

冷激处理对辣椒品质及其抗氧化防御系统的影响

谷 会¹, 张鲁斌¹, 朱世江^{2,*}, 谢江辉¹, 弓德强¹

(1. 中国热带农业科学院亚热带作物研究所, 海南省热带园艺产品采后生理与保鲜重点实验室, 广东 湛江 524091; 2. 华南农业大学园艺学院, 广东 广州 510642)

摘 要: 探讨 0℃冷激处理 4h 和 12h 对常温(22℃)贮藏辣椒品质与抗氧化防御体系的影响。结果表明: 0℃冷激处理 4h 的辣椒果实在常温贮藏 16d 后, 病情指数比对照降低了 20%, 叶绿素、VC 和可溶性蛋白含量分别比对照提高 66.7%、17.6% 和 11.3%, 可溶性糖含量升高受到抑制; 同时 0℃处理 4h 辣椒在贮藏期间果皮的细胞膜透性比对照降低了 20.9%, 超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)、过氧化氢酶(catalase, CAT)和过氧化物酶(peroxidase, POD)的活性高于对照。而冷激处理 12h 产生了与 4h 相反的效果。可见, 适宜时间的冷激处理可以减少辣椒采后病害发生, 推迟辣椒品质劣变, 从而延长辣椒在常温下的贮运时间, 这与提高辣椒自身抗病性, 延缓其成熟衰老有关。

关键词: 辣椒; 品质; 冷激处理; 常温贮藏

Effect of Cold Shock Treatment on Quality and Antioxidant Defense System of Hot Peppers

GU Hui¹, ZHANG Lu-bin¹, ZHU Shi-jiang^{2,*}, XIE Jiang-hui¹, GONG De-qiang¹

(1. Hainan Key Laboratory for Postharvest Physiology and Technology of Tropical Horticultural Products, South Subtropical Crops Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Zhanjiang 524091, China; 2. College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: The effect of cold shock treatment at 0 °C for 4 or 12 h on the quality and antioxidant defense system of hot peppers at room temperature (22 °C) was explored. The results showed that cold shock treatment at 0 °C for 4 h could result in a decrease of disease incidence in hot peppers by 20% after 16 days of storage at room temperature, and an increase of chlorophyll, vitamin C and soluble protein contents in pericarps by 66.7%, 17.6% and 11.3%, respectively, as well as the inhibition of soluble sugar when compared with the control group. Moreover, cell membrane permeability of pericarps revealed a reduction by 20.9% for the hot peppers treated with cold shock at 0 °C for 4 h. However, the activities of superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and peroxidase (POD) in the hot peppers treated with cold shock at 0 °C for 4 h were higher than those in the control group. On the other hand, cold shock treatment at 0 °C for 12 h exhibited an opposite effect in comparison with the cold shock treatment for 4 h. Therefore, the appropriate duration of cold shock treatment could reduce the disease occurrence of hot peppers after harvest, attenuate the deterioration of hot pepper quality and prolong the storage and transportation time of hot peppers at room temperature. These actions can be helpful for improving disease resistance and postponing the maturation and senescence of hot peppers.

Key words: hot pepper; quality; cold shock treatment; storage at room temperature

中图分类号: S641.3; TS205

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2011)18-0333-06

辣椒(*Capsicum annuum* L.)属茄科(Solanaceae), 茄亚族(Solaninac Dunal)辣椒属(*Capsicum*), 原产于墨西哥, 我国已有数百年栽培历史。辣椒有较高的食用价

值, 其 VC 含量为所有蔬菜之冠, 每 100g 鲜辣椒果实中 VC 含量约为 73~342mg, 还富含 VA、VB、VB₂、VPP 及丰富的矿质元素。辣椒是我国冬春季“南菜北

收稿日期: 2010-11-26

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(sscri201004); 海南省自然科学基金项目(809040)

