

## 谷胱甘肽对采后石刁柏木质化和食用品质的影响

刘尊英<sup>1,\*</sup> 姜微波<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 中国海洋大学食品工程系, 山东青岛 266003; <sup>2</sup> 中国农业大学食品科学与营养工程学院, 北京 100083

**提要** 在(24±1)°C条件下, 谷胱甘肽(GSH)可显著抑制采后石刁柏木质素合成前体总酚的含量及与木质素合成相关的苯丙氨酸解氨酶(PAL)和过氧化物酶(POD)活性上升, 延缓叶绿素、可溶性糖、可溶性蛋白和核酸的降解, 降低活性氧和木质素含量, 从而保持石刁柏的鲜嫩品质。

**关键词** 石刁柏; 谷胱甘肽(GSH); 木质化; 食用品质

## Effects of Glutathione on the Lignification and Quality of Postharvest Green Asparagus (*Asparagus officinalis* L.)

LIU Zun-Ying<sup>1,\*</sup>, JIANG Wei-Bo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Engineering, Ocean University of China, Qingdao, Shandong 266003, China; <sup>2</sup>College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China

**Abstract** The effects of glutathione (GSH) on the postharvest lignification and edible quality of green asparagus (*Asparagus officinalis* L.) were assayed at (24±1)°C. The results indicated that the levels of total phenols, active oxygen and lignin under GSH treatment were lower than those of control. The activities of phenylalanine ammonia-lyase (PAL) and peroxidase (POD), and the degradations of chlorophyll, soluble sugar, soluble protein and nucleic acid in the asparagus were significantly reduced. The quality of asparagus was fresher and more tender.

**Key words** green asparagus; glutathione (GSH); lignification; quality

石刁柏(*Asparagus officinalis* L.)营养丰富, 质地脆嫩, 常温条件下木质化进程较快, 品质下降迅速。石刁柏木质化的研究已有一些报道, 但主要集中在冷藏和气调贮藏保鲜中<sup>[1,2]</sup>, 对石刁柏木质化机制的报道较少。有研究表明, 自由基在植物组织木质化过程中起重要作用<sup>[3,4]</sup>, 而谷胱甘肽(glutathione, GSH)作为自由基的有效清除剂, 在采后果蔬木质化中的研究还未见报道。本文探讨了GSH对石刁柏木质素合成相关生理指标和食用品质的影响, 以期能为控制采后石刁柏木质化进程提供参考。

### 材料与方法

材料为石刁柏(*Asparagus officinalis* L. cv. Mary Washington 500), 又称绿芦笋或龙须菜, 采收当天运回实验室。石刁柏长度约18~20 cm, 直径1.0~1.5 cm, 顶部鳞片紧密, 不空心, 无锈斑。所选材料基部立即用GSH (1 g·L<sup>-1</sup>)浸泡20 min, 风干后用0.05 mm厚聚乙烯袋包装, 竖直放入贮

藏筐中, 于(24±1)°C恒温室中避光保存。以直接用聚乙烯袋包装的石刁柏为对照。每个处理(1 000±20) g嫩茎, 重复3次。

木质素含量参照Morrison<sup>[5]</sup>的方法测定。总酚含量参照Singleton等<sup>[6]</sup>的方法测定。苯丙氨酸解氨酶(phenylalanine ammonia-lyase, PAL)参照文献7的方法测定。肉桂醇脱氢酶(cinnamyl alcohol denhydrogenase, CAD)参照Goffner等<sup>[8]</sup>的方法测定。多酚氧化酶(polyphenol oxidase, PPO)和过氧化物酶(peroxidase, POD)活性分别参照文献9和10的方法测定。H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>含量参照文献11的方法测定。O<sub>2</sub><sup>-</sup>含量参照王爱国和罗广华<sup>[12]</sup>的方法测定。可溶性蛋白含量参照Bradford<sup>[13]</sup>的方法测定。核酸含量参照文献14的方法测定, 以小牛胸腺DNA (Sigma公司产品)作标准曲线。叶绿素和可溶性糖

收稿 2004-10-18 修定 2004-12-27

资助 中以农业研究基金(SIARF2001-04)。

\*E-mail: liuzunying@ouc.edu.cn, Tel: 0532-2032400

含量参照文献 15 的方法测定。

## 结果与讨论

### 1 GSH对采后石刁柏中总酚和木质素含量的影响

石刁柏采收后, 总酚含量上升, 贮藏 3 d 时 GSH 处理与否的总酚含量均达到峰值, 而后急剧下降(图 1)。GSH 可显著延缓采后石刁柏总酚含量的增加。贮藏 1~3 d, GSH 处理的总酚含量明显低于不用 GSH 处理的 ( $P < 0.01$ )。

