

# 不同保鲜膜包装对青椒保鲜效果的影响

史君彦, 高丽朴, 左进华, 范林林, 吕佳煜, 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:**以青椒为试材, 采用 5 种不同的保鲜膜(0.04 mm PE 膜、0.018 mm 高渗出 CO<sub>2</sub> 保鲜膜、0.03 mm 纳米银保鲜膜、0.03 mm PE 膜、0.03 mm PVC 膜)包装处理青椒, 测定青椒的感官品质和生理指标的变化, 以筛选出适宜的膜包装。结果表明:室温下(20~25 ℃), 0.03 mm PVC 膜处理组对青椒起到较好的保鲜效果, 可有效抑制外观指数的下降, 延缓果实转红和失重率的升高, 抑制叶绿素、维生素 C 和可溶性蛋白质含量的减少, 延缓 MDA 的积累, 维持了细胞膜结构的完整性, 同时, 增强 POD、CAT 活性, 减轻活性氧自由基对细胞组织的损伤, 维持了较好的品质和商品性。

**关键词:**青椒; 膜包装; 叶绿素; MDA

**中图分类号:**S 641.309<sup>+</sup>.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)18-0131-05

青椒(*Capsicum annuum* L.), 别名大椒、灯笼椒、柿子椒, 由原产中南美洲热带地区的辣椒在北美演化而来, 青椒富含营养, 尤其是维生素含量, 因此具有预防疾病和保健的功能<sup>[1]</sup>, 备受人们的喜爱。但青椒不耐贮藏, 研究发现高温下青椒极易发生失水萎蔫、转红、果柄霉菌、腐烂等现象, 严重影响其品质和商品性<sup>[2]</sup>, 因此青椒贮藏保鲜技术的研究备受关注。

保鲜膜属于气调保鲜的一种, 是依靠膜的渗透性, 自发调节贮藏环境的气体成分, 从而达到抑制果蔬自身的呼吸代谢和养分消耗, 延缓果蔬后熟衰老、延长货架期的目的<sup>[3-4]</sup>。保鲜膜具有无毒害、操作简单、成本低等优点, 能够较好的保持果蔬的贮藏保鲜品质, 已得到广泛的应用, 如 PE 膜、PVC 膜、微孔膜、纳米膜等包装处理可有效保持雪梨、芦蒿、圆茄、石斛等果蔬的贮藏的品质, 抑制营养物质的降解消耗, 延长货架期<sup>[3-7]</sup>。该试验采用 5 种不同的保鲜膜包装处理青椒, 探究室温(20~25 ℃)条件下适宜的包装处理方式, 以期对青椒的保鲜

膜包装贮藏技术的研究提供一定的依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试青椒品种为“丰甜王”, 采摘于天山绿奥基地, 当日运回实验室, 挑选无病虫害、无机械伤、完整、大小均一、成熟度基本一致的青椒备用。

KOITO-PCLH 冷库(日本); CYYL-36 型压差预冷通风设备(日本); UV-1800 分光光度计(岛津); -80 ℃冰箱(日本 SANYO); D-37520 冷冻离心机(德国 Sigma 有限公司); 磁力搅拌器(日本 NISSN); pH 测量仪(HANNA PH211); 手持式折光仪(PN007529 型)。

### 1.2 试验方法

将挑选的青椒均分为 5 组, 然后分别采用 5 种不同的保鲜膜(保鲜膜 1:0.04 mm PE 膜, 北京华盾雪花有限公司(作为对照); 保鲜膜 2:0.018 mm, 高渗出 CO<sub>2</sub>, 山西农业科学院提供; 保鲜膜 3:0.03 mm, 纳米银保鲜膜, 山西农业科学院提供; 保鲜膜 4:0.03 mm PE 膜, 天津农业科学院提供; 保鲜膜 5:0.03 mm PVC 膜, 天津农业科学院提供。)折口包装, 然后置于室温(20~25 ℃), 湿度为 80%~95%条件下贮藏。每隔 2 d 取样、观察, 每次取样 6 个果, 每个处理重复 3 次。样品用液氮迅速冷冻, 然后置于-80 ℃下备用。

