

# 不同PE和PA保鲜膜对白灵菇冷藏效果的影响

赵伟璐<sup>1,2</sup>, 李家政<sup>3</sup>, 冯叙桥<sup>1,2,\*</sup>

(1.沈阳农业大学食品营养、质量与安全研究所, 辽宁 沈阳 110866;

2.沈阳农业大学食品学院, 辽宁 沈阳 110866;

3.国家农产品保鲜工程技术研究中心, 天津市农产品采后生理与贮藏保鲜重点实验室, 天津 300384)

**摘要:** 研究不同保鲜膜对白灵菇(*Pleurotus nebrodensis*)贮藏品质的影响, 以微孔和不同厚度的聚乙烯(PE)保鲜膜以及打孔聚酰胺(PA)保鲜膜对白灵菇进行单菇包装后, 在0℃冷藏60d。每隔15d进行感官评价、测定各包装袋内O<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>体积分数、果肉营养物质(VC、可溶性蛋白)含量、PPO活性及总酚含量。结果表明: 白灵菇贮藏于0℃、RH 60%~70%、20% CO<sub>2</sub>体积分数和4% O<sub>2</sub>体积分数条件下贮藏60d后, 具有较好的感官品质和较高的营养物质的含量(VC含量为2.7mg/g; 可溶性蛋白含量为0.87mg/g)。

**关键词:** 白灵菇; 保鲜膜; 贮藏; 品质变化

## Effect of PE and PA Food Wrapping Films on the Quality of Mushroom during Refrigerated Storage

ZHAO Wei-lu<sup>1,2</sup>, LI Jia-zheng<sup>3</sup>, FENG Xu-qiao<sup>1,2,\*</sup>

(1. Institute of Food Nutrition, Quality and Safety, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China;

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

3. Tianjin Key Laboratory of Postharvest Physiology and Storage of Agricultural Produces, National Engineering and Storage Technology Research Center of Agriculture Produces, Tianjin 300384, China)

**Abstract:** To investigate the effect of different food wrapping films on storage quality of mushroom (*Pleurotus nebrodensis*), single mushroom was packaged with polyethylene (PE) film or punched polyamide (PA) film with various aperture or thickness and stored at 0 °C for 60 days. Sensory evaluation, O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> volume fractions in the packaging bag, vitamin C content, soluble protein content, PPO activity, and total phenol content were analyzed every 15 days during storage. The results show that mushrooms stored under the conditions: 0 °C, 60%–70% relative humidity, 20% CO<sub>2</sub> and 4% O<sub>2</sub> had better sensory quality and higher contents of nutrients (2.7 mg/g vitamin C and 0.87 mg/g soluble protein).

**Key words:** *Pleurotus nebrodensis*; food wrapping film; storage; quality change

中图分类号: TS205.9

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)20-0339-04

自发气调包装(modified atmosphere packaging, MAP)<sup>[1-4]</sup>是果蔬贮藏保鲜的基本方法之一, 广泛应用在实践中。保鲜膜具有一定的透气性, 其透气率和透湿率随塑料的厚度、气体体积分数等而变化<sup>[5]</sup>。保鲜膜能利用菇体的呼吸作用, 自动调低氧含量、升高二氧化碳含量, 达到气调保鲜的目的, 但在目前的实践中, 果蔬保鲜膜材料的种类极为有限, 主要是聚乙烯(PE)和聚氯乙烯(PVC)两大类。在保鲜膜材料种类有限的情况下, 改变保鲜膜透气性的另一个有效措施是改变膜的厚度<sup>[6]</sup>或在保鲜膜上制备微小气孔以改变其透气性<sup>[7]</sup>。

白灵菇(*Pleurotus nebrodensis*)隶属真菌门、担子菌亚门、层菌纲、伞菌目、侧耳科、侧耳属, 又名白灵侧耳, 其菇体色泽洁白、营养丰富, 味道鲜美, 具有增强免疫力、调节生理平衡的作用<sup>[8-9]</sup>。白灵菇含有丰富的蛋白质、脂肪、真菌类

多糖和17种氨基酸, 有增强人体免疫力, 调节人体生理平衡的作用。白灵菇在贮运过程中易出现褐变、软化、液化、腐败及产生异味等问题, 对其商品价值影响很大。

本实验研究了以高透气性的微孔PE保鲜膜、不同厚度的普通PE保鲜膜和打孔聚酰胺(PA)保鲜膜对白灵菇进行单菇包装后在0℃冷藏60d期间的感官品质指标、营养指标和一些生理生化指标等方面的变化, 并对选择适合白灵菇贮藏的保鲜膜提出依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料及处理

