

技术专论

新鲜竹笋气调保鲜技术的研究

王洪霞, 张敏

(西南大学 食品科学学院, 重庆 400715)

摘要: 采用 $O_2(2\%) + CO_2(5\%) + N_2(93\%)$, $O_2(80\%) + CO_2(5\%) + N_2(15\%)$, $O_2(80\%) + CO_2(20\%)$ 气调比例包装新鲜竹笋, 研究不同气调处理对竹笋保鲜效果的影响。评测竹笋在保存期间水分损失率、 L 值、电导率、多酚氧化酶活力、过氧化物酶活力、抗坏血酸、感官品质的变化。结果显示, $O_2(80\%) + CO_2(20\%)$ 组水分损失少, L 值变化小, 电导率上升缓慢, PPO, POD 酶活力低, 抗坏血酸含量高, 感官品质得分高, 贮藏保鲜效果好, 贮藏至 15 d, 仍具有良好的商品品质。

关键词: 竹笋; 高氧气调; 保鲜

中图分类号: S609⁺.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2013)17-0020-06

On MAP Technology of Fresh Bamboo Shoots

WANG Hong-xia, ZHANG Min

(College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China)

Abstract: Bamboo shoots were packaged in CPE bags with different gas ratio, i. e., $O_2(2\%) + CO_2(5\%) + N_2(93\%)$, $O_2(80\%) + CO_2(5\%) + N_2(15\%)$ and $O_2(80\%) + CO_2(20\%)$. The preservation effect of different modified atmospheres on fresh bamboo shoots was studied. Water loss, L value, conductivity, polyphenol oxidase (PPO) activity, peroxidase (POD) activity, ascorbic acid content, and sensory index were determined. The results indicated that water loss, the change of L value and conductivity, the activity of PPO and POD, and sensory change were the lowest in the package with $O_2(80\%) + CO_2(20\%)$, in which bamboo shoots were still of good quality with high level of ascorbic acid content after 15 days of storage.

Key words: bamboo shoots; high oxygen modified atmosphere; preservation

竹笋是竹笋的芽, 又名竹胎、竹萌, 食用部分为肥嫩的芽或鞭梢。鲜竹笋含水高, 它含有人体所需的蛋白质和多达 17 种氨基酸, 还含有人体所必需的多种微量元素和丰富的食物纤维。竹笋味鲜质脆, 营养丰富, 素有“素食第一品”之美称, 可以促进消化, 养颜美容, 还能治疗高血压、高血糖、高血脂, 防癌, 增强抵抗力, 具有十分明显的保健功能, 是人们公认的“健康食品”^[1-2]。

我国是产竹笋大国, 然而竹笋采收期短, 多在春夏高温高湿的季节进行。竹笋被挖掘后, 由于其含水

量高, 呼吸作用旺盛, 消耗大量营养物质, 容易失水老化, 且上市期集中, 常温下 2 ~ 3 d 即失去商品价值和食用价值, 导致竹笋贮运困难, 所以竹笋保鲜显得尤为重要。

目前竹笋保鲜方法有低温贮藏、气调贮藏、臭氧贮藏、化学药剂贮藏、微波贮藏、涂膜贮藏等^[3]。气调包装(MAP)^[4]是置换包装中的气体, 降低食品在相应气体环境下的腐败率, 以延长保鲜期, 其应用在近几年得到迅猛发展^[5-7]。高氧气调(O_2 的体积分数大于 70%)也引起了广泛关注^[8], 有研究表明高氧单独

收稿日期: 2013-06-08

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); 国家级大学生创新创业训练计划(201210635026)

