

酵母菌-光合细菌联用处理皂素废水的试验研究^{*}

凌云,冯贵颖,刘建党,朱丹,申卫博^{*},李新国

(西北农林科技大学生命科学院,陕西杨凌 712100)

摘要: 对应用酵母菌和光合细菌综合处理皂素废水进行了初步研究,结果表明,第一步用产脲假丝酵母处理后, COD_{Cr}去除率为 34.77%,出水 pH 为 6.87;第二步用光合细菌处理后, COD_{Cr}去除率为 87.2%,总去除率达 91.2%,出水 pH 为 8.6, NH₄⁺-N 总去除率达 96.7%, SO₄²⁻ 浓度基本无变化。该处理方法具有运行动力消耗少,降解效率高,且便于资源化等优点。

关键词: 光合细菌; 酵母菌; 皂素废水; COD_{Cr}去除率

中图分类号: X131.2

文献标识码: A

文章编号: 1004-1389(2006)01-0109-04

Studies on Application of Yeast-photosynthetic Bacteria to Treatment of Diosgenin Wastewater

LING Yun, FENG Gui-ying, LIU Jian-dang, ZHU Dan, SHEN Wei-bo^{*} and LI Xin-guo

(College of Life Science, Northwest A & F University, Yangling Shaanxi 712100, China)

Abstract A preliminary study on diosgenin wastewater treatment by the combination of photosynthetic bacteria (PSB) and *Candida utilis* has been carried out. The results demonstrated that the COD_{Cr} deduction rate was 34.77% and the outflow pH was 6.87 while firstly treated with *Candida utilis*. A COD_{Cr} deduction rate at 87.2% was observed following the second treatment with PSB and the total COD_{Cr} deduction rate was shown to be 91.2%. Its outflow pH was 8.6. Also the removal percentage of the total NH₄⁺-N was up to 96.7% and the concentration of the SO₄²⁻ had no change nearly. The merit of treatment includes low power, high degradation and easy to resource and so on.

Key words Photosynthetic bacteria; *Candida utilis*; Diosgenin wastewater; COD_{Cr} deduction

利用酵母菌和光合细菌处理各种有机废水是近年开发出的一种新型废水处理工艺,具有处理负荷高,污泥无污染等特点^[1-3]。由于光合细菌的营养物质主要是低分子有机酸、氨基酸、糖类^[4],除可直接利用油脂外,对大分子物质,如淀粉、多糖、蛋白质等利用速率较慢,所以单独用光合细菌法处理有机废水,就需先进行预处理,又称可溶化处理^[5]。预处理的好坏是影响光合细菌处理效果的关键。本研究用酵母菌-光合细菌联用综合处理皂素废水,用酵母菌对皂素废水进行了可溶化预处理,使皂素废水中的多糖类物质及纤

维素等转化为单糖及挥发性有机酸,为光合细菌的生长提供了良好的条件。结果发现,将酵母菌和光合细菌联用处理皂素废水不仅有机污染物去除率高,投资省,占地少,且菌体污泥是对人畜无害、富含营养的蛋白饲料。因此,酵母菌-光合细菌联用是一种非常有前途的净化高浓度有机废水的处理技术。

1 材料与amp;方法

1.1 试验用菌种

光合细菌(PSB)为沼泽红假单胞菌,球形红

^{*} 收稿日期: 2005-09-21 修回日期: 2005-10-29

基金项目: 中央环境保护专项资金资助(皂素企业废水处理与清洁生产示范工程项目)

作者简介: 凌云(1981-),男,安徽合肥人,在读硕士,主要从事环境生物工程研究。E-mail: 12lingyun@sohu.com

^{*} 通讯作者: 电话: 13519116262

假单胞菌的混合培养液,菌体密度为 90 亿个 / mL。酵母菌为产朊假丝酵母菌的马铃薯液体培养液,菌种由中国科学院微生物研究所提供

1.2 废水来源

废水来自陕西扶风县一皂素厂,其 $\text{COD}_{\text{Cr}}=15\ 000\sim 30\ 000\ \text{mg/L}$, $\text{pH}=1\sim 2$,色度 $=3\ 500$, $\text{SO}_4^{2-}=8\ 000\ \text{mg/L}$ ($\text{pH}=1$ 时), $\text{NH}_4^+-\text{N}=500$

