

包装技术与工程

## 热水处理对预包装鲜切马铃薯品质的影响

张迎娟, 樊彩虹, 张敏

(西南大学, 重庆 400715)

**摘要:** **目的** 研究不同热处理时间对预包装鲜切马铃薯品质的影响。**方法** 采用60℃热水对预包装鲜切马铃薯进行处理,时间分别为0.5,1.0,1.5 min。测定贮藏中的亮度 $L^*$ 值,颜色饱和度 $C^*$ 值,细胞膜透性,多酚氧化酶(PPO)和过氧化物酶(POD)活性,感官品质等指标,并进行比较分析。**结果** 在温度为4℃的保存条件下,60℃热水处理1 min能较好地维持鲜切马铃薯的白度,保持细胞膜的完整性,抑制PPO和POD的活性,延缓鲜切马铃薯的褐变。**结论** 热水处理可以改善鲜切马铃薯的品质,1 min热水处理组贮藏至第6天时仍具有良好的商品品质。

**关键词:** 热水处理; 预包装; 鲜切马铃薯; 保鲜; 褐变

**中图分类号:** S609+.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2014)17-0001-05

## Effects of Hot Water Treatment on Quality of Pre-packaged Fresh-cut Potatoes

ZHANG Ying-juan, FAN Cai-hong, ZHANG Min

(Southwest University, Chongqing 400715, China)

**ABSTRACT:** **Objective** To study the effects of different thermal treatment time on the quality of pre-packaged fresh-cut potatoes. **Methods** The pre-packaged fresh-cut potatoes were treated with hot water (60℃) for 0.5 min, 1.0 min, and 1.5 min. The  $L^*$  value,  $C^*$  value, membrane permeation, PPO and POD activity, as well as sensory index were determined during storage and comparatively analyzed. **Results** 60℃ hot water treatment for 1 min could relatively well keep the quality of fresh-cut potatoes in the process of storage at 4℃. It showed that the whiteness was well kept. The integrity of cell membrane was preserved and the activities of POD and PPO were effectively inhibited, which lagged the browning of fresh-cut potatoes. **Conclusion** Hot water treatment improved the storage quality. The fresh-cut potatoes after 1 min hot water treatment were still of good quality after 6 days of storage.

**KEY WORDS:** hot water treatment; pre-packaged; fresh-cut potato; preservation; browning

鲜切果蔬是以新鲜果蔬为原料,经清洗、去皮、切割或切分、修整、包装等加工过程而制成的果蔬制品。鲜切果蔬作为食品工业的一种新兴产品,自20世纪50年代起源于美国后迅速发展<sup>[1]</sup>。随着我国人们生活水平的提高和生活节奏的加快,鲜切果蔬以

其营养、新鲜、洁净、方便等特点,越来越受到我国消费者的欢迎。在众多的鲜切果蔬中,去皮切分的马铃薯是消费量较大的一种<sup>[2,3]</sup>。马铃薯是营养价值很高的食品,含有丰富的碳水化合物、蛋白质、维生素、矿物质和人体必需的氨基酸等多种营养物质,有“地

收稿日期: 2014-04-27

基金项目: 重庆市科技攻关应用技术研发类重点项目(cstc2012gg-yyjsB80003); 中央高校基本科研业务费专项资金资助(XDJK2013C130)

作者简介: 张迎娟(1991—),女,山东人,西南大学本科生,主攻食品包装技术。

通讯作者: 张敏(1975—),男,湖南人,硕士,西南大学副教授,主要研究方向为食品包装材料及技术。

下苹果”之称<sup>[4]</sup>。由于马铃薯在切分时因机械损伤引发了一系列不利于保鲜的生理生化反应,即使在预包装后,产品腐烂依然迅速,品质大为降低,因此,对预包装鲜切马铃薯进行保鲜处理,以延长其货架期显得十分重要<sup>[5]</sup>。

