

文章编号: 1005-8893 (2004) 01-0046-03

## 甾体药物生产废水的生物处理

李尔扬, 王大慧

(江苏工业学院 化学工程系, 江苏 常州 213016)

**摘要:**以甾体药物生产废水中的主要污染物为底物, 从自然界筛选了高效降解菌株6株, 经鉴定, 他们分别为假单胞菌 (*Pseudomonas* sp.)、醋酸杆菌 (*Acetobacter* sp.) 和不动杆菌 (*Acinetobacter* sp.)。采用好氧工艺, 以筛选出的高效菌株为降解菌, 用正交法研究了高效菌降解废水的工艺条件, 最佳工艺条件为: 菌体质量浓度 10 g/L (湿), pH 7.0, 摇床转速 110 r/min。影响  $COD_{Cr}$  去除率的因子顺序为: 菌体质量浓度 > pH > 摇床转速。在最佳工艺条件下, 高效菌的  $COD_{Cr}$  去除率达到 94%, 出水可达到国家二级污水排放标准。

**关键词:** 甾体药物; 废水处理; 高效菌

**中图分类号:** X 17

**文献标识码:** A

制药生产废水由于浓度高, 污染化合物的分子结构复杂, 毒性大, 组成多变等特点, 属于难处理的工业污水, 对水环境的影响和污染都高于其他种类的污水。

在氢化可的松的生产过程中, 既有化学合成过程, 又有生物合成过程。以姜黄为原料, 经过若干步反应, 最后合成氢化可的松, 它是一个多环甾体化合物, 结构复杂, 给生物处理带来一定的困难<sup>[1]</sup>。常州医药原料厂甾体药物生产废水, 原采用活性污泥法处理, 无法作到达标排放。本文报道的是改用从自然界分离筛选的高效菌株, 对该厂生产废水处理的研究工作。

### 1 材料与方法

#### 1.1 废水

常州医药原料厂生产废水,  $COD = 2\ 880\ mg/L$ 。pH 9.0, 颜色微黄。

#### 1.2 菌种

从自然界分离获得。

#### 1.3 培养基

##### 1.3.1 细菌培养基<sup>[2]</sup> (%)

牛肉膏 0.5; 蛋白胨 1; 氯化钠 0.5; pH 7.0 ~ 7.2。

##### 1.3.2 基础培养基<sup>[2]</sup> (L)

$K_2HPO_4$  5.71 g;  $KH_2PO_4$  1.70 g;  
 $(NH_4)_2SO_4$  2.63 g; 盐溶液 10 mL; pH 7.0。  
盐溶液 (L):  $MgSO_4$  19.5 g;  $MnSO_4 \cdot H_2O$  5 g;  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  5 g;  $CaCl_2 \cdot 2H_2O$  0.3 g。

#### 1.4 标准品

氢化可的松, 乙酸孕酮, 氰乙酰铵, 去氢表雄酮, 雄烯二酮, 黄体酮。由常州医药原料厂提供。

#### 1.5 COD 测定

重铬酸钾法。

#### 1.6 菌体质量浓度

分光光度法; 质量法。

#### 1.7 菌种鉴定

按《细菌分类基础》<sup>[3]</sup>程序进行操作。

收稿日期: 2003-11-10

作者简介: 李尔扬 (1943-), 男, 江苏常州人, 研究员, 主要从事生物技术及生物技术处理工业废水的研究。

1.8 工艺试验

采用正交试验法。

2 结果与讨论

2.1 菌种

2.1.1 菌种的分离纯化

采来的样品，经富集、分离和纯化，筛选到对该厂生产废水所含污染物，具有较高降解率的菌株共 54 株，见表 1。

表 1 菌株分离筛选结果

化合物名	乙酸孕	甾乙酰	氢化可的	黄体酮	去氢表雄	雄烯二酮
称及符号	酮 (J)	胺 (QY)	松 (Q)	(H)	酮 (QU)	(X)
菌株数	3	13	4	8	12	14

2.1.2 高效菌株的配伍

以 COD 去除率为考察指标，进行了高效菌的配伍试验。根据试验结果，确定第一组合为最优组合，见表 2 和表 3。

表 2 各组对生产废水 COD 的去除率 %

时间/h	12	24	36	18
1	11.8	20.3	54.3	75.6
2	22.9	15.0	26.7	31.9
3	17.7	20.3	22.5	37.0
4	13.0	22.8	22.0	19.8

表 3 组成最优组合的高效菌株

化合物名称	J	QY	Q	H	QU	X
菌株号	J-1	QY-2	Q-3	H-4	QU-5	X-6

2.2 菌种鉴定

按照《细菌分类基础》<sup>[3]</sup>的操作系统，进行了培养特征、生理生化特征的测定，细菌形态均为杆状，结果见表 4。

表 4 细菌的形态、培养特征和生理生化特征

菌株	颜色	大小/ $\mu\text{m}$	革兰氏染色	鞭毛	葡萄糖氧化	pH4.5 生长	醇类发酵
J-1	白	0.6×1.7~2.2	G <sup>-</sup>	周生	+	-	-
QY-2	淡黄	0.5×2.1~2.5	G <sup>-</sup>	-	+	-	-
Q-3	白	0.7~0.8×1.5~1.9	G <sup>-</sup>	周生	+	-	+
H-4	白	0.5~0.6×0.8~1.3	G <sup>-</sup>	极生	+	-	-
QU-5	白	0.8×1.0~1.1	G <sup>-</sup>	极生	+	-	-
X-6	白	0.8~0.9×1.2~1.5	G <sup>-</sup>	周生	+	-	+