作者简介: 谷会(1980—), 男, 助理研究员, 硕士, 主要从事果蔬采后生理与保鲜技术研究。E-mail: guhui0309@163.com

* 通信作者: 朱世江(1963—), 男, 教授, 博士, 主要从事果蔬采后生理及病理研究。E-mail: shijiangzhu@yahoo.com

运”的重要蔬菜产品,海南和广东雷州半岛是北运辣椒的主产区^[1-2],但该地区辣椒采后处理技术比较落后,辣椒采收后直接装车,在常温下进行长途运输,由于辣椒耐贮性较差,在常温下很快就成熟衰老,导致品质下降和腐烂损失。低温贮运是推迟成熟衰老,延长辣椒保鲜期的有效方法,但由于成本较高,在现阶段难以全面推广。因此,延长常温贮运条件下辣椒的采后寿命对减少辣椒的采后损失具有重要意义。Inaba等^[3]用0℃冰水短时处理冷害敏感型番茄果实,延迟了果实后熟,并将这种低温效应称为“冷激效应”。国内上世纪90年代后期才开始有在番茄^[4]、香蕉^[5]、柚^[6-7]、枇杷^[8]、黄桃^[9]进行冷激处理的研究,认为冷激处理有抑制果实呼吸,降低酶活性,延缓成熟衰老的效应。低温处理时间是冷激处理中最为关键的因素,适宜的处理时间能延缓果实成熟衰老,但时间过长反而会加速果实的后熟^[5]。有效延长贮藏寿命的冷激处理时间长短随果实种类、品种、大小不同而不同。辣椒不耐低温,冷激处理是否能延缓辣椒在常温贮运中衰老进程尚未见报道。本实验研究冷激处理对常温贮藏辣椒的保鲜效果及其生理机理,旨在为改进我国南方地区北运辣椒的贮运保鲜技术提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

本实验所用辣椒品种为牛角辣椒茂椒5号,于2010年4月采自廉江三角塘辣椒基地,采摘时选取充分膨大且均匀一致、果皮厚而坚硬、果面有光泽、无病无伤的绿熟辣椒,统一从果梗离层处采摘,立即运回实验室备用。

2,6-二氯酚靛酚(分析纯) 美国 Sigam-Aldrich 公司; 蒽酮(分析纯) 上海国药集团化学试剂有限公司; 考马斯亮蓝 G-250(分析纯) 美国 Amresco 公司。

1.2 仪器与设备

MIR-553 型低温恒温培养箱 日本 Sanyo 公司; DDS-11A 型电导仪 上海康仪仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 辣椒冷激处理

试验设3个处理,即将辣椒盛于塑料篮中,置于 MIR-553 型低温恒温培养箱(处理腔体积为0.5m³)中,用0℃冷风冷激处理0(对照)、4h和12h,处理后用厚度为0.03mm的聚乙烯保鲜袋包装塑料篮,扎口后置于22℃恒温培养箱贮藏,定期调查辣椒病情指数,并观测冷激处理后及贮藏期间的品质和相关生理指标变化。每处理用于取样和观测各30个果,重复3次。

1.3.2 辣椒病情指数调查

辣椒果实病害情况共分为6个等级^[10]:0级:无感病症状;1级:病梗长度小于5mm;2级:病梗长度大于5mm小于果梗总长的1/2;3级:病梗长度大于果梗总长的1/2或延及萼片;4级:感病果面小于果实总面积的1/5;5级:感病果面大于果实总面积的1/5。

病情指数/% = $\Sigma[(\text{病害果数} \times \text{病害级值}) \div \text{总果数} \times \text{最高病害级值}] \times 100$

1.3.3 果皮叶绿素含量测定

叶绿素含量的测定采用丙酮-乙醇-水混合液法^[11],将丙酮、无水乙醇和蒸馏水按4.5:4.5:1的比例配成混合浸提液备用。称取辣椒果皮1g,切成碎片,放入装有25mL混合浸提液的容量瓶中,密封后置于26℃恒温箱中避光保存12h,将浸提液倒入1cm比色皿中,用混合浸提液做空白调零,用分光光度计测定652nm处的吸光度,并计算叶绿素含量。

叶绿素质量浓度/(mg/mL) = $A_{652} \times 1000 \div 34.5$

叶绿素含量/(mg/g) = 叶绿素质量浓度 × 提取液体积 ÷ 样品鲜质量

式中:34.5为叶绿素在652nm处的等消光系数。

1.3.4 果皮VC含量测定

辣椒果皮VC含量测定采用2,6-二氯酚靛酚滴定法^[11]。将辣椒果皮冰浴研磨,称取0.5g装入离心管,用6mL提取介质(20mg/mL草酸溶液)浸提,混匀,在4℃、10000r/min离心10min,上清液用于测定VC。2,6-二氯酚靛酚用标准抗坏血酸溶液(1mg/mL)进行标定,取6mL浸提液到50mL的锥形瓶中,用已标定的2,6-二氯酚靛酚溶液滴定至粉红色15s不褪色为止,取6mL提取介质做空白实验。以mg/100g为单位计算VC的含量。

