

不同包装膜对杏鲍菇冷藏品质和贮藏效果的影响

谢丽源, 郑林用, 彭卫红, 唐 杰, 黄忠乾, 谭 伟, 甘炳成*

(四川省农业科学院土壤肥料研究所, 四川 成都 610066)

摘 要: 比较5种不同包装膜对杏鲍菇冷藏品质及理化特性的影响, 以确定最适杏鲍菇冷藏的包装膜。结果表明, 在4℃贮藏条件下, 各种保鲜膜均不同程度地保持了杏鲍菇冷藏期间的感官品质, 降低了杏鲍菇贮藏期间多酚氧化酶活性和丙二醛含量, 延缓了可溶性蛋白、VC和可溶性总糖含量下降, 同时保持较高的超氧化物歧化酶活性、过氧化氢酶活性和过氧化物酶活性, 其中以高压低密度聚乙烯(low density polyethylene, LDPE)效果最佳。因此, LDPE能够有效抑制贮藏期间杏鲍菇品质劣变, 降低营养价值的损失, 提高综合贮藏品质, 延长货架期时间至15 d, 为薄膜包装杏鲍菇应用提供参考, 并为商业延长杏鲍菇的贮藏期限提供理论依据。

关键词: 杏鲍菇; 包装膜; 低温; 贮藏效果

Effect of Different Preservative Films on the Storage Quality of *Pleurotus eryngii* at Low Temperature

XIE Liyuan, ZHENG Linyong, PENG Weihong, TANG Jie, HUANG Zhongqian, TAN Wei, GAN Bingcheng*

(Institute of Soil and Fertilizer, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu 610066, China)

Abstract: The aim of the present work was to compare the effects of five kinds of preservative films on the storage quality and physicochemical properties of *Pleurotus eryngii* at low temperature in order to find the most appropriate one to maintain its quality. The results showed that all the preservative films investigated could maintain the sensory quality of *Pleurotus eryngii* stored at 4℃ to different extents, reduced malondialdehyde (MDA) concentration and polyphenol oxidase (PPO) activity, retained higher contents of soluble protein, VC and polysaccharide, and maintained high superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and peroxidase (POD) activity, with low density polyethylene (LDPE) identified as the best one. Therefore, LDPE could inhibit the quality deterioration of *Pleurotus eryngii* during storage, reduce the loss of nutritional value, improve the overall storage quality, and extend the shelf life to 15 days. This study may provide a reference for the application of film packaging, and a theoretical basis for prolonging the shelf life of *Pleurotus eryngii*.

Key words: *Pleurotus eryngii*; preservative film; low temperature; storage quality

中图分类号: R284.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2015)22-0197-06

doi:10.7506/spkx1002-6630-201522038

杏鲍菇(*Pleurotus eryngii* (DC. Ex Fr.) Que)隶属于真菌门(Eumycota)、担子菌亚门(Basidiomycotina)、层菌纲(Hymenomycetes)、无隔担子菌亚纲(Homobasidiomycetidae)、伞菌目(Agaricales)、侧耳科(Pleurotaceae)、侧耳属(*Pleurotus*)^[1], 具有降血压血脂、降低胆固醇、抗动脉粥样硬化、增强人体免疫力、防癌抗癌的作用, 而且对脂肪肝、急性肝炎、心肌梗塞、脑梗塞均具有良好的预防和治疗作用^[2-8]。近年来, 随着市场需求的增加以及工厂化栽培模式的推广, 杏鲍菇的产量大幅度提升, 而杏鲍菇的采后贮运也愈来愈成为其产业发展亟需解决的问题。然而杏鲍菇含水量高, 组织非常细嫩, 菌盖表面没

有明显的保护结构, 常温条件下采后3~6 d, 外观上表现就出现褐变、软腐、开伞等变化, 生理上则表现为失水、散热、呼吸作用及生化成分的一系列变化, 进而影响到其商品质量^[9-11]。但目前杏鲍菇采后贮、运、销技术相对比较落后, 生产上迫切需要适宜的贮藏保鲜技术。因此, 研究杏鲍菇贮藏保鲜问题是适应市场需求和提高经济效益的重要途径。