根据《细菌分类基础》<sup>[2]</sup>和以上检测结果，J-1、H-4、QU-5 菌株定为假单胞菌 (*Pseudomonas* sp.)；Q-3、X-6、菌株定为醋酸杆菌 (*Acetobacter* sp.)；QY-2 菌株定为不动杆菌 (*Acinetobacter* sp.)。

2.3 生产废水处理工艺试验

正交试验设 3 因子，每因子设 3 水平，见表 5。采用  $L_9(3^4)$  正交表对各因子的影响进行考察，试验结果见表 6，方差分析见表 7。

表 5 正交试验因子与水平表

水平	A <sup>1)</sup> 菌体量/(g/L)	B pH	C 摇床转速/(r/min)
1	10	6.5	110
2	20	7.0	135
3	30	7.5	160

1) 湿菌体量。

表 6  $L_9(3^4)$  正交表及试验结果

列号	A 1	空列 2	B 3	C 4	COD 去除率, %
1	1	1	1	1	75.00
2	1	2	2	2	92.06
3	1	3	3	3	82.13
4	2	1	2	3	67.23
5	2	2	3	1	78.16
6	2	3	1	2	34.47
7	3	1	3	2	55.32
8	3	2	2	3	24.54
9	3	3	1	1	70.21
I <sub>j</sub>	83.06	65.85	44.67	74.46	
II <sub>j</sub>	59.95	64.92	76.50	60.62	
III <sub>j</sub>	50.02	62.27	71.87	57.97	
R <sub>j</sub>	33.04	3.58	31.83	16.49	

表 7 正交试验方差分析表

因素	偏差平方和	自由度	F 值	F 临界值	显著性
A	1 721.32	2	83.284	19.000	**
空列	20.70	2	1.000	19.000	
B	1 774.43	2	85.705	19.000	**
C	470.49	2	22.724	19.000	*
误差	20.70	2			

根据正交试验结果，各因子对 COD<sub>cr</sub> 去除率影响大小的顺序为：菌体量>pH>摇床转速。最佳去除 COD<sub>cr</sub> 的工艺条件为 A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>，即菌体量 10 g/L，pH=7.0，摇床转速 110 r/min。

由于 A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub> 组合在正交表中未出现，故以 A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub> 组合条件做验证试验，试验结果为 COD<sub>cr</sub> 去除率达 94%，证明正交试验结果是可靠的。

3 结 论

(1) 从自然界分离筛选出，对甾体药物生产废水具有较高降解率的细菌 6 株，经菌种鉴定，J-1、H-4、QU-5 菌株定为假单胞菌 (*Pseudomonas* sp.)；Q-3、X-6 菌株定为醋酸杆菌 (*Acetobacter* sp.)；QY-2 菌株定为不动杆菌 (*Acinetobacter* sp.)。

(2) 影响高效菌对甾体药物生产废水  $\text{COD}_{\text{cr}}$  去除率大小的因子顺序为: 菌体量  $>$  pH  $>$  摇床转速。

(3) 最佳工艺条件为: 菌体量 10 g/L (湿), pH=7.0, 摇床转速 110 r/min。在最佳工艺条件下,  $\text{COD}_{\text{cr}}$  去除率为 94%, 出水水质:  $\text{COD}_{\text{cr}} = 172.8 \text{ mg/L}$ ,  $\text{BOD}_5 = 120 \text{ mg/L}$ ,  $\text{SS} = 95 \text{ mg/L}$ , 色度 60, 苯胺  $\leq 2.0 \text{ mg/L}$ , pH 6~9, 出水达到《污水综合排放标准》GB8978-96 中的污水二级排放标准。

#### 参考文献:

- [1] 程洁红, 李尔场. 染色废水治理的微生物技术研究现状 [J]. 江苏石油化工学院学报, 1998, 10 (2): 61-64.
- [2] 李尔场, 史乐文, 周希圣, 等. 工程菌处理制药废水 [J]. 水处理技术, 2001, 27 (5): 287-289.
- [3] 王大相. 细菌分类基础 [M]. 北京: 科学出版社, 1977.

## Biological Treatment of the Wastewater from Steroid Drug Production

LI Er-yang, WANG Da-hui

(Department of Chemical Engineering, Jiangsu Polytechnic University, Changzhou 213016, China)

**Abstract:** The 6 highly efficient strains, screened by using pollutants in wastewater from steroid drugs production as the main substrate, were identified as *Pseudomonas* sp, *Acetobacter* sp and *Acinetobacter* sp, respectively. The optimal conditions of strain concentration 10 g/L, pH 7.0 and agitation rate 110 r/min for aerobic biodegradation of the wastewater were determined by the orthogonal experiments. The factors which influence the rate of COD removal follow the order of strains concentration  $>$  pH  $>$  rotate speed. Maximum COD removal rate of 94% was achieved by using the optimum conditions, and the final COD of the outflow satisfied the standard for the secondary water.

**Key words:** steroid drug; wastewater treatment; highly efficient strains