

不同预冷方式及贮藏温度对采后平菇保鲜效果的影响

孙亚男^{1,2} 赵淑芳³ 李文香^{1,2} 胡欣蕾^{1,2} 樊铭聪^{1,2}

(1. 青岛农业大学食品科学与工程学院, 山东青岛 266109; 2. 山东省应用真菌重点实验室, 山东青岛 266109; 3. 山东省农业技术推广总站, 济南 250100)

摘要: 为比较不同预冷方式对平菇的预冷效果和不同贮藏温度对平菇保鲜效果的影响, 以 PE 保鲜袋包装的平菇为试验材料, 分别采用真空预冷、冷风预冷、冷水预冷和碎冰预冷 4 种预冷方式对平菇进行预冷, 比较其中心温度下降速率和失重率的变化; 结果表明: 冷风预冷对平菇有良好的预冷效果; 与室温 ($18 \pm 3^\circ\text{C}$) 贮藏相比, 2 种低温 ($1 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、 $4 \pm 0.5^\circ\text{C}$) 贮藏条件均可显著提高平菇的感官分值及蛋白质含量, 降低平菇失重率、呼吸强度和多酚氧化酶活性, 延长平菇的保鲜期限。其中, 以 $1 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 条件下平菇的保鲜效果最佳, 可比室温 ($18 \pm 3^\circ\text{C}$) 条件下平菇保鲜期延长 7d。

关键词: 平菇; PE 包装; 预冷方式; 贮藏温度

中图分类号: TS255.3 文献标志码: A 文章编号: 1005 - 1295(2015)04 - 0015 - 06

doi: 10.3969/j.issn.1005-1295.2015.04.004

Study on Effect of Different Pre-cooling Ways and Storage Temperature of *Pleurotus ostreatus* Fresh-keeping

SUN Ya-nan^{1,2} ZHAO Shu-fang³ LI Wen-xiang^{1,2} HU Xin-lei^{1,2} FAN Ming-cong^{1,2}

(1. Food Science and Engineering College, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China;

2. Shandong Provincial Laboratory of Applied Mycology, Qingdao 266109, China; 3. Shandong Province Agricultural Technology Extension Station, Jinan 250100, China)

Abstract: In order to compare the effect of different precooling ways and different storage temperatures on *Pleurotus ostreatus* postharvest preservation, *Pleurotus ostreatus* packaged by PE bags were collected as experimental material, respectively using four precooling ways (vacuum precooling, the cold air precooling, cold water precooling and crushed ice precooling) to precool *Pleurotus ostreatus*. The results show that the cold air precooling of *Pleurotus ostreatus* was more effective; Compared with room temperature ($18 \pm 3^\circ\text{C}$) for storage, two kinds of low temperature ($1 \pm 0.5^\circ\text{C}$, $4 \pm 0.5^\circ\text{C}$) storage conditions could significantly increase the sensory scores of *Pleurotus ostreatus* and protein content, lower weight loss rate and respiratory intensity and the activity of polyphenol oxidase, extend the time limit of preservation of *Pleurotus ostreatus*. Under the condition of $1 \pm 0.5^\circ\text{C}$, *Pleurotus ostreatus* fresh-keeping effect was more effective than under the condition of room temperature ($18 \pm 3^\circ\text{C}$) to extend 7d preservation time.

Key words: *Pleurotus ostreatus*; PE packaged; precooling ways; storage temperature

收稿日期: 2015-04-20; 修稿日期: 2015-05-04

基金项目: 山东省现代农业产业技术体系建设经费(SDAIT-11-011-09); 山东省 2014 年度农业重大应用技术创新项目

作者简介: 孙亚男(1990-), 女, 硕士, 研究方向为农产品贮藏加工。

通信作者: 李文香(1963-), 女, 博士, 教授, 研究方向为生鲜农产品贮藏加工。通信地址: 266109 山东青岛市城阳区长城路 700 号 青岛农业大学食品科学与工程学院, E-mail: xiang7332@163.com。

0 引言

平菇(*Pleurotus ostreatus*)学名侧耳,属担子菌亚门、层菌纲、伞菌目、侧耳科、侧耳属,又名糙皮侧耳^[1]。平菇风味独特,营养丰富,并含有活性多糖及蛋白多糖体等活性成分,可提高人体免疫能力,对癌细胞具有较强的抑制作用^[2-3]。平菇对肝炎、慢性胃炎、女性更年期综合症以及高血压等症均具有一定的预防和辅助治疗作用,同时,平菇还是心脑血管疾病和肥胖症患者等的理想食品^[4]。

