

气体比例对小包装双孢菇品质的影响

胡云峰, 魏增宇, 刘云云

(天津科技大学 食品工程与生物技术学院, 天津 300457)

摘要: **目的** 改善气调贮藏双孢菇的技术方法, 延长其货架期。**方法** 分析比较贮藏于 4 °C 的不同气体成分下双孢菇的贮藏品质变化规律, 并对不同处理组双孢菇在贮藏期间的色泽值、硬度、褐变程度、丙二醛 (MDA) 含量、呼吸强度及感官评价指标的变化进行分析对比。**结果** 在 O₂, CO₂, N₂ 的体积分数分别为 9.6%, 6.9%, 83.5% 时的低氧气调下, 双孢菇各项指标品质劣变趋势最为缓慢, 较适用于双孢菇的贮藏; L* 值、硬度值与感官指标呈显著的正相关性, ΔE 和 MDA 含量与感官指标呈显著的负相关性, 均可作为反映双孢菇品质的重要指标。**结论** O₂, CO₂, N₂ 的体积分数分别为 9.6%, 6.9%, 83.5% 时, 该气体比例下的双孢菇气调贮藏效果最佳, L* 值、ΔE、硬度和 MDA 含量与感官品质之间的相关性最为显著。

关键词: 双孢菇; 气调包装; 品质; 货架期

中图分类号: TB485.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)17-0019-06

Effect of Gas Ratio on the Quality of Agaricus Bisporus in a Small Package

HU Yun-feng, WEI Zeng-yu, LIU Yun-yun

(College of Food Engineering and Biotechnology, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457, China)

ABSTRACT: The work aims to improve the technical method for the modified atmosphere storage of Agaricus bisporus and prolong its shelf life. The change regulation of storage quality of Agaricus bisporus at 4 °C under different gas components was analyzed and compared. The changes of color, hardness, degree of browning, content of MDA, respiration intensity and sensory evaluation index of Agaricus bisporus in different treatment groups were analyzed and compared. In the low oxygen modified atmosphere where the volume fractions of O₂, CO₂ and N₂ were respectively 9.6%, 6.9% and 83.5%, and all the indexes of the Agaricus bisporus were deteriorating at the most slow speed, which was quite suitable for the storage of Agaricus bisporus. There was a significant positive correlation between L* value, hardness and sensory index, and ΔE and MDA content were in a significant negative correlation with the sensory index, both of which could be used as an important index for the quality of Agaricus bisporus. When the volume fractions of O₂, CO₂ and N₂ were respectively 9.6%, 6.9% and 83.5%, the modified atmosphere storage effect of Agaricus bisporus in such gas ratio is the best, and the correlation between L* value, ΔE, hardness and MDA content and sensory quality is the most notable.

KEY WORDS: Agaricus bisporus; modified atmosphere packaging; quality; shelf life

双孢菇质地脆嫩, 色泽洁白, 味道鲜美, 营养价值高, 是一种已经人工大面积栽培的食用菌^[1]。新鲜食用菌由于各种代谢活动旺盛, 很容易遭受物理损伤和微生物感染^[2]。目前常用到的双孢菇保鲜方法有低温保藏^[3]、化学方法保藏^[4]和气调保藏^[5-6]等。气调保鲜技术就是通过控制保鲜库及包装内的气体成分,

达到延长果蔬等产品的货架期的目的。气调的使用可以延缓果蔬的呼吸作用, 延长果蔬的货架期^[7]。果蔬贮藏空间内的气体成分比例也是影响采后果蔬贮藏的重要因素, 为了减缓果蔬衰老速度, 就要改变其所处的气体组成环境^[8-9]。气调保鲜是当今先进的、可广泛应用的果品保鲜技术之一^[6]。

收稿日期: 2017-07-07

基金项目: 国家科技支撑计划 (2015BAD16B05)