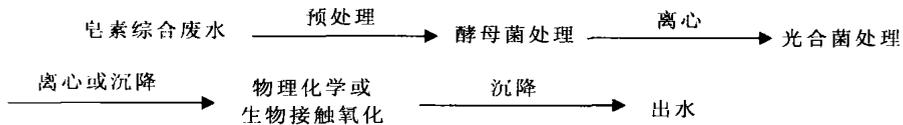


图 1 工艺流程图

Fig. 1 Technological process

其中预处理为向综合皂素废水中加入合适剂量的生石灰,一方面可絮凝固形物和部分大分子物质,另一方面可调节废水的 pH 值至 3~5,达到酵母菌的最适范围。

1.5 试验过程

由于皂素废水硫酸盐含量高,达 $8\ 000\ \text{mg/L}$,所以采用厌氧方法可溶化处理比较不利,因为厌氧处理时硫酸盐还原菌的作用会将硫酸盐转化为硫化物,硫化物会对后续的光合细菌产生毒害作用。因此选用酵母菌好氧可溶化处理,其优点有:①可以通过曝气增加对反应器内混合液的搅动,增加传质效果;②可以抑制废水中硫酸盐的还原反应,减弱 H_2S 对光合细菌的毒害作用;③可以通过好氧呼吸作用增强异养细菌对有机物的去除,减轻光合细菌处理段的负荷。所以试验分为两组,即对照组和试验组。对照组直接用光合细菌一步处理法,即直接往预处理后的皂素废水中接种 15%~20% 的光合细菌菌液,按 $\text{COD}_{\text{Cr}}:\text{N}:\text{P}=200:5:1$ 的比例投加 N 源和 P 源,光照、厌氧培养 3

mg/L , TP 含量未检出

1.3 仪器设备

HH-6 COD 测定仪, pHS-25 酸度计, 754 紫外-可见分光光度计, 贺利氏 BB-16CO₂ 恒温培养箱, XSZ-G 生物显微镜

1.4 工艺流程

具体工艺流程见图 1

d 后, $12\ 000\ \text{r/min}$ 离心 15 min, 取上清液测 COD_{Cr} 。试验组试用综合处理法,即第一步用酵母菌处理,第二步用光合菌处理,具体步骤如下:

酵母菌处理:取一定量经预处理后的皂素废水,直接接种 10% 的酵母菌菌液,按 $\text{COD}_{\text{Cr}}:\text{N}:\text{P}=200:5:1$ 的比例投加 N 源和 P 源,培养 2 d 后, $7\ 000\ \text{r/min}$ 离心 15 min, 上清液测定 pH 和 COD_{Cr} , 计算 COD_{Cr} 去除率, 留待下一步光合细菌处理用。

光合细菌处理:向上述上清液中接入 20% 的光合细菌菌液,光照、厌氧培养 3 d 后, $7\ 000\ \text{r/min}$ 离心 15 min, 测 pH 和 COD_{Cr} , 计算 COD_{Cr} 去除率, 上清液为本次试验的最终出水。

2 结果与分析

2.1 对照组试验结果

对照组采用光合细菌直接处理经预处理过的皂素废水,其处理效果见表 1。

表 1 光合细菌对皂素废水的直接处理效果

Table 1 Direct effect of PSB on diosgenin wastewater

序号 Sequence number	0		24 h		48 h		72 h		总出水 pH Finally outflow water
	进水 COD_{Cr} $/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$ Influent water	pH	出水 COD_{Cr} $/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$ Outflow water	去除率 % Removal percentage	出水 COD_{Cr} $/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$ Outflow water	去除率 % Removal percentage	出水 COD_{Cr} $/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$ Outflow water	去除率 % Removal percentage	
01	26000	5.0	19620	24.5	16337	37.2	12837	50.6	5.1
02	26000	5.0	18750	27.9	16024	38.4	11619	55.3	5.3
03	26000	5.0	18569	28.6	15902	38.8	12111	53.4	4.9
平均值 Average value	26000	5.0	18980	27.0	16088	38.1	12189	53.1	5.1

出水 pH 值平均为 5.1, 与正常光合细菌菌液的 pH 值 (偏碱) 相左; 取湿菌泥镜检, 发现其中光

合细菌很少, 主要是一种革兰氏阳性杆菌, 与废水自然放置状态下的发酵菌群基本一致。上述结果

表明,在用光合细菌直接处理皂素废水的过程中,表面看来 COD_{Cr} 的去除率可达 53.1%,实际上起主要作用的却不是光合细菌,而是其他杂菌。光合细菌是竞争劣势菌。这一点与刘军义、李丽华^[6,7]等人的研究结论一致。

2.2 试验组试验结果

2.2.1 酵母菌对皂素废水的处理效果 本试验选用的产脲假丝酵母,对皂素废水有较强的分解和利用能力,24 h 时 COD_{Cr} 的去除率在 12.3%

~ 14.1% 之间,平均为 13.4%,pH 从 5.0 上升到 6.1; 48 h 在 32.36% ~ 37.25% 之间,平均为 34.77%,pH 达到 6.87。酵母菌处理皂素废水,虽然 COD_{Cr} 去除率不高,只有 34.77%,但却达到了很好的可溶化处理效果,免除了一般处理过程中的 pH 调试程序,可使废水 pH 自然上升到中性,恰好落在光合细菌生长的最佳 pH 范围内,为下一步光合细菌的处理打下了良好的基础。

