

doi:10.11937/bfyy.20194193

臭氧处理对杏鲍菇储藏期防腐保鲜效应的影响

徐 兵, 汤 艺, 赖 淑 涵, 王 义

(常熟理工学院 生物与食品工程学院, 江苏 常熟 215500)

摘 要:以杏鲍菇为试材,采用不同臭氧(O_3)浓度相同处理时间结合低温($5\text{ }^{\circ}\text{C}$)的方法,分析了贮藏期对子实体微生物数量、腐烂率和采后生理、品质的影响。结果表明:杏鲍菇的优势腐败菌主要是酵母菌,其次是霉菌,所以杏鲍菇受酵母菌和霉菌的入侵较为严重。在 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冷藏条件下,经 0 、 1.94 、 3.88 、 5.82 、 7.76 、 $9.70\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 6组臭氧浓度处理, $7.76\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 臭氧处理比其它5组臭氧处理更能明显降低微生物引起的杏鲍菇腐烂。该研究可减少子实体微生物数量、降低子实体腐烂率、提高采后生理、品质和延长杏鲍菇保质期,为臭氧在杏鲍菇保鲜技术方面提供了参考依据。

关键词:杏鲍菇;臭氧;保鲜技术

中图分类号:Q 331 文献标识码:A 文章编号:1001-0009(2020)16-0115-05

杏鲍菇(*Pleurotus eryngii*)是一种优良的大型肉质伞菌,其子实体菌肉肥厚,质地脆嫩,色泽雪白,是侧耳属中味道最好的一种,素有“平菇王”“草原上的美味牛肝菌”之美誉^[1-2]。但采后的

杏鲍菇水分含量极高,菇体表面没有保护结构,易褐变腐烂,同时具有很强的呼吸作用,会导致杏鲍菇消耗自身养分,腐烂变质,缩短其贮存期,造成严重损失^[3]。因此要使杏鲍菇的商品价值得到提升,发展其防腐保鲜技术具有重大意义^[4]。

臭氧是一种高效杀菌剂,因其强氧化性、高活性、高渗透性和无毒无残留等特点成为近年来国内开发的果蔬保鲜新技术^[5-6]。目前国内外以臭氧气体和臭氧水在果蔬保鲜上应用最为广泛^[7]。

第一作者简介:徐兵(1982-),男,江苏苏州人,硕士,实验师,现主要从事微生物学等研究工作。E-mail:819031677@qq.com.

基金项目:苏州市农业科技创新资助项目(SNG201615)。

收稿日期:2019-11-06

Abstract: Taking *Balanophora harlandii* as material, the different extracts of *Balanophora harlandii* were investigated by the oxford cup and the broth dilution. The mechanism and the antibacterial stability of the effective antibacterial part was also studied using *S. aureus* as the indicator bacteria. The results showed that the different polar extracts of *Balanophora harlandii* showed good antibacterial effect to gram-positive bacteria (G^+). The ethyl acetate extract could significantly inhibit the proliferation and ion extravasation of *S. aureus*. As pH increased, metal ions such as Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Fe^{3+} were all had an inhibitory effect on the bacteriostatic activity of the extract. The wild *Balanophora harlandii* extracts had a good anti- G^+ bacteria activity and stability, which mechanism may be to affect the permeability of cell membrane and the normal metabolism of cells to play an bacteriostatic activity. This experiment could provide scientific basis for further research and rational utilization of *Balanophora harlandii*.

