

# 1-MCP处理对杏鲍菇采后生理和结构变化的影响

赵春燕<sup>1,2</sup>, 马芳菲<sup>2</sup>, 冯叙桥<sup>2</sup>, 刘诗阳<sup>2</sup>

(1.沈阳工学院, 辽宁 抚顺 113122; 2.沈阳农业大学食品学院, 辽宁 沈阳 110866)

**摘 要:** 以杏鲍菇为试材, 分别研究1-甲基环丙烯(1-methylcyclopropene, 1-MCP)的不同剂量及不同处理时间对杏鲍菇采后质量损失率、多酚氧化酶(PPO)活性及菇体断面微细结构的影响。结果表明: 当1-MCP的剂量为0.3  $\mu\text{L/L}$ 时, 质量损失率和PPO活性在贮藏末期分别较对照组下降了5.94%和37.38%, 菇体断面微细结构较贮藏初期变化最小; 当1-MCP的处理时间为24 h时, 质量损失率和PPO活性在贮藏末期分别较对照组下降了5.42%和33.98%, 贮藏前后菇体断面微细结构变化最小。实验证明了1-MCP的最适处理剂量为0.3  $\mu\text{L/L}$ 、最适处理时间为24 h。最适条件下的1-MCP处理能有效地减缓果实质量损失率和褐变程度, 减小菇体断面微细结构变化, 有利于延长杏鲍菇的贮藏期, 具有明显的保鲜效果。

**关键词:** 1-甲基环丙烯; 杏鲍菇; 多酚氧化酶; 菇体断面超微结构

## Effects of 1-MCP Treatment on Postharvest Physiology and Structure of *Pleurotus eryngii*

ZHAO Chun-yan<sup>1,2</sup>, MA Fang-fei<sup>2</sup>, FENG Xu-qiao<sup>2</sup>, LIU Shi-yang<sup>2</sup>

(1. Shenyang Institute of Technology, Fushun 113122, China;

2. College of Food Science, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China)

**Abstract:** Experiments were carried out on *Pleurotus eryngii* for exploring the effects of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatments at different concentrations for different times on postharvest weight loss rate, polyphenol oxidase (PPO) activity and fruiting body microstructure of *Pleurotus eryngii*. Results indicated that compared with the control, the weight loss rate and PPO activity in *Pleurotus eryngii* treated with 0.3  $\mu\text{L/L}$  1-MCP were respectively decreased by 5.94% and 37.38% after 14 d of storage and the least change in fruiting body microstructure was observed during the early stage of storage. 1-MCP treatment for 24 h decreased the weight loss rate and PPO activity at the end of storage by 5.42% and 33.98%, respectively, and fruiting bodies of *Pleurotus eryngii* exhibited the least change in the cross-sectional microstructure. Thus, treatment with 0.3  $\mu\text{L/L}$  of 1-MCP for 24 h was experimentally found to be optimal for *Pleurotus eryngii*, which was able to effectively slow down the weight loss and browning of *Pleurotus eryngii*, attenuate changes in its microstructure, promote the extension of its shelf life and consequently was effective in preserving its quality.

**Key words:** 1-methylcyclopropene (1-MCP); *Pleurotus eryngii*; polyphenol oxidase (PPO); fruiting body microstructure

中图分类号: S646.1.4

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2014)06-0185-04

doi:10.7506/spkx1002-6630-201406040

杏鲍菇(*Pleurotus eryngii*)又名刺芹侧耳<sup>[1]</sup>, 是近年来开发栽培成功的集食用、药用<sup>[2-3]</sup>、食疗于一体的珍稀食用菌新品种。杏鲍菇营养丰富<sup>[4-6]</sup>, 并能有效提高人体免疫力。但杏鲍菇采后寿命极短, 常温条件下1~2 d即丧失其新鲜状态, 菌体的表面会出现变软、变黏、褐变、发臭等现象, 大大丧失其营养价值。关于杏鲍菇的采后生理变化及贮藏保鲜方面的研究到目前为止还没有资料显示, 因此积极开展杏鲍菇采后生理研究, 探索有效的保鲜措施, 对于延长其货架期、提高经济效益具有重要的意义。

