

# 双孢菇涂膜保鲜技术研究

周振, 赵立\*, 郭圣伦, 李文刚, 汤恩庆

(淮阴工学院生命科学与食品工程学院, 江苏 淮安 223003)

**摘 要:**为研究涂膜技术在双孢菇保鲜中的应用, 本文采用单因素试验和正交试验对双孢菇的涂膜液进行优化, 并对双孢菇进行涂膜处理, 在 $(4\pm 1)^\circ\text{C}$ 的条件下贮藏, 测定了双孢菇的感官和白度。试验结果表明, 双孢菇保鲜涂膜液的最优配方为膜(魔芋胶 CMC=1:1)添加量 0.2%, PEG-200 的添加量 0.3%, 甘油添加量 0.4%, 维生素 C 添加量 0.2%, 其余以水补足。经过 13 d 的贮藏后, 双孢菇仍具有极好的商品价值。

**关键词:**双孢菇; 涂膜; 保鲜; 感官评价; 正交试验

中图分类号: TS255.3

文献标志码: A

文章编号: 1008-1038(2018)11-0001-05

DOI: 10.19590/j.cnki.1008-1038.2018.11.001

## Study on the Technology of Coating Preservation of *Agaricus bisporus*

ZHOU Zhen, ZHAO Li\*, GUO Sheng-lun, LI Wen-gang, TANG En-qing

(School of Life Science and Food Engineering, Huaiyin Institute of Technology, Huai'an 223003, China)

**Abstract:** In order to study the application of coating technology on the preservation of *Agaricus bisporus*, this paper mainly adopted the single factor experiment and orthogonal experiment to optimize the coating liquid of *Agaricus bisporus*, and stored in  $(4\pm 1)^\circ\text{C}$ , and the determination sensory scores and color of *Agaricus bisporus* were determined. The experimental results showed that the optimal formula for the *Agaricus bisporus* coating preservation was that membrane (konjac gum: CMC=1:1) was 0.3%, the proportion of the PEG-200 was 0.3%, glycerol was 0.4%, vitamin C was 0.2%, supplemented with water. After the storage of 13 d, the *Agaricus bisporus* was still very good value on business.

**Key words:** *Agaricus bisporus*; coating; preservation; sensory evaluation; orthogonal test

双孢菇(*Agaricus bisporus*)是真菌门担子菌亚门担子菌纲伞菌目伞菌科蘑菇属植物, 是全世界最重要的蘑

菇品种之一, 富含蛋白质和许多生物活性物质, 包括多糖、氨基酸、多酚类、膳食纤维、麦角固醇、维生素和矿物

收稿日期: 2018-08-16

基金项目: 淮安市应用研究与科技攻关(农业)计划项目(HAN2015020); 江苏省大学生实践创新训练计划项目(重点项目)(201611049013z)

作者简介: 周振(1992—), 男, 在读研究生, 专业方向为农产品加工和贮藏

\*通信作者: 赵立(1977—), 女, 副教授, 主要从事农产品加工、贮藏和检测工作

质,由于它的营养比一般蔬菜高,所以有“植物肉”之称<sup>[1]</sup>。采后新鲜的双孢菇因水分含量高,还会继续进行呼吸等生理作用,代谢增强,尤其在常温下贮藏的双孢菇,其子实体中水分极易散失,导致双孢菇子实体质地软化、褶皱,菌褶褐变并丧失固有的鲜味<sup>[2,3]</sup>。为了控制采后贮藏过程中双孢菇品质的下降,进行采后生理生化和保鲜技术的研究显得尤其重要。食用菌主要是采用化学处理<sup>[4]</sup>、气调贮藏<sup>[5,6]</sup>、涂膜保鲜<sup>[7,8]</sup>等技术,来提高食用菌的贮藏品质,延长货架期。目前双孢菇主要的保存方式为低温保藏,即采后放入冷库或冰柜冷藏,一般能保存 5~7 d。夏天常温下只能保鲜 1~2 d,冬天保鲜 3~4 d,保鲜时间短,双孢菇品质下降较快。

可食性保鲜膜因具有良好的阻湿阻气和防止有害微生物滋生等特点,近年来已成为果蔬保鲜领域研究的热点。本文以可食性魔芋胶和羧甲基纤维素钠(CMC)为涂膜基质,添加涂膜助剂,制成涂膜保鲜剂,对双孢菇进行涂膜处理,在(4±1)℃的条件下贮藏,通过单因素和正交试验,研究涂膜处理对保鲜效果的影响,为双孢菇的保鲜提供绿色无污染的新途径。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料与设备

