

## 预冷对减压罐包装生鲜香菇品质的影响

冯丽萍, 付海姣, 赵春霞, 张敏

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

**摘要:** **目的** 探讨常温时在大气压力为(55±5) kPa 的条件下, 预冷对生鲜香菇贮藏品质的影响。 **方法** 香菇经预冷与非预冷处理后, 采用减压罐包装, 每 2 d 进行换气处理, 评定其呼吸强度、失重率、可溶性固形物、硬度、相对电导率和感官品质等指标。 **结果** 预冷处理能显著提高香菇的整体感官品质, 降低减压贮藏前、中期香菇的呼吸强度( $P<0.05$ ), 延缓减压贮藏期间香菇失重率的上升, 并能显著降低贮藏中期香菇的失重率( $P<0.05$ ), 显著延缓减压贮藏过程中香菇硬度的下降( $P<0.05$ ), 显著抑制减压贮藏初期香菇相对电导率的上升( $P<0.05$ ), 但预冷处理对减压贮藏期间香菇可溶性固形物含量的影响不显著( $P>0.05$ )。 **结论** 预冷可以延长减压罐中贮藏生鲜香菇的保质期。

**关键词:** 香菇; 减压罐包装; 贮藏; 预冷

中图分类号: TS206.6 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2014)11-0042-06

## Effect of Pre-cooling on Quality of Fresh Shiitake Mushrooms during Vacuum Tank Packaging Storage

FENG Li-ping, FU Hai-jiao, ZHAO Chun-xia, ZHANG Min

(Chongqing Engineering Research Center for Special Foods, Laboratory of Quality & Safety Risk Assessment for Argo-products on Storage and Preservation (Chongqing), College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China)

**ABSTRACT: Objective** To investigate the effect of pre-cooling on the quality of fresh shiitake mushrooms under (55±5) kPa hypobaric pressure condition at 20 °C. **Methods** After pre-cooling and non-precooling respectively, the shiitake mushrooms packaged in vacuum tank were treated with ventilating every other day. Respiratory intensity, weight loss rate, soluble solids content, firmness, relative conductivity and sensory index were determined every two days. **Results** The results showed that pre-cooling treatment could significantly improve the overall sensory qualities of fresh shiitake mushrooms, significantly reduce the respiration intensity during the hypobaric storage prophase and metaphase stages ( $P<0.05$ ), retard the increase of weight loss rate, significantly reduce the weight loss rate of hypobaric storage medium stage ( $P<0.05$ ), significantly delay the decrease of firmness value ( $P<0.05$ ), and also significantly inhibit the increase of relative conductivity of shiitake mushrooms in the early storage ( $P<0.05$ ). However, pre-cooling treatment didn't significantly affect the soluble solids content of shiitake mushrooms during hypobaric storage ( $P>0.05$ ). **Conclusion** Pre-cooling could extend the shelf life of fresh shiitake mushrooms during vacuum tank packaging storage.

**KEY WORDS:** shiitake mushrooms; vacuum tank packaging; storage; pre-cooling

收稿日期: 2014-01-15

基金项目: 重庆市科技攻关应用技术研发类重点项目(cstc2012gg-yyjsB80003); 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(XDJK2013C130)

作者简介: 冯丽萍(1991—), 女, 四川人, 西南大学硕士生, 主攻食品包装与市场营销。

通讯作者: 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。

香菇素有“蘑菇皇后”“菇中之王”的美誉,富含蛋白质、氨基酸、多种维生素和具有免疫调节作用的香菇多糖<sup>[1-2]</sup>。近十年来,全世界新鲜菇类的产量及消费量迅速增加。由于新鲜香菇水分含量较高,组织柔软细嫩,生理代谢旺盛,采摘后因迅速失水而干枯、皱缩,褐变现象严重,易滋生微生物,室温贮藏1~3 d就会出现变色、质地变软、衰老等现象,很快就失去商品价值<sup>[3-7]</sup>,严重影响了其商品质量和货架寿命,给生产、贮运及消费造成很大损失<sup>[8-9]</sup>,因此对香菇贮藏保鲜的研究具有重要的经济价值和实际生产意义<sup>[10]</sup>。目前,香菇的保鲜方法主要有低温冷藏、气调保鲜、辐照保鲜、试剂保鲜和涂膜保鲜等<sup>[11-15]</sup>。

