

光合细菌和螺旋藻对黄泔水净化与利用初探

郑爱榕¹ 许伟斌² 蔡阿根¹ 方志山¹

(1. 厦门大学亚热带海洋研究所, 厦门 361005, E-mail: YPHuang@jingxian.xmu.edu.cn 2. 厦门侨星饮料厂, 厦门 361005)

摘要 应用光合细菌将黄泔水中的有机物降解转化为无机氮磷后养殖螺旋藻。结果表明, 在实验条件下光合细菌对黄泔水 COD_{Cr} 的去除率可达 70%, 处理后的黄泔水用甲壳质絮凝澄清后加入螺旋藻并曝气进行培养, 藻生长周期为 22d、生长速率为 20~30mg/L·d。藻体蛋白质含量平均为 52.6g/100g(干重), 游离氨基酸平均含量为 2.41g/100g(干重)。

关键词 光合细菌, 螺旋藻, 黄泔水, 净化与利用。

Treatment and Reuse of the Wastewater of Bean Products with the Photosynthetic Bacteria and *Spirulina maxima*

Zheng Airong¹ Xu Weibin² Cai Agen¹ Fang Zhishan¹

(1. Institute of Subtropical Oceanography, Xiamen University, Xiamen 361005, China E-mail: YPHuang@jinxian.xmu.edu.cn

2. Qiaoxing Beverage Factory, Xiamen 361005)

Abstract A try on the treatment and reuse of the waste water of bean products with the photosynthetic bacteria (PSB) and *S. maxima* (SM) was introduced. First the waste water of bean products was treated with PSB to decomposing organic matter, and then chitin was added for precipitating PSB, the last SM was added into the treated waste water for removing organic matter further and reusing nitrogen and phosphorous. The results of an dynamic modled experiment showed that PSB have a high removal efficiency for COD (70%) on the waste water of bean products, and SM cultured in the treated waste waster grow well, the rate of growing is 20~30mg dry-weight/(L·d), and the content of protein and free amino acid in SM are 52.6g/100g dry-weight and 2.41g/100g dry-weight respectively.

Keywords photosynthetic bacteria, *Spirulina maxima*, waste water of bean products, treament and reuse.

国内利用光合细菌(photosynthetic bacteria, PSB)处理黄泔水已取得满意的结果^[1], 但处理的废水未加以利用。本文在光合细菌-螺旋藻体系处理与净化啤酒废水研究^[2]的基础上, 试图应用 PSB 将黄泔水中高浓度的有机大分子物质降解为无机的氮和磷后, 用于养殖螺旋藻, 以达到废水无害化和资源化的目的。

1 材料与方法

1.1 实验材料

PSB: 系沼泽红假单胞菌(*Phodopseudomonas palustris*), 福建省水产研究所提供。培养液配方为: NH₄Cl 1.0g; NaAc 3.5g; MgCl₂ 0.1g; CaCl₂ 0.1g; KH₂PO₄ 0.6g;

K₂HPO₄ 0.4g; 酵母膏 0.1g; 自来水 1000ml。培养液 115℃高温灭菌 15~20min 后调 pH=7.0, 28~30℃厌氧光照(25W 白炽灯对称照明)。

极大螺旋藻(*Spirulina maxima*): 由厦门大学生物学系提供, 采用 CFTRI 培养基^[3], 在 28℃、1000lx、L:D=12:12 的条件下纯种培养。

黄泔水: 取自厦门大学豆制品加工厂。其成分和主要含量(mg/L)分别为: COD_{Cr} 16500; 总磷 26.8; 总氮 9.6; 亚硝氮 0.3; pH5.57。

0.4% 甲壳质: 系商品级, 用 1% 的醋酸溶液配制。

1.2 测定方法

COD_{Cr}、TP、PO₄³⁻-P、TN、NH₄⁺-N、NO₃⁻-N、NO₂⁻-N 的分析按文献[4]的方法.

藻生物量和 PSB 细胞量的测定采用光谱吸收法*, 即在 721 分光光度计上分别于 λ=580nm 和 660nm 处测其光密度值(OD)₅₈₀和 (OD)₆₆₀, 并制作螺旋藻(OD)₅₈₀与细胞干重的标准曲线图. 藻的蛋白质、碳水化合物和游离氨基酸含量的测定分别采用福林-酚试剂法^[5]、茚酮试剂法^[6]和邻苯二醛荧光法^[6].