#### 1.1.1 原料

双孢菇采摘于江苏紫山食用菌硅谷产业园。取直径 3~4 cm、无机械损伤、无虫害、菇色洁白的双孢菇(二潮菇),采摘后于 1 h 内低温运输到实验室,在(4±1)℃下预冷 24 h,降低呼吸热。

#### 1.1.2 仪器与设备

CR-10 色差计,日本柯尼卡公司;85-2 加热磁力搅拌器,江苏金坛大地公司;BD/BC-146J 型冰柜,浙江星星家电股份有限公司。

#### 1.1.3 试剂

CMC、魔芋胶、维生素 C、甘油,均为食品级添加剂。

### 1.2 方法

按实验要求称取相应的涂膜剂,在 50~60℃恒温磁力搅拌器上搅拌 6~7 h,附上保鲜膜放置 24 h,使其充分溶解至完全透明,将双孢菇在复合涂膜液中浸泡 1 min,取出沥干,以未涂膜的双孢菇作为对照。双孢菇在常温(20℃)下贮藏,于第 4 d 取样测定。

#### 1.2.1 涂膜液品种的选择

黄原胶:在涂膜液中的添加比例分别为 0.04%、0.08%、0.12%、0.16%、0.2%;卡拉胶:在涂膜液中的添加比例分别为 0.05%、0.1%、0.2%、0.3%、0.4%;CMC:在涂膜液中的添加比例分别为 0.05%、0.1%、0.2%、0.3%、0.4%;魔芋胶:在涂膜液中的添加比例分别为 0.05%、0.1%、0.2%、0.3%、0.4%。以上涂膜液是在固定聚乙烯醇 PEG-200 为 0.3%、甘油为 0.3%、维生素 C 为 0.15%的基础上添加的,未处理的双孢菇作为空白对照。双孢菇在常温(20℃)下贮藏,于第 4 d 取样测定。

涂膜液配方的评价指标:(1)感官评分值,评分标准见表 1。(2)涂膜液处理后第 4 d 的蘑菇白度 L 值,色差仪中 L 代表物体的明亮度,0~100 表示从黑色到白色综合评分值见式(1)。

$$\text{综合评分值} = \frac{\text{感官评分值} + \text{白度值}}{2} \quad (1)$$

表 1 双孢菇涂膜液感官评分表

Table 1 Sensory evaluation of coating liquid

指标	标准	分值(分)
涂膜液颜色和溶解情况	澄清透明、无悬浮、无异味	20~30
(30 分)	颜色乳白、无悬浮、无异味	10~20
	颜色微黄、有悬浮颗粒、有异味	0~10
涂膜液残留	完全晾干、无残留	20~30
(30 分)	菇盖晾干、菇盖菌柄空腔有残留	10~20
	整菇涂膜液完全残留、未晾干	0~10
双孢菇外观和气味	个别菇盖起皱、无异味、外形基本完好	20~30
(40 分)	部分菇盖褐变、起皱、稍有异味	10~20
	褐变严重、腐烂、明显异味、完全变形	0~10

#### 1.2.2 复合涂膜液配方的研究

##### (1) 单因素试验

CMC 和魔芋胶(1:1):固定 PEG-200 在 0.3%,甘油 0.3%,维生素 C 0.15%,CMC 和魔芋胶(1:1)在涂膜液中的添加量分别为 0.05%、0.1%、0.2%、0.3%、0.4%。

PEG-200:固定 CMC 和魔芋胶(1:1)0.2%,甘油 0.3%,维生素 C 0.15%,PEG-200 在涂膜液中的添加量分别为 0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%。

甘油 固定 CMC 和魔芋胶(1:1)0.2% ,固定 PEG-200 在 0.3% ,维生素 C 0.15% ,甘油在涂膜液中的添加量分别为 0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%。

维生素 C :固定 CMC 和魔芋胶 (1:1)0.2% ,固定 PEG-200 在 0.3% ,甘油 0.3% ,维生素 C 在涂膜液中的添加量分别为 0.05%、0.1%、0.15%、0.2%、0.25%。

