

微生物絮凝剂的稳定性及其对城市污水厂 浓缩污泥的絮凝脱水

张娜 尹华* 秦华明 彭辉 叶锦韶 赵鑫鑫 何宝燕

(暨南大学环境工程系 广州 510632)

摘要: 研究了酱油曲霉(*Aspergillus sojae*)产生的微生物絮凝剂(MBF)的稳定性,并将其用于城市污水厂的浓缩污泥的强化脱水。结果表明:由酱油曲霉提取的 MBF 具有很好的热稳定性和酸碱稳定性,4℃低温条件下保存 35 d 后絮凝率仍在 96%以上,而常温条件下保存 35 d 后不同 pH 的 MBF 絮凝率差别很大。与 PAM、PAC 相比较,MBF 能更好地降低城市污水处理厂浓缩污泥比阻。MBF 对浓缩污泥的强化脱水的最佳投加量为 7%(V/V),且 MBF 的单耗随着污泥处理量的增大而逐渐减小。

关键词: 微生物絮凝剂, 浓缩污泥, 污泥脱水

Studies on Stability of Microbial Flocculant and Its Application to Municipal Thickened Sludge Dewatering

ZHANG Na YIN Hua* QIN Hua-Ming PENG Hui YE Jin-Shao
ZHAO Xin-Xin HE Bao-Yan

(Department of Environmental Engineering, Jinan University, Guangzhou 510632)

Abstract: The stability of microbial flocculant (MBF) produced by *Aspergillus sojae* and its application to municipal thickened sludge dewatering were studied. The results showed that the MBF had high heat and acid-base endurance with high flocculating activity in a wide range of pH from 1.5 to 12. The MBF retained 96% of flocculating activity after 35 days preservation at 4 °C, but in different pH the flocculating activity difference was very apparent after 35 days store at room temperature. The experimental results also demonstrated that the MBF was better than PAM and PAC in reducing specific resistance filtration. The optimal dose of MBF used for intensifying thickened sludge dewatering is 7%(volume fraction). And the more the volume of sludge is treated, the less the cost of MBF for unit volume sludge treatment.

Keywords: Microbial flocculant, Municipal thickened sludge, Dewatering

城市污水厂污泥含水率高, 体积庞大, 不利于
储藏、运输和消纳。在我国, 特别是大城市污水厂,

污泥的有效处置具有重要的意义。污泥的脱水技术
和脱水效果直接决定了污泥的处置容积和污泥资源

化利用的价值^[1]。

通过投加絮凝剂来改善污泥的脱水性能是较常用的方法。目前,絮凝剂通常使用聚丙烯酰胺(PAM)、聚合氯化铝(PAC)等人工合成絮凝剂,这些絮凝剂具有毒性且难生物降解,进入环境后还可能产生二次污染。微生物絮凝剂(microbial flocculant, MBF)是由微生物产生的絮凝剂,主要成分为蛋白质、多糖类等,可使水中不易沉降的悬浮微粒、菌体细胞等凝聚成高分子物质而沉降。与人工合成絮凝剂相比,具有高效、无毒、可生物降解等特点,国内外学者对其生产、絮凝机理及应用等方面进行了研究^[2-9],取得了很大的成果。但在实际应用中存在絮凝活性低和絮凝剂用量大等缺点。因此,提高絮凝活性、降低絮凝剂用量成为研究微生物絮凝剂亟待解决的问题。酱油曲霉(*Aspergillus sojae*)可以利用廉价培养基培养产生性能良好的絮凝剂,有良好的生产应用前景^[5]。本文研究了酱油曲霉产生的微生物絮凝剂的稳定性,并对其应用于城市污水厂浓缩污泥的强化脱水做了初步研究,研究结果可为该微生物絮凝剂的进一步纯化和工业应用提供有价值的参考。

1 材料和方法

1.1 菌种

本课题组保存的酱油曲霉(*Aspergillus sojae*)。

1.2 培养基的成分

蔗糖 30 g/L、NaNO₃ 3.0 g/L、MgSO₄ 0.5 g/L、KCl 0.5 g/L、KH₂PO₄ 0.5 g/L、FeSO₄ 0.01 g/L, pH 6.0。

1.3 污泥

广州市猎德污水厂浓缩污泥。

1.4 MBF 生产

将 5 mL 种子液移至装有 250 mL 培养基的 500 mL 三角烧瓶中,在温度为 32 ℃,摇床转速为 150 r/min 条件下振荡培养 60 h,将得到的发酵液于 3000 r/min 下离心 15 min,收集上清液,得到 MBF。