作者简介: 王洪霞(1991-), 女, 四川达州人, 西南大学本科生, 主要研究方向为食品包装技术。

通讯作者: 张敏(1975-), 男, 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。

或结合高二氧化碳处理时,可以有效地抑制果蔬腐烂病原微生物的生长^[9-12],还能保持苹果、枇杷、龙眼、草莓和甜樱桃等水果的贮藏品质^[13]。高氧除了能抑制病原微生物的生长,有效地减少果蔬采后腐烂率,还可以有效地降低果蔬无氧呼吸,影响乙烯释放量,抑制酶促褐变^[14]。同时二氧化碳具有抗菌活性,它在所用混合气体中占极其重要的成分,Tian 等^[15]认为高浓度 CO₂ 处理甜樱桃后,能减少其由病原真菌引起的腐烂。Gil^[16]等研究也表明,高二氧化碳能减少草莓的腐烂,延长货架期。

目前,国内外未见高氧冷藏竹笋的报道。笔者主要研究高氧及高二氧化碳对竹笋保鲜效果的影响。

1 实验

1.1 材料 with 处理

实验材料:麻竹笋(重庆市批发市场市售竹笋,当天采收,立即运回实验室);CPE(流延聚乙烯)塑料袋(30 cm×20 cm,袋厚为 50 μm)。

1.2 试剂

实验试剂:2,6-二氯酚靛酚,草酸,抗坏血酸,碳酸氢钠,邻苯二酚,愈创木酚,PEG(聚乙二醇),PVPP(聚乙烯吡咯烷酮),Triton X-100(聚乙二醇辛基苯基醚),冰醋酸,无水醋酸钠,质量分数为 30% 双氧水,均为分析纯。

1.3 仪器与设备

实验仪器与设备:MAP-500D 气调包装机,上海炬钢机械制造有限公司;UV-2450PC 紫外可见分光光度计,日本岛津公司;UltraScan® PRO 测色仪,美国 HunterLab 公司;TA. XT2i Texture Analyser 物性测定仪,英国 Stable Micro Systems 公司;1-15 PK SIGMA 冷冻离心机,德国 SIGMA 公司;DDS-11A 数字电导率仪,上海大普仪器有限公司。

1.4 方法

1.4.1 实验设计与分组

选择大小均一、无虫害、无机械损伤的竹笋进行处理,剥壳后,每个托盘放 3 根竹笋,并进行气调包装,气体配比见表 1,空气包装的竹笋为对照组 CK,均放在 4 ℃ 下贮藏,每 3 d 抽样评定与检测 1 次。

1.4.2 指标测定

1) 水分损失率。竹笋含水量参照 GB 12100《淀粉水解产品含水量测定方法》测定。

表 1 MAP 气体组成及比例

Tab.1 Gas composition of modified atmosphere packaging %

处理组	体积分数		
	O ₂	CO ₂	N ₂
MAP ₁	2	5	93
MAP ₂	80	5	15
MAP ₃	80	20	0

水分损失率 $I = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\%$
式中: m_1 为入库时竹笋含水量; m_2 为取样时竹笋含水量。

2) L 值测定。参照 Maria I. Gil 等^[17]的方法,用测色仪测定竹笋中部表面的 L 值, L 值代表亮度。

3) 硬度测定。用 TA-XT2i 型质构仪检测笋中部硬度,探头直径为 5 mm,测试深度为 5 mm,贯入速度为 2 mm/s,取最大值,重复 10 次,取平均值,单位为 kg/cm²。

4) 电导率。电导率测定按邹琦的方法^[18]。取相同部位的竹笋切成 2 mm 厚的薄片,用蒸馏水洗涤 1 次后,加 30 mL 蒸馏水静置 1 min,略微搅拌后用电导率仪测定其电导率值。

