

# 丹皮酚磺酸钠对樱桃番茄的保鲜作用的研究

沈 奇<sup>1</sup>, 金春雁<sup>1</sup>, 缪月秋<sup>1</sup>, 吴晓慧<sup>1</sup>, 陆长梅<sup>1</sup>, 张卫明<sup>2</sup>, 吴国荣<sup>1,\*</sup>

(1. 南京师范大学生命科学院, 江苏 南京 210097

2. 南京野生植物综合利用研究院, 江苏 南京 210042)

**摘 要:** 本文采用自己制备的高纯度丹皮酚磺酸钠对樱桃番茄果实进行保鲜作用的研究, 并探讨其作用机制。结果表明: 丹皮酚磺酸钠能有效降低贮果的失重率和霉变率, 显著延缓了贮藏过程中贮果膜透性的增加, 明显抑制了贮果中总有机酸、维生素 C 和可溶性蛋白质含量进行性减少的趋势, 较大程度上维护贮果细胞中超氧化物歧化酶(SOD) 的活性。对贮果的保鲜效应与所应用丹皮酚磺酸钠的浓度成正相关的正相关性, 其保鲜作用的机制可能与丹皮酚磺化物有明确的抑制植物病原菌及有较强的自由基清除作用相关。

**关键词:** 丹皮酚磺酸钠; 保鲜; 樱桃番茄

## Preservation Study on the Effects of Sodium Paeonol Sulfonate (SPS) on Cherry Tomatoes Fruits

SHEN Qi<sup>1</sup>, JIN Chun-Yan<sup>1</sup>, MIAO Yue-Qiu<sup>1</sup>, WU Xiao-Hui<sup>1</sup>, LU Chang-Mei<sup>1</sup>,

ZHANG Wei-Ming<sup>2</sup>, WU Guo-Rong<sup>1,\*</sup>

(1. College of Life Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China

2. Institute of Comprehensive Utilization of Wild Plant, Nanjing 210042, China)

**Abstract:** The preservation effects of highly purified SPS on cherry tomatoes and their mechanism were investigated in this paper. Results showed that, during the storage period, SPS could effectively reduce the rates of its weight-loss and mildew, delay the increase of the membrane permeability, inhibit the decrease of the contents of the total acidity, vitamin C and soluble protein, and resist the changes of the SOD activities. Results also indicated a close positive correlation between the preservation effects of SPS and its concentration in treatment. Their preservation function might owing to their antioxidant and antimicrobial capabilities.

**Key words:** sodium paeonol sulfonate; preservation; cherry tomatoes

中图分类号 TS202.3

文献标识码 A

文章编号 1002-6630(2005)04-0256-04

丹皮是常用的植物药, 为毛茛科植物牡丹 (*Paeonia suffruticosa* Andr.) 的干燥根皮, 有清热凉血、活血祛瘀之功效, 其主要有效成分为丹皮酚。现代医学研究证明丹皮酚具有抑菌消炎、解热镇痛、降压利尿、抗凝血、抗过敏、增强免疫功能等作用<sup>[1]</sup>。由于丹皮酚在水中溶解度很低, 使用不方便, 因此将其磺化修饰, 制备成丹皮酚磺酸钠盐, 不仅保留了其原有的生物学活性, 也大大提高了水溶性。有实验表明丹皮酚磺酸钠具有较强的抑制植物病原细菌和真菌的效应<sup>[2]</sup>, 展示出其作为植物源杀菌剂的应用前景。

现今人们都崇尚自然, 喜欢绿色食品, 因此最近

有中草药应用于食品保鲜的相关研究报道<sup>[3]</sup>。丹皮酚及丹皮酚磺酸钠在医药、美容方面都已有应用的成果<sup>[4-7]</sup>, 而其应用于食品保鲜的研究尚未见报道, 本文以我们自己制备的高纯度丹皮酚磺酸钠为材料, 选取果实成熟过程快, 属于典型呼吸跃变型植物——番茄果实 (*Lycopersicon esculentum* Mill) 为试验对象, 研究和探讨其在果蔬保鲜方面的应用效果及机理, 旨在为以丹皮为原料开发出新型的保鲜剂提供一些有价值的研究资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 丹皮酚磺酸钠的制备 参照吴晓慧等的方法<sup>[2]</sup>。