近年来,热处理作为一种安全有效的果蔬保鲜手段,已经在多种蔬菜水果的保鲜中得到应用,引起了广泛重视。热处理是将果蔬在采后置于适当的温度下处理一段时间,杀死或抑制病原菌的活力,降低某些与生理代谢相关的酶活性,从而达到减少果蔬腐烂、延长果蔬保鲜期的目的。热处理的方法有热空气、热蒸汽、热水浸泡、远红外线及微波处理等<sup>[6]</sup>。有研究表明,热处理可以有效保持鲜切山药<sup>[7]</sup>、牛蒡<sup>[8]</sup>、草莓<sup>[9]</sup>和鲜切梨<sup>[10]</sup>等农产品的品质。在没有热伤害的情况下,马铃薯切块可以承受 57.5 ℃ 的高温<sup>[11]</sup>。这里以鲜切马铃薯为材料,研究热处理对其保鲜品质的影响,为预包装鲜切马铃薯的保鲜提供理论依据。在预实验中,分别用 50, 60, 70 ℃ 的热水处理鲜切马铃薯 0.5, 1.0, 1.5 min, 发现 60 ℃ 热水处理效果最好。

## 1 实验

### 1.1 材料

材料:马铃薯,购于重庆市北碚菜市场,新鲜带泥,大小一致,无机械损伤,成熟度一致,少芽眼,均为同一品种;一次性可降解塑料托盘;市售 PE 保鲜膜(厚为 0.09 mm)。

### 1.2 试剂

试剂:愈创木酚、邻苯二酚、无水醋酸钠、冰醋酸、质量分数为 30% 的  $H_2O_2$ 、PEG6000(聚乙二醇 6000)、PVPP(聚乙烯吡咯烷酮)、Triton X-100,均为分析纯。

### 1.3 仪器

仪器:1-15 PK SIGMA 冷冻离心机,德国 SIGMA 公司;Ultra Scan PRO 色差仪,美国 Hunter Lab 公司;岛津 UV-2450PC 紫外可见分光光度计,日本岛津公司;DDS-307A 数字电导率仪,上海大普仪器有限公司。

## 1.4 方法

### 1.4.1 实验设计

将马铃薯清洗、去皮后,切成厚  $(6 \pm 1)$  mm 的薄片,放在清水里轻轻浸洗 1 遍。用 60 ℃ 的热水分别处理 0.5, 1.0, 1.5 min 后,用纱布轻轻拭干,单层摆放在托盘里(每盘装 6 片),待马铃薯片冷却到室温后,用保鲜膜包装;未经热水处理马铃薯切片作为对照。均放到 4 ℃ 恒温恒湿箱中贮藏。每天抽样评定检测 1 次,当天的测定值取切后 1 h 的测定值,记为第 0 天。

### 1.4.2 指标测定

1)  $L^*$  和  $C^*$  值。参照 Holcroft 等人的方法<sup>[12]</sup>,用色差仪进行测定,对鲜切马铃薯的  $L^*$  值和  $C^*$  值进行比较分析。

2) 细胞膜透性。参照刘战丽的方法<sup>[13]</sup>,将马铃薯切成厚 2 mm 的圆片,称取 2 g 放入 50 ml 蒸馏水中,在室温 12 ℃、水温 12 ℃ 下恒温浸泡 1 h,搅拌均匀后用电导率仪测定浸提液的电导率。然后,在沸水中加热 30 min,自然冷却至 12 ℃,加蒸馏水至 50 ml,再测定其全渗电导率。以马铃薯初始电导率与全渗电导率的比值作为细胞膜透性变化的指标。重复 3 次测定。

3) 多酚氧化酶(PPO)活性。参考 Francesco 的方法<sup>[14]</sup>进行测定。

4) 过氧化物酶(POD)活性。参考 Cano 和 Lobo 的方法<sup>[15]</sup>进行测定。

5) 感官品质。参考苏亚东的方法<sup>[16]</sup>,对色泽、气味、质感进行评定。总体感官分数为色泽、气味、质感分数之和,低于 8 分时失去商品价值。每天测 1 次,6 人进行评分,计算平均值。感官品质评定标准见表 1。