减压贮藏保鲜是近几年发展起来的一种新型贮藏保鲜技术。王莉等人认为减压贮藏就是创造一个低氧环境,从而达到类似气调贮藏的作用<sup>[16]</sup>。与常规贮藏技术相比,减压可迅速去除果实携带的田间热,降低贮藏环境中的氧气浓度,清除有害气体<sup>[17]</sup>,显著抑制果实成熟衰老,从而较好地保持果实的食用品质<sup>[18]</sup>。

“预冷”概念是由Powell及其合作者在1904年提出的<sup>[19]</sup>,预冷使果蔬蓄存的田间热得以尽快去除,在整个果蔬保鲜冷藏中起着极为重要的作用。新鲜蔬菜采收后,其呼吸作用、蒸发作用及其他许多生理变化通常会加速产品老化、萎凋及黄化<sup>[20]</sup>,而低温可抑制产品劣变的生理变化,减缓病原菌滋生<sup>[21]</sup>。预冷能够降低香菇表面和中心的温度,低温能够抑制与呼吸作用有关的酶的活性,从而降低香菇的呼吸强度<sup>[22]</sup>,延长保质期。该实验利用减压罐贮藏的方法延长香菇保鲜期,同时在每2 d换气的基础上研究预冷前处理对减压贮藏香菇品质的影响。

## 1 实验

### 1.1 材料

实验材料:鲜香菇,市购,大小、成熟度一致,无病虫害,无机械损伤。

实验试剂:草酸、氢氧化钠、氯化钡、无水乙醇、酚酞指示剂,均为分析纯。

### 1.2 仪器与设备

实验仪器与设备:VCR-30减压罐(容量为3000

mL),美国卓朗电器集团有限公司;YTBF-60压力表,南京百坊仪表有限公司;W2-113手持式折光仪,北京万成北增精密仪器有限公司;DDS-308+电导率仪,成都世纪方舟科技有限公司;TA.XT2i物性测定仪,英国Stable Micro System公司。

### 1.3 方法

将香菇分成2组,预冷组(将香菇置于温度为4℃的冰箱中预冷3 h)和对照组(将香菇置于温度为20℃,相对湿度为80%的环境中3 h)。然后将各组香菇分别装入体积相同的减压罐中,设置其大气压力为(55±5) kPa,温度为20℃,相对湿度为80%。每组均设置3个重复实验,每12 h调整一次压力值,每2 d换气,抽样进行测定。

### 1.4 检测方法

#### 1.4.1 感官评价

由食品科学学院农产品加工及贮藏工程专业6名学生与导师组成评定小组,感官评分标准参照周兵等人<sup>[23]</sup>的方法并加以修改,对香菇的色泽、质地、气味等指标进行感官评价,具体评分标准见表1。

表1 香菇感官评价标准

Tab.1 Sensory evaluation standard of shiitake mushrooms

分值	评价内容
4	菌盖新鲜,呈黄褐色,菌褶白色,香菇菌盖弹性好,气味正常,有香菇味
3	颜色正常,轻度褐变,菌盖弹性较好,个别香菇起皱,无气味
2	中度褐变,菌褶颜色变暗发软,开始有软化的症状,微有异味
1	严重褐变,局部腐烂变软,香菇表面有水渍,有强烈异味

#### 1.4.2 呼吸强度的测定<sup>[24]</sup>

采用静置法测定,呼吸强度以每小时每千克香菇释放的CO<sub>2</sub>的质量来表示,单位为mg/(kg·h)。

#### 1.4.3 失重率的测定<sup>[25]</sup>

用香菇的原始质量减去贮藏后每组称得的质量,所得差值与香菇原始质量相除,即为失重率。失重率D的计算公式为:

