

丝孢菌 *Monodictys asperspera* (Cooke & Massee) Ellis 漆酶的分离纯化及其酶学性质

王祎宁 赵国柱* 赵悦茗 邸晓亮 谢响明*

(北京林业大学生物科学与技术学院 北京 100083)

摘 要: 本研究首次发现 *Monodictys asperspera*(Cooke & Massee) Ellis 具有较好的产漆酶能力。粗酶液经硫酸铵盐析、DEAE-纤维素层析及丙烯葡聚糖凝胶 S-300 层析纯化, 纯化倍数为 8.1, 回收率为 5.7%。漆酶分子量约为 77 kD, 最适反应温度为 55°C, 最适反应 pH 6.0, 以丁香醛连氮为底物时 K_m 为 0.163 mmol/L, V_{max} 为 0.194 mmol/(L·min), 含糖量为 18.14%, Cu^{2+} 对漆酶有明显抑制作用。

关键词: 丝孢菌, 漆酶, 发酵, 酶学性质

Purification and Characterization of Laccase from *Monodictys asperspera* (Cooke & Massee) Ellis

WANG Yi-Ning ZHAO Guo-Zhu* ZHAO Yue-Ming DI Xiao-Liang XIE Xiang-Ming*

(College of Biological Sciences and Biotechnology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: A new wood-degrading fungus *Monodictys asperspera* (Cooke & Massee) Ellis with a high level of laccase production was chosen to study. This laccase was purified by ammonium sulfate precipitation, DEAE-cellulose and sephacryl S-300. Purification of about 8.1 fold was achieved with an overall yield of 5.7%. Its molecular weight was estimated to be about 77 kD. The optimum temperature and pH of the laccase activity were 55°C and 6.0, respectively. Kinetic studies of the laccase showed that the K_m and the V_{max} for using syringaldazine as substrate was 0.163 mmol/L and 0.194 mmol/(L·min), respectively. The carbohydrate content was 18.14%. In addition, it was found that laccase activity was significantly inhibited by Cu^{2+} .

Keywords: Hyphomycete, Laccase, Fermentation, Enzymatic characteristics

丝孢菌(Hyphomycetes)为无性型的真菌, 广泛分布于自然界。在腐生条件下分布的丝孢菌, 能够产生多种酶类, 具有较强的降解木质纤维的能力, 对维持自然界生态平衡和物质能量交换有重要意

义。漆酶(Laccase)是一种多酚氧化酶, 属于蓝色氧化酶家族, 是重要的木质纤维(Lignocellulose)降解酶之一, 最初发现在漆树漆液中, 随后发现某些高等真菌也能分泌该酶^[1]。漆酶能催化降解多种芳香

基金项目: 国家自然科学基金项目(No. 30700647)

* 通讯作者: 赵国柱: Tel: 86-10-62338130; ✉: zhaogz@im.ac.cn

谢响明: Tel: 86-10-62336074; ✉: xiangmingx@sina.com.cn

收稿日期: 2009-04-11; 接受日期: 2009-06-18

族化合物特别是酚类, 是一种天然环保型酵素^[2], 已被广泛应用于各种领域, 如纸浆漂白^[3]、生物燃料^[4]、绿色有机物质的合成^[5]、酶标签^[6]等。利用漆酶对木质纤维的降解作用, 进行合理的开发利用^[7], 对减少化学药品的使用量、降低生产成本和保护环境能起到重要的作用。目前, 研究最多的产漆酶微生物大多局限于白腐真菌, 主要有黄孢原毛平革菌、彩绒革盖菌、变色栓菌、射脉菌、凤尾菇等等, 这些真菌都属于担子菌门^[8,9], 而产漆酶的丝孢菌在国内外鲜有报道。本文筛选确定 *Monodictys asperspera* (Cooke & Massee) Ellis 为漆酶高产菌株, 对该菌株漆酶部分酶学性质进行初步研究, 在国内外尚属首次。

