

# 1-甲基环丙烯联合壳聚糖对鲜切马铃薯保鲜效果的影响

李玲, 郭衍银

(山东理工大学农业工程与食品科学学院, 山东淄博 255049)

**摘要:** 本研究为了分析鲜切马铃薯的贮存特性以及确定鲜切马铃薯贮存的最适条件, 用 1-甲基环丙烯(1-MCP)和壳聚糖联合处理鲜切马铃薯。固定 1-MCP 浓度为 2  $\mu\text{L/L}$ , 然后设置壳聚糖含量分别为 0.1%、0.5%、1.0%和 1.5%处理鲜切马铃薯, 在 8  $^{\circ}\text{C}$  条件下贮藏, 通过对鲜切马铃薯贮存品质指标以及呼吸强度等生理生化特性的研究, 探讨鲜切马铃薯的保鲜效果。结果表明, 1-MCP+1.5%壳聚糖处理效果最佳, 它能维持较低的呼吸速率, 维持较高的过氧化物酶(POD)、超氧化物歧化酶(SOD)活性, 延缓了丙二醛(MDA)的积累, 抑制多酚氧化酶(PPO)活性和褐变, 保持维生素 C 含量; 其次是 1-MCP+1.0%壳聚糖处理, 其后依次是 1-MCP+1.0%壳聚糖、1-MCP、1-MCP+0.5%壳聚糖、1-MCP+0.1%壳聚糖处理, 而空对照(CK)的处理效果是最差的。本研究结果表明, 1-MCP+1.5%壳聚糖处理可以很好的保鲜鲜切马铃薯。

**关键词:** 鲜切; 马铃薯; 1-甲基环丙烯; 壳聚糖; 保鲜

**文章编号:** 1673-9078(2013)8-1893-1897

## Effects of 1-MCP Combined Chitosan on Storage Quality of Fresh-cut Potato

LI Ling, GUO Yan-yin

(School of Agricultural and Food Engineering, Shandong University of Technology, Zibo 255049, China)

**Abstract:** The effects of 1-methylcyclopropene (1-MCP) combined chitosan on storage quality of fresh-cut potato during storage were investigated by treatment of the fresh-cut potato with the mixture of 1-MCP (2  $\mu\text{L/L}$ ) and chitosan (0.1~1.5%) and using fresh-cut potato without any reagent as check treatment (CK). The mixture of 1-MCP and 1.5% chitosan (1-MCP+1.5% chitosan treatment) showed to be the most effective treatment during the whole storage, followed by 1-MCP+1.0% chitosan, 1-MCP+1.0% chitosan, 1-MCP, 1-MCP+0.5% chitosan and 1-MCP+0.1% chitosan. 1-MCP+1.5% chitosan treatment could maintain high activities of SOD and POD, delay the accumulation of MDA and decrease the Vc content and inhibit the activity of PPO and browning of fresh-cut potato, thus significantly maintain the storage quality of fresh-cut potato.

**Key words:** fresh-cut; potato; chitosan; 1-methylcyclopropene; preservation

随着人们生活节奏的加快和生活水平的提高, 鲜切果蔬因其新鲜、健康、卫生、方便等特点而深受人们的喜爱<sup>[1-2]</sup>; 响应了人们从“从农田到餐桌”的呼声。此外, 鲜切果蔬减少了城市生活垃圾, 改善了环境<sup>[3]</sup>。由此可见, 发展鲜切果蔬具有巨大的市场需求和潜力。

马铃薯是全球粮食系统的重要组成部分, 长期以

收稿日期: 2013-04-22

基金项目: 山东理工大学大学生创新研究项目(20120019)

作者简介: 李玲(1987-), 女, 在读硕士, 主要从事农产品贮藏与加工技术研究

通讯作者: 郭衍银(1976-), 男, 博士, 副教授, 主要从事农产品贮藏与加工技术研究

来都是西方国家的主食, 同时也可用作果蔬来食用。马铃薯营养价值和药用价值很高, 一直以来深受人们的喜爱。我国是种植和消费马铃薯最大的国家。近年来我国的马铃薯消费仍一直持续增长。因此, 鲜切马铃薯具有一定的实际意义和应用前景<sup>[4]</sup>。

