

# PVC膜和CO<sub>2</sub>高渗透保鲜膜包装对茄子保鲜效果的影响

史君彦, 高丽朴, 左进华, 夏春丽, 王清  
(北京市农林科学院蔬菜研究中心, 北京 100097)

**摘要:** **目的** 探究不同保鲜膜包装延长长茄贮藏保鲜的效果。**方法** 采用CO<sub>2</sub>高渗透保鲜膜和PVC膜包装“布利塔”长茄, 以PE膜包装作为对照, 测定其在室温(20±2)℃贮藏过程中感官品质和生理生化指标的变化规律。**结果** PVC膜和CO<sub>2</sub>高渗透保鲜膜包装均对长茄起到了保鲜效果, 2种膜包装可有效地抑制长茄外观指数下降和萼片衰老, 控制水分散失, 延缓花青素含量的下降和总酚含量的积累, 同时抑制PPO活性的升高, 进而抑制酶促褐变反应, 延缓其衰老。**结论** CO<sub>2</sub>高渗透保鲜膜和PVC膜包装对长茄均起到较好的保鲜效果, 其中PVC膜包装的长茄保鲜效果更好。

**关键词:** 茄子; CO<sub>2</sub>高渗透保鲜膜; PVC膜; 外观指数; 多酚氧化酶

**中图分类号:** TB485.9      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1001-3563(2017)03-0007-05

## Effect of PVC Film and High CO<sub>2</sub> Permeability Film Packaging on Preservation of Eggplant

SHI Jun-yan, GAO Li-pu, ZUO Jin-hua, XIA Chun-li, WANG Qing  
(Beijing Vegetable Research Center, Beijing 100097, China)

**ABSTRACT:** The work aims to study the effect of different film packages used to prolong the preservation of long eggplants. The ‘Brigitte’ long eggplant was packaged by high CO<sub>2</sub> permeability film and PVC film. With the PE film packaging as the control, the changes of organoleptic quality and physiological and biochemical index were measured in the process of storage at room temperature (20±2) °C. Both PVC film and high CO<sub>2</sub> permeability film packaging could preserve the long eggplant, and they could effectively inhibit the decrease of appearance index and sepal senescence, regulate the loss of water, delay the decrease of anthocyanin and the accumulation of total phenolic content, and restrain the enhancement of PPO activity, which thus inhibited the enzymatic browning reaction and delayed the aging. Both the high CO<sub>2</sub> permeability film and PVC film packaging have better effects on long eggplant preservation. However, the effect of the long eggplant preserved with PVC film packaging is better.

**KEY WORDS:** eggplant; high CO<sub>2</sub> permeability film; PVC film; appearance index; PPO

茄子一年生草本植物, 为亚洲和非洲地区的重要经济作物<sup>[1]</sup>, 西汉时期传入我国。茄子不仅口感鲜嫩可口, 而且富含抗氧化物质(抗坏血酸和酚类等)<sup>[2]</sup>, 同时还含有丰富的营养成分(龙葵碱和维生素等), 因此, 茄子具有防止动脉硬化、预防心血管疾病及降低胆固醇等<sup>[3]</sup>功能。茄子不耐贮藏, 在贮藏过程中常出现有果实和萼片褐变、霉变、腐烂, 果梗和花萼脱

落, 病斑等<sup>[4]</sup>现象。茄子采后仍作为活的生命体, 进行代谢活动<sup>[5]</sup>, 在室温下贮藏极易发生失水皱缩、果实变软、果皮变褐等现象, 食用性和商品性下降, 甚至失去商品性。

保鲜膜包装是目前常用的果蔬贮藏保鲜技术之一。二氧化碳高渗透性保鲜膜是一种新型材料, 它具有高透气性以及极高的CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>渗透系数比, 采用该

收稿日期: 2016-07-05

基金项目: 国家大宗蔬菜产业体系建设项目(CARS-25); 国家重点研发计划(2016YFD0400901); 国家自然科学基金(31401536); 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(201404)

