

- Agriculture, 1990, 30, 579~581.
- 2 Davies, D. D. Anaerobic respiration and the Production of organic acids In; The biochemistry of Plants. A comprehensive treatise Vol 2 Academic press, New York, 1980, 581~611.
- 3 Saltveit, M. E. et al. J. Amer. Soci. Hort. Sci. 1988, 113, 572~576.
- 4 Saltveit, M. E. et al. J. Amer. Soci. Hort. Sci. 1992, 117, 793~798.
- 5 Kelly M. O. et al. Plant Physiology. 1988, 88, 143~147.
- 6 Heins R. D. J. Amer. Soci Hort. Sci. 1980, 105, 141~144.
- 7 Wu. M. et al. Hortscience, 1992, 27, 136~138.
- 8 Hewage. K. S. et. al. J. Hort. Science, 1995, 70 (1) 51~55.
- 9 O. Sharon-Raber et. al. Journal of Food Science, 1983, 48 (6): 1874~1875.

## 草莓褐变过程中主要氧化酶的活性变化

檀建新 张伟 崔同 徐立强 霍君生 河北农业大学食品科学系 071001

**摘 要** 室温下草莓酚类物质逐渐减少,总的多酚氧化酶和游离多酚氧化酶活性则持续升高,SOD活性先降后升,POD活性先升后降,丙二醛含量呈上升趋势。低温处理可抑制多酚氧化酶活性的增加,使酚类物质保持较高水平,SOD、POD活性高于室温处理,丙二醛含量增加受阻。表明低温通过调节氧化酶活性而抑制褐变进程。

**关键词** 草莓褐变 氧化酶 酚类物质 丙二醛

草莓果实汁多肉厚皮薄,贮藏过程中易腐败褐变,影响其色、香、味,因而人们对其贮藏条件、褐变机理做过研究<sup>[1,4]</sup>。以梨、桃等材料证明其生理褐变与果实内酚类物质氧化<sup>[2]</sup>和活性氧代谢有关<sup>[2,3]</sup>,认为代谢过程中细胞隔室化的破坏,植物激素的变化<sup>[4]</sup>,促使酚氧化,导致褐变发生<sup>[3]</sup>。我们对不同温度下草莓褐变过程中一些生理指标进行了测定,以期草莓保鲜贮运提供理论依据。

### 1 材料与方法

1.1 材料处理 供试草莓 (*Fragaria ananassa* Duchesne) 品种“明星”取自保定满城县。选大小一致果实分两组,装入0.04 mm聚乙烯塑料袋中,一组贮藏于室温25℃/12℃下,一组贮藏于低温0℃~4℃下,于不同时间取样处理、测

定。

#### 1.2 测定指标及方法

酚类物质含量测定参照Lowry<sup>[6]</sup>法,以没食子酚 $\mu\text{m/g} \cdot \text{FW}$ 表示。丙二醛(MDA)含量参照林植芳<sup>[6]</sup>方法测定。总多酚氧化酶(TPPO)活性和游离多酚氧化酶(FPPO)活性测定参照Murr等<sup>[7]</sup>方法,以OD<sub>525</sub>变化0.01为一个酶活单位。超氧化物歧化酶(SOD)活性测定按Giannopotitis和Rice的方法<sup>[8]</sup>,以SOD抑制NBT光化还原50%为一个酶活单位。过氧化物酶(POD)活性测定按《植物生理学实验指导》的方法<sup>[9]</sup>,以OD<sub>470</sub>变化0.01为一个酶活单位。

### 2 结果与分析

2.1 不同贮藏温度对草莓中酚类物质含量的

影响

室温下随贮藏时间的延长, 酚类物质不断减少, 低温下亦呈下降趋势, 但下降速率相对较慢, 表明低温阻止了酚类物质的减少, 见图 1。

## 2.2 不同贮藏温度对草莓 TPPO 和 FPPO 活性的影响

随贮藏时间推移, 室温下 TPPO 和 FPPO 活性不断增高, FPPO 活性增加得更快。低温下 TPPO 和 FPPO 活性变化类似室温下的变化趋势, 但 TPPO 和 FPPO 活性增加的幅度较小, 表明低温抑制两者活性增加, 见图 2。

