

# 热激处理对青椒的保鲜效果研究

范林林, 毛宇豪, 夏春丽, 吕佳煜, 左进华, 高丽朴, 王清\* (北京市农林科学院蔬菜研究中心, 果蔬农产品保鲜与加工北京市重点实验室, 农业部华北地区园艺作物生物学与种质创制重点实验室, 农业部都市农业(北方)重点实验室, 北京 100097)

**摘要** [目的]研究热处理对青椒贮藏品质的影响,为青椒采后贮藏保鲜提供参考。[方法]以青椒为试材,将其分别放入40、45、50℃的热水中浸泡2 min后沥干,用0.04 mm厚度的PE保鲜袋包装后置于25℃冷库中贮藏,每3 d测定与成熟衰老相关的生理生化指标。[结果]45℃热激处理能够维持青椒较高的感官评分和硬度,可有效防止青椒果实水分和可溶性固形物、维生素C、叶绿素等营养物质的流失,提高过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)酶活性,抑制多酚氧化酶(PPO)酶活性。[结论]45℃热激处理可较好地延长青椒的货架寿命,对其保鲜效果最佳。

**关键词** 青椒;热激处理;衰老;叶绿素

**中图分类号** S609+.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)19-076-04

## Effects of Heat Shock Treatment on Storage of Green Pepper

FAN Lin-lin, MAO Yu-hao, XIA Chun-li, WANG Qing\* et al (Beijing Vegetable Research Center, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences; Beijing Key Laboratory of Fruits and Vegetable Storage and Processing; Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Horticultural Crops (North China), Ministry of Agriculture; Key Laboratory of Urban Agriculture (North), Ministry of Agriculture, Beijing 100097)

**Abstract** [Objective] To determine the effects of heat shock treatment on quality and storage of green pepper. [Method] After soaking in 40, 45, and 50℃ hot-water solution for 2 min and naturally drying, green peppers were packed by 0.04 mm thick PE film fresh protection package and stored at 25℃. Indicators related to maturity and aging were measured every 3 days during the storage. [Result] The results showed that heat shock treatment at 45℃ could maintain the sensory properties and hardness of green pepper, and reduced the decrease in moisture and the content of total soluble solids (TSS), chlorophyll, and vitamin C, and increased the activity of antioxidant enzymes, including catalase (CAT) and peroxidase (POD), and inhibited polyphenol oxidase (PPO) activity. [Conclusion] The heat shock treatment at 45℃ can extend shelf life of green paper and optimize its fresh protection effect.

**Key words** Green pepper; Heat shock treatment; Aging; Chlorophyll

青椒的果肉厚而脆嫩,产量大,在茄科蔬菜中仅次于番茄,营养丰富,其维生素C含量在蔬菜中高居首位,且所含的辣椒素具有助消化和预防癌症的功效,为大众所喜爱的蔬菜之一。然而,青椒的生产季节性很强,并且含水量也较高,因此易腐烂变质,造成货架期短,生产旺季腐烂损耗严重等现象,但淡季供应数量少,难以满足人们的需求。因此,青椒的贮藏保鲜问题,一直是保鲜领域攻关的一项难题<sup>[1-4]</sup>。

针对以上问题,近年来许多学者对青椒贮藏条件和技术进行了大量的研究和探讨,例如采用保鲜剂处理<sup>[5-6]</sup>、涂膜处理<sup>[7]</sup>等,然而,随着人们生活水平的提高,化学保鲜剂已经不符合人们对健康的要求,且长期使用容易造成环境污染。热激处理是一种简单、安全、经济的采后物理保鲜技术,不仅可以保持果蔬品质,抑制贮藏病虫害的发生,减轻冷害,延长货架期,而且被处理的产品无污染、无化学残留,符合绿色食品的要求,在果蔬贮藏中具有较好的应用前景。