平菇生产范围广,栽培面积大,产量高。但新鲜平菇含水量高,组织幼嫩且没有表皮保护组织,采收或贮运不当极易腐烂变质,造成严重的经济损失^[5-6]。因此,在平菇采后预冷、贮藏、运输及销售等物流过程中,其适宜物流参数的研究,已成为备受业内关注的焦点问题^[7-8]。本研究通过探讨平菇采后预冷方式及贮藏温度对其贮运效果的影响,比较真空预冷、冷风预冷、冰水预冷和碎冰预冷4种预冷方式对平菇中心温度下降速度和失重率的影响,筛选出预冷效果优良、且便于实际操作的预冷方式;然后分别在 $(1 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 、 $(4 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 和室温 $(18 \pm 3)^\circ\text{C}$ 3种环境温度下进行平菇贮藏试验,通过对平菇的感官品质及失重率、呼吸强度、多酚氧化酶活性等生理生化指标的分析,探讨适于平菇贮藏的温度条件,以期改善平菇的保鲜品质,延长平菇的贮运期限提供理论依据。

1 试验材料与方法

1.1 材料

平菇:新鲜平菇,采摘于城阳喜盈门生物科技公司的平菇生产基地。挑选菇体完整、朵形一致、无机械损伤、色泽正常、无病虫害,采后即运回青岛农业大学果蔬深加工实验室处理,清除菇朵基部栽培基质,并将菇柄基部老化部分剪掉,备用。

PE保鲜袋:350 mm × 250 mm × 0.02 mm由脱普日用化学品(中国)有限公司生产。

1.2 仪器设备

微真空预冷设备(青岛农业大学食品学院

自制);小型冷风库(青岛农业大学食品学院教学实习基地提供);TM-902C数显点温计(长龙仪表厂);754紫外分光光度计(上海光谱仪器有限公司);电子分析天平[奥克斯国际贸易(上海)有限公司];冰箱(海尔股份有限公司);冷冻干燥机(北京博医康实验仪器有限公司);恒温水浴锅(金坛市医疗仪器厂)。

1.3 试验设计

1.3.1 预冷方式试验

将整理好的平菇,称重后装入PE保鲜袋中,每袋质量1.500kg,折口,分别置于微真空预冷机(真空度600Pa)、小型冷风库(冷风温度 3°C)、冷水(冷水温度 0°C)及碎冰(碎冰温度 0°C 、用量比1:1)中进行预冷,用数显式点温计测量平菇中心温度的变化,并定期进行记录。每个处理重复3次,结果取平均值。

1.3.2 贮藏温度试验

将整理好的平菇,称重后装入PE保鲜袋中,每袋质量1.500kg,折口,按1.3.1优化的预冷方式进行预冷后,分别将平菇置于 $(1 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 、 $(4 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 和 $(18 \pm 3)^\circ\text{C}$ 的室温条件下,进行不同贮藏温度的平菇保鲜试验,每天或隔天随机取样进行各项指标的测定。每个处理重复3次,结果取平均值。

1.4 测定方法

(1)失重率,采用重量法(统一预冷6h)。

$$\text{失重率} = \frac{M_0 - M_i}{M_0} \times 100\%$$

式中 M_0 ——样品初始质量/g

M_i ——样品预冷后质量/g

(2)呼吸强度,在室温条件下,采用静置法^[9]。

(3)多酚氧化酶活性,采用邻苯二酚比色法^[10]。

(4)可溶性蛋白质含量,采用考马斯亮蓝法测定^[11]。

(5)感官评定。以平菇子实体的气味、色泽、形态、表面气生菌丝生长状况及质地为评定指标,对不同贮藏温度下PE袋包装的平菇进行感官评定,采用50分制评定法,每项指标满分为10分,评定小组由10名具有相关专业知识的老师、学生组成,具体评分标准见表1^[12]。

表 1 评分标准表

评分值	气味	色泽	形态	表面气生菌丝	质地
8~10	气味清香,无异味	浅灰色,有光泽	边缘整齐,无开伞菇朵	表面光滑,无气生菌丝	坚挺,有弹性
6~8	无清香味,无异味	浅灰色,无光泽	个别菇朵开伞且边缘裂开	近菌柄一端表面有微量气生菌丝	稍坚挺,略有弹性
4~6	有轻度异味	色泽暗淡,实体外缘有褐黄色斑块	半数菇朵开伞且边缘裂开	少于 1/3 表面有气生菌丝	失去坚挺及弹性
< 4	有明显的味	褐黄色斑块明显扩大成片	多数菇朵开伞且边缘裂开	超过 1/2 表面有气生菌丝	明显变软