$$D = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\% \quad (1)$$

式中: $m_1$ 为香菇样品的原始质量,g; $m_2$ 为贮藏后香菇样品的质量,g。

#### 1.4.4 可溶性固形物的测定<sup>[26]</sup>

可溶性固形物含量以质量分数表示,重复测定4次,计算平均值和标准偏差。

#### 1.4.5 硬度的测定<sup>[27]</sup>

香菇硬度采用TA.XT2i型物性测定仪,对子实体进行穿刺试验,以其物性曲线的第1个最高峰值表示,重复测定5次,计算平均值和标准偏差。

另外,细胞膜透性的测定,参考蒋冬花等人<sup>[28]</sup>的方法并加以修改。

## 2 结果与分析

### 2.1 预冷处理对减压罐包装香菇呼吸强度的影响

预冷处理对减压罐包装香菇呼吸强度的影响见图1。由图1可知,对照组香菇的呼吸强度在整个减压贮藏期间呈先上升后下降的趋势,而预冷组香菇的呼吸强度一直在降低。贮藏期第2天,对照组香菇的呼吸强度升高,并达到呼吸高峰,这是由于香菇在贮藏期间散发呼吸热,使得贮藏环境温度升高,从而导致香菇呼吸作用加强。预冷组的呼吸强度显著低于对照组的( $P < 0.05$ ),这是由于经预冷处理的香菇,菇内外温度较低,导致香菇的呼吸作用降低。贮藏期第4天,对照组、预冷组的呼吸强度开始下降,预冷组呼吸强度仍低于对照组,但差异不显著( $P > 0.05$ )。贮藏期第6天、第8天,2组香菇的呼吸强度继续降低,且预冷组极显著低于对照组( $P < 0.01$ )。减压贮藏期第10天,预冷组与对照组的呼吸强度分别降到 $336.6 \text{ mg}/(\text{kg} \cdot \text{h})$ 和 $333.9 \text{ mg}/(\text{kg} \cdot \text{h})$ ,但差异不显著

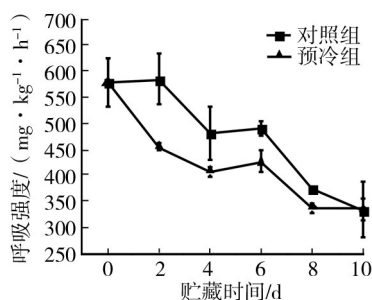


图1 预冷处理对减压罐包装香菇呼吸强度的影响

Fig.1 Effects of pre-cooling treatment on the respiration intensity of shiitake mushrooms during vacuum tank packaging storage

( $P > 0.05$ )。结果表明,预冷处理能够降低其呼吸强度,并使其一直处于较低水平,在贮藏前、中期差异显著( $P < 0.05$ )。

### 2.2 预冷处理对减压罐包装香菇失重率的影响

预冷处理对减压罐包装香菇失重率的影响见图2。由图2可知,在减压贮藏期间,香菇的失重率随着时间的延长而增加。减压贮藏期第2天,对照组香菇的失重率较低,但2组间差异不显著( $P > 0.05$ )。减压贮藏期第4天,对照组香菇失重率增加,而预冷组香菇的失重率则下降,对照组显著高于预冷组( $P < 0.05$ )。对照组香菇失重率增加是因为对照组香菇在贮藏期第4天时其呼吸强度较高(见图1),导致有机物消耗较多,降低了香菇的质量。预冷组香菇的失重率低于对照组的,且第2天的失重率比第4天的低,其原因是预冷组的呼吸强度较低,且香菇发生反吸水现象,最终导致失重率的降低。减压贮藏后期,2组香菇的失重率差异不显著( $P > 0.05$ )。结果表明,预冷处理能够延缓减压贮藏期间香菇失重率的上升,但对香菇失重率的影响不显著( $P < 0.05$ )。

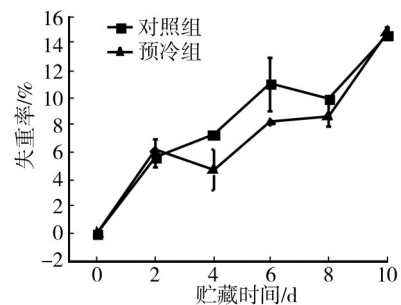


图2 预冷处理对减压罐包装香菇失重率的影响

Fig. 2 Effects of pre-cooling treatment on the weight loss rate of shiitake mushrooms during vacuum tank packaging storage

### 2.3 预冷处理对减压罐包装香菇可溶性固形物的影响

预冷处理对减压罐包装香菇可溶性固形物含量的影响见图3。由图3可知,贮藏前期,2组香菇的可溶性固形物含量均呈下降趋势,其原因是香菇进行呼吸作用消耗了可溶性糖类有机物,导致可溶性固形物含量降低。贮藏期第6天,对照组香菇可溶性固形物含量下降,而预冷组香菇的可溶性固形物含量有所上升,但2组间差异不显著( $P > 0.05$ )。贮藏期第8天,由于呼吸作用,2组香菇可溶性固形物