## 1 材料与方 法

**1.1 材料** 青椒,品种为丰甜王,产地:北京顺义;100 cm × 100 型0.03 mm厚度PE保鲜膜,北京科创汇达生物科技有限公司。

主要仪器设备:电子秤,北京华瑞京科商贸中心;手持糖

度计(DIGITAL REFRACTOMETER PR-100),日本制造;UV-1800紫外分光光度计,上海精密科学仪器有限公司;TGL-16G-A高速冷冻离心机,广州晟龙实验仪器有限公司;HH-6型数显恒温水浴锅,国华电器有限公司。

**1.2 方法** 第一次试验挑选无机机械伤、无病虫害、色泽均一、大小一致的青椒,随机分为6组,然后将青椒分别在40、45、50℃的热水中浸泡2 min,在常温下沥干之后装入0.04 mm PE保鲜袋中,每袋装约10个青椒,置于25℃冷库中贮藏,对照除用蒸馏水浸泡,其他处理相同。然后每天对其进行观察、拍照,筛选出最佳的热激处理温度。

第2次试验挑选无机机械伤、无病虫害、色泽均一、大小一致的青椒,随机分为2组,然后将青椒在45℃的热水中浸泡2 min,在常温下沥干之后装入0.04 mm PE保鲜袋中,每袋装约10青椒,置于25℃冷库中贮藏,从0 d开始每3 d测定一次各项生理生化指标,对照除用蒸馏水浸泡,其他处理相同。

**1.3 测定指标及方法** 感官评定标准:由6人组成的品评组人员评判各处理的保鲜效果,每个样品按色泽、硬度及外观进行整体分级,共9分,分成3等,1~4分表示不可接受,4~6分表示一般,6~9分表示商品价值乐意接受(表1)。

失重率:贮藏结束时分别对不同处理样品进行称重,计算失重率。

$$\text{失重率}(\%) = \frac{\text{贮藏前质量}(\text{g}) - \text{贮藏后质量}(\text{g})}{\text{贮藏前质量}(\text{g})} \times 100\%$$

硬度:利用GY-3型硬度计对果实进行测定,测定探头直径为0.8 cm,每次取6个果实进行测定,在每个果实中间最大横径处,取3个点测定硬度,取平均值。

**基金项目** 国家大宗蔬菜产业体系建设项目(CARS-25-E-01);西北非耕地园艺作物生态高效生产技术与示范项目(201203095);北京市农林科学院青年基金项目(201404)。

**作者简介** 范林林(1990-),女,山东金乡人,硕士研究生,研究方向:农产品贮藏加工与食品资源开发。\*通讯作者,副研究员,从事农产品贮藏与加工研究。

**收稿日期** 2016-05-31

可溶性固形物:采用手持糖度计(DIGITAL REFRACTOMETER PR-100)进行测定。

叶绿素含量:参考 Hasperué 等的方法<sup>[9]</sup>进行测定。

抗坏血酸( $V_C$ )含量:采用 2,6-二氯酚靛酚滴定法测定,参照 Roe 等的试验方法<sup>[10]</sup>。

多酚氧化酶(PPO)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)酶活性:分别称取 2.0 g 组织样品,置于研钵中,加入 10.0 mL 磷酸缓冲液,在冰浴条件下研磨成匀浆,于 4 °C、10 000 r/min 离心 20 min,收集上清液即为酶提取液,均参照曹建康等的方法测定<sup>[11]</sup>。

表 1 外观指数评定标准<sup>[8]</sup>

Table 1 Evaluation criteria for appearance index

外观评定标准 Appearance evaluation criteria	得分 Score 分	外观评定标准 Appearance evaluation criteria	得分 Score 分
没有变化 No change	9	失去商品性 No commodity	4
稍有变化 Slight change	8	食用价值最低限 Lower limit of edible value	3
变化明显 Obvious change	7	失去食用价值 No edible value	2
商品性下降 Decline in commodity	6	腐烂变质 Rot	1
商品性最低限 Lowest commodity	5		