1.3.5 果皮可溶性糖含量测定

参考胡会刚等^[12]的方法,用蒽酮作显色试剂,用葡萄糖来制作标准曲线,得线性回归方程为: $y = 0.0079x + 0.0037$,相关系数 $R^2 = 0.999$,结果以mg/g表示。

1.3.6 果皮可溶性蛋白含量测定

采用考马斯亮蓝 G-250 染色法^[13]。将辣椒果皮冰浴研磨,称取1g装入离心管,加入5mL预冷的蒸馏水,于4℃、11000r/min离心15min,上清液用于可溶性蛋白含量的测定。用100μg/mL牛血清蛋白制作标准曲线,得线性回归方程为 $y = 0.0037x - 0.0053$,相关系数 $R^2 = 0.998$ 。取0.1mL上清液加入0.9mL蒸馏水和5mL考马斯亮蓝 G-250,混匀,放置2min后在595nm处测定吸光度,查标准曲线算出蛋白含量,蛋白含量以mg/g计算。

1.3.7 果皮细胞膜透性测定

细胞膜透性用相对电导率表示,相对电导率的测定参考张宪政等^[14]的方法。

1.3.8 果皮抗氧化相关酶活性的测定

酶液提取：将辣椒果皮冰浴研磨，称取 1g 装入离心管，加入 5mL 预冷的 0.05mol/L 磷酸缓冲液(pH7.8)，于 4℃、11000r/min 离心 15min，取上清液用于酶活性测定。过氧化物酶(POD)活性测定：参照朱广廉等^[14]的方法，稍有改动；过氧化氢酶(CAT)活性测定：参照曾韶西等^[15]的方法；超氧化物歧化酶(SOD)活性测定：采用 SOD 测定试剂盒，以每 1g 辣椒果皮在 1mL 反应液中 SOD 抑制率达 50% 时所对应的 SOD 量为 1 个 SOD 活力单位(U)，SOD 比活力以 U/g 计算，最佳取样量为 0.05mL。

1.4 数据分析

用 SPSS 17.0 软件对实验数据进行单因素方差分析，用 Origin 8.1 软件进行图表绘制。

2 结果与分析

2.1 冷激处理对辣椒品质变化的影响

2.1.1 冷激处理对辣椒采后病害发生的影响

表 1 冷激处理对辣椒病情指数的影响

Table 1 Effect of cold shock treatment on disease index of hot peppers

处理	不同贮藏时间的病情指数/%			
	4d	8d	12d	16d
0℃处理 4h	10.0 ^c	40.0 ^c	60.0 ^c	80.0 ^b
0℃处理 12h	18.2 ^a	70.0 ^a	95.0 ^a	100 ^a
CK(未冷激处理)	15.0 ^{ab}	55.0 ^{bc}	85.0 ^b	100 ^a

注：表中同一列数据后标有相同字母表示进行 Duncan's 检验时在 0.05 水平无显著性差异。

由表 1 可看出，0℃冷激处理 4h 的辣椒病情指数在整个贮藏期间显著低于对照，贮藏 16d 后比对照低 20%，冷激处理 12h 的病情指数在贮藏 8d 和 12d 明显高于对照，贮藏 16d 后病情指数为 100，和对照比无显著性差异。陈留勇等^[18]研究发现用 0℃冷激处理的黄桃果实，贮藏 30d 后，好果率仍达到 90%，对照仅为 63.3%。王小英等^[16]研究也发现 0℃冷激处理 3h 对金瓜有一定的防腐效果。说明 4h 冷激处理可显著减轻辣椒的病情指数，延长贮藏期，冷激处理 12h 反而提高了辣椒采后病害的发生，这可能是发生了冷害，辣椒抵抗力下降，从而导致病害蔓延。

2.1.2 冷激处理对辣椒果皮叶绿素和 VC 含量的影响

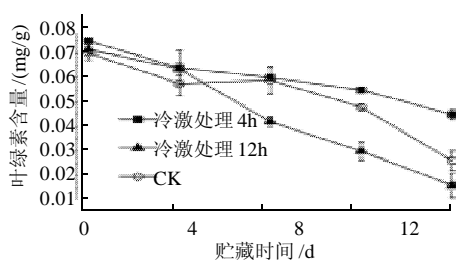


图 1 冷激处理对辣椒果皮叶绿素含量的影响

Fig.1 Effect of cold shock treatment on chlorophyll content in hot pepper pericarps