作者简介: 史君彦(1988—), 女, 硕士, 北京市农林科学院蔬菜研究中心科研助理, 主要研究方向为农产品贮藏保鲜。

通讯作者: 王清(1979—), 女, 博士, 北京市农林科学院蔬菜研究中心副研究员, 主要研究方向为农产品贮藏保鲜与加工。

保鲜膜在降低袋内 CO<sub>2</sub> 的同时,亦可维持袋内较低的 O<sub>2</sub> 含量<sup>[6]</sup>。研究发现 CO<sub>2</sub> 高渗透性保鲜膜可有效保持冬枣<sup>[6]</sup>、鸭梨<sup>[7]</sup>和砀山酥梨<sup>[8]</sup>的贮藏品质,延缓衰老。聚氯乙烯(PVC)保鲜膜是目前应用较多的一种保鲜膜,但其安全性受到疑虑,使用得当可消除安全隐患<sup>[9]</sup>,PVC 膜包装青椒<sup>[10]</sup>、嫩鲜蒜<sup>[11]</sup>和鲜切哈密瓜<sup>[12]</sup>等可有效抑制果蔬衰老,保持其营养成分含量。双层 PVC 膜包装可有效抑制红富士苹果货架期间呼吸强度和乙烯释放量的增加,减缓营养物质损失,保鲜效果较佳<sup>[13]</sup>。采用二氧化碳高渗透性保鲜膜和 PVC 膜包装茄子的研究鲜有报道,该实验采用此 2 种保鲜材料包装茄子,于室温(20±2)℃下贮藏,探究这 2 种保鲜材料对茄子保鲜效果的影响。

## 1 实验

### 1.1 材料

品种为“布利塔”的长茄采收于顺义区大孙各庄小段村,当日运回试验室,挑选无机械伤、无病虫害、大小均一、成熟度基本一致、完整的试材。

### 1.2 处理

将长茄平均分为 3 组,处理 I: 0.06 mm 聚乙烯(PE)保鲜膜包装(作为 CK);处理 II: 0.03 mm 聚氯乙烯(PVC)膜包装;处理 III: 0.018 mm CO<sub>2</sub> 高渗透保鲜(PE)膜包装,所有包装均为单层包装,在贮藏过程中均采用抿口。

PE 膜由北京华盾雪花有限公司提供,CO<sub>2</sub> 高渗透保鲜膜由山西省农业科学研究院提供,PVC 膜由天津市农业科学研究院提供。样品制备:每组处理取样 6 个果,将整个萼片取下,去除坚硬果柄;果皮采用超市采购的普通削皮器,取茄子表面的一层作为样品;果肉取除去萼片和果皮的部分作为样品,用液氮速冻,防止果肉褐变。

### 1.3 指标测定方法

外观指数测定参照 Barbagallo 等<sup>[14]</sup>的方法。由 6 人组成的评定小组人员对茄子的色泽、褐变、霉菌、腐烂等现象进行评价,外观指数评定分为 9 级,其中 9 级为新鲜、有光泽、完好的果实,各项指标完好;8~7 级为稍有变化,表面光泽下降;6~5 级为商品性明显下降;4~3 级为,失去商品性至食用价值最低限,表面粗糙、色泽变浅,果实略软,表面长菌;2~1 级为失去食用价值至腐烂变质,色泽变浅,霉菌并伴有霉味。

$$\text{外观指数} = \frac{\sum(\text{级数} \times \text{该级个数})}{\text{最高级数} \times \text{总个数}} \times 100\%$$

萼片损伤测定采用 Massolo 等<sup>[15]</sup>的方法,依据失

色部位所占面积的百分数表示,萼片损伤评定分为 5 级,其中 5 级为 100%褪绿褐变;4 级为 80%面积褪绿褐变;3 级为 60%面积褪绿褐变;2 级为 40%面积褪绿褐变;1 级为 10%面积褪绿褐变;0 级为翠绿,无褐变褪绿现象。

$$\text{萼片损伤} = \frac{\sum(\text{级数} \times \text{该级个数})}{\text{最高级数} \times \text{总个数}} \times 100\%$$