目前, 食用菌保鲜技术研究最常用和有效的是气调保鲜法, 通过控制环境中的氧浓度使食用菌仅产生微弱的有氧呼吸而不产生厌氧呼吸, 而人工气调保鲜系统效果好, 但是对设备资金要求高, 且不适于动态贮藏。因此, 气调包装为主的保鲜法结合低温贮藏是理想的贮藏

收稿日期: 2015-04-03

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2013BAD16B00); 国家现代农业(食用菌)产业技术体系建设专项(CARS-24)

作者简介: 谢丽源(1977—), 女, 副研究员, 博士, 研究方向为农产品加工。E-mail: xieliyuan77@163.com

*通信作者: 甘炳成(1968—), 男, 研究员, 硕士, 研究方向为食用菌贮藏加工。E-mail: bgan918@sohu.com

食用菌的方法,它通过塑料薄膜包裹,通过塑料薄膜的透气性,借助呼吸作用来降低膜内氧气含量,并通过薄膜交换气体调节氧气与二氧化碳的比例,是一种简便易行、效果较好的保鲜方法,但是不同的包装膜针对不同的食用菌有一定适用性,因此选择适用保鲜包装材料对于研究食用菌保鲜具有重要意义。

运用5种气密性、透明度、阻隔性不同的常见食品保鲜包装材料进行实验,在不同包装条件下,对引起杏鲍菇贮藏期间变质的主要生理生化指标进行考察,由此选择最适杏鲍菇保鲜材料,为延长杏鲍菇货架期起到一定的指导作用。

1 材料与方法

1.1 材料

供试材料为工厂化栽培的新鲜杏鲍菇,采自成都榕珍菌业有限公司,采摘标准为12~15 cm长度的杏鲍菇,挑选菇体完整、色泽洁白、表面光洁、未开伞、无病虫害、无机械损伤的子实体,采后立即运送至四川省农业科学院微生物研究中心。

5种保鲜膜(聚丙烯(oriented polypropylene, OPP)、乙烯-乙酸乙烯共聚物(ethylene vinyl acetate, EVA)、聚乙烯(polyethylene, PE)、高压低密度聚乙烯(low density polyethylene, LDPE)、低压高密度聚乙烯(high density polyethylene, HDPE))均购自成都包装材料中心,规格为300 mm×300 mm。

1.2 仪器与设备

UV1240紫外分光光度计 日本岛津仪器公司;
GLI66-II高速离心机 上海安亭科学仪器厂;HH.S11-Ni6-列六孔恒温水浴锅 北京长安科学仪器厂;
ALC-Z10.3电子天平 北京赛多利斯天平有限公司。

1.3 方法

1.3.1 材料处理

每个处理组选取1朵杏鲍菇放入5种包装中,每个处理组重复3次,共测定15 d,每3 d测定一次,扎紧袋口,放入4℃贮藏温度,相对湿度为85%的贮藏环境中,设置不包装对照(CK)、OPP、EVA、PE、LDPE、HDPE 6个处理,定期测定各种生理生化保鲜指标。测定指标包括VC、可溶性总糖、可溶性蛋白、丙二醛(malondialdehyde, MDA)含量、多酚氧化酶(polyphenol, PPO)、过氧化物酶(peroxidase, POD)、超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)、过氧化氢酶(catalase, CAT)活性、质量损失率。