收稿日期 2004-05-28

\* 通讯作者

基金项目: 国家科学技术部科研院所开发研究专项课题(2002EG163191);

江苏省省级重点研究室开放研究课题(164076301402)

作者简介: 沈奇(1981-), 女, 硕士研究生, 从事植物生理生化的学习与研究。

以安徽南陵产的牡丹根皮为原料,用水蒸气蒸馏法提取的丹皮酚与发烟硫酸、浓硫酸按照0.3:1.95(V:V)混合后,在75℃温度下反应45min。再经三次乙酸乙酯萃取后,加热脱色,过滤,滤液加入NaCl,待全溶后冷藏过夜,重结晶,过滤干燥,得无色细长晶体。该产品经江苏省理化测试中心测得纯度为99.8433%。

1.2 材料 樱桃番茄(TM-Cherry-94-引-1)采自江苏省农科院蔬菜所。挑选果实大小均匀,成熟度一致、无机械损伤和无病虫害的作为参试样品。

1.3 保鲜处理 贮果分别用25、100、400mg/L的丹皮酚磺酸钠溶液浸泡5min,自然晾干,对照用蒸馏水处理。装入0.02mm厚的聚乙烯薄膜袋中,用橡皮筋绕两道封闭。每袋30个果子,在 $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 的控温培养箱内贮存。分别于贮藏的当天和第4、8、12、16d取样进行相关生理指标的测试。

1.4 测试方法 失重率和好果率:分别参照陆胜民等的称量法和记果数方法<sup>[8]</sup>。细胞膜透性的测定:参照郑永华等的紫外吸收法<sup>[9]</sup>。总有机酸含量的测定:采用黄伟坤等的碱滴定法<sup>[10]</sup>。维生素C含量的测定:参照Tanaka 等的方法<sup>[11]</sup>。可溶性蛋白含量的测定:用考马斯亮蓝显色法测定<sup>[12]</sup>。超氧化物歧化酶(SOD)活性测定:参照Stewart和Bewley等的抑制NBT光化还原法测定<sup>[13]</sup>。取样测定,均重复三次,并对测定的指标做相关性(R)分析、方差分析和P检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 丹皮酚磺酸钠对贮果失重率的影响

水果在贮藏过程中由于水分散失,引起重量减少,果皮皱缩,故失重率是果蔬保鲜的重要指标之一。从图1可以看出丹皮酚磺酸钠各浓度处理组的失重率曲线均位于对照组下方,400mg/L处理组失重率增加的趋势最小,贮存至16d,该组贮果的失重率仅为对照组的

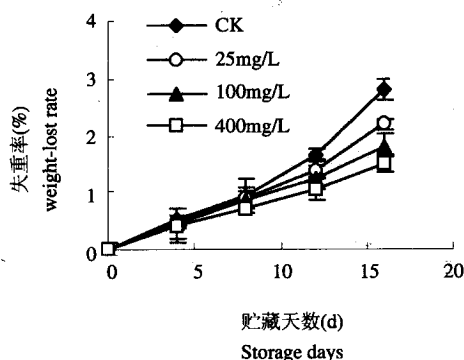


图1 丹皮酚磺酸钠各浓度对樱桃番茄失重率的影响

Fig. 1 Effects of sodium paeonol sulfonate on the weight-lost rate in cherry tomatoes

53.93%,经P检验,与对照组之间存在极显著性差异( $p < 0.01$ ),贮果失重率的增加与处理组的浓度明显呈负相关( $r = -0.93904$ )。

