

复合吸湿剂对高氧气调包装香菇品质的影响

赵东方^{1,2,3}, 魏丹^{1,2,3}, 周晓庆^{1,2,3}, 应丽莎^{1,2,3}, 张敏^{1,2,3}

(1. 西南大学, 重庆 400715; 2. 农业部农产品贮藏保鲜质量安全风险评估实验室(重庆), 重庆 400715; 3. 重庆市特色食品工程技术研究中心, 重庆 400715)

摘要: 考察了 5 种吸湿剂(硅胶、CaCl₂、山梨酸、活性炭和皂土)的吸湿能力, 并筛选出了最佳复合方式。将复合吸湿剂以不同质量添加到香菇高氧气调包装中, 探讨其对香菇贮藏期间质量损失率、呼吸强度、可溶性固形物含量、硬度和颜色的影响。结果表明, 吸湿剂的使用会增加香菇质量损失率, 但延缓了其可溶性固形物含量及硬度值的下降。其中采用 5 g 复合吸湿剂处理, 降低了香菇的呼吸强度并明显推迟了其呼吸高峰, 而 5 g 和 10 g 复合吸湿剂处理均能有效延缓香菇白度值的下降。

关键词: 高氧气调; 复合吸湿剂; 香菇; 保鲜

中图分类号: TB485.2; TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)23-0014-06

Effect of Mixed Moisture Absorbers on Quality of Stored Mushrooms in High Oxygen Modified Atmosphere

ZHAO Dong-fang^{1,2,3}, WEI Dan^{1,2,3}, ZHOU Xiao-qing^{1,2,3}, YING Li-sha^{1,2,3}, ZHANG Min^{1,2,3}

(1. Southwest University, Chongqing 400715, China; 2. Laboratory of Quality and Safety Risk Assessment for Agro-products on Storage and Preservation (Chongqing), Ministry of Agriculture, Chongqing 400715, China; 3. Chongqing Special Food Programme and Technology Research Center, Chongqing 400715, China)

Abstract: The water absorption capacity of five kinds of moisture absorber (silica gel, CaCl₂, sorbic acid, activated charcoal, and bentonite) was examined, and the best mixing formula was determined. The effect of mixed moisture absorbers on weight loss, respiration rate, solids content, hardness, and color of mushrooms were investigated. The results showed that moisture absorbent increased weight loss, while the soluble solids content and hardness decreases slowly; mushrooms in the group with 5 g mixed moisture absorbent has lower respiratory rate, and the respiratory peak is delayed obviously; the whiteness decrease of mushrooms is delayed effectively in the groups with 5 g and 10 g mixed moisture absorbents.

Key words: high oxygen modified atmosphere; mixed moisture absorber; mushrooms; preservation

香菇含有多种生物活性化合物, 营养价值高^[1-2], 且产量巨大, 但极易发生腐败变质^[3-4]。气调包装技术能有效抑制微生物生长, 保护产品品质并延长货架期^[5]。目前食用菌普遍采用的低氧气调包装易导致包装内 CO₂ 过量富集而破坏产品细胞膜并造成生理损伤, 如酶促褐变和硬度降低^[1,6-7]。高氧气调包装可以有效克服传统低氧气调包装的不足。大量研究报道指出, 高 O₂ 和低 CO₂ 可延长双孢蘑菇、侧

耳菇、茶薪菇等食用菌的保鲜期^[8-10]。Jacxsens 等人^[11]研究发现高氧气调包装有效延长了 4 ℃ 贮藏鲜切香菇的货架期, 正是由于高氧抑制了酶促褐变及微生物生长。

在新鲜食用菌的气调包装中, 菌体产生水蒸气的速率远远大于水汽穿过聚合物薄膜透出袋外的速率, 导致大量的水分聚集在包装内而使内环境湿度增加^[12]。研究指出袋内的高湿环境有利于腐败微生物

收稿日期: 2012-08-02

基金项目: 重庆市科技攻关(应用技术研发类重点项目 cstc2012gg-yyjsB80003)