### 1.3 项目测定

外观指数评定标准<sup>[8]</sup>:由 6 人组成的品评组人员评判各组的保鲜效果, 共分 9 级。分级标准为:9 级, 果实新鲜、品质佳; 7 级, 果实较好; 5 级, 一般, 达到商品性最低限;

**第一作者简介:**史君彦(1988-), 女, 硕士, 研究实习员, 研究方向为农产品贮藏保鲜。E-mail:shijunyan0130@126.com.

**责任作者:**王清(1979-), 女, 博士, 副研究员, 研究方向为农产品贮藏保鲜与加工。E-mail:wangqing@nercv.org.

**基金项目:**国家大宗蔬菜产业体系建设资助项目(CARS-25); 农业部公益性行业(农业)科研专项资助项目(201203095); 北京市农林科学院青年基金资助项目(201404); 国家自然科学基金(青年基金)资助项目(31101364)。

**收稿日期:**2016-05-05

3级,可食用但无商品性;1级,无食用价值。外观指数(%) =  $\sum(\text{级数} \times \text{该级个数}) / (\text{最高级数} \times \text{总个数}) \times 100$ 。

叶绿素含量测定采用 WANG 等<sup>[1]</sup>的方法。转红率的测定采用吕建国等<sup>[9]</sup>的方法。失重率测定采用差量法<sup>[10]</sup>。维生素 C 含量的测定采用钼酸铵比色法<sup>[11]</sup>。可溶性蛋白质含量测定采用考马斯亮蓝法<sup>[12]</sup>。丙二醛(MDA)含量的测定采用 SHAN 等<sup>[13]</sup>的方法。过氧化物酶(POD)活性和过氧化氢酶(CAT)活性测定均采用曹建康等<sup>[12]</sup>的方法。

#### 1.4 数据分析

采用 Excel 2003 统计分析软件进行基础数据整理,利用 Origin 8.5 软件分析与作图,利用 IBM SPSS Statistics 19 软件对数据进行差异显著性检验( $P < 0.05$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同保鲜膜包装对青椒外观指数的影响

青椒的外观品质的变化可直接用外观指数的变化来描述。由图 1 可知,青椒在贮藏过程中外观指数逐渐下降,保鲜膜 3 包装组贮藏期间外观指数下降最迅速,果实出现转红早,贮藏至 6 d 时,各组间无显著差异( $P > 0.05$ ),贮藏 6 d 后,保鲜膜 4 和保鲜膜 5 包装的青椒外观指数明显高于对照组,保鲜膜 5 外观指数高于保鲜膜 4,组间差异显著( $P < 0.05$ ),保鲜膜 4 和对照组间无显著差异( $P > 0.05$ ),说明保鲜膜 5 包装可较好的维持青椒的外观品质。

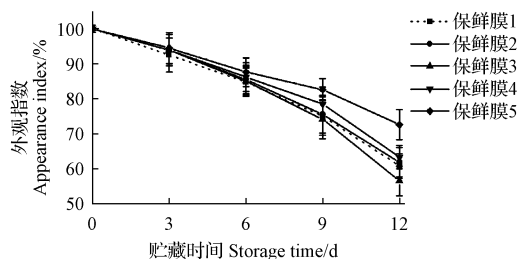


图 1 不同保鲜膜包装对青椒外观指数的影响

Fig. 1 Effect of different films packaging on pepper appearance index

### 2.2 不同保鲜膜包装对青椒叶绿素含量的影响

叶绿素与青椒的鲜绿密切相关,叶绿素降解引起青椒褪绿转红,降低营养品质<sup>[9]</sup>。由图 2 可知,青椒在贮藏过程中叶绿素不断降解,含量逐渐减少,与对照组相比,保鲜膜 5 的青椒果实叶绿素含量下降缓慢,其它组叶绿素含量均低于对照组。贮藏期间保鲜膜 5 与其它各组间差异显著( $P < 0.05$ ),其它处理间无显著差异( $P > 0.05$ ),贮藏至 12 d 时,保鲜膜 5 包装组的叶绿素含量比对照组高 14.59%,较好的维持了青椒的叶绿素含量。