1.3.2 指标测定

1.3.2.1 可溶性总糖含量的测定

采用苯酚-硫酸法^[12],以标准葡萄糖制作标准曲线

($y=0.0086x+0.0089$, $R^2=0.9952$)。称取1.0 g杏鲍菇样品组织置于研磨中,液氮研磨均匀,加少量蒸馏水研磨匀浆,转入20 mL具塞试管中,加入5~10 mL蒸馏水,薄膜封口,沸水中煮沸提取30 min,冷却、过滤,将残渣回收至试管中,加入10 mL蒸馏水,重复沸水浴提取10 min,冷却、过滤、洗涤,将两次滤液收集于100 mL容量瓶中并定容至刻度。吸取10 mL提取液于100 mL容量瓶中并定容至刻度。取1.0 mL稀释液于具塞刻度试管中,加入1.0 mL蒸馏水,1.0 mL 0.09 g/mL苯酚溶液,摇匀,再加入5.0 mL的浓硫酸,充分振荡后在室温条件下反应30 min,在波长490 nm处比色测定其光密度OD值,重复3次,通过标准曲线测定样品中的总糖含量。

1.3.2.2 可溶性蛋白含量的测定

考马斯亮蓝G250法测定^[13],以标准牛血清蛋白溶液制作标准曲线($y=0.0039x+0.9581$, $R^2=0.9999$)。称取1.0 g杏鲍菇样品组织,加5 mL蒸馏水研磨成浆,于4℃、12 000×g离心20 min,吸取提取液1.0 mL与25 mL容量瓶中并用蒸馏水定容至刻度,取1.0 mL稀释液放入具塞刻度试管中,加入5 mL考马斯亮蓝G250蛋白试剂,充分混合,放置2 min后在波长595 nm处比色测定其吸光度,重复3次,记录光密度OD值,并通过标准曲线计算待测样品中可溶性蛋白的含量。

1.3.2.3 VC含量的测定

采用紫外快速测定法^[14],以VC作标准曲线($y=0.0451x+0.0035$, $R^2=0.9998$)。称取剪碎混匀的菇5.0 g,加入5 mL 1%盐酸匀浆,转移至25 mL容量瓶中,稀释定容。10 000 r/min离心10 min后,取0.2 mL上清液,加入盛有0.2 mL 10%盐酸的10 mL容量瓶中,定容后以蒸馏水为空白,在波长243 nm处用紫外分光光度计测定光密度OD值,根据标准曲线,计算VC含量。

1.3.2.4 MDA含量的测定

采用硫代巴比妥酸比色法^[12]。

$$\text{MDA含量}/(\text{nmol/g}) = \frac{[6.45 \times (\text{OD}_{532\text{nm}} - \text{OD}_{600\text{nm}}) - 0.560 \text{OD}_{450\text{nm}}] \times V}{V_s \times M} \quad (1)$$

式中: V 为提取液体积/mL; M 为杏鲍菇组织鲜质量/g; V_s 为测定时取样品提取液体积/mL;OD为光密度,下标表示波长。

1.3.2.5 SOD活性测定

氮蓝四唑法^[15-16],以每分钟抑制NBT光化还原的50%为1个SOD酶活力单位(U)。

$$\text{SOD活性}/(\text{U/g}) = \frac{(A_0 - A_E) V}{0.5 A_0 V_s M t} \quad (2)$$

式中: A_0 为光照对照管的吸光度; A_E 为样品管的吸光度; V 为样品提取液总体积/mL; V_s 为测定时样品用量/mL; M 为样品鲜质量/g, t 为光照时间/min。

1.3.2.6 POD活性测定

采用愈创木粉法,参考Kochba等^[17]的方法,以反应体系每克样品每分钟吸光度变化0.01为一个酶活力单位(U),结果以U/g表示。

1.3.2.7 PPO活性测定

参考李宁等^[18]方法,以反应体系每克样品每分钟吸光度变化0.001为一个酶活力单位(U),结果以U/g表示。

1.3.2.8 CAT活性测定

参考Kato等^[19]方法,以反应体系每克样品每分钟吸光度变化0.001为一个酶活力单位(U),结果以U/g表示。

1.3.2.9 质量损失率测定

采用称量法称每组平行样品,分别记录贮藏前菇体质量和不同贮藏期菇体的质量。

$$\text{质量损失率}/\% = \frac{m - m_1}{m} \times 100 \quad (3)$$

式中: m_1 为取样时质量/g; m 为样品初始质量/g。

1.4 数据统计

数据用Microsoft Excel 2003进行统计处理,所以数据为3次以上重复实验的平均值和标准误差,并制图;使用SPSS 18.0软件进行差异显著性分析,利用邓肯多重比较法(Duncan)对数据间进行差异显著性分析。 $P < 0.05$ 表示差异显著, $P < 0.01$ 表示差异极显著。