马铃薯中含有 PPO 和内源性多酚类底物及酚类衍生物, 鲜切马铃薯在加工制作过程中, 会经过去皮和切分, 酶与底物相接触, 在酶的催化作用下, 多酚类物质会发生一系列的反应, 最终生成黑色素, 导致褐变, 从而使马铃薯的感官品质降低, 其商品价值也随之降低<sup>[5]</sup>。传统的马铃薯抗褐变的方法有很多, 但都有一定的局限性。如加热处理会导致质地软化, 亚硫化物会引发食品安全问题等<sup>[5]</sup>。壳聚糖和 1-MCP 这两

种物质提高了鲜切马铃薯的食用和商品价值,可以很好地对鲜切马铃薯进行保鲜,延长鲜切马铃薯的货架期。

1-MCP(1-Methyl-cyclopropene)是一种抑制剂,是近些年来发现的一种以乙烯为受体的抑制剂。控制乙烯的作用的方法有很多种,但就在基因水平上来说有5种可能的方法,而这其中的一种途径就是抑制乙烯受体<sup>[6]</sup>。1-MCP与受体的结合会破坏乙烯信号转导,乙烯生理效应的发挥受到抑制<sup>[7]</sup>。壳聚糖可以在果蔬的表面形成一种薄膜,这层薄膜能减少果蔬的散失水分、降低其呼吸、物质代谢和蒸腾以及防止果蔬褐变等,进而起到贮藏保鲜、减缓衰老的作用<sup>[8]</sup>。目前关于1-MCP、壳聚糖在果蔬贮藏方面的应用已有一些报道<sup>[9-12]</sup>,但是1-MCP联合壳聚糖用于鲜切果蔬还很少,探讨适宜浓度的1-MCP联合壳聚糖用于鲜切马铃薯的贮藏保鲜还未见报道。因此,本实验主要从这方面进行研究。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

马铃薯采自山东省寿光市蔬菜示范园,品种是普通的马铃薯,采后随即被运回山东理工大学农业工程与食品科学学院实验室,选取大小接近、无病虫害、无机械伤的马铃薯,在3℃条件下预冷6h。

### 1.2 试验设计

将预冷后的马铃薯分成两份,一份置于0.4 m<sup>3</sup>的气调箱,用浓度为2 μL/L的1-MCP处理24 h;另一份置于气调箱内不作任何处理。将上述2份马铃薯冲洗干净,吸干水分,然后把马铃薯去皮,切成直径为2~2.5 cm、厚度为0.2~0.3 cm的薄切片。用5%过氧化氢消毒对切片消毒处理10 min,随后用清水洗净。

将用1-MCP处理后的马铃薯片分成5份放置,其中的四份分别用0.1%、0.5%、1.0%、1.5%的壳聚糖处理10 min(处理代号分别为1-MCP+0.1%壳聚糖、1-MCP+0.5%壳聚糖、1-MCP+1.0%壳聚糖、1-MCP+1.5%壳聚糖),剩余的一份不用壳聚糖处理(处理代号是1-MCP)。气调箱中未用1-MCP处理的马铃薯切片不使用壳聚糖处理,作为对照(CK)。

将上述马铃薯片各自放进30 cm×20 cm的塑料盒中,将塑料盒放入聚乙烯袋中(提前打好5~8个孔)。放入10℃恒温培养箱中保存。每隔两天进行取样(随机取样),测定相关指标。

### 1.3 指标测定

呼吸强度,POD、SOD、和MDA含量、PPO活性,褐变度,维生素C,失重率,含水量的测定。

呼吸强度采用气相色谱法(Varian CP-3800, Agilent Technologies, Lexington, MA, USA)测定,测定时,柱温、TCD和FID分别设置为50℃、100℃和150℃。

SOD、POD活性和MDA含量参照李合生所介绍的方法<sup>[13]</sup>测定;PPO活性的测定参照李忠光<sup>[14]</sup>所介绍的方法。

褐变度(Browning degree, BD)测定:L值用全自动色差仪测定。L值越大,表示亮度越高,褐变越轻;反之,L值越小,褐变越严重。维生素C采用2,6-二氯酚靛酚测定。失重率和含水量用称量法测定。

### 1.4 数据处理

所得的数据用SPSS 13.0软件进行LSD显著性分析,P性分析1为显著水平,试验各处理均重复3次,并求其平均值和标准差,用Excel作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 壳聚糖和1-MCP对鲜切马铃薯呼吸强度的影响

