

皂素废水处理中厌氧污泥活性影响因素的研究

朱 丹,冯贵颖,呼世斌,单丽伟,李新国

(西北农林科技大学 生命科学学院,陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 分析了皂素废水水质情况,并研究了温度、pH 和 Co^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Zn^{2+} 等 2 价金属离子不同组合对厌氧颗粒污泥活性的影响。结果表明,在 30℃ 和进水 pH=6 的条件下,经升流式厌氧反应器(UASB)驯化后的厌氧颗粒污泥的活性较高,另外,添加微量元素 Co^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Mg^{2+} 和 Zn^{2+} ,可以显著提高厌氧污泥的生物活性。

[关键词] 皂素废水;厌氧污泥;生物活性;微量元素;COD 去除率

[中图分类号] X703.1

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2005)12-0103-04

皂素存在于穿地龙、黄姜、黄山药等植物根系中,是合成甾体激素类药物的主要原料。近年来,皂素生产发展迅速,但由于皂素生产过程中排放的废水含有大量有机物、酸、无机盐等污染物,使废水的处理难度加大^[1]。这些未经处理的废水随意排放,会对环境造成极大的污染。

升流式厌氧反应器(UASB)是目前各种厌氧处理工艺中,处理负荷最高的有机废水处理装置之一。它之所以能有如此高的处理能力,是因为反应器中有以甲烷菌为主体的厌氧微生物形成的颗粒污泥,所以厌氧污泥的高活性是提高废水处理率的关键^[2]。本研究用皂素废水培养出了厌氧颗粒污泥,并研究了温度、pH 及微量元素对厌氧污泥活性的影响,以为皂素废水的治理提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 材 料

1.1.1 试验用水 为陕西杨凌植化工程中心皂素生产废水(表 1)。为了满足厌氧污泥中厌氧微生物生长所需,进水以尿素和磷酸二氢钾作为氮源和磷源,添加比例为 $m(\text{COD}) : m(\text{N}) : m(\text{P}) = 200 : 5 : 1$ 。

表 1 皂素生产废水分析
Table 1 Water quality of saponin waste water

化学需氧量/($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$) COD	5 d 生化需氧量/($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$) BOD ₅	pH	悬浮固体/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) SS
60	40	1.57	137

1.1.2 试验污泥 为 UASB 反应器内经驯化的颗粒污泥^[3]。

1.2 方 法

1.2.1 分析项目及方法^[4] 化学需氧量(COD)的测定采用重铬酸钾法;5 d 生物需氧量(BOD₅)的测定用稀释接种法;悬浮固体(SS)和挥发性悬浮物(VSS)的测定采用重量法;pH 值用 pHS-25 型 pH 计测定。厌氧颗粒污泥活性的测定参见文献^[5],由污泥最大比产甲烷速率表示。

1.2.2 温度对厌氧污泥活性的影响 将皂素废水稀释至 COD 为 4 200 mg/L,用 1 mol/L NaOH 和 1

mol/L HCl 调节 pH 为 6.0,分别取 200 mL 于各血清瓶中,保持温度为 25、30 和 35℃ 3 个梯度。厌氧污泥经 3 000 r/min 离心 3 min 后,分别取底泥 20 mL 置于上述血清瓶中,连续 24 h 测定血清瓶内的 COD 及 pH 变化情况。

1.2.3 pH 对厌氧污泥活性的影响 将皂素废水稀释至 COD 为 4 500 mg/L,分别取 200 mL 于各血清瓶中,用 1 mol/L NaOH 和 1 mol/L HCl 调节 pH 分别为 4、5 和 6 共 3 个梯度。厌氧污泥经 3 000 r/min 离心 3 min 后,分别取底泥 20 mL 于上述血清瓶中,恒温 30℃,连续 8 h 测定血清瓶内 COD 及

[收稿日期] 2005-04-01

[基金项目] 中央环境保护专项基金“皂素废水处理与清洁生产示范工程”

[作者简介] 朱 丹(1981-)男,贵州凯里人,在读硕士,主要从事环境生物技术研究。

[通讯作者] 冯贵颖(1954-)女,河南沁阳人,教授,硕士,主要从事环境工程及环境化学研究。

pH 的变化情况。

1.2.4 微量元素对厌氧污泥活性的影响 取静置沉降 30 min 后的厌氧污泥 50 mL 于各血清瓶中,保持进水 pH 为 6,废水 COD 约为 6 000 mg/L,分别取 0.5 mL 1.05 g/L 的 Co^{2+} , 1.0 mL 0.55 g/L 的