1 材料和方法

1.1 实验材料

1.1.1 菌种: 丝孢菌 *M. asperspera* (由本实验室筛选)。

1.1.2 主要试剂: 丁香醛连氮(Syringaldazine sigma No.S-7896); 丙烯葡聚糖凝胶(Sephacryl S-300 high resolution GE healthcare No.17-0599); 低分子量标准蛋白(PageRuler prestained protein ladder fermentas No. SM0671); 其他试剂均为国产分析纯。

1.1.3 培养基及培养条件: 采用 Kirk^[10]基本培养基并改进包含 2.5 g/L 葡萄糖, 1.1 g/L 酒石酸铵, 1 g/L 吐温 80, pH 5.5, 28°C, 150 mL 三角瓶装液 75 mL, 120 r/min 振荡发酵 264 h。

1.2 实验方法

1.2.1 漆酶的制备: 将漆酶发酵液 4 层纱布过滤, 滤液于 8000 r/min 离心 10 min, 上清液即为粗酶液。

1.2.2 漆酶的硫酸铵分级沉淀: 上述粗酶液中加入硫酸铵使其达到 15% 饱和度, 4°C 静置过夜。12000 r/min 离心 20 min, 弃去沉淀, 上清液继续补加硫酸铵至 80% 饱和度, 4°C 静置过夜。12000 r/min 离心 20 min, 弃上清液, 沉淀溶于 pH 6.0 的 0.1 mol/L 磷酸缓冲液中, 并用该缓冲液于 4°C 透析。

1.2.3 漆酶活性测定: 按照 Ride 方法^[11]略有改进, 将 0.5 mmol/L 丁香醛连氮 100 μ L 和 0.1 mol/L 的磷酸盐缓冲液混合制成反应体系, 在预定温度水浴中预热 5 min, 加入 0.1 mL 的酶液并振荡以启动反应, 反应一定时间后, 在 525 nm 处测定吸光度的增量, 以反应体系中加入灭活的酶为空白对照。漆酶活力

单位(U)定义: 以 55°C、pH 6.0 时 3 mL 反应体系在 525 nm 波长时吸光值每分钟增加 0.001 为 1 U。

1.2.4 漆酶的纯化: 1) DEAE-纤维素离子交换层析: 将漆酶上样于 pH 6.0 的 0.1 mol/L 磷酸缓冲液平衡过的 DEAE-纤维素层析柱上, 先用该缓冲液洗柱, 待出现第一峰时换用含 0.1 mol/L~1 mol/L NaCl 的该缓冲液梯度洗脱, 流速为 0.4 mL/min, 收集合并漆酶活性组分。2) 丙烯葡聚糖凝胶层析进一步纯化: 将上述漆酶浓缩后上样于 pH 6.0 的 0.1 mol/L 磷酸缓冲液平衡过的丙烯葡聚糖凝胶柱, 并用该缓冲液继续洗脱, 流速为 0.4 mL/min, 收集含漆酶活性的洗脱峰。蛋白质含量测定参照 Bradford 方法^[12]。

1.2.5 SDS-PAGE: 参照汪家政和范明方法^[13], 用浓度为 10% 的聚丙烯酰胺凝胶检测漆酶纯化效果, 并估算分子量。

1.2.6 漆酶的酶学性质分析: 1) 温度对漆酶活性的影响: 选择 pH 6.0 的磷酸盐缓冲液与丁香醛连氮为反应体系, 设 25°C~90°C, 每增加 5°C 为 1 个处理, 分别加入漆酶测量酶活。2) 漆酶的热稳定性分析: 将样品于 25°C~80°C 下, 每增加 5°C 为 1 个处理, 水浴 1 h, 分别测量酶活。3) pH 对漆酶活性的影响: 分别配制 pH 4.5~9.0, 每增加 0.5 为一个处理的磷酸缓冲液, 在 55°C 条件下与丁香醛连氮构成反应体系, 加入漆酶, 测量酶活。4) 漆酶的 pH 稳定性: pH 处理同 3), 于室温条件下将漆酶与缓冲液充分混合后静置 1 h, 于 55°C 测量酶活。5) 漆酶的动力学参数测定: 分别以不同浓度的丁香醛连氮为底物与漆酶反应, 用 Lineweaver-Burk 做图法计算 Michaelis-Menten 常数 K_m 和最大反应速率 V_{max} 。6) 含糖量测定方法: 参照文献[14], 用蒽酮比色法测定纯酶的总糖含量, 并计算蛋白含糖量。7) 金属离子对酶活的影响: 将不同金属离子分别配制成 pH 6.0、终浓度为 5 mmol/L 的缓冲液体系, 加入漆酶, 室温静置 30 min, 测量酶活。