由图 1 可知，辣椒果实常温贮藏中叶绿素含量呈

下降趋势，和对照相比，4h 冷激处理在贮藏 8d 后明显的抑制了叶绿素含量的下降，贮藏第 8~16 天叶绿素从 0.06mg/g 下降到 0.05mg/g，下降了 16.7%，而对照下降了 50%，在整个贮藏期间，4h 冷激处理的辣椒叶绿素含量比对照提高 66.7%。12h 冷激处理在贮藏前 8d 和对照无显著性差异，而贮藏 8d 后叶绿素含量快速下降，从 0.04mg/g 下降到 0.02mg/g，下降了 50%，叶绿素含量明显低于对照($P < 0.05$)。说明 0℃冷激处理 4h 可以抑制辣椒贮藏后期叶绿素的降解，使其外观品质得到较好保持，而 12h 冷激处理促进了叶绿素降解，加速辣椒衰老。前人研究结果^[17]表明，0℃冷激处理 2.5h 可以推迟香蕉果皮褪绿^[5]，用 -18℃冷冲击处理青椒 10min 可以延缓其后熟转红，0℃冷激处理 1~3h 可以抑制番茄果实叶绿素降解^[18]，说明适宜的冷激处理温度和处理时间对果实叶绿素的抑制作用有一定的共性。

辣椒在所有蔬菜中 VC 含量最高，VC 不但是辣椒营养成分之一，同时也是清除活性氧的一种非酶促抗氧化剂，对延缓辣椒果实衰老有一定效果。因此，如何防止辣椒果实在贮藏期间 VC 降解显得尤为重要。本研究发现，辣椒果实在常温贮藏中 VC 含量呈下降趋势，4h 冷激处理的辣椒果实在贮藏期间 VC 含量从 111mg/100g 下降到 100mg/100g，下降了 9.9%，VC 含量比对照提高 17.6%，存在显著性差异($P < 0.05$)，而 12h 冷激处理的 VC 含量从 109mg/100g 下降到 85mg/100g，下降了 22%，与对照相比没有显著性差异($P < 0.05$) (图 2)，说明 0℃冷激处理 4h 可以明显抑制辣椒果实 VC 降解，这与前人用 0℃冷激处理草莓^[19]、木瓜^[20]和芒果^[21]可以减缓 VC 分解的研究结果类似。

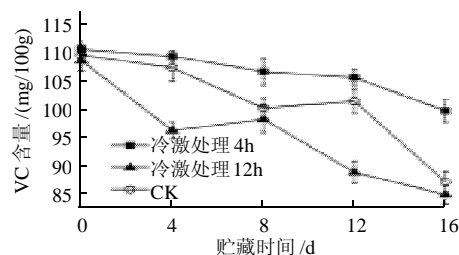


图 2 冷激处理对辣椒果皮 VC 含量的影响

Fig.2 Effect of cold shock treatment on vitamin C content in hot pepper pericarps

2.1.3 冷激处理对辣椒果皮可溶性糖和可溶性蛋白含量的影响

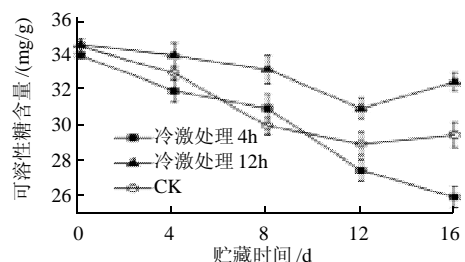


图 3 冷激处理对辣椒果皮可溶性糖含量的影响

Fig.3 Effect of cold shock treatment on soluble sugar content in hot pepper pericarps

由图3可知,辣椒在常温贮藏前期可溶性糖的消耗大于积累,其含量呈下降趋势,到后期可能由于辣椒中的淀粉、纤维素不断的转化成糖,可溶性糖的积累增加,其含量下降趋缓,甚至会出现升高。4h冷激处理在贮藏前期可溶性糖含量和对照没有显著性差异,从第12天开始,明显低于对照($P < 0.05$),而12h冷激处理可溶性糖含量始终大于对照,且后期有明显升高的趋势,到贮藏16d后可溶性糖含量为32.5mg/g,对照和4h冷激处理分别为29.5mg/g和26mg/g。说明4h冷激处理可以抑制辣椒在常温贮藏后期糖含量的升高,这和0℃冷激处理可以抑制香蕉在常温贮藏后期可溶性糖含量上升,从而延迟其后熟软化^[22]的研究结果类似。而经过12h冷激处理的辣椒,糖的积累则始终大于对照,可能由于冷害的发生加速了淀粉的转化,从而加速了辣椒的衰老。