Keywords: *Balanophora harlandii*; bacteriostatic activity; active fraction; action mechanism

OGAWA 等^[8]发现番茄经过臭氧水保鲜处理,可减缓腐烂变质。MARGOSAN 等^[9]发现,臭氧对霉菌的孢子有明显抑制和杀灭作用。RICE 等^[10]发现臭氧对草莓、山茱萸等果实进行处理,可以控制其不达到腐烂的程度。KATZENELSON 等^[11]指出,臭氧对真菌孢子的萌发具有抑制作用。WHANGCHAI 等^[12]指出,用臭氧处理龙眼,可显著抑制龙眼表面的细菌总数。KRAUSE 等^[13]报道,臭氧对抑制灰葡萄孢霉繁殖有明显的效果。PALOU 等^[14]报道臭氧处理的“无核白”葡萄,灰霉病可被完全抑制。SMILANICK 等^[15]研究报道,用臭氧水处理采后的新鲜果蔬,可以杀灭主要病原菌,防止果蔬病害的发生。SARIG 等^[16]研究发现,臭氧处理葡萄,密封冷藏时间可达到 9 周以上。

目前,国内外利用臭氧保鲜在果蔬上应用较为广泛,臭氧处理对杏鲍菇采后生理与品质影响的研究报道较少^[17]。该研究以杏鲍菇为原料,研究不同浓度臭氧、相同时间、相同低温贮藏条件下,通过研究四大类菌的生长情况及杏鲍菇腐烂率,外观变化等指标,探究杏鲍菇保鲜最佳条件,确定最适臭氧处理浓度,为企业采后杏鲍菇的保鲜贮藏提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料:杏鲍菇采自昆山市正兴食用菌有限公司,选取品质优良的杏鲍菇为供试材料。平板计数琼脂培养基;细菌培养;马铃薯葡萄糖琼脂;霉菌和酵母菌培养;结晶紫中性红胆盐琼脂(VRBA);大肠杆菌培养;煌绿乳糖胆盐肉汤(BGLB);大肠杆菌培养。

供试仪器:ARD-S150型电解式高浓度臭氧气机(上海康久环保科技有限公司);LDZX-75KBS型高压蒸汽灭菌锅(上海申安医疗器械厂);XK97-A型菌落计数器(上海海恒机电仪表有限公司);HH-600型恒温培养箱(上海跃进医疗器械厂);SW-CJ-2G型超净工作台(苏州苏洁净化设备公司)。

1.2 试验方法

1.2.1 杏鲍菇采后预处理

取 600 g 新鲜杏鲍菇放入密封容器(7.15 L),

抽真空后,用产生 $5.0 \text{ g} \cdot \text{h}^{-1}$ 浓度的臭氧发生器分别通入不同浓度的臭氧,使密封容器中臭氧浓度分别为 1.94 、 3.88 、 5.82 、 7.76 、 $9.70 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,以 $0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 为对照(CK),处理时间为 1 min,放置于 5°C 环境下贮藏,通过定期取样测定相关微生物以观察其腐败程度。

1.2.2 指标及测定方法

杏鲍菇菌落总数的测定:参照《食品微生物学检验:菌落总数测定》(GB 4789.2-2016)方法。每 3 d 测 1 次,共 4 次^[18]。

杏鲍菇霉菌和酵母菌的测定:参照《食品微生物学检验:霉菌和酵母计数》(GB 4789.15-2016)方法。每 3 d 测 1 次,共 4 次^[19]。

杏鲍菇大肠菌群的测定:参照《食品卫生微生物学检验:大肠菌群计数》(GB 4789.3-2010)方法。每 3 d 测 1 次,共 4 次^[20]。

腐烂率测定:以杏鲍菇菇体表面表现症状确定,分别从表面色泽、褐变程度、萎蔫程度进行评价,分为 5 级(表 1),每 3 个杏鲍菇为 1 次重复,重复 3 次^[21]。

杏鲍菇腐烂率($\%$) = $\frac{\sum[\text{变质程度级数} \times (\text{该级菇数} / \text{总菇数} \times 100)]}{\text{总菇数} \times 100}$ 。

表 1 杏鲍菇感官评定指数分级标准

Table 1 Grading standard of sensory evaluation index of *Pleurotus eryngii*

品质级别	菇体状况描述
Quality level	Description of mushroom condition
0 级	菇体完好,菇柄呈白色,表面无任何黄褐色斑点
1 级	菇体底部略微发黄
2 级	菇体黄褐色斑块面积少于整个菇体面积的 1/4
3 级	菇体黄褐色斑块面积占整个菇体面积的 1/4~1/2,并轻度萎蔫
4 级	菇体黄褐色斑块面积大于整个菇体面积的 1/2,菇体表面聚有水渍,且萎蔫严重