2 结果与分析

2.1 漆酶的硫酸铵分级沉淀

根据 1.1.3 条件发酵测得粗酶液酶活为 618.67 U/mL, 对其进行分离纯化。分别于漆酶粗酶液中加入硫酸铵, 每 5% 为一个处理使其饱和度达到 5%~85%, 4°C 静置过夜后, 12000 r/min 离心

<http://journals.im.ac.cn/wswxtbcn>

20 min, 沉淀溶于 pH 6.0 的 0.1 mol/L 磷酸缓冲液中并透析, 检测漆酶活性, 在硫酸铵终浓度为 20% 的沉淀中测得漆酶活性, 而在低于该浓度时没有漆酶活性, 故选择 15% 饱和度定为初级沉淀浓度。将上清液透析后检测漆酶活性, 发现硫酸铵终浓度为 75% 的上清液中没有漆酶活性, 为保证漆酶完全沉淀, 选择饱和度 80% 为二级沉淀浓度。

2.2 漆酶的纯化

经硫酸铵分级沉淀, 重溶透析后的粗酶液上 DEAE-纤维素柱层析, 随峰值检测漆酶活性并收集层析产物。将上述酶液透析, 浓缩后上丙烯葡聚糖凝胶 S-300 柱层析, 合并峰值组分。经上述步骤纯化后漆酶比活力为 36513 U/mg 较粗酶液纯化了 8.1 倍, 回收率为 5.7% (表 1)。

表 1 漆酶纯化总表
Table 1 Purification result of laccase

纯化步骤 Purification step	总蛋白 Total protein (mg)	总活力 Total activity (U)	比活力 Specific activity (U/mg)	纯化倍数 Purification (Fold)	回收率 Yield (%)
Crude enzyme	41.31	185601	4493	1.0	100.0
15% ammonium sulfate precipitation	9.45	121899	12899	2.9	65.7
80% ammonium sulfate precipitation	2.36	42660	18076	4.0	23.0
DEAE-cellulose	1.36	29164	21444	4.8	15.7
Sephacryl S-300	0.29	10589	36514	8.1	5.7

2.3 SDS-PAGE

通过 SDS-PAGE 检测(图 1)表明通过上述步骤已经获得电泳级纯酶, 该漆酶分子量约为 77 kD。

2.4 漆酶酶学性质分析

2.4.1 温度对漆酶活性的影响: 分别将反应体系置于各温度水浴中, 测定温度对漆酶活性的影响。由图 2 可以看出, 45°C~60°C 时漆酶具有很高的活性,

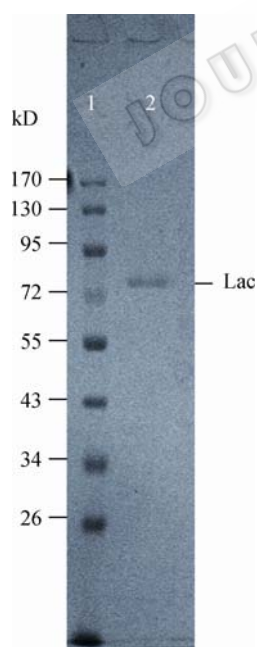


图 1 纯化的漆酶 SDS-PAGE 结果

Fig. 1 SDS-PAGE of purified laccase

Note: 1: Standard protein markers; 2: Purified laccase.