1.4 数据分析 采用 Origin 8.5 作图,试验结果取 3 次测定的平均值,以 IBM SPSS Statistics 19 进行显著性分析。

## 2 结果与分析

2.1 热激处理对青椒果实感官评分的影响 由图 1 可知,各试验组青椒果实的感官评分随着贮藏时间的延长逐渐下降,其中 45 °C 热激处理组青椒果实的感官评分始终高于对照组并且下降速度十分缓慢。在贮藏期第 12 天时,对照组青椒果实的感官评分为 45 °C 热激处理组的 50%,在整个贮藏期间 45 °C 热激处理有效降低了青椒果实感官评分下降的速度。由此表明,45 °C 热激处理能够有效抑制青椒果实成熟衰老的进程,更好地保持了果实的贮藏品质。

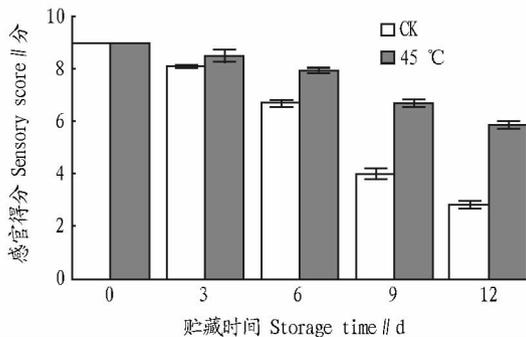


图 1 热激处理对青椒果实感官评分的影响

Fig. 1 Effect of heat shock treatment on sensory score changes in green peppers

2.2 热激处理对青椒果实失重率的影响 青椒采后贮藏期间,由于机体的代谢消耗,其质量不断下降,失重率上升<sup>[12]</sup>,45 °C 热激处理能有效抑制青椒果实质量的损失。从图 2 可以看出,在整个贮藏期间,经过 45 °C 热激处理后青椒果实的失重率均维持在较低水平,到第 9 天时,45 °C 热激处理果实

的失重率仅为 0.51%,而对照果实的失重率已达 1.92%。说明采用 45 °C 热激处理可以抑制青椒贮藏期间质量损失。

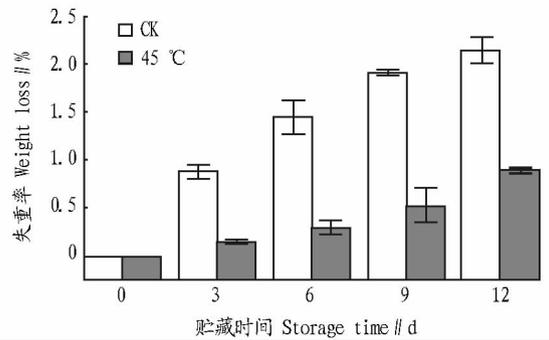


图 2 热激处理对青椒果实失重率的影响

Fig. 2 Effect of heat shock treatment on weight loss changes in green peppers

2.3 热激处理对青椒果实硬度的影响 硬度是衡量果实在贮藏过程中品质好坏的重要指标,青椒在贮藏过程中,硬度不断下降<sup>[13]</sup>。从图 3 可以看出,随着贮藏时间的延长,对照组和 45 °C 热激处理组青椒果实的硬度均呈现下降趋势,无显著性差异( $P < 0.05$ ),但 45 °C 热激处理组青椒的硬度始终高于对照组,在第 9 天时,对照组青椒的硬度为 45 °C 热激处理组的 81.80%,说明 45 °C 热激处理能抑制青椒贮藏期间硬度的下降,防止果实软化,保持贮藏期间果实品质。

