

# 不同包装材料对平菇保鲜效果的影响

范林林, 夏春丽, 史君彦, 王 清, 高丽朴, 左进华

(北京市农林科学院 蔬菜研究中心, 果蔬农产品保鲜与加工北京市重点实验室, 农业部华北地区园艺作物生物学与种质创制重点实验室, 农业部都市农业(北方)重点实验室, 北京 100097)

**摘 要:**以新鲜平菇为试材,将不同包装材料保鲜的平菇置于 3℃冷库贮藏,研究了上海膜、纳米膜和 0.03 mm PE 膜包装袋对平菇保鲜效果的影响。结果表明:上海膜包装能维持平菇较高的感官评分,防止平菇水分的损失,抑制相对电导率、MDA 含量的增加,抑制 PPO、LOX 活性的上升,提高 POD、CAT 活性,对平菇的保鲜效果最佳,其次是纳米膜包装,最后是 0.03 mm PE 膜包装。

**关键词:**平菇;上海膜;纳米膜;PE 膜;包装材料

**中图分类号:**S 646.1<sup>+</sup>4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)21-0145-05

平菇(*Pleurotus ostreatus*)属真菌门担子菌纲伞菌目白蘑科侧耳属,又名侧耳、糙皮侧耳、蚝菇、黑牡丹菇,台湾又称秀珍菇,是我国食用最广泛的食用菌之一。平菇中含有大量的蛋白质、氨基酸、维生素及多种矿物质,可以改善人体新陈代谢、增强免疫力,还有追风散寒、舒筋活络的功效,可治腰腿疼痛、手足麻木、经络不适等症<sup>[1-4]</sup>。

鲜平菇含水量较高,组织脆嫩,极易造成损伤,倘若保存不当容易腐烂变质,造成很大的损失。而且蘑菇仔保存过程中菇色极易出现变褐,菌帽出现卷边、边缘开裂,出现大量气生菌丝,产生异味等问题,从而影响外观,降低品质,失去商品性。因此,如何延长其贮藏期或货架寿命,是生产中亟待解决的问题。

**第一作者简介:**范林林(1990-),女,硕士研究生,研究方向为农产品贮藏加工与食品资源开发。E-mail:fanlinlin0418@163.com.

**责任作者:**左进华(1982-),男,博士,助理研究员,现主要从事农产品贮藏与加工等研究工作。E-mail:zuojinhua@126.com.

**基金项目:**国家大宗蔬菜产业体系建设资助项目(CARS-25);西北非耕地园艺作物生态高效生产技术与示范资助项目(201203095);北京市农林科学院青年基金资助项目(201404)。

**收稿日期:**2016-05-05

自发气调贮藏(MA)又称简易气调或限气贮藏,是在相对密闭的环境中(如塑料薄膜密闭),依靠贮藏产品自身的呼吸作用和塑料膜具有一定程度的透气性,自发调节贮藏环境中的氧气和二氧化碳浓度的一种气调贮藏方法<sup>[5-6]</sup>。该试验采用特定的薄膜包装采后的平菇,利用平菇呼吸消耗氧气、产生二氧化碳的特性,降低保鲜袋内氧气浓度,同时维持保鲜袋内一定的二氧化碳浓度,从而达到延缓平菇衰老、延长保鲜期的目的。保鲜袋内氧气和二氧化碳的浓度是否符合平菇贮藏保鲜的要求,与保鲜膜的透气性有直接的关系。保鲜膜的透气性是由膜材料的性质决定的。为此,该试验采用 3 种不同包装材料包装平菇,研究其保鲜效果,以期为提高平菇贮藏品质提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试平菇:“平菇金农一号”,挑选菇体完整、朵形一致、菇色正常、无病虫害的平菇子实体,去除菇体根部基质以及菇柄基部老化部分备用。

供试包装材料:80 cm×80 cm 型上海专用保鲜袋,简称为“上海”(为商业途径购买得到相同商品名称的保

symmetrical peak were expected to obtain. The results showed that the optimize extract conditions of *Hericium erinaceus* fruit body's polysaccharides were extract two times, ratio of material to water 1 : 25 g · mL<sup>-1</sup>, time of 4 hours and temperature of 90 °C. Three components were obtained from *Hericium erinaceus* fruit body's polysaccharide under JUNCAO cultivation, there were cHEP1, cHEP2 and cHEP3; and only two components were obtained from the polysaccharide under traditional sawdust cultivation, there were sHEP1 and sHEP2. Purity identification showed that they were all single symmetrical peak.