注: 感官分值 < 20 分, 即已失去商品价值

表 2 不同预冷方式对平菇失重率的影响

预冷处理	预冷前质量 / kg	预冷后质量 / kg	失重率 / %
碎冰	1.5	1.508	-0.53 ± 0.33a
冷水	1.5	1.496	0.027 ± 0.24b
冷风	1.5	1.474	1.73 ± 0.29c
真空	1.5	1.442	3.87 ± 0.18d

2 试验结果与分析

2.1 不同预冷方式对平菇预冷效果的影响

2.1.1 不同预冷方式对平菇降温速度的影响

不同预冷方式下,平菇中心温度的变化见图 1。

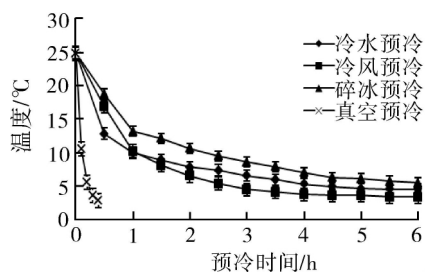


图 1 不同预冷方式对平菇降温速度的影响

由图 1 可以看出,4 种预冷方式下,平菇中心温度下降的快慢各不相同。其中,真空预冷条件下平菇中心温度下降的速度最快,一般在 20~25 min 内即可使平菇原料的中心温度降至适宜的贮藏温度;碎冰预冷条件下平菇中心温度下降速度最缓慢,预冷 6h 后平菇中心温度仍在 5.0℃ 以上;而冷水预冷方式平菇中心温度只在前 1.0h 比冷风预冷方式下降速度快,之后平菇中心温度下降速度低于冷风预冷方式。尽管冷风预冷方式下平菇中心温度在前 1.0h 下降的速度显著比真空预冷和冷水预冷缓慢,但平菇中心温度可在 2.5h 内下降至 5℃,比冷水预冷在 4.5h 使平菇中心温度降至 5℃ 以下以及碎冰预冷在 6h 后平菇中心温度仍在 5.0℃ 以上更有利于保持平菇的品质。

2.1.2 不同预冷方式对平菇失重率的影响

不同预冷方式下,平菇失重率的变化见表 2。

由表 2 可以看出,4 种预冷方式下,平菇的失重率各不相同。其中,真空预冷条件下平菇的失重率最高,达 3.87%;冷风预冷条件下平菇失重率为 1.73%,显著低于真空预冷方式 ($P < 0.05$);冷水预冷条件下平菇失重率出现负值,这可能是在预冷过程中,用于包装平菇的保鲜袋其密封上存在的人为失误所致;碎冰预冷条件下平菇失重率很小,只有 0.027%。

综合图 1 和表 2 的试验结果可以看出,4 种预冷方式下,平菇中心温度的下降速度及其失重率各不相同。其中,在真空预冷条件下平菇中心温度的下降速度最快,但失重率也最高,均显著高于其他 3 种预冷方式 ($P < 0.05$);冷水预冷和碎冰预冷虽然对平菇失重率影响很小,但中心温度下降速度总体比较缓慢,平菇中心温度下降至 5.0℃ 以下所需时间较长,这对保持平菇的品质是不利的。冷风预冷方式尽管冷却速度比真空预冷速度慢,但平菇失重率显著低于真空预冷,且真空预冷方式一次性投入比较大,预冷成本相对较高,在平菇生产企业较难普及;而冷风预冷虽然降温速度稍慢,但只要有冷风贮藏保鲜库的生产企业即可应用,且产品失重率较低,易于在平菇生产企业及物流企业推广。因此,综合考虑预冷方式对失重率和降温速度的影响,选择冷风预冷方式为比较适宜的预冷方式。

2.2 不同贮藏温度对平菇保鲜效果的影响

2.2.1 不同贮藏温度对平菇感官分值的影响

平菇采收以后,仍然是有生命的活体,其生命活动仍在有序地进行。在此过程中其物质代谢和能量代谢的强度均与平菇的保鲜品质密切相关。感官品质是评价平菇采后质量的重要品质指标,直接影响人们的消费欲望和实际购买力。不同贮藏温度下平菇感官分值的变化见图2。

