

# 不同压力条件对平菇减压贮藏效果的影响

王士奎, 牟其云, 李文香, 王丽娇, 张圣洁, 孙树杰

(青岛农业大学食品学院, 青岛市现代农业质量与安全工程重点实验室, 山东青岛 266109)

**摘要:** 为探讨不同压力条件对平菇减压贮藏效果的影响, 以 MAP 贮藏为对照, 分别探讨了 30~40 kPa、50~60 kPa、70~80 kPa 三种压力条件对平菇生理生化变化的影响。结果表明: 不同压力条件均可在不同程度上抑制平菇的呼吸强度, 减缓可溶性蛋白质的降解, 降低褐变度的升高及细胞膜相对电导率的增大, 而失重率与 CK 组差异不显著 ( $P>0.05$ )。其中, 在 50~60 kPa 压力条件下平菇的保鲜效果最佳, 显著优于 30~40 kPa 和 70~80 kPa 两种压力条件 ( $P<0.05$ ), 最佳压力条件下的失重率、褐变度等指标分别如何?。

**关键词:** 减压贮藏; 压力条件; 平菇

文章篇号: 1673-9078(2013)5-978-981

## Effect of Different Pressure on the Hypobaric Storage of *Pleurotus ostreatus*

WANG Shi-kui, MU Qi-yun, LI Wen-xiang, WANG Li-jiao, ZHANG Sheng-jie, SUN Shu-jie

(School of Food, Qingdao Agricultural University; Key Laboratory of Modern Agricultural Quality and Safety Engineering of Qingdao, Qingdao 266109, China)

**Abstract:** In order to study the effect of different pressure conditions on the hypobaric storage of *Pleurotus ostreatus*, the physiologic and biochemical changes of *Pleurotus ostreatus* under different pressure (30~40 kPa, 50~60 kPa and 70~80 kPa) were studied and compared with that under modified atmosphere packaging storage (MAP). The results showed that hypobaric conditions could inhibit the respiratory intensity, delay the decline of soluble protein content, reduce the rising of browning degree and the increasing of relative leakage rate effectively. And the weight loss showed little difference compared to the control group ( $P>0.05$ ). *Pleurotus ostreatus* had a better preservation performance under 50~60 kPa than those under 30~40 kPa and 70~80 kPa ( $P<0.05$ ).

**Key words:** hypobaric storage; pressure conditions; pleurotus ostreatus

平菇 (*Pleurotus ostreatus*), 富含蛋白质、必需氨基酸等多种营养物质, 是一种高营养、低热量的食用菌<sup>[1]</sup>。平菇适应性强, 属于大面积人工栽培食用菌之一<sup>[2]</sup>。采后平菇组织仍在进行活跃的代谢活动, 引发各种生理变化<sup>[3]</sup>。同时, 鲜菇含水量达 90% 以上, 常温下自然保鲜 2~3 d, 货架期非常短<sup>[4-5]</sup>。因此, 探讨平菇的贮藏保鲜技术, 对我国平菇产业的发展有重要意义。

有关平菇贮藏保鲜的研究集中在气调贮藏<sup>[6-8]</sup>、保鲜剂应用<sup>[9-11]</sup>、辐射贮藏<sup>[12]</sup>、涂膜保鲜<sup>[13]</sup>等方面的研究, 而对平菇减压贮藏方面的研究未见报道。减压贮藏是在低温的基础上将果蔬放置密闭容器内, 抽出部分空气以降低贮藏环境的真空压力, 并随着压力的调节定期补充新鲜高湿的空气, 维持容器内压力的动态平衡和一定湿度的贮藏方法<sup>[14]</sup>。关于减压贮藏在果蔬保鲜方面的应用, 国内外报道较多的有水蜜桃<sup>[15]</sup>、冬

枣<sup>[16]</sup>、绿芦笋<sup>[17]</sup>等, 均取得了较好的贮藏效果, 而在平菇保鲜中的应用尚未见报道。本实验利用“多罐体减压贮藏实验装置”, 通过不同压力条件对平菇贮藏效果的实验, 研究了适合平菇减压贮藏较佳的压力条件, 为改善平菇贮藏品质, 延缓其采后衰老, 推动减压贮藏技术在食用菌保鲜方面的应用提供必要的理论依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 材料与试剂