表 1 感官品质评定标准

Tab.1 Sensory quality standard of potato

| 分值 | 色泽       | 气味          | 质感           |
|----|----------|-------------|--------------|
| 5  | 表面洁白、有光泽 | 具有马铃薯特有的清香味 | 切片表面新鲜,无失水现象 |
| 4  | 稍变色      | 具有轻微的马铃薯香味  | 表面微干         |
| 3  | 20%面积褐变  | 无明显味道       | 表面干燥         |
| 2  | 50%面积变褐  | 有轻微异味       | 表面干燥、粗糙      |
| 1  | 表面几乎全部褐变 | 有臭味、酸味      | 表面干燥、失水严重    |

### 1.4.3 数据分析

采用SPSS statistics 17.0软件进行数据分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 $L^*$ 和 $C^*$ 值

$L^*$ 值可以反映贮藏过程中鲜切马铃薯表面褐变的程度。各组 $L^*$ 值随贮藏时间的变化见图1,可以看出,在贮藏过程中,各组 $L^*$ 值都呈下降趋势。对照组 $L^*$ 值下降最快,1 min热处理组 $L^*$ 值下降最慢。与对照组相比,1 min热水处理组能显著抑制马铃薯切片亮度下降( $P<0.01$ ),0.5 min和1.5 min热水处理组 $L^*$ 值之间差别不大,下降速度在对照组和1 min热水处理组之间。黄光荣<sup>[17]</sup>在研究热水处理切分莴苣的实验中,发现热处理也可以减缓鲜切莴苣的褐变。

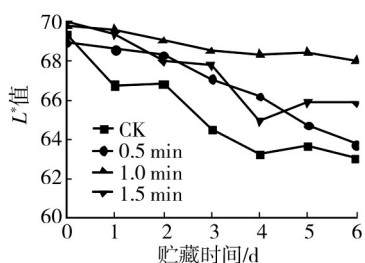


图1 马铃薯贮藏过程中 $L^*$ 值的变化

Fig.1 Change of  $L^*$  value of potatoes during fresh-keeping storage

颜色饱和度 $C^*$ 值,反映色彩接近自然色光的程度。鲜切马铃薯 $C^*$ 值随贮藏时间的变化见图2,可以看出,随贮藏时间的延长,鲜切马铃薯 $C^*$ 值有上升趋势,但在不同处理时间条件下 $C^*$ 值差异不明显( $P>0.05$ )。

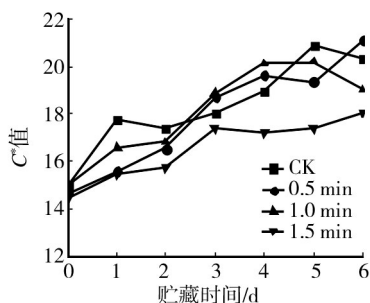


图2 马铃薯贮藏过程中 $C^*$ 值的变化

Fig.2 Change of  $C^*$  value of potatoes during fresh-keeping storage

综上分析,经热水处理的鲜切马铃薯能更好地保持原有颜色,1 min热处理效果最好。

### 2.2 细胞膜透性

细胞膜降解会导致正常细胞功能的丧失,引起许多次级反应,最常见的就是组织褐变<sup>[18]</sup>。细胞膜透性的高低可以反应细胞膜的降解程度。细胞膜透性随贮藏时间的变化见图3,可以看出,对照组细胞膜透性始终居于最高水平,热水处理组相对较低。其中,1 min热水处理组细胞膜透性从第2天开始始终处于最低水平;0.5 min和1.5 min热处理组介于对照组和1 min热水组之间。贮藏至第6天时,对照组细胞膜透性是1 min热水处理组的1.14倍。与对照组相比,1 min热水处理组较好地抑制了细胞膜透性的上升。陈会燕等<sup>[19]</sup>在热水处理鲜切菠萝的实验中 also 发现热处理可以更好地保持细胞膜的完整性。

