

文章编号: 1000-5013(2008)01-0064-04

黄孢原毛平革菌对印染废水的脱色实验

赵颖¹, 赵军¹, 杨玉杰¹, 杨传孝²

(1. 华侨大学 环境保护设计研究所; 2. 华侨大学 材料科学与工程学院, 福建 泉州 362011)

摘要: 研究经驯化的黄孢原毛平革菌对工业印染废水的脱色效果. 将 12 个经驯化后菌种, 直接进行脱色实验, 培养 150 h, 确定脱色率最高的菌株为实验菌, 以此考察脱色工艺条件对脱色率的影响. 研究表明, 在温度 35 ℃、转速 150 r·min⁻¹、活性深兰 H14B 染料质量浓度 5 mg·L⁻¹、接种量为 7 mL、培养基自然 pH 的实验条件下, 脱色培养 84 h 的脱色率最高, 可达到 89.01%.

关键词: 黄孢原毛平革菌; 活性深兰 H14B; 印染废水; 生物降解

中图分类号: X 791.031; Q 949.32

文献标识码: A

印染废水是水污染的一个重要来源, 处理印染废水常用的方法有物化法和生物法. 生物氧化法处理印染废水有物化法无可比拟的优势, 但存在脱色率不高的缺点. 国内外专家在寻求高效脱色菌种方面, 已经做了大量的工作^[1-3]. 黄孢原毛平革菌在产木素过氧化物酶的条件下, 可以降解偶氮染料、蒽醌染料、三苯甲烷等多种类型的染料^[4-6]. 福建泉州海天印染厂的印染废水经混凝沉淀及活性污泥曝气后, 化学耗氧量(COD_{Cr})及生物需氧量(BOD₅)值已达到排放标准, 但印染废水中若有深颜色染料如深兰色、深红色, 经生化处理后仍无法回收使用. 本文报导了经染料活性深兰 H14B 驯化的黄孢原毛平革菌, 对印染废水脱色的研究结果.

1 实验材料

1.1 菌种

黄孢原毛平革菌(*Phanerochaete chrysosporium*, PCH5)由实验室保存. 首先, 将 PCH5 接种到马铃薯固体培养基斜面上, 于 30 ℃下培养 5 d 后, 放入 4 ℃冰箱中保存, 每月转移一次.

1.2 材料与仪器

活性深兰 H14B (偶氮染料, 福建泉州海天印染厂), 马铃薯(市售), 其他化学试剂均为化学纯. SP-2120UV 型紫外可见分光光度计(上海光谱仪器有限公司), LD4-2 型低速离心机(北京医用离心机厂), MODEL868 pH 计(上海奥立龙有限公司), SPX-250 型恒温培养箱(上海跃进医疗器械厂), HYG-6a 型恒温摇床(上海欣蕊自动化设备有限公司).

2 实验方法

2.1 培养基

(1) 限碳培养基^[7]. 20 mmol·L⁻¹ 酒石酸缓冲液. (2) 染料驯化培养液. 在限碳培养基中加入活性深兰 H14B 染料 5~25 mg·L⁻¹ (以下“染料”均指活性深兰 H14B 染料). (3) 染料液体培养基. 在限碳培养基中加入 5 mg·L⁻¹ 染料.

2.2 测定方法及脱色率的计算

COD_{Cr} 的测定采用重铬酸钾法, BOD 的测定采用稀释培养法^[8]. 配置 5 mg·L⁻¹ 的染料溶液, 用紫

收稿日期: 2007-09-18

作者简介: 赵颖(1964), 女, 实验师, 主要从事环境工程的研究. E-mail: hjpj1@163.com.