供试平菇: 清晨采摘于青岛夏庄平菇种植专业户菇房。挑选菇体完整、朵形一致、色泽正常、无病虫害的平菇子实体, 即运至青岛农业大学食品科学与工程学院教学实习基地处理, 清除菇体基部栽培基质, 并剪掉菇柄基部老化部分。

试剂: 氢氧化钠(分析纯), 莱阳康德化工有限公司; 氯化钡(分析纯), 天津市广成化学试剂有限公司; 草酸(分析纯), 天津市广成化学试剂有限公司; 考马斯亮蓝 G-250, 天津市巴斯夫化工有限公司; 牛血清蛋白质, 豪夫迈·罗氏有限公司。

收稿日期: 2013-01-13

基金项目: 山东省自然科学基金联合专项 (ZR2011CL009)

作者简介: 王士奎(1986-), 男, 在读硕士, 农产品加工及贮藏工程专业

通信作者: 李文香(1963-), 女, 博士, 教授, 研究方向为农产品贮藏加工

### 1.2 仪器与设备

多罐体减压贮藏实验装置, 青岛农业大学食品科学与工程学院研制; DEI-107 电脑控制柜, 淄博崇泰制冷设备有限公司; 754 紫外分光光度计, 上海光谱仪器有限公司; 冷冻离心机, 上海安亭科学仪器厂; 电子分析天平, 奥豪斯国际贸易(上海)有限公司; DDS-11C 电导仪, 上海精密科学仪器有限公司。

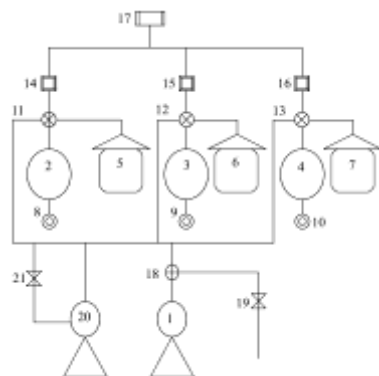


图1 多罐体减压贮藏装置结构简图

Fig.1 The simplified structure diagram of multi-tank hypobaric storage device

注: 1: 真空泵, 2、3、4: 真空压力控制表, 5、6、7: 真空贮藏罐, 8、9、10: 真空压力调节阀, 11、12、13: 真空压力控制阀, 14、15、16: 继电器, 17: 电源开关, 18: 空气过滤器, 19: 排水阀, 20: 压缩机, 21: 控制阀。

### 1.3 方法

将采收、整理好的平菇, 每 3 kg 为 1 个处理, 装入“多罐体减压贮藏实验装置”(其结构简图见图1)内, 分别调节不同罐体的贮藏压力为 30~40 kPa、50~60 kPa、70~80 kPa, 贮藏温度 3±0.5 °C, 以相同温度条件下气调贮藏 (MAP) 即按照每袋 300 g 将平菇放入规格为 350 mm×250 mm×0.02 mm 的 PE 保鲜袋, 折口处理作为对照实验 (CK), 实验重复 3 次。每隔 1 d 随机取样一次, 进行各项指标测定, 结果取其平均值。

### 1.4 测定方法

#### 1.4.1 失重率

采用重量法, 参考陶菲等<sup>[8]</sup>的方法。

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

注:  $M_0$  为样品原始重量;  $M_i$  为样品贮藏  $i$  天后的重量。

#### 1.4.2 呼吸强度

室温下采用静置法, 参考曹健康等<sup>[9]</sup>的方法。

#### 1.4.3 褐变度 (BD) 测定

根据段颖等<sup>[11]</sup>的方法, 将蒸馏水煮沸后冷却, 按 1g: 20 mL (样品: 蒸馏水) 研磨。5000×g 离心 5 min 后取上清液于 410 nm 比色, 以  $A_{410} \times 20$  为平菇褐变度值。