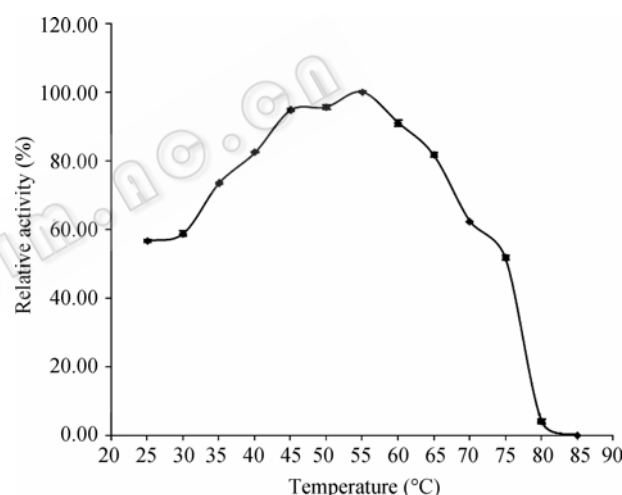


图 2 温度对漆酶活力的影响

Fig. 2 Effect of temperature on laccase activity

55°C 时活性最高, 高于 60°C 时酶活显著下降, 当温度达到 80°C 时几乎检测不到酶活, 85°C 时漆酶完全失活。

2.4.2 漆酶热稳定性分析: 分别对各温度下样品水浴处理 1 h, 测量酶活。结果如图 3 所示, 55°C 以下漆酶相对稳定, 酶活在 90% 以上, 60°C 时酶活损失较大, 仅剩 $59.11\% \pm 0.89\%$; 以酶活为 50% 时的温度作为半失活温度 ($t_{1/2}$), 则漆酶的 $t_{1/2}$ 为 $64^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ 。

2.4.3 pH 对漆酶活性的影响: 分别将各 pH 反应体系置于 55°C 水浴中测定对漆酶活性的影响。结果如图 4 所示, 最适反应 pH 为 6.0 时, 酶活最高; pH 为

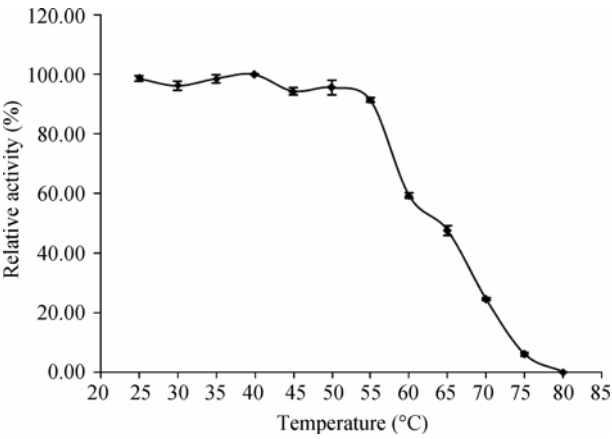


图 3 漆酶的热稳定性
Fig. 3 Heat stability of laccase

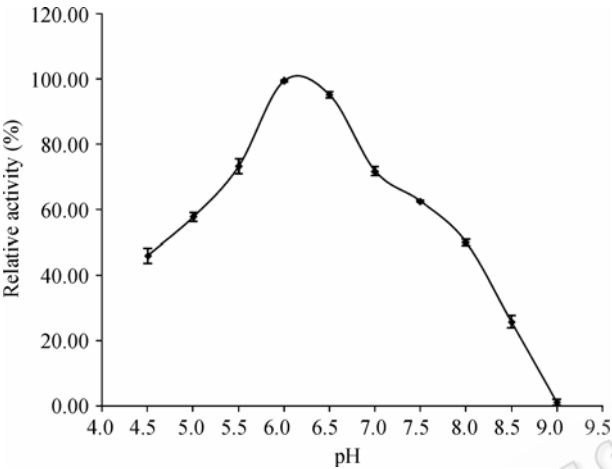


图 4 pH 对漆酶活力的影响
Fig. 4 Effect of pH on laccase activity

8.0 时酶活剩余 $53.06\% \pm 0.06\%$, 当 pH 为 9.0 时检测不到酶活。

2.4.4 漆酶的 pH 稳定性: 将漆酶与缓冲液充分混合后于室温条件下静置 1 h, 置于 55°C 测量酶活。结果如图 5 所示, 当 pH 为 6.0 时漆酶稳定, 酶活为 $99.46\% \pm 0.28\%$, pH 8.0 时下降到 $50.11\% \pm 0.95\%$ 。