作者简介: 胡云峰 (1966—), 女, 天津科技大学研究员, 主要研究方向为农产品加工与贮藏。

传统气调保鲜一般采用低 O₂、高 CO₂ 的气体比例对果蔬进行保鲜, 现今对高氧气调的保鲜研究也日益增多。高氧气调包装可以减缓果蔬的呼吸作用^[10]和乙烯合成速度, 抑制组织褐变^[11], 影响微生物生长^[12-13], 减少果蔬腐烂, 减缓活性氧代谢和膜质过氧化作用^[14]。过高的 O₂ 浓度可能会加剧双孢菇的呼吸作用, 导致双孢菇的品质急剧下降, 因此这里通过控制气调包装内的气体浓度, 探究不同 O₂ 浓度对双孢菇品质变化的影响, 以期找到一种保存双孢菇的最佳气调保鲜技术, 并对品质指标与感官评分之间的关系进行分析, 找出最能够反映双孢菇品质变化的指标, 为建立双孢菇货架期预测模型提供一定的理论基础。

1 实验

1.1 材料与仪器

主要材料: 双孢菇, 采购于天津市金元宝农贸产品交易市场, 采购后 2 h 内运回实验室, 在温度为 4 ℃ 的冷库内预冷备用; 聚乙烯保鲜膜 (0.04 mm), 由天津恺瑞康科技有限公司提供; 托盘, 规格为 12 cm×8 cm×2 cm 的聚丙烯 (PP) 托盘包装, 天津恺瑞康科技有限公司; 三氯乙酸, 分析纯, 天津市北方天医化学试剂厂; 硫代巴比妥酸、没食子酸, 分析纯, 天津市化学试剂三厂。

主要仪器: SM-300 型气调包装机, 苏州文德孚包装机械有限公司; CR-10 型自动测色色差计, 柯盛行仪器有限公司; FHR-5 型水果硬度计, 日本竹村电机制作所; PA S/L 型气体检测仪, 德国 WITT GASSTECHNIK 公司; 18 系列紫外可见分光光度计, 北京普析通用仪器有限责任公司。

1.2 方法

将预冷处理的双孢菇取出, 选取直径均等、无损伤、表面洁白、无开伞且在合理采收期的双孢菇, 洗净、沥干, 装入 PP 托盘, 并进行气调包装处理。将 O₂, CO₂, N₂ 体积分数分别为 9.6%, 6.9%, 83.5% 的样品作为 M1 组, 31.4%, 1%, 67.6% 的样品作为 M2 组, 20.4%, 2.4%, 77.2% 的样品作为 CK 组。每个包装样品质量均为 (150±5) g。将包装后的双孢菇置于 4 ℃ 恒温恒湿箱内, 每隔 1 d 取样测定双孢菇品质相关指标。

1.3 指标测定

1.3.1 表面颜色

采用 CR-10 型自动测色色差计测定表面颜色。每次测定随机选取 4 个双孢菇, 用色差计在其菌盖表面随机取 5 个不同测定点, 取平均值, 并计算 ΔE , ΔE 表示与理想蘑菇相比整体色泽的差值。 ΔE 的计算公式为: $\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$ 。

1.3.2 硬度

利用 FHR-5 型果实硬度计测定硬度。每组样本选取 3 个子实体, 在子实体上随机取 6 个待测点, 取平均值作为双孢菇的硬度值。

1.3.3 褐变程度

褐变程度的测定参照段颖等^[15]的研究方法: 将双孢菇进行切片处理后, 称取鲜切双孢菇样品 1.5 g 于 30 mL 煮沸的蒸馏水中 (蒸馏水沸腾后再放入样品); 继续沸腾 30 s 后, 冷却, 充分研磨; 在温度为 4 ℃、转速为 1000 r/min 的条件下离心 5 min 后, 在 420 nm 波长下测其吸光度; 褐变程度以 $A_{420} \times 20$ 的值表示, 其中 A_{420} 为 420 nm 波长下的吸光度值。

1.3.4 丙二醛

参照王步江^[16]等的方法测定丙二醛: 称取双孢菇样品 2 g, 加入质量分数为 10% 的三氯乙酸溶液, 研磨至匀浆, 4000 r/min 的转速下离心 10 min, 取上清液 3 mL (对照加 3 mL 三氯乙酸溶液), 再加入 3 mL 质量分数为 0.6% 的硫代巴比妥酸溶液, 混匀后置于沸水浴中, 15 min 后快速冷却降温再进行离心, 分别在 450, 532, 600 nm 波长下测量上清液的吸光度。丙二醛浓度 ($\mu\text{mol/L}$) 的计算公式为:

$$c = 6.45 \times (A_{532} - A_{600}) - 0.56 \times A_{450}$$

式中: c 为 MDA 浓度 ($\mu\text{mol/L}$); A_{450} , A_{532} , A_{600} 分别为 450, 532, 600 nm 波长下的吸光度值。