含量降低。贮藏期第10天,预冷组香菇可溶性含量显著增加( $P<0.05$ )。在贮藏后期,对照组与预冷组间的可溶性固形物含量差异不显著( $P>0.05$ )。结果表明,预冷组香菇的可溶性固形物含量一直处于较低水平,除了在贮藏期第4天时预冷组香菇的可溶性固形物含量显著低于对照组( $P>0.05$ ),其他贮藏阶段,预冷处理对香菇可溶性固形物含量的影响不显著( $P<0.05$ )。

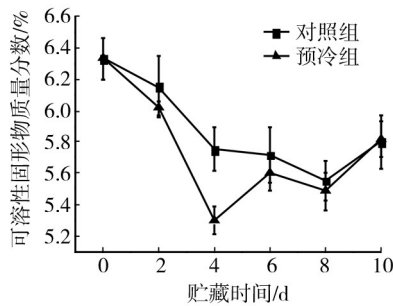


图3 预冷处理对减压罐包装香菇可溶性固形物含量的影响

Fig.3 Effects of pre-cooling treatment on the soluble solids content of shiitake mushrooms during vacuum tank packaging storage

## 2.4 预冷处理对减压罐包装香菇硬度的影响

呼吸作用引起的蛋白质以及多糖类的降解、香菇的菌丝皱缩、中央液泡的萎缩断裂,以及香菇表面和内部间隙扩张等现象,都会导致硬度下降。另外,细胞壁内几丁质的合成、细菌酶造成的细胞壁降解,以及内源自溶素活性的增强也会引起香菇硬度下降<sup>[29]</sup>。预冷处理对减压罐包装香菇硬度的影响见图4,由图4可知,相对于初始硬度,对照组香菇的硬度值在贮藏期第6天就开始显著降低( $P<0.05$ ),下降率为23.00%。贮藏期第8天,对照组香菇的硬度值已开始极显著下降( $P<0.01$ )。减压贮藏期第10天,对照组香菇硬度值下降了33.21%( $P<0.01$ )。预冷组香菇的硬度在贮藏期前8天都没有显著性降低,与初始值差异不显著( $P>0.05$ ),到贮藏期第10天,预冷组香菇的硬度下降了19.62%,极显著低于对照组( $P<0.01$ )。在贮藏期间,预冷组香菇的硬度一直高于对照组的,其原因可能是预冷组香菇的呼吸强度一直低于对照组(见图1),导致有机物降解较少,从而维持了较高的硬度水平。由此可知,在整个减压贮藏期间,对照组与预冷组香菇的硬度都处于下降趋势,预冷处理

能够显著延缓减压贮藏过程中香菇硬度的下降( $P<0.05$ ),并且在减压贮藏过程中预冷组香菇的硬度一直处于较高水平。

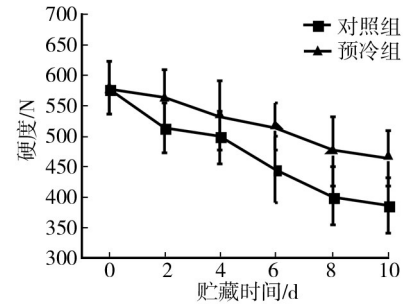


图4 预冷处理对减压罐包装香菇硬度的影响

Fig. 4 Effects of pre-cooling treatment on the firmness of shiitake mushrooms during vacuum tank packaging storage

## 2.5 预冷处理对减压罐包装香菇相对电导率的影响

对照组和预冷组香菇的相对电导率均呈先下降后上升的趋势,见图5。由图5可知,贮藏期第2天,预冷组香菇的相对电导率极显著低于对照组( $P<0.01$ )。贮藏期第4天,香菇的相对电导率值开始增加,但预冷组香菇相对电导率仍显著低于对照组( $P<0.05$ )。贮藏期第6天,对照组香菇的相对电导率虽高于预冷组,但2组间差异不显著( $P>0.05$ )。贮藏期第8天,预冷组香菇的相对电导率增加,并高于对照组,但2组间差异不显著( $P>0.05$ )。贮藏期第10天,对照组和预冷组香菇的相对电导率分别为30.34%和31.62%,预冷组相对电导率较高,但差异不显著( $P>0.05$ )。结果表明,减压贮藏使香菇的相对电导率值先下降后上升,预冷处理能够显著抑制减压贮藏初期香菇相对电导率的上