采后石刁柏木质素含量呈持续增加趋势(图 1)。GSH 处理的木质素含量增加较为缓慢, 贮藏 3 和 5 d 时, 均低于不用 GSH 处理的, 差异均达极显著水平 ( $P < 0.01$ )。

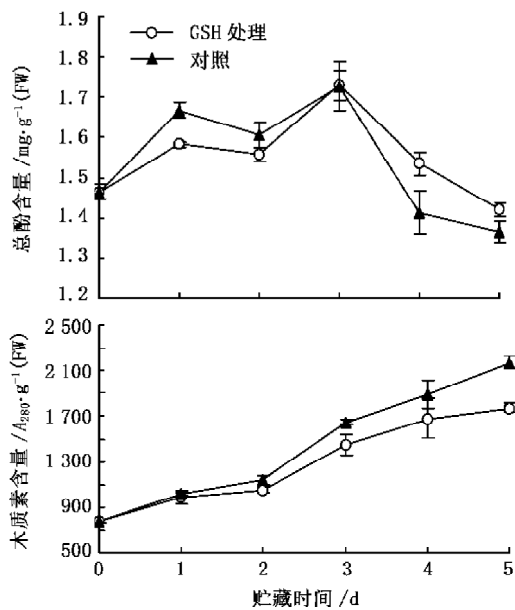


图1 GSH对采后石刁柏中总酚和木质素含量的影响  
Fig. 1 Effects of GSH on the total phenol and lignin content in postharvest green asparagus  
上下竖线为  $\pm$  标准误差值, 下同。

酚类物质是木质素合成的前体, 而 GSH 明显降低石刁柏总酚含量, 抑制总酚含量的上升, 显示其可能有抑制木质素合成的作用。

### 2 GSH对采后石刁柏中H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>和O<sub>2</sub><sup>-</sup>含量的影响

石刁柏贮藏过程中, O<sub>2</sub><sup>-</sup> 含量持续增加, GSH 可抑制 O<sub>2</sub><sup>-</sup> 含量上升(图 2)。贮藏 3 和 5 d, GSH 处理的 O<sub>2</sub><sup>-</sup> 含量均比不用 GSH 处理的低, 差异达

极显著水平 ( $P < 0.01$ )。

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 含量在贮藏过程中也急剧增加, GSH 可抑制 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 含量上升。贮藏 3 和 5 d, GSH 处理的 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 含量均比不用 GSH 处理的低, 且差异显著 ( $P < 0.05$ , 图 2)。

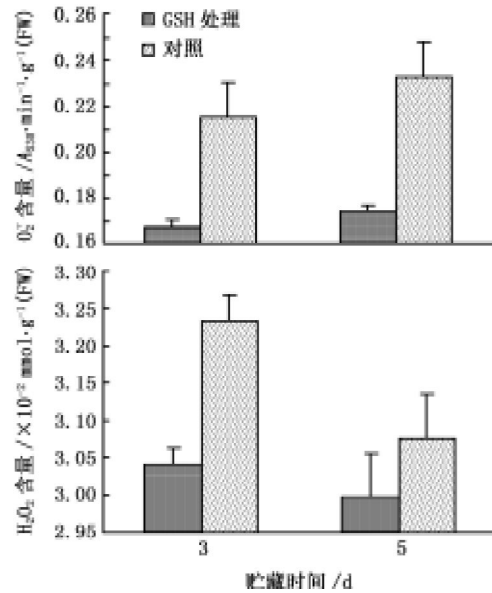


图2 GSH对采后石刁柏中H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>和O<sub>2</sub><sup>-</sup>含量的影响  
Fig. 2 Effects of GSH on the H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and O<sub>2</sub><sup>-</sup> contents in postharvest green asparagus

活性氧是参与植物组织木质化进程的<sup>[3]</sup>, GSH 明显抑制 O<sub>2</sub><sup>-</sup> 和 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 含量的增加, 贮藏过程中活性氧含量始终保持在较低水平上, 这就降低了木质素单体之间的氧化交联, 因而延缓了石刁柏木质化进程。

### 3 GSH对采后石刁柏中4种酶活性的影响

石刁柏贮藏的最初 2 d 内, PAL 活性增加, GSH 处理的酶活性于贮藏 2 d 时达到峰值, 后逐渐降低(图 3-a)。贮藏 2 d 后, GSH 处理的 PAL 酶活性均低于不用 GSH 处理的, 表明 GSH 在一定程度上可抑制 PAL 活性升高。