1-甲基环丙烯(1-methylcyclopropene, 1-MCP)是环丙烯类小分子化合物, 是近年来发现的一种新型乙烯受体抑制剂, 它能不可逆地作用于乙烯受体, 阻断果实与乙烯的正常结合<sup>[7-9]</sup>, 从而抑制由乙烯诱导的果实后熟与衰老过程<sup>[10-12]</sup>。目前1-MCP主要用于延长果蔬的贮藏期和保持果实品质等方面。本实验以杏鲍菇为试材, 研究了1-MCP不同剂量及不同处理时间对杏鲍菇采后生理变化的影响, 以期为解决杏鲍菇更长期的贮藏保鲜提供一定的理论依据。

收稿日期: 2012-06-26

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(30972064)

作者简介: 赵春燕(1966—), 女, 副教授, 博士, 研究方向为食品生物技术。E-mail: zhaochunyan108@163.com

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

供试的杏鲍菇由沈阳农业大学食用菌研究所提供。采收时从菇房采摘未开伞的杏鲍菇子实体，全部试材均采用人工手采，挑选大小均匀、饱满、表面光洁、无病害、无机械损伤的杏鲍菇<sup>[13]</sup>，装入保鲜袋中，及时放入4℃的冰箱中进行贮藏。以上所有过程必须轻拿轻放。

1-MCP 国家农产品保鲜工程技术研究中心。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 1-MCP处理

1-MCP处理均在室温（25±2）℃、相对湿度70%~80%的条件下进行。

1-MCP有效剂量筛选实验：将杏鲍菇置于1 m<sup>3</sup>密闭塑料薄膜帐中（厚度为0.1 mm），将事先折算好的1-MCP粉末溶解在小烧杯里，再将小烧杯放入帐内，使帐内1-MCP气体终剂量分别达到0.1、0.3 μL/L及0.5 μL/L，保持24 h后开帐，将杏鲍菇置于（4±1）℃环境中冷藏（装入0.03 mm厚的聚乙烯袋中）。

1-MCP有效时间筛选实验：密闭帐内的1-MCP剂量设定为0.3 μL/L，分别熏蒸12、24 h和36 h之后将杏鲍菇取出后冷藏，冷藏方法同上。

在贮藏期间，每2 d对取样测定生理指标的变化。同时分别设定对照处理，对照处理方式和贮藏条件同1-MCP处理，但密闭帐内不含1-MCP气体。各处理分别设定3次重复。

#### 1.2.2 指标测定

##### 1.2.2.1 质量损失率

随机取10个杏鲍菇，重复3次，求平均值。质量损失率计算公式如下：

$$\text{质量损失率}/\% = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100$$

式中： $m_1$ 为菇体贮前质量/g； $m_2$ 为取样时菇体质量/g。

##### 1.2.2.2 多酚氧化酶（polyphenol oxidase, PPO）活性

采用磷酸盐缓冲液提取法<sup>[14-15]</sup>。将新鲜食用菌切碎，准确称取1 g置于研钵中，加少许石英砂和2 mL冰预冷的0.05 mol/L、pH 7.0的磷酸钠缓冲液，冰浴研磨匀浆，用6 mL磷酸缓冲液冲洗研钵及玻璃棒3次，合并洗涤液，离心（7 000 r/min，20 min），上清液即为粗酶液。用0.05 mol/L、pH 7.0磷酸盐缓冲液配制0.04 mol/L邻苯二酚溶液。取2.5 mL，加入0.5 mL粗酶液，混匀后在420 nm波长处比色。酶液加入后开始计时，每30 s记录1次 $A_{420\text{nm}}$ 。随时间的变化值，以最初直线段的斜率计算酶活力。样品重复测定3次，并以缓冲液为参比对照，一个酶活力单位定义为在测定条件下，每分钟引起吸光度改变0.01所需的酶量。活力单位以0.01  $\Delta A_{420\text{nm}}/(\text{min} \cdot \text{g})$ 表示，以鲜质量计。

### 1.2.2.3 呼吸强度

采用静止法测定<sup>[16]</sup>。用移液管吸取10 mL 0.4 mol/L NaOH放入培养皿中，将培养皿放到呼吸室底部（真空干燥器），放置隔板，装入1 kg杏鲍菇，封盖，密闭1 h后取出培养皿，将碱液移入三角瓶中（冲洗3~4次），加入5.0 mL饱和BaCl<sub>2</sub>溶液和2滴酚酞指示剂，用0.2 mol/L草酸溶液滴定，用同样方法做空白滴定。

