

荔枝果皮过氧化物酶的纯化及部分酶学性质研究

庞学群¹, 段学武², 张昭其^{2*}, 徐凤彩¹, 季作梁²

(1. 华南农业大学生命科学学院, 广东 广州 510642; 2. 华南农业大学园艺学院, 广东 广州 510642)

摘要: 经硫酸铵分级盐析、DEAE-Sepharose 和 Sephadex G-75 柱层析分离, 从荔枝果皮中分离提纯了过氧化物酶 (POD), 该酶被纯化 12.5 倍, 产率为 1.9%。经 SDS-PAGE 确定为单一条带。该酶最适反应温度为 35℃, 对热具有较强的稳定性, 经 75℃ 处理 30 min, 酶活性只损失 50%。最适 pH 约为 6.5, 但在 pH 4.0-8.0 范围内活力仍比较稳定。该酶在 25℃ 和 0.05 mol/L 磷酸缓冲液 (pH 7.0) 条件下对愈创木酚、邻苯二酚和没食子酸的 K_m 分别是 2.75、12.4 和 12.8 mmol/L。二巯苏糖醇和抗坏血酸能完全抑制 POD 活性, L-半胱氨酸、柠檬酸、FeSO₄、GSH、SDS 和 ZnSO₄ 对 POD 活性有一定的抑制作用, 而 FeCl₃ 和 CuSO₄ 对 POD 则有较好的激活作用。

关键词: 荔枝; 过氧化物酶; 纯化; 特性

中图分类号: Q946.546

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395 (2004) 05-0449-06

Purification and Some Properties of Peroxidase from Pericarp of Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.)

PANG Xue-qun¹, DUAN Xue-wu², ZHANG Zhao-qi^{2*}, XU Feng-cai¹, JI Zuo-liang²

(1. College of Life Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

2. College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642)

Abstract: Peroxidase (POD) from pericarp of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) was purified by 12.5-fold and a 1.9% yield using ammonium sulfate, DEAE-Sepharose and Sephadex G-75. The enzyme was determined to be homogenous by SDS-PAGE, which was relatively heat stable with a optimum temperature of 35℃, requiring a time of at least 30 min at 75℃ for 50% loss of the activity. Litchi POD had a optimum pH at 6.5, but it was stable within a range of pH 4.0-8.0. The apparent K_m values with guaiacol, catechol and pyrogallol as substrates were 2.75, 12.4 and 12.8 mmol/L at 25℃ and pH 7.0, respectively. The presence of Fe³⁺ and Cu²⁺ enhanced POD activity. L-cysteine, citrate acid, FeSO₄, SDS, GSH and ZnSO₄ partially inhibited POD activity, but it was completely inhibited by dithiothreitol and ascorbate.

Key words: *Litchi chinensis*; Peroxidase; Purification; Property

过氧化物酶 (Peroxidase, POD, EC 1.11.1.7) 能催化过氧化物对酚类物质的氧化, 导致组织褐变^[1]。POD 被认为参与了梨^[2]、苹果^[3]和草莓^[4]等果实的褐变。荔枝果皮中也存在高活力的 POD, 并认为 POD 参与了荔枝果皮褐变^[5,6]。随着荔枝果皮褐变及贮藏时间的延长, 果皮 POD 活性迅速增加^[7-9]。陈贻竹和王以柔证实, 荔枝果皮 POD 可催化某些酚类物质

的氧化^[10]。因此, 推测 POD 以某种方式参与了荔枝果皮的酶促褐变, Underhill 和 Critchley 甚至推测, POD 在荔枝果皮褐变中的作用可能比多酚氧化酶 (PPO) 更大^[6]。但在荔枝采后生理研究中, 对果皮 POD 的研究还没有受到足够重视, 对 POD 是如何参与荔枝果皮褐变的, 了解很少。本试验分离纯化荔枝果皮 POD 酶, 并研究了它的酶学性质, 为荔

