

# 竹笋采后活性氧代谢对木质化的影响

席珣芳, 罗自生, 程 度, 冯国斌, 章雪忠

(浙江大学食品系, 杭州 310029)

**摘要:**研究了竹笋在 5℃ 和 10℃ 下, 木质素含量、 $H_2O_2$  含量、超氧化物歧化酶(SOD)活性、过氧化氢酶(CAT)活性和过氧化物酶(POD)活性的相互关系和变化规律。结果表明, SOD、CAT 和 POD 3 种酶活性虽均呈先上升后下降趋势, 但  $H_2O_2$  呈持续上升趋势, 由于  $H_2O_2$  的积累, 致使木质素含量不断增加。5℃ 的 SOD、POD 活性和  $H_2O_2$  含量均显著低于 10℃ 下的数值, 5℃ 下木质素含量极显著低于 10℃ 下的数值。

**关键词:**竹笋; 活性氧代谢; 木质化

**中图分类号:**S644.2 **文献标识码:**A **文章编号:**0578-1752(2001)02-0197-03

## Effect of Active Oxygen Metabolism on Excised Bamboo Shoot Lignification

XI Yu-fang, LUO Zi-sheng, CHENG Du, FENG Guo-bin ZHANG Xue-zhong

(Food Science Department of Zhejiang University, Hangzhou 310029)

**Abstract:** The changes of lignin and  $H_2O_2$  content and activities of Superoxide dismutase (SOD), Catalase (CAT), Peroxidase (POD) were investigated in excised bamboo shoot (*Phyllostachys vivax* McClure) preserved at 5°C or 10°C. Results showed that the activities of SOD, CAT and POD increased initially and declined later. But the  $H_2O_2$  content continuously increased. The accumulation of  $H_2O_2$  result in increased lignin content. The activities of SOD and POD at 5°C were significantly lower than those of at 10°C. Lignin content at 5°C was highly significantly lower than that of at 10°C.

**Key words:** Bamboo shoot; Active oxygen metabolism; Lignification

竹笋 (*Phyllostachys vivax* McClure) 属禾本科竹亚科, 为植物幼体, 通常作蔬菜食用, 其味鲜美, 质地脆嫩。我国有竹林面积约 400 万 ha, 每年产笋 160 万吨<sup>[1]</sup>。但由于采后迅速失水和木质化, 使竹笋很快失去商品价值和食用品质, 因此贮运困难, 加工期短。据报道木质素形成与活性氧代谢有密切关系<sup>[2]</sup>。本文研究了采后竹笋组织中木质素含量和  $H_2O_2$  代谢及其相关酶 (SOD、CAT、POD) 活性变化规律, 为竹笋保鲜提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试材料来自浙江临安市, 品种为花哺鸡 (*Phyllostachys vivax* McClure. cv. Huapuji)。于

1999 年 4 月 15 日采收当天运回实验室。选择大小基本一致、无损伤和病虫害的健康竹笋为供试材料。将竹笋装入 0.04mm 的塑料袋中, 不封口, 置于 5℃ 和 10℃ 温度下贮藏, 每个处理 75 只, 重复 3 次, 每 5d 抽样测定一次。

### 1.2 测定项目与方法

1.2.1  $H_2O_2$  含量的测定 参照 Petterson 等<sup>[3]</sup>的方法。

1.2.2 超氧化物歧化酶 (superoxide dismutase, SOD) 活性的测定 参照何宇炯等<sup>[4]</sup>的方法。

1.2.3 过氧化氢酶 (catalase, CAT) 活性的测定 参照何宇炯等<sup>[4]</sup>的方法。

1.2.4 过氧化物酶 (peroxidase, POD) 活性的测定 参照朱广廉等<sup>[5]</sup>的方法。

收稿日期: 2000-04-12

作者简介: 席珣芳 (1936-), 女, 江苏昆山人, 教授, 博士生导师, 主要从事果蔬采后生理和贮运方面的教学和研究。罗自生为通讯联系人, Tel: 0571-6022698; E-mail: zishengluo@263.net

1.2.5 木质素含量的测定 参照鞠志国等<sup>[6]</sup>的方法。

## 2 结果与分析

### 2.1 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 含量的变化

图 1 可知,5℃和 10℃下,采后竹笋组织中的 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 含量呈持续上升趋势,20d 时,5℃下的为采后 0d 时的 1.92 倍,10℃下的为 3.27 倍,5℃的 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 含量仅为 10℃下的 58.6%。贮藏过程中,5℃下的 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 含量始终低于 10℃的含量,两者呈显著性差异(P<0.05)。表明温度对采后竹笋组织中 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的积累起重要作用。