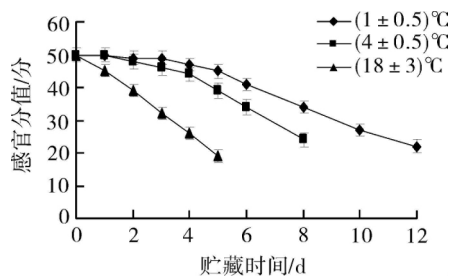


图2 不同贮藏温度对平菇感官分值的影响

由图2可以看出,在(18 ± 3) °C贮藏条件下,平菇的感官分值下降最快,至贮藏的第5天,平菇子实体外缘基本变成黄褐色,有明显的异味,绝大部分菌盖已开伞,在近菌柄一端表面布满一层白色的气生菌丝,质地明显变软,已失去商品价值;其次是(4 ± 0.5) °C的贮藏条件,平菇贮藏至第8天,基本失去商品价值;而在(1 ± 0.5) °C贮藏条件下,平菇感官总分值下降最缓慢,贮藏时间达12d,比(4 ± 0.5) °C条件下的贮藏时间延长4d,而比(18 ± 3) °C条件下的贮藏时间延长7d。由此可见,在平菇的冰点温度以上,随着温度的降低,可显著改善平菇的保鲜品质,延长平菇的保鲜期限。

2.2.2 不同贮藏温度对平菇呼吸强度的影响

呼吸作用是生命活动的重要标志。平菇采收以后呼吸代谢强度的大小,与其贮藏寿命及品质变化密切相关。不同贮藏温度下,平菇呼吸强度的变化见图3。

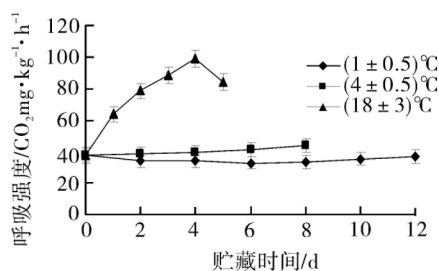


图3 不同贮藏温度对平菇呼吸强度的影响

由图3可以看出,随着贮藏时间的延长,不同贮藏条件下呼吸强度的变化规律并不相同。在(18 ± 3) °C贮藏条件下,平菇呼吸强度显著高于

(1 ± 0.5) °C和(4 ± 0.5) °C 2种低温贮藏条件($P < 0.05$),并呈“先升后降”的变化趋势,贮藏至第4天呼吸达到一峰值,之后呼吸强度下降,同时伴随着平菇贮藏寿命的结束。

在(1 ± 0.5) °C和(4 ± 0.5) °C 2种低温贮藏条件下,平菇呼吸强度变化均比较平缓,在整个贮藏过程中未出现呼吸高峰,且(1 ± 0.5) °C贮藏条件下平菇呼吸强度始终低于(4 ± 0.5) °C贮藏条件,二者差异显著($P < 0.05$)。表明低温贮藏条件可以有效抑制平菇的呼吸代谢强度,在平菇冰点温度以上,随着贮藏温度的降低,对平菇呼吸强度的抑制程度显著提高。

2.2.3 不同贮藏温度对平菇失重率的影响

平菇采收以后失重率的变化,与其采后生理代谢强度及品质的变化密切相关。平菇采后不同贮藏温度下平菇失重率的变化见图4。

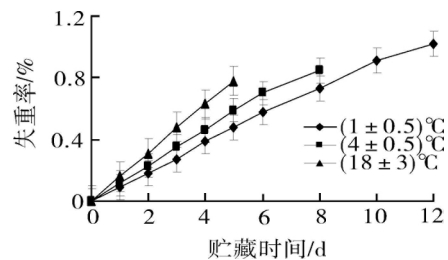


图4 不同贮藏温度对平菇失重率的影响

由图4可以看出,3种贮藏温度下,平菇失重率均随着贮藏时间的延长而上升,但不同贮藏温度下,平菇失重率的上升速率各不相同。其中,(18 ± 3) °C贮藏条件下,平菇失重率的上升速度最快,其次是(4 ± 0.5) °C条件,以(1 ± 0.5) °C条件下平菇失重率的上升速度最缓慢。

2.2.4 不同贮藏温度对平菇多酚氧化酶活性的影响

多酚氧化酶在有氧存在的条件下,可将多酚类物质氧化为相应的醌,醌类物质进一步聚合形成褐色物质,从而导致平菇子实体表面由灰色变成黄褐色。不同贮藏温度下平菇多酚氧化酶活性的变化见图5。