## (2) 正交试验

在单因素实验的基础上选取对结果影响显著的单因素,设计正交试验。

## 2 结果与分析

### 2.1 双孢菇涂膜液品种的选择

#### 2.1.1 CMC 添加量对双孢菇保鲜效果的影响

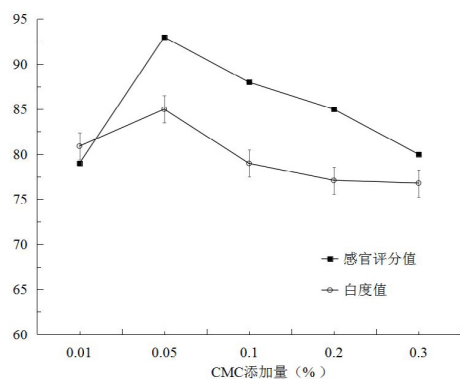


图1 CMC 添加量对双孢菇保鲜效果的影响

Fig.1 Effect of CMC addition on preservation of *Agaricus bisporus*

CMC 添加量对双孢菇保鲜效果的影响见图 1。由图可知,感官评分呈现先上升后下降的趋势,CMC 浓度较高时,无法沥干,双孢菇菌柄处有附着,导致后期贮藏期间菌柄处发生霉变。0.05%的 CMC 涂膜处理的蘑菇白度值为 85.0,感官评分值为 93 分,此时双孢菇保鲜效果最好。因此,CMC 的最适添加量为 0.05%。

#### 2.1.2 魔芋胶添加量对双孢菇保鲜效果的影响

魔芋胶添加量对双孢菇保鲜效果的影响见图 2。0.05%的魔芋胶涂膜处理的蘑菇白度值为 83.1,感官评分值 87 分,对双孢菇保鲜效果最好。因此,魔芋胶的最适添加量为 0.05%。

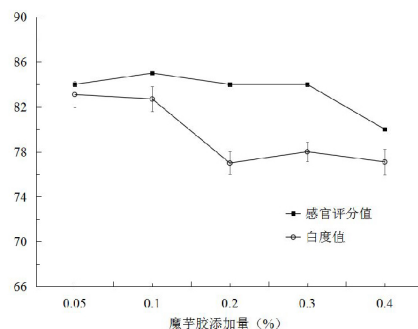


图2 魔芋胶添加量对双孢菇保鲜效果的影响

Fig.2 Effect of konjac gum addition on preservation of *Agaricus bisporus*

#### 2.1.3 卡拉胶添加量对双孢菇保鲜效果的影响

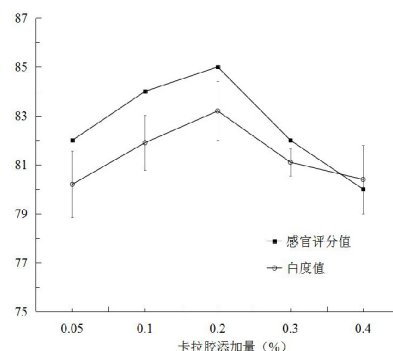


图3 卡拉胶添加量对双孢菇保鲜效果的影响

Fig.3 Effect of carrageenin addition on preservation of *Agaricus bisporus*

卡拉胶添加量对双孢菇保鲜效果的影响见图 3。卡拉胶配制时,其颜色呈乳白色,当浓度达到 0.3%时,有悬浮,浓度过高,无法沥干,双孢菇菌柄处有附着。0.2%的卡拉胶涂膜处理的蘑菇白度值为 83.2,感官评分为 85 分,对双孢菇保鲜效果最好。

#### 2.1.4 黄原胶添加量对双孢菇保鲜效果的影响

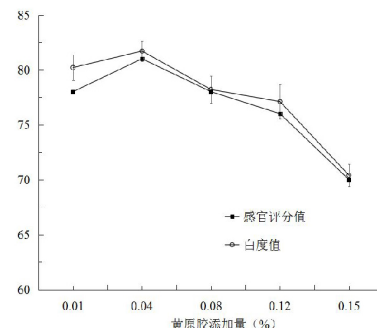


图4 黄原胶添加量对双孢菇保鲜效果的影响

Fig.4 Effect of xanthan gum addition on preservation of *Agaricus bisporus*

黄原胶添加量对双孢菇保鲜效果的影响见图4。黄原胶溶解时,其颜色呈微黄色,有悬浮,当浓度达到0.12%时,涂膜液浓稠,无法沥干,菌柄处及表面附着较多。0.04%的黄原胶涂膜处理的蘑菇白度值为81.7,感官评分为81分,对双孢菇保鲜效果最好。