表 2 酵母菌对皂素废水的处理效果

Table 2 Effect of *Candida utilis* on diosgenin wastewater

序号 Sequence number	0		48 h			72 h		
	进水 COD _{Cr} /(mg·L ⁻¹) Influent water	进水 pH Influent water	出水 COD _{Cr} /(mg·L ⁻¹) Outflow water	去除率 % Removal percentage	出水 pH Outflow water	出水 COD _{Cr} /(mg·L ⁻¹) Outflow water	去除率 % Removal percentage	出水 pH Outflow water
01	22714	5.0	19920	12.3	5.9	14833	34.7	6.7
02	22714	5.0	19511	14.1	6.4	15364	32.36	7.0
03	22714	5.0	19557	13.9	6.0	14253	37.25	6.9
平均值 Average value	22714	5.0	19663	13.4	6.1	14817	34.77	6.87

2.2.2 光合细菌对皂素废水的进一步处理效果 接上一步,用光合细菌对废水作进一步处理,进污水水质即为酵母菌 48 h 出水水质,结果如表 3 所示。

由表 3 可见,经过酵母菌对皂素废水可溶化处理后,光合菌对废水的降解能力显示出了明显的优势。24 h 时 COD_{Cr} 的去除率在 38.3% ~ 40.4% 之间,48 h 在 69.1% ~ 81.0% 之间,72 h 在 82.7% ~ 92.8% 之间,总去除率达 91.2%,出水 COD_{Cr} 平均为 1 895 mg/L, pH 为 8.6,达到了非常明显的处理效果。本次试验的最终出水的指标仍未能完全符合排放标准,要达标排放可通过后

续物理化学或生物接触氧化等方法来实现。

2.3 酵母菌-光合菌联用处理前后废水水质变化

由表 4 可以看出,总出水 COD_{Cr} 的去除率达到 87.2%,出水平均 COD_{Cr} 为 1 895 mg/L,说明废水中可生物降解的物质绝大部分已被酵母菌和光合细菌利用。NH₄⁺-N 去除效果非常好,达到 96.7%,色度去除率不高,只有 42.9%,原因可能为酵母菌和光合细菌对皂素废水中的有色物质降解能力不高所致。SO₄²⁻ 的浓度处理前后变化不大,几乎没有去除,原因是 SO₄²⁻ 为无机离子,酵母菌和光合细菌无法对其进行生物利用,处理后其仍然以离子形式存留于废水中。废水 pH 从 5.0 升

表 3 光合细菌对皂素废水的进一步处理效果

Table 3 Deep effect of PSB on diosgenin wastewater

序号 Sequence number	24 h			48 h			72 h		
	出水 COD _{Cr} /(mg·L ⁻¹) Outflow water	去除率 % Removal percentage	出水 pH Outflow water	出水 COD _{Cr} /(mg·L ⁻¹) Outflow water	去除率 % Removal percentage	出水 pH Outflow water	出水 COD _{Cr} /(mg·L ⁻¹) Outflow water	去除率 % Removal percentage	出水 pH Outflow water
01	9085	38.8	7.1	4588	69.1	7.4	2004	86.5	8.6
02	9157	40.4	7.1	3863	74.9	7.3	2657	82.7	8.7
03	8795	38.3	7.1	2703	81.0	7.3	1025	92.8	8.5
平均值 Average value	9012	39.2	7.1	3718	74.9	7.33	1895	87.2	8.6

表 4 酵母菌-光合菌联用处理前后废水各组分平均值的变化比较

Table 4 Several components in average before and after treatment by yeast-photosynthetic bacteria

测试项目 Test items	COD _{Cr} /(mg·L ⁻¹)	NH ₄ ⁺ -N /(mg·L ⁻¹)	TP /(mg·L ⁻¹)	SO ₄ ²⁻ /(mg·L ⁻¹)	色度 Chroma	pH
反应前 Before treatment	22714	450	-	8000	3500	5.0
反应后 After treatment	1895	15	-	7981	2000	8.6
总去除率 % Total removal percentage	87.2	96.7			42.9	

高到 8.6,这对废水后续的物化或生化处理提供了良好的条件

3 结论

3.1 在对照组中,应用光合细菌单独处理皂素废水时,发现起主要作用的不是光合细菌,而是一种革兰氏阳性杂菌,这可能与光合细菌竞争的劣势性有关,因此用光合细菌直接处理皂素废水没有实际意义

3.2 试验组中,尝试用酵母菌处理和光合菌处理相结合的方法,收到了非常明显的效果.试验过程中,酵母菌先对皂素废水进行可溶化处理,虽然 COD_{Cr}没有得到显著降低,但由于其对废水中大分子物质的可溶化处理,为下一步光合细菌处理提供了良好的平台.用光合细菌处理后,最终出水 pH 为 8.6, COD_{Cr}可以从 22 714 mg/L 降到 1 895 mg/L,总去除率达 91.2%, NH₄⁺-N 含量降为 15 mg/L,去除率达到 96.7%. 为废水的最终达标排放打下了坚实的基础.

