

# 气调保鲜包装对松茸生理特性的影响

薛伟, 王悦\*

(东北林业大学工程技术学院, 黑龙江 哈尔滨 150040)

**摘要:** 研究松茸在温度2~3℃、相对湿度85%~90%贮藏条件下, 不同气体比例、包装材料和薄膜厚度对松茸保鲜效果的影响, 通过对呼吸强度、质量损失率、褐变指数、细胞膜透性等松茸包装后理化指标的测定, 确定松茸最佳保鲜包装方式。结果表明: 松茸保鲜包装效果最好的组合为气体比例 $V(O_2):V(CO_2):V(N_2)=3:20:77$ 、包装材料PVC、薄膜厚度0.05mm, 可延长保鲜期到7d左右。

**关键词:** 松茸; 包装材料; 气调包装

Influence of Modified Atmosphere Packaging on Physiological Characteristics of *Tricholoma matsutake*

XUE Wei, WANG Yue\*

(College of Engineering and Technology, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

**Abstract:** Under the storage conditions of 2–3 °C and 85%–90% relative humidity, the effects of gas composition, different packaging materials and film thickness on the preservation of *Tricholoma matsutake* were explored through determining respiratory intensity, weight loss rate, browning index, cell membrane permeability and other physiochemical indexes. The results showed that a  $V(O_2):V(CO_2):V(N_2)$  ratio of 3:20:77 and packaging in a PVC film 0.05 mm thick provided optimum preservation of *Tricholoma matsutake*, prolonging the shelf life to about 7 d.

**Key words:** *Tricholoma matsutake*; packaging material; modified atmosphere packaging

中图分类号: TS255.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2013)12-0327-04

doi:10.7506/spkx1002-6630-201312068

松茸(*Tricholoma matsutake*)又名松口蘑, 属担子菌亚门、层菌纲、伞菌目、口蘑科、口蘑属<sup>[1]</sup>。松茸菌肉肥厚, 具有香气, 味道鲜美可口, 口感爽滑, 是一种珍贵的野生食用菌, 被誉为“菌中之王”。松茸具有很高的营养价值和药用价值, 含有丰富的蛋白质、脂肪、纤维素和多种氨基酸, 具有抗菌、益胃补气、消炎止痛、止咳化痰、清热解毒的功效<sup>[2-3]</sup>; 松茸具有很高的经济价值, 是其他菌类所望尘莫及的, 在日本吃松茸是高贵身份的象征, 鲜品因其含水量高, 组织柔软, 表面无保护结构, 极易腐烂变质, 松茸对生长环境要求严格, 并且采摘较为困难, 当地百姓夜间采收后用冰袋降温, 采摘后, 3d即出现开伞、自溶、褐变等现象, 失去食用价值和商品价值, 可见弥足珍贵。松茸属于呼吸跃变型食用菌, 普通的包装方式难以达到保鲜的目的, 新鲜松茸由于保鲜技术的不完善一直难以大量贮藏, 因此, 松茸保鲜包装方式的研究具有重要意义。

关于食用菌气调保鲜包装技术国内外研究很多<sup>[4-14]</sup>,

由于松茸的稀缺性和高价值性, 松茸保鲜包装技术的研究很少, 本研究主要在不同温度和湿度下松茸保鲜效果的实验研究基础上, 在最佳贮藏条件温度2~3℃、相对湿度85%~90%条件下<sup>[15]</sup>, 通过实验比较不同气体比例、包装材料和薄膜厚度对松茸呼吸强度、质量损失率、褐变指数、感官评分、可溶性总糖含量和细胞膜透性的影响, 确定最佳保鲜贮藏条件。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

松茸: 产自吉林省长白山白河林区, 选取成熟度在8~9成, 松茸完整无破损、无畸形、无病虫害、颜色偏白、口感纯正、质地硬实、大小一致的松茸个体作为实验材料。

包装材料低密度聚乙烯(LDPE)、聚丙烯(PP)、聚氯乙烯(PVC)均由哈尔滨鑫诚包装材料销售有限公司提供。

收稿日期: 2012-05-07

基金项目: 黑龙江省自然科学基金项目(G200811); 东北林业大学研究生论文项目(STIP 10)