## 2 结果与分析

### 2.1 冷藏环境下杏鲍菇呼吸强度的变化

1-MCP在花、果、蔬保鲜领域受到越来越广泛的应用<sup>[17]</sup>，并且为呼吸跃变型果实首选的乙烯受体抑制剂。因此，为保证实验结果的正确性和有效性，需首先确定杏鲍菇的呼吸类型。按照方法1.2.2.3节中呼吸强度的测定方法，对其呼吸类型进行研究，如图1所示。

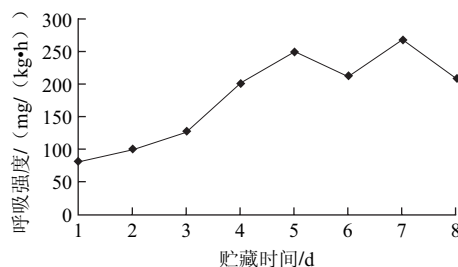


图1 贮藏期间杏鲍菇呼吸强度的变化

Fig.1 Change in respiration intensity of *Pleurotus eryngii* during storage

由图1可知，杏鲍菇在贮藏期间的呼吸强度曾出现2次最高峰及1次最低峰，虽然贮藏8 d之后的呼吸强度走势未知，但通过已知曲线便可确定杏鲍菇的呼吸类型属于呼吸跃变型。因此，可用1-MCP对其进行处理。

### 2.2 不同剂量1-MCP对采后杏鲍菇生理和结构变化的影响

#### 2.2.1 对采后杏鲍菇质量损失率变化的影响

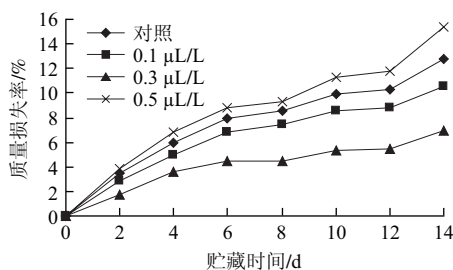


图2 不同剂量的1-MCP对杏鲍菇采后质量损失率变化的影响

Fig.2 Effect of 1-MCP treatment at different concentrations on postharvest change in weight loss of *Pleurotus eryngii*

由图2可知，1-MCP处理组和对照组杏鲍菇在贮藏期间的质量损失率总体呈上升趋势，质量损失率大小排序为：0.5 μL/L > 对照 > 0.1 μL/L > 0.3 μL/L；在贮藏结束时各组的质量损失率分别为15.33%、12.83%、10.59%、

6.89%；由分析可知，0.3  $\mu\text{L/L}$ 的1-MCP处理对减轻杏鲍菇的采后质量损失有明显效果。

### 2.2.2 对采后杏鲍菇PPO活性变化的影响

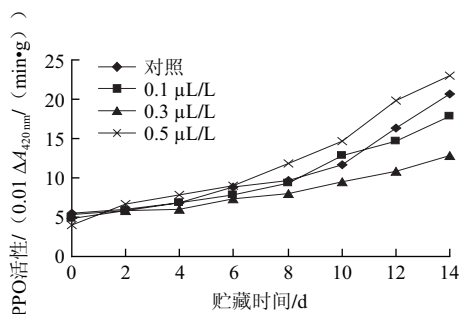


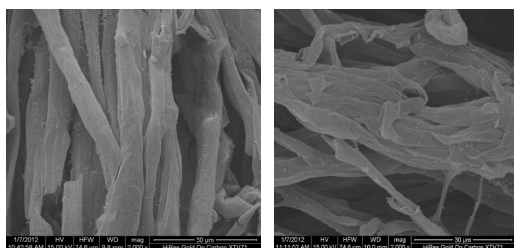
图3 不同剂量的1-MCP对杏鲍菇采后PPO活性变化的影响

Fig.3 Effect of 1-MCP treatment at different concentrations on postharvest change in PPO activity of *Pleurotus eryngii*