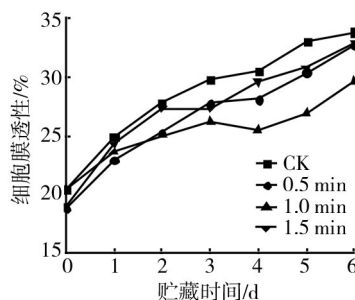


图3 马铃薯贮藏过程中细胞膜透性的变化

Fig.3 Change of membrane permeation of potatoes during fresh-keeping storage

### 2.3 多酚氧化酶(PPO)活性

PPO是引起果蔬褐变的主要酶类。PPO酶活性随贮藏时间的变化见图4,可以看出,对照组的PPO酶活性处于较高水平,而热水处理组的PPO酶活性相对较低。从第2天开始,1.5 min热水处理组的PPO酶活性始终处于最低水平,0.5 min和1 min处理组的水平接近,介于对照组和1.5 min热处理组之间。较对照组,热水处理显著抑制了PPO酶活性( $P<0.01$ )。鲁莉莎<sup>[20]</sup>在实验中发现,热处理也可以抑制鲜切生菜PPO酶活性的升高。热处理之所以会降低PPO酶活性,可能是因为热激处理诱导植物组织优先合成热激蛋白,从而抑制了PPO酶的合成<sup>[21]</sup>。

### 2.4 过氧化物酶(POD)活性

POD可催化酚类物质氧化并引发褐变<sup>[22]</sup>。在贮藏

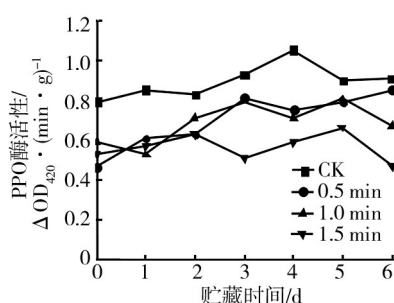


图4 马铃薯贮藏过程中PPO酶活性的变化

Fig.4 Change of PPO activity of potatoes during fresh-keeping storage

期间, POD酶活性的变化见图5,可以看出,对照组和1.5 min热处理组的POD酶活性处于较高水平;0.5 min和1 min处理组的POD酶活性处于较低水平。当贮藏至第6天时,各组POD酶活性达到最大值。其中,1.5 min处理组的POD酶活性最高,对照组次之,1 min处理组最低。对照组是1 min热水处理组的2.6倍。1 min热水处理组较对照组可以显著抑制POD酶活性( $P<0.01$ )。热处理可以抑制POD酶活性,可能是因为热处理减少了衰老过程中自由基尤其是活性氧的产生和积累,从而减轻了体内自由基对POD酶活性的催化作用<sup>[23]</sup>。郝浩永等<sup>[24]</sup>发现热处理也可以抑制番茄的POD酶活性。

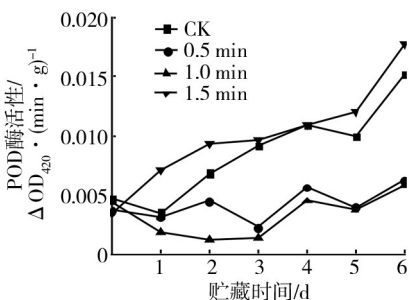


图5 马铃薯贮藏过程中POD酶活性的变化

Fig.5 Change of POD activity of potatoes during fresh-keeping storage

## 2.5 感官品质

感官品质会影响人们对产品的第一印象。在贮藏期间,鲜切马铃薯感官品质变化见图6,可以看出,在贮藏过程的前3d,4组鲜切马铃薯的总体感官品质急剧下降,以后几天下降较缓慢。1.5 min热水处理组总体感官品质最差,其次是对照组,贮藏品质最好

的是1 min热水处理组;当贮藏至第3天时,对照组表面干燥,有30%的面积发生褐变;当贮存至第6天时,对照组有45%的面积发生褐变,表面粗糙干燥,并有轻微异味,1 min热水处理组有20%的面积褐变,表面微干,无异味。由此可见,60℃的热水处理1 min可以更好地维持鲜切马铃薯贮藏期间的感官品质。综合前面相关生理指标的测定与分析,感官得分与其相符合。