的影响

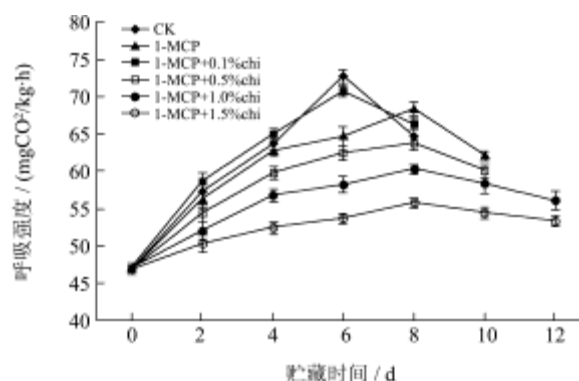


图1 壳聚糖和1-MCP对鲜切马铃薯呼吸速率的影响

Fig.1 Effect of chitosan and 1-MCP on Respiratory rate of fresh-cut potato

由图1可知,在整个贮藏期间,各处理的鲜切马铃薯呼吸速率均呈先上升后下降的趋势。但是其出现峰值的时间和峰值大小都有一定的差异。1-MCP+0.1%壳聚糖和CK处理峰值出现在第6d,峰值分别为72.78 mg CO<sub>2</sub>/(kg·h)和70.77 mg CO<sub>2</sub>/(kg·h);而1-MCP+1.0%壳聚糖和1-MCP+1.5%壳聚糖处理的鲜切马铃薯峰值出现在第8d。总体而言,1-MCP+1.5%

壳聚糖处理呼吸速率始终保持较低水平,且变化趋势平稳。

## 2.2 壳聚糖和 1-MCP 对鲜切马铃薯 SOD 和

### POD 活性的影响

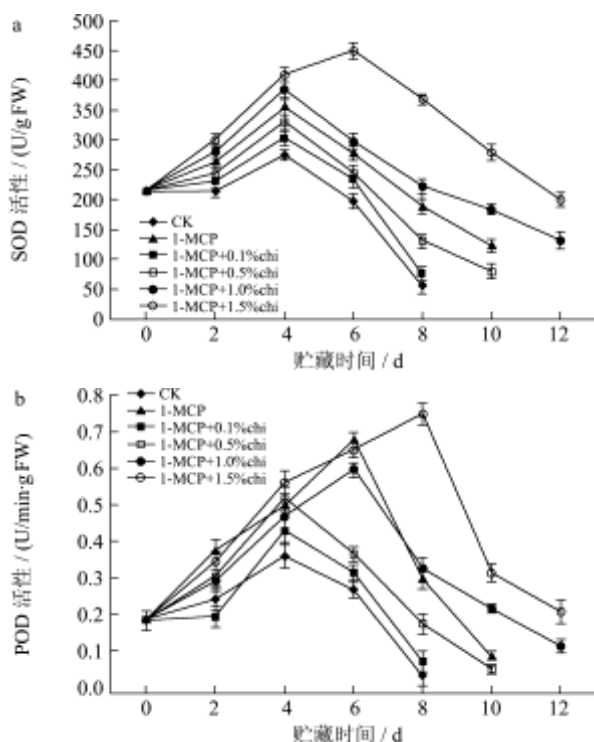


图2 壳聚糖和 1-MCP 对鲜切马铃薯 SOD 和 POD 活性的影响  
Fig.2 Effect of chitosan and 1-MCP on SOD and POD activities of fresh-cut potato

图 2a 表明,随着贮存时间的增加,各处理的 SOD 活性呈先下降再上升的趋势。除 1-MCP+1.5%壳聚糖处理外,其他处理 SOD 活性在第 4 d 达到最大值,而 1-MCP+1.5%壳聚糖处理则在第 6 d 达到最大。贮存的前 4 d,所有的处理样品的 SOD 活性都普遍较高,与机械损伤产生大量  $O_2$  刺激相关。然而随着贮存时间的增加,不同处理间 SOD 活性的差异较大,1-MCP+1.5%壳聚糖处理在贮存第 6 d 之后 SOD 活性显著高于与其他处理,为 449.81 U/g FW;而经过第 6 d 之后 SOD 的下降则与马铃薯机能的丧失相关。总体来看,1-MCP+1.5%壳聚糖处理的 SOD 活性最高,有效地抑制了自由基的伤害,对延长鲜切马铃薯的货架期有积极作用。