### 2.2 丹皮酚磺酸钠对贮果好果率的影响

随着贮存时间的延长,贮果表面出现霉烂和坏死斑点。各处理组的好果率下降的幅度较对照组要小(图2),其中400mg/L浓度处理的最为明显,保鲜处理至16d,其好果率高于对照组44%,较其他两个浓度处理组也分别高出11%和22%。经P检验,其与对照组之间有极显著性差异( $p < 0.01$ )。

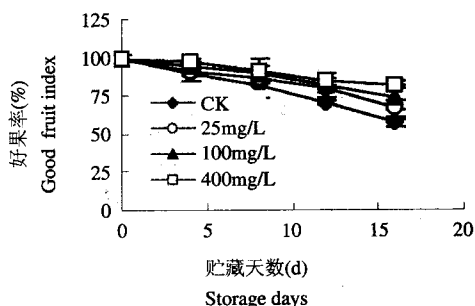


图2 丹皮酚磺酸钠对樱桃番茄好果率的影响

Fig. 2 Effects of sodium paeonol sulfonate on the good fruit rate in cherry tomatoes

### 2.3 丹皮酚磺酸钠对贮果膜透性的影响

细胞膜透性与膜结构的完整紧密相关,膜透性的改变会直接影响贮果的失重率和好果率等保鲜指标。丹皮酚和丹皮酚磺酸钠均有较强的抗氧化性<sup>[14]</sup>,实验结果表明丹皮酚磺酸钠对抑制细胞膜的过氧化反应,抑制膜透性的增加是有作用的(图3)。经丹皮酚磺酸钠各浓度处理的贮果在贮藏过程中,其细胞膜透性均比平行的对照组低,且呈明显的浓度效应,贮藏至16d,400mg/L处理组比对照组膜透性低60.83%,达到极显著性水平( $p < 0.01$ )。

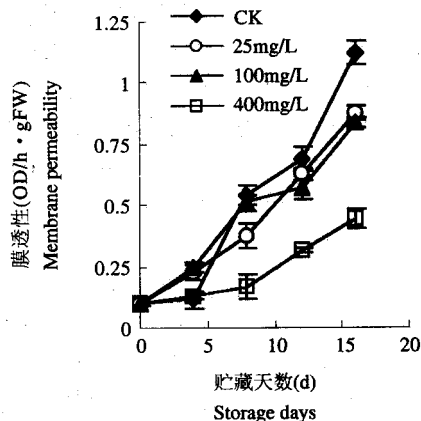


图3 丹皮酚磺酸钠对樱桃番茄膜透性的影响

Fig. 3 Effects of sodium paeonol sulfonate on the membrane permeability of cherry tomatoes

## 2.4 丹皮酚磺酸钠对贮果总有机酸含量的影响

樱桃番茄果实中的有机酸是呼吸作用的底物,也会在后熟过程中逐渐转变成可溶性糖<sup>[15]</sup>。因此贮果在保鲜过程中有机酸含量的变化在一定程度上反映出细胞代谢的强度。由图4可见,对照组贮果总有机酸含量下降最快,贮存至第8d酸度下降了36.40%,第16d下降了72.54%。各浓度丹皮酚磺酸钠处理组贮果中总有机酸含量在贮藏期间也都有下降,但幅度均小于对照组,400mg/L处理组下降的幅度最小,贮存至16d,仅较初始值下降了27.46%。经P检验,其与对照组之间存在极显著性差异( $p < 0.01$ )。

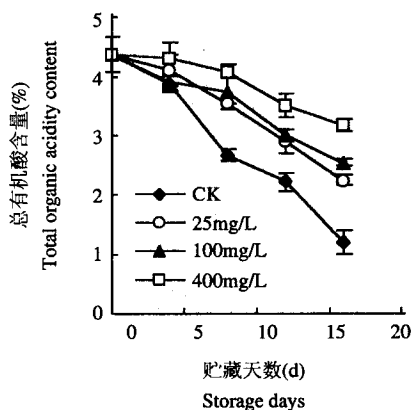


图4 丹皮酚磺酸钠对樱桃番茄总有机酸含量的影响  
Fig.4 Effects of sodium paeonol sulfonate on the total organic acidity in cherry tomatoes