1.3 实验装置和流程

实验装置主要由废水槽、PSB 处理槽、沉淀槽和养殖槽组成(图 1). PSB 处理槽由 3 个 2500ml 的下口抽滤瓶组成, 溶解氧的控制是通过调节压缩空气的流量, 使其分别保持在 0.2、0.4 和 0.8mg/L. PSB 处理槽和培养槽的光照白天为自然光, 夜间 4×40W 白炽灯, PSB 密度维持在 (OD)₆₆₀=0.324~0.5 之间. 养殖槽为

10L 圆形玻璃缸, 光照为室内自然光, 曝气时间为 3 次/d, 2h/次, 温度 28℃~30℃, 螺旋藻初始密度(干重)为 118.0mg/L.

处理流程在 3 个 PSB 处理槽中加入 1/3 体积的新鲜菌液, 当细菌生长速率达最大时即: μ_{max}(OD)₆₆₀=0.043h⁻¹, 用 NaOH 调黄泔水 pH=7.5 后装入废水槽且让黄泔水与 PSB 以 2:1 的体积比和恒定的速度滴加到处理槽中. 废水在每槽的滞留时间为 24h. 处理后的废液从第 3 槽流出, 流出液的 20% 返送回培养槽经厌氧光照 1d 后再加到第一槽. 其余的流出液流入沉淀槽调 pH 为 9.0 后, 用 0.4% 甲壳质调 pH 至其等电点絮凝沉降分离后将上清液送入养殖槽并加入螺旋藻, 间歇曝气培养 3~6d 采收后排放废水.

动态模拟实验是每天取新鲜黄泔水水样, 连续进样 3d, 每天监测进、出水样的 COD_{Cr}、N 和 P 等指标.

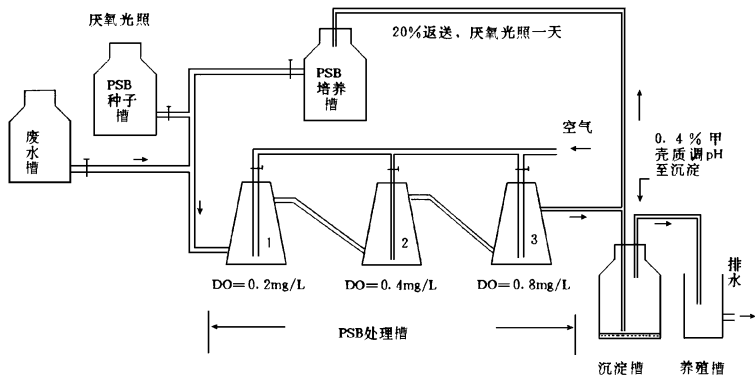


图 1 PSB 处理黄泔水及螺旋藻养殖的实验装置

2 结果和讨论

2.1 PSB 对黄泔水有机质的降解转化

动态模拟实验的结果见表 1. 表 1 表明: PSB 对黄泔水 COD 去除率平均约为 70.1%, 黄泔水经 PSB 处理后可产生大量的 NH₄⁺-N (平均浓度 11.55mg/L) 和少量的 NO₃⁻-N (平均浓度为 15g/L), 产生的 PO₄³⁻-P 则是初始浓度的 3 倍. 说明在本实验的条件下,

PSB 可将黄泔水中的含氮、磷有机物降解为无机氮(主要是 NH₄⁺-N)和磷酸盐以及 CO₂ 等, 但 COD_{Cr} 去除率却未能达到文献[1]的 93.2%. 这可能与实验中黄泔水与菌种的比例及 pH 有关. 实验发现黄泔水由于有机物含量极高, 易发酵, 使得进样的 pH 值常低于 7.0, 抑制了 PSB 的生长, 从而降低了 PSB 对有机物的

* 农牧渔业部螺旋藻工作组, 江西省农科院情报所. 蓝藻-螺旋藻(*Spirulina platensis*)开发利用与生物技术资料汇编. 1985: 1~17

表 1 PSB 对黄泔水有机质降解转化结果/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

项目		实验时间/d		
		1	2	3
进样	COD_{Cr}	16500	14394	16272
	$\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$	46.8	33.5	32.7
出样	COD_{Cr}	5102	4189	4817
	NH_4^+-N	9.66	11.87	13.11
	$\text{NO}_3^- -\text{N}$	0.024	0.008	0.014
	$\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$	135.8	110.5	91.5
	COD_{Cr} 去除率/%	69.1	70.9	70.4
NH_4^+-N 产生量		9.66	11.87	13.11
$\text{NO}_3^- -\text{N}$ 产生量		0.024	0.008	0.014
$\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ 的增加倍数		2.9	3.3	2.8

降解作用. 研究表明 PSB 对 pH 的适宜范围为 7.0~9.0. 要提高 COD 的去除率, 应控制废水的 pH 和提高 PSB 在废水中的比例, 使得 PSB 有正常繁殖、生长和分解有机物的适宜环境.