采后石刁柏 PPO 与 CAD 活性均稍有增加(图 3-b、c), GSH 在一定程度上可促进 PPO 和 CAD 活性的增加, 但整个贮藏过程, 与不用 GSH 处理的差异均不显著。

采后石刁柏中 POD 活性增加, 并于贮藏 2 d 时达峰值(图 3-d)。GSH 显著抑制 POD 活性的上

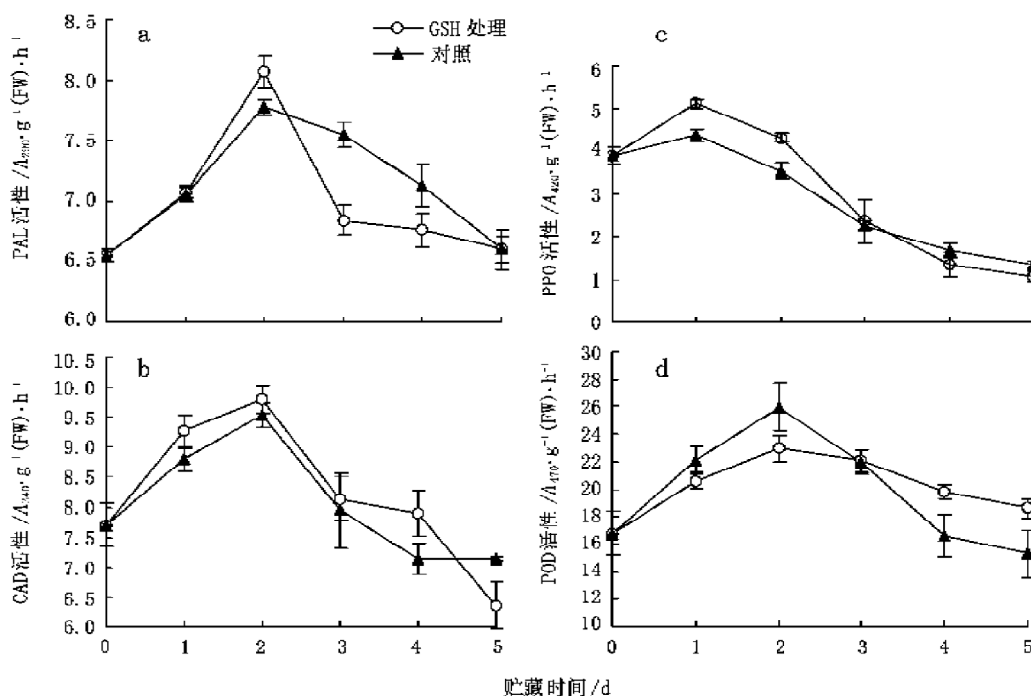


图3 GSH对采后石刁柏中4种酶活性的影响

Fig. 3 Effects of GSH on the enzyme activities in postharvest green asparagus

升, 达峰值时, GSH处理的POD活性比不用GSH处理的低11.6%, 差异达极显著水平( $P < 0.01$ )。贮藏后期, 不用GSH处理的POD活性急剧下降, GSH处理的POD活性下降幅度较为平缓。

PAL、PPO、CAD和POD都参与酚类物质代谢, 是木质化过程中的关键酶类。已有研究表明, 提高PAL、CAD或POD酶活性可显著增加植物组织木质素含量<sup>[16, 17]</sup>。GSH在一定程度上可抑制PAL, 特别是POD活性的上升, 延缓其在木质化过程中的作用。据此可以认为, 施用GSH调节或控制木质化过程中的酶活性以调节植物组织的木质化进程是值得考虑的途径。

#### 4 GSH对采后石刁柏食用品质的影响

采后石刁柏在 $(24 \pm 1)^\circ\text{C}$ 贮存5 d后, 其叶绿素、可溶性糖、可溶性蛋白及核酸含量均呈下降趋势(表1)。贮藏3和5 d, GSH处理的叶绿素和可溶性糖含量分别比不用GSH处理的高, 差异均达显著水平( $P < 0.05$ )。贮藏3 d, GSH处理的蛋白质含量与不用GSH处理的差异不显著, 核酸含量差异则达显著水平( $P < 0.05$ )。我们的蒸煮咀嚼试验也表明, GSH处理贮藏3 d的石刁柏口感脆嫩, 木质化较轻。贮藏5 d的石刁柏虽有部分木质化, 但尚能接受, 而此时不用GSH处理的已黄化、萎缩、严重木质化, 不能食用。表明GSH