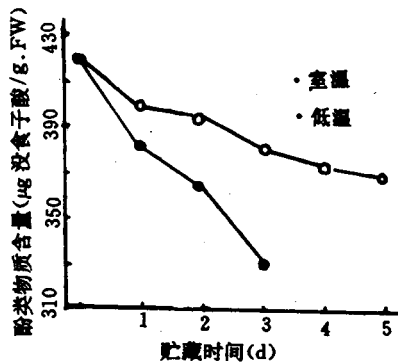


图 1 不同温度下酚类物质含量的变化

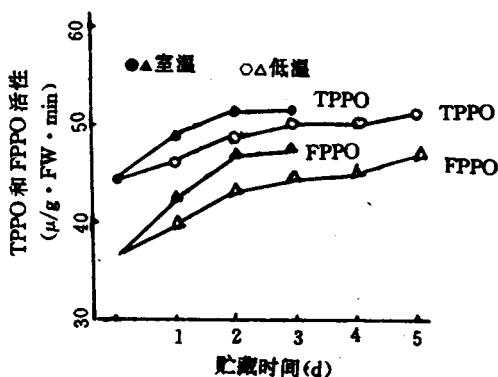


图 2 不同温度下 TPPO 和 FPPO 活性变化

## 2.3 不同贮藏温度对草莓 SOD、POD 活性的影响

随贮藏时间延长, 室温下 SOD 活性在第 1 天下降, 随后略升又降; 低温下 SOD 活性亦下

降, 之后逐渐恢复到原水平。低温下 SOD 活性最低值是室温下最低值的 1.25 倍。室温下 POD 活性先升后降, 低温下 POD 活性变化趋势同室温下相似, 但从第 3 天起不断回升, 且始终高于室温下的 POD 活性。表明低温使 SOD、POD 保持较高活性。见图 3 和图 4。

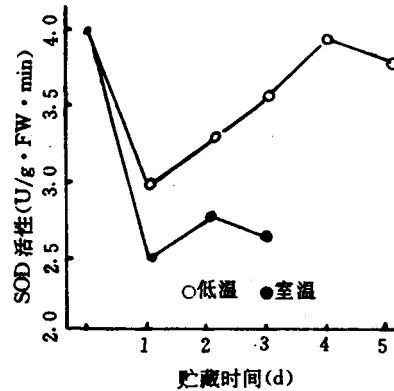


图 3 不同温度下 SOD 活性变化

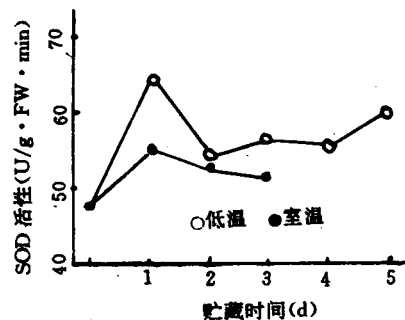


图 4 不同温度下 POD 活性变化

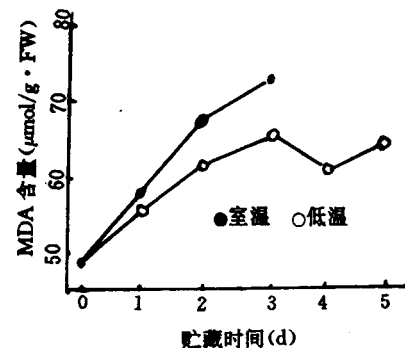


图 5 不同温度下 MDA 含量的变化

## 2.4 不同贮藏温度对草莓 MDA 含量的影响

随贮藏时间延长, 室温下 MDA 含量不断增加, 第 3 天时为初始值的 1.5 倍, 虽低温下 MDA 含量亦上升但一直低于室温下的水平, 第 3 天后趋于稳定。表明低温阻止了 MDA 的增加, 见图 5。

