙二醛含量的影响
Figure 2 Effect of cold-shock treatment on MDA content of banana fruits stored at 8 ℃

2.5 冷激处理对香蕉果肉可溶性蛋白质含量的影响

可溶性蛋白含量被作为植物抗逆性的重要指标之一。一般认为,植物体内可溶性蛋白质含量与其抗逆性呈正相关。由图 3 可知,香蕉在(8±0.5) ℃冷藏期间,香蕉果肉的可溶性蛋白质含量随着贮藏时间的延长而逐渐降低,且 3 ℃冷激处理 6 h 的香蕉果肉可溶性蛋白质含量明显高于对照组的。3 ℃冷激处理 6 h 的香蕉在贮藏前 15 d 果肉可溶性蛋白质含量始终维持在较高水平,几乎没有变化,之后到贮藏末期有较小幅度的降低,而对照组在低温贮藏期间果肉可溶性蛋白质含量迅速下降,从开始贮藏时的 2.83 mg/g 下降到贮藏末期的 0.93 mg/g。统计分析表明,3 ℃冷激处理 6 h 与对照组的香蕉果肉可溶性蛋白质含量差异达到极显著水平(P<0.01),说明 3 ℃冷激处理 6 h 能延缓香蕉果实可溶性蛋白质的降解。

2.6 冷激处理对香蕉果肉中游离脯氨酸含量的影响

果蔬的抗逆性与组织游离脯氨酸的积累有关,在一定程度上反映了果蔬组织对不良环境胁迫的抵抗能力。由图 4 可知,香蕉在(8±0.5) ℃冷藏期间,果肉游离脯氨酸含量随

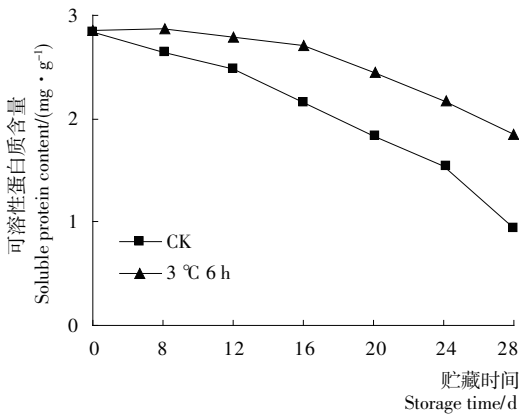


图 3 冷激处理对香蕉果实低温贮藏期间可溶性蛋白质含量的影响
Figure 3 Effect of cold-shock treatment on soluble protein content of banana fruits stored at 8 ℃

贮藏时间的延长呈上升趋势。在贮藏前 12 d, 3 ℃冷激处理 6 h 与对照组的香蕉果肉游离脯氨酸含量均维持在较低水平, 几乎没有变化, 且差异不显著, 可能是香蕉果实在(8±0.5) ℃下贮藏对低温胁迫作出的反应相对较迟, 所以在贮藏初期香蕉果肉游离脯氨酸维持正常条件下的状态; 但之后随着香蕉果实受低温胁迫程度的加深, 果肉游离脯氨酸含量也逐渐上升, 其中 3 ℃冷激处理 6 h 的香蕉果肉游离脯氨酸含量上升趋势明显高于对照组的, 贮藏 28 d 时, 3 ℃冷激处理 6 h 的游离脯氨酸含量为 664 μg/g, 比对照组的高 27%。统计分析表明, 3 ℃冷激处理 6 h 与对照组的香蕉果肉游离脯氨酸含量差异达到显著水平(P<0.05), 说明是 3 ℃冷激处理 6 h 可以促进香蕉果肉游离脯氨酸含量的累积, 从而提高香蕉果实抗冷性。

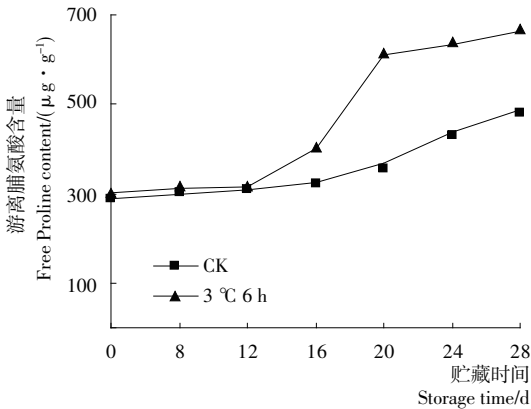


图 4 冷激处理对香蕉果实低温贮藏期间游离脯氨酸含量的影响

Figure 4 Effect of cold-shock treatment on Free proline content of banana fruits stored at 8 °C