## 2.5 丹皮酚磺酸钠对贮果VC含量的影响

VC含量常常作为果蔬新鲜程度的一个指标<sup>[3]</sup>,我们在实验过程中追踪测定贮果中VC含量(图5),实验结果表明,对照及丹皮酚磺酸钠3个处理组番茄的VC含量在贮藏初期都有一个增加的过程,这可能是因为所采的樱桃番茄果实尚未完全成熟,VC含量的升高表明该贮果有后熟的过程。VC的峰值出现后,贮果中VC含量均呈现进行性降低,对照组VC含量变化幅度较大,贮存至第16d,其含量仅为初始测定量的33.17%。丹皮酚磺酸钠各处理组VC含量变化较对照组小,到16d时,400mg/L处理组VC含量仍保留了初始值的80.15%,经P检验与对照组相比有极显著性差异( $p < 0.01$ )。

## 2.6 丹皮酚磺酸钠对贮果中可溶性蛋白含量的影响

细胞中可溶性蛋白质含量下降是植物细胞衰老的一个重要标志<sup>[16]</sup>。随着贮存时间的延长,各实验组贮果中可溶性蛋白含量都呈下降趋势(图6)。对照组下降的幅度最大,至第16d,测定值是初始值的57.72%。400mg/L处理组可溶性蛋白质含量下降最慢,从始至终其测定值均高于其他两个浓度处理组,第16d,仍保留初始可溶性蛋白质含量的74.16%,经P检验,400mg/L处理组与对照组有极显著性差异( $p < 0.01$ )。

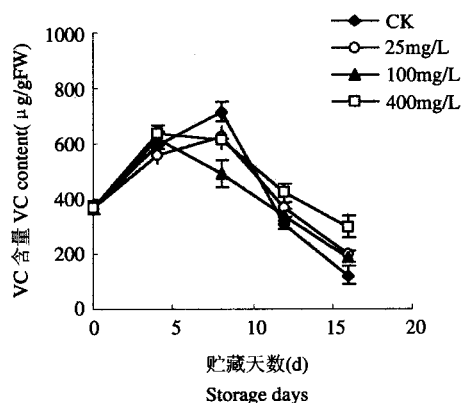


图5 丹皮酚磺酸钠对樱桃番茄VC含量的影响  
Fig.5 Effects of sodium paeonol sulfonate on the VC contents in cherry tomatoes

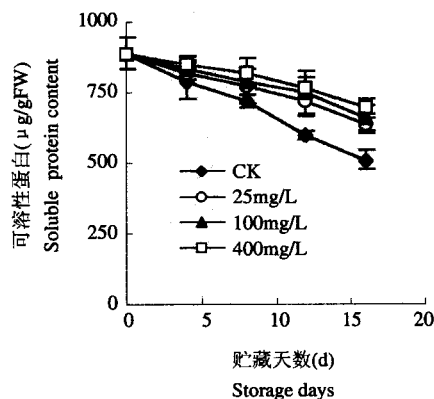


图6 丹皮酚磺酸钠对樱桃番茄可溶性蛋白的影响  
Fig6 Effects of sodium paeonol sulfonate on the soluble protein contents in cherry tomatoes

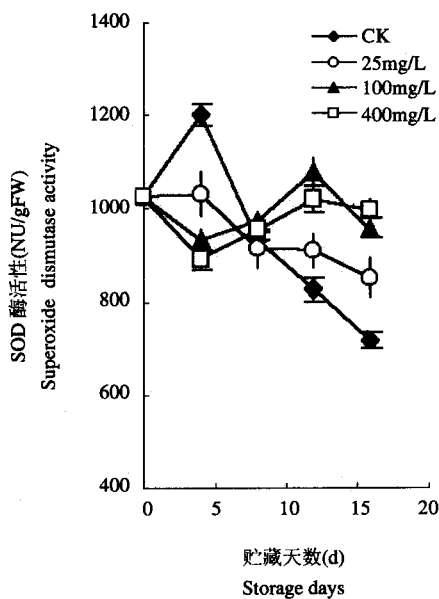


图7 丹皮酚磺酸钠对樱桃番茄SOD活性的影响  
Fig.7 Effect of sodium paeonol sulfonate on the SOD activity in cherry tomatoes