5) 多酚氧化酶(polyphenoloxidase, PPO) 活性的测定。参考 Francesco 的方法^[19]。

6) 过氧化物酶(peroxidase, POD) 活性的测定。参考 Cano 和 Lobo^[20]的方法。

7) 抗坏血酸。采用 2,6-二氯酚靛酚法。

8) 感官品质。参考杨乐^[21]的方法,并加以改进,对色泽、气味进行评定。每 3 d 评定 1 次,5 人进行评分,计算平均值。感官品质评定标准见表 2。

表 2 感官品质评定标准

Tab.2 Sensory quality standard of bamboo shoots

分值	色泽	气味
5	切口新鲜,笋体颜色洁白,有光泽	具有笋体特有的清香味
4	切口干燥、粗糙,笋体表面潮湿,稍变色	具有轻微的笋香味
3	切口有少量霉菌,笋体表面开始腐败,颜色变深	无明显味道
2	切口有大量霉菌,笋体品质明显下降,颜色变褐	有轻微的异味
1	切口、笋体均有大量霉菌,不可食,深褐色	具有浓烈的臭味及酸味

2 结果与分析

2.1 水分损失率

竹笋含水量高,在贮藏过程中,由于呼吸作用和蒸腾作用易失水。竹笋随贮藏时间延长其水分损失率变化见图 1。贮藏至第 3 d 时,各组水分损失率陡增,CK 组水分损失率最大,MAP₂ 水分损失最低,CK 组是 MAP₂ 的 2.2 倍。贮藏至第 15 d 时,CK 组的水分损失率仍保持最大,达 6.9%,MAP₂,MAP₃ 组水分损失率相对较低,分别为 4.5%,4.2%。MAP₂,MAP₃ 能显著抑制竹笋水分损失($P<0.01$)。吴颖等用高氧对巨峰葡萄进行处理,发现高氧气调也可明显减少水分的损失^[22]。

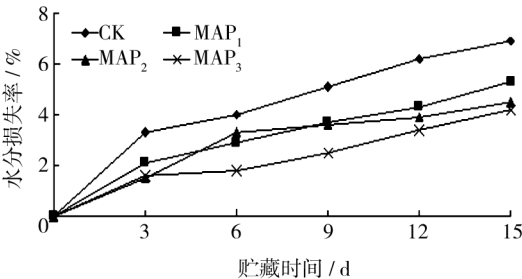


图 1 竹笋贮藏过程中的水分损失率

Fig. 1 Water loss of bamboo shoots during fresh-keeping storage

2.2 L 值

亮度(L 值)是衡量果实色泽的重要指标。图 2 反应了竹笋贮藏过程中表面亮度的变化。由图 2 可知,各组竹笋表面亮度持续下降,CK 组下降得最快,气调组下降速度相对较缓。贮藏前 6 d,气调组亮度变化很小,CK 组明显下降。贮藏至第 15 d 时,各组

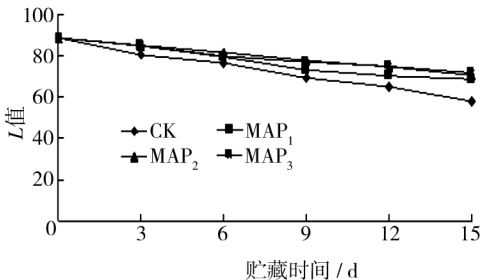


图 2 竹笋贮藏过程中 L 值变化

Fig. 2 Change of L value of bamboo shoots during fresh-keeping storage

变化迥异,MAP₁ 亮度维持较高,CK 组亮度最低,此时已是深褐色。MAP₂,MAP₃ 亮度最高,能显著抑制竹笋亮度下降($P<0.01$)。这一结果与感官品质变化一致。FenandoAyala-Zav-ala 等^[23]用高氧处理草莓 14 d 后,保持了较高的 L 值。