收稿日期: 2003-10-21 接受日期: 2004-02-23

基金项目: 国家自然科学基金农业倾斜项目 (30070534); 国家自然科学基金 (39900102); 广东省教育厅自然科学基金 (200002) 资助

* 通讯作者 Corresponding author

枝贮运保鲜提供理论依据。

1 材料和方法

实验材料 荔枝 (*Litchi chinensis* Sonn.) 品种为淮枝。

POD 的提取与纯化 参照 Sciancalepore 等人的方法^[1], 并作改进。取鲜红荔枝果皮, 加入 2 倍体积已预冷 (4℃) 的 0.05 mol/L 的磷酸缓冲液 (pH 7.0) 和果皮重量 5% 的不溶性 PVP (聚乙烯吡咯烷酮), 在高速组织捣碎机上捣碎, 用 4 层脱脂纱布过滤。滤液在 15 000 × g 下离心 20 min, 上清液即为 POD 粗提液。向酶粗提液中边搅拌边加入固体硫酸铵至 30% 饱和度, 15 000 × g 离心 20 min, 弃沉淀。继续向上清液中加入硫酸铵至 80% 饱和度, 搅拌、静置 1–2 h, 然后于 15 000 × g 离心 20 min, 弃上清液。沉淀用 0.05 mol/L 的磷酸缓冲液 (pH 7.0) 溶解, 并以同样的缓冲液透析 2 d, 透析液在 50℃ 下加热 20 min, 10 000 × g 离心 20 min, 弃沉淀取上清液, 得到 POD 提取液。将上述酶提取液上 DEAE-Sephrose 层析柱 (1.5 cm × 50 cm), 该柱先用 0.05 mol/L 的磷酸缓冲液 (pH 7.0) 平衡, 用含 0–0.5 mol/L NaCl 的磷酸缓冲液进行离子强度线性梯度洗脱 (流速为 0.5 ml min⁻¹), 收集具有较高 POD 酶活性的组分。然后将此部分酶液上用 0.05 mol/L 的磷酸缓冲液 (pH 7.0) 平衡过的 Sephadex G-75 层析柱 (1.5 cm × 50 cm), 用含 0–0.5 mol/L NaCl 的缓冲液进行离子强度线性梯度洗脱 (流速为 0.2 ml min⁻¹), 收集含有 POD 最高活性的组分, 进行 SDS-PAGE 电泳。上述过程均在 4℃ 下进行。

POD 活性和蛋白质含量测定 按照陈贻竹和王以柔的方法^[10]进行。POD 测定系统为 3 ml, 其中含 2.775 ml 0.05 mol/L 磷酸缓冲液 (pH 7.0)、0.1 ml 1% 过氧化氢、0.1 ml 4% 愈创木酚。加入 0.025 ml 酶液后启动反应, 于波长 470 nm 和 25℃ 下记录 2 min 内 OD 值的变化。一个酶单位 (U) 定义为在测定条件下每分钟引起的光密度改变 0.01 所需的酶量。蛋白质含量测定采用 Bradford 染色方法^[12], 以牛血清蛋白作标准蛋白质。

SDS-聚丙烯酰胺凝胶电泳 按郭尧君的方法^[13]进行, 浓缩胶浓度为 5%, 分离胶浓度为 12%, 上样量为 20 μl。电泳结束后银染。

POD 最适反应 pH 值和对 pH 的稳定性 按 Sciancalepore 等人的方法^[11]进行。酶反应系统组成

同上, 其中 pH 值在 6.0–8.0 范围内, 采用 0.05 mol/L 的磷酸缓冲液; pH 值在 3.0–5.6 范围内, 采用 0.05 mol/L 的磷酸-柠檬酸缓冲液。另外为了测定 POD 对 pH 的稳定性, 将 0.05 ml 酶液直接加入到 1.95 ml 不同 pH 值的缓冲液中, 于 4℃ 下预先放置 24 h, 然后按酶活性测定方法测定残余的 POD 活性。实验重复 3 次。