供试白灵菇: 从天津市蓟县东五百户镇头百户村白

收稿日期: 2011-09-04

作者简介: 赵伟璐(1986—), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品安全控制。E-mail: 915614277@qq.com

\*通信作者: 冯叙桥(1961—), 男, 教授, 博士, 研究方向为果蔬贮藏保鲜技术与质量安全控制。E-mail: feng\_xq@hotmail.com

灵菇实验基地采收,所有供试白灵菇均采自同一大棚,8~9d成熟,采后简单包装后运至国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津),置于7~8℃库中预冷。

保鲜膜均为国家农产品保鲜工程技术研究中心生产的产品,包括高透气性的微孔PE保鲜膜(厚度20 $\mu$ m,以WK表示)、20、30、50 $\mu$ m厚的PE保鲜膜(分别以PE20、PE30和PE50表示)和打2对孔(大小为20cm $\times$ 20cm,距包装袋两边5cm各打2对孔径为2mm的孔)PA保鲜膜(以PA2表示)。

试验处理:将采收当日白灵菇,预冷24h后的白灵菇采用不同保鲜膜制成的20cm $\times$ 20cm保鲜袋进行单菇包装、密封,置于RH为60%~70% 0℃保鲜库中贮藏60d。每种保鲜膜包装20个重复,共处理100个样品,15d测定一次,每次每种包装取3个重复。

## 1.2 试剂与仪器

碳酸钠、无水乙醇、抗坏血酸、浓硫酸(以上均为分析纯)、EDTA(生化试剂) 天津科威试剂公司;三氯乙酸、磷酸二氢钠、磷酸氢二钠、氯化钠、氢氧化钠、石英砂、草酸、氢氧化钠(均为分析纯) 天津市江天化工有限公司;儿茶酚分析纯 天津市大茂化学试剂厂;浓硫酸 国公县清远化工厂;硫代硫酸钠 天津大学科威公司。

LP1200S千分之一天平、BP210S万分之一天平、BP211D十万分之一天平 德国赛多利斯公司;KQ-50台式超声波清洗机 昆山超声波仪器厂;GENESYS 5紫外可见分光光度计、D-37520冷冻离心机、双列双孔电热恒温水浴锅 北京市长风仪器仪表公司;SC-182A冷藏柜 青岛海尔公司;MDF-382E超低温冰箱 日本Sanyo公司;O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>全自动分析控制仪(SC<sub>2</sub>) 意大利Isolcell公司;ACS-A电子计重器 上海友声衡器公司;HT200H手动SPME 进样器 美国Supelco公司;HL260榨汁机 山东九阳小家电有限公司;Beckman冷冻超速离心机 德国Beckman公司。

## 1.3 方法

### 1.3.1 O<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>的体积分数

保鲜袋中O<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>的浓度采用O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>测定仪<sup>[10]</sup>测定。

### 1.3.2 VC含量测定

采用钼蓝比色法<sup>[11]</sup>测定VC含量。首先准确称取一定量样品10g,即加入草酸-EDTA溶液,经捣碎后放入100mL定容,过滤。吸取定量溶液于50mL容量瓶中,加入1mL偏磷酸-醋酸溶液,5%硫酸溶液2mL,摇匀后,加入4mL钼酸铵溶液,以蒸馏水定容至50mL,15min后测定705nm波长处的吸光度。

### 1.3.3 可溶性蛋白的测定

采用考马斯亮蓝G-250法<sup>[12]</sup>测定可溶性蛋白。吸取样品提取液0.1mL,放入具塞刻度试管中(设两个重复管),加入5mL考马斯亮蓝G-250试剂,充分混合,放置2min后

在595nm下比色,记录吸光度,通过标准曲线查得蛋白质含量。以100 $\mu$ g/mL血清白蛋白液为标准物。

### 1.3.4 多酚氧化酶(polyphenol oxidase, PPO)活性的测定<sup>[13]</sup>

1g样品预冷的研钵中,加入适量0.05mol/L pH7.8的磷酸缓冲溶液(总用量20mL),冰浴研磨匀浆,4℃、10000 $\times$ g离心10min,上清液即为酶提取液。提取4mL 0.05mol/L、pH7.8的磷酸缓冲液,然后加入1mL、0.1mol/L儿茶酚和1mL酶提取液。37℃水浴保温10min,迅速放入冰浴中立即加入2mL、20%三氯乙酸溶液终止反应,在420nm测定吸光度,以磷酸缓冲液代替酶液为对照调零。