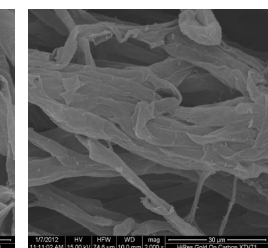
由图3可以看出，不同剂量1-MCP处理后的杏鲍菇和对照组的PPO活性均呈上升趋势。其中，PPO活性较高的是0.5  $\mu\text{L/L}$  1-MCP处理组，贮藏结束时的活性为23 ( $0.01 \Delta A_{420 \text{ nm}} / (\text{min} \cdot \text{g})$ )，这说明用高剂量的1-MCP处理反而导致腐烂程度的增加，缩短了贮藏时间<sup>[18]</sup>。0.1  $\mu\text{L/L}$  1-MCP处理组的PPO活性和对照组整体上比较接近，0.1  $\mu\text{L/L}$ 组略低一些；0.3  $\mu\text{L/L}$ 处理组的PPO活性上升缓慢，除初始值以外，在其后的贮藏过程中都低于其余处理，贮藏结束时的活性为12.9 ( $0.01 \Delta A_{420 \text{ nm}} / (\text{min} \cdot \text{g})$ )，比0.5  $\mu\text{L/L}$ 处理组低43.9%，说明该剂量处理可有效抑制PPO活性，有利于杏鲍菇的贮藏。

### 2.2.3 对采后杏鲍菇断面微细结构变化的影响

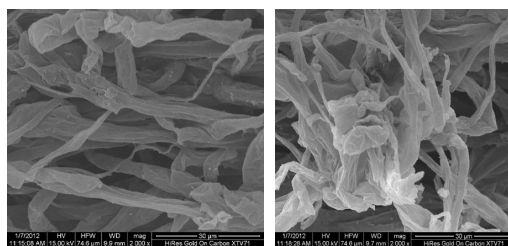
杏鲍菇在贮藏初期，其纤维结构完整、丰满、排列有条理（图4a）；至贮藏后期时，1-MCP处理组和对照组杏鲍菇断面微细结构较初期有明显变化（图4b~e），如纤维变形、缠绕，0.5  $\mu\text{L/L}$ 处理组的这种缠绕较为明显，其次是0.1  $\mu\text{L/L}$ 处理组和对照组，0.3  $\mu\text{L/L}$ 处理组其纤维排列相对比较有条理，缠绕程度较轻。断面微细结构变化的原因推测是由于失水和硬度下降导致纤维发生变形而缠绕，该结果与质量损失率不断增加的结果相吻合。综上所述，0.3  $\mu\text{L/L}$ 的1-MCP为其最适宜的处理剂量。



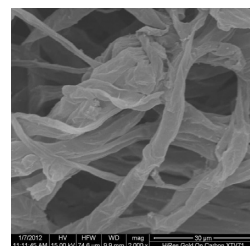
a. 贮藏初期



b. 0.1  $\mu\text{L/L}$  1-MCP处理贮藏末期



c. 0.3  $\mu\text{L/L}$  1-MCP处理贮藏末期



e. 对照组贮藏末期

图4 不同剂量1-MCP处理杏鲍菇断面的微细结构 ( $\times 2000$ )

Fig.4 The fruiting body microstructure of *Pleurotus eryngii* ( $\times 2000$ )

### 2.3 1-MCP处理时间对采后杏鲍菇生理和结构变化的影响

#### 2.3.1 对采后杏鲍菇质量损失率变化的影响

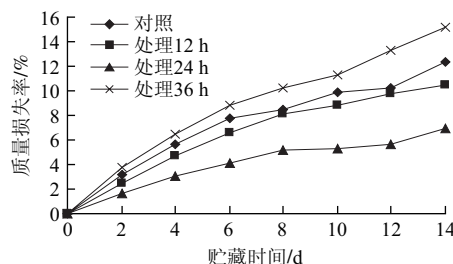


图5 1-MCP处理时间不同对杏鲍菇采后质量损失率变化的影响

Fig.5 Effect of 1-MCP treatment for different times on postharvest change in weight loss of *Pleurotus eryngii*

如图5所示，12、36 h处理组和对照组的质量损失率随着贮藏时间延长，均呈现出相同的变化趋势。而处理24 h的杏鲍菇的质量损失率较其他处理都有明显的降低，有效地减少了杏鲍菇水分的丢失，减缓了感官品质的下降和抑制褐变现象的发生，从而延长了贮藏时间。