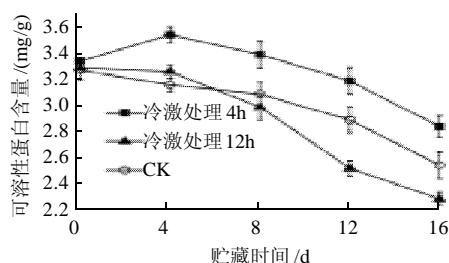


图4 冷激处理对辣椒果皮可溶性蛋白含量的影响

Fig.4 Effect of cold shock treatment on soluble protein content in hot pepper pericarps

辣椒在常温贮藏过程中可溶性蛋白含量呈下降趋势,如图4所示,对照的蛋白含量从开始3.28mg/g到贮藏16d下降到2.56mg/g,下降了21.9%。而4h冷激处理可抑制蛋白含量的下降,甚至在贮藏前期蛋白含量稍有增加,整个贮藏期间,蛋白含量从3.35mg/g下降到2.85mg/g,比对照提高了11.3%。12h冷激处理在贮藏前期和对照无明显差异($P < 0.05$),贮藏4d后大幅下降,可溶性蛋白含量从开始3.3mg/g到贮藏16d下降到2.3mg/g,下降了30.3%,明显低于对照。

2.2 冷激处理对辣椒抗氧化防御系统的影响

2.2.1 冷激处理对辣椒果皮细胞膜透性的影响

由图5可知,辣椒果实在常温(22℃)贮藏期间,随着贮藏时间的延长细胞膜透性逐渐升高,但不同冷激处理的果皮细胞膜透性升高的程度不同。0℃冷激处理4h的细胞膜透性在前8d与对照差别不大,贮藏12d以后显著低于对照($P < 0.05$),到第16天比对照低20.9%,说明4h冷激处理可以降低辣椒常温贮藏后期的细胞膜透性,从而延缓辣椒的成熟衰老。而12h冷激处理在的细胞膜透性在贮藏12d前明显高于对照,到第16天和对照

没有显著性差异($P < 0.05$),说明12h冷激处理对辣椒产生了冷害。

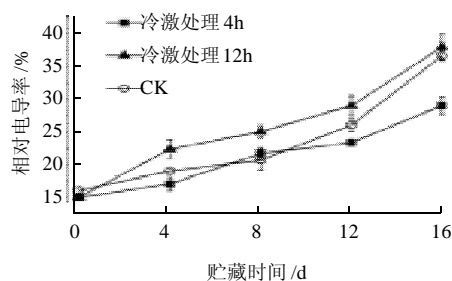


图5 冷激处理对辣椒果皮细胞膜透性的影响

Fig.5 Effect of cold shock treatment on cell membrane permeability of hot pepper pericarps