### 1.3.5 总酚含量的测定

按照Folin-Denis法<sup>[14]</sup>测定。取1mL提取液于Eppendorf管中,分别加入0.5mL福林酚,2%Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>溶液3mL,室温避光2h后,以抽提试剂为对照。用紫外分光光度计测定765nm波长处的吸光度,计算总酚含量,以mg/100g没食子酸为标准物。

除了感官品质指标中气体浓度外,每个处理任选3个重复样测定各项指标。图中标识为平均值 $\pm$ 标准差。试验数据采用Excel 2000进行方差分析,差异显著性水平 $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同保鲜膜包装的白灵菇冷藏后品质的感官评价

在冷藏白灵菇的前期,各个包装袋内的白灵菇变化无明显的差异,但冷藏到30d时,白灵菇外观变化出现明显差异。

由表1可知,冷藏前期,各个包装袋里白灵菇品质差异不大;冷藏后期,随着PE膜厚度的增加,其中白灵菇的感官品质随之变差。总之,PA2膜包装的白灵菇品质相对较好,其他膜包装的白灵菇品质都有不同程度的变化。

### 2.2 不同保鲜袋对O<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>体积分数的影响

对于呼吸强度较大的白灵菇来说,包装后在短时间O<sub>2</sub>下降上升CO<sub>2</sub>,很容易造成低氧高二氧化碳的环境。由图1可知,在测定时间内,微孔膜包装的保鲜袋内O<sub>2</sub>体积分数始终在20%左右,接近空气中氧的含量;CO<sub>2</sub>体积分数始终保持在1%左右,PE20、PE30、PE50膜包装袋内O<sub>2</sub>体积分数基本维持在0%,而CO<sub>2</sub>体积分数随保鲜膜的厚度增加而升高。长期无氧的不利条件和极端环境的胁迫容易造成白灵菇的无氧呼吸代谢和气体伤害,导致生理代谢失调、加速衰老和死亡,从而影响贮藏品质和寿命。与其他食用菌一样,白灵菇采摘后呼吸作用旺盛。因此降低贮藏环境中的O<sub>2</sub>,增加O<sub>2</sub>的浓度可以抑制白灵菇的呼吸作用。在保鲜膜包装内的气调达到要求的指标过程中。有一个降低O<sub>2</sub>升高CO<sub>2</sub>的过程,并且降的O<sub>2</sub>时间越短越好<sup>[15]</sup>。PA2膜包装的保鲜袋内的分O<sub>2</sub>数在冷藏的前期始终保持在0.5%,在冷藏的第20天,O<sub>2</sub>体积分数开始缓慢上升,到40d时达到

表1 冷藏期间不同包装的保鲜袋内白灵菇的感官品质  
Table 1 Sensory quality of mushroom packaged with different food wrapping films during refrigerated storage