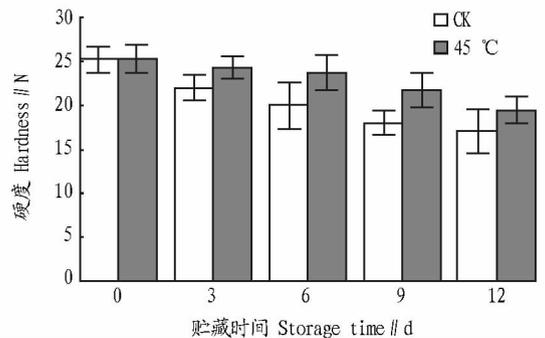


图 3 热激处理对青椒果实硬度的影响

Fig. 3 Effect of heat shock treatment on hardness changes in green peppers

2.4 热激处理对青椒果实可溶性固形物的影响 从图 4 可以看出,随着贮藏时间的延长,对照组和 45 °C 热激处理组青椒果实的可溶性固形物(TSS)含量总体均呈现下降趋势。45 °C 热激处理后的果实中 TSS 含量均高于对照组。在第 9 天时,对照组青椒的可溶性固形物含量为 45 °C 热激处理组的 80.70%。说明 45 °C 热激处理能有效抑制青椒果实 TSS 含量的下降,维持青椒的营养物质,延缓青椒果实成熟衰老的进程,更好地保持了果实的贮藏品质。

2.5 热激处理对青椒果实叶绿素含量的影响 叶绿素含量能够在一定程度上反映青椒的色泽,叶绿素的下降表示青椒失去绿色逐渐转红(黄)。由图 5 可以看出,在整个贮藏期中,对照组和 45 °C 热激处理组青椒果实的叶绿素 b 含量均呈缓慢下降趋势,无显著性差异( $P < 0.05$ )。45 °C 热激处理组青椒果实的叶绿素 a 含量一直保持平缓下降,对照组青椒

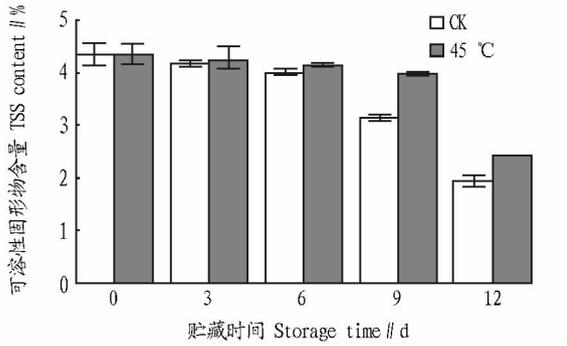


图4 热激处理对青椒果实可溶性固形物含量的影响

Fig. 4 Effect of heat shock treatment on TSS content changes in green peppers

的叶绿素 a 含量则在第 9 天急速下降,在第 12 天时,对照组青椒果实的叶绿素 a 含量为 45 °C 热激处理组的 65.30%,说明 45 °C 热激处理能有效抑制青椒果实叶绿素含量的下降,维持青椒的营养物质,更好地保持了果实的贮藏品质。

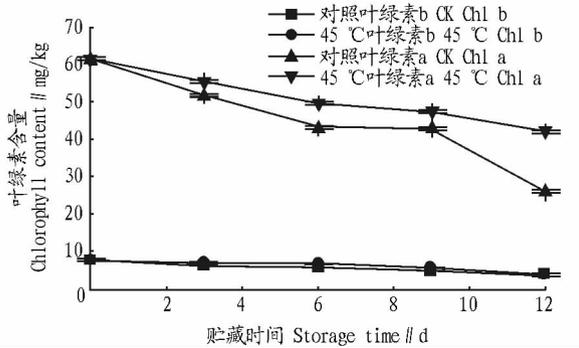


图5 热激处理对青椒果实叶绿素含量的影响

Fig. 5 Effect of heat shock treatment on chlorophyll content changes in green peppers

**2.6 热激处理对青椒果实维生素 C 含量的影响** 青椒在蔬菜中维生素 C 含量最高,其维生素 C 含量在整个贮藏期间不断下降<sup>[14]</sup>。由图 6 可知,随着贮藏时间的延长,对照组和 45 °C 热激处理组青椒果实的维生素 C 含量均呈现下降趋势,但差异性不显著 ( $P < 0.05$ ),但 45 °C 热激处理组青椒的维生素 C 含量始终高于对照组,在第 12 天时,对照组青椒的维生素 C 含量仅为 45 °C 热激处理组的 60.10%。由此可见,45 °C 热激处理在一定程度上延缓了青椒果实中维生素 C 的分解。