Ni^{2+} , 1.0 mL 0.60 g/L 的 Mg^{2+} 和 1.0 mL 2.10 g/L 的 Zn^{2+} 组成 4 个处理,以不添加金属离子为对照(CK),详见表 2。添加金属离子后于 30 °C 下连续培养 20 d,测定 COD 的变化情况。

表 2 不同处理中金属离子的添加量

Table 2 Concentration of various microelements

处理 Treatment	Co^{2+}	Ni^{2+}	Mg^{2+}	Zn^{2+}
CK	0	0	0	0
1	0.5	1.0	0	0
2	0.5	1.0	1.0	0
3	0.5	1.0	0	1.0
4	0.5	1.0	1.0	1.0

2 结果与分析

2.1 厌氧污泥的物理性质和生物活性

经驯化后,厌氧颗粒污泥外观为不规则椭圆形,黑灰色,粒径为 0.5~1.0 mm,表面粗糙并有孔隙,这些孔隙被认为是底物与营养物质传递的通道^[6]。厌氧污泥活性高,最大比产甲烷速率为 478 mL/(g·d)。

2.2 影响厌氧污泥活性的因素研究

2.2.1 温度 由图 1 可知,随着培养时间的增

加,培养温度越高,厌氧污泥活性越大。在培养前 10 h 内,厌氧污泥 COD 的去除率上升迅速,之后趋于平缓。25 °C 时厌氧污泥的 COD 去除率最低,35 °C 时的 COD 去除率最高,说明厌氧污泥在较高温度下生长加速,活性增大^[5]。由于 35 与 30 °C 时厌氧污泥的 COD 去除率在 24 h 后相差不到 6%,结合图 2 分析,当培养时间达 20 h 之后,30 °C 时系统内 pH 也在 6.6 以上,pH 达到国家废水排放标准^[7]。因此实际生产中培养温度应选用 30 °C,以节约能耗,减少费用。

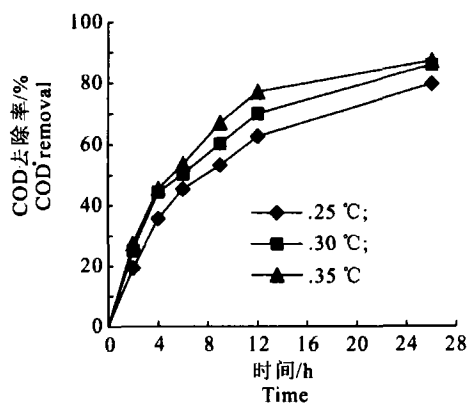


图 1 温度及培养时间对污泥活性的影响

Fig.1 Effect of temperature and cultivation time on granular sludge activity

2.2.2 pH 由图 3 可见,进水 pH 对厌氧污泥的活性影响较大。当进水 pH 为 4 或 5 时,厌氧污泥活性较低,且 4 h 后厌氧污泥的 COD 去除率上升缓慢;当进水 pH 为 6 时,厌氧污泥活性最高,6 h 后系统 COD 的去除率接近 70%,且较进水 pH 为 4 或 5 时

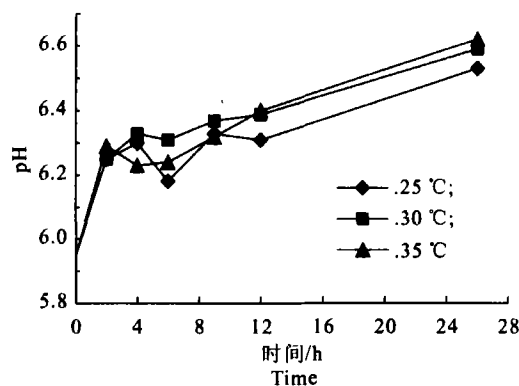


图 2 温度及培养时间对 pH 值的影响

Fig.2 Effect of temperature and cultivation time on pH

的 COD 去除率高近 10%。结合图 4 分析,当进水 pH=6 时,4 h 后系统的 pH 上升到 7 左右,能够有效防止酸积累对甲烷菌产生的毒性影响^[2]。因此厌氧污泥在进水 pH=6 时能达到较大的活性,其出水 pH 也能达到排放标准。