2 结果与分析

2.1 不同包装材料对杏鲍菇VC含量的影响

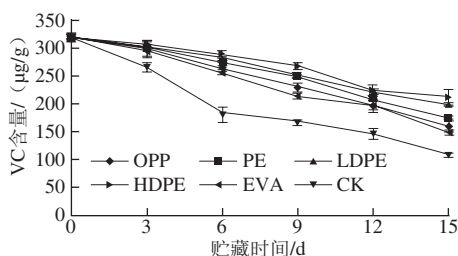


图1 不同包装材料处理对杏鲍菇中VC含量的影响
Fig.1 Effect of different packaging materials on VC content

研究发现不同包装膜处理对杏鲍菇VC含量有较大影响,但均呈现逐渐下降趋势(图1)。杏鲍菇在OPP、PE、LDPE、HDPE、EVA包装处理15 d后,HDPE和LDPE包装膜处理VC含量显著($P < 0.01$ 或 $P < 0.05$)高于其余包装膜,PE包装膜处理VC含量显著($P < 0.05$)高于OPP和EVA膜,OPP和EVA包装膜处理VC含量最低,而彼此间差异没有达到显著性差异($P > 0.05$),同时还发现,所有包装膜处理VC含量极显

著($P < 0.01$)高于未包装对照(CK),由此可见,膜处理能有效延缓杏鲍菇VC含量的下降,其中HDPE、LDPE包装膜处理效果较好。

2.2 不同包装材料对杏鲍菇可溶性蛋白含量的影响

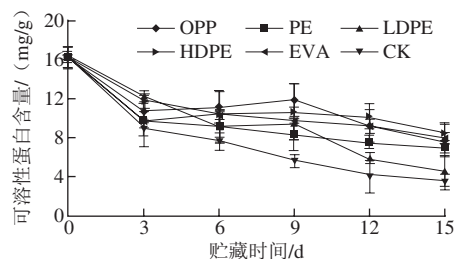


图2 不同包装材料处理对杏鲍菇可溶性蛋白含量的影响
Fig.2 Effect of different packaging materials on protein content

在食用菌的采后贮藏中,可溶性蛋白大部分被分解用以满足代谢需要,因此随着贮藏时间延长,杏鲍菇各处理蛋白质含量呈现下降趋势,而包装处理蛋白质含量显著($P < 0.01$ 或 $P < 0.05$)高于CK,且下降缓慢(图2)。在贮藏第15天,HDPE、EVA、OPP、PE膜处理蛋白质含量显著($P < 0.01$ 或 $P < 0.05$)高于LDPE,而彼此间差异不显著($P > 0.05$),LDPE包装膜处理杏鲍菇蛋白质含量稍低。由此可见,包装膜处理能有效延缓可溶性蛋白含量下降趋势,其中HDPE、EVA、OPP、PE包装膜处理蛋白质含量较高,效果较好。

2.3 不同包装材料对杏鲍菇可溶性总糖含量的影响

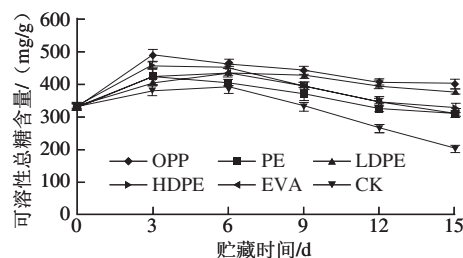


图3 不同包装材料处理对杏鲍菇可溶性总糖含量的影响
Fig.3 Effect of different packaging materials on total sugar content