作者简介: 薛伟(1962—), 男, 教授, 博士, 主要从事林副产品保鲜研究。E-mail: nefuxw1962@163.com

\*通信作者: 王悦(1986—), 女, 硕士研究生, 主要从事林副产品保鲜研究。E-mail: Wangyue3666@yahoo.cn

## 1.2 仪器与设备

GXH-3010E1便携式智能型红外线二氧化碳分析仪 北京市华云分析仪器研究所有限公司; TP121电导率分析仪 北京时代新维测控设备有限公司。

## 1.3 方法

### 1.3.1 预处理

将采摘后的优质松茸进行预冷缩水、清理残渣、杀菌、分级处理,供实验选用。

### 1.3.2 气体比例实验

将大小等级相同的约50g松茸放入低密度聚乙烯(LDPE)薄膜小包装内,分别充入一定的气体比例,见表1,封口后贮藏观察,以呼吸强度和质量损失率为评价指标确定最优气体比例。

表1 气体充填比例分组  
Table 1 Filling gas composition

气体	C1	C2	C3	C4	C5	C6	对照(CK)
O <sub>2</sub>	3	3	3	5	5	10	21
CO <sub>2</sub>	10	15	20	15	20	20	0.50
N <sub>2</sub>	87	82	77	80	75	70	78

### 1.3.3 薄膜厚度实验

将大小等级相同的约50g松茸分别放进包装材料为LDPE、聚丙烯(PP)、聚氯乙烯(PVC)厚度0.01、0.02、0.03、0.04、0.05mm的小包装内,以感官评分为评价指标分别确定最优保鲜厚度。

### 1.3.4 保鲜包装正交试验

在单因素试验的基础上,选择气体比例、包装材料、薄膜厚度为试验因素进行L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)正交试验,因素和水平见表2。重复实验3次,以不做任何处理为对照组,通过测定褐变指数、可溶性总糖含量和细胞膜透性的变化,确定最优的保鲜包装方法。

表2 气调保鲜包装正交试验因素水平

Table 2 Factors and coded levels used in orthogonal array design for the optimization of modified atmosphere packaging conditions

水平	因素		
	气体比例V(O <sub>2</sub> ):V(CO <sub>2</sub> ):V(N <sub>2</sub> )	包装材料	薄膜厚度/mm
1	3:15:82	LDPE	0.03
2	3:20:77	PP	0.04
3	5:20:75	PVC	0.05

## 1.3.5 测定指标

### 1.3.5.1 呼吸强度

采用红外线二氧化碳分析仪测定,测定前用1.04×10<sup>-3</sup>mL/(kg·h)标准气体(CO<sub>2</sub>)校准,测定时环境温度T,气流速率为1L/min,呼吸强度(R, CO<sub>2</sub> mg/(kg·h))按式(1)计算:

$$R(\text{CO}_2 \text{ mg}/(\text{kg} \cdot \text{h})) = Av \times 60 \times 10^{-6} \times \frac{44 \times 273}{22.4(273 + T)m} \quad (1)$$

式中:A为CO<sub>2</sub>分析仪读数;T为测定时环境中的温度/°C;v为气流速率/(mL/min);m为鲜质量/kg。

### 1.3.5.2 质量损失率

质量损失率的计算见式(2):

$$\text{质量损失率}/\% = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (2)$$

式中:m<sub>1</sub>为包装前松茸质量/g;m<sub>2</sub>为包装后松茸质量/g。

### 1.3.5.3 感官评分及褐变指数测定

感官评定是由同一组人在包装后的每天上午10:00进行观察记录,分别对松茸的硬度、色泽、气味进行评分,然后进行综合评价,各项评分满分为4分,方法见表3。

表3 松茸感官质量评分标准  
Table 3 Standards for sensory quality of *Tricholoma matsutake*

等级	评分	硬度	色泽	气味
1	4	菌盖弹性好,菌柄坚硬	菌盖新鲜,颜色偏白,菌柄为乳白色,无褐变	味道清香
2	3	菌盖弹性较好,菌柄较硬	颜色正常,轻度褐变	正常,无异味
3	2	菌盖、菌柄开始有软化症状	中度褐变,菌盖颜色变暗	略有异味
4	1	软化严重,有水渍渗出	严重褐变,有霉斑产生	异味严重

褐变指数是贮藏期间对松茸色泽变化的综合评价,按式(3)计算。

$$\text{褐变指数} = \frac{\sum(\text{各级松茸个数} \times \text{级别})}{\text{总松茸个数} \times \text{最高级别}} \times 100 \quad (3)$$