综上所述,通过对涂膜液感官特性和对双孢菇保鲜效果的影响,选取CMC和魔芋胶进行以下复合配方实验。

## 2.2 双孢菇复合涂膜液配方优化

### 2.2.1 单因素试验

#### (1) 复合涂膜液添加量对双孢菇保鲜效果的影响

复合涂膜液添加量对双孢菇保鲜效果的影响见图5。复合涂膜液(CMC和魔芋胶为1:1)的浓度为0.05%时,其颜色呈透明色但是涂膜液太稀薄,导致后期贮藏期间双孢菇表面皱缩严重。由图可知,0.3%的复合涂膜处理的双孢菇白度值为86.1,感官评分为92分,对双孢菇保鲜效果最好。

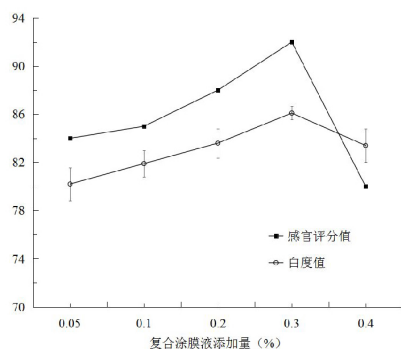


图5 复合涂膜液添加量对双孢菇保鲜效果的影响

Fig.5 Effect of composite coating solution addition on preservation of *Agaricus bisporus*

#### (2) PEG-200 添加量对双孢菇保鲜效果的影响

PEG-200 是乳化剂用来分散胶体,当 PEG-200 浓度为0.1%和0.2%时,其浓度太低,无法将魔芋胶和CMC完全分散,导致基质无法完全溶解。当浓度达到0.4%时,涂膜液的溶解情况最好。由图6可知,0.4%的PEG-200处理的双孢菇白度值为85.8,复合涂膜液的感官评分为92分,对双孢菇保鲜效果最好。

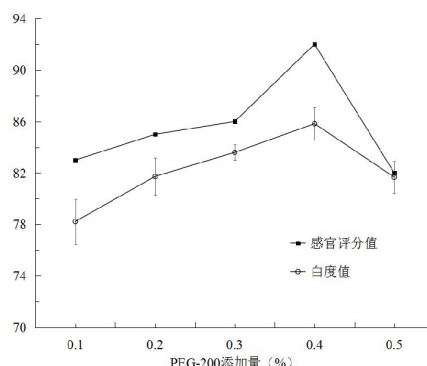


图6 PEG-200 添加量对双孢菇保鲜效果的影响

Fig.6 Effect of PEG-200 addition on preservation of *Agaricus bisporus*

#### (3) 甘油添加量对双孢菇保鲜效果的影响

甘油作为增塑剂,用以增加成膜的韧性。当甘油浓度为0.1%和0.2%时,其浓度太低,导致涂膜液沥干后形成的膜太脆没有韧性,容易折断。由图7可知,用0.4%的甘油处理涂膜液干燥后成膜性好,双孢菇白度值为86.2,感官评分为90分,对双孢菇保鲜效果最好。

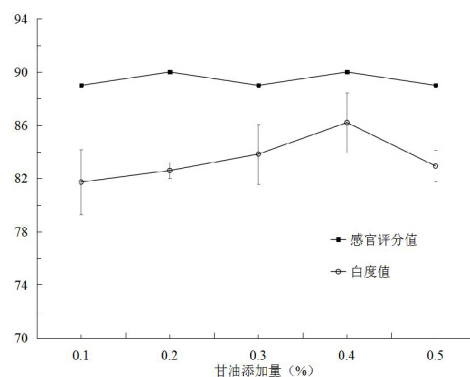


图7 甘油添加量对双孢菇保鲜效果的影响

Fig.7 Effect of glycerol addition on preservation of *Agaricus bisporus*

#### (4) VC 添加量对双孢菇保鲜效果的影响

VC 作为抗氧化剂具有抑制果蔬褐变的作用,但VC浓度过高会使双孢菇自身氧化影响外观褐变。当VC浓度为0.25%时,本身会自身氧化呈黄色,对双孢菇的外观有很大的影响。由图8可知,0.15%的VC处理的蘑菇白度值为86.1,感官评分为88分,对双孢菇保鲜效果最好。

