

不同丘陵地柑橘采后生理变化与活性氧代谢的关系研究*

黄 昀 王三根 谢金峰 李道高
(西南农业大学园艺系 重庆 400716)

摘 要 试验研究不同丘陵地柑橘果园锦橙果实采后生理变化与活性氧代谢的关系结果表明,2个试点柑橘果实采后活性氧均呈先升后降趋势,超氧化物歧化酶活性升高峰值滞后于活性氧,低温贮藏活性氧与几种膜保护酶活性均明显下降,但超氧化物歧化酶与过氧化氢酶活性相对值较高。活性氧代谢还与植物内源激素、丙二醛含量和电解质渗漏率及果实品质变化有密切关系。

关键词 柑橘 活性氧 贮藏 膜保护酶

Relationship between active oxygen metabolism and some physiological changes in postharvested citrus grown on different hilllands. HUANG Yun, WANG San-Gen, XIE Jin-Feng, LI Dao-Gao (Department of Horticulture, Southwest Agricultural University, Chongqing 400716), *CJEA*, 2004, 12(1): 63~65

Abstract The active oxygen metabolism and some physiological changes in postharvested *Citrus sinensis* Osbeck cv. Jincheng grown on different hilllands were studied. The results show that the changing curves of active oxygen and the superoxide dismutase (SOD) activity in the postharvested citrus rise in the first and then fall, and the peak value of SOD activity is following to that of the active oxygen. Both the active oxygen production rate and the SOD, peroxidase (POD) and catalase (CAT) activities of the peel and juice sac are significantly decreased when stored in the lower temperature, but the activities of SOD and CAT are relatively higher. The active oxygen metabolism is significantly related to the plant hormones, content of malondialdehyde (MDA), cell electrolyte leakage and quality of fruits.

Key words Citrus fruits, Active oxygen, Storage, Membrane protective enzymes

果实贮藏过程中活性氧(如超氧自由基)的变化与其延缓衰老、保持品质有密切关系,膜保护酶如超氧化物歧化酶(SOD)等和内源激素对活性氧代谢起调节控制作用^[1]。本试验研究了重庆市长江沿岸江津和忠县不同丘陵地柑橘采后贮藏生理变化与活性氧代谢的关系,为控制采后柑橘果实活性氧代谢、提高果实耐贮性和品质提供参考依据。

1 试验材料与方法

供试柑橘锦橙(*Citrus sinensis* Osbeck cv. Jincheng)果实采于重庆市忠县复旦果园和江津果树研究所实验农场,忠县复旦果园位于长江北岸边的重庆主城区下游约150km处,海拔高度220~240m,坡度约45°,土壤为紫色石骨子土,成土母质为侏罗系沙溪庙组;江津果树研究所实验农场位于长江南岸边的重庆主城区上游约50km处,海拔高度220~260m,坡度约50°,土壤为红紫色土,成土母质为侏罗系沙溪庙组。果实采后选取成熟度均匀者于不同温度下贮藏,按王爱国等^[2]方法测定活性氧,膜保护酶活性、膜脂过氧化产物和膜透性及果实品质等项目测定参照文献[3,4]。用酶联免疫法^[1]测定植物内源激素。

2 结果与分析

2.1 柑橘采后超氧自由基产生速率与超氧化物歧化酶活性的变化

超氧自由基(O₂⁻)是活性氧的主要代表^[5],由图1和图2可知忠县和江津果园锦橙果实采后贮藏期间活性氧产生速率均有一高峰,尔后呈逐渐下降趋势,而超氧化物歧化酶(SOD)活性也有类似趋势但时间稍滞后。SOD主要功能是清除活性氧^[6],当柑橘果实贮藏一定时间后锦橙活性氧产生速率和SOD活性均呈稳定缓慢下降趋势。

* 重庆市科委重点项目(98-5192)资助

收稿日期:2002-12-24 改回日期:2003-01-26

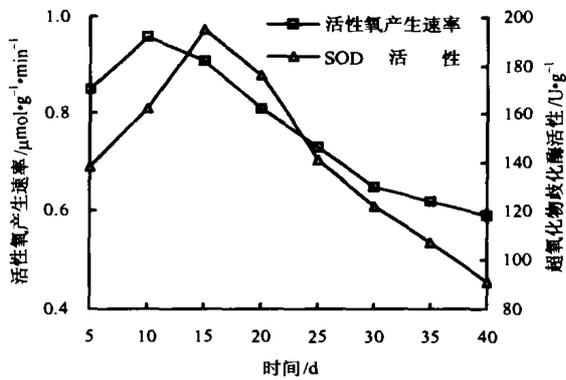


图 1 忠县柑橘采后活性氧产生速率与 SOD 活性的变化

Fig.1 Changes of active oxygen production rate and SOD activity in citrus fruits of Zhongxian during storage