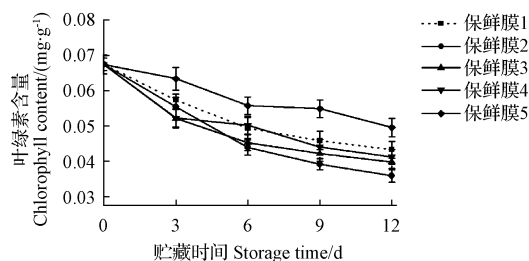


图 2 不同保鲜膜包装对青椒叶绿素含量的影响

Fig. 2 Effect of different films packaging on pepper chlorophyll content

### 2.3 不同保鲜膜处理对青椒转红率的影响

转红是青椒贮藏过程中衰老的一个重要指标。由图 3 可知,青椒在贮藏过程中果实逐渐转红衰老,与叶绿素含量变化一致(图 2)。贮藏前 3 d,各组均无果实转红,贮藏 3 d 后,果实开始转红,贮藏至 6 d 时,均出现转红,其中保鲜膜 4 和保鲜膜 5 包装组的转红果比对照组低,3 组间差异显著( $P < 0.05$ ),但贮藏末期,保鲜膜 4 青椒果实转红果增加,转红率迅速升高,而保鲜膜 5 处理的青椒果实的转红缓慢,说明保鲜膜 5 有效地延缓了贮藏过程中青椒的转红。

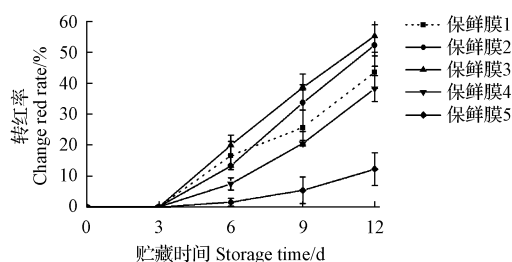


图 3 不同保鲜膜包装对青椒转红率的影响

Fig. 3 Effect of different films packaging on pepper change red rate

### 2.4 不同保鲜膜包装对青椒失重率的影响

失重主要是由于果蔬呼吸作用和蒸腾作用导致的,与果蔬的新鲜度和色泽相关<sup>[14]</sup>,青椒果实失重会导致果实软化,萎蔫,严重的导致果实失去商品性。由图 4 可知,青椒果实在贮藏过程中失重率逐渐升高,其中保鲜

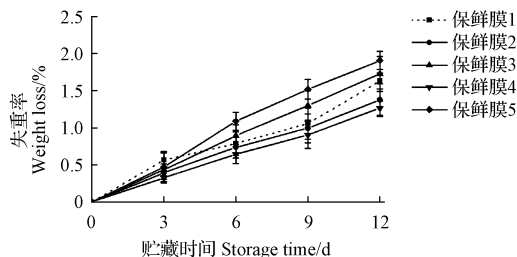


图 4 不同保鲜膜包装对青椒失重率的影响

Fig. 4 Effect of different films packaging on pepper weight loss

膜2和保鲜膜4包装组失重率失重低于对照组,而保鲜膜3和保鲜膜5包装组贮藏3 d后失重率高于对照组,贮藏6 d后,对照组与其它各组间差异显著( $P < 0.05$ ),贮藏12 d时,各包装组失重率均低于2%,说明膜包装对青椒失重的影响不大。

## 2.5 不同保鲜膜包装对青椒维生素C含量的影响

维生素C是青椒果实贮藏品质的一个重要指标。由图5可知,青椒在贮藏过程中,维生素C含量逐渐降低,保鲜膜3在贮藏前6 d,维生素C含量较对照组高,6 d后其含量低于对照组,保鲜膜2和保鲜膜4包装组的维生素C含量比对照组低,而保鲜膜5在贮藏期间维生素C含量始终高于对照组,各组间差异显著( $P < 0.05$ ),说明保鲜膜5包装延缓了青椒维生素C的降解速率。贮藏至12 d时,保鲜膜5的维生素C含量比对照组高13.48%,较好的保持了青椒果实的维生素C含量。