### 2.2.2 正交试验

通过单因素试验确定正交试验设计方案,见表2,结果见表3。

表 2 涂膜液优化的正交试验方案

Table 2 Orthogonal test on optimization of coating liquid

水平	因素			
	A 复合膜添加量(%)	B PEG-200 添加量(%)	C 甘油添加量(%)	D VC 添加量(%)
1	0.2	0.3	0.3	0.1
2	0.3	0.4	0.4	0.15
3	0.4	0.5	0.5	0.2

表 3 涂膜液优化试验结果分析

Table 3 Orthogonal test results of optimization of coating liquid

试验号	A 复合膜添加量(%)	B PEG-200 添加量(%)	C 甘油添加量(%)	D VC 添加量(%)	第 4 d 感官评分(分)	第 4 d 白度值	综合评分(分)
1	1(0.2)	1(0.3)	1(0.3)	1(0.1)	92	85.1	88.6
2	1	2(0.4)	2(0.4)	2(0.15)	93	84.5	88.8
3	1	3(0.5)	3(0.5)	3(0.2)	93	84.5	88.8
4	2(0.3)	1	2	3	95	85	90.0
5	2	2	3	1	90	82.1	86.1
6	2	3	1	2	92	85.2	88.6
7	3(0.4)	1	3	2	90	85.9	88.0
8	3	2	1	3	90	83.7	86.9
9	3	3	2	1	89	83.6	86.3
$k_1$	88.7	88.8	88.0	87.0	—	—	—
$k_2$	88.2	87.6	88.4	88.4	—	—	—
$k_3$	87.0	87.9	87.6	88.5	—	—	—
$R$	1.7	1.3	0.8	1.5	—	—	—

注 综合评分为加权值(感官评分×50%+白度×50%)。

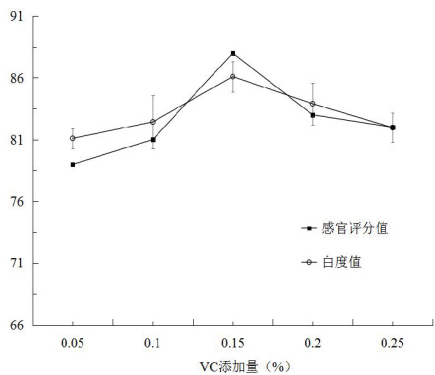


图 8 VC 添加量对双孢菇保鲜效果的影响  
Fig.8 Effect of VC addition on preservation of *Agaricus bisporus*

从表 3 可以看出  $R_A>R_D>R_B>R_C$  , 各因素对涂膜液影响从主到次的顺序为: 复合膜添加量>VC 添加量>PEG-

200 添加量>甘油添加量。最优方案为  $A_1B_1C_2D_3$  , 即复合膜(1:1)添加量为 0.2% ,PEG-200 添加量为 0.3% ,甘油添加量为 0.4% ,VC 添加量为 0.2%。将最优方案进行试验验证 ,感官评分为 95 分 ,白度值为 86.1 ,综合评分 90.6 分 ,均优于其他验证组。

### 3 结论

经过单因素和正交实验分析,双孢菇涂膜保鲜的最优配方为膜(魔芋胶:CMC=1:1)的添加量为 0.2% ,PEG-200 的添加量为 0.3% ,甘油的添加量为 0.4% ,维生素 C 的添加量是 0.2%。在 4 ℃条件下保存 13 d 仍具有良好的商品价值。

(下转第 14 页)



显差异,离心后的枸杞汁中多糖与胡萝卜素含量较低,这可能是由于胡萝卜素主要存在于枸杞的果皮中,采用压榨法能够将果皮中的色素挤出,这也导致得到的枸杞汁颜色偏红,而离心后的枸杞汁颜色为淡棕色,无明显红色。同样,在橙汁加工中采用全果压榨取汁,果皮中的脂溶性成分会进入果汁,导致香气变化<sup>[15]</sup>。在后期的果汁酶解和过滤中,由于压榨法得到的枸杞汁含有色素、多糖等大分子物质高,在过滤时易堵塞膜管,过滤效率没有离心法得到的枸杞汁高。离心后的枸杞汁稳定性提高了,可能是由于枸杞汁中胡萝卜素含量低,过滤后的残留更低,在储存中极低量的色素物质难以与蛋白质等大分子物质发生聚合等反应,从而提高了枸杞汁的稳定性。