#### 1.4.4 细胞膜相对渗透率

采用电导率法, 参考肖功年等<sup>[8]</sup>的方法, 并稍做改进。于平菇菇柄中心部位切 1 mm×1 mm×4 mm 长方体, 称量 2 g, 用去离子水 20 mL 浸泡、振荡 10 min, 滤纸吸干后再加 20 mL 蒸馏水, 室温振荡 60 min, 测定电导率, 沸水浴煮沸 15 min, 冷却后测定电导率, 以平菇浸提液煮沸前和煮沸后电导率的比值表示细胞膜相对渗透率。

#### 1.4.5 可溶性蛋白质质量分数测定

采用考马斯亮蓝染色法, 参考曹健康等<sup>[9]</sup>的方法。

### 1.5 数据统计分析

采用 Excel 及 DAS 数据处理软件进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同压力条件对平菇呼吸强度的影响

呼吸作用是采后平菇新陈代谢的主导方面, 它直接或间接地影响着其贮藏寿命和感官品质。不同压力条件下平菇呼吸强度的变化见图2。

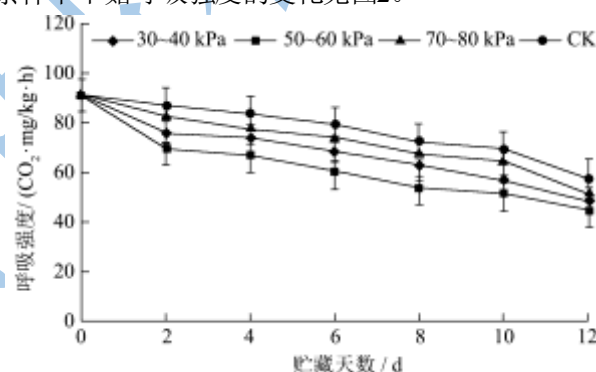


图2 不同压力条件对平菇呼吸强度的影响

Fig.2 Effects of different pressure conditions on respiratory intensity of *Pleurotus ostreatus*

由图2可以看出, 随着贮藏时间的延长, 不同压力条件下平菇呼吸强度均呈缓慢下降的变化趋势。与CK组相比, 三种压力条件下平菇呼吸强度显著低于CK组 ( $P < 0.05$ )。贮藏至 12 d, 50~60 kPa 条件下呼吸强度为 45.30  $\text{CO}_2 \cdot \text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{h})$ , 显著低于 30~40 kPa、70~80 kPa 条件下呼吸强度 ( $P < 0.05$ )。表明减压贮藏能够抑制平菇的呼吸强度, 其中以 50~60 kPa 压力条件对呼吸强度的抑制效果最佳。

### 2.2 不同压力条件对平菇失重率的影响

平菇采后质量损失通常由水分损失和呼吸作用导致的损失引起的, 与平菇的新鲜状态密切相关。不同压力条件下平菇失重率变化见图3。

由图3可以看出, 随着贮藏时间的延长, 不同压力条件下平菇的失重率均呈逐渐上升的变化趋势, 且

随着贮藏压力的降低失重率逐渐升高。在整个贮藏时期内, 三种减压条件下平菇失重率虽稍高于 CK 组, 但与 CK 组差异不显著 ( $P>0.05$ )。贮藏至 12 d, CK 组平菇失重率为 3.07%, 减压贮藏压力在 30~40 kPa 条件下失重率最高, 为 3.42%, 仅比对照高出 0.35%; 而在 50~60 kPa、70~80 kPa 条件下平菇失重率分别为 3.30%、3.22%, 分别比对照高出 0.23%、0.15%。表明减压贮藏对平菇的失重率影响不显著。