**2.7 热激处理对青椒果实 PPO 酶活性的影响** PPO 酶活性越高,果蔬的抗氧化能力越强<sup>[15]</sup>。由图 7 可知,随着贮藏时间的延长,各试验组青椒果实的 PPO 酶活性均呈现先上升后下降的趋势,并在贮藏期第 6 天时达到峰值。45 °C 热激处理组的 PPO 酶活性始终高于对照组,在贮藏期第 6 天时,45 °C 热激处理组的 PPO 酶活性是对照组的 1.43 倍,呈现显著性差异 ( $P < 0.05$ ),说明 45 °C 热激处理能够有效增强青椒机体的抗氧化能力。

**2.8 热激处理对青椒果实 POD 酶活性的影响** POD 酶活性越高,越有利于延缓细胞组织衰老<sup>[16]</sup>。由图 8 可知,随着

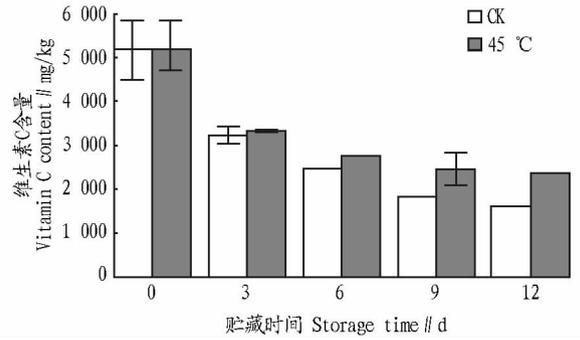


图6 热激处理对青椒果实维生素 C 含量的影响

Fig. 6 Effect of heat shock treatment on vitamin C content changes in green peppers

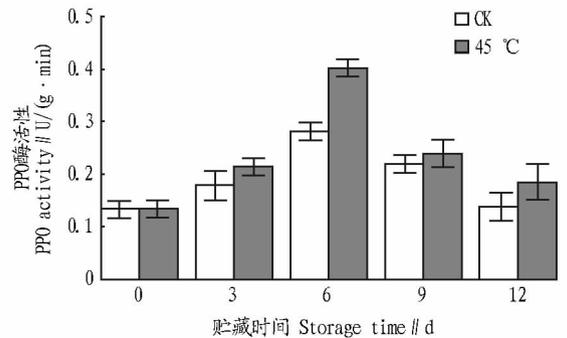


图7 热激处理对青椒果实 PPO 酶活性的影响

Fig. 7 Effect of heat shock treatment on PPO activity changes in green peppers

贮藏时间的延长,各试验组青椒果实的 POD 酶活性均呈现先上升后下降的趋势,并在贮藏期第 6 天时达到峰值,但 45 °C 热激处理组的 POD 酶活性始终高于对照组。由此说明,45 °C 热激处理可以有效延缓青椒贮藏过程中组织的成熟衰老。

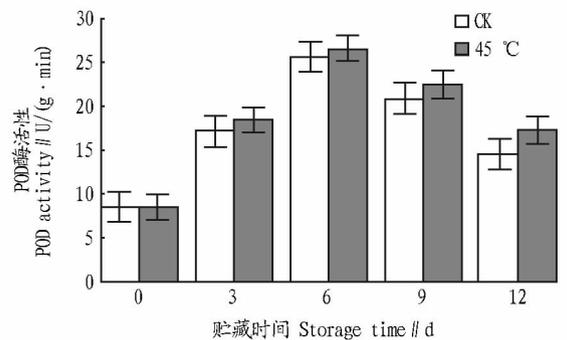


图8 热激处理对青椒果实 POD 酶活性的影响

Fig. 8 Effect of heat shock treatment on POD activity changes in green peppers

**2.9 热激处理对青椒果实 CAT 酶活性的影响** CAT 酶能催化机体内积累的过氧化氢 ( $H_2O_2$ ) 分解为水和分子氧,从而减少  $H_2O_2$  对组织可能造成的氧化伤害<sup>[17]</sup>。从图 9 可以看出,随着贮藏时间的延长,各试验组青椒果实的 CAT 酶活性均呈现先上升后下降的趋势,并在贮藏期第 6 天时达到峰值。45 °C 热激处理组青椒果实的 CAT 酶活性明显高于对照