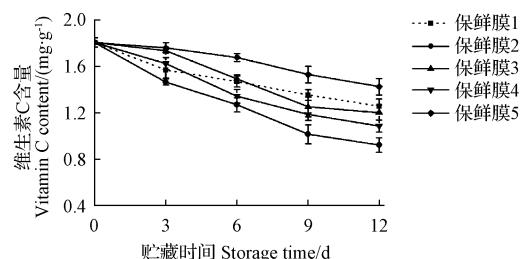


图5 不同保鲜膜包装对青椒维生素C含量的影响

Fig. 5 Effect of different films packaging on pepper vitamin C content

## 2.6 不同保鲜膜包装对青椒可溶性蛋白质含量的影响

可溶性蛋白质不仅能参与各种酶类的代谢,而且是果蔬贮藏过程中的一个重要的营养指标<sup>[15]</sup>。由图6可知,青椒在贮藏过程中可溶性蛋白质含量不断降低,保鲜膜5可溶性蛋白质含量始终高于对照组,而其它处理组可溶性蛋白质含量比对照组低。贮藏3 d后,保鲜膜5的可溶性蛋白质含量快速下降,但始终高于对照组,与其它组差异显著( $P < 0.05$ ),贮藏至12 d时,保鲜膜5可溶性蛋白质含量比对照组高7.87%,说明保鲜膜5可有效延缓可溶性蛋白质含量的下降。

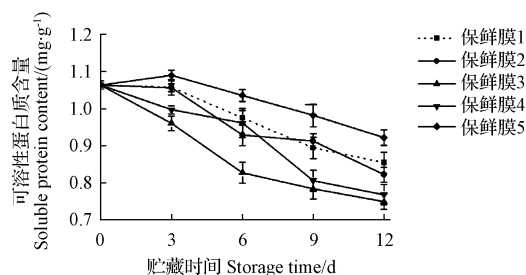


图6 不同保鲜膜包装对青椒可溶性蛋白质含量的影响

Fig. 6 Effect of different films packaging on pepper soluble protein content

## 2.7 不同保鲜膜包装对青椒丙二醛含量的影响

丙二醛(MDA)是膜脂过氧化的重要产物,已被证明来自不饱和脂肪酸的降解,对细胞有直接毒害作用,能加剧细胞膜的损伤,同时也是细胞衰老的一种标志<sup>[16-17]</sup>。由图7可知,青椒在贮藏期间MDA含量不断积累,保鲜膜3的MDA含量水平远高于对照组,膜质过氧化严重,保鲜膜2和保鲜膜4的MDA含量较对照组低,但与对照组间差异不显著( $P > 0.05$ ),而保鲜膜5的青椒果实MDA含量增加缓慢,贮藏至12 d时,比对照组低14.64%,与对照组间差异显著( $P < 0.05$ )。说明保鲜膜5可有效抑制MDA的积累,减轻了青椒果实的膜质过氧化损伤。

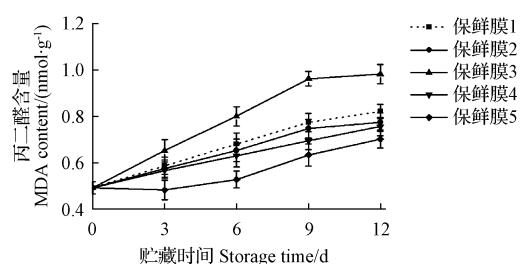


图7 不同保鲜膜包装对青椒丙二醛含量的影响

Fig. 7 Effect of different films packaging on pepper MDA content

## 2.8 不同保鲜膜包装对青椒过氧化物酶活性的影响

过氧化物酶(POD)是在果蔬代谢中最常见的抗氧化酶,它能清除细胞组织中的过氧化氢和脂类氢过氧化物,维持活性氧的代谢平衡,其活性水平与青椒的衰老亦密切相关<sup>[10,18]</sup>。由图8可知,贮藏期间,青椒POD活性逐渐增强,保鲜膜5的青椒果实POD活性高于对照组,保鲜膜2、保鲜膜3和保鲜膜4的POD活性水平比对照组低。贮藏前3 d,各组POD活性迅速升高,然后缓慢升高,保鲜膜5与其它各组差异显著( $P < 0.05$ ),其它各组间差异不显著( $P > 0.05$ ),贮藏至12 d时,保鲜膜5的POD活性达初始值的2.88倍,比对照组高18.71%,这说明保鲜膜5可促进POD活性的升高,减轻活性氧自由基对青椒果实的氧化损伤。