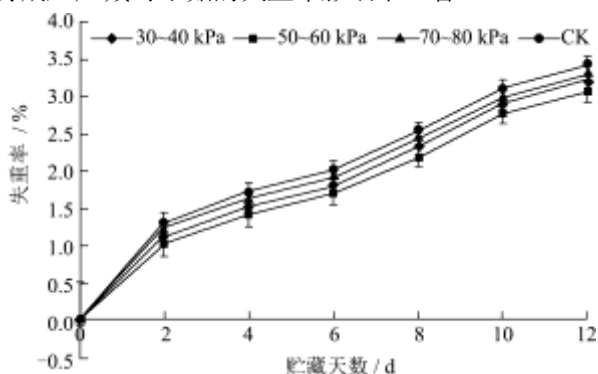


图 3 不同压力条件对平菇失重率的影响

Fig.3 Effects of different pressure conditions on weight loss of *Pleurotus ostreatus*

### 2.3 不同压力条件对平菇褐变度的影响

褐变度是采后平菇主要的品质指标, 直接影响其感官品质。不同压力条件下平菇褐变度的变化见图 4。

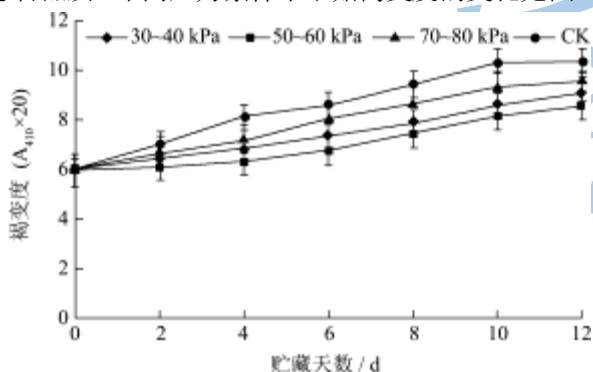


图 4 不同压力条件对平菇褐变度的影响

Fig.4 Effects of different pressure conditions on Browning Degree of *Pleurotus ostreatus*

由图 4 可以看出, 随着贮藏时间的延长, 不同压力条件下平菇的褐变度均呈逐渐上升的变化趋势, 且差异达显著水平 ( $P<0.05$ )。贮藏至 12 d, CK 组平菇褐变度高达 10.41, 而 30~40 kPa、50~60 kPa、70~80 kPa 压力条件下平菇褐变度分别为 9.06、8.62、9.66, 均显著低于 CK 组褐变度 ( $P<0.05$ )。表明减压贮藏能够降低平菇的褐变程度, 其中以 50~60 kPa 压力条件下的褐变度最低。

### 2.4 不同压力条件对平菇细胞膜相对电导率的影响

生物细胞膜的完整性通常通过检测其相对电导率

实现。不同压力条件下平菇细胞膜相对电导率的变化见图 5。

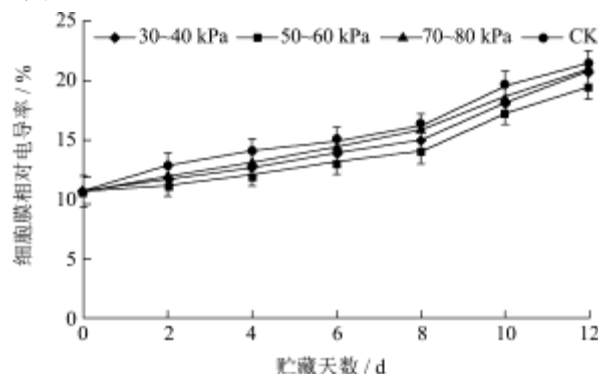


图 5 不同压力条件对平菇细胞膜相对电导率的影响

Fig.5 Effects of different pressure conditions on relative leakage rate of *Pleurotus ostreatus*

由图 5 可以看出, 随着贮藏时间的延长, 不同压力条件下平菇的细胞膜相对电导率均呈逐渐上升的变化趋势。在整个贮藏过程中, CK 组平菇的细胞膜相对电导率显著高于减压贮藏条件 ( $P<0.05$ )。贮藏前期上升缓慢, 8 d 后上升速率加快。贮藏至 12 d, CK 组平菇细胞膜相对电导率达到 21.41%, 50~60 kPa 条件下平菇细胞膜相对电导率最低, 为 19.42%, 与 CK 组差异显著 ( $P<0.05$ ); 而 30~40 kPa、70~80 kPa 两种压力条件下平菇细胞膜相对电导率分别为 20.71%、21.04%, 两者差异不显著 ( $P>0.05$ )。表明减压贮藏能够降低平菇的细胞膜相对电导率, 其中以 50~60 kPa 压力条件下的效果最佳。