**Keywords:** *Hericium erinaceus*; polysaccharide; optimum condition of extraction; separation and purification

鲜袋,购于上海宁煜包装制品有限公司);纳米银保鲜袋,简称为“纳米”(所述纳米银保鲜袋为商业途径购买得到相同商品名称的纳米保鲜袋,由北京崇高纳米科技有限公司生产);0.03 mm PE 包装袋,购于无锡市金利大纸塑制品有限公司。

供试试剂:Triton X-100、30%过氧化氢、亚油酸(分析纯,西陇化工有限公司);聚乙二醇(6000)、三氯乙酸、硫代巴比妥酸、石英砂(分析纯,北京化工厂);愈创木酚、邻苯二酚(分析纯,国药集团化学试剂有限公司);冰醋酸、无水乙酸钠、磷酸氢二钠、磷酸二氢钠(分析纯,天津市永晟精细化工有限公司)。

供试仪器设备:UV-1800 紫外分光光度计(上海精密科学仪器有限公司);TGL-16G-A 高速冷冻离心机(广州晟龙实验仪器有限公司);DDSJ-308A 相对电导率仪(上海精密科学仪器有限公司)。

## 1.2 试验方法

将整理好的平菇随机均等分成 3 组,分别装入上海膜、纳米膜、0.03 mm PE 包装袋中,每袋 5~6 朵平菇,每个处理约 8 袋。将装好的平菇平铺于泡沫箱的盖子上,置于 3 ℃冷库内贮藏,每 3 d 测定各项与成熟衰老相关的生理生化指标。

## 1.3 项目测定

1.3.1 失重率 采用称量法。失重率(%)=(贮藏前质量-贮藏后质量)/贮藏前质量×100。

1.3.2 相对电导率 取 10.0 g 样品置于研钵中,研磨后移至 100 mL 容量瓶中,蒸馏水定容,过滤后采用

DDSJ-308A 电导率仪进行测定。

1.3.3 丙二醛(MDA)含量 取 2.0 g 果肉,加入 5.0 mL、100 g·L<sup>-1</sup>的 TCA 溶液,研磨匀浆后,于 4 ℃、10 000 r·min<sup>-1</sup>离心 20 min,参照曹建康等<sup>[7]</sup>的方法测定。

1.3.4 多酚氧化酶(PPO)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)、脂氧合酶(LOX)活性的测定 分别称取 2.0 g 组织样品,置于研钵中,加入 10.0 mL 磷酸缓冲液,在冰浴条件下研磨成匀浆,于 4 ℃、12 000 r·min<sup>-1</sup>离心 20 min,收集上清液即为酶提取液,均参照曹建康等<sup>[7]</sup>的方法测定。

1.3.5 感官评分 颜色:正常菇色 5 分、轻微颜色改变 4 分、颜色加深 3 分、轻微褐变 2 分、褐色及深褐色 1 分;硬度:有弹性 5 分、弹性减弱 4 分、无弹性 3 分、无弹性且挤压有少量液体渗出 2 分、无弹性且挤压有大量液体渗出且组织破坏 1 分;腐烂:非常新鲜 8 分、有变异 5 分、较差 3 分、很差 1 分;风味:味道正常 5 分、味道转淡 4 分、轻微异味 3 分、异味 2 分、臭味霉菌味 1 分;朵形:朵形完整、呈铜锣状、无机械损伤 5 分,基本完整、轻微卷边、边缘出现裂缝 4 分,卷边严重、边缘有裂缝 3 分,严重卷边、且边缘开裂严重 2 分,发生破碎 1 分;菇体表面气生菌丝:无气生菌丝 5 分,菇柄长有少量气生菌丝 4 分,菇柄长有气生菌丝,菇盖亦出现气生菌丝 3 分,菇柄、菇盖均长有大量气生菌丝 2 分,菇柄、菇盖布满气生菌丝 1 分。具体评分标准参照表 1。