2.4.5 漆酶的动力学参数测定: 由 1.2.6(5)方法测得漆酶与底物丁香醛连氮反应的 $K_m = 0.163 \text{ mmol/L}$, $V_{\max} = 0.194 \text{ mmol/(L} \cdot \text{min)}$ (图 6)。

2.4.6 含糖量测定: 利用蒽酮比色法测定纯酶的含糖量为 $18.14\% \pm 0.85\%$ 。

2.4.7 金属离子对酶活的影响: 将 pH 6.0, 终浓度为 5 mmol/L 的各种金属离子缓冲液体系中分别加入漆酶, 反应 30 min 测量酶活。结果如表 2 所示, 其中 K^+ 、 Na^+ 对酶活影响最小, 仅有少部分酶活损失; Mg^{2+} 、 Li^+ 对酶活影响较小, 剩余酶活在 70% 以上;

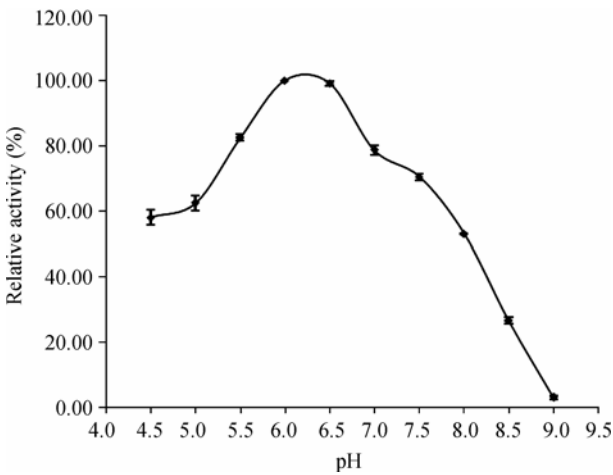


图 5 漆酶的 pH 稳定性
Fig. 5 pH stability of laccase

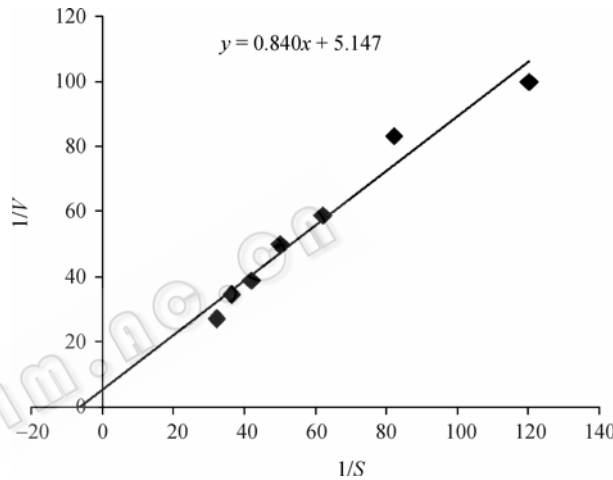


图 6 漆酶的动力学曲线
Fig. 6 The curve of Lineweaver-Burk

表 2 不同金属离子对酶活的影响 Table 2 Effect of metal ions on activity of laccase	
金属离子 Metal ions (5 mmol/L)	相对酶活 Relative activity (%)
Na^+	99.10 ± 0.07
K^+	97.29 ± 0.88
Li^+	73.20 ± 2.82
Mg^{2+}	88.00 ± 1.00
Ca^{2+}	61.32 ± 3.39
Ba^{2+}	34.20 ± 0.04
Hg^{2+}	0.00 ± 0.00
Fe^{3+}	0.00 ± 0.00
Ag^+	0.00 ± 0.00
Cu^{2+}	11.70 ± 1.64