### 2.5 不同压力条件对平菇可溶性蛋白质质量分数的影响

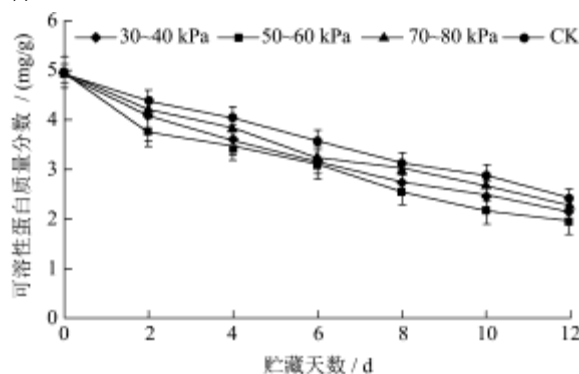


图 6 不同压力条件对平菇可溶性蛋白质质量分数的影响

Fig.6 Effects of different pressure conditions on soluble protein mass fraction of *Pleurotus ostreatus*

可溶性蛋白质质量分数是平菇营养价值的重要评价指标之一。不同压力条件下平菇可溶性蛋白质质量分数的变化见图 6。

由图 6 可以看出, 随着贮藏时间的延长, 不同压力条件下平菇的可溶性蛋白质含量均呈逐渐下降的变

化趋势。在整个贮藏过程中, CK 组平菇的可溶性蛋白质含量下降速率最大, 三种减压贮藏压力条件均不同程度地抑制了平菇可溶性蛋白质含量的下降。贮藏至 12 d, CK 组可溶性蛋白质含量降至 2.00 mg/g, 而 30~40 kPa、50~60 kPa、70~80 kPa 压力条件下可溶性蛋白质质量分数分别为 2.27 mg/g、2.40 mg/g、2.14 mg/g, 显著高于 CK 组 ( $P<0.05$ )。表明减压贮藏能够延缓平菇可溶性蛋白质质量分数的下降, 其中以 50~60 kPa 压力下的效果最佳。

### 3 结论

3.1 通过对平菇在不同压力条件下进行减压贮藏试验发现, 在贮藏温度  $3\pm 0.5$  °C 条件下, 30~40 kPa、50~60 kPa、70~80 kPa 三种压力条件均可在不同程度上抑制平菇呼吸强度, 减缓褐变度的升高、细胞膜相对渗透率的增大及可溶性蛋白质的降解, 保持平菇良好的感官品质及较高的营养价值, 但平菇的失重率与 CK 组差异不显著 ( $P>0.05$ )。

3.2 三种压力条件下平菇失重率虽稍高于 MAP 贮藏, 但差异不显著。该结论与康明丽等<sup>[20]</sup>认为真空贮藏环境造成减压室与果蔬体内有一定压力差, 会加重果蔬失重失鲜的观点不一致, 但与刁小琴等<sup>[21]</sup>采用不同减压处理对菜花生理效应的影响以及李文香等<sup>[22]</sup>利用三阶段减压贮藏对绿芦笋采后生理变化研究的结论一致。减压条件下平菇失重率与 MAP 贮藏差异不显著, 可能因为在低压条件下平菇的呼吸作用被抑制, 相应的呼吸热减少, 水分散失随之减少, 本观点与 Stanley 等<sup>[23]</sup>的观点相符。本实验过程中发现减压贮藏条件下平菇的失重率除与贮藏压力条件有关, 同时也与贮藏罐体的密闭性密切相关, 密封性越好, 罐体容器的换气频率越低, 平菇的失重率就越低, 该结果与谢启军等<sup>[24]</sup>认为减压贮藏因换气频繁而产品易失水的观点相符。