2.2 螺旋藻在黄泔水处理液中的生长

图 2 是螺旋藻在 PSB 处理的黄泔水中的特性生长曲线. 从图 2 看出螺旋藻生长周期达 22d, 且变化较为复杂. 大致可分为 4 个阶段: 适应期至指数生长期(10d 以内); 生长变慢期(10~14d); 直线生长期(第 2 高峰期 14~22d); 衰老至死亡期(22d 后). 与在 CFTRI 培养基中的生长周期(24d)相近. 表明经 PSB 处理的黄泔水营养丰富, 适合螺旋藻生长, 生长速率(干重)为 20~30mg/(L·d).

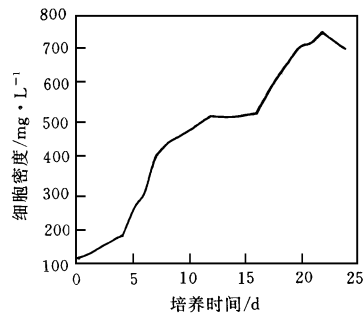


图 2 螺旋藻在 PSB 处理的黄泔水中的特性生长曲线

2.3 螺旋藻的营养价值

分别收集在不同培养介质培养 3~6d 的螺旋藻, 过滤洗涤后进行蛋白质等组成的测定(表 2)结果表明: 螺旋藻在 PSB 处理的黄泔水中培养 3~6d 后, 其蛋白质平均含量 52.6g/100g 干重, 与同等条件下用 CFTRI 培养基培养的(54.6g/100g 干重)接近, 比用 PSB 处理的啤

酒废水培养的(41.6g/100g 干重)高; 其游离氨基酸含量高于 CFTRI 培养液和啤酒废水处理液培养的; 而其碳水化合物含量则低于 CFTRI 培养液和啤酒废水处理液培养的; 表明用 PSB 处理的黄泔水养殖的螺旋藻营养状态良好, 富含蛋白质和游离氨基酸, 营养价值高, 足以作为家畜饲料和鱼虾饵料.

表 2 不同培养介质养殖的螺旋藻生化组成
(干重)/ $\text{g} \cdot (100\text{g})^{-1}$

培养液	实验天数	蛋白质	碳水化合物	游离氨基酸
黄泔水	3	53.79	2.62	1.62
处理液	6	51.21	3.83	0.79
平均		52.5	3.22	2.41
啤酒废水	3	48.25	6.04	1.88
处理液	6	34.86	11.98	1.28
平均		41.56	9.01	1.81
CFTRI	3	49.57	6.72	1.52
培养液	6	59.56	5.67	1.86
平均		54.56	6.20	1.69

3 结论

用 PSB 处理黄泔水, COD 的去除率可达 70%. 处理后的黄泔水可用于养殖螺旋藻, 该藻生长良好, 生长周期为 22d, 生长速率为 20~30mg/(L·d), 在处理液中培养 3~6d 后, 藻体营养价值高, 蛋白质含量平均为 52.6g/100g 干重, 游离氨基酸含量平均为 2.41g/100g 干重. 实验结果表明, PSB 和螺旋藻对黄泔水的净化与利用是可行的.

参 考 文 献

1 史家梁等. 利用光合细菌处理豆制品废水的研究. 上海环境科学, 1987, 6(10): 22~26

2 郑爱榕等. 光合细菌-螺旋藻体系净化与利用啤酒废水的研究. 第四届海峡两岸环境保护学术研讨会论文集(上册). 台湾: 中坜大学, 1996, 383~390

3 陈慈美等. 生活污水中螺旋藻的生长及其去除氮磷和有机质的作用. 海洋环境科学, 1990, 9(4): 11~17

4 国家环境保护局. 水和废水监测分析方法. 北京: 中国环境出版社, 1989. 55~103

5 Lowry O H et al. Proten measurement with the Folin-phenol regent. J. Biol. chem., 1951, 193: 265~268

6 陈慈美等译. 海水分析的化学和生物学方法. 厦门: 厦门大学出版社, 1991. 41~69