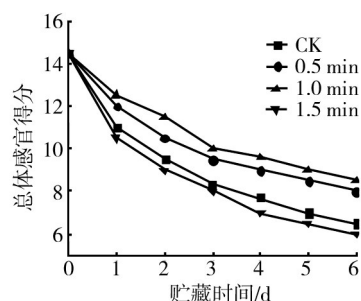


图6 马铃薯贮藏过程中感官评分的变化

Fig.6 Change of sensory score of potatoes during fresh-keeping storage

## 3 结语

切割伤害会破坏细胞膜的完整性,诱导相关酶的活性,促使切块褐变,降低鲜切马铃薯的品质<sup>[25]</sup>。在低温(4℃)贮藏时,未经热水处理的鲜切马铃薯感官品质下降迅速,褐变加深,在第4天时失去商品价值。相比之下,经0.5 min和1 min热水处理的鲜切马铃薯切片仍有较好品质,1.5 min热水处理组由于热处理时间较长,效果并不理想。

综合各项测定指标,1 min热水处理效果最好,马铃薯切片 $L^*$ 值高,细胞膜透性低,PPO和POD酶活性低,总体感官品质好,在贮藏至第6天时仍具有商品价值。

## 参考文献:

- [1] ROBERT C S F, OLGA M B. New Advances in Extending the Shelf-life of Fresh—Cut Fruits: A Review[J]. Trends in Food Science and Technology, 2003, 14(2): 341—353.
- [2] MCHUGH T H, SENESI E. Apple Wraps: A Novel Methods to Improve the Quality and Extend the Shelf Life of Fresh Cut Apple[J]. Journal of Food Science, 2000, 65(3): 480—485.
- [3] 陈海光, 姚青. 切片马铃薯护色及涂膜保鲜[J]. 食品与机