1.3.5 呼吸强度

双孢菇的呼吸强度测试采用 CO₂ 分析仪进行测定^[17]。呼吸强度的计算公式为:

$$\eta = \frac{1000 \times (\varphi_2 - \varphi_1) VM}{V_0 mt}$$

式中: η 为双孢菇的呼吸强度 ($\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{h})$); φ_1 为空白实验密闭空间中 CO₂ 的体积分数 (%); φ_2 为测定后密闭容器内 CO₂ 体积分数 (%); V 为密闭容器的总体积 (L); V_0 为 CO₂ 摩尔体积 (L/mol); m 为测定用双孢菇的质量 (kg); t 为测定时双孢菇的呼吸时间 (h); M 为 CO₂ 摩尔质量。

1.3.6 感官评价

感觉评价的测定参考刘战丽^[5]的方法, 并加以改动, 见表 1。评定的指标为色泽、开伞率和萎蔫程度, 每项指标占 6 分, 利用加权法计算总分, 色泽、开伞率、萎蔫程度的加权系数分别为 0.4, 0.4, 0.2。由试验可确定, 当感官评分为 2.8 时, 即达到气调包装双孢菇的货架期终点。

1.4 数据处理方法

采用 SPSS 17.0 软件的 one-way ANOVA 对重复性试验数据进行统计分析。

表 1 双孢菇贮藏效果感官评分标准
Tab.1 Sensory scoring criteria of *Agaricus bisporus* during the storage

级别	色泽	开伞程度/%	萎蔫程度/%	分值
1	洁白	<3	<5	6
2	轻微颜色改变	3~10	5~10	5
3	颜色加深	10~20	10~25	4
4	轻微褐变	20~50	25~50	3
5	褐色	50~80	50~80	2
6	深褐色	>80	>80	1

2 结果与分析

2.1 表面颜色

双孢菇经采摘后,由于其活跃的后熟过程会引发许多生理生化变化,这些生理生化变化可能直接或间接影响双孢菇的品质^[18],其中颜色变化最为直观明显。双孢菇在贮藏期间颜色由最初的亮白色逐渐加深为褐色。色泽已经成了感官评价双孢菇品质变化的重要指标,在一定程度上反映了双孢菇的新鲜程度。不同气体比例下贮藏期间双孢菇的颜色变化见图 1。

由图 1a 可知,随着贮藏时间的延长,双孢菇的 L^* 值(亮度)逐渐降低,不同气体比例下 L^* 值降低的幅度显著不同。采用低氧气调保鲜的双孢菇的亮度高于高氧包装,且下降趋势越平缓。贮藏第 9 天时, M1 条件下贮藏的双孢菇 L^* 值为 81.22,而此时 CK 和 M2 条件下贮藏的双孢菇已失去食用价值。

由图 1b 可知, ΔE 与 L^* 呈相反的变化趋势,一直在随贮藏时间的增加而增大。 ΔE 越大,证明与初始值色差越大,间接表明贮藏期间双孢菇的品质变化。气调包装中,氧气浓度越高, ΔE 上升趋势越明显。在 CK 和 M2 条件下贮藏 7 d 的双孢菇的 ΔE 分别为 14.4 和 17.5,此时 M2 贮藏条件下的双孢菇已失去食用价值。原因可能是低氧能够抑制双孢菇中氧化酶的活性,进而影响双孢菇后熟期间的酶促褐变,因此低氧能较好地保持双孢菇的色泽。

由图 1c—d 可知,在贮藏过程中, a^* 和 b^* 整体趋势都是逐渐增加的,但是 a^* 的增长趋势没有明显规律。因为采用气调包装的双孢菇初始含 CO_2 ,这可能破坏了双孢菇细胞内还原态环境,进而促使双孢菇采取了其他代谢渠道,使酚类物质被水解,成为酶褐变反应的底物^[19],使双孢菇表面呈现浅黄色。 b^* 值代表颜色由蓝色向黄色的转变,因此表现为 b^* 值变化明显。