作者简介: 赵东方(1987-), 男, 河南人, 西南大学硕士生, 主攻食品包装材料及技术。

通信作者: 张敏(1975-), 男, 湖南人, 硕士, 西南大学副教授, 主要研究方向为食品包装材料及技术。

生长,造成菌体出现斑点及发生褐变反应^[12]。Vil-laescusa 等人^[10]报道用低透湿率的薄膜包装食用菌会导致包装内水分迅速达到饱和状态,可能会引起假单胞菌属的生长,从而导致子实体表面褐变及黄化,使产品失去吸引力。然而,湿度水平过低也会导致食用菌过量失水,引起起皱,表面出现褐斑,影响其经济价值^[13]。

正是由于高氧气调的保鲜作用及新鲜食用菌对湿度水平的敏感性,采用高氧气调与吸湿剂相结合的包装方式有可能对食用菌的保鲜具有潜在意义。然而,不同吸湿剂由于其吸湿能力存在差异,并不都适合食用菌包装^[14]。本实验以新鲜香菇为原料,在研究单一吸湿剂吸湿能力的基础上,采用复合吸湿剂并探讨其对高氧气调包装的新鲜香菇品质的影响。

1 实验

1.1 材料与仪器

材料:新鲜香菇(购于北碚天生市场);硅胶,重庆川东化工(集团)有限公司, CaCl_2 、山梨醇、活性炭,成都市科龙化工试剂厂,皂土,上海试四赫维化工有限公司,以上试剂均为国产分析纯;30 μm 厚的未拉伸聚丙烯(CPP)薄膜,重庆万年包装有限责任公司(经前期实验,从多种材料中选出,保鲜效果较好)。

仪器:MAP-500D 气调包装机,上海炬钢机械制造有限公司;TA.XT2i 物性测定仪,英国 Stable micro system 公司;UltraScan[®] PRO 测色仪,美国 HunterLab 公司;W2-113 手持式糖度计,北京万成北增精密仪器有限公司。

1.2 方法

参照 Mahajan 等人的^[14]方法。吸湿剂于 60 $^{\circ}\text{C}$ 下烘干至恒重,然后分别称取 1 g 于干燥瓶中,置于 5 $^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 96% 的恒温恒湿箱中,每隔 12 h 对吸湿剂进行称量,直至粉末状吸湿剂转变为液态。首先研究硅胶、 CaCl_2 、山梨醇、活性炭和皂土 5 种单一吸湿剂的吸水能力。然后将单一吸湿剂进行复合并考查其吸水能力,最后选出最佳的吸湿剂组合。

香菇采摘后在冷藏条件下转移至实验室,分成 100 g 左右一袋,4 袋一组。每组中的 4 袋被分别放置于选出的复合吸湿剂 0,5,10,15 g 中。香菇采用 CPP 30 μm 薄膜包装,包装袋内充入 80% O_2 和 20% CO_2 ,样品于(4 $\pm$ 1) $^{\circ}\text{C}$ 下冷藏。

1.2.1 质量损失率测定

称量贮藏前后包装内容物的质量,质量损失率表示损失的质量占起始质量的百分比,即质量损失率:

$$D = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\%$$

式中: m_1 为样品原始质量; m_2 为样品放置一段时间后的质量。

1.2.2 呼吸强度测定(静置法)

参照肖功年等人^[15]的方法,吸取 5.0 mL 0.4 mol/L NaOH 于培养皿中,并将培养皿置于干燥器内;然后装入 50 g 左右香菇,密闭 0.5 h 后将碱液移入三角瓶,加入酚酞指示剂及 2.5 mL 饱和 BaCl_2 溶液;最后用 0.2 mol/L 草酸滴定。呼吸强度以每小时每千克果蔬释放 CO_2 的质量表示。

1.2.3 可溶性固形物测定

取 5.0 g 香菇样品研磨,经 4000 r/min 离心 10 min,取汁液。用滴管吸取样品液,滴加在糖度计检测镜上,合上盖板。用折光仪读取样品液中可溶性固形物含量。

1.2.4 硬度

参照 Guillaume 等人^[16]的方法,采用物性仪对香菇子实体进行测定。探头为直径 5 mm 的不锈钢圆柱形探头,测前、测中和测后速度分别为 2,2,10 mm/s,穿刺距离为 10 mm,硬度值是以其物性曲线最高峰值来表示。