在杏鲍菇贮藏期间,由于呼吸消耗致使可溶性总糖的含量下降,其变化趋势随着贮藏时间延长呈先上升再降低的变化趋势,薄膜包装的杏鲍菇可溶性总糖含量极显著($P < 0.01$)高于CK(图3)。贮藏15 d后,OPP和LDPE包装膜处理的总糖含量极显著($P < 0.01$)高于其余包装膜,PE、HDPE和EVA包装膜处理的总糖含量较低,且没有达到显著性差异($P > 0.05$)。由此可见,包装膜具有一定的阻透性,在一定程度上抑制了杏鲍菇的呼吸作用,从而降低了菇体中可溶性糖的消耗。其中,LDPE和OPP贮藏效果显著优于其余包装。

2.4 不同包装材料对MDA含量的影响

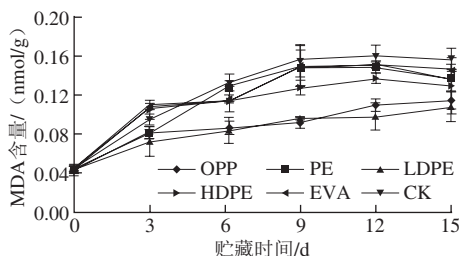


图4 不同包装材料处理对杏鲍菇MDA含量的影响

Fig.4 Effect of different packaging materials on MDA content

如图4可知, 杏鲍菇贮藏期间的MDA含量随着细胞的衰老而不断增加, 贮藏15 d, 薄膜包装的MDA含量显著 ($P<0.01$ 或 $P<0.05$) 低于CK, LDPE和OPP包装膜处理MDA含量显著 ($P<0.05$) 低于其余包装膜, PE、HDPE、EVA处理MDA含量间差异不显著 ($P>0.05$)。由此可见, 膜包装处理能降低MDA含量上升速度, 且LDPE和OPP处理MDA含量显著低于其余包装材料, 效果较好。

2.5 不同包装材料对杏鲍菇SOD活性的影响

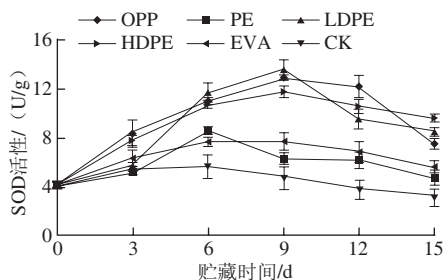


图5 不同包装材料对杏鲍菇SOD活性的影响

Fig.5 Effect of different packaging materials on SOD activity

由图5可知, 在不同处理贮藏过程中, SOD的活性随着采后贮藏时间的延长总体变化呈现先上升后下降的趋势, 而不同包装处理变化幅度有所不同, 贮藏15 d, 膜处理杏鲍菇SOD活性显著 ($P<0.01$ 或 $P<0.05$) 高于CK, HDPE、LDPE、OPP膜处理的SOD活性显著 ($P<0.01$ 或 $P<0.05$) 高于PE和EVA, 而PE和EVA包装膜处理杏鲍菇SOD含量差异不显著。由此可见, 包装膜处理能保持菇体较高的SOD活性, 其中OPP、LDPE、HDPE膜包装处理效果最好。

2.6 不同包装材料对杏鲍菇POD活性的影响

在整个杏鲍菇贮藏期间, CK与包装膜处理的POD活性变化规律基本一致, 呈先升高后下降趋势 (图6)。贮藏15 d, 包装膜处理的POD活性显著 ($P<0.01$ 或 $P<0.05$) 高于CK, LDPE膜处理POD活性显著 ($P<0.01$ 或 $P<0.05$) 高于其余膜包装, OPP和HDPE膜处理效果其次, 而PE和EVA膜包装POD活性最低。由