质量损失率的测定采用差量法。

$$\text{质量损失率} = \frac{\text{贮前质量} - \text{贮后质量}}{\text{贮前质量}} \times 100\%$$

花色素含量和总酚含量的测定均采用曹建康等<sup>[16]</sup>的方法,花青素和总酚含量测采用 1%盐酸-甲醇溶液提取,花青素以每克样品在波长 530 nm 和 600 nm 处吸光值之差表示,总酚含量以每克样品在波长 280 nm 处吸光值表示,每组样品重复 3 次。多酚氧化酶(PPO)活性采用 Hussain 等<sup>[17]</sup>的方法测定,每组样品重复 3 次。

### 1.4 数据分析

基础数据的整理采用 Excel 2003 软件,统计学软件 IBM SPSS Statistics 19 对 Excel 2003 整理的数据进行数据差异显著性分析,分析作图采用 Origin 8.5 作图软件。

## 2 结果分析

### 2.1 不同保鲜膜包装对长茄的外观指数的影响

长茄外观指数的依据茄子表皮色泽、褐变程度、萼片损伤、衰老、霉菌等现象评定<sup>[18]</sup>,由图 1 可知,长茄贮藏期间外观指数不断下降,这是因为在贮藏过程中出现表皮、萼片褐变,萼片出现霉菌、腐烂变质等现象,其中对照组贮藏 2 d 后,萼片表面出现褐变和霉菌,CO<sub>2</sub> 高渗透保鲜膜和 PVC 膜包装在贮藏 4 d 时出现较明显的褐变和霉菌,贮藏 6 d 后,PVC 膜外观指数显著高于对照组( $p < 0.05$ ),CO<sub>2</sub> 高渗透保鲜膜外观指数亦高于对照组,这说明 PVC 膜和 CO<sub>2</sub> 高渗透保鲜膜可较好地保持长茄外观品质。

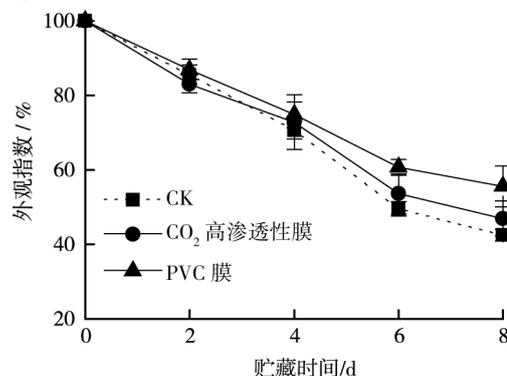


图 1 不同的保鲜膜包装对长茄的外观指数的影响  
Fig.1 Effect of different films packaging on appearance index of long-eggplant

## 2.2 不同保鲜膜包装对长茄萼片衰老的影响

长茄在贮藏过程中, 萼片衰老比果肉组织出现早, 是最先观察到的品质降低的指标, 具体表现为绿色消退<sup>[18]</sup>, 同时伴随有霉菌、褐变和腐烂现象。由图 2 可知, 与对照组相比, 贮藏 2 d 后, PVC 膜包装显著抑制了萼片的衰老 ( $p < 0.05$ ), CO<sub>2</sub> 高渗透保鲜膜亦抑制了萼片的衰老, 但与对照组间差异不显著 ( $p > 0.05$ ), 这说明 PVC 膜可有效地抑制长茄萼片的衰老。

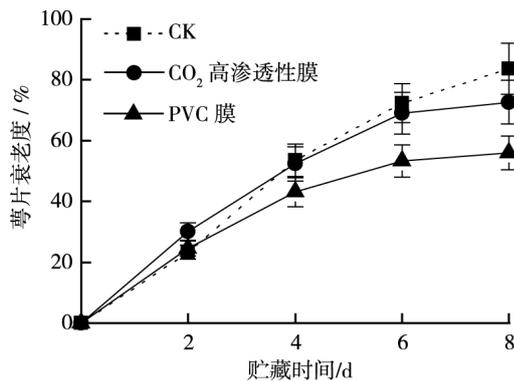


图 2 不同的保鲜膜包装对长茄的萼片衰老的影响  
Fig.2 Effect of different films packaging on senescence of long-eggplant sepal