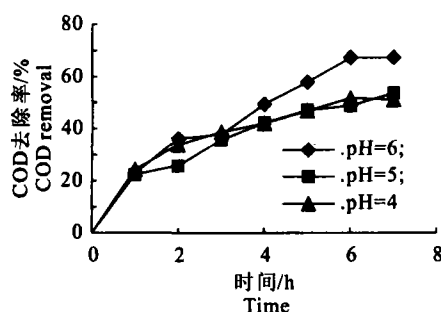


图 3 进水 pH 对污泥活性的影响

Fig. 3 Effect of pH on the activity of granular sludge

2.2.3 微量元素 微量元素对 UASB 反应器的运行和其中的颗粒污泥形成有重要作用^[8]。本试验研究了 Co^{2+} , Ni^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} 4 种离子的不同组合对厌氧污泥活性的影响,结果如图 5 所示。

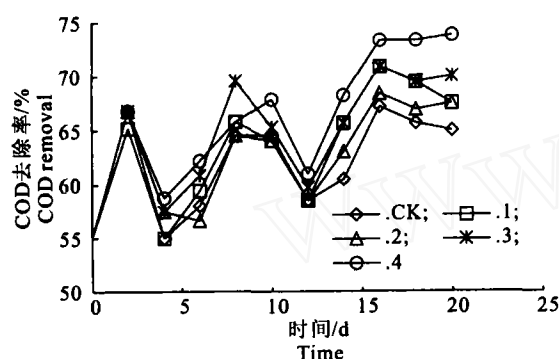


图 5 不同金属离子组合时的污泥去除率随时间的变化动态

Fig. 5 Effect of various units of microelements on the activity of granular sludge

由图 5 可见,添加微量元素后,厌氧污泥的生长、颗粒化程度及污泥活性较不添加微量元素的好。但由于在试验的第 4 天和第 10 天实验室停电,各组合厌氧污泥活性都有所降低,最终于 16 d 后趋于稳定。添加微量元素 Co^{2+} , Ni^{2+} 和 Zn^{2+} (处理 3) 与添加 Co^{2+} , Ni^{2+} (处理 1) 相比,二者厌氧污泥活性相差

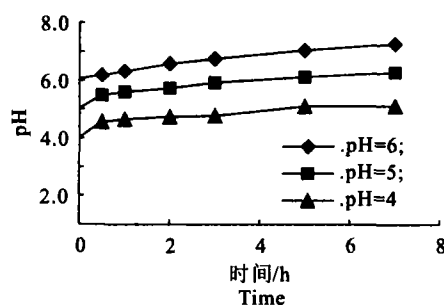


图 4 进水 pH 对各反应器内 pH 值的影响

Fig. 4 Effect of pH on reactor's pH

不大。添加 Co^{2+} , Ni^{2+} , Mg^{2+} 和 Zn^{2+} (处理 4) 的厌氧污泥活性最高,较对照的 COD 去除率高 10 % 左右。其中 Co^{2+} , Ni^{2+} 和 Zn^{2+} 作为甲烷菌生长、繁殖的必需元素^[9~11],使厌氧污泥的活性提高,而 Mg^{2+} 可以增加厌氧过程的稳定性^[12]。添加 Co^{2+} , Ni^{2+} 和 Mg^{2+} (处理 2) 的活性增加最小,说明 Mg^{2+} 对厌氧污泥的作用只有在 Zn^{2+} 的共同参与下才能更好地发挥出来。因此添加 Co^{2+} , Ni^{2+} , Mg^{2+} 和 Zn^{2+} 的处理是较好的添加组合。对处理 4 的颗粒污泥用光学显微镜观察,可以发现颗粒污泥呈椭圆型,颜色灰黑,粒径为 0.5~5 mm,颗粒污泥表面包裹灰白色的生物膜。

3 结 论

1) 经 UASB 驯化得到的厌氧颗粒污泥,外观为黑灰色不规则椭圆型,其最大比产甲烷速率为 478 $\text{mL}/(\text{g} \cdot \text{d})$ 。

2) 培养温度和进水 pH 能影响厌氧颗粒污泥的活性。试验证明,在培养温度为 30 $^{\circ}\text{C}$,进水 pH=6 的条件下,厌氧颗粒污泥能良好生长,且活性最高。