2.3 硬度

采后竹笋木质素含量迅速增加,从而导致竹笋组织硬度增加,可食用率下降^[24]。

竹笋贮藏期间,其硬度会逐渐增加。竹笋硬度随时间变化的曲线见图 3。贮藏至第 6 d 时,各组硬度

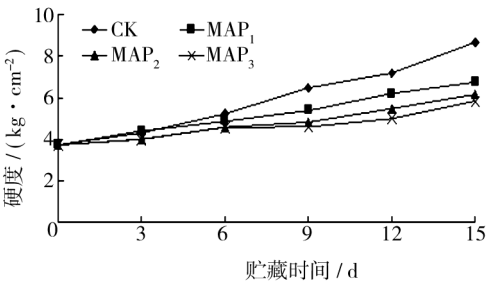


图 3 竹笋硬度随时间变化的曲线

Fig. 3 Firmness of bamboo shoots with fresh-keeping storage time

增加不明显。随着贮藏时间的延长,各组硬度变化的差异增大。由图 3 可以看出,在整个贮藏期间 MAP₁,MAP₂,MAP₃ 组均比 CK 组硬度低。贮藏至第 15 d 时,CK 组的硬度最高为 8.662 kg/cm²,MAP₃ 组的硬度最低为 5.836 kg/cm²。O₂(80%)+CO₂(20%)处理能显著抑制竹笋硬度的增加($P<0.05$)。

2.4 电导率

组织细胞原生质膜的透性可以通过电导率的测定进行判断。由图 4 可知,竹笋贮藏过程中电导率呈上升趋势。贮藏前 9 d,CK 组电导率迅速上升,气调组电导率上升平缓。贮藏至第 15 d 时,MAP₂,MAP₃ 电导率变化小,CK 组电导率上升最大,达 29.53 μs/cm,是

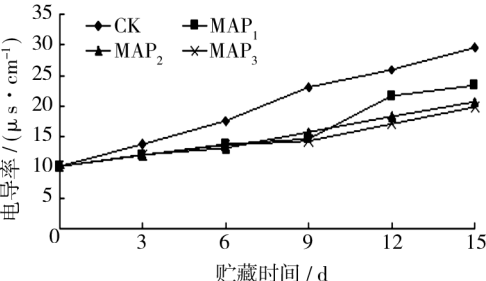


图 4 竹笋贮藏过程中电导率随时间的变化曲线

Fig. 4 Change of conductivity of bamboo shoots with storage time

MAP₃ 的 1.48 倍。MAP₂, MAP₃ 能显著抑制电导率上升 ($P<0.05$)。有实验表明,高氧气调处理冬枣能显著抑制其膜透性的增加,并能够维持保护酶系在货架期的活性,有减缓衰老的效果^[25]。

2.5 抗坏血酸

维生素 C 是果蔬重要的营养物质和抗氧化生理活性物质,其含量的高低既可以反映果蔬品质的好坏,又能反映其采后衰老的程度。

竹笋随贮藏时间的延长,其抗坏血酸含量总体呈下降趋势,高氧处理对它有重要影响(见图 5)。贮藏

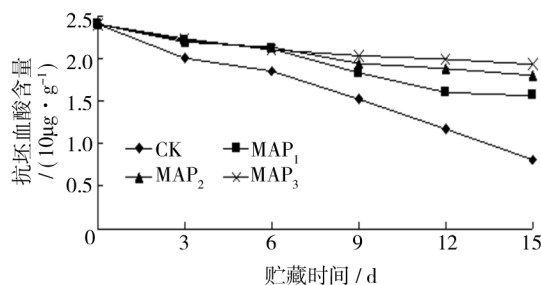


图 5 竹笋贮藏过程中抗坏血酸含量的变化

Fig. 5 Change of ascorbic acid content of bamboo shoots during fresh-keeping storage

期间,气调组的抗坏血酸的含量均比 CK 组高,高氧气调处理组相对于低氧气调处理组的抗坏血酸含量高。贮藏至第 6 d 时,CK 组抗坏血酸含量急剧下降,气调组抗坏血酸含量变化比较平缓,之后各组含量变化各异。贮藏至第 15 d 时,MAP₃ 组抗坏血酸含量是 CK 组的 2.4 倍。MAP₃, MAP₂ 能极显著保持抗坏血酸的含量 ($P<0.01$)。由此可知高氧气调处理有利于延缓抗坏血酸的下降,保持竹笋良好的品质。有研究表明,杨梅在 5℃ 经 12 d 高氧(体积分数为 60% ~ 100%)处理,可减少贮藏腐烂率,并保持较高的 Vc 含量^[26]。