### 2.2 贮藏温度对 SOD、CAT、POD 活性的影响

图 2、3、4 可知,贮藏于 5℃和 10℃下的 SOD、CAT 和 POD 活性前期(10d 内)呈上升趋势,高峰之后即下降。SOD 活性的高峰在 5℃和 10℃下均出现在采后 10d 时,分别为采后 0d 的 1.89 倍和 3.15 倍,两种温度下 SOD 活性水平呈显著性差异(P<0.05)。5℃和 10℃的 CAT 高峰也均出现在采后第 10d,分别为采后 0d 时的 2.90 倍和 3.15 倍,但两种温度下 CAT 活性水平差异不显著(P>0.05)。5℃下采后竹笋组织的 POD 活性在采后 5d 即达到高峰,其值为 0d 时的 1.21 倍,且活性一直处于较低水平,10℃下的活性高峰出现在采后 10d,高峰值为采后 0d 时的 1.77 倍,5℃和 10℃的 POD 活性呈显著差异(P<0.05)。

### 2.3 木质素含量的变化

图 5 可知,5℃和 10℃下采后竹笋组织中的木质素含量始终呈上升趋势。20d 时,5℃下木质素含量为采后 0d 的 1.95 倍,10℃下的为 4.27 倍,5℃下的含量始终处于较低水平,仅为 10℃下的 45.7%,二者差异极显著(P<0.01)。

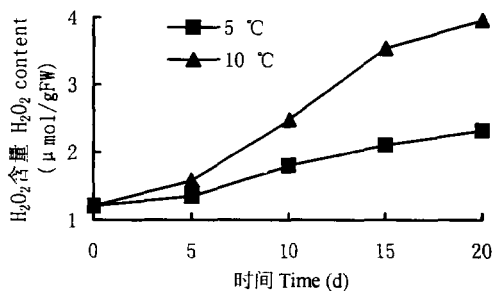


图 1 采后竹笋 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 含量变化

Fig. 1 The changes of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> content in excised bamboo shoot