冷藏时间/d	0	15	30	45	60
WK	菌盖、菌皱洁白, 无开裂, 无萎缩, 无菌边卷曲, 无异味, 无腐烂	菌盖、菌皱洁白, 无开裂, 无萎缩, 无菌边卷曲, 无异味, 无腐烂	菌盖、菌皱轻微褐变, 无开裂, 萎缩, 菌边卷曲, 无异味, 无腐烂	菌盖、菌皱洁白, 无开裂, 无萎缩, 菌边卷曲, 无异味, 无腐烂	菌盖、菌皱褐变较为严重, 开裂, 萎缩, 菌边卷曲, 无异味, 无腐烂
PE20	菌盖、菌皱洁白, 无开裂, 无萎缩, 无菌边卷曲, 无异味, 无腐烂	菌盖、菌皱洁白, 无开裂, 无萎缩, 无菌边卷曲, 无异味, 无腐烂	菌盖、菌皱轻微褐变, 无开裂, 无萎缩, 菌边卷曲, 无异味, 无腐烂	菌盖、菌皱洁白, 开裂, 萎缩, 菌边卷曲, 无异味, 无腐烂	菌盖、菌皱褐变, 开裂, 萎缩, 菌边卷曲, 无异味, 无腐烂
PE30	菌盖、菌皱洁白, 无开裂, 无萎缩, 无菌边卷曲, 无异味, 无腐烂	菌盖、菌皱洁白, 无开裂, 无萎缩, 无菌边卷曲, 无异味, 无腐烂	菌盖、菌皱轻微褐变, 无开裂, 无萎缩, 菌边卷曲, 无异味, 无腐烂	菌盖、菌皱褐变, 开裂, 萎缩, 菌边卷曲, 无异味, 无腐烂	菌盖、菌皱褐变, 开裂, 萎缩, 菌边卷曲, 轻微异味, 无腐烂
PE50	菌盖、菌皱洁白, 无开裂, 无萎缩, 无菌边卷曲, 无异味, 无腐烂	菌盖、菌皱洁白, 无开裂, 无萎缩, 无菌边卷曲, 无异味, 无腐烂	菌盖、菌皱褐变, 开裂, 萎缩, 菌边卷曲, 无异味, 无腐烂	菌盖、菌皱褐变, 开裂, 萎缩, 菌边卷曲, 轻微异味, 无腐烂	菌盖、菌皱严重褐变, 开裂, 萎缩, 菌边卷曲, 严重异味, 腐烂
PA2	菌盖、菌皱洁白, 无开裂, 无萎缩, 无菌边卷曲, 无异味, 无腐烂	菌盖、菌皱洁白, 无开裂, 无萎缩, 无菌边卷曲, 无异味, 无腐烂	菌盖、菌皱较为洁白, 无开裂, 萎缩, 菌边卷曲, 无异味, 无腐烂	菌盖、菌皱较为洁白, 开裂, 轻微萎缩, 菌边略有卷曲, 无异味, 无腐烂	菌盖、菌皱洁白, 开裂, 轻微萎缩, 菌边卷曲, 无异味, 无腐烂

4%左右, 直至冷藏后期始终保持此水平; CO<sub>2</sub>的体积分数在冷藏前期缓慢上升, 到冷藏的第13天达到25%后又开始缓慢下降, 直至到冷藏40d, 下降到20%后趋于平缓。

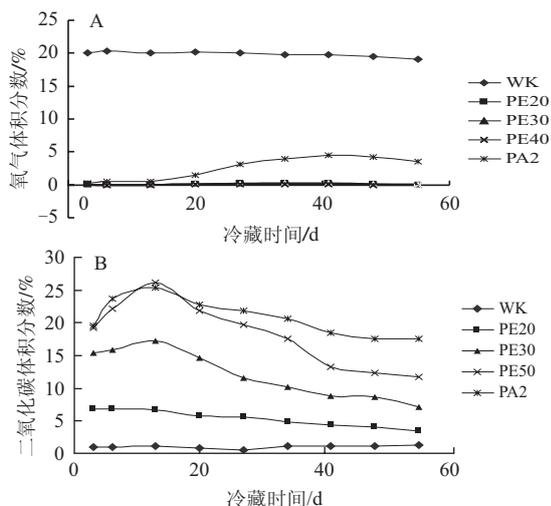


图1 不同包装的保鲜袋内O<sub>2</sub>(A)和CO<sub>2</sub>(B)体积分数  
Fig.1 O<sub>2</sub> (A) and CO<sub>2</sub> (B) contents in different packaging bags

2.3 不同保鲜膜包装对白灵菇中VC和可溶性蛋白含量的影响

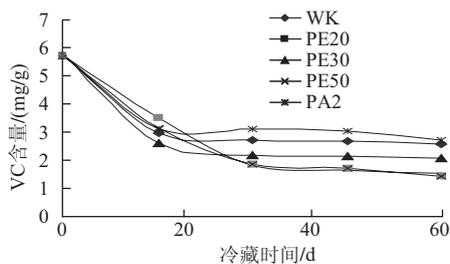


图2 冷藏期间不同膜包装的白灵菇VC的含量  
Fig.2 Vitamin C content of mushroom packaged with different food wrapping films

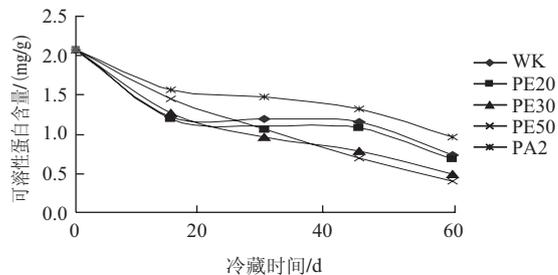


图3 冷藏期间不同膜包装的白灵菇可溶性蛋白的含量  
Fig.3 Soluble protein content of mushroom packaged with different food wrapping films