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目(D0410019)

外分光光度计在 400~ 700 nm 对染料溶液扫描, 确定最大吸光度的波长为 619 nm, 因此, 实验以 619 nm 处的吸光度计算脱色率(φ). 在低浓度下, 染料的质量浓度和最大特征吸收波长下的吸光度成正比. 因此, 以染料最大特征吸收波长 λ_{max} 下的吸光度变化反映染料的质量浓度变化, 则染料的脱色率为

$$\varphi = [(A_0 - A_t) / A_0] \times 100\% .$$

上式中 A_0, A_t 分别表示初始时刻和 t 时刻, 染料在特征吸收波长 λ_{max} 处的吸光度值.

2.3 实验方法

(1) 菌种的驯化. 活化菌株接种于马铃薯培养基平板上, 于 30 ℃ 下培养 5 d 后, 刮取 1 个平板的孢子到 30 mL 无菌蒸馏水中制成孢子悬浮液. 将一定量的孢子悬浮液加入驯化培养液, 在 30 ℃ 下振荡培养 120 h, 培养液涂布在马铃薯培养基平板上. 将在马铃薯培养基平板上能存活的菌种增大染料质量浓度, 重复以上步骤继续驯化. 每次驯化时, 染料质量浓度逐步提高 $5\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 直至染料的质量浓度为 $40\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. (2) 脱色实验. 将经过驯化的菌株接种于马铃薯培养基平板上, 于 30 ℃ 下培养 7 d 后, 刮取 1 个平板的孢子到 20 mL 无菌蒸馏水中制成孢子悬浮液. 取孢子悬浮液, 接种到盛有 50 mL 染料液体培养基的 250 mL 三角瓶中, 于 35 ℃, $150\text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 下进行脱色培养. 培养一定时间后, 将培养液于离心机($4\,000\text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$) 下离心分离, 取上层清液测最大吸光度, 计算脱色率.

3 结果与讨论

3.1 脱色菌的驯化

菌种经驯化后, 其培养液的兰色有明显降低, 说明选用的菌种能使活性深兰 H 14B 染料降解. 由于在驯化时培养基中的染料质量浓度逐步提高, 染料对菌体的毒性增大, 大量的菌体死亡, 只有对染料有耐受力的菌体才能存活. 将存活的菌体划线分离, 挑取 12 个存活的菌落并分别保藏在马铃薯培养基斜面上, 经观察其菌落形态和细胞结构没有改变. 将此 12 个菌种直接进行脱色实验, 培养 150 h, 分析染料的脱色率, 确定脱色率最高的菌株, 命名为 P1. 以下实验以 P1 作为实验菌.

3.2 脱色工艺条件对染料脱色的影响

3.2.1 培养时间 在 35 ℃, $150\text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 、染料质量浓度 $5\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、接种量为 7 mL、 $\text{pH} = 4.25$ 的实验条件下进行脱色培养, 考察培养时间(t) 对脱色率的影响, 如图 1 所示. 由图 1 可知, 在培养脱色 48 h 后, 脱色率为 16.27%; 72 h 后, 脱色率增长到 45.50%; 84 h 后, 脱色率为 89.16%, 达到最大值. 继续培养, 其脱色率随着培养时间的增加而下降, 在 156 h 时, 其脱色率降至 44.27%. 这是因为菌体的生长和对染料的脱色是同步的, 脱色菌的生长从延滞期、对数期到稳定期, 菌体量在增加, 则脱色率也逐步提高, 到了 84 h 菌体量达到了最大值, 此时脱色率也最高. 此后, 菌体自溶, 细胞的内容物释放, 同时次级代谢物增加. 因此, 溶液中有色物质增加, 脱色率也就下降. 由此可知, 培养 84 h 菌体的脱色效果最好.