#### 2.3.2 对杏鲍菇采后PPO活性变化的影响

由图6可以看出，1-MCP处理组和对照组的PPO活性均呈上升趋势。12、36 h处理组和对照组在贮藏初期其PPO活性较低，但其后均呈显著上升趋势，到贮藏末期时，其PPO活性比初始值分别升高了13.3、19.9 ( $0.01 \Delta A_{420 \text{ nm}} / (\text{min} \cdot \text{g})$ )和15.1 ( $0.01 \Delta A_{420 \text{ nm}} / (\text{min} \cdot \text{g})$ )；而24 h处理组在贮藏初期PPO活性略大于其他处理，但其后增加缓慢，贮藏结束时期PPO活性仅升高了7.2 ( $0.01 \Delta A_{420 \text{ nm}} / (\text{min} \cdot \text{g})$ )，有利于减缓菇体的褐变。

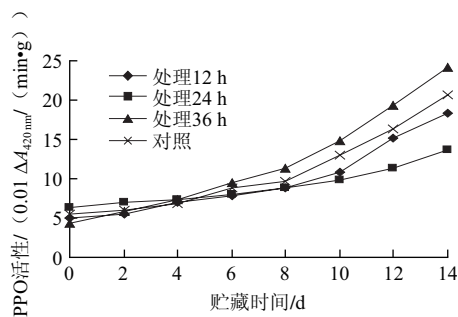


图6 1-MCP处理时间不同对杏鲍菇采后PPO活性变化的影响

Fig.6 Effect of 1-MCP treatment for different times on postharvest change in PPO activity of *Pleurotus eryngii*

### 2.3.3 对采后杏鲍菇断面微细结构变化的影响

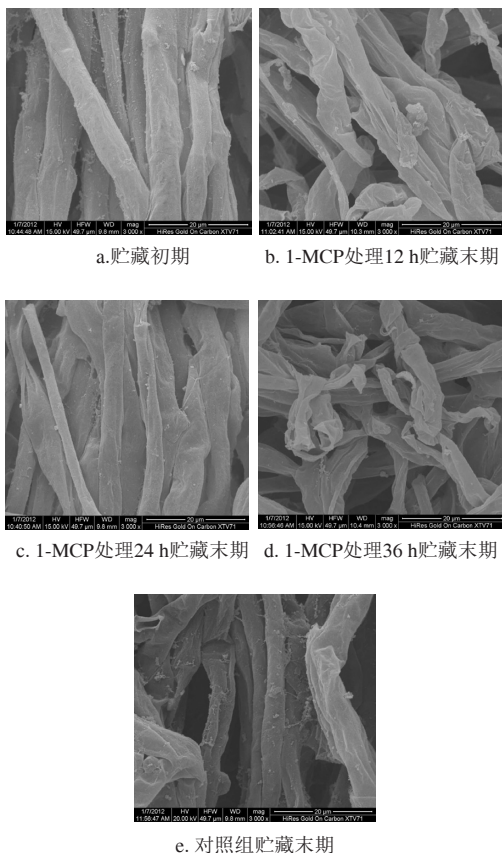


图7 1-MCP处理时间不同对杏鲍菇断面的微细结构的影响 (×3 000)

Fig.7 Effect of 1-MCP treatment for different times on fruiting body microstructure of *Pleurotus eryngii* (×3 000)

由图7可以看出, 杏鲍菇在贮藏初期由于子实体的含水量高, 组织幼嫩, 所以其纤维丰满、有光泽, 并且排列比较整齐。至贮藏末期时, 24 h处理组其纤维仍保留其原有的形态, 排列也比较有序。12、36 h处理组和对照组由于失水、呼吸等作用, 其纤维发生萎蔫, 进而缠绕在一起。因此得出结论, 24 h是1-MCP最适的处理时间。这也与实验中测水分和PPO活性时所得出的结论相一致。