POD 的最适反应温度和热稳定性 采用 Sciancalepore 等人的方法^[11]。将 2.775 ml 磷酸缓冲液在不同温度 (25–65℃) 水浴中分别保温 10 min, 然后加入过氧化氢、愈创木酚和酶液。反应 3 min 后, 用 1 ml 丙酮终止反应, 立即测定 OD₄₇₀。对于 POD 热稳定性的测定, 分别将 0.5 ml 酶液在不同温度 (30、40、50、60、70、80 和 90℃) 水浴中保温 30 min, 然后冰浴冷却至室温, 测定各处理残余 POD 的活性。实验重复 3 次。

底物 Km 的测定 分别配制不同浓度的愈创木酚、邻苯二酚和没食子酸, 根据陈贻竹和王以柔^[10]的报道, 以这 3 种底物测定 POD 活性, 所采用的波长分别是 470 nm、398 nm 和 334 nm。根据上述 POD 活性的测定方法, 测定 POD 活性, 然后, 利用双倒数作图法, 求出 Km 值。实验重复 3 次。

不同化合物对 POD 活性的影响 将 2.675 ml 0.05 mol/L 磷酸缓冲液 (pH 7.0)、0.1 ml 1% 过氧化氢、0.1 ml 4% 愈创木酚与 0.1 ml 不同化合物溶液 (见表 2) 均匀混合后, 立即加入 0.025 ml 酶液, 然后测定 POD 活性。酶活性大小按无化合物时的酶活性百分比来表示。实验重复 3 次。

2 结果和分析

2.1 POD 的分离纯化

经硫酸铵分步盐析和热处理后, 进行 DEAE-Sephrose 离子交换柱层析, 并用含 0–0.5 mol/L NaCl 的 0.05 mol/L 的磷酸缓冲液 (pH 7.0) 进行离子强度线性梯度洗脱, 出现两个酶活性峰。其中第一峰占酶活力的 78.9%, 收集该活性峰 (图 1A)。然后进行 Sephadex G-75 柱层析, 分离出 5 个主要蛋白峰, 仅第一峰具酶活性 (图 1B)。收集该活性主峰, 得到了纯化倍数为 12.5、产率为 1.9% 的荔枝果皮 POD。对其进行 SDS-PAGE 电泳得到 POD 单一条带 (图 2)。纯化全过程总结于表 1。

2.2 POD 最适反应 pH 值和对 pH 的稳定性

以愈创木酚为底物, 荔枝果皮 POD 最适 pH 值

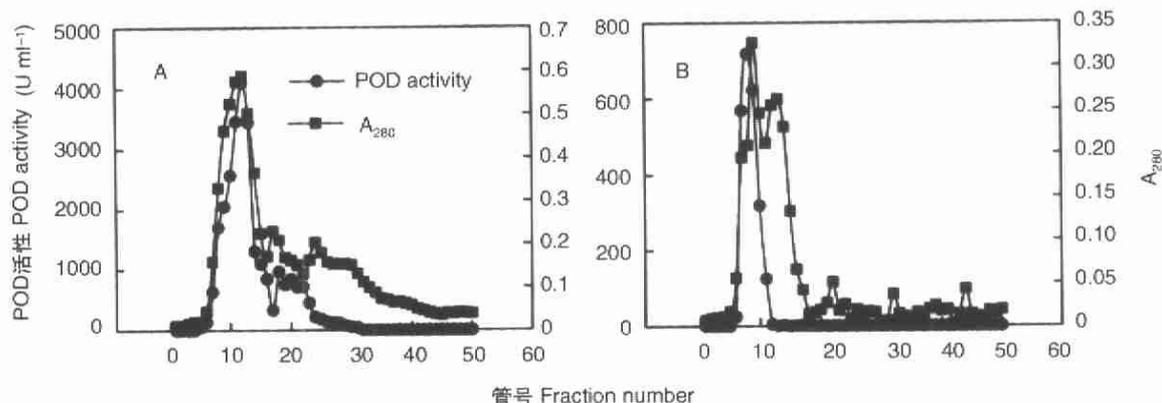


图 1 荔枝果皮 POD 的 DEAE-Sepharose (A) 和 Sephadex G-75 (B) 柱层析

Fig.1 Elution profiles of litchi pericarp POD by DEAE-Sepharose (A) and Sephadex G-75 (B) column chromatography