3.2.2 pH 值 在其他条件不变情况下脱色培养 84 h, 考察 pH 值对脱色率的影响, 如图 2 所示. 由图 2 可知, pH 值对脱色的影响较大, 在 $\text{pH} = 3.0 \sim 4.5$ 时, 随着 pH 值的增加, 其脱色率从 35.72% 增加到

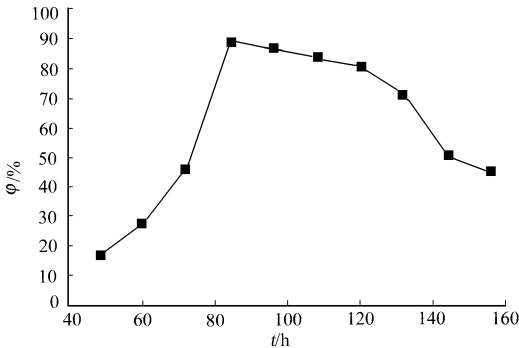


图 1 培养时间对脱色率的影响

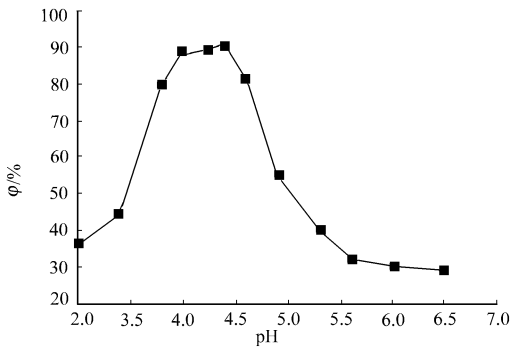


图 2 pH 值对脱色率的影响

Fig. 1 Effect of cultivation time on decolorizing efficiency

Fig. 2 Effect of pH on decolorizing efficiency

90.01%; 在 $\text{pH} = 4.0 \sim 4.5$ 时, 其脱色率稳定在 $(89 \pm 1)\%$; 之后, 随着 pH 值继续增大, 其脱色率却下降. 在 $\text{pH} = 5.5$ 时, 其脱色率降至 29.32%. pH 值对脱色率的影响较为复杂, pH 值影响了菌体的生长,

同时也影响了有关酶的活性, 导致微生物代谢与生长的变化. 从图 2 可知, 培养基 $\text{pH} = 4.25$, 此时的脱色率接近最高水平. 因此, 实验时不调节培养基的 pH 值, 既可简化实验, 又不影响其脱色率.

3.2.3 染料质量浓度 在其他条件不变情况下脱色培养 84 h, 考察染料质量浓度 (ρ) 对脱色率的影响, 如图 3 所示. 从图 3 可以看出, 当 ρ 小于 $45 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 其染料质量浓度对脱色率影响并不大, 脱色率都为 88% 左右; 当 ρ 大于 $45 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 其脱色率下降; 而当 ρ 为 $65 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 其脱色率为 24.49%. 这是因为脱色菌已经过染料的驯化, 对染料有一定的耐受力. 但若染料质量浓度太高, 其毒性太大, 超过了菌种的耐受力, 其脱色率迅速下降. 同时, 实验观察到接入培养基的菌种成丝状且结球. 若是较低的染料质量浓度, 菌体已经过驯化, 染料可作为菌体的碳源和氮源, 能促进菌丝球生长, 表面有刺状突起, 虽然菌丝球也有变黑现象, 但很快脱色, 废水颜色也很快脱色. 若染料质量浓度高, 菌丝球较难生长, 表面变深兰, 菌丝球脱色很慢, 脱色速度也很慢, 说明高浓度染料对黄孢原毛平革菌毒性较大, 抑制了菌体的生长. 从实验现象可推测出, 菌丝球对染料的降解可能是先吸附后降解.

3.2.4 接种量 在其他条件不变情况下脱色培养 84 h, 考察接种量 (V) 对脱色率的影响, 如图 4 所示. 从图 4 可见, 接种量对脱色率的影响较大. 在接种量小于 7 mL 时, 随着接种量的增加, 其脱色率增大;

