

臭氧处理对竹笋木质化及相关酶活性的影响^{*}

罗自生 张 莉

(浙江大学生物系统工程与食品科学学院, 杭州 310029)

【摘要】 为探索臭氧对竹笋木质化的影响,研究了100、200或300 μL/L臭氧处理30 min对冷藏(1±1)℃竹笋木质化及相关酶活性的影响。结果表明:臭氧处理可延缓竹笋冷藏期间硬度的上升,降低呼吸强度和乙烯释放量;可延缓PAL、POD和PPO活性的增加,其木质素和纤维素的含量分别比对照低7%~12%和8%~14%,霉变率比对照低71%~84%。臭氧处理延缓了竹笋的木质化进程。

关键词: 竹笋 臭氧 木质化 酶活性

中图分类号: TS205.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2010)11-0115-04

Effects of O₃ on Lignification and Related Enzyme Activity in Bamboo Shoots

Luo Zisheng Zhang Li

(College of Biosystems Engineering and Food Science, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

Abstract

In order to determine the effectiveness of O₃ on lignification of bamboo shoot (*Phyllostachys pubescens* Mazel), the bamboo shoots were exposed to either 100 μL/L, 200 μL/L or 300 μL/L for 30 min before stored at (1±1)℃ for 30 d. The effect of O₃ treatment on lignification and related enzyme activity were investigated. The results indicated that O₃ treatment inhibited firmness from increasing, while decreasing the respiration rate and ethylene production. O₃ treatment also retarded the activities of phenylalanine ammonia lyase (PAL), peroxidase (POD) and polyphenol oxidase (PPO) increasing. The cellulose and lignin content were 8%~14% and 7%~12% lower than that of control, and the decay rate was 71%~84% lower than that of control. Therefore, O₃ treatment has potential use in delaying lignification of bamboo shoot.

Key words Bamboo shoots, O₃, Lignification, Enzyme activity

引言

竹笋采后易木质化,常温下2~3 d即失去食用价值。臭氧保鲜技术以其独特的高活性、无残留、高渗透性、低成本等优点,广泛地应用于果蔬及其他食品的保鲜与加工等领域,具有很好的应用前景^[1~3]。目前臭氧处理在竹笋保鲜方面的应用研究鲜见报道。本文通过研究臭氧处理对竹笋生理和品质的影响,以为采后竹笋的贮藏保鲜提供理论依据和实

践指导。

1 材料与方法

1.1 材料与处理

毛竹笋(*Phyllostachys pubescens* Mazel)采自浙江省临安市,采收后当天运至实验室。选择长度25~30 cm,直径8~12 cm,无病虫害和机械伤害的竹笋,随机分成4组,每组75支,均置于体积约0.5 m³的密闭塑料帐篷内,分别充入100、200或300 μL/L臭

收稿日期: 2010-01-15 修回日期: 2010-01-24

^{*} 国家自然科学基金资助项目(30972060,31071621)

作者简介: 罗自生,教授,主要从事农产品采后生物学研究, E-mail: luozisheng@zju.edu.cn

氧处理 30 min,以未处理的为对照组,每组重复 3 次,然后装入塑料筐中,置于 $(1 \pm 1)^\circ\text{C}$ 下贮藏 30 d,每 5 d 抽样测定各指标。