### 2.7 丹皮酚磺酸钠对贮藏 SOD 活性的影响

SOD 是细胞内清除活性氧, 维持氧化平衡的关键酶, 它催化超氧阴离子( $O_2^{\cdot-}$ )的歧化反应<sup>[17]</sup>。文献资料表明, 该酶活性变化常常与植物受到胁迫、损伤和衰老过程联系在一起<sup>[18]</sup>。我们在实验过程中测定的贮藏 SOD 活性的变化曲线(图 7)表明: 各浓度处理组贮藏的 SOD 活性变化较小, 其中 400mg/L 浓度组贮藏 SOD 活性在整个贮藏过程中都保持着相对稳定, 与其膜透性保鲜指标相对变化较小是吻合的。SOD 活性在对照组贮藏中先升高后下降, 其峰值出现在第 4d, 提示: 处理前的浸泡, 而后塑料袋密封 21℃贮藏对樱桃番茄果实有一定的胁迫作用, 此时 SOD 活性升高是一种应激性反应。随之而来的对照组 SOD 活性的下降明显较各处理组大, 显示此时贮藏的细胞结构及代谢功能都受到了伤害<sup>[17~19]</sup>。

### 3 讨论

本实验的结果表明, 植物药丹皮酚的磺化修饰物对樱桃番茄果实有较明确的保鲜效果: 可以明显减少贮藏的水分散失和膜透性的增大; 有效降低贮藏的霉变率; 显著抑制贮藏可溶性蛋白质、总有机酸、和 VC 含量在贮藏过程中进行下降的趋势和幅度; 较大程度上维护贮藏细胞中 SOD 等保护酶的活性。这一系列生理生化指标测定的结果能相互印证, 相互补充, 且在整个实验过程中呈现协调的变化趋势。整个实验结果能支持前人关于果蔬保鲜相关研究工作的成果和理论<sup>[3][15, 16]</sup>。

我们的前期工作已经证实丹皮酚的磺化产物能有效抑制植物病原真菌和细菌的生长繁衍<sup>[2]</sup>; 在化学模拟系统中能有效淬灭超氧阴离子( $O_2^{\cdot-}$ )、羟自由基( $HO^{\cdot}$ )及  $H_2O_2$  等活性氧和在细胞培养水平上能有效降低由 UV 和  $H_2O_2$  诱导的红血细胞溶血的生物学效应(待发表)。因此可以认为丹皮酚磺化物的上述特性是其降低樱桃番茄果实霉变率、防护贮藏细胞膜脂及其他大分子受到贮藏期间细胞代谢过程中产生的活性氧的攻击, 有效地维护了膜结构的完整和 SOD 等抗氧化保护酶的稳定等等生物学效应的物质基础。与有效降低贮藏的失重率、可溶性蛋白含量的减少等直接相关, 且这种效应与丹皮酚磺酸钠的浓度呈显著的正相关, 这也是我们将其应用于果蔬保鲜研究的理论基础。

目前, 有关植物细胞内乙烯形成机制的研究成果已经弄明白活性氧自由基清除剂能抑制乙烯的生物合成<sup>[20]</sup>, 使我们想到丹皮酚磺酸钠能有效地抑制贮藏的呼吸代谢水平, 延缓细胞内总有机酸、VC 含量的降低等, 也可能是通过抑制乙烯的合成途径来兑现的, 这对于延缓番茄果实——典型的呼吸跃变型植物的成熟、衰老的过程无疑是有意义的。我们将在今后的研究工作中结合乙烯生成量的测定和分析, 来探讨这一可能的机制。