此可见, 薄膜包装有利于保持较高的POD活性, 其中, LDPE膜包装POD活性高于其他包装膜, 效果最好。

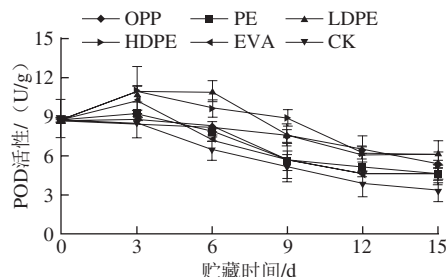


图6 不同包装材料处理对杏鲍菇POD活性的影响

Fig.6 Effect of different packaging materials on POD activity

2.7 不同包装材料对杏鲍菇PPO活性的影响

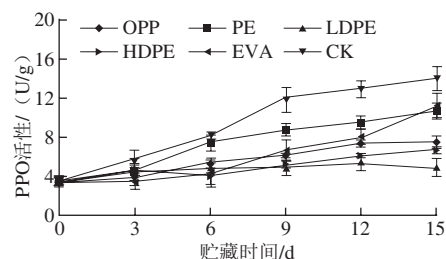


图7 不同包装材料对杏鲍菇PPO活性的影响

Fig.7 Effect of different packaging materials on PPO activity

研究发现, 随着贮藏时间的延长, PPO活性不断增强, 膜包装处理的杏鲍菇PPO活性极显著 ($P<0.01$) 低于CK, 且呈现缓慢上升趋势 (图7)。针对不同包装膜处理, LDPE的PPO活性显著 ($P<0.01$ 或 $P<0.05$) 低于其余包装材料, HDPE和OPP膜处理的PPO活性极显著 ($P<0.01$) 低于PE和EVA。由此可见, 薄膜包装有利于减缓杏鲍菇褐变趋势, 且LDPE薄膜包装有助于保持PPO的低活性, 从而减弱由PPO引起的组织褐变。

2.8 不同包装材料对杏鲍菇CAT活性的影响

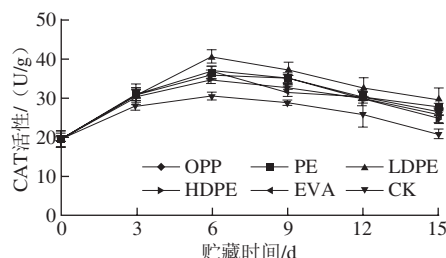


图8 不同包装材料处理对杏鲍菇CAT活性的影响

Fig.8 Effect of different packaging materials on CAT activity

如图8所示, 贮藏期间不同处理的杏鲍菇CAT活性变化趋势基本一致, 均为先升后降。贮藏15 d, 包装处理CAT活性显著 ($P<0.05$) 高于CK, 各包装膜处理CAT活性差异没有达到显著性差异 ($P>0.05$)。由此说明, 包装膜能维持较高的CAT活性。

2.9 不同包装材料对杏鲍菇质量损失率的影响

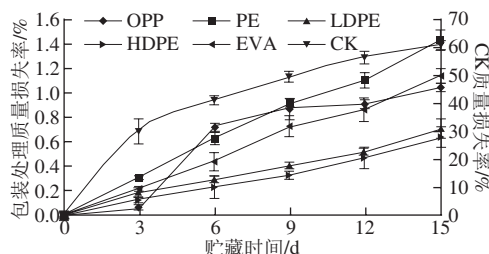


图9 不同包装材料处理对杏鲍菇质量损失率的影响

Fig.9 Effect of different packaging materials on weight loss

蒸腾失水是果蔬产品采后质量损失的主要原因,杏鲍菇是一种含水量较高的菇类,又没有外表皮的保护,在采后维持生命活动的代谢过程中,子实体内部组织会不断蒸发水分,造成杏鲍菇质量减轻,新鲜度下降,代谢机能紊乱,耐贮性和抗病性降低,严重影响其商品价值和货架期。由图9可知,随着贮藏时间的延长,杏鲍菇的质量损失率逐渐增大,且薄膜包装的质量损失率极显著 ($P<0.01$) 低于CK处理,贮藏15 d, HDPE、LDPE膜处理质量损失率显著 ($P<0.01$ 或 $P<0.05$) 低于其余包装膜, OPP、EVA膜处理质量损失率显著 ($P<0.05$) 低于PE。由此可见,薄膜包装具有较好的保湿作用,可以有效抑制杏鲍菇的采后失水,而在薄膜包装中,其保湿效果HDPE和LDPE较好。