1.5 絮凝活性的测定

在 500 mL 烧杯中加入 200 mL 4 g/L 高龄土悬浊液(悬浮颗粒粒径为 4 μm),加不同量的 MBF,150 r/min 快速搅拌 6 min,50 r/min 慢速搅拌 3 min,然后静置 5 min,取 50 mL 上清液测定其浊度,同时以蒸馏水作对照空白实验,通过公式确定絮凝率 E:

$$E=(A-B)/A \times 100\%$$

式中: A—对照上清液的浊度, NTU;

B—样品上清液的浊度, NTU。

1.6 污泥比阻的测定

根据卡门(Carman)公式进行测定计算。

1.7 脱水率和含水率的测定

量取 100 mL 的浓缩污泥于 250 mL 烧杯中,将烧杯置于混凝实验搅拌机,边搅拌边加入絮凝剂,快速搅拌 3 min(150 r/min),慢速搅拌 6 min(50 r/min),静置 5 min,然后将污泥离心,记录离心前后离心杯及污泥的重量,计算脱水率。

将经过处理的剩余污泥倒入布氏漏斗,在一定压力下真空抽滤,然后取少量的污泥置于表面皿中,于烘箱中恒温 102 ℃ 烘干至恒重,放入干燥器中冷却后称量,最后计算污泥的含水率。

2 结果与讨论

2.1 微生物絮凝剂的热稳定性

将培养得到的发酵液离心,得含有 MBF 上清液。显微镜镜检在上清液中未发现菌丝体和孢子。将得到的含有 MBF 上清液在不同温度中水浴加热 30 min 后,对高岭土悬浊液的絮凝结果如图 1 所示。

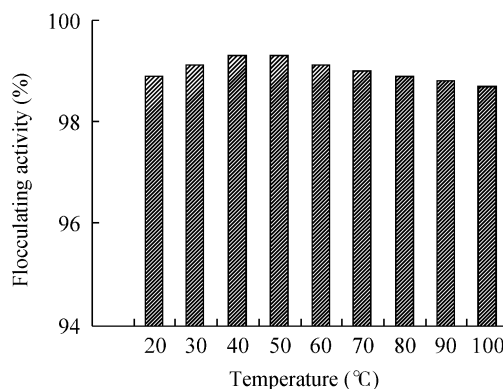


图 1 絮凝剂的热稳定性

Fig. 1 Stability of the flocculant in heat

由图 1 可知, MBF 在 20 到 100 不同温度中水浴加热 30 min 后,絮凝率几乎没有什么变化,即使在 100 ℃ 时加热 30 min 后,絮凝率仍有 98% 以上。该实验表明酱油曲霉产生的 MBF 具有较好的热稳定性。这与我们所测得的酱油曲霉产生的 MBF 主要活性成分是对热比较稳定的高分子多糖类物质相一致。同时也预示由于该微生物絮凝剂耐热性非常好,

在工业生产时可以采用高温干燥法干燥,这样可以降低成本,便于广泛推广。

2.2 微生物絮凝剂的酸碱稳定性

将上清液的 pH 值分别调节为 1.5、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11 和 12, 于 4℃ 冰箱放置 24 h 后再测其对高岭土悬浊液的絮凝率。实验结果如图 2 所示。由图 2 可知, 该絮凝剂有广泛的 pH 值作用范围, pH 值在 1.5~12 均能保持较好的絮凝效果, 絮凝率高达 96% 以上。出现这种现象的原因可能是当 pH 值呈酸性时, 溶液中 H^+ 浓度较高, 中和被絮凝物质高岭土颗粒表面的负电荷, 降低颗粒表面的 Zeta 电位, 因此保持了较高的絮凝率; 当 pH 值呈碱性时, MBF 的带电状态、中和电荷能力被改变了, 也可能促进絮凝作用。

2.3 微生物絮凝剂的时间稳定性

发酵液离心去除菌体后, 取上清液置于 4℃ 冰箱, 每 7 d 测 1 次絮凝活性, 实验结果如图 3 所示。由图 3 可知, 在 4℃ 低温保存 35 d 后, 发酵液絮凝活性基本上没什么变化, 絮凝率保持在 99.5% 左右。故