## 3 结论

杏鲍菇在采后生命活动仍然在进行, 极易发生变质。结果表明, 0.1  $\mu\text{L/L}$  1-MCP处理组的效果不明显, 这可能是由于处理剂量不够导致的; 而0.5  $\mu\text{L/L}$  1-MCP处理组效果不佳的原因推测是由于处理剂量过高, 抑制某些有利或激发某些不利的代谢系统, 干预了菇体本身的自然防御系统所引起的, 进而加快了杏鲍菇的腐败变质; 当1-MCP的剂量为0.3  $\mu\text{L/L}$ 时, 质量损失率和PPO活性在贮藏末期分别较对照组下降了5.94%和37.38%, 贮藏前后菇体断面微细结构变化最小; 当1-MCP的处理时间为24 h时, 质量损失率和PPO活性在贮藏末期分别较对照组下降了5.42%和33.98%, 菇体断面微细结构较贮藏初期变化最小。实验证明了1-MCP的最适处理剂量为0.3  $\mu\text{L/L}$ 、最适处理时间为24 h。最适条件下的1-MCP处理能有效地减缓果实质量损失率和褐变程度、减小菇体断面微细结构的变化, 具有明显的保鲜效果。

因此, 1-MCP处理有利于延长杏鲍菇的贮藏时间, 提高鲜销率。但其作用机理目前尚未清楚, 还需做进一步的深入研究。本实验为解决杏鲍菇的更长期贮藏保鲜提供了一定的理论依据。

## 参考文献:

- [1] 谷延泽. 白灵菇和杏鲍菇的营养分析与比较[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(21): 9931-9932.
- [2] 张丽, 彭小列, 张建锋, 等. 杏鲍菇多糖的提取及其抑菌作用[J]. 贵州农业科学, 2010, 38(9): 90-92.
- [3] 盛伟, 方晓阳. 杏鲍菇菌丝体胞内与胞外多糖体外抗氧化活性研究[J]. 中国林副特产, 2009, 24(1): 6-10.
- [4] 姚自奇, 兰进. 杏鲍菇研究进展[J]. 食用菌学报, 2004, 11(1): 52-58.
- [5] 邢淑婕, 刘开华. 不同干燥方法对杏鲍菇品质的影响[J]. 食用菌学报, 2010, 17(1): 83-85.
- [6] 毛栋. 杏鲍菇多糖提取条件优化及其抗氧化、降血脂功能研究[D]. 南京: 南京师范大学, 2010.
- [7] 王彩霞, 陈现臣, 马海乐. 1-MCP对桃果实贮藏保鲜中呼吸作用的影响[J]. 湖北农业科学, 2009, 48(9): 2227-2230.
- [8] 赵茜, 王友升, 王郅媛, 等. 1-MCP和真空预冷对“三冠王”黑莓果实贮藏效果及活性氧代谢的影响[J]. 食品科学, 2010, 31(18): 405-410.
- [9] SEREK M, SISLER E C, REID M S. Novel gaseous ethylene binding inhibitor prevents ethylene effects in potted flowering plants[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1994, 119(6): 1230-1233.
- [10] 李梅, 王贵禧, 梁丽松, 等. 1-甲基环丙烯处理对西洋梨常温贮藏的保鲜效果[J]. 农业工程学报, 2009, 25(12): 345-350.
- [11] CAI Chong, CHEN Kunsong, XU Wenping, et al. Effect of 1-MCP on postharvest quality of loquat fruit[J]. Postharvest Biology Technology, 2006, 40(2): 155-162.
- [12] WANG Qiaomei. Effect of 1-MCP on storage life, quality and antioxidant enzyme activities of broccoli[J]. Journal of Zhejiang University (Agricultural & Life Science), 2002, 28(5): 507-512.
- [13] 黄守程, 刘爱荣, 何华奇, 等. 1-MCP处理对双孢蘑菇采后生理生化特性的影响[J]. 湖北农业科学, 2010, 49(8): 1959-1961.
- [14] 张晓聪. 白色双孢蘑菇褐变机理及控制技术研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2010.
- [15] 吴进菊, 陈红兵, 高金燕, 等. 多种食用菌中多酚氧化酶活性的初步研究[J]. 食品与机械, 2010, 25(2): 79-81.
- [16] 刘红霞. 1-MCP, BTH和PHC对桃果采后衰老的调控作用及诱导抗病机理的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2004.
- [17] ALEXIEVA V S, SERGIEV I G, TODOROVA D A, et al. Effect of ethylene and its antagonist 1-MCP on the senescence of detached leaves of *Arabidopsis thaliana*[J]. Biological Plantarum, 2004, 48(4): 593-595.
- [18] KU V V V, WILLS R B H. 1-Methylcyclopropene can differentially affect postharvest life of strawberries exposed to ethylene[J]. HortScience, 1999, 34(1): 119-120.