3 讨论

食用菌具有特殊的生长规律和采后生理活动,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。导致菇体腐败变质的基本原因有二:一是采后生理变化即鲜食用菌本身所含有的各种酶,以及周围环境中的理化因素(如温度、湿度、酸碱度、光和气体成分等)引起的物理、化学和生物变化;二是微生物浸染引起的腐烂和病害。而开展食用菌保鲜主要是利用低温、低氧和高二氧化碳环境可以抑制酶与微生物的活性,延缓呼吸作用生化反应,从而能有效地延长菇体的保鲜期。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。气调保鲜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,在维持菇体正常生命活动基础上,可有效地降低其呼吸、水分蒸发,抑制病原微生物的浸染和滋生,延缓生理代谢,推迟后熟,防止其衰老和腐烂变质,最终达到减少贮藏损失和延长货架期的目的^[20-25]。

本实验利用5种阻隔性不同的食品保鲜膜作为保鲜

材料处理杏鲍菇,将杏鲍菇置于 $(4\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度85%~90%冷藏柜贮藏,以不包装CK作为对照,通过定期检测杏鲍菇贮藏期间可溶性蛋白、可溶性总糖、VC、MDA含量、PPO、POD、CAT、SOD活性、质量损失率,通过综合贮藏效果,由此确定最佳包装保鲜膜。研究结果显示,冷藏期间,杏鲍菇品质降低,水分丧失明显,利用包装膜阻透性特点,在一定程度上抑制了杏鲍菇的呼吸强度,缓解了杏鲍菇品质下降趋势。在测试的5种保鲜膜中,通过对杏鲍菇在不同自发气调包装保鲜膜包装条件下的低温贮藏效果及贮藏品质参数进行分析,除了可溶性蛋白含量稍低,LDPE膜处理效果在各检测指标均较好。这可能是LDPE膜阻隔性较好,自发调节了袋内的气体成分,使 O_2 和 CO_2 浓度达到适当的比例,既维持了杏鲍菇较低的呼吸强度,又避免了高 CO_2 伤害,抑制了杏鲍菇的呼吸和蒸腾作用,进而减缓相关的生理生化活动,保存了营养成分,从而达到延缓衰老的作用。由此可见,采用LDPE膜低温处理,杏鲍菇在贮藏期间具有较高的商品价值,感官品质最佳,较好地保持杏鲍菇原有的外观品质,降低杏鲍菇贮藏期间PPO活性和MDA含量,可溶性蛋白和可溶性总糖含量较高,抑制杏鲍菇的褐变,同时,还发现SOD、POD和CAT活性均呈现出先降低后升高的趋势,能有效延缓货架期间杏鲍菇的衰老进程、膜脂过氧化程度及活性氧的产生,延缓了物质的代谢,延长了杏鲍菇的货架期时间至15 d,由此确定LDPE膜为杏鲍菇气调贮藏的最佳保鲜膜,这些研究结果为杏鲍菇的商业化应用提供理论依据。

参考文献:

- [1] 郭关英. 珍稀食用菌杏鲍菇生物学特征的研究[J]. 福建农业学报, 1998, 13(3): 44-49.
- [2] 史亚丽, 杨立红, 蔡德华, 等. 杏鲍菇多糖对力竭小鼠抗氧化、抗损伤的作用[J]. 体育学刊, 2005, 12(1): 56-58.
- [3] DUHOST N J, OU B, BEELMAN R B. Quantification of polyphenols and ergothioneine in cultivated mushrooms and correlation to total antioxidant capacity[J]. Food Chemistry, 2007, 105(2): 727-735.
- [4] MORI K, KOBAYASHI C, TOMITA et al. Antiatherosclerotic effect of the edible mushrooms *Pleurotus eryngii* (Eringi), *Grifola frondosa* (Maitake), and *Hypsizygus marmoreus* (Bunashimeji) in apolipoprotein E-deficient mice[J]. Nutrition Research, 2008, 28(5): 335-342.
- [5] 孙建波, 张宇. 食用菌及其营养保健功效[J]. 中国食物与营养, 2004(4): 42.
- [6] CARHONERO E B, GRACHER A H P, SMIDERLE F R, et al. A β -glucan from the fruit bodies of edible mushrooms *Pleurotus eryngii* and *Pleurotus ostreatus*[J]. Carbohydrate Polymers, 2006, 66(2): 252-257.
- [7] UKAWA Y, ITO H, HISAMASU M. Antitumor effects of (1-3)- β -D-glucan and (1-6)- β -D-glucan purified from newly cultivated mushroom, *Hatakesimeji* (*Lyophyllum decastes* Sing.)[J]. Journal of Bioscience and Bioengineering, 2000, 90(1): 98-104.