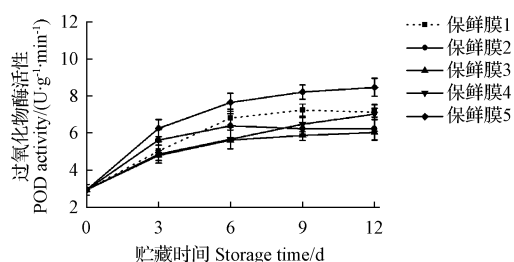


图8 不同保鲜膜包装对青椒过氧化物酶活性的影响

Fig. 8 Effect of different films packaging on pepper POD activity

## 2.9 不同保鲜膜包装对青椒过氧化氢酶性的影响

过氧化氢酶(CAT)普遍存在于植物体的所有组织中,可催化过氧化氢分解为水和氧气,降低氧自由基对组织的损害<sup>[19-20]</sup>。由图9可知,贮藏期间,青椒CAT活性逐渐升高,保鲜膜2的青椒果实CAT活性最低,保鲜膜2和保鲜膜3包装组的CAT活性与对照组间无显著差异( $P>0.05$ ),保鲜膜5包装(0.03 mm PVC)的CAT活性始终高于其它组,且与其它组处理间差异显著( $P<0.05$ )。贮藏至12 d时,保鲜膜5包装的青椒果实CAT活性达初始的1.31倍,可有效清除过氧化氢的积累对组织的氧化损伤。

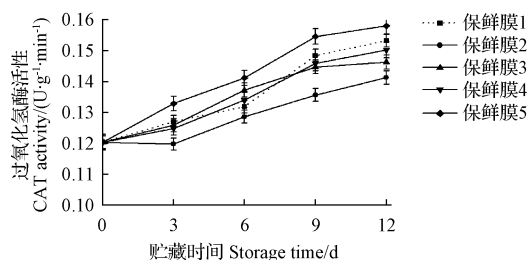


图9 不同保鲜膜包装对青椒过氧化氢酶活性的影响

Fig. 9 Effect of different films packaging on pepper CAT activity

## 3 结论

综上所述,5种不同保鲜膜包装对青椒保鲜效果的研究显示,室温下贮藏,保鲜膜5包装对青椒果实起到较好的保鲜效果,可有效抑制青椒外观指数和叶绿素含量的下降,延缓果实转红和失重率的升高,维持维生素C、可溶性蛋白质等营养物质的含量,抑制MDA的积累,同时增强POD、CAT活性水平,有效抑制了活性氧自由基对组织的损害,保持了青椒果实的贮藏品质和商品价值。

## 参考文献

[1] WANG Q, DING T, ZUO J H, et al. Amelioration of postharvest chilling injury in sweet pepper by glycine betaine[J]. Postharvest Biology and Technology, 2016, 112: 114-120.  
[2] GUERRA M, MAGDALENO R, CASQUERO P. Effect of site and storage conditions on quality of industrial fresh pepper[J]. Scientia Horticulturae, 2011, 130: 141-145.