丹皮酚磺酸钠来自植物药丹皮酚的磺化修饰产物, 目前在国内外洗漱用品、化妆品等方面已有应用<sup>[6]</sup>。我

们用 400mg/L 浓度对樱桃番茄果实作保鲜处理取得的显著效应将为我国广有资源的植物药——牡丹根皮应用于果蔬保鲜展示出远大的前景。

### 参考文献:

- [1] 李群爱. 牡丹皮的药理研究[J]. 中草药, 1988, 19(6): 36.
- [2] 吴晓慧, 吴国荣, 张卫明, 等. 丹皮酚的提取、磺化及对植物病原菌的抑菌试验[J]. 中药材, 2003, 26(11): 778-780.
- [3] 毛琼宋, 宋晓岗, 罗宗铭, 等. 中草药提取物保鲜水果的效果研究[J]. 食品科学, 1999, (5): 54-56.
- [4] Lin H C, Ding H Y, Ko F N, et al. Aggregation inhibitory activity of minor acetophenones from *Paonia* species[J]. *Planta Med*, 1999, 65(7): 595-599.
- [5] Kawashima K, Miwa Y, Kimura M, et al. Diuretic action of paeonol[J]. *Planta Med*, 1985, (3): 187-193.
- [6] Sun F Z, Cai M, Lou F C. Analgesic effect and gastrointestinal motility inhibitory action of 3-hydroxy-4-methoxyacetophenone from *Cynanchum paniculatum* (Bunge) Kitagawa[J]. *Zhong Guo Zhong Yao Za Zhi*, 1993, 18(6): 362-365.
- [7] 雷学军. 丹皮酚的提取及其在化妆品中的应用[J]. 香料香精化妆品, 1996, (4): 20-21.
- [8] 陆胜民, 席瑞芳, 金勇丰, 等. 采后处理对青梅果实的生理和品质的影响[J]. 园艺学报, 2000, 27(5): 326-330.
- [9] 郑永华, 李三玉, 席瑞芳, 等. 多胺与枇杷果实冷害的关系[J]. 植物学报, 2000, 42(8): 824-827.
- [10] 黄伟坤. 食品检验与分析[M]. 北京: 轻工业出版社, 1989. 19-20.
- [11] Tanaka K, Suda Y, Kondo N, et al. Ozone tolerance and the ascorbate-dependent hydrogen peroxide decomposing system in chloroplasts[J]. *Plant Cell Physiol*, 1985, 26: 1425-1431.
- [12] Bradford M M A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding[J]. *Anal Biochem*, 1976, 72: 248-254.
- [13] Stewart R C, Bewby J D. Lipid peroxidation associated with accelerated aging of soybean axes[J]. *Plant Physiol*, 1980, 65: 245-248.
- [14] 戴敏, 刘青云, 顾承刚, 等. 丹皮酚对脂质过氧化反应及低密度脂蛋白氧化修饰的抑制作用[J]. 中国中药杂志, 2000, 25(10): 625-627.
- [15] 袁毅桦, 赖兴华, 霍银英, 等. 壳聚糖常温保鲜番茄的研究[J]. 食品科学, 1994, (7): 62-65.
- [16] 孔秋莲, 张明融, 章丽丽, 等. 青花菜采后保鲜技术研究[J]. 保鲜与加工, 2001, 1(7): 11-13.
- [17] 余叔文, 等. 植物生理与分子生物学[M]. 北京: 科学出版社, 2001. 377.
- [18] 瑞香, 王仁才, 关文强. 亚精胺对猕猴桃采后抗氧化酶活性的影响[J]. 园艺学报, 2002, 29(2): 173-175.
- [19] 侯建设, 席瑞芳, 余挺, 等. 白菜采后衰老生理的研究[J]. 园艺学报, 2003, 30(3): 335-337.
- [20] 潘瑞炽. 植物生理学(第四版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001. 188.