3) 添加微量元素 Co^{2+} , Ni^{2+} , Mg^{2+} 和 Zn^{2+} 后,厌氧颗粒污泥的颗粒化程度提高,活性增大;显微镜观察发现,该颗粒污泥体积增大,且表面包裹有灰白色的生物膜。

【参考文献】

- [1] 刘 春. 皂素生产废水污染特点及治理对策探讨[J]. 环境保护科学, 2001, 27(6): 22~24.
- [2] 贺延龄. 废水的厌氧生物处理[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2001.
- [3] 单丽伟, 冯贵颖, 朱 丹, 等. 上流式厌氧污泥床(UASB)处理皂素废水的研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2003, 31(增刊): 109~112.
- [4] 国家环保局《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, 1989.
- [5] 徐亚同, 史家樑, 张 明, 等. 污染控制微生物工程[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001.
- [6] Schmidt J E, Ahring B R. Granular sludge formation in upflow anaerobic sludge blanket(UASB) reactors[J]. Biotechnology and Bioengineering, 1996, 49: 229.
- [7] 国家标准化管理委员会, 中国标准出版社. 中国强制性国家标准汇编·环境保护卷[M]. 北京: 中国标准出版社, 2003.

- [8] Fang H H. Microbial distribution in UASB granules and its resulting effects[J]. Wat Sci Tech, 2000, 42(12): 201—208.
- [9] 王长辉. 微量元素在厌氧生化处理中的应用[J]. 福建环境, 1999, 16(3): 24—25.
- [10] 朱先栋. 微量元素对厌氧消化甲烷菌的激活作用[J]. 太原理工大学学报, 2000, 31(5): 585—586.
- [11] 李亚新, 董春娟. 激活甲烷菌的微量元素及其补充量的确定[J]. 环境污染与防治, 2001, 23(3): 116—118.
- [12] 肖本益, 王瑞明, 贾士儒. 镁离子对厌氧污泥产气活性的影响[J]. 天津轻工业学院学报, 2003, 3(1): 25—27.

Study on factors affecting the activity of granular sludge in wastewater from saponin production

ZHU Dan, FENG Gui-ying, HU Shi-bin, SHAN Li-wei, LI Xin-guo

(College of life sciences, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The wastewater from saponin production in pharmaceutical industry contains high acidic organic and plenty of carbohydrates. The paper studied the quality of wastewater, analyzed the factors affecting the activity of granular sludge, including temperature, pH and microelements. Experimental results indicated that the granular sludge cultured with UASB would show high and stable activity under the condition of pH 6.0, 30 °C. The activity of Granular sludge could be apparently improved when adding Co^{2+} , Ni^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} .

Key words: waste water from yam saponin; granular sludge; activity; microelement; COD removal rate

(上接第 102 页)

Abstract ID: 1671-9387(2005)12-0098-EA

Changes of microorganisms and E_4/E_6 in agricultural waste materials during composting in static state with high temperature

GU Jie, LI Sheng-xiu, QIN Qing-jun, LI Ming-lei, GAO Hua

(College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: An experiment was conducted with mixed materials of chicken excrement and wheat straw to study the changes of microorganism population, E_4/E_6 , election conductance rate (EC), and pH during an aeration composting process in a static state with high temperature. Results showed that, with addition of microorganism agent, a highest population number was found to be $2.51 \times 10^{12} \text{ g}^{-1}$ for bacteria and $3.68 \times 10^8 \text{ g}^{-1}$ for actinomycetes in two days. The fungus numbered $7.58 \times 10^8 \text{ g}^{-1}$, relatively higher at the beginning of composting while decreased with temperature rise, and at late stage of composting with temperature decline, the population of fungi rose slowly. The number of fungi was low whereas that of bacteria and actinomycetes was much higher. Without adding microorganism agent, the highest population was found to be $5.01 \times 10^{10} \text{ g}^{-1}$ for bacteria in four days and $1.44 \times 10^8 \text{ g}^{-1}$ for actinomycetes in three days, and number of fungi number was $5.01 \times 10^7 \text{ g}^{-1}$ in two days. Applying microorganism agent could reduce pH, and increase EC at the same time. The E_4/E_6 was $1.57 \sim 1.68$ with adding agent microorganism, and the E_4/E_6 of CK was $2.16 \sim 2.41$ after 30 days, indicating that addition of microorganism agent could promote the process of humification.

Key words: agricultural waste; compost; microorganisms; static state with high temperature