1.2.5 颜色

参照 Gonzalez-Fandos 等人^[17]的方法,用测色仪测量香菇子实体的白度值,测试采用 D65 光源,10 $^{\circ}$ 观察角。香菇的颜色用白度值 L 表示。 $L=0$ 为黑色, $L=100$ 为白色。 L 值越大,表示颜色越白,褐变越轻。

1.3 数据处理

采用 Spss13.0 软件进行数据处理。

2 结果与分析

2.1 吸湿剂的选择

2.1.1 单一吸湿剂的吸水率

5 种单一吸湿剂在 5 $^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 90% 环境下的吸水能力见图 1。由图 1 可知, CaCl_2 在前 12 天吸水能力急剧增长。虽然 CaCl_2 在第 2 天已转变成液体,但其吸水能力远远大于其他吸湿剂($P<0.01$),Song 等人^[18]报道 CaCl_2 变成液体后仍具有较高的吸水能

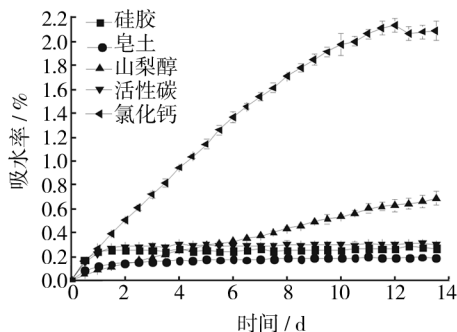


图1 单一吸水剂的吸水能力

Fig. 1 Water absorption capacity of a single desiccant

力,这与本实验的结果一致。活性炭、硅胶和皂土三者2天后吸水能力已趋于平缓,且一直保持粉末状态。山梨醇前期吸水率较小,从第5天开始逐渐转变为液体,但吸水能力此时已超过硅胶、皂土和活性炭,并呈增加趋势。

为保证香菇贮藏期间吸湿剂的有效性,吸湿剂必须具备高吸水能力和维持较长时间粉末状态的特点。活性炭由于其本身颜色,吸水后会对菇体感官产生不良影响, CaCl_2 很快转变为液体,故将两者排除。山梨醇有较高的吸水能力且能维持较长的固体状态,而硅胶和皂土在试验时间内一直保持粉末状态,所以选取硅胶、皂土分别与高吸水能力的山梨醇进行复合。

2.1.2 复合吸湿剂的吸水率

将山梨醇、硅胶和皂土按表1进行复合,复合吸湿剂的吸水率见图2。

表1 吸湿剂混合比例

Tab. 1 Mixed proportion of moisture absorbers g/g

混合类型1				混合类型2			
GS1	GS2	GS3		ZS1	ZS2	ZS3	
硅胶	0.25	0.5	0.75	皂土	0.25	0.5	0.75
山梨醇	0.75	0.5	0.25	山梨醇	0.75	0.5	0.25

由图1可知,硅胶与山梨醇复合组的吸水能力高于相同比例的皂土与山梨醇复合组,但是,实验发现硅胶与山梨醇复合组的表面很快便有水珠出现。而皂土含量的增加延长了复合吸湿剂转变成液体的时间,这与Mahajan等人^[14]的报道一致。

由图2可知,前3天皂土与山梨醇3组复合吸湿剂的吸水能力无明显差异($P>0.05$);从第5天开始ZS1,ZS2两组吸水能力明显高于ZS3组($P<0.05$);但第7天ZS1和ZS2两组均出现液体,而ZS3组在试

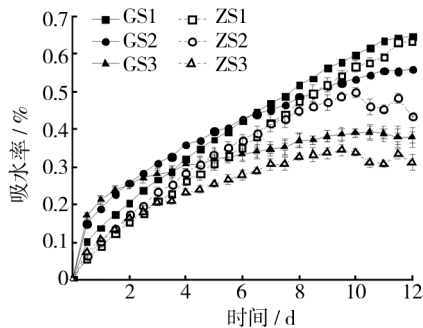


图2 硅胶、皂土与山梨醇的复合吸水能力

Fig. 2 Water absorption capacity of sorbitol combined with silica gel or bentonite