[3] 董文明,田素梅,何莲君. 1-MCP和膜袋处理对丽江雪桃低温贮藏抗褐变效果的研究[J]. 现代食品科技, 2013, 29(8): 1796-1799.  
[4] 严灿,刘升,贾丽娥,等. 不同聚乙烯薄膜包装对雪青梨冷藏品质的影响[J]. 包装工程, 2015, 36(15): 40-44.  
[5] 朱麟,凌建刚,尚海涛. 不同商品化处理及保鲜膜包装对芦蒿冷藏效果的研究[J]. 保鲜与加工, 2015, 15(6): 23-27.  
[6] 史君彦,杨娜,高丽朴,等. 不同厚度聚乙烯膜包装处理对圆茄保鲜效果的影响[J]. 北方园艺, 2015(23): 146-149.  
[7] 郝梅梅,陈兰,刘海娇. 不同保鲜膜包装对低温储藏铁皮石斛的保鲜效果影响[J]. 中国果菜, 2014, 34(4): 22-24.  
[8] BARBAGALLO R N, CHISARI M, PATANÉ C. Polyphenol oxidase, total phenolics and ascorbic acid changes during storage of minimally processed 'California Wonder' and 'Quadrato d'Asti' sweet peppers[J]. LWT-Food Science and Technology, 2012, 49: 192-196.  
[9] 吕建国,颜建明,吴小华,等. 保鲜剂和贮藏温度对青椒果实贮藏品质的影响[J]. 农产品加工·学刊, 2009(7): 19-23.  
[10] SINGH R, GIRI S K, KOTWALI WALE N. Shelf-life enhancement of green bell pepper (*Capsicum annuum* L.) under active modified atmosphere storage[J]. Food Packaging and Shelf Life, 2014(1): 101-112.  
[11] 张洪军,潘艳娟,王建清. 大蒜/肉桂精油复配PE膜对双孢菇的保鲜研究[J]. 包装与食品机械, 2015, 33(4): 21-25.  
[12] 曹建康,姜微波,赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 2版. 北京:中国轻工业出版社, 2011.  
[13] SHAN T M, JIN P, ZHANG Y, et al. Exogenous glycine betaine treatment enhances chilling tolerance of peach fruit during cold storage[J]. Postharvest Biology and Technology, 2016, 114: 104-110.  
[14] DENG Y S, KONG F Y, ZHOU B, et al. Heterology expression of the tomato *LeLhc2* gene confers elevated tolerance to chilling stress in transgenic tobacco[J]. Plant Physiology and Biochemistry, 2014, 80: 318-327.  
[15] 陆晓民,孙锦,郭世荣,等. 外源24-表油菜素内酯对低氧胁迫下黄瓜幼苗生长和可溶性蛋白表达的影响[J]. 南京农业大学学报, 2011, 34(6): 31-35.  
[16] 黄夏,潘嫣丽,唐婷,等. 不同包装材料对鲜切哈密瓜保鲜效果的影响[J]. 南方农业学报, 2011, 42(12): 1536-1539.  
[17] 陈欢欢,邓玉璞,冯建华,等. 青椒MAP保鲜效果的研究[J]. 食品科技, 2013, 38(10): 36-39.  
[18] CAO S F, YANG Z F, ZHENG Y H. Effect of 1-methylcyclopene on senescence and quality maintenance of green bell pepper fruit during storage at 20 °C[J]. Postharvest Biology and Technology, 2012, 70: 1-6.  
[19] 刘燕湘,杨海萌,赖燕芬,等. 杨桃果实过氧化氢酶活性的研究[J]. 南方农业学报, 2013, 44(2): 304-307.  
[20] 陈志怡,李金月. 赤霉素与1-MCP处理对雏菊鲜切花保鲜效果的影响[J]. 食品工业, 2015, 36(7): 69-73.

## Effect of the Different Fresh Film Packaging on the Preservation of Green Pepper Fruits

SHI Junyan, GAO Lipu, ZUO Jinhua, FAN Linlin, LYU Jiayu, WANG Qing

(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:** Taking green pepper as the material, which was packaged by five different fresh films (0.04 mm PE film, 0.018 mm high CO<sub>2</sub> permeability film, 0.03 mm nano silver film, 0.03 mm PE film and 0.03 mm PVC film), the changes of sensor