表 1 荔枝果皮过氧化物酶的纯化

Table 1 Purification of peroxidase from litchi pericarp

步骤 Step	体积 Volume (ml)	蛋白质 Protein (mg)	酶活性 Activity (U)	比活力 Specific activity (U mg ⁻¹)	纯化倍数 Purification (fold)	产率 Yield (%)
粗提液 Crude extract	400	25.3	5.38×10 ⁵	2.13×10 ⁴	1	100
0-30% (NH ₄) ₂ SO ₄	410	14.12	3.68×10 ⁵	2.61×10 ⁴	1.2	68.4
30%-80% (NH ₄) ₂ SO ₄	24	3.867	1.29×10 ⁵	3.34×10 ⁴	1.6	24.0
DEAE-Sepharose	23	0.345	4.00×10 ⁴	1.16×10 ⁵	5.5	7.4
Sephadex G-75	19	0.038	1.00×10 ⁴	2.63×10 ⁵	12.5	1.9

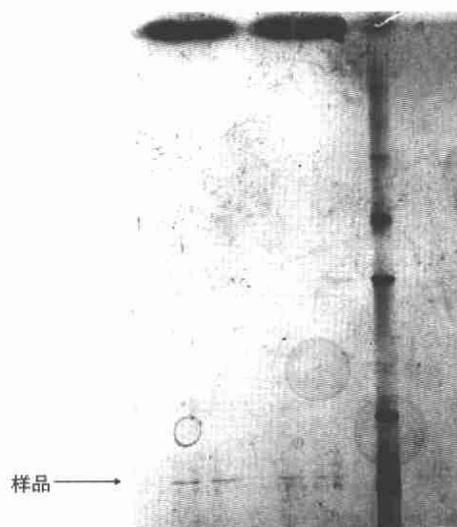


图 2 荔枝果皮过氧化物酶 SDS-聚丙烯酰胺凝胶电泳图谱

Fig. 2 Electrophoretogram of POD from litchi pericarp on SDS-polyacrylamide gel

约为 6.5, 在 pH 5.6 和 pH 8.0 处约可保持最大活力的 50% (图 3A), 可见荔枝果皮 POD 反应 pH 范围较窄。POD 对 pH 的稳定性如图 3B 所示, POD 在 pH 4.0-8.0 范围内活力比较稳定。例如, 在 pH 4.0

和 pH 8.0 时的残余酶活力分别为 81.3% 和 75.0%, 下降幅度不大; 但当 pH 为 3.0 时, 不能检测到残余酶活性。

2.3 POD 最适反应温度和热稳定性

在 25-65℃ 范围内分别测定荔枝果皮的 POD 活力。结果表明, 荔枝果皮 POD 最适反应温度为 35℃, 随着温度升高, 酶活力逐渐下降, 在 65℃ 时酶活力为 30.1% (图 4A)。将酶液在不同温度下保温 30 min 后迅速冷却, 立即测定其活性, 结果表明, 荔枝果皮 POD 在 60℃ 以下时很稳定, 40℃ 和 50℃ 有轻微激活作用, 70℃ 后酶活力迅速降低, 90℃ 时不能检测到酶活力 (图 4B)。

2.4 POD 底物专一性

用不同浓度的愈创木酚、邻苯二酚和没食子酸作底物, 测定不同浓度下的酶活性, 然后按 Lineweaver-Burk 作图法, 计算得到荔枝果皮 POD 在 25℃ 和 0.05 mol/L 磷酸缓冲液 (pH 7.0) 条件下对愈创木酚、邻苯二酚和没食子酸的 K_m 分别是 2.75、12.4 和 12.8 mmol/L。可见荔枝果皮 POD 对几种供试的酚类物质都有较高的亲和力。