组,在贮藏期第3天时,处理组青椒果实的CAT酶活性比对照组高出48.60%。由此说明,45℃热激处理可以有效提高青椒过氧化氢清除能力。

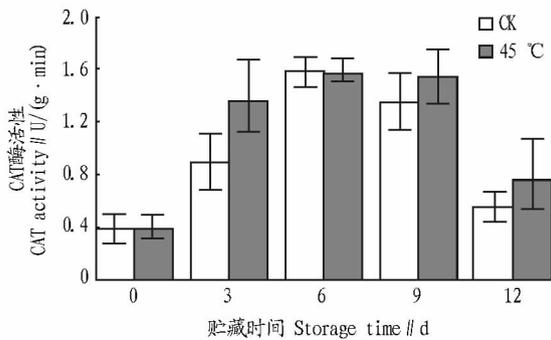


图9 热激处理对青椒果实CAT酶活性的影响

Fig. 9 Effect of heat shock treatment on CAT activity changes in green peppers

### 3 结论与结论

孙海燕等研究了55℃热激处理30s对青椒贮藏品质的影响,结果表明,此处理方式可较好地维持青椒的维生素C含量,延长其货架寿命<sup>[18]</sup>,此研究与笔者的研究大体一致,说明只有适当的热处理温度和热处理时间才可较好地维持青椒的外观品质,热处理温度过高导致青椒出现烫伤情况,热处理温度过低达不到保鲜的效果。庞凌云等研究了氯化钙和热处理对青椒的保鲜效果,采用3%氯化钙和45℃热处理浸泡青椒25min,研究结果表明,该方法有效降低了青椒的呼吸强度,提高了青椒叶绿素的稳定性,延缓了果实中维生素C含量的下降,但在一定程度上增加了青椒的失重<sup>[19]</sup>。然而笔者的研究并未发现45℃热处理浸泡青椒2min导致青椒的失重,原因为该试验热处理时间较短,规避了热处理时间较长导致的失重现象。

该试验得出,45℃热激处理2min能够维持青椒较高的感官评分和硬度,可有效防止青椒果实水分和可溶性固形物、维生素C、叶绿素等营养物质的流失,提高POD、CAT酶活性。因此,45℃热激处理青椒能较好地维持其良好的外观品质,降低腐烂率,减少养分流失,从而延长其货架寿命。