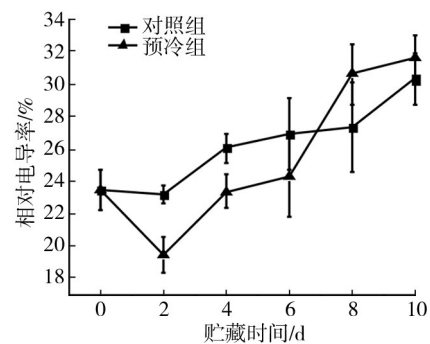


图5 预冷处理对减压罐包装香菇相对电导率的影响

Fig. 5 Effects of pre-cooling treatment on the relative conductivity of shiitake mushrooms during vacuum tank packaging storage

升( $P<0.05$ ),但在减压贮藏后期,预冷处理对减压罐包装香菇相对电导率的影响不显著( $P>0.05$ )。

## 2.6 预冷处理对减压罐包装香菇感官品质的影响

预冷处理对减压罐包装香菇色泽、质地、异味和整体感官品质的影响见表2。由表2知,色泽方面,预冷能够延缓香菇的褐变、保持香菇的色泽;质地方面,预冷组对香菇的质地影响较好,能维持香菇表面弹性、延缓香菇软化;气味方面,预冷组能够延缓香菇异味的出现,这可能是由于预冷处理降低了香菇的呼吸强度,导致香菇无氧呼吸延迟发生;整体感官品质方面,预冷组能够提高香菇的整体感官品质。

表2 预冷对减压罐包装香菇感官品质的影响

Tab.2 Effects of pre-cooling treatment on the sensory evaluation of shiitake mushrooms during vacuum tank packaging storage

贮藏时间/d		0	2	4	6	8	10
色泽	对照组	4	4	4	4	3	3
	预冷组	4	4	4	4	4	4
质地	对照组	4	4	3	2	2	1
	预冷组	4	4	4	4	3	3
气味	对照组	4	4	4	3	3	2
	预冷组	4	4	4	3	2	1
整体品质	对照组	12	12	11	9	8	6
	预冷组	12	12	12	11	9	8

## 3 结语

实验是在每2天换气处理的基础上,研究预冷处理对在(50±5) kPa压力下减压罐中贮藏香菇的呼吸强度、可溶性固形物含量、失重率、硬度、相对电导率和感官品质方面的影响。研究表明,在整个减压贮藏过程中,经过预冷处理的香菇其色泽、质地、气味和整体感官品质都保持在较高水平。预冷处理能降低减压贮藏期间香菇的呼吸强度,并使其一直处于较低水平,在贮藏前中期差异显著( $P<0.05$ )。预冷处理能够延缓减压贮藏期间香菇失重率的上升,但对香菇失重率的影响不显著( $P<0.05$ )。预冷处理过的香菇可溶性固形物含量较低,预冷处理能够显著延缓减压贮藏过程中香菇硬度的下降( $P<0.05$ ),并

能使香菇的硬度一直处于较高水平。预冷处理还能显著抑制减压贮藏初期香菇相对电导率的上升( $P<0.05$ ),但对减压贮藏后期香菇相对电导率的影响不显著( $P>0.05$ )。