2.2 硬度

质地可以直接用来评估双孢菇的质量,在蘑菇采收后的贮藏期间内质地呈现快速变化的趋势^[6]。在贮藏期间,双孢菇的质地呈现不稳定性,韧性不断变化

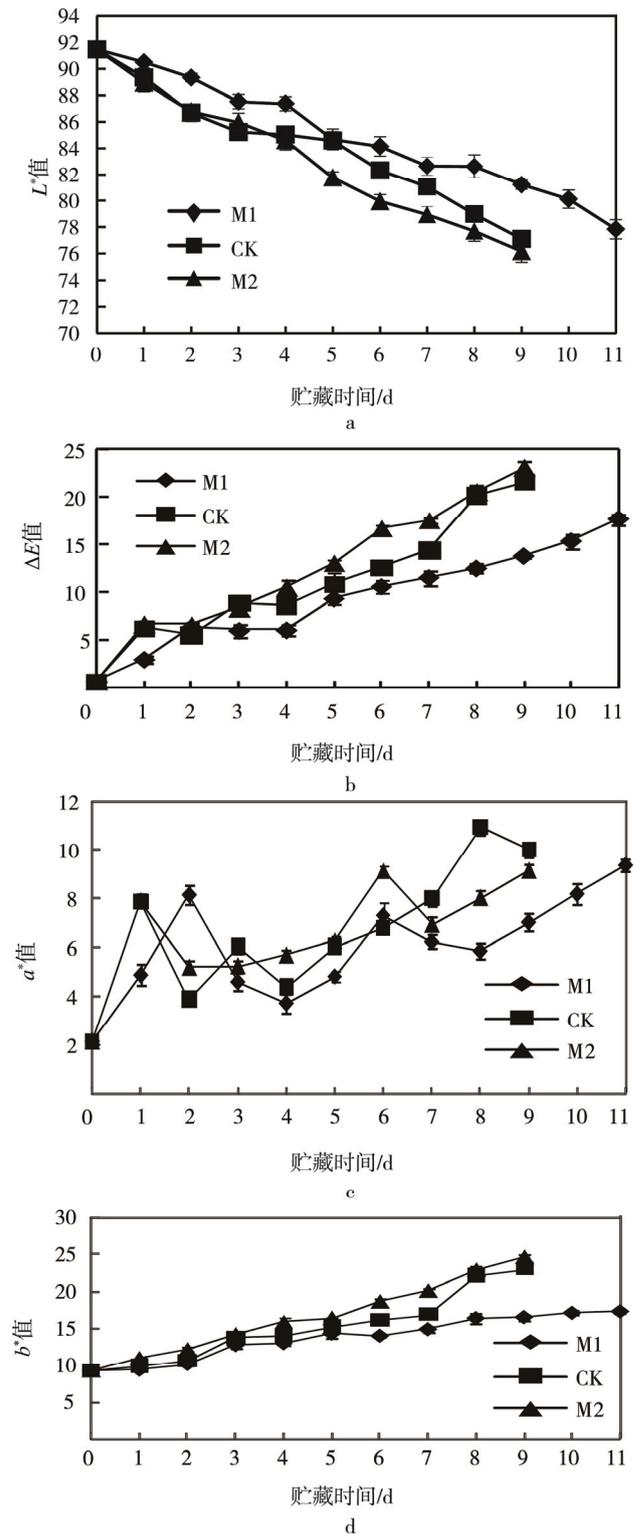


图 1 不同气体比例下双孢菇的颜色变化
Fig.1 Color changes of *Agaricus bisporus* in different gas proportions

甚至导致贮藏后期双孢菇失去咀嚼性^[20]。在双孢菇变软的过程中,硬度变化是质地变化的核心指标。采收后的双孢菇由于自身内部品质指标的变化,硬度值整体出现下降趋势,前期下降速率平缓,后期急速下降^[21],在贮藏末期双孢菇呈现褶皱状态,失去食用价值。不

同气体比例下双孢菇硬度变化见图2。

由图2可知,随着贮藏时间的延长,硬度呈现逐渐下降的趋势。贮藏第7天后,硬度变化明显,可能是因为此时双孢菇开伞到一定程度,木质化明显。在贮藏过程中, M1 条件下贮藏的双孢菇始终比 CK 和 M2 条件下的双孢菇变化平稳。