## 2.3 不同保鲜膜包装对长茄质量损失的影响

呼吸作用和蒸腾作用中水分流失是导致果蔬采后质量损失的主要原因, 保鲜膜均有不同程度的透气透湿性, 而适当的水分流失可减少果蔬的腐烂和霉菌等现象。由图 3 可知, 长茄贮藏期间质量损失率逐渐升高, 均保持质量损失率低于 5% (商品性极限值), 其中 PVC 膜包装的长茄质量损失率升高最快, 其次是 CO<sub>2</sub> 高渗透保鲜膜, 而 2 种保鲜膜均较好维持了其外观品质, 说明适当的水分散失有利于保持长茄的品质。

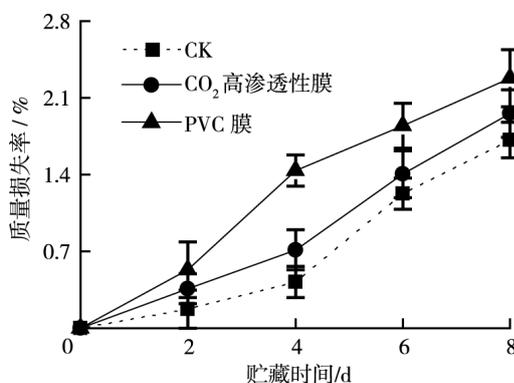


图 3 不同的保鲜膜包装对长茄质量损失率的影响  
Fig.3 Effect of different films packaging on weight loss of long-eggplant

## 2.4 不同保鲜膜包装对长茄果皮花青素含量的影响

茄子表皮颜色多样, 但紫色仍是至今为止人们最喜爱的, 果皮颜色成分主要是花青素, 花青素含量与茄子的成熟衰老相关<sup>[19]</sup>。由图 4 可知, 贮藏 2~6 d, 花青素含量逐渐下降, PVC 膜和 CO<sub>2</sub> 高渗透保鲜膜显著抑制了花青素含量的下降 ( $p < 0.05$ ), 贮藏至 8 d 时, 2 种保鲜膜花青素含量快速下降, 但仍高于对照组, 这说明适宜的保鲜膜包装可延缓花青素含量的降解, 抑制长茄的衰老。

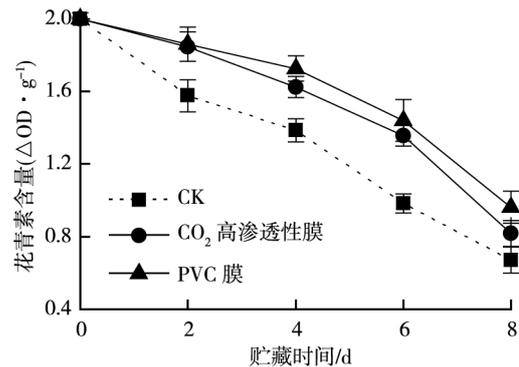


图 4 不同的保鲜膜包装对长茄的果皮花青素含量的影响  
Fig.4 Effect of different films packaging on anthocyanin content of long-eggplant peel

## 2.5 不同保鲜膜包装对长茄的总酚含量的影响

酚类物质是植物组织酶促褐变的最主要的一类底物, 是引起果蔬的酶促褐变反应的重要因素<sup>[20]</sup>。由图 5 可知, 贮藏 2~8 d, 萼片总酚含量升高, 高含量的酚类物质促进 PPO 酶活性, 加速褐变。与对照组相比, PVC 膜包装显著抑制了总酚含量的升高 ( $p < 0.05$ ), CO<sub>2</sub> 高渗透保鲜膜贮藏 6 d 后, 萼片总酚含量迅速升高, 但仍低于对照组, 这说明适宜的膜包装可抑制长茄萼总酚含量的升高, 延缓褐变速率。长茄果肉总酚含量的变化趋势与萼片相一致 (图 5), PVC 膜和 CO<sub>2</sub> 高渗透保鲜膜包装有效抑制果肉总酚含量的增加。