### 参考文献

- [1] TADESSE T, HEWETT E W, NICHOLS M A, et al. Changes in physico-chemical attributes of green pepper cv. Domino during fruit growth and development [J]. *Scientia horticulturae*, 2002, 93: 91–103.
- [2] RODONI L M, CONCELLÓN A, CHAVES A R, et al. Use of UV-C treatments to maintain quality and extend the shelf life of green fresh-cut bell pepper (*Capsicum annuum* L.) [J]. *Journal of food science*, 2012, 77: 632–639.
- [3] DÍAZ-PÉREZ J C, MUY-RANGEL M D, MASCORRO A G. Fruit size and stage of ripeness affect postharvest water loss in bell pepper fruit (*Capsicum annuum* L.) [J]. *Journal of the science of food and agriculture*, 2007, 87: 68–73.
- [4] RODONI L M, ZARO M J, HASPERUÉ J H, et al. UV-C treatments extend the shelf life of fresh-cut peppers by delaying pectin solubilization and inducing local accumulation of phenolics [J]. *LWT-food science and technology*, 2015, 63: 408–414.
- [5] RAO T V R, GOL N B, SHAH K K. Effect of postharvest treatments and storage temperatures on the quality and shelf-life of green pepper (*Capsicum annuum* L.) [J]. *Scientia horticulturae*, 2011, 132(1): 18–26.
- [6] 闫沛杰, 梁丽雅. 中草药提取液贮藏青椒实验 [J]. *食品科学*, 2002, 23(3): 138–140.
- [7] 代亨燕, 刘春梅, 谭书明. 可食性鲜椒专用保鲜膜特性及其抗菌效果初探 [J]. *中国调味品*, 2009, 34(7): 61–64.
- [8] HAN C, ZUO J H, WANG Q, et al. Effects of chitosan coating on postharvest quality and shelf life of sponge gourd (*Luffa cylindrica*) during storage [J]. *Scientia horticulturae*, 2014, 166: 1–8.
- [9] HASPERUÉ J H, GÓMEZ-LOBATO M E, CHAVES A R, et al. Time of day at harvest affects the expression of chlorophyll degrading genes during postharvest storage of broccoli [J]. *Postharvest biology and technology*, 2013, 82: 22–27.
- [10] ROE H J, OSTERLING M J. The determination of dehydroascorbic acid and ascorbic acid in plant tissues by the 2,4-dinitrophenylhydrazine method [J]. *Journal of biological chemistry*, 1943, 35: 511–517.
- [11] 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, 2000.
- [12] 胡小静, 潘佳, 赵仙. 辣椒碱涂膜对青椒保鲜效果的研究 [J]. *食品科技*, 2015, 40(5): 46–49.
- [13] 赵奇, 杨玉珍, 郭运宏, 等. 油用牡丹丹皮提取液对青椒的保鲜效应 [J]. *食品工业科技*, 2015, 36(2): 339–342.
- [14] 段华伟, 王志伟. 气调包装工况下番木瓜成熟度的无损分级 [J]. *包装工程*, 2008, 29(10): 92–95.
- [15] 胡文忠, 姜爱丽, 杨宏, 等. 茉莉酸甲酯对鲜切苹果生理生化变化的影响 [J]. *食品工业科技*, 2012, 33(16): 338–346.
- [16] CAI Z K, YANG R, XIAO H M, et al. Effect of preharvest application of *Hanseniaspora uvarum* on postharvest diseases in strawberries [J]. *Postharvest biology and technology*, 2015, 100: 52–58.
- [17] MITTLER R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance [J]. *Trends plant science*, 2002, 7(3): 405–410.
- [18] 孙海燕, 张辰露. 热处理对青椒贮藏品质的影响 [J]. *广州农业科学*, 2010(7): 116–117.
- [19] 庞凌云, 李瑜, 詹丽娟, 等. 钙和热处理对青椒贮藏品质的影响 [J]. *中国食品学报*, 2013, 13(1): 112–117.

(上接第69页)

- [41] LIU Y, ZHU Y, CHEN B, et al. Influence of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* on uptake of arsenate by the As hyperaccumulator fern *Pteris vittata* L. [J]. *Mycorrhiza*, 2005, 15(3): 187–192.
- [42] 田晔, 滕应. 木霉属真菌在重金属污染土壤生物修复中的应用潜力分析 [J]. *科学技术与工程*, 2013(36): 10877–10882.
- [43] 杨秀梅, 陈保冬, 朱永官, 等. 丛枝菌根真菌 (*Glomus intraradices*) 对铜污染土壤上玉米生长的影响 [J]. *生态学报*, 2008, 28(3):

1052–1058.

- [44] WHITING S N, DE SOUZA D E, TERRY N. Rhizosphere bacteria mobilize Zn for hyperaccumulation by *Thlaspi caerulescens* [J]. *Environ Sci Technol*, 2001, 35(15): 3144–3150.
- [45] 赵静. 铜污染土壤的木霉强化海州香薷修复研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2009.
- [46] 罗巧玉, 王晓娟, 林双双, 等. AM真菌对重金属污染土壤生物修复的应用与机理 [J]. *生态学报*, 2013, 33(13): 3898–3906.