## 参考文献:

- [1] 王贺祥. 食用菌学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2004.  
WANG He-xiang. The Science of Edible Fungi[M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2004.
- [2] 刘燕, 卢立新. 香菇气调保鲜包装工艺研究[J]. 食品与发酵工业, 2007, 33(11): 155—157.  
LIU Yan, LU Li-xin. Research on the Modified Atmosphere Packaging Technology of Lentinus Edoes[J]. Food and Fermentation Industries, 2007, 33(11): 155—158.
- [3] ROY S, ANANTHESWARAN R, BEELMAN R. Fresh Mushroom Quality as Affected by Modified Atmosphere Packaging [J]. Journal of Food Science, 1995, 60(2): 334—340.
- [4] MARTIN S T, BEELMAN R B. Growth and Enterotoxin Production of Staphylococcus Aureus in Fresh Packaged Mushrooms (Agaricus Bisporus) [J]. Journal of Food Protection, 1996, 59(8): 819—826.
- [5] SIM N A, GONZ LEZ-FANDOS E, TOBAR V. The Sensory and Microbiological Quality of Fresh Sliced Mushroom (Agaricus Bisporus L) Packaged in Modified Atmospheres[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2005, 40(9): 943—952.
- [6] FERNANDES, ANTONIO A L, OLIVEIRA M, et al. Effect of Gamma and Electron Beam Irradiation on the Physico-chemical and Nutritional Properties of Mushrooms: A Review[J]. Food Chemistry, 2012, 135(2): 641—650.
- [7] BEAULIEU M, D' APRANO G, LACROIX M. Effect of Dose Rate of Gamma Irradiation on Biochemical Quality and Browning of Mushrooms Agaricus Bisporus[J]. Radiation Physics and Chemistry, 2002, 63(3): 311—315.
- [8] 冯建华, 徐新明, 李继兰, 等. 香菇采后预处理及气调保鲜技术研究[J]. 中国食用菌, 2010, 29(2): 51—53.  
FENG Jian-hua, XU Xin-ming, LI Ji-lan, et al. Research on the Pretreatment and CA Technology of Lentinus Edodes[J]. Edible Fungi of China, 2010, 29(2): 51—53.
- [9] AKRAM K, KWON J H. Food Irradiation for Mushrooms: A Review[J]. Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry, 2010, 53(3): 257—265.
- [10] 刘开华, 邢淑娟. 壳聚糖中添加茶多酚对香菇贮藏品质的影响[J]. 食用菌学报, 2012, 19(3): 54—58.