在冷藏的过程中, 不同膜包装的保鲜袋内VC含量都有不断的下降, 且冷藏前期要比后期下降得快, 其中PE50膜包装保鲜袋内的白灵菇表现最为明显。在整个冷藏过程中PA2膜包装保鲜袋内VC含量最高(图2)。白灵菇的可溶性蛋白质含量在贮藏期间一直下降, 且前期的下降速度比后期快。蛋白质是白灵菇采后的代谢底物之一, 它们的降解是引起白灵菇变质和腐败的一个重要原因<sup>[16]</sup>。随着膜厚度的增加, 可溶性蛋白含量的下降趋势越明显, PE50膜包装的保鲜袋内可溶性蛋白下降最多。贮藏0~40d, PA2膜包装的白灵菇的可溶性蛋白质含量一直最高。且在20~40d之间和其他各处理之间存在显著性差异( $P < 0.05$ )(图3)。

2.4 不同保鲜膜包装对白灵菇PPO活性影响

PPO氧化内源的酚类物质生成邻醌, 邻醌在互相聚合合成醌或蛋白质、氨基酸等作用生成高分子络合物而导致褐色素的生成, 色素分子质量愈高, 颜色愈暗, 是果蔬褐变及营养丧失的主要原因之一<sup>[17]</sup>。由图4可见, 白灵菇的PPO活性在贮藏期间呈先上升后下降的趋势。PA2膜包装的白灵菇的PPO活性峰值出现的时间都较迟, PPO活性在冷藏的第45天达到最大值1.92, 且在冷藏期间活性比较低, 说明该处理的白灵菇的褐变速度最

慢,有利于延长保鲜时间,而且PA2膜包装的白灵菇感官品质最佳。

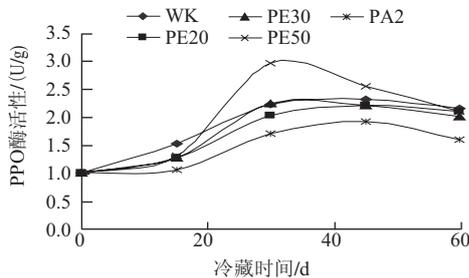


图4 不同包装膜处理的白灵菇对PPO活性的影响

Fig.4 Effect of different food wrapping films on PPO activity in mushroom during refrigerated storage

## 2.5 不同保鲜膜包装对白灵菇总酚含量的影响

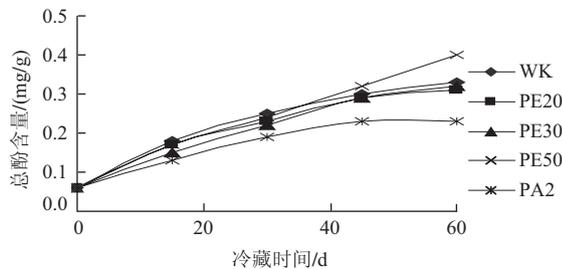


图5 为冷藏期间不同膜包装的白灵菇中总酚的含量

Fig.5 Effect of different food wrapping films on total phenol content in mushroom during refrigerated storage

酚类物质是植物体内一种次生代谢产物,极易在酚酶作用下氧化,引起色泽的改变<sup>[18]</sup>。从图5可以看出,不同膜包装的保鲜袋白灵菇中总酚含量都是在不断上升的,PE50膜包装的白灵菇的总酚含量上升的最明显,而PA2膜包装的白灵菇的总酚含量上升的最为平缓,说明PA2膜包装的白灵菇褐变比较小。

## 3 讨论

保鲜膜的透气性直接影响包装袋内O<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>气体的体积分数。试验中所用的PA2膜是通过在聚酰胺膜上打孔的方法制备的,由于聚酰胺膜透气性较差,在其上打孔,使其O<sub>2</sub>体积分数不至于太低,而CO<sub>2</sub>体积分数相对较高。试验中所用的其他聚乙烯保鲜膜,随膜厚度的增加,其O<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>的渗透量逐渐降低,使保鲜袋内O<sub>2</sub>含量越来越低,CO<sub>2</sub>含量越来越高。在整个冷藏期过程中,PA2膜包装的白灵菇的VC和可溶性固形物的含量均略高于其他膜包装。