2 结果与分析

2.1 臭氧处理对杏鲍菇贮藏期子实体菌落总数的影响

随着贮藏时间的延长杏鲍菇子实体菌落总数明显增加。由图 1 可知,臭氧处理 1.94 、 3.88 、 5.82 、 7.76 、 $9.70 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 及 $0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (CK),

低温贮藏至第 12 天,杏鲍菇子实体菌落总数分别增加至贮藏第 3 天的 1.85、1.62、1.78、1.58、3.21、2.63 倍,其中 $7.76 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 臭氧处理菌落总数仅为贮藏第 3 天的 1.58 倍,有效抑制了贮藏期杏鲍菇子实体菌落总数的增长, $7.76 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 臭氧处理菌落总数在第 12 天明显低于同期其它 5 个处理。臭氧处理对杏鲍菇防腐效果不是处理浓度越高越好,如 $9.70 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 臭氧处理,菌落总数出现了不减反增现象。

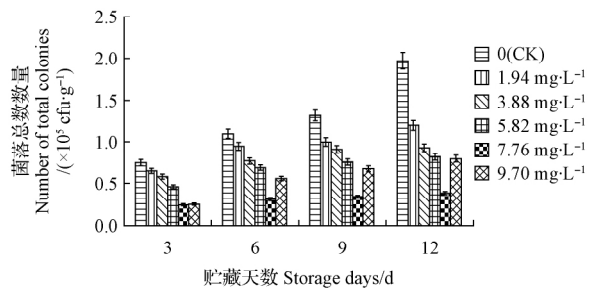


图 1 臭氧处理对杏鲍菇贮藏期子实体菌落总数的影响
Fig. 1 Effects of ozone treatment on the total number of fruiting body colonies of *Pleurotus eryngii* during storage

2.2 臭氧处理对杏鲍菇贮藏期子实体霉菌数量的影响

随着贮藏时间的延长杏鲍菇子实体霉菌数量明显增加。由图 2 可知,臭氧处理 1.94 、 3.88 、 5.82 、 7.76 、 $9.70 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 及 $0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (CK),低温贮藏至第 12 天,杏鲍菇子实体霉菌数量分别增加至贮藏第 3 天的 1.83、1.65、1.09、0.72、1.61、2.17 倍,其中 $7.76 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 臭氧处理霉菌数量仅为贮藏第 3 天的 0.72 倍,有效抑制了贮藏期杏鲍菇子实体霉菌数量的增长, $7.76 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 臭氧处理霉菌数量在第 12 天明显低于同期其它 5 个处理。臭氧处理对杏鲍菇防腐效果不是处理浓度越高越好,如 $9.70 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理,霉菌数量出现了反弹现象。

2.3 臭氧处理对杏鲍菇贮藏期子实体酵母菌数量的影响

随着贮藏时间的延长杏鲍菇子实体酵母菌数量明显增加。由图 3 可知,臭氧处理 1.94 、 3.88 、 5.82 、 7.76 、 $9.70 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 及 $0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (CK),低温贮藏至第 12 天,杏鲍菇子实体酵母菌数量分

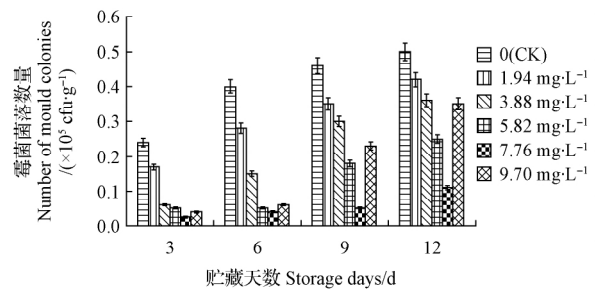


图 2 臭氧处理对杏鲍菇贮藏期子实体霉菌数量的影响
Fig. 2 Effects of ozone treatment on the number of fruiting body mould of *Pleurotus eryngii* during storage