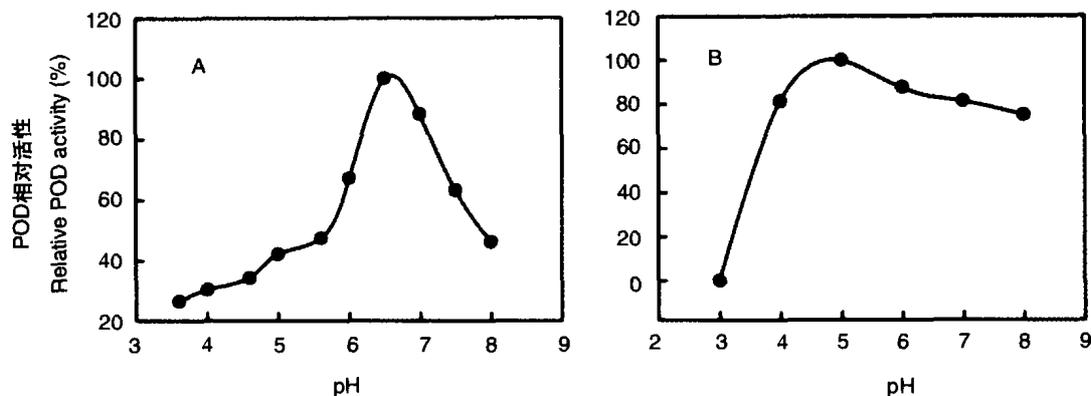


图 3 荔枝果皮 POD 的最适 pH (A) 和对 pH 的稳定性 (B)

Fig. 3 pH curves of activity (A) and stability (B) of litchi pericarp POD

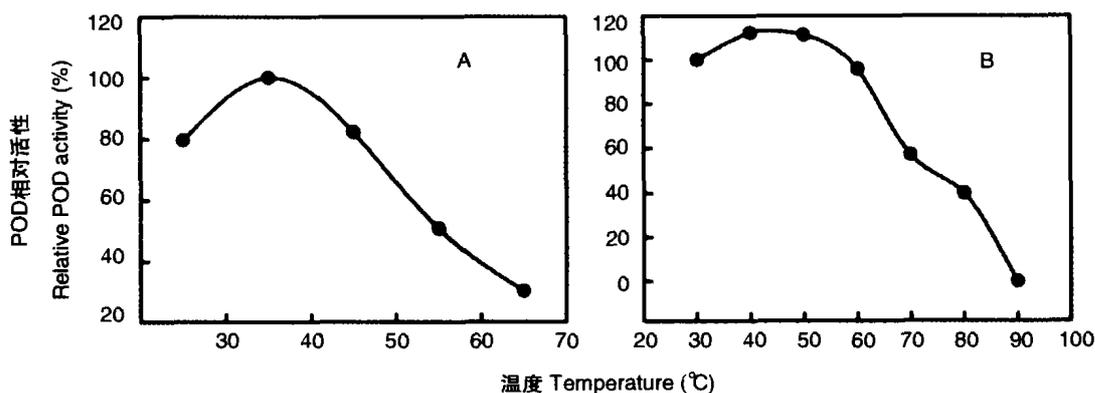


图 4 荔枝果皮 POD 的最适反应温度 (A) 和热稳定性 (B)

Fig. 4 Optimum temperature (A) and thermal stability (B) of litchi pericarp POD

2.5 不同化合物对 POD 活性的影响

不同化合物对荔枝果皮 POD 活性的影响如表 2 所示。0.1 mol/L 的 DTT、AsA 能完全抑制 POD 活性，而半胱氨酸、柠檬酸、FeSO₄、SDS、GSH 及 ZnSO₄ 则对 POD 活性有不同程度的抑制作用。NaCl 和 CaCl₂ 在高浓度时有轻微的抑制作用，但低浓度时有轻微的激活作用。FeCl₃ 和 CuSO₄ 对 POD 均有激活作用，特别是在浓度较高时；而 Na₂SO₃ 则对 POD 活性无明显影响。

3 讨论

在 H₂O₂ 存在的情况下，POD 能催化多种酚类物质氧化并形成褐色产物^[3]。愈创木酚被认为是 POD 的最适底物，葡萄^[11]和大豆^[14] POD 对愈创木酚的 K_m 分别为 5.5 和 5.9 mmol/L，豌豆三种 POD 同工酶 N、C1、C2 对愈创木酚的 K_m 分别为 10.2、10.8、10.2 mmol/L^[15]。在本试验中，荔枝果皮 POD