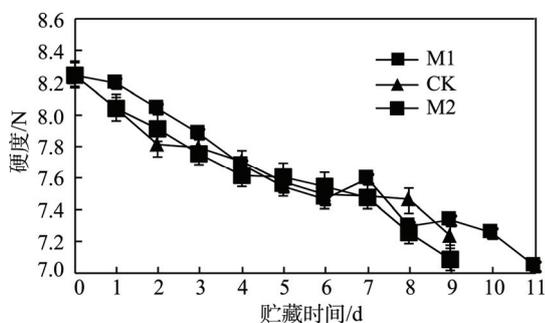


图2 不同气体比例下双孢菇硬度变化

Fig.2 Changes of firmness of *Agaricus bisporus* in different gas proportions

2.3 褐变程度

双孢菇贮存期间品质劣变直接表现为颜色变为褐色,这种变化会影响消费者对商品的偏好,并且还不同程度地影响了产品的风味和营养价值。不少学者研究发现,双孢菇贮存过程中的色泽恶化主要是由于子实体内多酚氧化酶催化的酶促褐变^[6]。不同气体比例下双孢菇褐变程度变化见图3。

由图3可知,1 d后双孢菇表面色泽开始发生变化,随后菌盖表面褐变程度持续增加,贮藏5 d后子实体的褐变程度急速上升。不同气体比例下,双孢菇褐变程度在贮藏过程中不断上升,呈现出氧气浓度越高,褐变速度越快,品质衰老越严重。在 M1 条件下贮藏的双孢菇褐变程度增长趋势一直都处于平稳状态,这是因为双孢菇子实体中酚类物质含量较高^[22],贮藏期间双孢菇中的总酚含量持续增加,高氧环境激活过氧化物酶和多酚氧化酶的活性,导致褐变不断加剧,从而造成了双孢菇感官品质的下降。

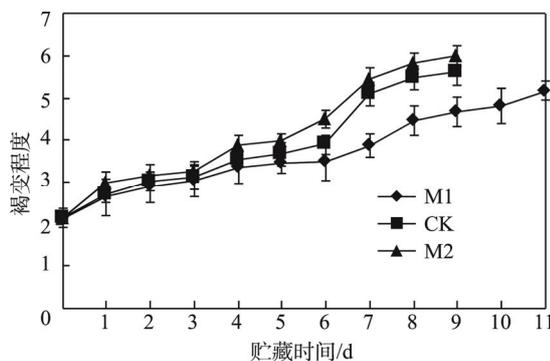


图3 不同气体比例下双孢菇褐变程度变化

Fig.3 Changes of browning degree of *Agaricus bisporus* in different gas proportions

2.4 丙二醛变化

植物在组织衰败或者经受外界环境损伤时,自身极易产生膜脂过氧化反应,加速器官衰老。膜脂过氧化反应的主要产物是丙二醛,因此膜脂过氧化水平的高低可以用丙二醛含量的多少来反映^[23]。不同气体比例下双孢菇丙二醛的变化见图4。

由图4可知,双孢菇在贮藏过程中的MDA含量呈不断上升的趋势,在前6 d的时间内变化比较平缓, M1 包装中的MDA含量较低。由此可以看出, M1 处理可显著抑制双孢菇在贮藏过程中的膜脂过氧化程度。这也说明,在氧气浓度高的情况下可以加快双孢菇贮藏过程中的膜脂过氧化进程。

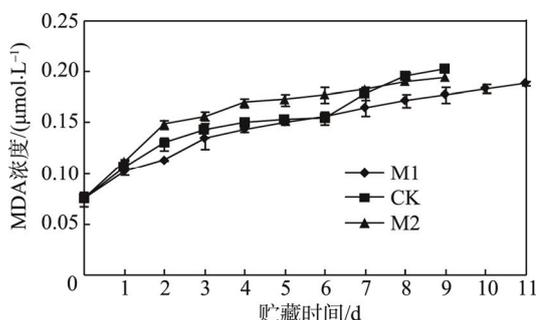


图4 不同气体比例下双孢菇丙二醛变化

Fig.4 Changes of MDA of *Agaricus bisporus* in different gas proportions

2.5 呼吸强度

贮藏期间,双孢菇是呼吸跃变类的果蔬^[6],不同气体比例下双孢菇呼吸强度变化见图5。由图5可知,呼吸强度受低氧和高二氧化碳的抑制,减少乙烯的产生量,同时抑制酶的活性,延缓微生物的侵染,遏制双孢菇菌伞打开、菌柄生长,从而使双孢菇衰败速度平缓。M1, M2, CK 分别在第1, 3, 5天出现明显的呼吸峰值,在此之前,双孢菇呼吸作用旺盛,处于整体增长的趋势。后期由于O₂的消耗,CK和M2包装内的双孢菇进行无氧呼吸,呼吸峰较M1包装内的双孢菇明显。