### 1.3.5.4 细胞膜透性

采用电导仪法,测定细胞膜的电导率,用相对电导率表示细胞膜透性。

### 1.3.5.5 可溶性总糖含量

采用蒽酮比色法,按照参考文献[16]进行操作。

## 2 结果与分析

### 2.1 单因素试验

#### 2.1.1 不同气体比例对松茸保鲜效果的影响

采摘后的松茸仍然是活的有机体,而呼吸作用是其主要生命活动,呼吸强度是评价贮藏寿命的重要指标。由图1A可知,气调包装松茸的呼吸强度均低于对照组CK,C1、C4、C6组松茸呼吸强度随贮藏时间的延长,上升到一个小峰值后缓慢下降,C2、C3、C5组松茸呼吸强度随贮藏时间的延长,缓慢下降最后趋于平稳。

采摘后的松茸仍然进行生命活动,通过控制包装内气体比例,建立起维持松茸正常生命活动所需的最低动态平衡环境,降低呼吸作用,减少水分散失。由图1B可知,气调包装松茸的质量损失率均低于对照组CK。C1、C2、C3组比较,在O<sub>2</sub>体积分数相同时,CO<sub>2</sub>体积分数越

高,抑制呼吸作用,松茸质量损失率越低;C3、C5、C6组比较,在CO<sub>2</sub>体积分数相同时,O<sub>2</sub>体积分数越低,抑制呼吸作用,松茸质量损失率越低,由此筛选出保鲜效果较好的3组为C2、C3、C5。

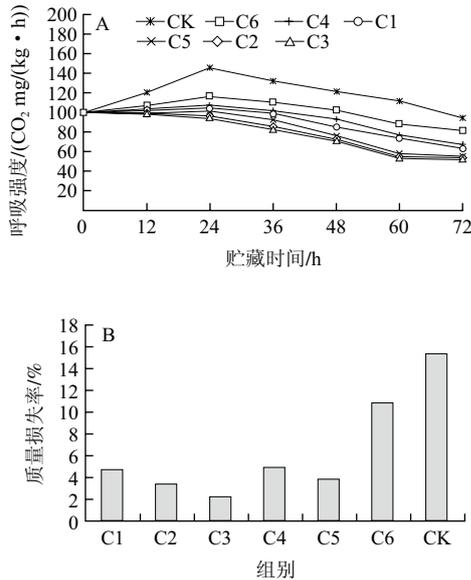


图1 不同气体比例对松茸呼吸强度(A)和质量损失率(B)的影响  
Fig.1 Effect of different gas ratios on the respiratory intensity and weight-loss rate of *Tricholoma matsutake*

2.1.2 不同薄膜厚度对松茸保鲜效果的影响

表4 不同薄膜厚度的感官评分  
Table 4 Effect of packaging film thickness on the sensory score of *Tricholoma matsutake*

贮藏时间/d	LDPE薄膜厚度/mm					PP薄膜厚度/mm					PVC薄膜厚度/mm				
	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05
1	9	8	10	11	10	8	9	10	10	10	9	9	10	11	11
2	6	6	9	8	9	6	7	8	9	8	7	6	9	8	9
3	4	5	8	7	7	3	4	6	7	7	4	5	6	7	7

根据不同材料的透气性和阻水性不同,影响松茸贮藏过程中得呼吸作用和蒸腾作用,出现菌盖开伞、水分散失、颜色褐变、异味等腐烂变质的现象,选择适宜的材料厚度有利于提高松茸的保鲜效果,延长保鲜期。由表4可知,随着贮藏时间的延长,松茸的感官评分逐渐下降,相同材料的薄膜,厚度越大,松茸感官评分越高,由此筛选出适宜的包装材料厚度为0.03、0.04、0.05mm。

2.2 松茸保鲜包装正交试验

2.2.1 正交试验对松茸褐变指数的影响

对气体比例、包装材料、薄膜厚度进行三因素三水平正交试验,测定包装后松茸褐变指数变化,优化筛选出保鲜效果较优的包装组合。由表5可知,正交试验三因素对抑制松茸褐变的主次顺序为A>C>B,即

气体比例对抑制松茸褐变效果影响最大,其次为薄膜厚度,影响最小的是包装材料。最优组合为A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub>,即气体比例为V(O<sub>2</sub>):V(CO<sub>2</sub>):V(N<sub>2</sub>)=3:20:77、包装材料为PVC、薄膜厚度0.05mm。