Hg^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Ag^+ 对酶活影响最大, 实验中检测不到酶活; 另外, Cu^{2+} 对酶活影响也很大, 剩余酶活仅为 $11.70\% \pm 1.64\%$ 。

3 讨论

国内外对于木质纤维降解菌及其产生的相关酶类的研究大都集中于白腐真菌上^[15-17],鲜有丝孢菌的报道。我们的研究发现在自然界植物残体上同样腐生大量丝孢菌^[18-20],它们对木质纤维素的降解也起着非常重要的作用,极有可能具有完善的降解酶体系。从该类群真菌入手筛选高效降解菌,研究其产酶及酶学性质,无疑为该领域提供新的亮点。

本研究筛选的高产漆酶丝孢菌 *M. asperspera*, 为国内外首次报道。根据 1.1.3 条件发酵测得 *M. asperspera* 漆酶酶活为 618.67 U/mL, 由于此前报道的测量温度不同, 会使酶活数值相差较大, 我们利用 2.4.1 的结果计算 *M. asperspera* 漆酶在不同温度时的酶活, 与一些漆酶高产白腐菌对比, 如林丽萍等在 30°C 测得三色革菌漆酶酶活为 267.87 U/mL^[21], *M. asperspera* 漆酶酶活为 363.16 U/mL; 赵敏等在 25°C 测得环带干酪菌漆酶酶活为 336 U/mL, 白囊耙齿菌漆酶酶活为 340 U/mL^[22], *M. asperspera* 漆酶酶活为 350.11 U/mL; 同时我们利用赵林果等的方法^[23]对彩绒革盖菌进行发酵, 结果表明 *M. asperspera* 酶活略低于彩绒革盖菌漆酶 (633.33 U/mL)。通过改进培养基配方及培养条件有望进一步增加 *M. asperspera* 漆酶产量, 为大规模发酵生产奠定基础, 具有很好的开发应用前景。

M. asperspera 漆酶最适反应温度为 55°C 相对较高且较稳定, 水浴处理 1 h 酶活仍保持在 90% 以上。据报道彩绒革盖菌漆酶最适反应温度为 25°C^[24], 毛栓菌漆酶最适反应温度为 30°C^[25], 红栓菌最适反应温度为 30°C^[26], 均低于 *M. asperspera* 漆酶最适反应温度。

漆酶的最适 pH 多见于酸性环境下, 如毛栓菌漆酶最适 pH 值为 4.0, 彩绒革盖菌漆酶最适 pH 值为 4.5^[27], 糙皮侧耳菌最适 pH 值为 5.0^[28], 而 *M. asperspera* 漆酶最适 pH 为 6.0 偏中性。

K_m 代表着一种酶的特性, 以丁香醛连氮为底物, *M. asperspera* 漆酶 $K_m = 0.163$ mmol/L, 亲和能力与糙皮侧耳菌 $K_m = 0.14$ mmol/L 相近^[29], 相比三色革菌的 $K_m = 0.043$ mmol/L 高, 说明 *M. asperspera* 漆酶与丁香醛连氮的亲和能力比三色革菌弱, 但与红栓菌^[25]漆酶($K_m = 0.833$ mmol/L)比亲和力高。

漆酶是一种含铜的多酚氧化酶, 大多数研究表

明, 添加 Cu^{2+} 可以显著激活并提高漆酶活性^[30-32]。本研究发现添加 Cu^{2+} 能抑制漆酶活性, 当有 Cu^{2+} 存在时漆酶活性仅为 11.7%。王剑锋等人对烟管菌的研究有相似报道^[33], 但抑制效果并没有本研究中明显, 剩余酶活仍有 85%。烟管菌漆酶可受 Ag^+ 激活, 而 *M. asperspera* 漆酶在 Ag^+ 存在的条件下检测不到活性。综上所述, *M. asperspera* 分泌的漆酶很可能是一种新的漆酶同工酶。因此有必要对该菌株漆酶进行蛋白质测序、基因克隆、蛋白质表达、蛋白质结构测定等, 这些有助于阐明漆酶作用机理, 为该菌株及漆酶的应用奠定基础。本研究后续工作正在进行中。