# 低温预贮及自发气调对豇豆冷害的控制

范林林, 王 清, 夏春丽, 史君彦, 高丽朴, 左进华

(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:**以豇豆为试材,采用低温预贮(low temperature conditioning,LTC)和自发气调(modified atmosphere,MAP)保鲜的方法,研究了 LTC+MAP 处理对豇豆冷害控制的影响。结果表明:LTC+MAP 处理能够较好地维持豇豆的外观品质,延缓其水分、可溶性固形物、抗坏血酸等物质的损失,抑制豇豆的相对电导率和丙二醛(MDA)含量的上升,保护细胞膜的完整性,除此之外还能够提高其过氧化物酶(POD)活性,进而增强自身的抗氧化能力。

**关键词:**豇豆;自发气调;低温预贮;冷害

**中图分类号:**S 643.409<sup>+</sup>.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)18-0135-04

豇豆(*Vigna unguiculata* (Linn.) Walp)属蝶形花科一年生缠绕性草本植物,其营养丰富,含有蛋白质、碳水化合物、食物纤维、多种维生素和矿物质元素等物质。因此,豇豆作为食材,不但质地脆嫩、味道鲜美,还具有一定的营养价值。然而,豇豆组织幼嫩、呼吸强度高,极不耐贮,采收后如不尽快进行产地预冷处理,短时间内就会出现萎蔫、褪色、腐烂等现象<sup>[1-3]</sup>。

豇豆采后预冷处理主要有冷库预冷和水预冷(冷水预冷、冰水预冷)2种,冰水预冷温度为 0℃,采用冰水预冷和冷水预冷后的豇豆在冷链运输过程中易出现冷害和锈斑等问题,严重的影响了豇豆的感官品质和营养价值,因此急需开发一种豇豆冷链物流过程中冷害的控制

方法<sup>[4-6]</sup>。

目前,有研究者提出一些豇豆的保鲜技术措施,例如专利《一种豇豆保鲜液及其对豇豆保鲜的方法》(申请号:201310471259.x)公开了一种先用二氧化氯溶液浸泡,再用 50℃热水浸泡,最后用海藻酸钠、柠檬酸、抗坏血酸和原花青素混合液浸泡保鲜的方法;专利《一种胡椒碱乙醇-水溶液保鲜豇豆的方法》(申请号:201110411927.0)公开了一种用胡椒碱乙醇-水溶液保鲜豇豆的方法;专利《一种豇豆护色保鲜方法》(申请号:201410229439.1)公开了一种苹果多酚水溶液浸泡保鲜豇豆的方法。虽然上述方法对豇豆的保鲜有一定的效果,但是,这些方法多采用浸泡和化学试剂等处理方式,给实际的生产应用带了一定的困难,加上由于人们对化学试剂保鲜而引起的安全恐慌,限制了其应用范围,因此,急需开发一种简洁高效的物理保鲜技术来解决豇豆的冷害等问题,从而延长豇豆的储藏期限及保持其贮运过程中营养品质和商品价值。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

豇豆“青豇 80”采自北京天安农业发展有限公司,挑选商业成熟、形状、大小、色泽一致、无锈斑,无病虫害、无

**第一作者简介:**范林林(1990-),女,硕士研究生,研究方向为农产品贮藏加工与食品资源开发。E-mail:fanlinlin0418@163.com.

**责任作者:**左进华(1982-),男,博士,助理研究员,研究方向为农产品贮藏与加工。E-mail:zuojinhua@126.com.

**基金项目:**国家大宗蔬菜产业体系建设资助项目(CARS-25);西北非耕地园艺作物生态高效生产技术与示范资助项目(201203095);北京市农林科学院青年基金资助项目(201404);国家自然科学基金资助项目(31401536)。

**收稿日期:**2016-05-05

quality and physiological indexes in green pepper were measured,then the feasible film packaging were determined. The results showed that:under the room temperature (20—25℃),the 0.03 mm PVC film treatment had a better preservation effect on green pepper,effectively inhibited the decrease of appearance index,delayed the change red and weight loss increase of fruits,suppressed the decrease of chlorophyll, vitamin C and soluble protein contents, postponed the accumulation of MDA,maintained the integrity of cell membrane structure,meanwhile,enhanced the activities of POD and CAT, reduced the damage of the active oxygen free radicals on cell tissue,maintained the better quality and commodity.

**Keywords:**green pepper;film packaging;chlorophyll;MDA