由图 2b 可知,与 SOD 变化趋势相似,各处理的鲜切马铃薯 POD 活性均也呈现出先下降后上升的趋势。从整体上看,1-MCP+1.5%壳聚糖处理有增强 POD 活性的作用,POD 活性的增强幅度最大,第 6 d 已经明显高于其他处理,达到 0.750 U/(min·g FW),是同

期其他处理的 1.01~4.37 倍。造成这种酶活性的波动原因可能是多方面的,原因之一是贮存到 6 d 后过氧化氢含量减少,酶的应激反应减弱;另一方面,实验测定的 POD 活性是总酶活性,而 POD 存在多种同工酶,在不同时期各同工酶基因的表达可能存在差异,从而导致总酶活性的波动性变化。

## 2.3 壳聚糖和 1-MCP 对鲜切马铃薯 MDA 含

### 量和 PPO 活性的影响

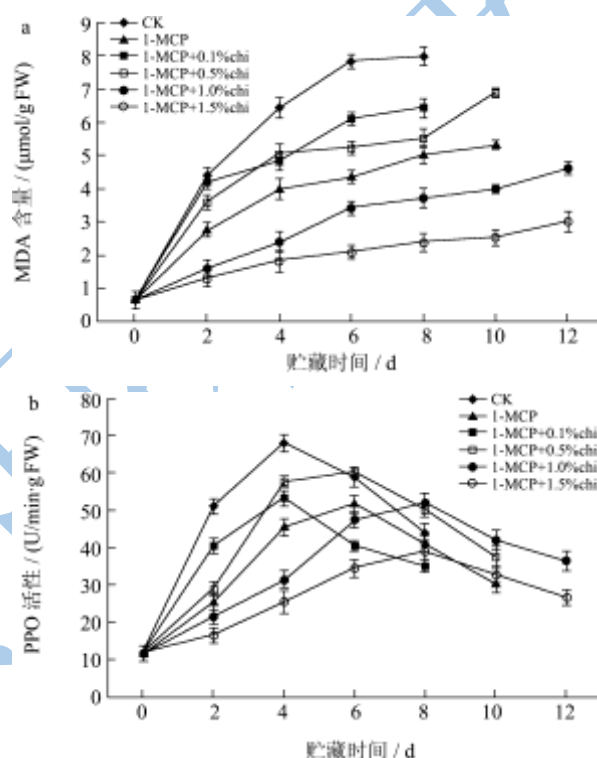


图3 壳聚糖和 1-MCP 对鲜切马铃薯 MDA 含量和 PPO 活性的影响  
Fig.3 Effect of chitosan and 1-MCP on MDA content and PPO activity of fresh-cut potato

由图 3a 可知,贮存期间内不同的处理之间 MDA 含量差异较大,1-MCP+1.5%壳聚糖处理能抑制 MDA 含量的增加,MDA 含量显著低于其他处理,且在整个贮存期间,MDA 含量变化趋势平缓,仅增加了 13.9%,能很好地抑制鲜切马铃薯膜质氧化,有利于其贮藏。而 CK 处理的变化最为剧烈,第 12 d MDA 含量是第 0 d 的 6.19 倍,1-MCP+1.0%壳聚糖处理和 1-MCP+0.5%壳聚糖处理次之。

图 3b 表明,不同处理的鲜切马铃薯 PPO 活性呈先上升后下降趋势。贮存刚开始对照 CK 的 PPO 活性明显高于其它几组处理,贮存前 4 d,各组处理的 PPO 活性都增加。1-MCP+1.0%壳聚糖和 1-MCP+1.5%壳聚糖处理延迟了 PPO 活性高峰期,在第 8 d 达到了峰值。1-MCP+1.5%处理的 PPO 活性明显低于其它处理,该