表 2 不同化合物对荔枝果皮 POD 活性的影响

Table 2 Effect of various compounds on POD activity from litchi pericarp

化合物 Compound	相对活性 Relative activity (%)	
	0.1 mmol/L	1 mmol/L
Control	100.0	100.0
Dithiothreitol (DTT)	0.0	0.0
Ascorbate (AsA)	0.0	0.0
L-cysteine	41.2	3.5
Na ₂ SO ₃ *	102.4	101.2
Citrate acid	97.6	37.6
FeSO ₄	58.8	27.1
Sodium dodecyl sulfate (SDS)	88.2	49.4
Glutathione (GSH)	97.6	74.1
ZnSO ₄	96.5	92.9
NaCl	105.9	96.5
CaCl ₂	114.1	97.6
FeCl ₃	112.9	117.6
CuSO ₄	100.0	221.2

*Na₂SO₃ 浓度分别为 100 μg L⁻¹ 和 500 μg L⁻¹。The concentration of Na₂SO₃ solution is 100 μg L⁻¹ and 500 μg L⁻¹, respectively.

对愈创木酚的 K_m 为 2.75 mmol/L, 可见愈创木酚对不同来源的 POD 的亲合力是不一样的。我们还发现荔枝果皮 POD 对邻苯二酚和没食子酸的 K_m 分别为 12.4 mmol/L 和 12.8 mmol/L, 表明不同酚类物质对 POD 的亲合力差异较大。

不同来源 POD 的最适 pH 和对 pH 的稳定性不一样, 但比较接近。如以愈创木酚为底物时, 草莓^[16]、葡萄^[11]和番茄^[17]等果实的 POD 的最适 pH 分别为 6.0、5.5 和 5.5。我们以愈创木酚为底物测得荔枝果皮 POD 的最适 pH 为 6.5, 并且反应 pH 范围较窄, 与草莓比较相似^[16]。Civello 等发现草莓 POD 在 pH 4.0–11.0 比较稳定, 低于 pH 3.0 时不能检测到残余酶活力^[19]; 而辣椒 POD 在 pH 6.0–9.0 范围内稳定, 在 pH 5.0 以下时失活很快, 而 pH 3.0 时完全失活^[18]。我们也发现, 荔枝果皮 POD 在 pH 4.0–8.0 范围内稳定, 在 pH 3.0 以下完全失活。Burnette 认为, POD 在 pH 3.0 以下完全失活是由于在低 pH 条件下 POD 失去了亚铁原卟啉(Heme group)组份^[19], 该组份是构成 POD 结构及活性中心的必需成分^[20]。

荔枝果皮 POD 最适温度为 35℃, 介于草莓果实 POD (30℃)^[16]和葡萄果实 POD (40℃)^[11]之间。随着温度的升高, 草莓果实 POD 活性迅速降低, 50℃时酶活力只有最适温度时的 20%^[16], 而温度对荔枝果皮 POD 活力影响较小, 随温度升高酶活力下降缓慢, 65℃仍然保持 30.1%的酶活力, 这与葡萄果实的 POD 比较一致^[11]。荔枝果皮 POD 也表现较高的热稳定性, 在 60℃以下稳定, 超过 60℃酶活力开始下降, 80℃处理 30 min 尚保持 39.8%的酶活力, 与大豆 POD 相似^[14]。而葡萄 POD 在 65℃下 2 min 就失活 50%^[11], 草莓果实 POD 在 60℃仅 5 min 就失活 80%以上^[16]。因此不同植物来源 POD 的热稳定性差异较大。

Halpin 研究表明, 铁离子是 POD 活性中心的必需成分^[15]。本研究发现, Fe^{2+} 显著抑制 POD 活性, 而 Fe^{3+} 可激活 POD 活性, 暗示荔枝果皮 POD 活性中心的铁离子可能是高价铁离子。 Cu^{2+} 对荔枝果皮 POD 活性也具有显著的激活作用。