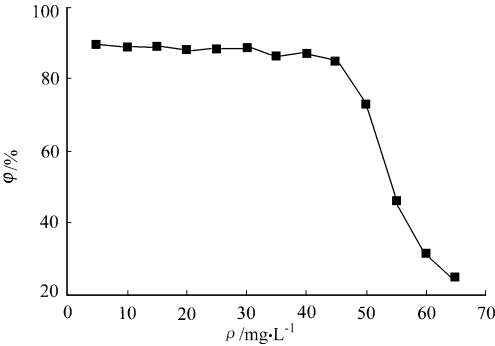


图 3 染料质量浓度对脱色率的影响
Fig. 3 Effect of dyes concentration on decolorizing efficiency

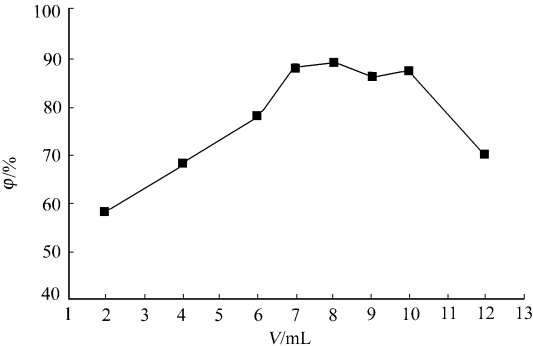


图 4 接种量对脱色率的影响
Fig. 4 Effect of inoculation quantity on decolorizing efficiency

但当接种量在 7~ 10 mL 时, 接种量对脱色率的影响并不大. 这是因为菌液加量小时, 培养基中的菌体数量少, 脱色率不高. 菌体量并不是越大越好, 菌体量过多, 在相同的培养基浓度情况下, 菌体由于培养基供应有限, 菌体生长不好, 其脱色效果却下降. 由此可知, 菌体的加量过高或过低都对脱色效果不利.

3.2.5 温度 在其他条件不变情况下脱色培养 96 h, 考察温度 (θ) 对脱色率的影响, 如图 5 所示. 由图 5 可知, 温度对脱色的影响不大. 在 25~ 40 $^{\circ}\text{C}$ 范围内, 脱色率为 $(89 \pm 1.5) \%$. 随着温度的升高, 脱色率下降. 当温度为 50 $^{\circ}\text{C}$ 时, 脱色率却只有 45.45%. 这是说明黄孢原毛平革菌的作用温度范围较广.

3.2.6 转速 在其他条件不变情况下脱色培养 96 h, 考察转速 (v) 对脱色率的影响, 如图 6 所示. 由图

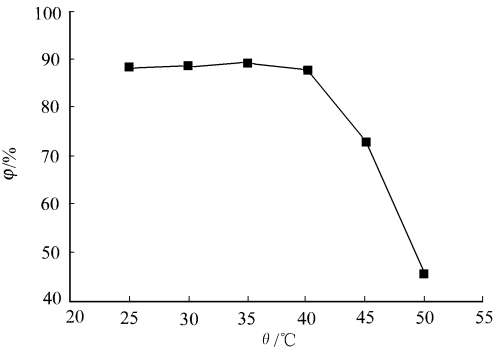


图 5 温度对脱色率的影响
Fig. 5 Effect of temperature on decolorizing efficiency

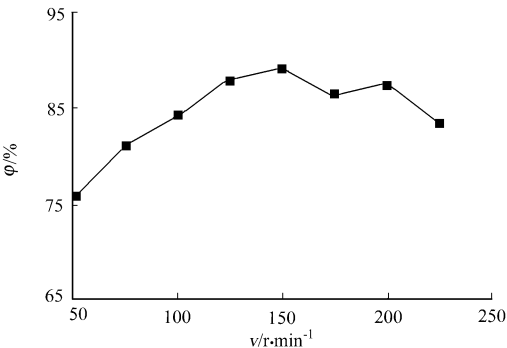


图 6 转速对脱色率的影响
Fig. 6 Effect of rotor speed on decolorizing efficiency

6 可知, 温度对脱色的影响不大. 在 50~ 150 $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ 范围内, 脱色率随着转速的提高而提高. 但随后提高转速, 并不能有效地提高脱色率. 在 150~ 225 $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ 范围内, 转速对脱色率的影响不大, 其脱色率

保持在 88% 左右. 考虑到动力消耗, 实验选用转速为 $150\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$.