## 2.6 不同保鲜膜包装对长茄 PPO 活性的影响

多酚氧化酶 (PPO) 是植物组织酶促褐变反应和衰老相关过程中的主要酶类之一, 酶促褐变是引起果皮褐变的主要原因, PPO 在有氧条件下可将酚类物质催化生成褐色的醌类物质, 然后再与氨基酸通过氧化缩合生成黑褐色的聚合物<sup>[21]</sup>。由图 6 可知, 贮藏 2~8 d, PPO 活性逐渐升高, PVC 膜和 CO<sub>2</sub> 高渗透保鲜膜包装显著抑制了 PPO 活性升高 ( $p < 0.05$ ), 贮藏 4~8 d, 与对照组差异显著 ( $p < 0.05$ ), 说明适宜的保鲜膜包装可有效地抑制 PPO 活性, 进而延缓褐变的发生。

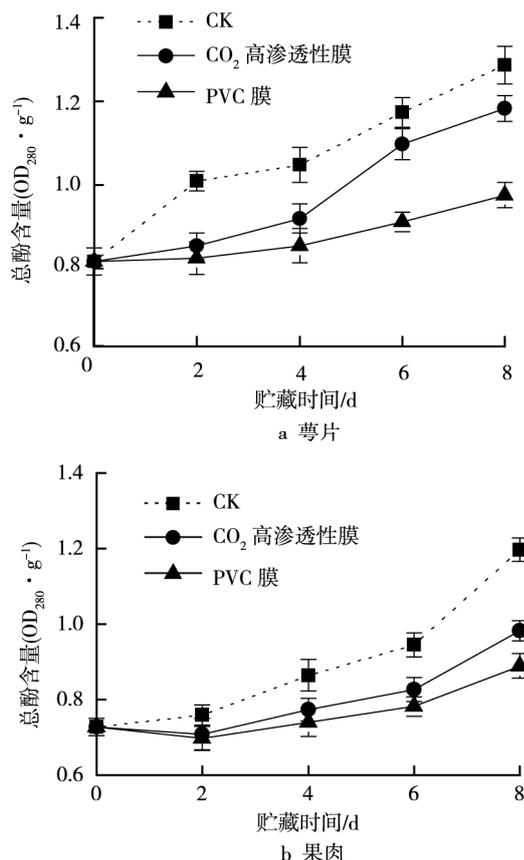


图5 不同保鲜膜包装对长茄的总酚含量的影响  
Fig.5 The effect of different films packaging on total phenolic content of long-eggplant

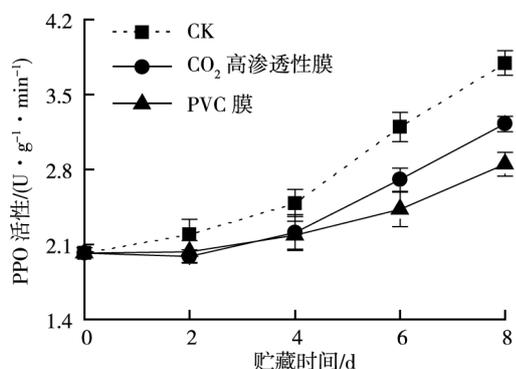


图6 不同保鲜膜包装对长茄 PPO 活性的影响  
Fig.6 Effect of different films packaging on PPO activity of long-eggplant

### 3 结语

适宜的保鲜膜包装在果蔬贮藏保鲜中起着重要的作用, 实验采用2种不同的保鲜膜包装处理长茄, 在室温(20±2)℃下贮藏, 结果表明, PVC膜和CO<sub>2</sub>高渗透保鲜膜包装可有效地抑制长茄外观品质劣变和萼片衰老, 控制水分散失, 延缓花青素含量的下降和总酚含量的积累, 同时抑制PPO活性的升高, 进而抑制酶促褐变反应, 保持长茄较好的外观品质、营养品质和商品价值, 其中PVC膜包装处理长茄的保