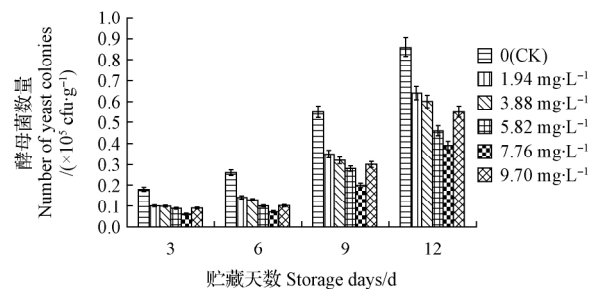


图 3 臭氧处理对杏鲍菇贮藏期子实体酵母菌数量的影响
Fig. 3 Effects of ozone treatment on the number of fruiting body yeasts of *Pleurotus eryngii* during storage

别增加至贮藏第 3 天的 3.71、3.47、2.65、2.24、3.06、5.06 倍,其中 $7.76 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 臭氧处理酵母菌数量仅为贮藏第 3 天的 2.24 倍,有效抑制了贮藏期杏鲍菇子实体酵母菌数量的增长, $7.76 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 臭氧处理酵母菌数量在第 12 天明显低于同期其它 5 个处理。臭氧处理对杏鲍菇防腐效果不是处理浓度越高越好,如 $9.70 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理,酵母菌数量出现了反弹现象。

2.4 臭氧处理对杏鲍菇贮藏期子实体大肠菌群数量的影响

随着贮藏时间的延长杏鲍菇子实体大肠菌群数量明显增加。由图 4 可知,臭氧处理 1.94 、 3.88 、 5.82 、 7.76 、 $9.70 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 及 $0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (CK),低温贮藏至第 12 天,杏鲍菇子实体大肠菌群数量分别增加至贮藏第 3 天的 1.19、1.13、0.91、0.77、1.10、1.69 倍,其中 $7.76 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 臭氧处理大肠菌群数量仅为贮藏第 3 天的 0.77 倍,有效抑制了贮藏期杏鲍菇子实体大肠菌群数量的

增长, $7.76 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 臭氧处理大肠菌群数量在第 12 天明显低于同期其它 5 个处理。臭氧处理对杏鲍菇防腐效果不是处理浓度越高越好, 如 $9.70 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理, 大肠菌群数量出现了反弹现象。

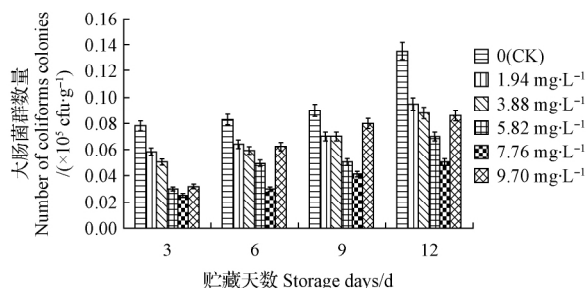


图 4 臭氧处理对杏鲍菇贮藏期子实体大肠菌群数量的影响

Fig. 4 Effects of ozone treatment on the number of coliform bacteria in fruiting bodies of *Pleurotus eryngii* during storage

2.5 臭氧处理对杏鲍菇贮藏期子实体腐烂率的影响

从图 5 可以看出, 臭氧处理 1.94 、 3.88 、 5.82 、 7.76 、 $9.70 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 及 $0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (CK), 低温贮藏至第 12 天, 杏鲍菇子实体腐烂率分别增加至贮藏第 3 天的 1.85 、 1.62 、 1.78 、 1.58 、 3.21 、 2.63 倍, 其中 $7.76 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 臭氧处理在低温贮藏后期 (6~12 d) 有效的抑制了杏鲍菇腐烂率, 降低了杏鲍菇的腐烂速度。 $7.76 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 臭氧处理子实体腐烂率在第 12 天明显低于同期其它 5 个处理。臭氧处理对杏鲍菇防腐效果不是处理浓度越高越好, 如 $9.70 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理, 菌落总数、霉菌、酵母菌、大肠菌群数量出现了不减反增现象, 使得杏鲍菇腐烂速度加快。