2.6 PPO

PPO 是引起果蔬褐变的主要酶类,导致酶促褐变,产生暗褐色黑色素。多酚氧化酶活性越大,褐变速度越快。由图 6 可以看出竹笋贮藏过程中 PPO 活性变化趋势。贮藏前 6 d,各组酶活性均有不同程度的上升,这个现象与李鹏霞等^[27]在高氧处理冬枣的研究中 PPO 酶活性变化一致。贮藏至第 6 d 时,各组 PPO 酶活性达最大,CK 组 PPO 酶活性在各组中是最高的,但是之后,均持续下降。贮藏至第 15 d 时,各组酶活性降到最低,气调组比 CK 组低。MAP₃ 能显

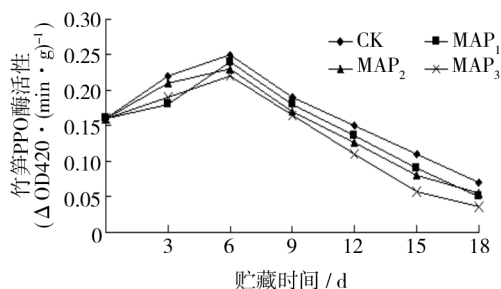


图 6 竹笋贮藏过程中 PPO 酶活性的变化

Fig. 6 Change of PPO activity of bamboo shoots during fresh-keeping storage

著抑制 PPO 酶活性 ($P<0.05$)。有研究证明,枇杷果实经高氧处理,可显著抑制贮藏期果实多酚氧化酶(PPO)活性,果心褐变程度轻^[28]。

2.7 POD

POD 是氧自由基的清除剂,可以催化 H_2O_2 变成 H_2O ,其活性的大小可以反映细胞内氧自由基的多少。POD 活性上升并参与酚类物质的氧化和聚合而导致果皮褐变。

贮藏过程中,POD 酶活性持续上升,见图 7。整

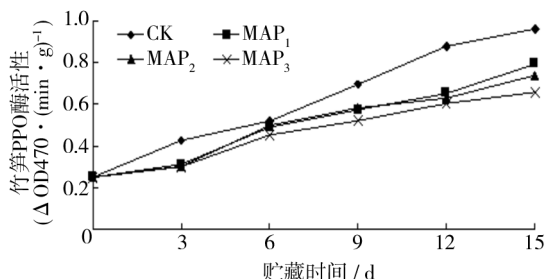


图 7 竹笋贮藏过程中 POD 酶活性变化

Fig. 7 Change of POD activity of bamboo shoots during fresh-keeping storage

个过程中,CK 组酶活性相对较高,气调组 POD 酶活性相对较低。贮藏至第 9 d 时,CK 组 POD 酶活性是 MAP₃ 组的 1.3 倍。贮藏至第 15 d 时,CK 组最高,是 MAP₃ 的 1.5 倍。MAP₃ 能极显著延缓 POD 酶活性增加 ($P<0.01$),竹笋品质较好。

2.8 感官品质分析

竹笋贮藏期间感官品质变化见图 8。贮藏至第 9 d 时,CK 组感官品质明显下降,切口有大量霉菌,部分腐烂,有轻微的异味,气调组贮藏效果较好。贮藏至 15 d 时,CK 组切口、笋体具有大量霉菌,腐烂部位扩大,有浓烈的臭味及酸味,不可食用;其次是低氧气