表 1 不同包装保鲜袋对平菇感官品质的影响

Table 1 Effect of different packaging materials on sensory score of mushroom

贮藏天数 /d	包装材料	颜色	硬度	腐烂	感官评定 风味	朵形	菇体表面气生菌丝	总分
0	上海	5	5	8	5	5	5	33
	纳米	5	5	8	5	5	5	33
	0.03 mm	5	5	8	5	5	5	33
3	上海	4	4	8	4	4	5	29
	纳米	5	5	8	5	4	5	32
	0.03 mm	4	4	8	4	4	5	29
6	上海	4	4	5	4	3	5	25
	纳米	4	4	5	4	3	5	25
	0.03 mm	3	4	5	4	4	5	25
9	上海	3	3	5	4	3	4	22
	纳米	3	4	5	4	4	4	24
	0.03 mm	2	3	5	4	4	4	19
12	上海	3	3	3	4	4	4	21
	纳米	2	3	3	4	3	4	19
	0.03 mm	2	3	3	3	3	3	17
15	上海	3	3	3	3	4	4	20
	纳米	2	2	1	2	3	3	13
	0.03 mm	1	2	1	2	3	3	12
18	上海	3	2	3	2	2	3	15
	纳米	2	2	1	2	2	4	14
	0.03 mm	1	1	1	1	1	3	8

## 2 结果与分析

### 2.1 不同包装材料对平菇感官评分的影响

表1表明,随着贮藏时间的延长,各试验组平菇的感官评分逐渐下降,上海膜包装能更好的保持平菇的感官品质。在贮藏期第0~9天时,纳米膜包装组表现出较好的保鲜效果,但在贮藏期第9~18天保鲜效果不如上海膜包装组。0.03 mm PE膜包装组在贮藏期第6天时平菇色泽开始加深,而上海和纳米膜包装组在贮藏期第9天时才开始加深;0.03 mm PE和上海膜包装组在贮藏期第9天时失去弹性,纳米膜包装组到第12天时失去弹性;0.03 mm PE和上海膜包装组在第3天时味道开始转淡,纳米膜包装组在第6天时开始转淡。从总体评分来看,上海膜包装对平菇的保鲜效果最佳。

### 2.2 不同包装材料对平菇失重率的影响

由图1可知,各试验组平菇的失重率随着贮藏时间的延长呈现上升的趋势,其中在贮藏期第0~6天,各试验组平菇的失重率上升速度较为缓慢,而后0.03 mm PE保鲜袋组迅速上升,基本呈现直线上升趋势,而其它2个试验组平菇的失重率上升较为缓慢;在贮藏期第18天时,0.03 mm PE膜包装袋组平菇的失重率是上海膜组的11.62倍,呈现显著性差异( $P<0.05$ )。在3个试验组中上海膜包装组平菇的失重率一直处于最低,说明上海膜包装能更好地防止平菇水分的散失。

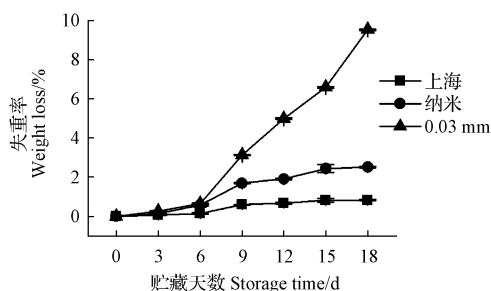


图1 不同包装材料对平菇失重率的影响

Fig. 1 Effect of different packaging materials on weight loss of mushroom

### 2.3 不同包装材料对平菇相对电导率的影响

相对电导率是衡量细胞膜透性的重要指标,其值越大,表示电解质的渗漏量越多,细胞膜受害程度越重。组织相对电导率越高,说明细胞膜完整性遭到破坏的程度就越大<sup>[8]</sup>。

从图2可以看出,各试验组平菇的相对电导率随着贮藏时间的延长呈现逐渐上升的趋势,而0.03 mm PE膜组平菇的相对电导率在整个贮藏期间始终处于最高水平,其次是纳米膜保鲜袋组,再次是上海膜保鲜袋组。

由此可知,0.03 mm PE膜组平菇的细胞膜破坏较为严重,上海膜保鲜袋组平菇的细胞膜破坏是最小的,在整个贮藏期间,上海膜包装组与其它试验组平菇的相对电导率之间呈现显著性差异( $P<0.05$ )。表明上海膜包装能较好地减轻平菇细胞膜的受害程度,其次是纳米膜包装,最差的为0.03 mm PE膜包装。