对气体比例、包装材料、薄膜厚度进行三因素三水平正交试验,测定包装后松茸可溶性总糖含量变化,筛选出保鲜效果较优的组合。由表5可知,正交试验对松茸可溶性总糖含量影响的主次顺序为A>C>B,即气体比例对松茸可溶性总糖含量影响最大,其次为薄膜厚度,影响最小的是包装材料。筛选出保鲜效果最优的组合为A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>3</sub>,即气体比例为V(O<sub>2</sub>):V(CO<sub>2</sub>):V(N<sub>2</sub>)=3:20:77、包装材料为LDPE、薄膜厚度0.05mm。

表5 松茸褐变指数和可溶性总糖含量正交试验结果  
Table 5 Orthogonal array design for the optimization of modified atmosphere packaging conditions based on browning index and total soluble sugar content

试验号	因素			褐变指数/%	可溶性总糖含量/%
	A气体比例	B包装材料	C薄膜厚度		
1	1	1	1	35.14	10.49
2	1	2	2	28.42	12.06
3	1	3	3	23.79	13.22
4	2	1	2	16.24	16.67
5	2	2	3	18.09	15.98
6	2	3	1	20.96	14.77
7	3	1	3	21.84	14.35
8	3	2	1	34.83	10.82
9	3	3	2	26.13	12.43
褐变指数	K <sub>1</sub>	87.35	73.22	90.93	T=225.44
	K <sub>2</sub>	55.29	81.34	70.79	
	K <sub>3</sub>	82.80	70.88	63.72	
	R	10.69	3.49	9.07	
	K' <sub>1</sub>	35.77	41.51	36.08	
可溶性总糖含量	K' <sub>2</sub>	47.42	38.86	41.16	T=120.79
	K' <sub>3</sub>	37.60	40.42	43.55	
R'	3.88	0.88	2.49		

2.3 优化松茸保鲜包装实验

选取最优组合A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub>和A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>3</sub>进行优化保鲜实验,即气体比例为V(O<sub>2</sub>):V(CO<sub>2</sub>):V(N<sub>2</sub>)=3:20:77、薄膜厚度0.05mm、包装材料分别为LDPE和PVC进行优化保鲜实验,同时以不做处理为对照组,测定松茸贮藏时期的质量损失率、细胞膜透性和感官评分。

2.3.1 对松茸质量损失率的影响

由图2可知,随着贮藏时间的延长松茸质量损失率呈上升趋势,优化保鲜包装松茸质量损失率明显低于对照组,且优化保鲜包装整体变化趋势不明显,质量损失率在1%~3%是保鲜包装可以接受的范围,PVC包装材料优于LDPE包装材料。

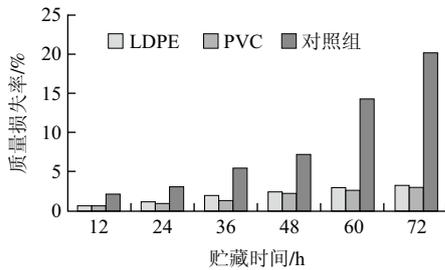


图2 优化保鲜包装对松茸质量损失率的影响

Fig.2 Effect of optimization of fresh-keeping packaging on weight-loss rate of the *Tricholoma matsutake*

### 2.3.2 对松茸细胞膜透性的影响

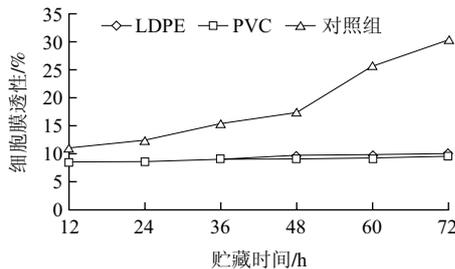


图3 优化保鲜包装对松茸细胞膜透性的影响

Fig.3 Effect of optimization of fresh-keeping packaging on cell membrane permeability of *Tricholoma matsutake*

细胞膜是控制细胞物质交换的门户, 细胞膜透性变化表明松茸细胞膜完整性遭破坏的程度, 细胞膜的透性越大, 细胞内电解质(主要是 $K^+$ )向外渗透速度越快, 影响松茸的品质。由图3可知, 随着贮藏时间的延长对照组松茸细胞膜透性呈上升趋势, 且变化范围较大; 优化保鲜包装松茸细胞膜透性变化不大。

### 2.3.3 对松茸感官评分的影响

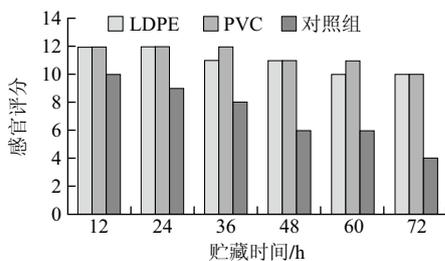


图4 优化保鲜包装对松茸感官评分的影响

Fig.4 Effect of optimized modified atmosphere packaging on the weight loss rate of *Tricholoma matsutake*