- LIU Kai-hua, XING Shu-jie. Effect of Tea Polyphenols on the Storage Quality of *Lentinula Edodes*[J]. *Edible and Medicinal Mushroom*, 2012, 19(3):54—58.
- [11] 吴俊, 罗叶峰, 尤佳, 等. 气调包装对不同含水率食用菌货架期保鲜的影响[J]. *无锡轻工大学学报*, 2003, 22(6):35—38.
- WU Jun, LUO Ye-feng, YOU Jia, et al. The Effect of Mushroom on the Shelf Date with Different Water Content Rate [J]. *Journal of Wuxi University of Light Industry*, 2003, 22(6):35—38.
- [12] 张剑峰, 张懋, 陈黎明. 香菇的涂膜保鲜[J]. *无锡轻工大学学报*, 2004, 23(1):65—67.
- ZHANG Jian-feng, ZHANG Min, CHEN Li-ming. Study on Coating Preservation of *Lentinus Edodes*[J]. *Journal of Wuxi University of Light Industry*, 2004, 23(1):65—70.
- [13] 张丽, 王丽媛, 刘进杰, 等. 一种香菇复合保鲜剂的筛选[J]. *食品科学*, 2008, 29(8):628—632.
- ZHANG Li, WANG Li-yuan, LIU Jin-jie, et al. Screening of Optimal Complex Preservatives for *Lentinus Edodes*[J]. *Food Science*, 2008, 29(8):628—632.
- [14] TANO K, ARUL J, DOYON G, et al. Atmospheric Composition and Quality of Fresh Mushrooms in Modified Atmosphere Packages as Affected by Storage Temperature Abuse[J]. *Journal of Food Science*, 1999, 64(6):1073—1077.
- [15] AKRAM K, AHN J J, KIM G R, et al. Applicability of Different Analytical Methods for the Identification of  $\gamma$ -irradiated Fresh Mushrooms During Storage[J]. *Food Science and Biotechnology*, 2012, 21(2):573—579.
- [16] 王莉, 张平, 王世军. 果蔬减压保鲜理论与技术研究进展[J]. *保鲜与加工*, 2001, 1(5):3—6.
- WANG Li, ZHANG Ping, WANG Shi-jun. Advances in Research on Theory and Technology for Hypobaric Storage of Fruit and Vegetable[J]. *Storage and Process*, 2001, 1(5):3—6.
- [17] WANG L, ZHANG P, WANG S. Advances in Research on Theory and Technology for Hypobaric Storage of Fruit and Vegetable[J]. *Storage and Process*, 2001, 5:3—6.
- [18] 杨虎清, 吴峰华, 周存山, 等. “东魁”杨梅在减压贮藏过程中品质及相关酶活性的变化[J]. *中国食品学报*, 2010, 10(1):161—166.
- YANG Hu-qing, WU Feng-hua, ZHOU Cun-shan, et al. Changes of Quality and Some Enzyme Activities of 'Dongkui' Chinese Bayberry during Hypobaric Storage[J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2010, 10(1):161—166.
- [19] BROSANAN T, SUN D W. Precooling Techniques and Applications for Horticultural Products: A Review[J]. *International Journal of Refrigeration*, 2001, 24(2):154—170.
- [20] 申江, 刘洋, 邹同华, 等. 几种蔬菜真空预冷的对比实验研究[J]. *制冷学报*, 2005, 26(3):12—15.
- SHEN Jiang, LIU Yang, ZOU Tong-hua, et al. Comparative Experimental Study on Vacuum Pre-cooling for Several Vegetables[J]. *Journal of Refrigeration*, 2005, 26(3):12—15.
- [21] 刘洋, 申江, 邹同华. 预冷技术的发展及果蔬真空预冷的实验研究[C]//中国制冷学会第十七次团体会员大会暨第五届全国食品冷藏链大会论文集, 2004:174—180.
- LIU Yang, SHEN Jiang, ZOU Tong-hua. Development of Precooling Technology and Experimental Study on Vacuum Precooling for Vegetables[C]// *Proceedings of the China Refrigeration Institute Seventeenth Corporate Members' Conference and Fifth National Food Cold Chain Conference*, 2004:174—180.
- [22] 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.
- [23] 周兵, 励建荣, 黄建颖, 等. 壳聚糖衍生物对香菇生物涂膜保鲜的研究[J]. *食品与发酵工业*, 2011, 37(9):212—216.
- ZHOU Bing, LI Jian-rong, HUANG Jian-ying, et al. Effects of Chitosan Derivate Coating on the Postharvest *Lentinus Edodes*[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2011, 37(9):212—216.
- [24] 肖功年, 张懋, 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*, 2003, 22(5):25—33.
- XIAO Gong-nian, ZHANG Min, 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):25—33.
- [25] JIANG T, FENG L, WANG Y. Effect of Alginate/Nano-Ag Coating on Microbial and Physicochemical Characteristics of Shiitake Mushroom (*Lentinus Edodes*) during Cold Storage[J]. *Food Chemistry*, 2013, 141(2):954.
- [26] JIANG T J, FENG L F, LI J R. Changes in Microbial and Postharvest Quality of Shiitake Mushroom (*Lentinus Edodes*) Treated with Chitosan - glucose Complex Coating under Cold Storage[J]. *Food Chemistry*, 2012, 131(3):780—786.
- [27] YE J J, LI J R, HAN X X, et al. Effects of Active Modified Atmosphere Packaging on Postharvest Quality of Shiitake