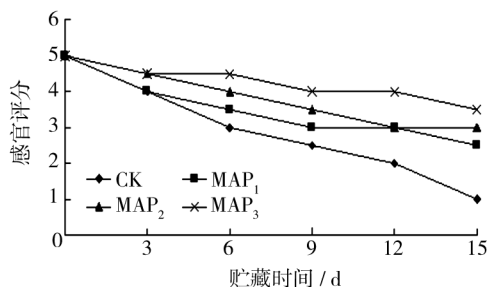


图8 竹笋贮藏过程中感官评分变化

Fig. 8 Change of sensory score change of bamboo shoots during fresh-keeping storage

调组 MAP₁, 切口有少量霉菌, 笋体表面部分腐烂; 贮藏效果较好的是高氧气调组 MAP₂, MAP₃, 切口干燥、粗糙, 其中贮藏效果最好的是 MAP₃, 仍具有轻微的笋体特有清香味。有实验证明, 高氧处理可显著抑制草莓果实贮藏期间的腐烂, 且 O₂ 浓度越高, 果实腐烂率越低, 以 100% O₂ 处理对果实防腐的作用最大^[29]。

3 结论

竹笋在采后维持生命活动的代谢过程中, 水分不断蒸发, 笋体失水萎蔫。随着贮藏时间延长, 竹笋生理代谢会消耗各种营养物质。在给竹笋去壳剥皮时, 其切口造成了果蔬细胞中酶与底物区域化分布状态受到破坏, 从而使各种酶与底物得以直接接触, 发生生理反应^[30]。该试验中, 在 4℃ 下贮藏时, 空气包装组竹笋迅速失水, 硬度增加, 褐变加深, 在第 15 d 时, 完全不可食用。相比之下, 气调组在第 15 d 时, 仍有较好的品质。此时低氧气调组, 切口有少量霉菌, 部分腐烂, 几乎没有竹笋清香气味。高氧气调组效果良好, 几乎无霉菌腐烂, 保持了竹笋特有的清香味, 可食用。

高氧气调中, CO₂ (80%) + O₂ (20%) 贮藏效果最好, 水分损失率最低, 笋体轻微萎蔫, 色泽较好, 具有清香味, 其膜透性最低; 竹笋生理代谢消耗的营养物质少, 抗坏血酸含量高; PPO, POD 酶活维持较低, L 值保持较高, 竹笋品质好。

参考文献:

- [1] OUZOUNI P K, PETRIDIS D, RIGANAKOS K A, et al. Nutritional Value and Metal Content of Wild Edible Mushrooms Collected From West Macedonia and Epirus, Greece [J]. Food Chemistry, 2009, 115: 1575-1580.
- [2] OUZOUNI P K, RIGANAKOS K A. Nutritional Value and Metal Content Profile of Greek Wild Edible Fungi [J]. Acta Alimentaria, 2007, 36 (1): 99-110.
- [3] 张君君, 黄世能, 赵霞. 保鲜剂应用于食用笋的研究进展 [J]. 食品工业科技, 2010, 31 (7): 379-381.
ZHANG Jun-jun, HUANG Shi-neng, ZHAO Xia. Research Advance of the Preservative for Edible Shoots [J]. Science and Technology of Food Industry, 2010, 31 (7): 379-381.
- [4] SANDHYA. Modified Atmosphere Packaging of Fresh Produce: Current Status and Future Needs [J]. LWT-Food Science and Technology, 2010, 43 (3): 381-392.
- [5] 朱东红, 王昊. 草菇气调保鲜包装研究 [J]. 包装工程, 1999, 20 (1): 23-25.
ZHU Dong-hong, WANG Hao. Research of the CAP Technology for Keeping Fresh of Mushroom [J]. Packaging Engineering, 1999, 20 (1): 23-25.
- [6] OMS-OLIU G, RAYBAUDI-MASSILIA R M. Effect of Super Atmospheric and Low Oxygen Modified Atmospheres on Shelf-life Extension of Fresh-cut Melon [J]. Food Control, 2008, 19: 191-199.
- [7] 周晓庆, 胡蓉, 邹凯, 等. MAP 技术在新鲜食用菌包装保鲜中的研究进展 [J]. 包装工程, 2010, 31 (15): 117-121.
ZHOU Xiao-qing, HU Rong, ZOU Kai, et al. Research Progress of MAP Technology on Fresh-keeping Packaging of Fresh Edible Fungi [J]. Packaging Engineering, 2010, 31 (15): 117-121.
- [8] DAY B P F. High Oxygen Modified Atmosphere Packaging for Fresh Prepared Produce [J]. Postharv News Info, 1996, 7 (3): 31-34.
- [9] CHARLES F, SANCHEZ J, GONTARD N. Absorption Kinetics of Oxygen and Carbon Dioxide Scavengers as Part of Active Modified Atmosphere Packaging [J]. Journal of Food Engineering, 2006, 72: 1-7.
- [10] KADER A A, BEN-YEHOSHUA S. Effects of Super Atmospheric Oxygen Levels on Postharvest Physiology and Quality of Fresh Fruits and Vegetables [J]. Postharvest Biology and Technology, 2000, 20: 1-13.
- [11] TIAN S P, XU Y, JIANG A L, et al. Physiological and Quality Responses of Longan Fruit to High O₂ or High CO₂ Atmospheres in Storage [J]. Postharvest Biology and Technology, 2002, 24: 335-340.
- [12] 赵素芬, 刘晓艳. 高氧气调包装对冷鲜肉的保鲜研究 [J]. 包装工程, 2010, 31 (15): 15-17.
ZHAO Su-fen, LIU Xiao-yan. Study on High Oxygen Modified Atmosphere Packaging for Chilled Fresh Pork [J]. Packaging Engineering, 2010, 31 (15): 15-17.