1.2 测定方法

(1) 硬度:用 TA-XT2i 型质构仪测笋中部硬度,探头直径为 5 mm,测试深度为 3 mm,贯入速度为 1 mm/s,取最大值,重复 10 次取平均值。

(2) 竹笋霉变率计算公式为

$$A = \frac{B}{C} \times 100\%$$

式中 B——发霉笋数 C——总笋数

(3) 呼吸强度采用 GXH-305 型红外线 CO₂分析仪测定。

(4) 乙烯释放量采用 SP-6800 型气相色谱仪测定,测定条件为:氢火焰检测器,GDX-502 型填充柱,柱温为 90℃,进样器和检测器温度均为 140℃。

(5) 纤维素含量测定参照文献[4]的方法

(6) 木质素测定参照文献[5]的方法加以改进。

(7) 苯丙氨酸解氨酶(phenylalanine ammonia lyase,简称 PAL)活性的测定参照文献[6]的方法略有修改。

(8) 过氧化物酶(peroxidase,简称 POD)活性参照文献[7]的方法略有修改。

(9) 多酚氧化酶(polyphenol oxidase,简称 PPO)活性参照文献[8]的方法测定。

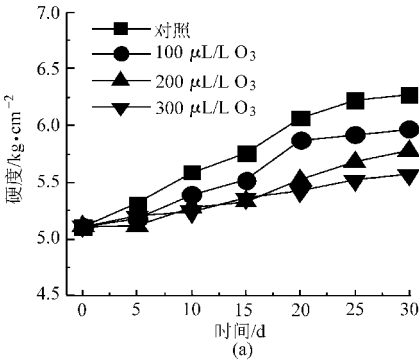


图 1 臭氧处理对冷藏竹笋硬度和霉变率的影响

Fig. 1 Effect of O₃ on activities of firmness and decay rate of cold storage bamboo shoots

2.2 呼吸强度和乙烯释放量

呼吸强度是表示采后果蔬新陈代谢的一个重要指标,是预测果蔬产品贮藏潜力的依据之一。一般而言,呼吸强度大,营养物质消耗快,会加速产品衰老,缩短贮藏寿命^[10]。采后竹笋冷藏期间对照处理呼吸强度维持在相对稳定的水平(图 2a),贮藏后期

1.3 仪器与设备

MJB-1 型臭氧杀菌机,北京美同达技术有限公司;TA-XT2i 型质构仪,英国 Stable Micro Systems 公司;SP-6800 型气相色谱仪,山东鲁南瑞虹化工仪器有限公司;SP-722E 型分光光度计,上海光谱仪器有限公司。

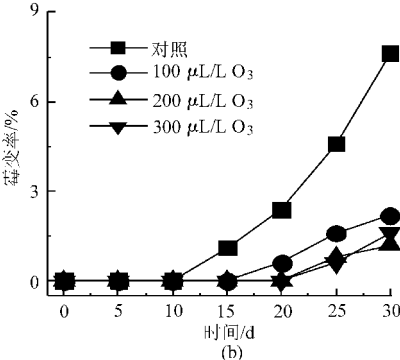
1.4 统计分析

数据统计分析采用 DPS 数据处理系统,在 0.05 水平进行最小显著差数法(least significant difference,简称 LSD)测验。用 Origin 6.0 软件作图。

2 结果与讨论

2.1 硬度和霉变率

果蔬质地是构成果蔬品质的重要因素,一般果蔬采后质地下降,而竹笋采后果肉组织硬度呈上升趋势(图 1a),对照 30 d 内增加了 23%,臭氧处理可明显延缓硬度的增大,而且随着浓度的增加而加强,30 d 时的硬度分别为对照的 95%、92% 和 88%。图 1b 可知,采后竹笋贮藏初期(前 10 d)基本不发生霉变现象,随后霉变率随时间增加而迅速增加,30 d 时高达 7.6%,而臭氧处理可明显抑制竹笋霉变的发生,其中以 200 μL/L 处理组发病率最低,臭氧处理竹笋贮藏 30 d 时霉变率分别为对照的 29%、16% 和 21%,臭氧处理竹笋的霉变率比对照低 71%~84%,处理与对照间差异达显著水平($P < 0.05$)。这与 Whangchai K 等^[9]在龙眼上的结果类似。



呼吸强度有所增加,臭氧处理抑制了竹笋的呼吸强度,而且随着浓度的增加而抑制效果加强,对照呼吸强度始终高于臭氧处理($P < 0.05$)。图 2b 可知,冷藏竹笋贮藏过程中的乙烯释放量先略有下降,10 d 后逐渐上升,臭氧处理降低了冷藏竹笋的乙烯释放量,而且随着浓度的增加而抑制效果加强。