- ment, 2008, 28: 2565—2573.
- [3] BASSILAKIS R, CARANGELO R M, WOJTOWICZ M A. TG-FTIR Analysis of Biomass Pyrolysis[J]. *Fuel*, 2001, 80(12): 1765—1786.
- [4] ZHU H M, YAN J H, JIANG X G, et al. Study on Pyrolysis of Typical Medical Waste Materials by Using TG-FTIR Analysis[J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2008, 153: 670—676.
- [5] 张琪. 光谱及热重分析法在PVC材料分析中的应用[J]. *塑料科技*, 2009, 35(9): 90—94.  
ZHANG Qi. The Utilization of Spectrum and TG Analyses In the PVC Material[J]. *Plastics Science and Technology*, 2009, 35(9): 90—94.
- [6] 谢兰桂, 汤龙, 孙会敏, 等. 再生塑料及其检测技术研究进展[J]. *药物分析杂志*, 2010, 30(10): 1985—1989.  
XIE Lan-gui, TANG Long, SUN Hui-min, et al. Review on Recycled Plastic and Its Detection Technologies[J]. *Chinese Journal of Pharmaceutical Analysis*, 2010, 30(10): 1985—1989.
- [7] 王美华, 丛林凤. 食品包装用聚乙烯树脂再生料鉴别技术研究[J]. *包装工程*, 2009, 30(4): 28—30.  
WANG Mei-hua, CONG Lin-feng. Identification Methods for the New and Recycled Polyethylene used as Food Packaging Materials[J]. *Packaging Engineering*, 2009, 30(4): 28—30.
- [8] 赵雪艳. 低密度聚乙烯再生料改性基础研究[D]. 绵阳: 西南科技大学, 2013.  
ZHAO Xue-yan. Modification Basic Research of Recycled Low Density Polyethylene[D]. Mianyang: Southwest University of Science and Technology, 2013.
- [9] 王正熙. 聚合物红外光谱分析与鉴定[M]. 成都: 四川大学出版社, 1989.  
WANG Zheng-xi. *Polymer Infrared Spectroscopy and Identification*[M]. Chengdu: Sichuan University Press, 1989.
- [10] 俞雄飞, 林振兴, 莫卫民. 傅里叶变换红外光谱法对聚氯乙烯及邻苯二甲酸酯类增塑剂的快速鉴定[J]. *理化检验(化学分册)*, 2007, 43(11): 970—972.  
YU Xiong-fei, LIN Zhen-xin, MO Wei-min. Rapid Characterization of Polyvinyl Chloride and Phthalate Plasticizers by Fourier Transform-infrared Spectrometry[J]. *Physical Testing and Chemical Analysis (Part B: Chemical Analysis)*, 2007, 43(11): 970—972.
- [11] MARCILLA A G, MENARGUES S. TG/FTIR Study of the Thermal Pyrolysis of EVA Copolymers[J]. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2005, 33(3): 379—384.
- [12] 王树荣, 刘倩, 郑赞, 等. 基于热重红外联用分析的生物质热裂解机理研究[J]. *工程热物理学报*, 2006, 27(2): 351—353.  
WANG Shu-rong, LIU Qian, ZHENG Yun, et al. Mechanism Study of Biomass Pyrolysis by Thermogravimetric Analysis with Coupled with Infrared Spectroscopy[J]. *Engineering Science*, 2006, 27(2): 351—353.
- [13] 邓娜, 张于峰, 牛宝联, 等. 医疗废物典型组分的热重分析及新的动力学模型[J]. *环境科学学报*, 2005, 25(11): 1484—1490.  
DENG Na, ZHANG Yu-feng, NIU Bao-lian, et al. Thermogravimetric Study and Kinetic Model on Pyrolysis of Medical Waste Compositions[J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2005, 25(11): 1484—1490.
- [14] 罗希韬, 王志奇, 武景丽, 等. 基于热重红外联用分析的PE, PS, PVC热解机理研究[J]. *燃料化学学报*, 2012, 40(9): 1148—1150.  
LUO Xi-tao, WANG Zhi-qi, WU Jing-li, et al. Study on the Pyrolysis Mechanism of Polyethylene, Polystyrene, and Polyvinyl Chloride by TGA-FTIR[J]. *Journal of Fuel Chemistry and Technology*, 2012, 40(9): 1148—1150.
- [15] ZHU H M, JIANG X G, YAN J H. TG-FTIR Analysis of PVC Thermal Degradation and HCl Removal[J]. *J Anal Appl Pyrolysis*, 2008, 82: 1—9.
- [16] 田建军, 姜恒, 苏婷婷, 等. 基于TGA-FTIR联用技术的EVA热解研究[J]. *分析测试学报*, 2003, 22(5): 100—102.  
TIAN Jian-jun, JIANG Heng, SU Ting-ting, et al. Study on the Thermal Decomposition of EVA Based on the TGA-FTIR[J]. *Journal of Instrumental Analysis*, 2003, 22(5): 100—102.

(上接第47页)

- Mushrooms (*Lentinula Edodes*) Stored at Cold Storage[J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2012, 11(3): 474—482.
- [28] 蒋冬花, 许朝渊, 张萍华, 等. 3种保鲜剂对香菇保鲜效果[J]. *食品科学*, 2004, 25(9): 194—197.  
JIANG Dong-hua, XU Chao-yuan, ZHANG Ping-hua, et al. Effects of Three Preservatives on Fruit of *Lentinus Edodes* for Fresh-keeping[J]. *Food Science*, 2004, 25(9): 194—197.
- [29] ZIVANOVIC S, BUSER R, KIM K. Textural Changes in Mushrooms (*Agaricus Bisporus*) Associated with Tissue Ultrastructure and Composition[J]. *Journal of Food Science*, 2000, 65(8): 1404—1408.