处理显著抑制了 PPO 活性。1-MCP+1.0% 壳聚糖处理次之，CK 最差。

### 2.4 壳聚糖和 1-MCP 对鲜切马铃薯褐变度的影响

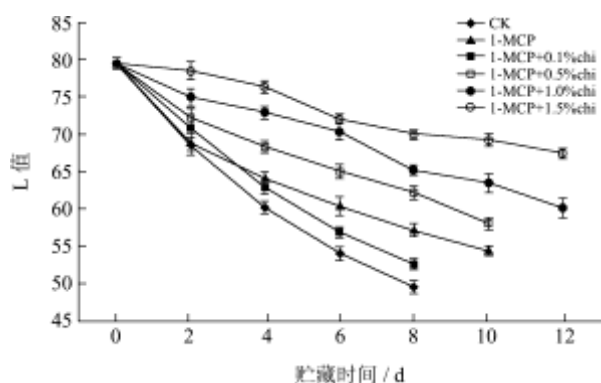


图 4 壳聚糖和 1-MCP 对鲜切马铃薯褐变度的影响

Fig.4 Effect of chitosan and 1-MCP on browning degree of fresh-cut potato

图 4 表明，在整个贮藏期间，各处理鲜切马铃薯的褐变度 L 值呈减小趋势。其中 CK 和 1-MCP+0.1% 壳聚糖处理 L 值下降最快，说明褐变最严重。而 1-MCP+1.5% 壳聚糖处理 L 值下降最慢，其次是 1-MCP+1.0% 壳聚糖、1-MCP、1-MCP+0.5% 壳聚糖。PPO 活性高表明马铃薯褐变严重，各处理鲜切马铃薯褐变度 L 值的变化和 PPO 活性变化结果相吻合。

### 2.5 壳聚糖和 1-MCP 对鲜切马铃薯 Vc 的影响

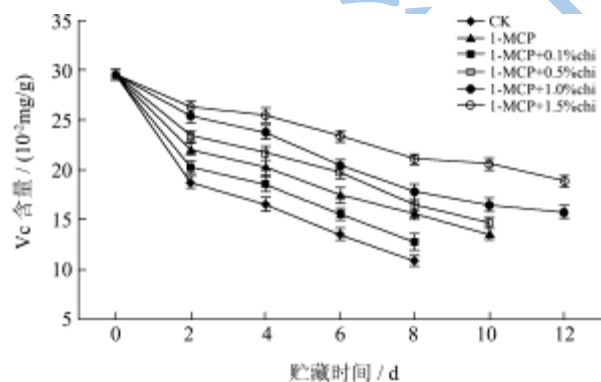


图 5 壳聚糖和 1-MCP 对鲜切马铃薯 Vc 含量的影响

Fig.5 Effect of chitosan and 1-MCP on Vc content fresh-cut potato

图 5 表明，在整个贮藏期间，各处理鲜切马铃薯 Vc 含量也均呈下降趋势。其中，CK、1-MCP+0.1% 壳聚糖处理的鲜切马铃薯 Vc 含量下降最快，整个贮藏期间分别下降了 65.6%、58.6%。相对而言，1-MCP+1.5% 壳聚糖、1-MCP+1.0% 壳聚糖处理 Vc 含量下降最慢，并且含量也相对比较高，尤其是