参考文献

- [1] Bertrand T, Jolival C, Caminade E, *et al.* Purification and preliminary crystallographic study of *Trametes versicolor* laccase in its native form. *Acta Crystallogr D Biol Crystallogr*, 2002, **58**: 319-321.
- [2] Solomon EI, Sundaram UM, Machonkin TE. Multicopper oxidases and oxygenases. *Chemical reviews*, 1996, **96**: 2563-2605.
- [3] Camarero S, Ibarra D, Martínez ÁT, *et al.* Paper pulp delignification using laccase and natural mediators. *Enzyme and Microbial Technology*, 2007, **40**(5): 1264-1271.
- [4] Barton SC, Kim HH, Binyamin G, *et al.* The "wired" laccase cathode: high current density electroreduction of O_2 to Water at + 0.7V(NHE) at pH 5. *Journal of the american chemical society*, 2001, **123**: 5802-5803.
- [5] Karamyshev AV, Shleev SV, Koroleva OV, *et al.* Laccase - catalyzed synthesis of conducting polyaniline. *Enzyme and Microbial Technology*, 2003, **33**: 556-564.
- [6] Kuznetsov BA, Shumakovich GP, Koroleva OV, *et al.* On applicability of laccase as label in the mediated and mediator - less electroimmunoassay: effect of distance on the direct electron transfer between laccase and electrode. *Biosens Bioelectron*, 2001, **16**: 73-84.
- [7] Munir T, Andrew S, Abdul R, *et al.* Optimization of extracellular lignocellulolytic enzyme production by a thermophilic actinomycete *Thermomonospora fusca* BD25. *Enzyme and Microbial Technology*, 1999, **25**: 38-47.
- [8] 管筱武, 张甲耀, 罗宇煌. 木质素降解酶及其调控机理的研究进展. *上海环境科学*, 1998, **17**: 46-49.
- [9] 吴 坤, 张世敏, 朱显峰. 木质素生物降解研究进展. *河南农业大学学报*, 2000, **34**(4): 349-354.
- [10] Kirk TK, Croan S, Tien M. Production of multiple ligninases by *Phanerochaete chrysosporium*: effect of selected growth conditions and use of a mutant strain. *Enzyme and*