白灵菇的感官品质与O<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>体积分数有一定的关系,这是采后果蔬的基本生理变化规律。采收后仍有旺盛的生命力,会降解自身积累的生物大分子来保持生长的需要,导致品质的下降<sup>[9]</sup>。利用低温、低氧和高二氧化碳环境可抑制酶

与微生物的活性,延缓呼吸作用与生化反应,从而能有效地延长菇体的保鲜期。本试验结果也说明了这种感官品质(表1)与O<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>的体积分数(图1)的关系。评价白灵菇的保鲜效果,要多方面进行考虑,如白灵菇的感官品质、衰老程度、营养物质含量和风味等多方面因素。PA2膜包装能为冷藏白灵菇提供较为适宜的O<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>的体积分数(图1),也能较好地保持白灵菇的感官品质和较高的营养物质(图2和图3),说明较其他几种保鲜膜来说,PA2膜是较适合白灵菇贮藏的包装。

## 4 结论

PA2膜单菇包装能使保鲜袋内保持4% O<sub>2</sub>和20% CO<sub>2</sub>含量,对白灵菇具有明显的保鲜效果。与其他不同厚度的聚乙烯保鲜膜相比,PA2膜包装的白灵菇具有较好的感官品质和较高的营养物质含量,且PPO活性和总酚含量都相对其他膜包装的要低。

## 参考文献:

- [1] KADER A A, ZAGORY D, KERBAL E L. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 1989, 28(1): 1-30.
- [2] KADER A A, CHRISTOPHER B W. Modified atmosphere packaging: toward 2000 and beyond[J]. Hort Technology, 2000, 10(3): 483-486.
- [3] MAARTEN L H, SUE E N, NIGEL H B. The effect of modified atmosphere on the rate of firmness change in 'Braeburn' apples[J]. Postharvest Biology and Technology, 2001, 23(3): 175-184.
- [4] 卢立新. 果蔬气调包装理论研究进展[J]. 农业工程学报, 2005, 21(7): 175-180.
- [5] 李家政, 毕大鹏, 李杨. 温度对保鲜膜透气和透湿性能的影响[J]. 包装工程, 2009, 30(10): 8-10.
- [6] 李富军, 张新华, 孙希生, 等. 包装厚度对长把梨货架期间CO<sub>2</sub>伤害的影响[J]. 农业工程学报, 2009, 25(2): 290-293.
- [7] PAUL D R, CLARKE R. Modeling of modified atmosphere packaging based on designs with a membrane and perforations[J]. Journal of Membrane Science, 2002, 208(1/2): 269-283.
- [8] 中国实验室国家认可委员会. 实验室认可与管理基础知识[S]. 北京: 中国计量出版社, 2003: 102-103.
- [9] 昞向君. 实验室认可准备与审核工作指南[S]. 北京: 中国标准出版社, 200: 101.
- [10] 肖功年. 平菇气调包装保鲜[J]. 无锡轻工大学学报, 2003, 21(6): 592-596.
- [11] 白宝璋, 汤学军. 植物生理学测试技术[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1993.
- [12] 赵祁, 肖杰, 王勤. 阿魏菇对小鼠免疫功能的影响[J]. 中国食用菌, 2001, 20(1): 43-45.
- [13] 朱广廉, 钟海文, 张爱琴. 植物生理学实验[M]. 北京: 北京大学出版社, 1990: 37-40.
- [14] 李军. 钼蓝比色测定还原性维生素C[J]. 食品科学, 2000, 21(8): 42-45.
- [15] 林河通, 赖培忠. 蘑菇贮藏保鲜技术[J]. 农牧产品开发, 1999(4): 20-21.
- [16] 梁艳丽, 李荣春, 张陶. 白灵菇贮藏过程中营养成分的动态变化[J]. 中国食用菌, 2004, 24(2): 54-56.
- [17] 韩涛, 李丽萍. 果实和蔬菜中PPO的作用[S]. 北京农学院学报, 1998, 13(2): 117-124.
- [18] 马岩松, 车芙蓉, 张平, 等. 南国梨多酚氧化酶最适作用酶促褐变底物的分析确定[J]. 食品科学, 2000, 21(1): 11-13.
- [19] 熊巧玲, 邢增涛. <sup>60</sup>Co辐照对白灵菇采收后低温贮藏的影响[J]. 核农学报, 2007, 21(3): 273-276.