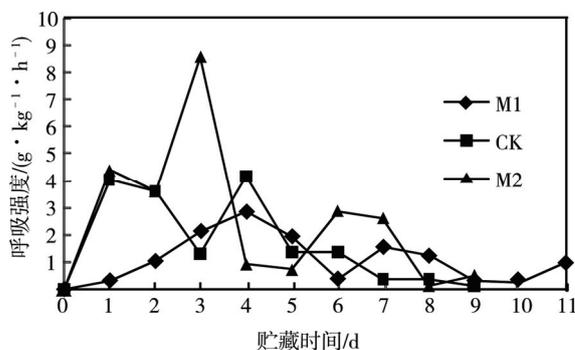


图5 不同气体比例下双孢菇呼吸强度变化

Fig.5 Changes of respiration intensity of *Agaricus bisporus* in different gas proportions

2.6 感官评价

感官评价是直观判断双孢菇品质劣变的关键因素，是影响消费者购买及食用的第一要素。感官评价可以用来表示双孢菇的贮藏终点。不同气体比例下双孢菇的感官评分变化见图 6。

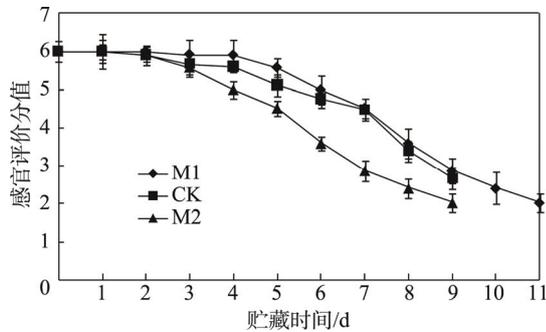


图 6 不同气体比例下双孢菇感官评分变化

Fig.6 Changes of sensory evaluation of *Agaricus bisporus* in different gas proportions

由图 6 可知，不同气体比例贮存下的双孢菇在贮藏期间的感官评分下降趋势显著。其中气体比例为

M2 的双孢菇感官评分下降趋势最为显著，在第 7 天时就已经达到了 2.88 分，到达了货架期终点，而此时气体比例为 M1 和 CK 的双孢菇感官评分分别为 3.6, 3.4，可见其品质优于 M2。感官分值下降速率的快慢与双孢菇所处的初始 O₂ 浓度有着密切的关系，初始浓度越高，感官评分下降得越快。这主要是因为较低的 O₂ 浓度能减缓双孢菇褐变的速率，从而在整体上保持双孢菇的色泽。

2.7 感官评价与各指标之间的相关性分析

感官评价大部分是用肉眼直接观察到双孢菇的品质劣变实况。虽然感官评价在一定程度上可以估测双孢菇的品质变化，但由主观性因素引入的误差较大，并且一般需要由具有专业评判知识的人员进行评定，而借助特定仪器测定的理化指标可在一定程度上降低主观误差，因此选用特定理化指标替代感官指标可在一定程度上提高双孢菇货架品质评判的准确性。通过感官评定，对不同气体成分下双孢菇的品质进行了评分，将分值与其他各指标进行相关性分析，结果见表 2。

表 2 感官评价与各项指标之间的皮尔逊系数

Tab.2 Person correlation coefficient among the various indicators and sensory evaluation results

品质指标	L^*	ΔE	a^*	b^*	硬度	褐变程度	MDA 含量	呼吸强度
M1	0.920**	-0.917**	-0.917**	-0.876**	0.864**	-0.950**	-0.830**	0.322
CK	0.929**	-0.957**	-0.817**	-0.970**	0.850**	-0.942**	-0.875**	0.589
M2	0.961**	-0.965**	-0.695*	-0.976**	0.926**	-0.977**	-0.792**	0.421
$\Sigma r $	2.81	2.839	2.429	2.429	2.822	2.64	2.869	2.497