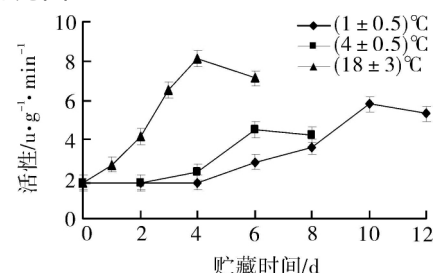


图5 不同贮藏温度对平菇中多酚氧化酶活性的影响

从图5可以看出,不同贮藏温度条件下,随着贮藏时间的延长,平菇多酚氧化酶的活性均呈先逐渐升高、后期稍有下降的变化趋势;且随着贮藏温度的升高,不仅多酚氧化酶活性出现最大值的时间明显提前,而且多酚氧化酶活性的高大值显著增大($P < 0.05$)。表明低温贮藏条件可显著抑制平菇多酚氧化酶活性,在平菇冰点温度以上,随着贮藏温度的降低,对多酚氧化酶活性的抑制程度明显提高。

2.2.5 不同贮藏温度对平菇可溶性蛋白质含量的影响

平菇子实体蛋白质含量比较高,在采后贮藏过程中随着贮藏时间的延长,蛋白质会不断降解。因此,蛋白质的降解程度通常可以用来衡量采后平菇的衰老程度。不同贮藏温度下平菇可溶性蛋白质含量的变化见图6。

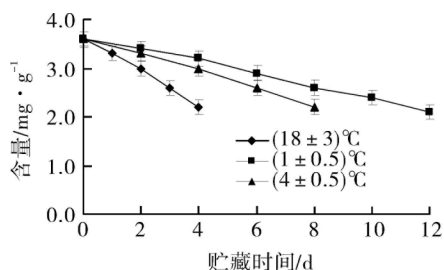


图6 不同贮藏温度对平菇蛋白质含量的影响

由图6可见,不同贮藏温度下平菇可溶性蛋白质含量均随着贮藏时间的延长而呈逐渐下降的变化趋势。其中,在(18 ± 3) °C贮藏条件下,平菇可溶性蛋白质含量下降速度最快,其次是(4 ± 0.5) °C的贮藏条件,以(1 ± 0.5) °C贮藏条件下平菇可溶性蛋白质含量下降速度最缓慢。表明低温贮藏条件可显著抑制平菇蛋白质的降解,在平菇冰点温度以上,随着贮藏温度的降低,可显著提高对蛋白质降解的抑制程度。

3 讨论与结论

在通常情况下,冷水预冷具有比冷风预冷降温速度快的优点,但并不是任何生鲜农产品都适于冷水预冷方式^[13]。像平菇及其他多种食用菌,因质地松软,外表面缺少有效的保护组织,且本身极易吸水而降低其品质。因此,平菇及其他多种食用菌不适于用冷水直接喷淋或冷水浸泡等预冷处理。本试验过程中为探讨冷水预冷这种简单而又容易实现的预冷方式的冷却效果,为避免冷水

预冷导致的平菇损伤,特意用PE保鲜袋包装平菇后进行冷水预冷试验。这也正是本试验得到“冷水预冷方式平菇中心温度只在前1.0h比冷风预冷方式下降速度快,之后平菇中心温度下降速度低于冷风预冷方式”结论的原因。因为PE保鲜袋包装在保护平菇不受损伤的同时,也阻挡了冷水冷量与平菇子实体间的交换,从而显著减缓了平菇子实体中心温度下降的速率。

多酚氧化酶(polyphenol oxidase, PPO)是一种含Cu²⁺的金属蛋白酶,普遍存在于植物、真菌、昆虫的质体中,可催化酚类物质中的羟基,使之转化为醌,从而导致酶促褐变^[14-15]。低温条件下因多酚氧化酶活性受到显著的抑制,同时低温条件下因平菇的呼吸作用等生理生化代谢均受到抑制,使平菇的采后衰老进程明显减慢,因此,在低温条件下平菇子实体表面褐变的程度明显降低,其感官分值的下降速度也明显减缓。