抗坏血酸是 POD 的有效抑制剂^[21]。本研究发现 0.1 mmol/L 的抗坏血酸 (AsA) 能完全抑制 POD 活性。巯基试剂如二硫苏糖醇 (DTT)、半胱氨酸和谷胱甘肽 (GSH) 也能完全或强烈抑制荔枝果皮 POD 活性。虽然二氧化硫可以抑制荔枝果皮褐变^[9], 但本研究发现 500 $\mu g L^{-1}$ Na_2SO_3 对荔枝 POD 没有抑制作用。王璋认为 SO_2 抑制 POD 活性的机理在于它

能破坏 H_2O_2 , 对 POD 活性的抑制效果取决于它与 H_2O_2 的比例^[22]。通常在测定 POD 活性时采用过量的 H_2O_2 , 因此 Na_2SO_3 不足以破坏 H_2O_2 , 也就不能抑制 POD 活性。

综上所述, 荔枝果皮 POD 对供试的几种酚类物质都具有较高的亲合力。事实上, 可作为 POD 底物的酚类物质种类远比 PPO 多^[3], 考虑到荔枝果皮具有高活力的 POD^[23], 推测 POD 在荔枝果皮褐变中起到了不可忽视的作用。荔枝 POD 与多数其他来源的植物 POD 相似, 具有较高的热稳定性, 因此选择热处理抑制 POD 活性作为防褐采后技术往往要求较高的温度, 难以取得较好防腐效果^[24]; 但荔枝果皮 POD 在低 pH 条件下很不稳定, 并且活力低, 一些强还原剂如 DTT、AsA 等可强烈抑制 POD 活性, 因此, 从抑制荔枝果皮 POD 活性的角度出发, 本研究为进一步筛选合适的化学药剂、结合热处理及浸酸处理防止荔枝果皮褐变提供了理论依据。

参考文献

- [1] Walker J R, Ferrar P H. Diphenol oxidase, enzyme-catalysed browning and plant disease resistance [J]. *Biotechn Gen Eng Rev*, 1998, 15:457–498.
- [2] Richard F F, Gaillard F A. Oxidation of chlorogenic acid, catechins, and 4-methylcatechol in model solutions by combinations of pear (*Pyrus communis* cv. Williams) polyphenol oxidase and peroxidase: a possible involvement of peroxidase in enzymatic browning [J]. *J Agri Food Chem*, 1997, 45:2472–2476.
- [3] Nicolas J J, Richard-Forget F, Goupy P, et al. Enzymatic browning reactions in apple and apple products [J]. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 1994, 34:109–157.
- [4] Lepoz-Serrano M, Barcelo A R. Purification and characterization of a basic peroxidase isoenzyme from strawberry [J]. *Food Chem*, 1996, 55:133–137.
- [5] Ray P K. Post-harvest handling of litchi fruit in relation to colour retention—a critical appraisal [J]. *J Food Sci Technol*, 1998, 35:103–116.
- [6] Underhill S J R, Critchley C. Cellular localization of polyphenol oxidase and peroxidase activity in *Litchi chinensis* Sonn. pericarp [J]. *Aust J Plant Physiol*, 1995, 22:627–632.
- [7] Lin Z F (林植芳), Li S S (李双顺), Zhang D L (张东林), et al. The changes of oxidation and peroxidation in postharvest litchi fruit [J]. *Acta Bot Sin (植物学报)*, 1988, 30:383–387. (in Chinese)
- [8] Huang S, Hart H, Lee H, et al. Enzymic colour changes during postharvest storage of lychee fruit [J]. *J Food Sci*, 1990, 55:1762–1763.
- [9] Zauberma G, Ronen R, Akerman M, et al. Postharvest retention of the red colour of litchi fruit pericarp [J]. *Sci Hort*, 1991, 47:89–97.
- [10] Chen Y Z (陈贻竹), Wang Y R (王以柔). A study on peroxidase in litchee pericarp [A]. In: *Acta Botanical Austro Sinica* Vol. 5