3 结论

植物对逆境的胁迫是非常复杂的, 主要通过启动自身防御机能的启动系统, 如诱导冷激蛋白, 提高细胞膜的稳定性, 从而抑制冷害的发生^[15]。细胞膜透性是衡量果蔬冷害发生的一个重要指标, 冷害低温导致膜脂相变, 膜脂由液晶态变成凝胶态, 从而增大膜的透性; 而丙二醛作为膜脂氧化的主要代谢物, 一般可以作为衡量膜脂发生过氧化程度的指标。本试验中, 3 ℃冷激处理 6 h 显著降低了香蕉果实在(8±0.5) ℃下贮藏期间的冷害指数、果皮细胞膜透性和果肉丙二醛含量, 可能是冷激处理减轻香蕉贮藏冷害的一个重要标志。而低温条件下可溶性蛋白积累的重要意义是保护膜免受细胞脱水的伤害。本试验中, 在贮藏前期, 由于香蕉果实还未发生冷害, 蛋白质合成与降解达到一个平衡状态, 因此可溶性蛋白质含量几乎没有变化, 但随着冷害的出现和加深, 合成蛋白酶系统受到损害, 组织细胞中蛋白质降解速率大大超过了合成速率, 3 ℃冷激处理 6 h 和对照组均出现不同程度的下降趋势, 但 3 ℃冷激处理 6 h 的果肉可溶性蛋白质含量下降幅度明显低于对照组。说明 3 ℃冷激处理 6 h 可以明显抑制可溶性蛋白质的降解。此外, 3 ℃冷激处理 6 h 的香蕉果实, 在低温贮藏期间的游离脯氨酸含量明显高于对照组的, 说明是 3 ℃冷激处理 6 h 可以提高香蕉果实的

抗冷性。

适当的低温处理可以提高果蔬的抗冷性。本研究表明, 3 ℃冷激处理 6 h 可显著降低香蕉果实在(8±0.5) ℃下贮藏期间的冷害指数, 较好地维持后熟品质, 抑制丙二醛含量升高和果皮细胞膜透性增大, 提高了果实可溶性蛋白质含量和游离脯氨酸含量, 从而有效减轻冷害。可见, 3 ℃冷激处理 6 h 可以明显提高香蕉果实的抗冷性。而关于冷激处理减轻冷害的作用机理有待进一步研究, 为冷激处理的广泛应用提供可靠的理论基础。

参考文献

1 邵海燕, 陈杭君, 陈文炬, 等. 采收成熟度对冷藏水蜜桃果实品质和冷害的影响[J]. 中国农业科学, 2009, 42(2): 612~618.

2 段学武, 张昭其, 季作梁. 冷激处理对香蕉保鲜效果的影响[J]. 食品科学, 2002, 23(5): 138~141.

3 Graham H B, Angelique A W. Low-temperature cold shock may induce rind colour development of ‘Nules Clementine’ mandarin (Citrus reticulata Blanco) fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2006, 40(1): 82~88.

4 郑亚琴. 冷激处理时间对沂州木瓜贮藏品质的影响[J]. 食品科学, 2009, 30(24): 436~438.

5 朱丽霞, 魏东. 冷激处理对樱桃果实抗冷性和贮藏品质的影响[J]. 贵州农业科学, 2009, 37(11): 167~169.

6 郑艺梅, 张小希, 曾萍萍, 等. 冷激对琯溪蜜柚室温贮藏效果的影响[J]. 食品科学, 2010, 31(22): 496~499.

7 庞凌云, 詹丽娟, 李瑜, 等. 冷激处理对圣女果贮藏品质的影响[J]. 食品与机械, 2012, 28(4): 172~174.

8 王亦佳, 刚成诚, 陈奕兆, 等. 不同冷激处理对凤凰水蜜桃保鲜效果的研究[J]. 天津农业科学, 2012, 18(3): 33~38.

9 刁春英, 高秀瑞, 李婷, 等. 冷激结合壳聚糖涂膜处理对黄瓜低温保鲜的效果[J]. 食品工业科技, 2013, 34(12): 296~299.

10 Zhao Zhi-lei, Jiang Wei-bo, Cao Jian-kang, et al. Effect of cold-shock treatment on chilling injury in mango (Mangifera indica L. cv. ‘Wacheng’) fruit[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2006, 86(14): 2 458~2 462.

11 谷会, 弓德强, 朱世江, 等. 冷激处理对辣椒冷害及抗氧化防御体系的影响[J]. 中国农业科学, 2011, 44(12): 2 523~2 530.

12 朱世江, 季作梁. 热处理提高芒果抗冷性与内源 ABA 的关系[J]. 中国农业科学, 2002, 35(9): 1 150~1 153.

13 张昭其, 段学武, 庞学群, 等. 冷激对采后香蕉几个与耐抗性有关的生理指标的影响[J]. 植物生理学通讯, 2002, 38(4): 333~335.

14 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: 68~70.

15 李美如, 刘鸿先, 王以柔. 植物细胞中抗寒物质及其植物抗冷性的关系[J]. 植物生理学通讯, 1995, 31(5): 328~334.