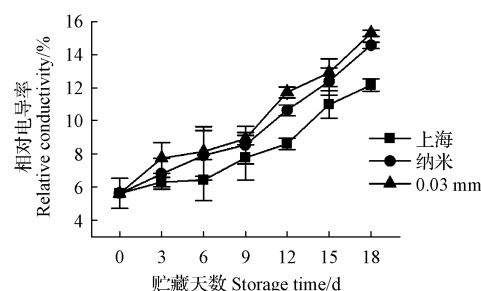


图2 不同包装材料对平菇相对电导率的影响

Fig. 2 Effect of different packaging materials on relative conductivity of mushroom

### 2.4 不同包装保鲜袋对平菇MDA含量的影响

丙二醛(MDA)是膜脂过氧化最重要的产物之一,它的产生还能加剧膜的损伤,因此,在植物衰老生理和抗性生理研究中MDA含量是一个常用指标,可通过MDA含量了解膜脂过氧化的程度,以间接测定膜系统受损程度以及植物的抗逆性<sup>[9]</sup>。

如图3所示,随着贮藏时间的延长,各试验组平菇的MDA含量呈先上升后下降的趋势,在贮藏至第9天时达到峰值,其中,在整个贮藏期间,0.03 mm PE膜包装组平菇的MDA含量始终高于其它试验组,其次是纳米膜包装组,再次是上海膜包装组。在贮藏期第9天时,0.03 mm PE膜包装组平菇的MDA含量是纳米膜包装组的1.17倍,是上海膜包装组的1.19倍,呈现显著差异性( $P<0.05$ )。说明上海膜和纳米膜均有效的抑制平菇MDA含量的增加,其中上海膜包装的保鲜效果更佳,

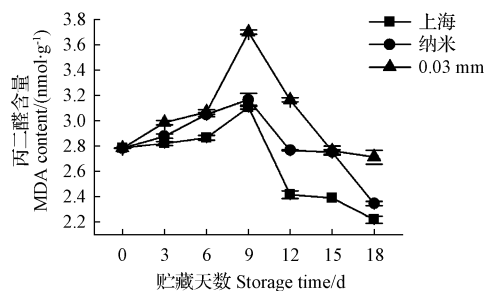


图3 不同包装材料对平菇MDA含量的影响

Fig. 3 Effect of different packaging materials on MDA content of mushroom

更能抑制平菇的膜脂过氧化程度。

## 2.5 不同包装保鲜袋对平菇 PPO 活性的影响

多酚氧化酶(PPO)是引起果蔬酶促褐变的主要酶类,PPO 催化果蔬原料中的内源性多酚物质氧化生成黑色素,严重影响果蔬的营养,风味及外观品质<sup>[10]</sup>。

由图 4 可以看出,随着贮藏时间的延长,各试验组平菇的 PPO 活性呈先上升后下降的趋势,在贮藏期第 9 天时,各试验组平菇的 PPO 活性达到峰值。其中在整个贮藏期间,上海膜包装组平菇的 PPO 活性一直低于纳米膜包装组和 0.03 mm PE 膜包装组。说明上海膜可以有效的抑制平菇的 PPO 活性,从而抑制了平菇的酶促褐变。

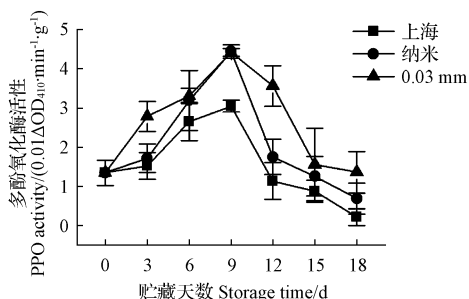


图 4 不同包装材料对平菇 PPO 活性的影响

Fig. 4 Effect of different packaging materials on PPO activity of mushroom

## 2.6 不同包装材料对平菇 POD 活性的影响

过氧化物酶(POD)广泛存在于植物体中,是活性较高的一种酶。在植物生长发育过程中它的活性不断发生变化,一般老化组织中活性较高,幼嫩组织中活性较弱。所以 POD 可作为组织老化的一种生理指标<sup>[11]</sup>。POD 可以催化植物组织内低浓度的过氧化氢氧化,使植物组织免受毒害。因此,POD 活性越高,越有利于延缓植物组织的衰老。