- 械, 2004, 20(3): 20—22.
- CHENG Hai-guang, YAO Qing. Browning Control and Film Preservative Technology of Potato Slice[J]. Food and Machinery, 2004, 20(3): 20—22.
- [4] 姚晓敏, 赵金香, 储刘明. 马铃薯褐变的控制[J]. 上海农学院学报, 2000, 18(1): 40—45.
- YAO Xiao-min, ZHAO Jin-xiang, CHU Liu-ming. A Study on Polyphenol Oxidase of Potato[J]. Journal of Shanghai Agricultural College, 2000, 18(1): 40—45.
- [5] 高珊珊, 王建清, 刘冰, 等. LiCl/DMAc 法纤维素保鲜膜对鲜切马铃薯保鲜效果研究[J]. 包装工程, 2008, 29(11): 16—18.
- GAO Shan-shan, WANG Jian-qing, LIU Bing, et al. Research on the Fresh-keeping Effect of cellulose Film from LiCl/DMAc Process to Fresh-cut Potato[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(11): 16—18.
- [6] 梁志宏, 吕英忠. 采后热处理技术在果蔬保鲜中的应用[J]. 农产品加工(上), 2013(9): 38—39.
- LIANG Zhi-hong, LYU Ying-zhong. Effects of Heat Treatment on Postharvest Preservation of Fruits and Vegetables[J]. Farm Products Processing, 2013(9): 38—39.
- [7] 范文广, 王庆国, 毛春芳. 热处理控制鲜切山药褐变研究[J]. 食品与发酵科技, 2009, 45(2): 38—40.
- FAN Wen-guang, WANG Qing-guo, MAO Chun-fang. Heat Treatment on Controlling Browning of Fresh-cut Yam[J]. Food and Fermentation Technology, 2009, 45(2): 38—40.
- [8] 冯岩岩, 王庆国. 热激处理抑制牛蒡鲜切片褐变的研究[J]. 园艺学报, 2012, 39(11): 2258—2264.
- FENG Yan-yan, WANG Qing-guo. Studies on Heat Shock Inhibiting the Browning of Fresh-cut Burdock[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2012, 39(11): 2258—2264.
- [9] 杜正顺, 巩惠芳, 汪良驹, 等. 热水预处理延长冷藏草莓果实保鲜效应的研究[J]. 江苏农业学报, 2008, 24(6): 922—928.
- DU Zheng-shun, GONG Hui-fang, WANG Liang-ju, et al. Hot Water Pretreatment Extending Preservation of Cold-stored Strawberry Fruits[J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2008, 24(6): 922—928.
- [10] ABREU M, SARA B D C, ELSA M G, et al. Use of Mild Heat Pre-treatments for Quality Retention of Fresh-cut 'Rocha' Pear[J]. Postharvest Biology and Technology, 2003, 30: 153—160.
- [11] TSOUVALTZIS P, DELTSIDIS A, BRECHT J K, et al. Hot Water Treatment and Pre-processing Storage Reduce Browning Development in Fresh-cut Potato Slices[J]. Hort Science, 2011, 46(9): 1282—1286.
- [12] HOLCROFT D M. Controlled Atmosphere-induced Changes in pH and Organic Acid Metabolism May Affect Color of Stored Strawberry Fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 1999(17): 19—32.
- [13] 刘战丽, 王相友, 朱继英, 等. 高氧气调贮藏下双孢蘑菇品质和抗性物质变化[J]. 农业工程学报, 2010, 26(5): 362—366.
- LIU Zhan-li, WANG Xiang-you, ZHU Ji-ying, et al. Effects of High Oxygen Atmosphere on Quality and Resistant Substance of Mushroom[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(5): 362—366.
- [14] FRANCESCO P, DANILA T, GIANLUCA G. Inhibition of Apple Polyphenol Oxidase (PPO) By Ascorbic Acid, Citric Acid and Sodium Chloride[J]. Food Processing and Preservation, 1993, 17: 21—30.
- [15] CANO M P, LOBO M G. Polyphenol Oxidase in Long-term Frozen Stored Papaya Slices. Differences Among Hermaphrodite and Female Papaya Fruits[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1998, 76: 135—141.
- [16] 苏亚东, 王庆国, 陈玉贞, 等. 热激处理对黄瓜片保鲜效果的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(3): 381—387.
- SU Ya-dong, WANG Qing-guo, CHEN Yu-zhen, et al. Effects of Hot-shock Treatments on Storage of Fresh-cut Cucumbers[J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(3): 381—387.
- [17] 黄光荣, 蒋家新. 温和热处理对鲜切莴苣酶促褐变的抑制试验[J]. 食品工业, 2002(4): 35—36.
- HUANG Guang-rong, JIANG Jia-xin. Effects of Mild Heat Treatment on Enzymatic Browning inhibition of Fresh-cut Lettuce[J]. The Food Industry, 2002(4): 35—36.
- [18] LAMIKANRA O. 鲜切果蔬科学、技术与市场[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.
- LAMIKANRA O. Fresh-cut Fruits and Vegetables Science, Technology and Market[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2008.
- [19] 陈会燕, 冯志宏, 陈嘉, 等. 热处理对鲜切菠萝贮藏品质的影响[J]. 农产品加工学刊, 2010, 220(9): 67—68.
- CHEN Hui-yan, FENG Zhi-hong, CHEN Jia, et al. Effect of Heat Treatment on Fresh-cut Pineapple[J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2010, 220(9): 67—68.
- [20] 鲁丽莎, 乔勇进, 段丹萍. 热处理对鲜切生菜生理生化品质的影响[J]. 江西农业大学学报, 2010, 32(3): 451—457.
- LU Li-sha, QIAO Yong-jin, DUAN Dan-ping. Effects of Hot

(下转第32页)