### 3 讨 论

由上可知, 两种温度下 PPO 活性的增加与酚类物质下降呈负相关, 表明酚类物质下降是因 PPO 的氧化造成的, 低温抑制了 PPO 活性, 因而延缓了褐变的进程, 这与张墨英<sup>[1]</sup>的报道一致。

正常水果组织中细胞依靠膜系统把酶和底物固定或分隔开, 使细胞内物质呈区域性分布。不良条件、呼吸作用中乙烯的产生<sup>[10]</sup>可造成膜结构的破坏, 使结合态 PPO 从膜上游离成 FPPO<sup>[11]</sup>, 与底物接触, 使之氧化导致褐变发生。本实验中较高的 FPPO/TPPO 比值和该值的不断增高, 表明 FPPO 在褐变中起了主要作用。

试验中 MDA 含量的提高, 暗示了膜脂的过氧化, 这可能是由于呼吸作用中 ACC 合成乙烯的同时引起超氧化和自由基的产生而造成的<sup>[10]</sup>。吴有梅<sup>[4]</sup>证明随贮藏时间延长, 乙烯含量不断上升, 低温抑制乙烯产生, 与本实验 MDA 含量呈正相关。SOD、POD 作为保护酶可以消除代谢产生的自由基, 使膜脂和大分子免

受超氧化的破坏损伤, 低温使 SOD、POD 活性保持较高水平, 抑制呼吸作用中乙烯合成<sup>[4]</sup>, 保持了膜系统的稳定, 延缓了草莓褐变进程。

### 参考文献

- 1 张墨英等. 草莓酚类和褐变度的研究. 食品科学, 1992, (9): 9.
- 2 鞠志国等. 莱阳茌梨果实褐变与多酚氧化酶及酚类物质区域性分布的关系. 植物生理学报, 14 (4): 356.
- 3 鞠志国等. 水果贮藏期间的组织褐变问题. 植物生理学通讯, 1988 (4): 46.
- 4 吴有梅等. ABA 和乙烯在草莓采后成熟衰老中的作用. 植物生理学报, 1992, 18 (2): 167.
- 5 Lowry OH. Protein measurement with the Folin Phenol reagent. J. Biol. Chem., 1951, 193: 265~275.
- 6 林植芳等. 水稻叶片衰老与超氧化物歧化酶及脂质过氧化作用的关系. 植物学报, 1984, 26: 605.
- 7 Murr DP, et al. Influence of CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> on o-diphenol oxidase activity in mushrooms. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 1974, 99 (2): 155.
- 8 Giannopolitis CN, et al. Superoxide dismutase. I Occurrence in higher plants. Plant Physiology, 1977, 59: 309.
- 9 华东师范大学生物系植物生理教研组编. 过氧化物酶活性的测定. 植物生理学实验指导. 北京: 高等教育出版社, 1986, 143.
- 10 Drolet G, et al. Radical scavenging properties of Polyamines. Phytochemistry, 1986, 25: 367.
- 11 Mryer AM. et al. Polyphenol oxidases in plants. Phytochemistry, 1979, 18: 193.

## 啤酒色度的形成与控制

左永泉 山东博兴啤酒厂 256500

**摘 要** 啤酒色度浅色化体现了消费者对色泽的选择趋势, 也反映了酿制水平的高低, 啤酒色度已成为衡量啤酒质量的重要标准之一。本文研究了啤酒色度的形成及其变化规律, 分析了影响啤酒色度的因素, 并对降低啤酒色度的工艺措施进行了探讨。

**关键词** 啤酒 色度 类黑色素 形成 控制

啤酒色泽是啤酒质量的一项重要指标, 优质淡色啤酒的色度标准是 5.0~9.5EBC, 它反