3 结论

食用菌采收后腐烂的主要因素是微生物, 安全有效无害的保鲜剂研发是今后的重点方针。目前, 臭氧用于食用菌防腐保鲜研究较少, 该试验研究发现, 臭氧处理能减少杏鲍菇子实体菌落总数的增加 (图 1); 臭氧还能降低杏鲍菇子实体的霉菌与酵母菌数量 (图 2~3); 臭氧在一定程度上还抑制大肠杆菌群数量的增长 (图 4); 通过臭氧处

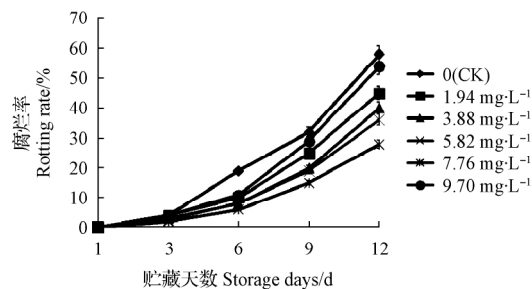


图 5 臭氧处理对杏鲍菇贮藏期子实体腐烂率的影响

Fig. 5 Effects of ozone treatment on the rotting rate of fruiting bodies of *Pleurotus eryngii* during storage

理抑制这些微生物, 有效的抑制了杏鲍菇腐烂率, 并降低了杏鲍菇的腐烂速度 (图 5)。

该试验研究表明, 臭氧对杏鲍菇处理时间越长, 防腐效果不是越来越好, 会在达到最佳时间后, 出现反效果 (图 2~5), 甚至会促进霉菌和酵母菌数量的增加, 提高杏鲍菇子实体腐烂的速度, 其原因可能是杏鲍菇子实体没有表皮, 过度臭氧处理损伤了细胞壁, 加速了杏鲍菇自溶现象, 使其更快腐烂。也可能是在含淀粉类营养源中酵母菌的繁殖增长作用明显, 同时也与臭氧浓度的高低, 过长时间的臭氧处理有关, 可能还有其它因素导致, 值得进一步研究, 也表明在保鲜剂选择上要根据产品劣变诱因等贮藏特性针对进行。结果表明, 在 5°C 冷藏条件下, 经 $5.0 \text{ g} \cdot \text{h}^{-1}$ 臭氧 (O_3) 发生器, 通气 1 min 后, $7.76 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 臭氧处理比其它 5 个臭氧处理更能明显降低微生物引起的杏鲍菇腐烂, 表明其在杏鲍菇保鲜技术方面具有良好的应用潜能。

参考文献

- [1] 宋婷. 不同处理对杏鲍菇贮藏过程中品质及相关酶活性的影响[D]. 太谷: 山西农业大学, 2014.
- [2] 王凤芳. 杏鲍菇中营养成分的分析测定[J]. 食品科学, 2002, 23(4): 132-135.
- [3] 张亚山. 食用菌保鲜技术分析[J]. 吉林农业, 2018(7): 106.
- [4] 李云云. 乙醇熏蒸处理对双孢蘑菇保鲜品质的影响[D]. 重庆: 西南大学, 2017.
- [5] 赵彬, 黄美娜, 袁毅, 等. 食用菌保鲜包装的研究进展[J]. 包装工程, 2016, 13: 92-98.
- [6] 钱建亚, 吴秋艳, 高晓燕. 臭氧处理对小麦面筋蛋白功能和流变学性质的影响[J]. 美食研究, 2017(1): 44-59; 23-25.
- [7] 高小燕, 钱建亚. 臭氧对小麦面粉增白的效果及品质的影响