验期间一直保持固体状态。综合考虑,取ZS3组为最佳复合吸湿剂配比,即 $w_{\text{皂土}}:w_{\text{山梨醇}}=3:1$ 。

2.2 吸湿剂用量对高氧气调包装的香菇品质的影响

2.2.1 对香菇质量损失率的影响

不同吸湿剂用量对香菇质量损失率的影响见图3。由图3可知,所有处理组香菇的质量损失率随贮

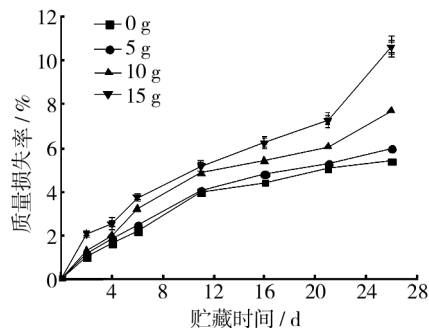


图3 不同吸湿剂用量对香菇质量损失率的影响

Fig. 3 Effect of different moisture absorbers concentration on the weight loss of mushroom

藏时间延长呈增长趋势。其中吸湿剂为10 g和15 g处理组的香菇质量损失率均较高,从第5天开始明显大于0 g对照组($P<0.05$)。而吸湿剂为5 g的处理组香菇在贮藏期间质量损失率较低,且与对照组无显著差异($P>0.05$)。Mahajan等人^[12]指出,湿度对食用菌的蒸腾速率有显著的影响,环境湿度从76%增加到96%,食用菌蒸腾速率下降87%。吸湿剂的使用导致包装内相对湿度降低,香菇蒸腾速率加大,质量损失率增加。

2.2.2 对香菇呼吸强度的影响

呼吸强度反映果蔬生理代谢活性,呼吸强度越高,营养物质消耗越快,贮藏时间越短。不同吸湿剂

用量对香菇呼吸强度的影响见图 4。香菇属于呼吸

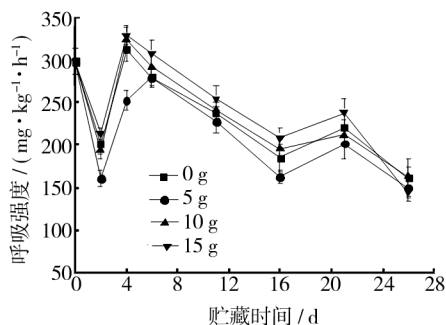


图 4 不同吸湿剂用量对香菇呼吸强度的影响

Fig. 4 Effect of moisture absorbers concentration on the respiration rate of mushroom

跃变型,有明显的呼吸高峰,采摘时由于机械损伤,使香菇子实体在采摘当天出现了呼吸峰,在经低温贮藏后呼吸强度下降,但是 2 天后各组的呼吸强度均开始增加,随后达到一个呼吸高峰。由图 4 可知,对照组和吸湿剂用量为 10, 15 g 的处理组在贮藏第 4 天出现呼吸峰值。而 5 g 吸湿剂处理使香菇的呼吸高峰推迟到第 6 天,且前 21 天其呼吸强度均低于其他各组同期值。

2.2.3 对香菇子实体可溶性固形物含量的影响

不同用量吸湿剂对香菇可溶性固形物含量的影响见图 5。新鲜香菇贮藏前 2 天可溶性固形物含量呈

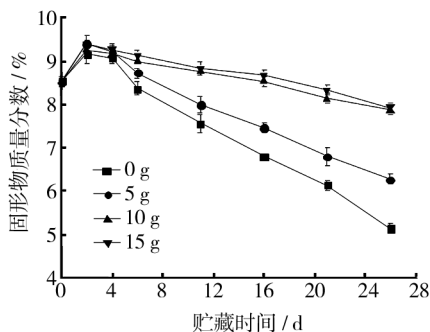


图 5 不同吸湿剂用量对香菇可溶性固形物含量的影响

Fig. 5 Effect of moisture absorbers concentration on the soluble solids contents of mushroom

增加趋势,这是因为食用菌从刚采摘到短时间贮藏还处于成熟阶段,同时这一阶段失水较快,干物质质量分数增加,故而可溶性固形物质量分数即可溶固形物含量稍有升高。刘战丽等人^[19]也报道指出食用菌在贮藏过程中因失水致使可溶性固形物含量相对提高,但随着贮藏时间增加,食用菌由于异化作用,其固形