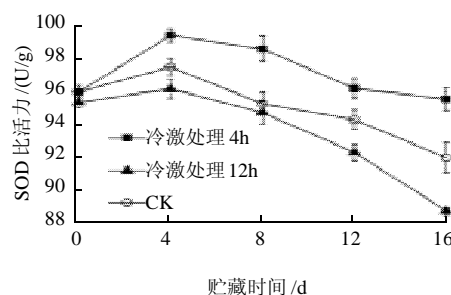


图6 冷激处理对超氧化物歧化酶活性的影响

Fig.6 Effect of cold shock treatment on SOD activity in hot pepper pericarps

2.2.2 冷激处理对辣椒果皮超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)活性的影响

辣椒果皮细胞内可以清除活性氧自由基的主要抗氧化酶有SOD、CAT和POD,在常温贮藏期间辣椒果皮SOD、CAT活性的变化规律相似,POD活性的变化较复杂。由图6可知,对照的SOD活性呈先上升后下降趋势,在第4天达到峰值,4h冷激处理也是在第4天达到峰值,但在整个贮藏间SOD活性明显高于对照($P < 0.05$),12h冷激处理的SOD活性在贮藏后期明显低于对照。由图7可知,辣椒在常温贮藏期间CAT活性也是呈先上升后下降趋势,对照在第4天达到峰值109.0U/g,4h冷激处理在第8天达到峰值122.9U/g,且在整个贮藏间4h冷激处理的CAT活性只下降了2.3%,明显高于对照的36.1%,12h冷激处理的CAT活性从贮藏8d起明显低于对照。由图8可知,辣椒在常温贮藏期间POD活性呈上升趋势,对照的POD活性从开始148U/g上升到第16天为190U/g,而4h冷激处理的POD活性呈先上升后下降趋势,在贮藏第8天达到峰值184U/g后下降,到第16天的POD活性降为168U/g,明显低于对照($P < 0.05$),12h冷激处理的辣椒POD活性波动较大。

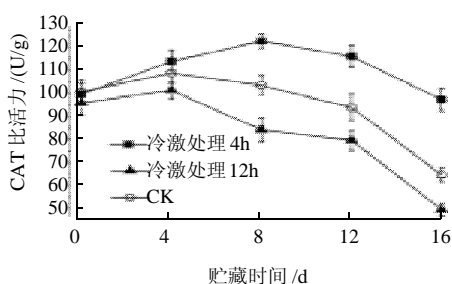


图7 冷激处理对过氧化氢酶活性的影响

Fig. 7 Effect of cold shock treatment on CAT activity in hot pepper pericarps

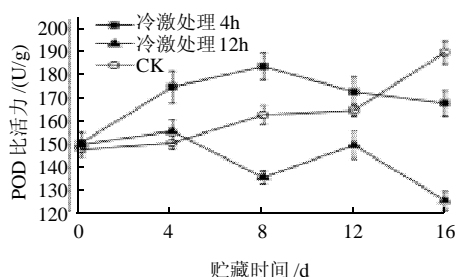


图8 冷激处理对过氧化物酶活性的影响

Fig. 8 Effect of cold shock treatment on POD activity in hot pepper pericarps

3 讨论

辣椒在常温贮藏期间发病严重, 容易变红, 影响其外观品质和商品价值, 0℃冷激处理4h可以减少辣椒采后病害的发生, 抑制其贮藏后期叶绿素的降解, 使其外观品质得到了较好保持; 0℃冷激处理可以抑制辣椒果实VC的降解, 在保持辣椒的食用品质的同时还提高辣椒果实内活性氧清除能力, 延缓辣椒衰老; 0℃冷激处理还可以抑制辣椒在常温贮藏期间可溶性蛋白含量的下降和贮藏后期糖含量的升高, 保持了辣椒的品质。

冷激处理对辣椒采后病害的抑制作用和提高其自身的抗病性有关, 冷激处理可能通过诱导辣椒果实病程相关酶蛋白的表达和酶活性, 从而抑制了病原菌生长。诱导抗性也是果蔬采后病害防治的一种途径, 植物在遭到病原物或非病原物诱导时, 常常通过木质素、胼胝体和羟脯氨酸糖的沉积、植物抗菌素的积累、蛋白质酶抑制剂和溶菌酶的合成来增强细胞壁的抗性, 这些过程涉及苯丙氨酸解氨酶(PAL)、过氧化酶(POD)与多酚氧化酶(PPO)等酶的活性^[23]。本实验研究发现0℃冷激处理4h可以诱导辣椒在常温贮藏中的抗病性, 降低采后病害的发生, 这可能与处理后提高贮藏前期POD活性, 从而提高其抗病性有关, 关于冷激处理是否可以提高PAL和PPO的活性而提高辣椒的抗病性有待进一步研究。

可溶性蛋白质具有多种功能, 主要功能是作为酶、酶抑制剂、识别蛋白、调节蛋白、运输蛋白等, 蛋白

质含量高, 相应各种功能蛋白多, 抵抗逆境能力强, 延缓植物的衰老。蛋白质含量下降是植物衰老的反映^[24]。研究表明^[25], 低温胁迫对植物体内可溶性蛋白的含量存在两方面的作用: 一方面, 低温胁迫会诱导植物体内生成一些其他的可溶性蛋白, 如冷响应蛋白, 植物体内可溶性蛋白含量增加; 另一方面, 低温胁迫下植物细胞产生自溶水解酶加速了蛋白质的分解, 植物体内可溶性蛋白含量减少。从本实验的研究结果可看出, 4h冷激处理可以抑制辣椒果皮可溶性蛋白含量的下降, 甚至在贮藏前期蛋白含量有升高的趋势, 一方面和冷激诱导新蛋白的合成有关, 另一方面冷激抑制了可溶性蛋白的分解^[26]。而12h冷激处理因冷害的影响, 一方面加速了可溶性蛋白的分解, 另一方面由于受到冷害后合成蛋白质的酶系统受到损害, 合成蛋白质的能力下降, 最终导致可溶性蛋白含量大幅下降, 加速了辣椒的衰老。