3.3 印染排放废水的脱色实验

将经驯化的菌株 P1 接种于马铃薯培养基平板上, 于 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 培养 5 d 后, 刮取 1 个平板的孢子到 30 mL 无菌蒸馏水中制成孢子悬浮液, 取孢子悬浮液, 接种到盛有 50 mL 染料液体培养基的 250 mL 三角瓶中. 此液体培养基用泉州海天印染厂经混凝沉淀及活性污泥曝气后的排放废水(COD_{Cr} 为 $9.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 BOD_5 为 $5.62\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 在 619 nm 的吸光度值为 0.234) 进行配制, 经 $35\text{ }^{\circ}\text{C}$, $150\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 的振荡 84 h, 测 COD_{Cr} , BOD_5 值及吸光度值. 结果表明, 其 COD_{Cr} 为 $6.7\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, BOD_5 为 $2.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 在 619 nm 的吸光度值为 0, 指标符合回用水的指标要求.

4 结束语

考察经染料活性深兰 H 14B 驯化的黄孢原毛平革菌, 及其对工业印染废水的脱色效果. 通过对印染排放废水进行脱色培养 84 h, 其脱色培养后的水指标符合回用水的指标, 表明黄孢原毛平革菌能有效净化工业废水.

参考文献:

[1] 吴赞敏, 魏乃福, 翁 亮, 等. 印染废水脱色菌的培育及脱色工艺的研究[J]. 染料与染色, 2005, 42(1) : 60-62.

[2] 李蒙英, 倪建国, 孟祥勋, 等. 青霉菌对印染废水吸附脱色及深度处理的研究[J]. 环境污染治理技术与设备, 2004, 9 (5) : 36-39.

[3] 曾丽璇, 罗国维. 优势菌处理印染废水的工艺及脱色机理研究[J]. 环境科学进展, 1999, 7(2) : 92-95.

[4] BUM PUS J A, BROCK B J. Biodegradation of crystal violet by the white rot fungus *Phanerochaete chrysosporium* [J]. Appl Environ Microbiol, 1988, 54(5) : 1143-1150.

[5] CRIPPS C, BUMPUS J A, AUST S D. Biodegradation of azo and heterocyclic dyes by *Phanerochaete chrysosporium* [J]. Appl Environ Microbiol, 1990, 56(4) : 1114-1118.

[6] SPADARO J T, GOLD M H, RENGANATHAN V. Degradation of azodyes by the lignin-degrading fungus *Phanerochaete chrysosporium* [J]. Appl Environ Microbiol, 1992, 58(8) : 2397-2401.

[7] 张朝晖, 夏黎明, 林建平, 等. 黄孢原毛平革菌培养合成木素过氧化物酶研究[J]. 浙江大学学报: 工学版, 1999, 33 (2) : 133-135.

[8] 国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2006: 275-295.

Degradation of Printing Waster From Textile Printing by *Phanerochaete chrysosporium*

ZHAO Yin¹, ZHAO Jun¹, YANG Yu-jie¹, YAN Chuan-xiao²

(1. Institute of Environmental Protection & Design, Huaqiao University;
2. College of Material Science and Engineering, Huaqiao University, Quanzhou 362021, China)

Abstract: The effect was studied that *Phanerochaete chrysosporium* from domestication decolorized active dyes of deep blue H 14B. The experimental bacterium was choosed from 12 domestication bacteriums after 150 h of cultivation, and the effect of decoloring efficiency was investigated on different conditions by the optimum *Phanerochaete chrysosporium*, and the results show that the decolorizing efficiency is 89.01% with temperature $35\text{ }^{\circ}\text{C}$, $150\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$, natural pH, $5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ dye, inoculated volume 7 mL and cultivation 84 h.

Keywords: *Phanerochaete chrysosporium*; deep blue H 14B active dyes; waster water; biological degradation

(责任编辑: 黄仲一)