物含量逐渐降低。由图 5 可知,吸湿剂的使用延缓了香菇可溶性固形物含量的下降。5 g 吸湿剂处理组从第 16 天开始固形物含量明显高于对照组($P < 0.05$)。而吸湿剂用量为 10 g 和 15 g 两个处理组在贮藏期间一直维持较高的固形物水平,从第 11 天开始固形物含量要明显高于其他两组($P < 0.05$),在贮藏末期固形物含量仍接近 8% 左右,而对照组此时已下降到 5% 左右水平,这可能是由于吸湿剂用量为 10 g 和 15 g 的处理组失水较多,特别是 15 g 处理组的香菇出现了严重的萎焉,干物质质量分数增加,故这两组固形物含量偏高。

2.2.4 对香菇硬度的影响

硬度是香菇的重要品质指标之一,香菇的成熟及细胞结构紧密度的下降,导致了香菇组织疏松软化,表现为硬度值的下降^[16],见图 6。由图 6 知,香菇在

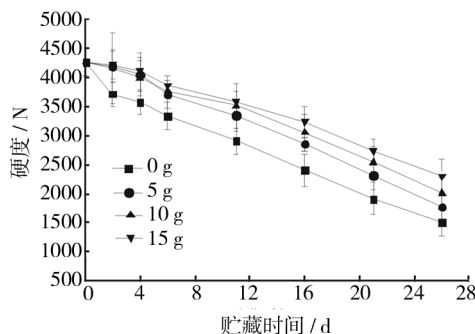


图 6 不同吸湿剂用量对香菇硬度的影响

Fig. 6 Effect of moisture absorbers concentration on the hardness of mushroom

整个贮藏期间硬度值呈下降趋势,所有吸湿剂处理组的硬度均高于对照组。从第 5 天开始,随着吸湿剂用量增加,香菇硬度维持得更好($P > 0.05$),其中 15 g 吸湿剂处理组的香菇在贮藏期间其硬度值明显高于对照组($P < 0.05$)。但是 15 g 吸湿剂处理组的香菇质量损失率最大,香菇的失水使细胞内干物质浓缩,故造成硬度值偏高。Antmann 等人^[1]报道微孔薄膜包装的香菇虽然质量损失率最大,但其硬度值最大,感官品质得到最长时间的维持,认为香菇的失水导致子实体细胞内可利用水下降,从而使香菇组织劣变的进程得到延缓。

2.2.5 对香菇褐变的影响

香菇子实体的褐变表现为 L^* 值的下降,见图 7。由图 7 可知,吸湿剂为 5, 10 g 两个处理组在整个贮藏期间其白度值大于对照组,其中吸湿剂用量为 5 g 的

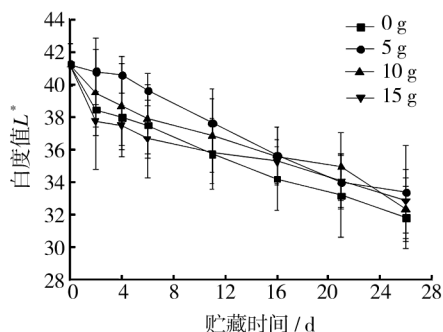


图7 不同吸湿剂用量对香菇褐变的影响

Fig. 7 Effect of moisture absorbers concentration on the whiteness of mushroom

处理组在前 11 天其白度值最大,高于其他各处理组同期值($P>0.05$)。而 15 g 用量的处理组前期白度值最低,但贮藏 16 天后其白度值大于对照组($P>0.05$),这可能是因为 15 g 处理组质量损失率最大,过度失水使细胞膜通透性变大,胞内物质外渗,酶和底物接触的几率增加,酶催化底物产生黑色素,褐变反应加剧。而后期对照组香菇由于组织软化,香菇细胞组织的破坏同样导致酶和底物接触发生酶促褐变。