注：**表示在 0.01 水平显著相关；*表示在 0.05 水平下显著相关

双孢菇的感官评分与各指标具有一定的关系，可用皮尔逊相关系数 r 表示。 $r > 0.9$ 时就可认为相关性是显著的。由表 2 可知， L^* 值、 ΔE 、硬度和 MDA 含量等品质指标与感官评价得分具有较显著的相关性关系，它们可以作为反映双孢菇品质好坏的重要指标。

3 结语

1) 贮藏期间双孢菇 L^* 值随着时间的延长而下降，而 ΔE 和 b^* 值及褐变程度呈上升趋势。气体比例显著影响各项色泽指标的动力学变化，氧气含量越高，相应的色泽指标变化幅度越大。低氧抑制了双孢菇的褐变过程，而包装中 O₂ 的体积分数为 31.4% 的双孢菇褐变加剧明显，很快就失去了食用价值。

2) 贮藏期间双孢菇的硬度和感官评分均有不同程度的下降，而丙二醛含量则一直维持上升的趋势。低氧可以抑制双孢菇子实体成熟度、质地的稳定性及营养成分的损失，从而减慢双孢菇衰老速率，保证双孢菇的新鲜度。气调包装中双孢菇保持跃变型呼吸，呼吸速率先上升后下降，出现呼吸高峰。贮藏后期氧

气的消耗及二氧化碳的累积使双孢菇进行无氧呼吸，产生不良气味。低浓度的氧气能够抑制呼吸作用，延缓双孢菇的成熟和品质衰变。

3) 通过对采后双孢菇在贮藏期间色泽值、硬度、褐变程度、丙二醛、呼吸强度及感官评价的变化进行分析比较，可以得出 M1 组的采后双孢菇在贮藏期间内品质劣变较缓慢，有利于采后双孢菇的贮藏。

4) 对感官评价与各指标之间的相关性进行分析可以得知， L^* 值、 ΔE 、硬度和 MDA 含量等品质指标与感官评价得分具有较显著的相关性关系，可以作为反映双孢菇品质好坏的重要指标。