表1 GSH对采后石刁柏食用品质的影响

Table 1 Effects of GSH on the edible quality of postharvest green asparagus

处理	贮藏时间/d	叶绿素含量/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (FW)	可溶性糖含量/%	可溶性蛋白含量/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ (FW)	核酸含量/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ (FW)
对照	3	$62.9 \pm 1.1$	$2.08 \pm 0.02$	$1.06 \pm 0.023$	$1.193 \pm 0.089$
	5	$36.8 \pm 2.1$	$1.05 \pm 0.03$	$0.66 \pm 0.052$	$0.705 \pm 0.046$
GSH	3	$69.2 \pm 3.2^*$	$2.18 \pm 0.10^*$	$1.09 \pm 0.007$	$1.295 \pm 0.036^*$
	5	$55.0 \pm 2.7^{**}$	$1.35 \pm 0.05^{**}$	$0.80 \pm 0.034^{**}$	$0.756 \pm 0.027^*$

表内数据为3次重复平均的结果; \*, \*\*表示与对照相比分别达0.05、0.01显著水平。

明显延缓采后石刁柏的叶绿素和可溶性糖含量下降, 保持较高的蛋白和核酸含量, 延缓石刁柏的木质化进程, 同时增加石刁柏的营养品质, 因此, 施用 GSH 延缓采后石刁柏的品质下降是可行的。

### 参考文献

- 1 Zurera G, Munoz M, Moreno R et al. Cytological and composition evaluation of white asparagus spears as a function of variety, thickness, portion and storage conditions. *J Sci Food Agr*, 2000, 80(3): 335~340
- 2 Siomos AS, Sfakiotakis EM, Dogras CC. Modified atmosphere packaging of white asparagus: composition, color and texture quality response to temperature and light. *Sci Hortic*, 2000, 84(1/2): 1~13
- 3 Milosevic N, Slusarenko AJ. Active oxygen metabolism and lignification in the hypersensitive response in bean. *Physiol Plant Pathol*, 1996, 49: 143~158
- 4 Zarra I, Sanchez M, Queijeiro E. The cell wall stiffening mechanism in *Pinus pinaster* Aiton: Regulation by apoplastic levels of ascorbate and hydrogen peroxide. *J Sci Food Agr*, 1999, 79: 416~420
- 5 Morrison IM. A semi-micro methods for the determination of lignin and its use in predicting the digestibility of forage crops. *J Sci Food Agr*, 1972, 23: 455~463
- 6 Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventos RM. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidant by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol*, 1999, 299: 152~198
- 7 Koukol J, Conn EE. The metabolism of aromatic and properties of the phenylalanine deaminase of *Hordeum vulgare*. *J Biol Chem*, 1961, 236(10): 2692~2698
- 8 Goffner D, Joffroy I, Grima PJ. Purification and characterization of isoforms of cinnamyl alcohol dehydrogenase from *Eucalyptus* xylem. *Planta*, 1992, 188(1): 48~53
- 9 Galeazzi MAM, Sgarbieri V, Costantinides SM. Isolation, purification and physicochemical characterization of polyphenol oxidase from dwarf variety of banana (*Musa cavendishii*). *J Food Sci*, 1981, 46: 150~155
- 10 Hammerschmidt R, Kuc J. Lignification as a mechanism for induced systemic resistance in cucumber. *Physiol Plant Pathol*, 1981, 20: 61~71
- 11 林植芳, 林桂珠, 李双顺等. 衰老叶片和叶绿体中 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 积累与膜脂过氧化关系. *植物生理学报*, 1988, 14(1): 16~22
- 12 王爱国, 罗广华. 植物的超氧化物自由基与羟胺反应的定量关系. *植物生理学通讯*, 1990, 26(6): 55~57
- 13 Bradford MM. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding. *Anal Biochem*, 1976, 72: 248~254
- 14 朱广廉, 钟海文, 张爱琴. *植物生理学实验*. 北京: 北京大学出版社, 1990. 46~52
- 15 李合生. *植物生理生化分析方法*. 北京: 高等教育出版社, 2000. 226~227
- 16 John M, David M, Malley O et al. Inheritance, gene expression, and lignin characterization in a mutant pine deficient in cinnamyl alcohol dehydrogenase. *Plant Biol*, 1997, 94: 8255~8260
- 17 Stephane HCH, Anthony L, Claude H. Activities of enzymes involved in lignification during the postharvest storage of etiolated asparagus spears. *Physiol Plant*, 1992, 86: 474~478