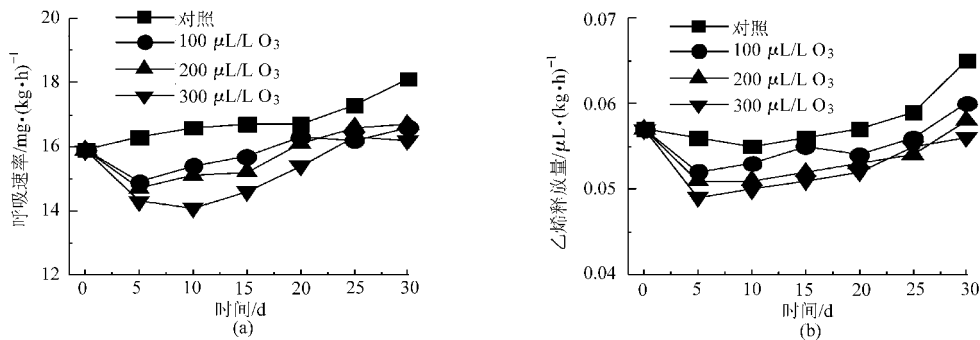


图 2 臭氧处理对冷藏竹笋呼吸强度和乙烯释放量的影响

Fig. 2 Effect of O₃ on respiration rate and ethylene production of cold storage bamboo shoots

2.3 纤维素和木质素含量

从图 3a 可知,采后竹笋冷藏期间纤维素含量呈上升趋势,对照处理 30 d 内增加了 56%,臭氧处理抑制了竹笋纤维素含量的增加,30 d 时分别为对照的 92%、86% 和 90%,臭氧处理的纤维素含量比对照低 8%~14%,处理与对照差异达显著水平($P < 0.05$)。采后竹笋木质素含量也呈增加趋势,对照 30 d 内增加了 62%,臭氧处理抑制了竹笋木质素含量的增加(图 3b),其木质素含量比对照低 7%~12%,处理与对照差异达显著水平($P < 0.05$)。木

质素和纤维素是植物细胞壁的主要组成成分之一,植物木质化是木质素在植物细胞壁积累的结果^[11]。采后竹笋贮藏期间木质素含量迅速增加,从而导致竹笋组织硬度增加。相关分析表明,竹笋组织硬度与木质素($r = 0.98$)及纤维素($r = 0.99$)含量之间呈极显著正相关关系,这说明竹笋木质化是木质素和纤维素在细胞壁逆向积累的结果。而臭氧处理可通过抑制竹笋木质素和纤维素的增加来延缓硬度的增大,An Jianshen 等^[12]在芦笋上也有类似的研究结果。

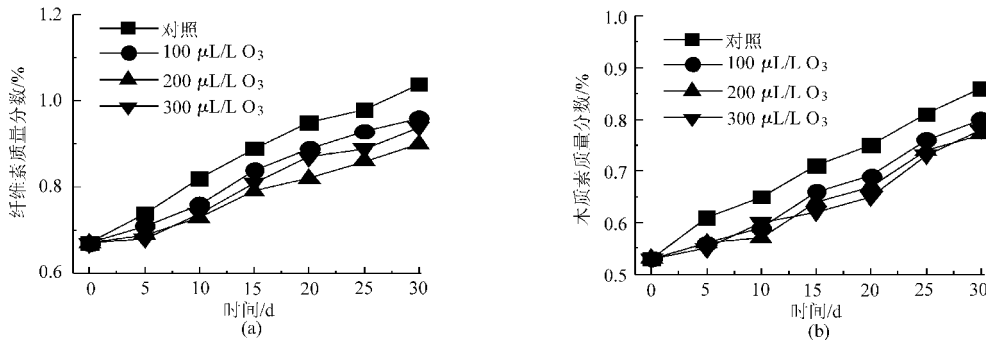


图 3 臭氧处理对冷藏竹笋纤维素和木质素含量的影响

Fig. 3 Effect of O₃ on cellulose and lignin content of cold storage bamboo shoots