参考文献：

[1] 钱爱萍. 不同贮藏温度对双孢菇采后品质的影响[J]. 中国园艺文摘, 2010, 26(1): 42—43.
QIAN Ai-ping. Effects of Different Storage Temperature on the Quality of *Agaricus Bisporus*[J]. Chinese Horticulture Abstracts, 2010, 26(1): 42—43.
[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] 王娟, 王相友, 李霞. 低温气调贮藏下氧气含量对双孢蘑菇品质的影响[J]. 农业机械学报, 2010, 41(4): 110—113.
WANG Juan, WANG Xiang-you, LI Xia. Effects of Oxygen Concentration on Storage Quality of Agaricus Bisporus under Low Temperature and Controlled Atmosphere Storage[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(4): 110—113.
- [4] 潘艳娟, 王建清, 王猛. 气调与精油等包装技术联合应用对双孢蘑菇品质的影响[J]. 包装工程, 2015, 36(9): 33—37.
PAN Yan-juan, WANG Jian-qing, WANG Meng. Impact of the Application of MAP Combined with Essential Oil and other Packaging Technology on the Quality of Agaricus Bisporus[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(9): 33—37.
- [5] 刘战丽, 王淑玲, 王相友, 等. 高氧气调包装双孢蘑菇呼吸速率预测模型建立与试验[J]. 农业机械学报, 2013, 44(11): 180—184.
LIU Zhan-li, WANG Shu-ling, WANG Xiang-you, et al. Prediction Model of Respiration Rate for Mushroom with High Oxygen Modified Atmosphere Packaging[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2013, 44(11): 180—184.
- [6] 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.
MENG De-mei, SHEN Lin, LU Jun, et al. Research Progress in Analysis of Factors Affecting Sensory Quality and Preservation Techniques for Post-harvested Agaricus Bisporus[J]. Food Science, 2010, 31(15): 283—287.
- [7] ZAGORY D, KADER A A. Modified Atmosphere Packaging of Fresh Produce[J]. Food Technology, 1988, 42(9): 70—74.
- [8] 王娟, 王相友, 李霞. 气调包装下双孢蘑菇呼吸特性[J]. 农业机械学报, 2009, 40(10): 102—105.
WANG Juan, WANG Xiang-you, LI Xia. Respiration Characteristics of Agaricus Bisporus under Modified Atmosphere Packaging[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(10): 102—105.
- [9] 梁晶晶, 王向阳. 气调和 1-MCP 对青菜贮藏保鲜贮藏的影响[J]. 食品研究与开发, 2006, 27(9): 126—129.
LIANG Jing-jing, WANG Xiang-yang. Effect of Modified Atmosphere and 1-MCP on Keeping Pak Choy Fresh during Storage[J]. Food Research and Development, 2006, 27(9): 126—129.
- [10] 王洪霞, 张敏. 高氧气调包装对金针菇保鲜品质的影响[J]. 包装工程, 2013, 34(9): 18—23.
WANG Hong-xia, ZHANG Min. Influence of High Concentration Oxygen Modified Atmosphere Packaging on *Flammulina Velutipes* Preservation Quality[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(9): 18—23.
- [11] LU C, TOIVONEN P. Effect of 1 and 100 kPa O₂ Atmospheric Pretreatments of Whole "Spartan" Apples on Subsequent Quality and Shelf Life of Slices Stored in Modified Atmosphere Packages[J]. Postharvest Biology and Technology, 2000, 18(2): 99—107.
- [12] JACXSENS L, DEVLIEGHERE F, VANDER S 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): 197—210.
- [13] HOOGERWERF S, KETS E, DIJKSTERHUIS J. High-oxygen and High-carbon Dioxide Containing Atmospheres Inhibit Growth of Food Associated Moulds[J]. Letters in Applied Microbiology, 2002, 35(5): 419—422.
- [14] 陈学红, 秦卫东, 马利华, 等. 高氧气调包装对鲜切莴苣呼吸和酶活性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2012, 37(12): 208—212.
CHEN Xue-hong, QIN Wei-dong, MA Li-hua, et al. Effect of High Oxygen Modified Atmosphere Packaging on the Respiration and Enzymatic Activity of Fresh-cut Lettuce[J]. Food and Fermentation Industries, 2012, 37(12): 208—212.
- [15] 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.
DUAN Ying, GENG Sheng-rong, HAN Yong-bin, et al. Screen of Fresh Keeping Agents and Their Application in Mushroom Storage[J]. Food and Fermentation Industries, 2004, 30(5): 143—146.
- [16] 王步江. 包装方式对双孢菇货架期品质和生理的影响[J]. 食品科技, 2012, 37(8): 57—61.
WANG Bu-jiang. Effect of Package Types on *Agaricus Bisporus* during Shelf-life[J]. Food Science and Technology, 2012, 37(8): 57—61.
- [17] 李南羿, 金群力, 刘春滢, 等. 双孢菇储藏中的褐变及相关酶活性研究[J]. 食用菌学报, 2009, 16(3): 53—56.
LI Nan-yi, JIN Qun-li, LIU Chun-yan, et al. Enzymes Associated with Browning of *Agaricus Bisporus* Fruit Bodies during Storage[J]. Acta Edulis Fungi, 2009, 16(3): 53—56.
- [18] 刘吟, 李成华, 吴关威, 等. 双孢蘑菇子实体采后褐变及相关生化变化研究[J]. 中国食用菌, 2010, 29(3): 48—51.
LIU Yin, LI Cheng-hua, WU Guan-wei, et al. Study on Post-Harvest Browning and Related Biochemical Changes of *Agaricus Bisporus*[J]. Edible Fungus of China, 2010, 29(3): 48—51.
- [19] BELLMAN R. Factors of Affecting Post-harvest Quality and Shelf-life of Fresh Mushroom[J]. The Mushroom Journal, 1988(2): 455—463.
- [20] NARVAIZ P. Some Physicochemical Measurements on Mushrooms (*Agaricus Campestris*) Irradiated to Extend Shelf-life[J]. LWT-Food Science and Technology, 1994, 27(1): 7—10.
- [21] MAHAJAN P V, OLIVEIRA F A R, MACEDO I. Effect of Temperature and Humidity on the Transpiration Rate of the Whole Mushrooms[J]. Journal of Food Engineering, 2008, 84(2): 281—288.
- [22] LEE E J, JANG H D. Antioxidant Activity and Protective Effect of Five Edible Mushrooms on Oxidative DNA Damage[J]. Journal of Food Engineering, 1998, 35(1): 65—73.
- [23] REMON S, FERRER A, MARQUINA P, et al. Use of Modified Atmosphere to Prolong the Postharvest Life of Burlatvherries at Different Degrees of Ripeness[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2000, 80(10): 1545—1552.