鲜效果更好。

### 参考文献:

- [1] ZHOU X H, LIU J, ZHANG Y. Selection of Appropriate Reference Genes in Eggplant for Quantitative Gene Expression Studies under Different Experimental Conditions[J]. Scientia Horticulturae, 2014, 176(2): 200—207.
- [2] BOUKEKBACHE M L, MEDOUNI L, MEDOUNI-ADRAR S, et al. Effect of Solvents Extraction on Phenolic Content and Antioxidant Activity of the Byproduct of Eggplant[J]. Industrial Crops and Products, 2013, 49(4): 668—674.
- [3] 赵云峰, 郑瑞生. 冷害对茄子果实贮藏品质的影响[J]. 食品科学, 2010, 31(10): 321—325.
- [4] ZHAO Yun-feng, ZHENG Rui-sheng. Effect of Chilling Injury on Storage Quality of Postharvest Eggplant Fruits[J]. Food Science, 2010, 31(10): 321—325.
- [5] 高慧, 张宏军, 康丽娜, 等. 2,4-表油菜素内酯对茄子果实贮藏品质及抗氧化活性的影响[J]. 西北植物学报, 2014, 34(8): 1614—1619.
- [6] GAO Hui, ZHANG Hong-jun, KANG Li-na, et al. Effect of 2,4-epibrassinolide on the Postharvest Quality and Antioxidant Activity of Eggplant Fruit[J]. Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica, 2014, 34(8): 1614—1619.
- [7] 李家政. 果蔬自发气调包装原理与应用[J]. 包装工程, 2011, 32(15): 33—38.
- [8] LI Jia-zheng. Principle and Application of Voluntary Modified Atmosphere Packaging for Fruit and Vegetable[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(15): 33—38.
- [9] 李家政, 杨卫东, 毕大鹏. 二氧化碳高渗透性膜包装对冬枣贮藏品质的影响[J]. 北方园艺, 2012(4): 146—149.
- [10] LI Jia-zheng, YANG Wei-dong, BI Da-peng. Effect of Packaging with Film of High Carbon Dioxide Permeability on Storage Properties of Jujube Fruit[J]. Northern Horticulture, 2012(4): 146—149.
- [11] 李家政, 杨卫东, 马俊. 二氧化碳高渗透性保鲜膜包装对鸭梨采后生理与贮藏品质的影响[J]. 保鲜与加工, 2012, 12(1): 16—19.
- [12] LI Jia-zheng, YANG Wei-dong, MA Jun. Effect of High Carbon Dioxide Permeability Film Packaging on Postharvest Physiology and Storage Properties of Yali Pear Fruit[J]. Storage & Process, 2012, 12(1): 16—19.
- [13] 王志华, 姜云斌, 王文辉, 等. 高渗CO<sub>2</sub>和PE保鲜袋对冷藏及货架期‘砀山酥梨’果实品质的影响[J]. 果树学报, 2015, 32(1): 128—135.
- [14] WANG Zhi-hua, JIANG Yun-bin, WANG Wen-hui, et al. Effect of High Carbon Dioxide Permeability and PE Film Bags on Quality of ‘Dangshansupear’ After Cold Storage[J]. Journal of Fruit Science, 2015, 32(1): 128—135.
- [15] 热孜万·阿不拉. PVC保鲜膜及其品质控制研究[J]. 塑料科技, 2015, 43(9): 51—53.