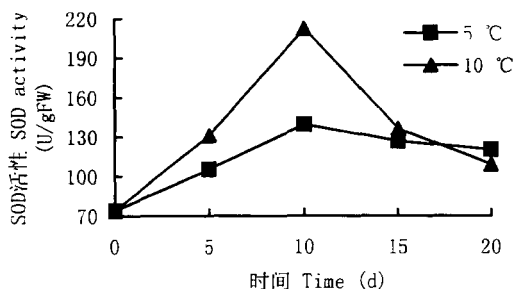


图 2 采后竹笋 SOD 活性的变化

Fig. 2 The changes of SOD activity in excised bamboo shoot

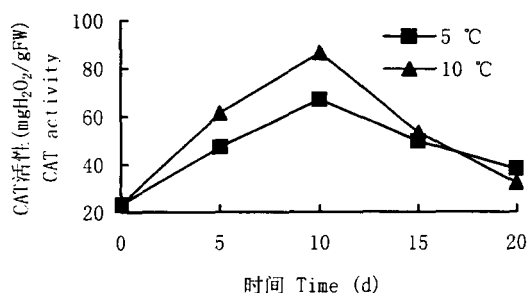


图 3 采后竹笋 CAT 活性变化

Fig. 3 The changes of CAT activity in excised bamboo shoot

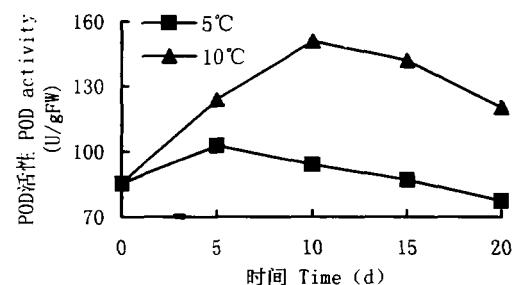


图 4 采后竹笋 POD 活性变化

Fig. 4 The changes of POD activity in excised bamboo shoot

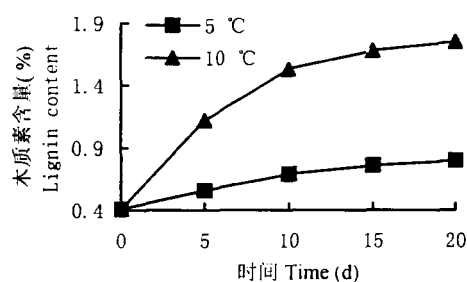


图 5 采后竹笋木质素含量变化

Fig. 5 The changes of lignin content in excised bamboo shoot

### 3 讨论

植物在生命过程中会产生活性氧(包括  $H_2O_2$ 、超氧阴离子、羟自由基和单线态氧等),超氧阴离子在 SOD 的催化下形成  $H_2O_2$ ,再经 CAT 或 POD 的催化形成  $H_2O$  和  $O_2$ ,正常情况下植物体内的活性氧处于产生与清除的动态平衡状态<sup>[2]</sup>,Asada-K Chloroplasts<sup>[2]</sup>认为,逆境条件下活性氧清除酶间的活性变化不同步,从而导致活性氧大量产生。本研究结果显示,5 C 和 10 C 温度下竹笋组织中的 SOD、CAT 和 POD 三种酶活性变化虽均呈峰形变化趋势(图 2、3、4),但  $H_2O_2$  含量却持续上升(图 1)。这与陈立松等<sup>[8]</sup>在研究水分胁迫对荔枝叶片 SOD、CAT 和 POD 的不协调上升,导致  $H_2O_2$  积累结果相一致。这可能是由于 SOD 催化产生的  $H_2O_2$  量超过了 CAT、POD 的清除量,导致  $H_2O_2$  积累,其机理有待进一步研究。5 C 下 SOD、POD 活性低于 10 C 下的活性,且呈显著差异,但 CAT 差异不显著,此结果与陈贻竹<sup>[9]</sup>研究低温对植物 SOD、CAT 和 POD 水平的的影响相一致,这可能是低温对 3 种酶活性的抑制程度不同所致。吴岳轩等<sup>[10]</sup>和 Campbell M. M 等<sup>[11]</sup>认为,POD 是细胞内的一个重要防御酶,它不仅是细胞内活性氧的清除剂,也能在  $H_2O_2$  参与下催化木质素前体(香豆酸等)的交联、聚合反应,从而提高了组织木质化程度。N. Milosevic 等<sup>[12]</sup>发现,由于赤豆中活性氧清除酶系统的不协调而导致的  $H_2O_2$  积累和 POD 活性的上升,使木质素含量显著增加。本研究也发现,竹笋贮藏期间随着  $H_2O_2$  含量持续上升,木质素含量也同步增加(见图 1、5),5 C 下的竹笋木质素含量极显著低于 10 C 下的含量,这是由于 5 C 下  $H_2O_2$  的含量和 POD 活性都显著低于 10 C 下的含量。经相关分析表明,木质素与  $H_2O_2$  含量二者间呈正相关,5 C 和 10 C 下相关系数(r)分别为 0.96 和 0.89。

本研究认为,采后竹笋的木质化过程与活性氧代谢密切相关,温度对采后竹笋的木质化程度起重要作用,适当低温能有效抑制采后竹笋的木质化过程。此外是否还可从采前热处理、气调等方法用于竹笋保鲜,则有待于进一步研究。

### References:

- [1] Qiu F G, Ding X C, Zhang L Q. Study on the retaining freshness of bamboo shoot and its production practice[J]. J. of Bamboo Research, 1995, 14(1): 63-72. (in Chinese)  
裘福庚,丁兴萃,张立钦.竹笋保鲜研究和生产实践[J].竹子研究汇刊,1995,14(1):63-72.
- [2] Wang A G. Plant oxygen metabolism[A]. Yu S W, Tang Z C. Phytophysiology and Molecular Biochemistry[M]. Beijing: Science Publication House, 1998: 366-389. (in Chinese)  
王爱国.植物的氧代谢[A].余叔文,汤章诚.植物生理与分子生物学[M].北京:科学出版社,1998:366-389.
- [3] Patterson B D, Mikal Y, Nam H G. Estimation of hydrogen peroxide in plant extracts using titanium (IV) [J]. Analytical Biochemistry, 1984, 139: 487-492.
- [4] He Y J, Xu R J, Zhao Y J. Enhancement of senescence by epibrassinolide in leaves of mung bean seedlings[J]. Acta Phytobiologica Sinica, 1996, 22(1): 58-62. (in Chinese)  
何宇炯,徐如涓,赵毓楠.表油菜素内酯对绿豆幼叶衰老的促进作用[J].植物生理学报,1996,22(1):58-62.
- [5] Zhu G L, Zhong H W, Zhang A Q. Plant Physiological Experiment [M]. Beijing: Beijing University Publication House, 1990: 56-57. (in Chinese)  
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.
- [6] Ju Z G, Liu C L, Yuan Y B. 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)  
鞠志国,刘成连,原永兵.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.
- [7] Asada K Chloroplasts. Formation of active oxygen and its scavenging[J]. Methods Enzymology, 1984, 105: 422-429.
- [8] Chen L S, Liu X H. Effect of water stress on active oxygen metabolism in lichi leaves[J]. Acta Horticulturae, 1998, 25(3): 241-246. (in Chinese)  
陈立松,刘星辉.水分胁迫对荔枝叶片活性氧代谢的影响[J].园艺学报,1998,25(3):241-246.
- [9] Chen Y Z. The effect of chilling temperature on the leaves of superoxide dismutase, catalase and hydrogen peroxide in some pent leaves[J]. Acta Phytobiologica Sinica, 1988, 14(4): 323-328. (in Chinese)  
陈贻竹.低温对植物 SOD、CAT 和  $H_2O_2$  水平的影响[J].植物生理学报,1988,14(4):323-328.
- [10] Wu Y X, Zeng F H, Wang R C. A preliminary study on the relationship between induced resistance to bacterial blight and defences enzymes in hybrid rice seedlings [J]. Acta Plant Pathology, 1996, 26(2): 127-131. (in Chinese)  
吴岳轩,曾富华,王荣臣.杂交水稻对白叶枯病的诱导抗性与其细胞内防御酶系统关系的初步研究[J].植物病理学报,1996,26(2):127-131.
- [11] Campbell M M, Ronald R Sederoff. Variation in lignin content and composition [J]. Plant Physiology, 1996, 110: 3-13.
- [12] N Milosevic, A J Slusarenko. Active oxygen metabolism and lignification in the hypersensitive response in bean[J]. Physiology and Molecular Plant Pathology, 1996, 49: 143-158.