由图 5 可以看出,各试验组平菇的 POD 活性随着贮藏时间的延长均呈先上升后下降的趋势,在贮藏期第 9 天时均达到了最高值,此时上海膜包装组平菇的 POD 活性是纳米膜包装组的 1.28 倍,是 0.03 mm PE 膜包装组的 1.63 倍,呈现显著性差异( $P < 0.05$ )。其中,在整个贮藏期间,上海膜包装组平菇的 POD 活始终高于其它 2 个试验组,其次是纳米膜包装组,再次是 0.03 mm PE 膜包装组。由此说明上海膜包装可以有效的延缓平菇贮藏过程中组织的成熟衰老,对平菇的保鲜效果最佳。

## 2.7 不同包装材料对平菇 CAT 活性的影响

过氧化氢酶(CAT)是生物氧化过程中重要的抗氧

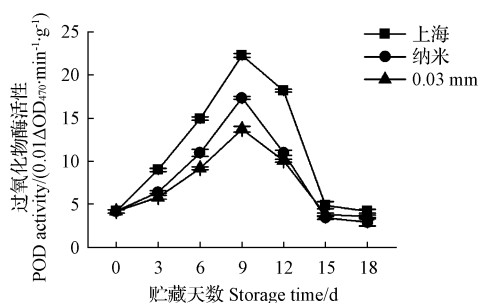


图 5 不同包装保鲜袋对平菇 POD 活性的影响

Fig. 5 Effect of different packaging materials on

POD activity of mushroom

化酶,能有效地清除各种活性氧基团,从而防止这些基团对细胞膜系统的损坏。CAT 活性的变化可以灵敏地反映外界环境条件是否对植物细胞产生了压力<sup>[12]</sup>。

由图 6 可知,随着贮藏时间的延长,各试验组平菇的 CAT 活性呈先上升后下降的趋势,在贮藏期第 9 天时达到峰值。其中在贮藏期第 9~18 天时,0.03 mm PE 包装膜组平菇的 CAT 活性下降最快,其次是纳米膜包装组,再次是上海膜包装组,在贮藏期第 15 天时,0.03 mm PE 包装膜组平菇的 CAT 活性是上海膜包装组的 39.18%,纳米膜包装组平菇的 CAT 活性是上海膜包装组的 48.56%。由此说明,上海膜包装能有效的抑制平菇的 CAT 活性的降低,保护平菇的细胞膜系统。

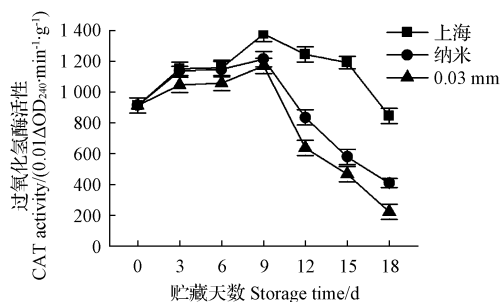


图 6 不同包装材料对平菇 CAT 活性的影响

Fig. 6 Effect of different packaging materials on

CAT activity of mushroom

## 2.8 不同包装材料对平菇 LOX 活性的影响

脂氧合酶(LOX)是一种非血红素铁的蛋白质,在植物中普遍存在,其作用的底物主要为来自细胞质膜的多元不饱和脂肪酸。脂氧和酶与果蔬细胞质的过氧化作用、后熟衰老过程的启动和逆境胁迫、伤诱导、病原侵染信号的产生和识别等关系密切,被认为是引起果蔬后熟衰老的一类重要的酶<sup>[13]</sup>。

由图 7 可知,随着贮藏时间的延长,各试验组平菇的 LOX 活性呈现先上升后下降的趋势,在贮藏期第 0~



3 天时,各试验组平菇的 LOX 活性基本一致,无显著性差异( $P>0.05$ ),之后开始直线上升。在贮藏期第 9 天时达到峰值,此时,上海膜包装组平菇的 LOX 活性是 0.03 mm PE 膜包装组的 49.35%,是纳米膜包装组 56.25%,呈现显著性差异( $P<0.05$ )。虽然 3 个处理组的变化趋势基本一致,但上海膜包装组平菇的 LOX 活性始终低于其它试验组,说明上海膜包装能较好的抑制平菇 LOX 活性。