### 3 结论

本研究得到枸杞汁分离的最佳工艺参数:离心转速 5000 r/min,离心时间 20 min,复水比 1:2,复水时间 60 min,该条件下枸杞汁得率为 94.9%。此外,试验还对比了离心法与压榨法得到的枸杞汁品质,发现离心法得到的枸杞汁多糖及胡萝卜素含量较低、稳定性提高,其余指标无明显差异。同时,离心法的枸杞汁更易过滤,沉淀层色素含量较高,可干燥做枸杞粉。此研究对比了常用的取汁技术,可为目前的枸杞汁加工技术提供理论参考依据。

参考文献:

- [1] 葛邦国,刘志勇,朱风涛,等.枸杞加工研究现状与前景展望[J].食品研究与开发,2014,35(04):93-97.
- [2] 庞亚茹,吴茂玉,马超,等.枸杞多糖的研究进展[J].中国果菜,2014,34(10):43-47.

- [3] 蒋兰,杨毅,江荣高.枸杞的药理作用及其加工现状[J].食品工业科技,2018,(14):330-334.
- [4] 徐常青,刘赛,徐荣,等.我国枸杞主产区生产现状调研及建议[J].中国中药杂志,2014,39(11):1979-1984.
- [5] 赵智慧.蛋白酶处理枸杞汁对枸杞酒质量的影响研究[J].酿酒,2017,44(02):102-105.
- [6] 李勇,聂永华,崔振华,等.果胶酶澄清枸杞汁最佳工艺条件研究[J].食品科技,2012,37(06):113-116.
- [7] 张盛贵,魏苑.不同澄清方法对枸杞汁中营养成分的影响[J].食品工业科技,2011,32(06):276-280.
- [8] 杨小波,刘敦华.果胶酶与高效淀粉酶液化澄清枸杞汁的效果对比研究[J].食品科技,2011,36(05):95-98.
- [9] GB/T 18672-2014,枸杞[S].中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局、中国国家标准化管理委员会:2014.
- [10] GB/T 12456-2008,食品中总酸的测定[S].中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局、中国国家标准化管理委员会:2008.
- [11] GB/T 5009.5-2016,食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定[S].中华人民共和国卫生和计划生育委员会、国家食品药品监督管理总局:2016.
- [12] GB/T 5009.6-2016,食品安全国家标准 食品中脂肪的测定[S].中华人民共和国卫生和计划生育委员会、国家食品药品监督管理总局:2016.
- [13] 郭涛.枸杞类胡萝卜素的分离纯化方法[J].中国果菜,2014,34(04):33-36.
- [14] GB18963-2012,浓缩苹果汁[S].中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 中国国家标准化管理委员会:2012.
- [15] 乔宇,范刚,程薇,等.锦橙机械榨汁和手工榨汁香气成分的比较[J].北京工商大学学报(自然科学版),2011,29(04):33-38.

(上接第5页)

参考文献:

- [1] 武杰.葡萄采后生理生化特征及贮藏保鲜的研究进展[J].安徽农业科学,2009,37(23):11183-11185.
- [2] 王则金,林启训,张云,等.姬松茸保鲜影响因素分析及参数优化[J].中国农学通报,2004,20(2):40.
- [3] 黄劲松,陈建兵,杨小红,等.褐变抑制剂对贮藏期间蘑菇的感官指标及挥发性香气的影响[J].食品科学,2008,29(7):448-451.
- [4] 孟德梅,申琳,陆军,等.双孢菇采后感官品质变化的因素分析

与保鲜技术研究进展[J].食品科学,2010,31(15):283-287.

- [5] 周雪婷.真姬菇贮藏的适宜条件和适用技术研究[D].南京:南京农业大学,2009.
- [6] 刘战丽,王相友,朱继英,等.高氧气调贮藏下双孢蘑菇品质和抗性物质变化[J].农业工程学报,2010,26(5):362-365.
- [7] 刘志芳.薄膜包装冷藏对鸡腿菇采后生理及贮藏效应的影响[D].咸阳:西北农林科技大学,2007.
- [8] 李成华.壳聚糖及其衍生物涂膜保鲜双孢蘑菇效果的研究[D].武汉:华中农业大学,2009.