在PE保鲜袋包装条件下,平菇失重率的变化主要是通过呼吸作用,在消耗有机物的同时,释放CO₂和水蒸气,过多的水蒸气会在保鲜袋的内壁凝结成水珠,造成结露现象;由于凝结水呈微酸性,极有利于病原真菌孢子的萌发与传播,因此对平菇保鲜极为不利。在(18 ± 3) °C贮藏条件下,由于平菇的呼吸强度相对较高,有机物质消耗较多,释放的水蒸气也相对较多,故在(18 ± 3) °C贮藏条件下随着贮藏时间的延长,PE保鲜袋内聚集的结露水最多,平菇的保鲜品质最差,保鲜期最短,同时失重率上升速度也最快; (1 ± 0.5) °C条件下,由于平菇的呼吸强度受到有效抑制,呼吸消耗的有机物质少,释放的水蒸气也少,因此,随着贮藏时间的延长,平菇失重率的上升速度也最缓慢。该结论与肖功年等(2007)通过气调包装对平菇贮藏内在品质的影响研究结论相符^[16-17]。

综合本试验的结果,可得以下结论:

(1) 通过综合考虑4种不同预冷方式对采后平菇失重率及降温速度的影响,同时结合目前我国生鲜农产品预冷尚难以推广普及真空预冷的现状,确定冷风预冷方式为平菇采后预冷比较适宜的方式。

(2) 通过不同贮藏温度对平菇保鲜效果的试验显示, (18 ± 3) °C条件下平菇保鲜品质下降速率最快,保鲜期最短,只有5d; 其次是(4 ± 0.5) °C条件,保鲜期为8d; 以(1 ± 0.5) °C条件下平菇的保鲜效果最佳,保鲜期达12d。表明低温贮藏能显

著延缓平菇感官分值及可溶性蛋白质含量的下降速度,降低平菇失重率、呼吸强度和多酚氧化酶活性,延长平菇的保鲜期。其中以 $(1 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 条件下平菇的保鲜期最长,比 $(18 \pm 3)^\circ\text{C}$ 条件下平菇保鲜期延长7d。

参考文献:

- [1] 王士奎,王丽娇,李文香,等.微真空贮藏压力对平菇保鲜效果的影响[J].食品科学,2013,34(22):311-314.
- [2] Sapata M,Ramos A,Ferreira A,et al. Quality maintenance improvement of Pleurotus Ostreatus mushroom by modified atmosphere packaging[J]. Acta Sci Pol Technol Aliment,2009,8(2):53-60.
- [3] 王士奎,牟其云,李文香,等.不同压力条件对平菇减压贮藏效果的影响[J].现代食品科技,2013,29(5):978-982.
- [4] 王士奎,李文香,王丽娇,等.不同温度对PE包装平菇保鲜效果的比较[J].包装与食品机械,2012,30(5):5-9.
- [5] 樊铭聪,张鑫,李文香.无花果叶提取物对平菇保鲜效果的研究[J].包装与食品机械,2015,33(1):17-22.
- [6] 康丽敏.浅谈食用菌的价值及食用菌食品的开发[J].中国科技信息,2010,15(22):14.
- [7] Rai D R,Masuda R,Saito M. Effect of modified atmosphere packaging on amino acid content of oyster mushroom(Pleurotus ostreatus) [J]. Journal of Food Science and Technology,2008,45(3):255-258.
- [8] Choi H, Kim G H. Quality changes in Pleurotus Ostreatus during modified atmosphere storage as affected by temperatures and packaging material [J]. Acta Hort,2003,628:357-362.
- [9] 李文香,王士奎,樊铭聪,等.3种不同贮藏方式对平菇保鲜品质的影响[J].中国食用菌,2014,33(2):53-56.
- [10] 朱丹实,刘贺.不同温度、湿度条件对部分食用菌干品贮藏的影响[J].食品工业科技,2008,29(9):252-257.
- [11] 寇兴凯,王士奎,李文香,等.微真空贮藏方式对平菇保鲜品质的影响[J].食品工业科技,2014(16):318-322.
- [12] 邓梦琴,王大平.生物保鲜剂 Nisin 对平菇保鲜效果的影响[J].贵州农业科学,2014,42(3):130-132.
- [13] 罗云波,生吉萍.园艺产品贮藏加工学:贮藏篇[M].北京:中国农业大学出版社,2010.
- [14] 姜天甲.主要食用菌采后品质劣变机理及调控技术研究[D].杭州:浙江大学,2010.
- [15] 葛林梅,郝海燕,毛金林,等.不同包装方法对低温贮藏双孢蘑菇品质的影响[J].中国食品学报,2009,9(6):129-134.
- [16] 周晓媛,曾欧,唐文评,等.海泡石填充PE保鲜膜的研制及其在平菇保鲜中的应用[J].食品工业科技,2008,3(3):199-202.
- [17] 肖功年,尤玉如,袁海娜,等.气调包装对平菇贮藏内在品质的影响[J].中国食品学报,2007,7(2):98-103.