由图4可知, 随着贮藏时间的延长对照组松茸感官评分整体呈下降趋势, 对照组贮藏2d开始出现组织内变黑、变褐和失水干缩、有异味等现象, 3d后几乎失去商品价值和食用价值; 优化保鲜V包装组松茸贮藏3d后仍然保持良好的新鲜度, 口感柔滑, 鲜美可口, 且PVC包装材料优于LDPE包装材料。

## 3 结论

通过单因素试验确定各因素中松茸保鲜效果较好的3个水平, 气体比例分别为 $V(O_2):V(CO_2):V(N_2)=3:15:82$ ,  $V(O_2):V(CO_2):V(N_2)=3:20:77$ ,  $V(O_2):V(CO_2):V(N_2)=5:20:75$ ; 薄膜厚度分别为0.03、0.04、0.05mm。

通过正交试验确定对松茸保鲜效果影响的因素主次顺序, 即气体比例对松茸保鲜效果影响最大, 其次为薄膜厚度, 影响最小的是包装材料, 同时筛选出延长松茸保鲜期的最优组合。

通过优化保鲜包装实验确定松茸在温度 $2\sim 3^\circ C$ 、相对湿度 $85\%\sim 90\%$ 的贮藏条件下, 保鲜效果最好的组合为气体比例 $V(O_2):V(CO_2):V(N_2)=3:20:77$ 、包装材料PVC、薄膜厚度0.05mm, 可延长保鲜期到7d左右。

### 参考文献:

- [1] 周选围. 松茸资源研究概况[J]. 食用菌学报, 2002, 9(1): 50-56.
- [2] 张云凌. 浅谈姬松茸的药效[J]. 中国林副特产, 2001, 59(4): 40-41.
- [3] TIDKE G, RAI M. Biotechnological potential of mushrooms: drugs and dye production[J]. International Journal of Medicinal Mushrooms, 2006, 8(4): 351-360.
- [4] 警惠君, 张志军, 王文治, 等. 白灵菇采后低温气调包装保鲜试验[J]. 食品研究与开发, 2009, 30(5): 139-141.
- [5] LI Tiehua, ZHANG Min, WANG Shaojin. Effects of temperature on *Agrocybe chaxingu* quality stored in modified atmosphere packages with silicon gum film windows[J]. LWT-Food Science and Technology, 2008, 41(6): 965-973.
- [6] 朱向东. 气调贮藏蘑菇温度与湿度对贮藏效果的影响[J]. 食用菌, 2006(8): 37-38.
- [7] 杜传来, 郁志芳, 韩玲玲. 气调保鲜包装对双孢菇贮藏效果的影响[J]. 包装工程, 2010, 31(23): 17-21.
- [8] 张莉, 刘林德, 丁涓, 等. 平菇复合保鲜剂的筛选及保鲜效果[J]. 食品科学, 2011, 32(2): 314-317.
- [9] CANER C, ADAY M S, DEMIR M. Extending the quality of fresh strawberries by equilibrium modified atmosphere packaging[J]. European Food Research Technology, 2008, 227(6): 1575-1583.
- [10] 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.
- [11] 肖功年, 彭建. 平菇气调包装保鲜[J]. 无锡轻工大学学报, 2002, 21(6): 592-595.
- [12] ARES G, LAREO C, LEMA P. Modified atmosphere packaging for postharvest storage of mushrooms: a review[J]. Fresh Produce, 2007, 1(1): 32-40.
- [13] ARES G, PARENTELLI C, GAMBARO A, et al. Sensory shelf life of shiitake mushrooms stored under passive modified atmosphere[J]. Postharvest Biology and Technology, 2006, 41(2): 191-197.
- [14] 陈慧斌, 王梅英. 食用菌保鲜技术研究进展[J]. 宁德师专学报: 自然科学版, 2008, 20(1): 14-17.
- [15] 王悦, 薛伟. 不同温度和湿度对松茸保鲜效果的影响[J]. 食品工业科技, 2012, 33(8): 366-389.
- [16] 石启龙, 王相友, 王娟, 等. 不同贮藏温度对双孢菇生理特性的影响[J]. 食品工业科技, 2005, 26(3): 165-169.