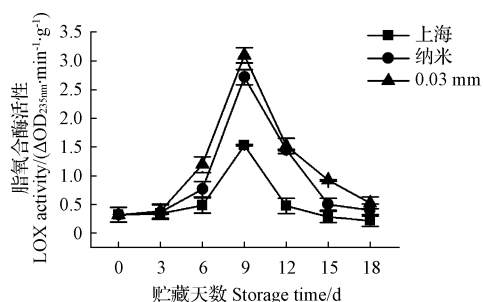


图 7 不同包装材料对平菇 LOX 活性的影响

Fig. 7 Effect of different packaging materials on LOX activity of mushroom

### 3 结论

该试验结果表明,在 3 种不同的包装材料中,上海膜的保鲜效果明显好于纳米膜和 0.03 mm PE 膜,上海膜包装能够维持平菇较高的感官评分,可有效的防止平菇水分的散失,抑制相对电导率、MDA 含量的增加,抑制 PPO、LOX 活性的上升;提高 POD、CAT 活性,对平菇的保鲜效果最佳,其次是纳米膜包装组,最后是 0.03 mm PE 膜包装组。因此,上海膜包装平菇能较好维持其良好的外观品质,延长其货架寿命。

## Effect of Different Packaging Materials on Storage of Mushroom

FAN Linlin, XIA Chunli, SHI Junyan, WANG Qing, GAO Lipu, ZUO Jinhua

(Beijing Vegetable Research Center, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences/Beijing Key Laboratory of Fruits and Vegetable Storage and Processing/Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Horticultural Crops (North China), Ministry of Agriculture/Key Laboratory of Urban Agriculture (North), Ministry of Agriculture, Beijing 100097)

**Abstract:** To determine the effect of different packaging materials on quality and storage of mushroom, mushroom fruits were packed by Shanghai film, Nanometer film, 0.03 mm PE film and stored at 3 °C. The results indicated that Shanghai film kept higher sensory score, inhibited increase of weight loss, relative conductivity, MDA content, PPO and LOX activities, and enhanced POD and CAT activities. Nanometer film packaging followed, and it was finally 0.03 mm PE film.

**Keywords:** mushroom; Shanghai film; nanometer film; PE film; packaging material

### 参考文献

- [1] 袁娅,许佳妮,张剑飞,等.不同培养基对平菇营养成分、多酚含量及其抗氧化活性的影响[J].食品科学,2014,35(13):137-142.
- [2] SANMEE R, DELL B, LUMYONG P, et al. Nutritive value of popular wild edible mushrooms from northern Thailand[J]. Food Chemistry, 2003, 84:527-532.
- [3] 徐吉祥,钟桂兴,彭珊珊.复合保鲜涂膜在平菇保藏中的应用[J].食品研究与开发,2010,31(5):164-167.
- [4] 饶毅萍,陈洁辉,张冰娜,等.平菇菌丝体与子实体营养成分的分析比较[J].生物学杂志,2011,28(3):94-96.
- [5] LARA I, MIRO R M, FUENTES T, et al. Biosynthesis of volatile aroma compounds in pear fruit stored under long-term controlled-atmosphere conditions[J]. Postharvest Biology and Technology, 2003, 29(5):29-39.
- [6] VELTMAN R H, KHO R M, van SCHAIK A C R, et al. Ascorbic acid and tissue browning in pears (*Pyrus communis* L. cvs Rocha and Conference) under controlled atmosphere conditions[J]. Postharvest Biology and Technology, 2000, 19(7):129-137.
- [7] 曹建康,姜微波,赵玉梅.果蔬采后生理生化实验指导[M].北京:中国轻工业出版社,2007.
- [8] 陈爱葵,韩瑞宏,李东洋,等.植物叶片相对电导率测定方法比较研究[J].广东教育学院学报,2010,30(5):88-91.
- [9] 曹明明,闫瑞香,冯叙桥,等.热处理对鲜切玫瑰香葡萄抗氧化活性及生理生化品质的影响[J].食品科学,2012,33(8):279-284.
- [10] 刘万臣.丁香精油抗菌性、抗氧化活性及其对果蔬贮藏效果的研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2008.
- [11] 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.
- [12] 胡文忠,姜爱丽,杨宏,等.茉莉酸甲酯对鲜切苹果生理生化变化的影响[J].食品工业科技,2012,33(16):338-346.
- [13] 郭圆圆,鲁晓翔,李江阔,等.纳他霉素对青皮核桃保鲜的影响[J].食品与发酵工业,2013,39(8):221-225.