- Microbial technology*, 1986, **8**: 27–32.
- [11] Ride JP. The effect of induced lignification on the resistance of wheat cell walls to fungal degradation. *Physiological Plant Pathology*, 1980, **16**: 187–196.
- [12] Bradford MM. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of proteins-dye binding. *Anal Biochem*, 1976, **72**: 248–259.
- [13] 汪家政, 范明. 蛋白质技术手册. 北京: 科学出版社, 2000, pp.77–100.
- [14] 郭蔼光, 郭泽坤. 生物化学实验技术. 北京: 高等教育出版社, 2007, pp.109–111.
- [15] 林丽萍, 赵敏. 白腐菌漆酶固定化及其在工业中的应用. 中国造纸学报, 2005, **20**(2): 211–216.
- [16] 胡明, 张为灿, 卢雪梅, 等. 黄孢原毛平革菌产生的具有氧化性活力低分子肽类物质的分离纯化与性质鉴定. 中国科学 C 辑生命科学, 2006, **36**(1): 43–50.
- [17] Park MK, Park SS. Purification and Characterization of Laccase from Basidiomycete *Fomitella fraxinea*. *Journal of Microbiol and Biotechnol*, 2008, **18**(4): 670–675.
- [18] 赵国柱, 张天宇. 中国单格孢属(丝孢纲)的种. 菌物学报, 2007, **26**(3): 324–335.
- [19] 赵国柱, 张天宇. 腐生砖格丝孢菌的一些有趣种. 山东农业大学学报, 2003, **34**(3): 437–440.
- [20] Zhao GZ, Wu WP, Liu XZ. Helicosporous hyphomycetes from China. *Fungal Diversity*, 2007, **26**: 313–524.
- [21] 林丽萍, 赵敏. 三色革菌胞外漆酶发酵条件及部分特性研究. 中国造纸学报, 2004, **19**(2): 113–117.
- [22] 赵敏, 钱程. 白腐菌木素氧化酶系的检测及其漆酶诱导产生的研究. 中国造纸学报, 2005, **20**(2): 101–105.
- [23] 赵林果, 陆叶, 谢惠芳, 等. 碳源和氮源对彩绒革盖菌液体发酵合成漆酶的影响. 微生物学杂志, 2007, **27**(5): 57–60.
- [24] 王宜磊, 刘兴坦. 彩绒革盖菌漆酶及多酚氧化酶活性研究. 生物技术, 2000, **10**(6): 15.
- [25] 朱启忠. 毛栓菌胞外漆酶活性的初步研究. 微生物学杂志, 2000, **20**(1): 62.
- [26] 秦小琼, 傅庭治, 曹幼琴, 等. 红栓菌胞外漆酶的诱导、纯化及部分特性研究. 微生物学报, 1996, **36**(5): 360–366.
- [27] 王宜磊. 高酶活菌株的筛选及漆酶特性. 微生物学杂志, 2004, **24**(1): 11–13.
- [28] 席丹, 陶用珍. 糙皮侧耳菌漆酶的分离纯化及部分性质研究. 纤维素科学与技术, 2003, **11**(4): 22–30.
- [29] Palmieri G, Giardina P, Bianco C, et al. A novel white laccase from *Pleurotus ostreatus*. *The Journal of Biological Chemistry*, 1997, **272**(50): 31301–31307.
- [30] Galhaup C, Haltrich D. Enhanced formation of laccase activity by the white rot fungus *Trametes pubescens* in the presence of copper. *Appl Microbiol Biotechnol*, 2001, **56**: 225–232.
- [31] Palmieri G, Giardina P, Bianco C, et al. Copper induction of laccase isoenzymes in the ligninolytic fungus *Pleurotus ostreatus*. *Applied and Environmental Microbiology*, 2000, **66**(3): 920–924.
- [32] Arias ME, Arenas M, Rodríguez J, et al. Kraft pulp biobleaching and mediated oxidation of a nonphenolic substrate by laccase from *Streptomyces cyaneus* CECT 3335. *Applied and Environmental Microbiology*, 2003, **69**(4): 1953–1958.
- [33] 王剑锋, 王璋, 饶军, 等. 烟管菌漆酶的分离纯化及部分酶学性质研究. 菌物学报, 2008, **27**(2): 297–308.

栏目介绍

教学科研单位及成果展示

为了更好地宣传我国生命科学领域取得的成绩, 总结和交流我国微生物学研究和开发的新成果, 增强学术刊物与科研、教学和开发等各界同仁的广泛合作与联系, 共谋发展, 决定开设“教学科研单位及成果展示”栏目, 现诚邀有关单位参加。具体安排如下:

- 1、在《微生物学通报》显著位置开辟精美彩色专版, 刊登科研、开发、教学单位介绍, 展示科研成果、学科建设成就、生物技术新产品等, 图文并茂, 生动活泼, 每页内容要求: 图片 2~5 张, 文字 1000 字以内。
- 2、参加单位将获赠刊有本单位宣传内容的本期《微生物学通报》刊物 5 本; 获赠《微生物学通报》杂志全文检索数据光盘版 (1974~2006) 一张。
- 3、参加单位提供的简介、科研及教学成果、学科建设成就、新产品新技术展示、招生信息、人才引进及招聘启事、优秀人才推介等内容均可在本刊网站的“科研单位成果展示”等栏目免费发布一年, 并可将主页网址与我刊友情链接。
- 4、参加单位应保证宣传材料真实客观、数据翔实、文责自负, 来稿请加盖公章, 以示负责。
- 5、本栏目将适当收取版面制作及网页维护费。
- 6、本栏目联系方式:

联系电话: 010-64807336; 010-64807521
联系人: 武文王 闵
电子信箱: gg@im.ac.cn

<http://journals.im.ac.cn/wwxtbcn>