- [J]. 美食研究, 2015(2): 61-64.
- [8] OGAWA J M, FELICIANO A J, MANJI B T. Evaluation of ozone as a disinfectant in post-harvest dump tank treatment for tomato[J]. Phytopathology, 1990, 80: 1020-1021.
- [9] MARGOSAN D A, SMILANICK J L. Mortality of spores of *Botrytis cinerea*, *monilina*, *Penicillium digitatum* and *Rhizopus stolonifer* after exposure to ozone gas and a survey of the tolerance of produce to sporocidal ozone doses[C]. Davis: Proceedings of Post-harvest Integrated Pest Management Meeting, 2000.
- [10] RICE R G, FARQUHAR W, BOLLYKY L J. Review in-cresing storage times for perishable foods[J]. Application of the Ozone Science and Ozone Four Gmeenng, 1982, (4): 147-163.
- [11] KATZENELSON E B, KLETTER B, SHUVAL H I. Inactivation kinetics of viruses and bacteria in water by use of ozone[J]. Journal of American Water Works Association, 1974, 66: 725-729.
- [12] WHANGCHAI K, SAENGNI K, et al. Effect of ozone in combination with some organic acids on the control of postharvest decay and pericarp browning of longan fruit[J]. Crop Protectio Guildford, 2006, (2): 67-70.
- [13] KRAUSE C R, WEIDENSAUL T C. Effects of ozone on the sporulation, germination and pathogenicity of *Botrytis cinerea*[J]. Phytopathology, 1977, 68: 195-198.
- [14] PALOU L, CRISOSTO C H, SMILANICK J L, et al. Effects of continuous 0.3 ppm ozone exposure on decay development and physiological responses of peaches and table grapes in cold storage[J]. Postharvest Biology & Technology, 2002, 24(1): 39-48.
- [15] SMILANICK J L, MARGOSAN D M, MLIKOTA F, et al. Control of citrus green mold by carbonate and bicarbonate salts and the influence of commercial post-harvest practices on their efficacy[J]. Plant Disease, 1999, 83: 139-145.
- [16] SANG P, ZAHAVI T, ZUTKHI Y, et al. Ozone for control of post-harvest grapes caused by *Rhizopus stolonifer*[J]. Physiology Mol Plant Pathol, 1996, 48(6): 403-415.
- [17] 谢丽源, 郑林用, 彭卫红, 等. 不同温度对采后杏鲍菇贮藏品质的影响研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(22): 334-338.
- [18] GB 4789. 2-2016. 菌落总数测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [19] GB 4789. 15-2016. 霉菌和酵母计数[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [20] GB 4789. 3-2016. 大肠菌群测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [21] 巩晋龙. 杏鲍菇(*Pleurotus eryngii*)冷藏保鲜技术及自溶机理研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2013.

Effects of Ozone Treatment on Preservation and Preservation of *Pleurotus eryngii* During Storage

XU Bing, TANG Yi, LAI Shuhan, WANG Yi

(School of Biology and Food Engineering, Changshu Institute of Technology, Changshu, Jiangsu 215500)

Abstract: The storage time of *Pleurotus eryngii* was $5.0 \text{ g} \cdot \text{h}^{-1}$ with different ozone concentration and the same treatment time combined with low temperature (5°C) on the number of fruiting body microorganisms and the rot rate of fruiting body during storage period were studied and analyzed by ozone treatment after harvest. The results showed that the dominant spoilage bacteria of *Pleurotus eryngii* were mainly yeast, followed by mold, so *Pleurotus eryngii* was seriously invaded by yeast and mold. Under the condition of 5°C cold storage, $7.76 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ozone treatment could significantly reduce the microbial decay of *Pleurotus eryngii* compared with the other five groups. This study could reduce the number of microorganisms in fruiting body, reduce the decay rate of fruiting body, improve postharvest physiology, quality and extend the shelf life of *Pleurotus eryngii*, which provided a reference for ozone in the preservation technology of *Pleurotus eryngii*.

Keywords: *Pleurotus eryngii*; ozone treatment; preservation technology