2.4 PAL、POD 和 PPO 活性

PAL 是木质素生物合成中的关键酶,能催化苯丙氨酸转化为肉桂酸^[11];而 POD 则在木质素生物合成的最后一步中通过催化 H₂O₂ 分解而使木质素单体发生聚合反应形成木质素^[11];PPO 通过参与酚

类物质的氧化过程,而促进木质素的合成^[11,13]。竹笋是竹的幼茎,采后竹笋 PAL 活性迅速上升,对照 20 d 时达到高峰(图 4a),之后逐渐下降,臭氧处理不仅抑制了竹笋组织 PAL 活性的上升,也推迟了 PAL 活性高峰的出现,而且随着臭氧浓度的增加而

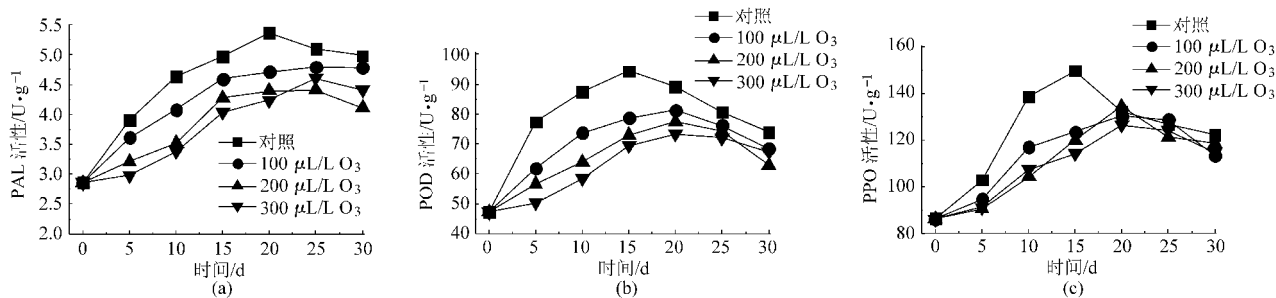


图 4 臭氧处理对冷藏竹笋 PAL、POD 和 PPO 活性的影响

Fig. 4 Effect of O₃ on activities of PAL, POD and PPO of cold storage bamboo shoots

抑制作用增强,臭氧处理竹笋组织的 PAL 活性一直低于同期对照的活性,An Jianshen 等^[12]也发现臭氧处理可有效抑制芦笋的 PAL 活性。从图 4b 可知,采后竹笋 POD 活性前期迅速上升,对照 15 d 时达到高峰,其峰值比刚采收时增加了 1 倍,臭氧处理不仅推迟了 POD 活性高峰的出现,也降低了 POD 活性的峰值,其峰值仅为对照的 77%~81%。采后竹笋对照处理 PPO 活性前期迅速上升(图 4c),15 d 时达到高峰,之后迅速下降,臭氧处理有效抑制了竹笋前期(前 15 d)的 PPO 活性,臭氧处理组 15 d 时的活性分别为对照的 82%、80% 和 76%,但贮藏后期(20 d)臭氧处理与对照竹笋的 PPO 活性无显著差异($P>0.05$)。毛竹笋贮藏期间由于 PAL、POD 和 PPO 活性的上升,促进竹笋木质素等物质的合成,从而导致竹笋组织木质化。而臭氧处理可通过抑制 PAL、POD 和 PPO 活性而延缓竹笋木质化进程。