3.3 周晓媛等<sup>[25]</sup>研究报告平菇为采后呼吸跃变型食用菌, 但本实验结果发现在低温条件下减压贮藏平菇呼吸强度呈平稳下降的趋势, 未出现呼吸高峰。这可能有两方面原因: 一方面可能是低温条件下能有效抑制酶活性, 降低各种生理代谢活动, 减弱呼吸代谢强度, 这与李华佳等<sup>[26]</sup>的观点一致; 另一方面可能是减压贮藏条件能形成低氧环境的缘故。随着减压贮藏压力的降低, 空气中各种气体组分分压相应降低, 低氧条件会抑制呼吸代谢强度, 这与 Stanley 等<sup>[23]</sup>的观点相符。而有关低氧条件抑制平菇呼吸代谢的机制尚有待于进一步探讨。

### 参考文献

- [1] 杜海珍.平菇脆片加工工艺研究[J].现代食品科技, 2010, 26(6):630-631
- [2] 杨曙光.食用菌栽培技术[M].长沙:湖南科学技术出版社, 1983
- [3] 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
- [4] 张兆朵,王培军,吴春霞.平菇保鲜的研究[J].食品科学, 1986, 8: 11-14
- [5] 刘镇江,王红育.食用菌功能食品的研究与开发[J].食品科技,2007,32(1):29-31
- [6] 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
- [7] 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
- [8] 肖功年,张懋,彭建,等.平菇气调包装保鲜[J].无锡轻工大学学报,2002,21(6):592-596
- [9] 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
- [10] 温海祥,郑运玉.保鲜剂在平菇保鲜中的应用研究[J].佛山科学技术学院学报,2003,21(1):53-55
- [11] 段颖,耿胜荣,韩永斌,等.蘑菇保鲜剂的筛选及其保鲜效果[J].食品与发酵工业,2004,30(5):143-146
- [12] 臭氧(O<sub>3</sub>)处理平菇保鲜效果研究[J].天津农林科技, 1994, 4: 13-15
- [13] 徐吉祥,钟桂兴,彭珊珊.复合保鲜涂膜在平菇保藏中的应用[J].食品研究与开发,2010,31(5):164-167.
- [14] 王博,李光乐,林茂.减压贮藏保鲜技术优点及问题探析[J].广东农业科学,2012,2:79-82
- [15] Wen-xiang Li, Min Zhang. Effects of combined hypobaric and atmosphere cold storage on the preservation of honey peach[J]. International Agrophysics, 2005, 19(3): 231-236
- [1] Meng-Lin Xue, Ping Zhang, Ji-Shu Zhang, et al. Effects of Hypobaric Storage on Physiological and Biochemical Changes in Postharvest Dong Jujube Fruit during Cold Storage [J]. Agricultural Sciences in China, 2003, 2(4): 429-434
- [2] Wen-xiang Li, Min Zhang. Effect of three-stage hypobaric storage on cell wall components, texture and cell structure of green asparagus [J]. Journal of Food Engineering, 2006, 77:

- 112-118
- [3] 陶菲.真空预冷处理延长白蘑菇贮藏期的研究[D].无锡:江南大学,2006
- [4] 曹健康,姜微波,赵玉梅,等.果蔬采后生理生化实验指导[M].北京:中国轻工业出版社,2007
- [5] 康明丽,张平.减压贮藏理论及技术研究进展[J].食品与机械,2001,2:9-10
- [6] 刁小琴,关海宁,张润光,等.减压处理对菜花贮期生理效应的影响[J].食品科学,2011,32(2):302-304
- [7] 李文香,丘宏伟,孙苹,等.三阶段减压贮藏对绿芦笋采后生理变化的影响[J].食品科学,2008,29(2):419-424
- [8] Stanley P Burg, 郑先章.中西方减压贮藏研究概述[J].制冷学报,2007,28(2):1-7
- [9] 谢启军,林奇.减压保鲜技术的研究进展[J].现代食品科技,2006,22(3):294-296
- [10] 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,2008,7:199-202
- [11] 李华佳,单楠,杨文建,等.食用菌保鲜与加工技术研究进展[J].食品科学,2011,32(23):364-368

现代食品科技