3.3 此方法运行动力消耗少,降解效率高,便于资源化,有很好的推广应用价值.

参考文献:

- [1] 宋凤敏,呼世斌,刘音,等.酵母菌处理皂素生产废水的研究[J].环境污染治理技术与设备,2004,(4): 66- 69.
- [2] Nakajima F, Kamiko N, Yamamoto K. Organic wastewater treatment without greenhouse gas emission by photosynthetic bacteria[J]. Wat. Sci. Tech., 1997, 35(8): 285- 291.
- [3] Fischer S F, Scherer P O J. Charge separation in photosynthesis via a spin exchange coupling mechanism [J]. Eur Biophys J, 1997, 26(6): 477- 483.
- [4] 朱核光,史家禄,徐亚同,等.光合细菌法处理酒糟废水的试验研究[J].上海环境科学,1995,(1): 8- 10.
- [5] 程树培,崔益斌,申为民,等.外循环气升反应器中光合细菌处理味精废水的研究[J].环境科学,1993,(2): 6- 10.
- [6] 刘军义,李丽华,等.光合细菌与酵母菌综合处理柠檬酸废水的初步研究[J].微生物学杂志,1998,18(3): 30- 33.
- [7] 俞吉安,葛世英,丁友土,等.利用光合细菌处理柠檬酸发酵废水的中试研究[J].上海交通大学学报,1991,25(5): 106- 109.

《西北农业学报》参考文献著录规范

参考文献类型	专著	论文集	报纸文章	期刊文章	学位论文	报告	标准	专利
文献类型标识	M	C	N	J	D	R	S	P

对于专著、论文集的析出文献,其文献类型标识采用单字母“ A”;对于其它未说明的文献类型,采用单字母“ Z”.文献类型标识字母置于方括号内,位于篇名或书名(析出文献同时位于篇名和被析文献题名文字结尾)结束符之前.

数据库(database)、计算机程序(computer program)及电子公告(electronic bulletin board)等电子文献类型的参考文献,以下列双字母作为标识:

电子参考文献类型	数据库	计算机程序	电子公告
电子文献类型标识	DB	CP	EB

当电子文献被引为参考文献时需参考文献类型标识中同时标明其载体类型.用双字母表示电子文献载体类型:磁带(magnetic tape)—— MT,磁盘(disk)—— DK,光盘(CD-ROM)—— CD,联机网络(online)—— OL,并以下列格式表示包括文献载体类型的参考文献类型标识:[文献类型标识/载体类型标识]

- 如:[DB/OL]— 联机网上数据库(database online)
- [DB/MT]— 磁带数据库(database on magnetic tape)
- [M/CD]— 光盘图书(monograph on CD-ROM)
- [CP/DK]— 磁盘软件(computer program on disk)
- [J/OL]— 网上期刊(serial online)
- [EB/OL]— 网上电子公告(electronic bulletin board online)

参考文献的责任者为 3 人或 3 人以内时应全列出,多

于 3 人者在第 3 位后加等或 *et al.*

- (1)专著、论文集、学位论文、报告文献著录
[序号]主要责任者.文献题名[文献类型标识].出版地:出版者,出版年.起止页码(任选).
- (2)期刊文章著录
[序号]主要责任者.文献题名[J].刊名,年,卷(期):起止页码.
- (3)论文集集中的析出文献
[序号]析出文献主要责任者.析出文献题名[A].原文献主要责任者(任选).原文献题名[C].出版地:出版者,出版年.析出文献起止页码.
- (4)报纸文献著录
[序号]主要责任者.文献题名[N].报纸名,出版日期(版次).
- (5)国际、国家标准文献著录
[序号]标准编号.标准名称[S].
- (6)专利文献著录
[序号]专利所有者.专利题名[P].专利国别:专利号,出版日期.
- (7)电子文献著录
[序号]主要责任者.电子文献题名[电子文献及载体类型标识].电子文献的出处或可获得地址.发表或更新日期/引用日期(任选).
- (8)各种未定义类型的文献
[序号]主要责任者.文献题名[Z].出版地:出版者,出版年.