1-MCP+1.5% 壳聚糖处理 Vc 含量仅下降了 37%。表明，1-MCP+1.5% 壳聚糖处理能有降低的 Vc 分解，保持鲜切马铃薯的品质。

### 2.6 壳聚糖和 1-MCP 对鲜切马铃薯失重率和含水量的影响

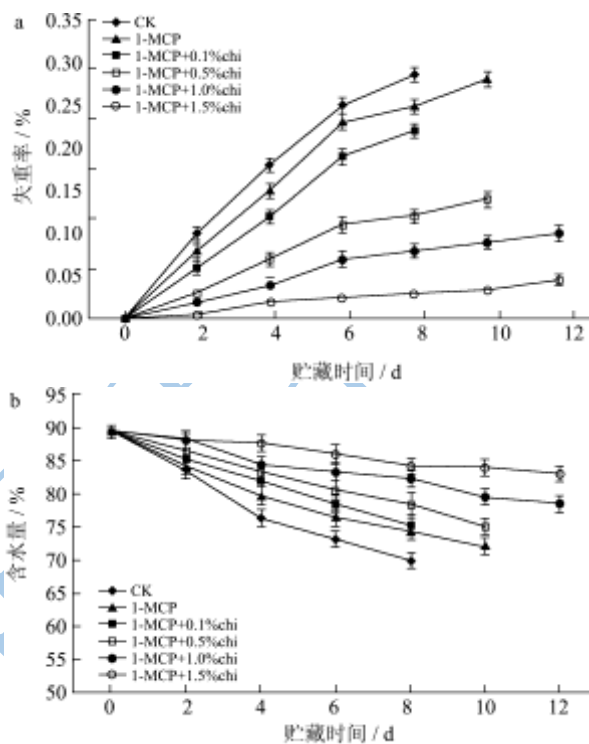


图 6 壳聚糖和 1-MCP 对鲜切马铃薯失重率和含水量的影响

Fig.6 Effect of chitosan and 1-MCP on weight-loss rate and moisture content of fresh-cut potato

由图 6a 可知，贮藏期间不同处理鲜切马铃薯的失重率随着储藏时间的延长而均逐渐增加。但增加幅度有差别，1-MCP+1.5% 壳聚糖处理失重率最小，1-MCP+1.0% 壳聚糖处理次之，CK 处理最大。失重是由于呼吸作用各项生理活动活跃，营养物质消耗，水分散失造成，使得马铃薯品质下降。由此可以看出，1-MCP 和壳聚糖联合处理可以延长鲜切马铃薯的贮存时间，较好保持其品质，而 CK 处理则相反。

图 6b 表明不同处理的鲜切马铃薯含水量的变化趋势非常相似，贮存刚开始含水量最高，随着贮存时间的延长而逐渐减少。1-MCP+1.5% 壳聚糖处理贮存条件下的马铃薯含水量减少最为缓慢，储藏 12 d 仅减少 7.8%，1-MCP+1.0% 壳聚糖处理次之，减少 13.3%，CK 处理条件下的含水量下降最为迅速，在储藏第 8 d 减少 22.2%。

试验结果显示，所有处理的鲜切马铃薯，在贮存前期，SOD 活性处于较高水平，MDA 含量较低，表

明该时期内细胞膜脂质过氧化程度处于较低水平。这段时间正值马铃薯机械损伤严重,产生大量的活性氧自由基是不可避免的,较高的SOD活性有利于的 $O_2^-$ 及时清除,从而防止 $O_2^-$ 在体内聚积和阻遏Haber-weiss反应产生活性更强的 $\cdot OH$ 等活性氧自由基<sup>[15]</sup>。鲜切马铃薯在贮藏后期,SOD活性下降到最弱,MDA含量进一步提高。随着贮存时间的延长,组织内积累大量MDA,而MDA反馈抑制SOD活性,于是SOD活性上升缓慢,膜脂质过氧化作用加强,又导致MDA的进一步积累,从而形成了SOD活性下降与MDA积累的恶性循环,进而促进鲜切马铃薯的腐败<sup>[16]</sup>。但随着贮存时间的延长, $O_2^-$ 含量和 $H_2O_2$ 含量显著上升,进而SOD和POD活性不断上升,最终鲜切马铃薯的组织破坏严重。

### 3 结论

总之,8℃下不同处理对鲜切马铃薯的贮藏保鲜有很大影响,1-MCP+1.5%壳聚糖、1-MCP+1.0%壳聚糖、1-MCP、1-MCP+0.5%壳聚糖、1-MCP+0.1%壳聚糖、CK处理的保鲜期分别为12、12、10、10、8和8d。其中,1-MCP+1.5%的壳聚糖处理能减弱呼吸强度,从而减少营养物质消耗,延缓鲜切马铃薯变质的速度,并且还可以显著提高SOD、POD等保护酶活性,降低MDA含量,增强膜脂抗过氧化作用,保持马铃薯组织细胞的完整性,从根本上增强了鲜切马铃薯对逆境的抗性,延长了鲜切马铃薯的货架期。同时,该处理还能保持较高的Vc含量,显著抑制鲜切马铃薯贮存期间PPO活性,延缓和降低鲜切马铃薯的褐变,延长了鲜切马铃薯的货架期,为最佳处理。1-MCP+1.0%壳聚糖处理次之,1-MCP、1-MCP+0.5%壳聚糖处理紧随其后,1-MCP+0.1%壳聚糖处理和对照处理效果最差。