- REZIWAN · ABULA. Study on Quality Control Process of PVC Film for Food Wrapper[J]. *Plastic Science and Technology*, 2015, 43(9): 51—53.
- [10] 孙海燕. 1-MCP、MAP 和热处理对青椒贮藏生理及品质的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2006.  
SUN Hai-yan. The Effect of 1-MCP, MAP and Heat Treatment on Green Pepper's Physiology and Quality During the Storage[D]. Yangling: Northwest A & F University, 2006.
- [11] 赵春燕, 王淑琴, 刘诗阳, 等. 不同保鲜膜对嫩鲜蒜保鲜效果的影响[J]. *食品工业科技*, 2013, 34(4): 318—321.  
ZHAO Chun-yan, WANG Shu-qin, LIU Shi-yang, et al. Effect of Different Plastic Wraps on Storage Quality of Fresh Garlic[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2013, 34(4): 318—321.
- [12] 周任佳, 乔勇进, 王海宏, 等. 不同保鲜膜包装对鲜切哈密瓜品质的影响[J]. *华东师范大学学报(自然科学版)*, 2012(6): 131—138.  
ZHOU Ren-jia, QIAO Yong-jin, WANG Hai-hong, et al. Effect of Different Preservative Film Packages on the Quality of Fresh-cut Hami Melons[J]. *Journal of East China Normal University (Natural Science)*, 2012(6): 131—138.
- [13] 田蓉. 不同包装和不同 CO<sub>2</sub> 充气处理对红富士苹果保鲜效果及抗性生理的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2015.  
TIAN Rong. Effect of Different Packaging and Inflat-able Packaging at Different CO<sub>2</sub> Concentrations on Postharvest Quality and Resistance Physiology of red Fuji Apple[J]. Yangling: Northwest A & F University, 2015.
- [14] BARBAGALLO R N, CHISARI M, CAPUTA G. Effects of Calcium Citrate and Ascorbate as Inhibitors of Browning and Softening in Minimally Processed 'Birgah' Eggplants[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2012, 73(3): 107—114.
- [15] MASSOLO J F, CONCELLÓN A, CHAVES A R, et al. 1-Methylcyclopropene (1-MCP) Delays Senescence, Maintains Quality and Reduces Browning of Non-climacteric Eggplant (*Solanum Melongena* L) Fruit[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2011, 59(1): 10—15.
- [16] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬菜后生理生化实验指导[M]. 第 2 版. 北京: 中国轻工业出版社, 2011.  
CAO Jian-kang, JIANG Wei-bo, ZHAO Yu-mei. *Postharvest Fruit and Vegetables Physiological and Biochemical Guidance*[M]. 2nd ed. Beijing: China Light Industry Press, 2011.
- [17] HUSSAIN P R, OMEERA A, SURADKAR P P, et al. Effect of Combination Treatment of Gamma Irradiation and Ascorbic Acid on Physicochemical and Microbial Quality of Minimally Processed Eggplant (*Solanum melongena* L)[J]. *Radiation Physics and Chemistry*, 2014, 103: 131—141.
- [18] ZARO M J, KEUNCHKARIAN S, CHAVES A R, et al. Changes in Bioactive Compounds and Response to Postharvest Storage Conditions in Purple Eggplants as Affected by Fruit Development[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2014, 96(2): 110—117.
- [19] CONCELLÓN A, ANÓN M C, CHAVES A R. Effect of Low Temperature Storage on Physical and Physiological Characteristics of Eggplant Fruit (*Solanum Melongena* L)[J]. *LWT* 2007, 40(3): 389—396.
- [20] 范林林, 高丽朴, 左进华, 等. 外源硝普钠处理对茄子贮藏过程中品质的影响[J]. *食品科学*, 2015, 36(22): 222—226.  
FAN Lin-lin, GAO Li-pu, ZUO Jin-hua, et al. Effect of Exogenous Sodium Nitroprusside Treatment on Eggplant Quality During Storage[J]. *Food Science*, 2015, 36(22): 222—226.
- [21] 陈瑞琴, 刘保华, 王果, 等. 不同荔枝品种采后果皮褐变与多酚氧化酶关系的研究[J]. *热带作物学报*, 2012, 33(7): 1261—1266.  
CHEN Rui-qin, LIU Bao-hua, WANG Guo, et al. Relationship between Polyphenol Oxidase and Postharvest Pericarp Browning in Different Lichi Cultivars[J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2012, 33(7): 1261—1266.