3 结论

对 5 种单一吸湿剂(CaCl_2 、山梨醇、硅胶、皂土、活性炭)在 5℃,相对湿度为 96% 环境下进行选择实验,将吸湿能力较高的山梨醇分别与硅胶或皂土进行复合,得出较好的复合吸湿剂配比方式为 $w_{\text{皂土}} : w_{\text{山梨醇}} = 3 : 1$ 。将选出的复合吸湿剂以不同的用量应用到香菇的高氧气调(80% O_2 /20% CO_2)包装中。实验表明,吸湿剂的使用增加了香菇质量损失率,且质量损失率随吸湿剂用量的增加而增大,但吸湿剂有效延缓了香菇贮藏期间可溶性固形物含量及硬度值的下降。5 g 复合吸湿剂处理降低了香菇的呼吸强度并明显推迟其呼吸高峰。此外,5 g 和 10 g 复合吸湿剂处理均延缓了香菇贮藏期间白度值的下降。

参考文献:

[1] ANTMANN G, ARES G, LEMA P, et al. Influence of Modified Atmosphere Packaging on Sensory Quality of Shiitake Mushrooms[J]. Postharvest Biology and Technology, 2008, 49(1):164-170.

[2] 周晓庆,胡蓉,邹凯,等. MAP 技术在新鲜食用菌包装保

鲜中的研究进展[J]. 包装工程, 2010, 31(15):117-121.

ZHOU Xiao-qing, HU Rong, ZOU Kai, et al. Research Progress of MAP Technology on Fresh-keeping Packaging of Fresh Edible Fungi[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(15):117-121.

[3] ARES G, PARENTELLI C, GOMBARO A, et al. Sensory Shelf Life of Shiitake Mushrooms Stored under Passive Modified Atmosphere[J]. Postharvest Biology and Technology, 2006, 41(2):191-197.

[4] 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.

DU Chuan-lai, YU Zhi-fang, HAN Ling-ling. Effect of Fresh-keeping Modified Atmosphere Packaging on Storage Effect of Agaricus Bisporu[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(23):17-21.

[5] ARES G, LAREO C, LEMA P. Modified Atmosphere Packaging for Postharvest Storage of Mushrooms, A Review[J]. Invited Review, 2007, 1(1):32-40.

[6] PARENTELLI C, ARES G, CORONA M, et al. Sensory and Microbiological Quality of Shiitake Mushrooms in Modified-atmosphere Packages[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2007, 87(9):1645-1652.

[7] VAROQUAUX P, GOUBLE B, BARRON C, et al. Respiratory Parameters and Sugar Catabolism of Mushroom (Agaricus Bisporus Lange)[J]. Postharvest Biology and Technology, 1999, 16(1):51-61.

[8] 李铁华. 硅窗气调包装延长茶树菇贮藏期的工艺及机理研究[D]. 无锡:江南大学, 2007.

LI Tie-hua. Studies on the Technology and Mechanism of Extending the Shelf-life of Agrocybe Chaxingu by Using MAP with Silicon Gum Film Window[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2007.

[9] TAO F, ZHANG M, HANGQING Y, et al. Effects of Different Storage Conditions on Chemical and Physical Properties of White Mushrooms after Vacuum Cooling[J]. Journal of Food Engineering, 2006, 77(3):545-549.

[10] VILLAESCUSA R, GIL M I. Quality Improvement of Pleurotus Mushrooms by Modified Atmosphere Packaging and Moisture Absorbers[J]. Postharvest Biology and Technology, 2003, 28(1):169-179.

[11] JACXSENS L, DEVLIEGHERE F, VAN DER STEEN C, et al. Effect of High Oxygen Modified Atmosphere Packaging on Microbial Growth and Sensorial Qualities of Fresh-cut Produce[J]. International Journal of Food Microbiology, 2001, 71(2-3):197-210.