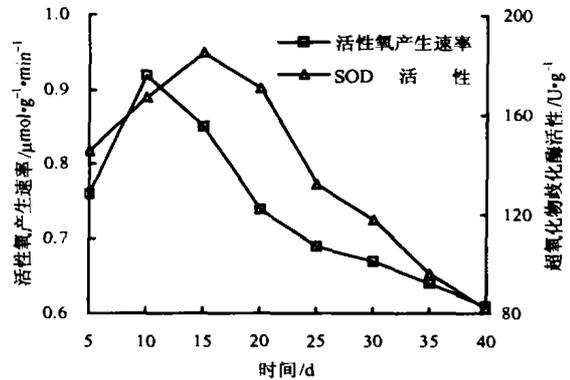


图 2 江津柑橘采后活性氧产生速率与 SOD 活性的变化

Fig.2 Change of active oxygen production rate and SOD activity in citrus fruits of Jiangjin during storage

2.2 不同贮藏温度对柑橘活性氧及几种膜保护酶活性的影响

过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)是清除 H_2O_2 的主要酶类, SOD 使活性氧歧化成 H_2O_2 , 需 POD 或 CAT 等酶协调配合才能将活性氧代谢维持在很低水平。低温胁迫可能增加活性氧的生成, 引发细胞编程性死亡^[7]。锦橙果实采后不同温度贮藏 40d 后测定其活性氧产生速率和几种膜保护酶的变化见表 1。由表 1 可知低温抑制果皮和果肉活性氧的产生, 且 SOD、POD 和 CAT 活性均呈下降趋势。以对照(室温贮藏, CK)为 100%, 低温处理 SOD 和 CAT 活性相对值较高, 而 POD 活性则下降较多, 这可能是因 SOD 与 CAT 控制活性氧生成代谢的作用更大所致。

表 1 不同贮藏温度对柑橘活性氧产生速率及几种膜保护酶活性的影响

Tab.1 Effect of storage temperature on active oxygen production rate and membrane protective enzyme activities in citrus fruits

产地 Places	项目 Items	贮藏温度/℃ Storage temperature	活性氧产生速率/ $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ Production rate of active oxygen	超氧化物歧化酶活性/ $\text{U}\cdot\text{g}^{-1}$ SOD activity	过氧化物酶活性/ $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ POD activity	过氧化氢酶活性/ $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ CAT activity
忠县	果皮	4	0.48 ± 0.015	131 ± 7.27	34.3 ± 2.74	185.0 ± 12.1
		8	0.53 ± 0.020	161 ± 8.08	51.5 ± 3.66	206.0 ± 7.55
		CK	0.75 ± 0.022	176 ± 5.57	68.1 ± 4.19	234.0 ± 9.61
	果肉	4	0.34 ± 0.025	58 ± 3.61	21.2 ± 2.17	65.4 ± 3.10
		8	0.41 ± 0.021	72 ± 4.00	29.4 ± 2.95	75.2 ± 2.95
		CK	0.59 ± 0.035	91 ± 4.04	46.5 ± 4.56	102.0 ± 9.71
江津	果皮	4	0.52 ± 0.027	123 ± 6.56	38.1 ± 2.90	163.0 ± 6.65
		8	0.71 ± 0.050	134 ± 4.04	44.6 ± 2.66	187.0 ± 11.1
		CK	0.83 ± 0.023	167 ± 4.73	69.4 ± 4.30	209.0 ± 7.10
	果肉	4	0.46 ± 0.025	45 ± 3.51	18.5 ± 1.74	71.8 ± 3.66
		8	0.52 ± 0.027	78 ± 3.76	27.1 ± 2.31	82.6 ± 5.60
		CK	0.61 ± 0.023	82 ± 4.51	40.2 ± 2.54	112.0 ± 6.66

2.3 贮藏柑橘内源激素及膜脂过氧化产物的变化

超氧自由基可引起膜脂过氧化, 造成膜脂脱脂和引起膜渗漏, 激素平衡对衰老起调节控制作用^[1]。由表 2 可知贮藏 40d 后果实生长素(IAA)和赤霉素(GA_3)含量有所降低, 而低温下细胞分裂素(iPA)显著降低, 脱落酸(ABA)含量则急剧升高; 膜脂过氧化产物丙二醛(MDA)低温贮藏有所降低, 而对照则显著升高, 反映膜渗漏水平的果皮电导率对照明显提高, 这些变化与活性氧变化均有密切关系。