- [C]. Beijing: Science Press, 1989. 47-52. (in Chinese)
- [11] Sciancalepore V, Longone V, Alvitì F S. Partial purification and some properties of peroxidase from *Malvasia grapes* [J]. *Amer J Enol Viticult*, 1985, 36:105-110
- [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] Guo Y J (郭尧君). SDS-polyacrylamide gel electrophoresis [A]. In: He Z X, Zhang S Z. *Electrophoresis* [M]. Beijing: Science Press, 1999. 127-138. (in Chinese)
- [14] Sessa D J, Anderson R L. Soybean peroxidase: purification and some properties [J]. *J Agri Food Chem*, 1981, 29:960-965.
- [15] Halpin B, Pressey R, Jen J, et al. Purification and characterization of peroxidase isoenzymes from green peas (*Pisum sativum*) [J]. *J Food Sci*, 1989, 54:644-649.
- [16] Civello P M, Martinez G A, Chaves A R, et al. Peroxidase from strawberry fruit (*Fragaria ananassa* Duch): partial purification and determination of some properties [J]. *J Agri Food Chem*, 1995, 43: 2596-2601.
- [17] Jen J J, Seo A, Flurkey W H. Tomato peroxidase: purification via hydrophobic chromatography [J]. *J Food Sci*, 1980, 45:60-63.
- [18] Pomar F, Bernal M A, Diaz J, et al. Purification, characterization and kinetic properties of pepper fruit acidic peroxidase [J]. *Phytochem*, 1997, 46:1313-1317.
- [19] Burnette F. Peroxidase and its relationship to food flavor and quality: A review [J]. *J Food Sci*, 1977, 42:1-6.
- [20] Farrell R L, Murtagh K E, Tien M, et al. Physical and enzymatic properties of lignin peroxidase isoenzymes from *Phanerochaete chrysosporium* [J]. *Enzyme Microb Techn*, 1989, 11:322-328.
- [21] Kim S H, Shinkle J R, Roux S J. Phytochrome induces changes in the immunodetectable level of a wall peroxidase that precede growth changes in maize seedlings [J]. *Proc Natl Acad Sci USA*, 1989, 86:9866-9870.
- [22] Wang Z (王璋). *Food Enzymology* [M]. Beijing: China Light Industry Press, 1994. 229-253. (in Chinese)
- [23] Zhang Z Q (张昭其), Pang X W (庞学群), Duan X W (段学武), et al. Anthocyanin degradation and changes of anthocyaninase activity during lychee pericarp browning [J]. *Sci Agri Sin (中国农业科学)*, 2003, 36:945-949. (in Chinese)
- [24] Jiang Y M, Liu S X, Chen F, et al. A reassessment of heat treatment as a means of reducing the occurrence of browning of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit [J]. *Int J Trop Agri*, 1996, 14: 163-167.

《植物遗传资源学报》2005 年征订启事

《植物遗传资源学报》是中国农业科学院和中国农学会联合主办的专业性学术期刊,由中国工程院院士董玉琛研究员担任主编,2000 年创刊,2003 年国内外公开发行人。国内刊号 CN 11-4996/S, 国际统一刊号 ISSN 1672-1810。

报道内容:大田、园艺作物,观赏、药用植物,林用植物、草类植物及其他一切经济植物的有关植物遗传资源基础理论研究、应用研究方面的研究成果、创新性学术论文和高水平综述或评论。诸如,种质资源的考察、收集、保存、评价、利用、创新、信息学、管理学等;以及起源、演化、分类等系统学;基因发掘、鉴定、克隆、基因文库建立、遗传多样性研究。

读者对象:从事植物遗传资源科学研究工作的人员,各有关大专院校的师生,农业行政和推广人员。

季刊,大 16 开本,96 页。定价 10 元,全年 40 元。各地邮局发行,邮发代号:82-643。

本刊编辑部常年办理订阅手续,如需邮挂每期另加 2 元。

地址:北京中关村南大街 12 号中国农业科学院《植物遗传资源学报》编辑部

邮编:100081

联系电话:010-62186657 62180279 (兼传真)

电子信箱:zwyczyxb2003@sina.com

zwyczyxb2003@163.com