[12] MAHAJAN P, OLIVEIRA F, MACEDO I. Effect of Temper-

- ature and Humidity on the Transpiration Rate of the Whole Mushrooms[J]. Journal of Food Engineering, 2008, 84(2): 281-288.
- [13] CLIFFE-BYRNES V, O'BEIRNE D. Effects of Gas Atmosphere and Temperature on the Respiration Rates of Whole and Sliced Mushrooms (*Agaricus Bisporus*) Implications for Film Permeability in Modified Atmosphere Packages[J]. Journal of Food Science, 2007, 72(4): E197-E204.
- [14] MAHAJAN P V, RODRIGUES F A S, MOTEL A, et al. Development of a Moisture Absorber for Packaging of Fresh Mushrooms (*Agaricus Bisporus*) [J]. Postharvest Biology and Technology, 2008, 48(3): 408-414.
- [15] 肖功年, 张敏心, 汤坚. 气调包装条件下草莓、平菇呼吸特性变化规律[J]. 无锡轻工大学学报(食品与生物技术), 2003, 22(5): 26-29.
- XIAO Gong-nian, ZHANG Min-xin, TANG Jian. Respiration Characteristics Research of Strawberry (*Fragaria ananassa* Duch) and Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) under Modified Atmosphere Packaging[J]. Journal of Wuxi University of Light Industry, 2003, 22(5): 26-29.
- [16] GUILLAUME C, SCHWAB I, GASTALDI E, et al. Biobased Packaging for Improving Preservation of Fresh Common Mushrooms (*Agaricus Bisporus* L.) [J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2010, 11(4): 690-696.
- [17] GONZ LEZ-FANDOS E, JIM NEZ A S, PARDO V T. Quality and Shelf Life of Packaged Fresh Sliced Mushrooms Stored at Two Different Temperatures[J]. Agricultural and Food Science, 2006, 15(4): 414-422.
- [18] SONG Y, LEE D S U N, YAM K I T L. Predicting Relative Humidity in Modified Atmosphere Packaging System Containing Blueberry and Moisture Absorbent[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2001, 25(1): 49-70.
- [19] 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): 362-366.
- LIU Zhan-li, WANG Xiang-you, ZHU Ji-ying, et al. Effects of High Oxygen Atmosphere on Quality and Resistant Substance of Mushroom[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(5): 362-366.

(上接第13页)

- LU Chun-ming. The Study on the Zanthoxylum Bungeagum Oil's Extraction and Identity and on the Oil's Toxic Action of *Tribolium Confusum* [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 1995, 10(2): 15-21.
- [5] 刘佳云, 姜永嘉. 花椒挥发油组分的分离鉴定包括对赤拟谷盗毒力测定的研究[J]. 郑州粮食学院学报, 1994, 15(3): 1-13.
- LIU Jia-yun, JIANG Yong-jia. The Toxicity of the Isolated and Identified Complex of the Gredients of Volatile Oil of *Tribolium Confusum* [J]. Journal of Zhengzhou Grain College, 1994, 15(3): 1-13.
- [6] 谷艳芳, 芒谢贞. 几种植物性物质对赤拟谷盗的驱避作用[J]. 河南农业大学学报, 1997, 31(3): 277-279.
- GU Yan-fang, MANG Xie-zhen. The Repellencies of Six Plant Substances to Adult *Tribolium Custaneum* (Herbst) [J]. Journal Henan Agricultural University, 1997, 31(3): 277-279.
- [7] 庄世宏. 花椒精油提取及其生物活性测定研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2002.
- ZHUANG Shi-hong. The Study on the Extraction and Biological Activity of Zanthoxylum Oil [D]. Yangling: Northwest Agriculture and Forestry University of Science and Technology, 2002.
- [8] 聂霄艳. 花椒提取物对玉米象和赤拟谷盗的控制作用研究[D]. 重庆: 西南大学, 2007.
- NIE Xiao-yan. Studies on the Controlling Activities of Prickly Ash Extracts Against *Sitophilus Zeamais* Motschulsky and *Tribolium Castaneum* Herbst [D]. Chongqing: Southwest University, 2007.
- [9] SAHAF Bibi Zahra. Fumigant Toxicity of Essential Oil from *Vitex Pseudo-negundo* Against *Tribolium Castaneum* (Herbst) and *Sitophilus Oryzae* (L.) [J]. Journal of Asia-Pacific Entomology, 2008, 11(4): 175-179.
- [10] 唐培安. 甲酸乙酯对储粮害虫的熏蒸活性及作用机理研究[D]. 重庆: 西南大学, 2006.
- TANG Pei-an. Studies on the Fumigation Activities and Mechanisms of Ethyl Formate to Several Stored Grain Insect Pests [D]. Chongqing: Southwest University, 2006.
- [11] 张宗炳. 杀虫药剂毒力测定的统计分析[J]. 植物保护, 1964(3): 125-130.
- ZHANG Zong-bing. Statistical Analysis of the Insecticide Toxicity Determination [J]. Plant Protection, 1964(3): 125-130.