表 2 贮藏柑橘内源激素与丙二醛及膜透性的变化

Tab.2 Changes of hormones, MDA content and electrolyte leakage in citrus fruits during storage

产地 Places	贮藏条件 Storage condition	果实生长素/ $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ IAA	赤霉素/ $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ GA_3	细胞分裂素/ $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ IPA	脱落酸/ $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ ABA	丙二醛/ $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$ MDA	电解质渗漏率/% Electrolyte leakage
忠 县	采收时	895.2±44.3	593.1±40.5	146.2±6.63	375.3±25.7	2.67±0.18	19.63±2.03
	4℃贮藏	714.6±47.8	435.5±18.4	73.7±5.65	512.4±20.5	1.85±0.08	21.55±1.92
	室温(CK)	636.1±42.9	336.7±29.2	89.2±5.42	591.1±23.5	3.43±0.16	31.24±2.80
江 津	采收时	943.3±62.4	714.4±54.3	134.4±7.03	305.2±15.2	1.91±0.09	17.15±1.49
	4℃贮藏	821.5±25.8	601.6±29.4	61.2±7.03	653.3±27.5	1.88±0.12	18.37±1.56
	室温(CK)	704.7±49.2	433.1±23.2	91.5±4.67	724.4±23.3	3.12±0.12	26.42±2.53

2.4 贮藏柑橘果实品质的变化

由表 3 可知低温贮藏柑橘果实可溶性糖、酸含量及糖酸比均低于对照,而维生素 C 含量高于对照,蛋白质含量 2 个试地变化则不一致。维生素 C 也有清除自由基和活性氧的作用,果实品质变化与活性氧产生速率的关系值得进一步深入研究。

表 3 贮藏温度对柑橘品质的影响

Tab.3 Effects of storage temperature on Jincheng orange fruits quality

产地 Places	贮藏条件 Temperature	可溶性糖/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ Soluble sugar	总 酸/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ Acids	糖酸比 Sugar acids ratio	蛋白质/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ Protein	维生素 C / $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ Vitamin C
忠 县	室温(CK)	88.2±3.09	8.91±0.17	9.92±0.51	3.75±0.10	465±16.6
	4℃贮藏	81.3±3.18	8.51±0.15	9.57±0.48	3.88±0.09	482±14.5
江 津	室温(CK)	65.6±3.50	7.35±0.09	8.90±0.25	4.12±0.08	514±10.6
	4℃贮藏	60.7±3.60	7.12±0.09	8.54±0.60	4.05±0.07	525±8.08

3 小 结

本试验研究表明锦橙果实采后贮藏期间 SOD 活性变化与活性氧产生速率密切相关,SOD 和 CAT 活性可能是将活性氧维持较低水平的重要原因。果实生长素、赤霉素和细胞分裂素含量贮藏期间均呈下降趋势,而用脱落酸含量则明显升高,且膜脂积累产物 MDA 含量(对照)和电解质渗漏率(低温贮藏与对照)也显著升高,不同产地锦橙果实变化趋势相似,且贮藏温度对活性氧代谢及生理指标有很大影响。

参 考 文 献

- 岳寿松,于振烈,余松烈. 小麦旗叶衰老过程中氧自由基与激素含量的变化. 植物生理学通讯,1996,32(5):349~351
- 王爱国,罗广华. 植物的超氧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
- 王三根,梁 颖. 6-BA 对低温下水稻幼苗细胞膜系统的保护作用. 中国水稻科学,1995,9(4):223~229
- 王三根,邓如福. 火棘果发育与贮藏期间营养成分和色素的变化研究. 营养学报,1996,18(3):371~374
- Brisson L. F., Tenhaken R., Lamb C. Function of oxidative cross-linking of cell structural proteins in plant disease resistance. Plant Cell, 1994,6:1703~1712
- Jabs T., Dietrich R. A., Dangl J. L. Initiation of runaway cell death in an *Arabidopsis* mutant by extracellular superoxide. Science, 1996, 273(5283):1853~1856
- Koukalova B., Kovarik A., Fajkus J., et al. Chromatin fragmentation associated with apoptosis changes in tobacco cells exposed to cold stress. FEBS Lett., 1997,414:289~292