3 结束语

竹笋是竹的幼茎,采后竹笋 PAL、POD 和 PPO 活性迅速上升,导致木质素和纤维素含量增加而发生木质化现象。本文以 100、200 或 300 $\mu\text{L/L}$ 臭氧处理毛竹笋 30 min,3 种处理都显著抑制竹笋贮藏期间霉变率的增加,降低采后竹笋贮藏期间的呼吸强度和乙烯释放量,而且延缓竹笋 PAL、POD 和 PPO 活性的增加,抑制了其木质素和纤维素含量的增加,延缓了竹笋硬度的上升。从臭氧处理对测定指标的抑制效果来看,200 $\mu\text{L/L}$ 或 300 $\mu\text{L/L}$ 臭氧效果强于 100 $\mu\text{L/L}$,但 200 $\mu\text{L/L}$ 和 300 $\mu\text{L/L}$ 的臭氧之间增效作用规律不明显,竹笋霉变率反而是 200 $\mu\text{L/L}$ 时最低,而硬度等指标的抑制效果以 300 $\mu\text{L/L}$ 为更佳,本文认为以 200~300 $\mu\text{L/L}$ 的臭氧处理毛竹笋较为理想。

参 考 文 献

- 1 Aguayo E, Escalona V H, Artés F. Effect of cyclic exposure to ozone gas on physicochemical, sensorial and microbial quality of whole and sliced tomatoes[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2006, 39(2): 169~177.
- 2 Keutgen Anna J, Pawelzik Elke. Influence of pre-harvest ozone exposure on quality of strawberry fruit under simulated retail conditions[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2008, 49(1): 10~18.
- 3 Najafi M B H, Khodaparast M H H. Efficacy of ozone to reduce microbial populations in date fruits[J]. *Food Control*, 2009, 20(1): 27~30.
- 4 大连轻工业学院. 食品分析[M]. 北京:中国轻工业出版社,1994:205~206.
- 5 鞠志国,刘成连,原永兵,等. 莱阳仕梨酚类物质合成的调节及其对果实品质的影响[J]. *中国农业科学*, 1993, 26(4): 44~48.
Ju Zhiguo, Liu Chenglian, Yuan Yongbing, et al. Regulation of phenolic synthesis and its effects on fruit quality of Laiyang chili (pear)[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 1993, 26(4): 44~48. (in Chinese)
- 6 周进徐,王绍卿. 低酚棉中苯丙氨酸解氨酶活力与某些含氮化合物的变化[J]. *植物生理学通讯*, 1990, 26(3): 39~40.
Zhou Jinxu, Wang Shaoqing. Activity of phenylalanine ammonia lyase and the changes of some nitrogenous compounds in oligophenol cotton[J]. *Plant Physiology Communications*, 1990, 26(3): 39~40. (in Chinese)
- 7 朱广廉,钟海文,张爱琴. 植物生理学实验[M]. 北京:北京大学出版社,1990:56~57.
- 8 郁志芳,田瑞锋,李妍,等. 香椿冷藏期间酚类物质及相关酶活性的变化[J]. *食品科学*, 2004, 25(4): 165~167.
Yu Zhifang, Tian Ruifeng, Li Yan, et al. Changes of phenolic substances and related enzymes in shoots of *Toona sinensis* during 0°C storage[J]. *Food Science*, 2004, 25(4): 165~167. (in Chinese)
- 9 Whangchai K, Saengnil K, Uthaibutra J. Effect of ozone in combination with some organic acids on the control of postharvest decay and pericarp browning of longan fruit[J]. *Crop Protection*, 2006, 25(8): 821~825.
- 10 McLaughlin C P, O'Berne D. Respiration rate of a dry coleslaw mix as affected by storage temperature and respiratory gas concentrations[J]. *Journal Food Science*, 1999, 64(1): 116~119.
- 11 陈晓亚. 植物次生代谢及调控[M]//余叔文,汤章城. 植物生理与分子生物学. 2 版. 北京:科学出版社,1998:390~401.
- 12 An Jianshen, Zhang Min, Lu Qirui. Changes in some quality indexes in fresh-cut green asparagus pretreated with aqueous ozone and subsequent modified atmosphere packaging[J]. *Journal of Food Engineering*, 2007, 78(2): 340~344.
- 13 Campbell M M, Ronald R. Variation in lignin content and composition[J]. *Plant Physiology*, 1996, 110(1): 3~13.