- Packaging Structure for LCD with Large Plane[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(8): 52—54.
- [8] 马国鹭, 刘丽贤, 曾国英. 长虹某型电视机包装的跌落冲击响应分析[J]. 包装工程, 2008, 29(9): 6—7.
- MA Guo-lu, LIU Li-xian, ZENG Guo-ying. Dropping Impact Analysis of the Packaging Structure of Changhong Television [J]. Packaging Engineering, 2008, 29(9): 6—7.
- [9] YANG J, ZHAO XD, Ji Z. Drop Simulation and Cushioning Package Analysis of 19-inch LCD[C]// International Conference on Packaging Technology and Science. Ningbo, 2012: 582—585.
- [10] 赵郁聪, 张丽娜, 刘乘. 液晶电视跌落测试动态脆值分析[J]. 包装工程, 2013, 34(9): 40—42.
- ZHAO Yu-cong, ZHANG Li-na, LIU Cheng. Analysis of Dynamic Fragility of LCD TV in Drop Test[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(9): 40—42.
- [11] PAULIN K, BATT G, DAUM M. Statistical Analysis of the Stress-energy Methodology Applied to Cushion Curve Determination[J]. Journal of Testing and Evaluation, 2013, 41(3): 409—416.
- [12] ZHONG C, SAITO K, KAWAGUCHI K. Improvement of Equivalent Drop Theory for Transport Packaging[J]. Packaging Technology and Science, 2013, 26(2): 67—81.
- [13] ZHAO D F, MA G L, ZENG G Y. Optimal Design of Television Packaging Based on Drop Analysis[C]// International Conference on Advances in Materials and Manufacturing Processes. Shenzhen, 2011: 713—716.
- [14] WANG Y H, BAO L, JIN H M. A Method Research to Obtain Quickly the Vibration Transmissibility of Cushioning Packaging Materials[C]// 2nd International Conference on Advanced Engineering Materials and Technology (AEMT). Zhuhai, 2012: 87—90.
- [15] 赵礼辉. ESL法在汽车结构优化设计中的应用[D]. 上海: 上海交通大学, 2009.
- ZHAO Li-hui. Application of ESLM in Optimal Design of Automobile Structure[D]. Shanghai: Shanghai Jiaotong University, 2009.
- [16] MARTIN P B, SIGMUND O. Topology Optimization: Theory Methods and Applications[M]. New York: Springer-verlag Berlin and Heidelberg, 2003.
- [17] 张胜兰, 郑冬黎, 郝琪, 等. 基于HyperWorks的结构优化技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- ZHANG Sheng-lan, ZHENG Dong-li, HAO Qi, et al. Based on the HyperWorks Structure Optimization Technology[M]. Beijing: Machinery Industry Press, 2007.
- [18] 梅建平, 张涛. 平板显示产品缓冲包装方法及其设计要领[J]. 中国包装工业, 2005(6): 34—38.
- MEI Jian-ping, ZHAO Tao. Packaging Method and Design Key of the Board Products[J]. China Packaging Industry, 2005(6): 34—38.

(上接第5页)

- Water Treatment on Physiological and Biochemical Quality of Fresh-cut Lettuce[J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2010, 32(3): 451—457.
- [21] 马玉荣. 鲜切马铃薯褐变控制研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2010.
- MA Yu-rong. Browning Inhibition of Fresh-cut Potato[D]. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2010.
- [22] 张资. 蔬菜采后热处理抗氧化机理的研究[D]. 天津: 天津大学, 2009.
- ZHANG Zi. Study on Antioxidative Mechanism of Vegetables by Postharvest Heat Treatment[D]. Tianjin: Tianjin University, 2009.
- [23] 孙芝杨, 钱建亚. 果蔬酶促褐变机理及酶促褐变抑制研究进展[J]. 中国食物与营养, 2007(3): 22—24.
- SUN Zhi-yang, QIAN Jian-ya. Advances in Research on Mechanism of Enzymatic Browning and Inhibition Methods for Fruits and Vegetables[J]. Food and Nutrition in China, 2007(3): 22—24.
- [24] 郝浩永, 陈莉, 张伟峰. 采后热处理对番茄保鲜效果的影响[J]. 农业与技术, 2009, 29(1): 27—29.
- HAO Hao-yong, CHEN Li, ZHANG Wei-feng. Effects of Heat Treatment on Postharvest Preservation of Tomato[J]. Agriculture and Technology, 2009, 29(1): 27—29.
- [25] 刘程慧, 胡文忠, 姜爱丽. 不同贮藏温度下鲜切马铃薯的生理生化变化[J]. 食品与机械, 2008, 24(2): 38—42.
- LIU Cheng-hui, HU Wen-zhong, JIANG Ai-li. Physio-biochemical Changes of Fresh-cut Potato at Different Storage Temperatures[J]. Food and Machinery, 2008, 24(2): 38—42.