- [8] 李志刚, 宋婷, 冯翠萍, 等. 不同温度对杏鲍菇减压贮藏品质的影响[J]. 农业工程学报, 2015, 31(3): 332-338.
- [9] 秦俊哲, 吕嘉彬. 食用菌贮藏保鲜与加工新技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 55-56.
- [10] 吕作舟. 食用菌保鲜与加工[M]. 广州: 广东科技出版社, 2002: 11-19.
- [11] 田平平, 王杰, 秦晓艺, 等. 采后处理对杏鲍菇贮藏品质及抗氧化酶系统的影响[J]. 中国农业科学, 2015, 48(5): 941-951.
- [12] 杨梅, 王丽雅, 庄跃飞, 等. 杏鲍菇多糖的提取及其分离的研究[J]. 中国食用菌, 2006, 24(4): 38-39.
- [13] BRADFORD M M. A rapid and sensitive method for the quantation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding[J]. Analytical Biochemistry, 1997, 72(2): 248-254.
- [14] 赵连俊, 王新. 水果中维生素C含量测定的研究[J]. 甘肃石油和化工, 2008(4): 47-48.
- [15] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 172-173.
- [16] 黄俊丽, 马海燕, 陶菲, 等. 调控处理对3种食用菌特性酶的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2011, 30(2): 200-206.
- [17] KOCHBA J, LAVEE S, SPIEGE R P. Difference in peroxidase activity and isoenzymes in embryogenic and non-embryogenic 'Shamout' orange ovular callus lines[J]. Plant Cell Physiology, 1977, 18: 463-467.
- [18] 李宁, 阎瑞香, 王步江. 不同包装方式对白灵菇低温保鲜效果的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(7): 377-382.
- [19] KATO M, SHIMIZU S. Chlorophyll metabolism in higher plants. VII. Chlorophyll degradation in senescing tobacco leaves: phenolicdependent peroxidative degradation[J]. Canadian Journal of Botany-Revue Canadienne De Botanique, 1987, 65: 729-735.
- [20] 胡花丽, 李鹏霞, 王毓宁. 不同薄膜包装对杏鲍菇采后衰老生理的影响[J]. 食品与发酵工业, 2012(7): 196-200.
- [21] 王步江. 包装方式对双孢菇货架期品质和生理的影响[J]. 食品科技, 2012, 37(8): 57-61.
- [22] 朱丹实, 刘贺, 张慙. 几种膜包装对不同含水率香菇贮藏的影响[J]. 食品与发酵科技, 2010, 46(4): 44-49.
- [23] 贾连文, 班兆军, 徐新明, 等. 包装膜对白灵菇低温贮藏品质的影响[J]. 中国食用菌, 2010, 29(6): 52-54.
- [24] 杨文建, 单楠, 杨芹, 等. 纳米包装材料延长双孢蘑菇贮藏品质的作用[J]. 中国农业科学, 2012, 45(24): 5065-5072.
- [25] 田平平, 王杰, 秦晓艺, 等. 采后处理对杏鲍菇贮藏品质及抗氧化酶系统的影响[J]. 中国农业科学, 2015, 48(25): 941-951.