- [13] WSZELAKI A L, MITCHAM E J. Effects of Super Atmospheric Oxygen on Strawberry Fruit Quality and Decay[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2000, 20: 125-133.
- [14] LU C W, TOIVONEN P M. Effect of 1 and 100 kPa O₂ Atmospheric Pretreatments of Whole Spartan Apples on Subsequent Quality and Shelf Life of Slices Stored in Modified Atmosphere Packages[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2000(18): 99-107.
- [15] TIAN S P, JIANG A L, XU Y, et al. Responses of Physiology and Quality of Sweet Cherry Fruit to Different Atmospheres in Storage[J]. *Food Chemistry*, 2004, 87: 43-49.
- [16] GIL M I, HOLCROFT D M, KADER A A. Changes in Strawberry Anthocyanins in Response to Carbon Dioxide Treatments[J]. *J Agric Food Chem*, 1997, 45(5): 1662-7.
- [17] MARIA I G, DEIRDRE M H, KADER A A. Changes in Strawberry Anthocyanins and Other Polyphenols in Response to Carbon Dioxide Treatments[J]. *J Agric Food Chem*, 1997(45): 1662-1667.
- [18] 邹琦. 植物生理生化实验指导[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1995: 94-96.
- ZHOU Qi. *Plant Physiology and Biochemistry: A Laboratory Manual*[M]. Beijing: Chinese Agriculture University Press, 1995: 94-96.
- [19] FRANCESCO P, DANILA T, GIANLUCA G. Inhibition of Apple Polyphenoloxidase (PPO) by Ascorbic Acid, Citric Acid and Sodium Chloride[J]. *Food Proc Pres*, 1993, 17: 21-30.
- [20] Cano M P, Lobo M G. Peroxidase and 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.
- [21] 杨乐, 王洪新. 不同可食性膜对方竹笋保鲜效果的影响[J]. *食品工业科技*, 2011, 32(2): 305-308.
- YANG Le, WANG Hong-xin. Effect of Different Edible Coatings Preservative on the Preservation of Chimonobarnbusa Busa Utilis Shoots[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2011, 32(2): 305-308.
- [22] 吴颖, 邓云, 李云飞, 等. 高氧对巨峰葡萄冷藏和货架期品质的影响[J]. *农业工程学报*, 2005, 21(8): 184-186.
- WU Ying, DENG Yun, LI Yun-fei, et al. Effects of High O₂ Atmosphere on Quality and Shelf Life of "Kyoho" Table Grapes During Cold Storage[J]. *Transactions of the CSAE*, 2005, 21(8): 184-186.
- [23] FERNANDOAYALA-ZAVALA J, WANG S Y, WANG C Y. High Oxygen Treatment Increases Antioxidant Capacity and Postharvest Life of Strawberry Fruit[J]. *Food Technol Bio-*
- technol*, 2007, 45(2): 166-173.
- [24] 罗自生. GA3 处理对采后竹笋木质化及内源激素水平的影响[J]. *园艺学报*, 2005, 32(3): 454-457.
- LUO Zi-sheng. Effects of GA3 Treatment on Lignification and Endogenous Hormone Levels of Postharvest Bamboo Shoots[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2005, 32(3): 454-457.
- [25] 王贵禧, 李鹏霞, 梁丽松, 等. 高氧处理对冬枣货架期膜脂过氧化和保护酶活性的影响[J]. *园艺学报*, 2006, 33(2): 372-376.
- WANG Gui-xi, LI Peng-xia, LIANG Li-song, et al. Effect of Postharvest High-oxygen Treatments on "Dongzao" Jujube Mem-brane Lipids Peroxidation and Defensive Enzyme Activities during Shelf-life[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2006, 33(2): 372-376.
- [26] 杨震峰, 郑永华, 冯磊, 等. 高氧处理对杨梅果实采后腐烂和品质的影响[J]. *园艺学报*, 2005, 32(1): 94-96.
- YANG Zhen-feng, ZHENG Yon-ghua, FENG Lei, et al. Effect of High Oxygen Treatments on Fruit Decay and Quality in Chinese Bayberry[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2005, 32(1): 94-96.
- [27] 李鹏霞, 王贵禧, 梁丽松, 等. 高氧处理对冬枣货架期呼吸强度及品质变化的影响[J]. *农业工程学报*, 2006: 22(7): 180-183.
- LI Peng-xia, WANG Gui-xi, LIANG Li-song, et al. Effects of High-oxygen Treatments on Respiration Intensity and Quality of "Dongzao" Jujube during Shelf-life[J]. *Transactions of the CSAE*, 2006, 22(7): 180-183.
- [28] 郑永华, 苏新国, 李欠盛. 高氧对枇杷果实贮藏期呼吸速率和多酚氧化酶活性及品质的影响[J]. *植物生理学通讯*, 2000, 36(4): 318-320.
- ZHENG Yong-hua, SU Xin-guo, LI Qian-sheng. The Effect of High Oxygen on Respiratory Rate, Polyphenol Oxidase Activity and Quality in Postharvest Loquat Fruits[J]. *Plant Physiology Communications*, 2000, 36(4): 318-320.
- [29] 陈学红, 郑永华, 杨震峰, 等. 高氧处理对草莓采后腐烂和品质的影响[J]. *农业工程学报*, 2004, 20(5): 200-202.
- CHEN Xue-hong, ZHENG Yong-hua, YANG Zhen-feng. Effect of High Oxygen Treatments on Fruit Decay and Quality of Strawberries[J]. *Transactions of the CSAE*, 2004, 20(5): 200-202.
- [30] 潘永贵, 施瑞城. 采后果蔬受机械伤害的生理生化反应[J]. *植物生理学通讯*, 2000, 36(6): 568-572.
- PAN Yong-gui, SHI Rui-cheng. Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables Responding to Mechanical Stress[J]. *Plant Physiology Communications*, 2000, 36(6): 568-572.