### 参考文献

- [1] Toivonen M A, Brummell D A. Biochemical Bases of Appearance and Texture Changes in Fresh-cut Fruit and Vegetables [J]. Postharvest Biology and Technology, 2008, 48(1): 1-14
- [2] Rico D, Martin-Diana A B, Barat J M, et al. Extending and Measuring the Quality of Fresh-cut Fruit and Vegetables: a review [J]. Trends in Food Science and Technology, 2007, 18(7): 373-386
- [3] 王宏.我国鲜切蔬菜行业的发展现状[J].北京农业,2008,4: 1-2  
Wang Hong. The Present Development of Fresh Cut Vegetables Industry in China [J]. Beijing Agriculture, 2008, 4: 1-2
- [4] 赠韶西,王以柔,刘鸿先.马铃薯贮藏品质[J].植物生理学报, 1991,17(2):177-182  
Zeng Shao-xi, Wang yi-rou, Liu Hong-xian. Potato Storage Quality [J]. Acta Phytophysiologica Sinica, 1991, 17(2): 177-182
- [5] 李全宏,赵雅松,蔡同一,等.鲜切马铃薯酶褐变抑制效果研究[J].食品科学,2005,26(9):92-96.  
LI Quan-hong ZHAO Ya-song CAI Tong-yi, et al. Study on the Effect of Prevent Browning of Fresh-cut Potato [J]. Food Science, 2005, 26(9):92-96
- [6] 刘海,林德球,蒋跃明.果实成熟乙烯相关基因工程研究进展综述[J].亚热带科学,2002,31(增刊):7-14  
Liu Hai, Lin De-qiu, Jiang Yue-ming. The Research of Ripe Ethylene Related Gene Engineering [J]. Subtropical Plant Science, 2002, 31 (Supple): 7-14
- [7] 刘红霞,姜微波,罗云波,等.1-甲基环丙烯在果蔬采后保鲜中的作用[J].北方园艺,2003,3:74-75  
Liu Hong-xia, Jiang Wei-bo, Luo Yun-bo, et al. Effects of 1-Methylcyclopropene on Preservation of Post-harvest Fruits and Vegetables [J]. Northern Horticulture, 2003, 3: 74-75
- [8] T Pen, Y M Jiang. Effects of chitosan coating on shelf life and quality of fresh-cut Chinese water chestnut [J]. Food Science and Technology, 2003, 36:359-364
- [9] Juan F. Massolo, Analía Concellón, Alicia R. Chaves, 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
- [10] Max G. Villalobos Acuña, William V. Biasi, Elizabeth J. Mitcham, et al. Fruit Temperature and Ethylene Modulate 1-MCP Response in 'Bartlett' Pears [J]. Postharvest Biology and Technology, 2011, 60(1): 17-23
- [11] Lijuan Zhan, Jinqiang Hu, Zhujun Zhu. Shelf Life Extension of Minimally Processed Water Caltrop (*Trapa acornis* Nakano) Fruits Coated with Chitosan [J]. International Journal of Food Science & Technology, 2011, 46(12): 2634-2640
- [12] Zengxin Ma, Lingyu Yang, Haixia Yan, et al. Chitosan and Oligochitosan Enhance the Resistance of Peach Fruit to Brown Rot [J]. Carbohydrate Polymers, 2013, 94(1): 272-277
- [13] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2006  
Li He-sheng. The experiment principle and technique on

- plant physiology and biochemistry [M]. Beijing: Higher Education Press, 2006
- [14] 李忠光, 龚明. 植物多酚氧化酶活性测定方法的改进[J]. 云南师范大学学报, 2005, 25(1): 44-49
- Li Zhong-guang, Gong Ming. Improvement Method of Plant Polyphenol Oxidase Activity Determination [J]. Journal of Yunnan Normal University, 2005, 25(1): 44-49
- [15] 王雅芬, 王惠俐. 马铃薯贮存保鲜技术[J]. 东海海洋, 2001, 19(2): 32-28
- Wang Ya-fen, Wang Hui-li. Preservation Technology of Potato Storage [J]. Donghai Marine Science, 2001, 19(2): 32-28
- [16] Amanatidou A, Smid E J, Bennik M H J, et al. Antioxidative Properties of Lactobacillus Sake Upon Exposure to Elevated Oxygen Concentrations [J]. FEMS Microbiol Lett, 2001, 203(1): 87-94

现代食品科技