自由基衰老学说认为衰老过程即活性氧代谢失调而逐步累积的过程, 在正常条件下, 细胞内活性氧的产生和清除处于平衡状态, 在植物衰老期间, SOD、CAT活性下降, 氧吸取量增加, 有利于形成更多的 $O_2^{\cdot-}$ 、 H_2O_2 、 $\cdot OH$ 等活性氧, 从而加强了细胞膜脂过氧化, 细胞膜透性增加, 可见自由基是引起果蔬衰老的重要因素^[27], 细胞膜透性增加也可以作为果蔬衰老的指标^[8], 消除自由基的影响可以降低细胞膜透性, 延缓果蔬的衰老。本实验研究发现, 辣椒果实常温贮藏期间SOD和CAT活性呈先上升后下降趋势, 随着清除自由基的能力的减弱辣椒果实加快衰老, 而4h冷激处理可以明显抑制SOD和CAT活性的下降, 提高清除自由基的能力, 降低辣椒贮藏后期的细胞膜透性, 保持辣椒品质, 延长辣椒的贮藏期, 这和Zhang等^[28]用0℃冷激处理花椰菜1h可以提高其在20℃贮藏中SOD和CAT活性的研究结果相似。12h冷激处理则由于冷害的发生, 加快了SOD和CAT活性的下降。伴随果实的成熟衰老, 活性氧逐步累积, SOD和CAT活性均有升高或高峰出现, SOD和CAT活性升高可视为果实开始衰老的指标^[29]。加速成熟衰老进程的措施使SOD和CAT活性高峰提前出现, 峰值增大, 而延缓成熟衰老进程的措施则使高峰推迟出现, 峰值减小。本实验结果表明, 辣椒果实SOD和CAT活性在贮藏前期均有峰值出现, 说明活性氧的累积促使SOD活性在辣椒贮藏前期升高, H_2O_2 是SOD酶促反应的产物, H_2O_2 含量的升高又促使CAT活性的升高, 而4h冷激处理可以提高SOD活性的峰值, 推迟CAT活性峰值的出现, 延缓了辣椒的成熟衰老和品质劣变。

POD作为一种抗氧化防御酶其作用机制较复杂, 可能存在两种机制^[30], 一种机制是在遇逆境或衰老初期表达, 清除细胞内活性氧, 表现为保护效应; 另一种是

在逆境后期或衰老后期被启动,表现为伤害效应,由POD催化产生各类自由基产物,造成膜脂过氧化,因此降低果实的耐贮性。本实验研究发现,辣椒在常温贮藏期间,POD活性前期缓慢升高,后期快速升高,4h冷激处理在贮藏前期促进了POD活性的升高,提高了清除活性氧的能力,后期POD活性甚至呈下降趋势,有效地减轻了由于贮藏后期POD快速升高带来的伤害效应,从而延缓了辣椒果实的成熟衰老和品质劣变;而12h冷激处理的POD活性在整个贮藏期间波动较大,没有明显的变化规律,这可能是由于辣椒果实受到冷害后POD代谢紊乱引起,也可能有其他原因有待进一步研究。

由此可以见,适宜时间的冷激处理可以减少辣椒在常温贮藏中病害的发生,推迟辣椒品质劣变,延长贮藏保鲜期,在我国辣椒贮藏保鲜产业尤其是冬春季节“南椒北运”方面有很高的应用价值。另外从成本和环保方面考虑,冷激处理方法简便,相对冷链贮运而言,既节省电能,又无需建立冷链系统大规模的投入;相对化学防腐保鲜剂而言,冷激处理无污染、又无公害,具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 李颖,王恒明,徐小万,等.粤西地区北运辣椒产业现状分析及发展举措[J].辣椒杂志,2009,(1): 8-9.
- [2] 云天海,肖日新.海南辣椒产业现状、问题及发展对策探讨[J].长江蔬菜,2007(4): 59-61.
- [3] INABA M, PHILIP G C. Cold-shock treatment of mature green tomatoes delay color development and increase shelf-life during room temperature storage[J]. Proceedings of the Florida State Horticultural Society, 1986, 99: 143-145.
- [4] 张渭,赖健.骤冷处理对番茄的贮藏保鲜研究[J].食品科学,1996,17(6): 32-35.
- [5] 段学武,张昭其,季作梁,等.冷激处理对香蕉保鲜效果的影响[J].食品科学,2002,23(5): 138-141.
- [6] 文泽富,黄国泽.冷激对柚果实酶活性变化及膜脂过氧化的影响[J].果树科学,1999,16(2): 159-161.
- [7] 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.
- [8] 许莹,徐淳,庞杰,等.冷激对枇杷多聚糖醛酸酶(PG)的影响[J].江苏农业学报,2001,17(2): 127-128.
- [9] 陈留勇,孔秋莲,孟宪军,等.冷激处理对黄桃保鲜效果的影响[J].食品工业科技,2003,24(11): 67-69.
- [10] 谷会,弓德强,朱世江,等.冷激处理对辣椒的冷害及抗氧化防御体系的影响[J].中国农业科学,2011,44(12): 2523-2530.
- [11] 张宪政,陈凤玉,王荣富.植物生理学实验技术[M].沈阳:辽宁科学技术出版社,1994: 66-69.
- [12] 胡会刚,莫亿伟,谢江辉,等.水杨酸提高香蕉采后果实抗氧化能力和保鲜效果研究[J].食品科学,2009,30(2): 254-259.
- [13] 张志良.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2000: 159-160.
- [14] 朱广廉,钟海文,张爱琴.植物生理学实验[M].北京:北京大学出版社,1990: 38-40.
- [15] 曾韶西,王以柔,刘鸿先.低温光照下与黄瓜子叶叶绿素降低有关的酶促反应[J].植物生理学报,1991,17(2): 171-182.
- [16] 王小英,谢苜蓿,杨晓波.金瓜贮藏保鲜研究初探[J].保鲜与加工,2003,19(6): 26-27.
- [17] 唐文,吴颖,刘玉仙.骤冷处理对青椒采后生理以及品质的影响[J].食品工业科技,2010,31(5): 321-323.
- [18] 邵志鹏,应铁进,王阳光.番茄果实采后冷激处理的生理研究[J].南京农业大学学报,2002,25(2): 97-100.
- [19] 魏明,赵博.不同强度的冷激处理对草莓保鲜效果的研究[J].食品科学,2008,29(2): 415-418.
- [20] 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.
- [21] 赵志磊,顾玉红,赵玉梅,等.冷激处理对芒果贮藏冷害及相关酶的影响[J].河北农业大学学报,2007,30(4): 27-30.
- [22] ZHANG Haiyan, YANG Shaoyu, JOYCE D C, et al. Physiology and quality response of harvested banana fruit to cold shock[J]. Postharvest Biology and Technology, 2010, 55(3): 154-159.
- [23] 范青.果实采后病害生物防治及其机理研究[D].北京:中国科学院植物研究所,2001.
- [24] 周毅,尤忠胜,俞越汉,等.化学药剂对唐菖蒲切花衰老的影响[J].园艺学报,1994,21(2): 189-192.
- [25] 高媛,齐晓花,杨景华,等.高等植物对低温胁迫的响应研究[J].北方园艺,2007(10): 58-61.
- [26] 张昭其,段学武,庞学群,等.冷激对采后香蕉几个与耐热性有关的生理指标的影响[J].植物生理学通讯,2002,38(4): 333-335.
- [27] PARRISH D J, LEOPOLD A C. On the mechanism of aging in soybean seeds[J]. Plant Physiol, 1978, 61(3): 365-368.
- [28] ZHANG Zi, NAKANO K, MAEZAWA S. Comparison of the antioxidant enzymes of broccoli after cold or heat shock treatment at different storage temperatures[J]. Postharvest Biology and Technology, 2009, 54(2): 101-105.
- [29] RASORI A, BERTOLASI B, FURINI A, et al. Functional analysis of peach ACC oxidase promoters in transgenic tomato and in ripening peach fruit[J]. Plant Science, 2003, 165(3): 523-530.
- [30] MARIN M A, CANO M P. Patterns of peroxidase in ripening mango fruits[J]. J Food Sci, 1992, 57(3): 690-692.