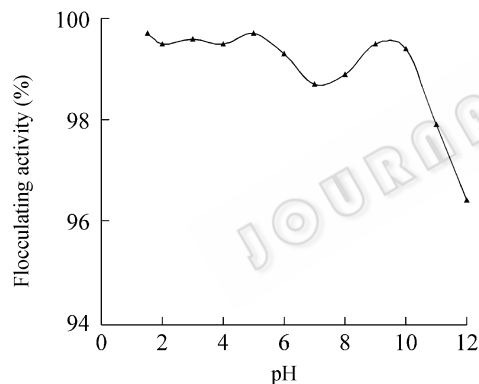


图 2 絮凝剂的酸碱稳定性

Fig. 2 Stability of the flocculant in pH

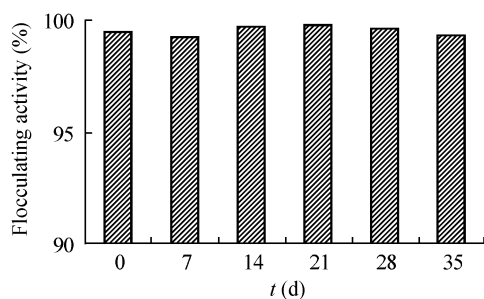


图 3 低温条件下保存时间对絮凝活性的影响

Fig. 3 Effect of storage time on flocculating activity in 4

低温保存是一种简单可行的保存方法。

在常温条件下放置 35 d 后, 不同的 pH 体系发酵液的絮凝活性如图 4 所示。由图 4 可以看出, 当 pH 值在 1.5~2 的范围内, 絮凝率稳定在 95% 左右。而当体系的 $pH > 2.0$, 絮凝率急速下降。这可能与该 MBF 是容易被分解利用的多糖类物质有关。

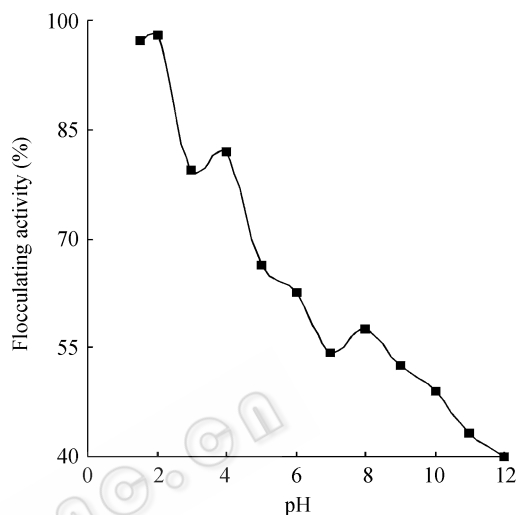


图 4 常温保存对絮凝活性的影响

Fig. 4 Flocculating activity at room temperature in different pH

2.4 MBF 对污泥比阻的影响

絮凝剂能降低污泥的比阻^[10]。如表 1 所示, 本实验中测得浓缩污泥的比阻为 2.86×10^{13} m/kg, 回流污泥的比阻为 1.51×10^{11} m/kg。在浓缩污泥中投加适量的 MBF, 一定压力下抽滤, 测得污泥比阻为

表 1 不同絮凝剂对污泥比阻的影响

Table 1 Effect of flocculant type on the specific resistance filtration

絮凝剂种类 Flocculant type	比阻 Specific resistance filtration (m/kg)
浓缩污泥 Thickened sludge	2.86×10^{13}
回流污泥 Recycling sewage	1.51×10^{11}
浓缩污泥(MBF 调理) Thickened sludge (MBF condition)	8.9×10^{11}
浓缩污泥(PAC 调理) Thickened sludge (PAC condition)	4.3×10^{12}
浓缩污泥(PAM 调理) Thickened sludge (PAM condition)	1.1×10^{12}

8.9×10^{11} m/kg, 接近回流污泥比阻的数量级, 表明所使用的 MBF 可明显的降低污泥的比阻。而同样条件下, PAM 和 PAC 作用的浓缩污泥其比阻要比 MBF 作用的浓缩污泥比阻高一个数量级, 可见该 MBF 对污泥的调理作用要优于 PAM 和 PAC。

2.5 MBF 投加量对浓缩污泥脱水性能的影响

如图 5 所示, 不同 MBF 的投加量对污泥的含水率和脱水率的影响是不一样的。当在 100 mL 浓缩污泥中投加 7 mL 的微生物絮凝剂, 其脱水率即可达到 75.3%, 含水率降低到 77.43%。而随着投加量的增加, 脱水率并未明显提高, 含水率反而有少许上升。因为投加量过多, 微生物絮凝剂会发生自凝聚作用, 一部分絮凝剂相互凝聚在一起, 未能充分伸展发挥絮凝作用, 使一部分絮凝剂失效; 同时污泥表面的活性吸附点被絮凝剂包裹后, 也使其架桥作用无从发挥, 故调理效果下降。

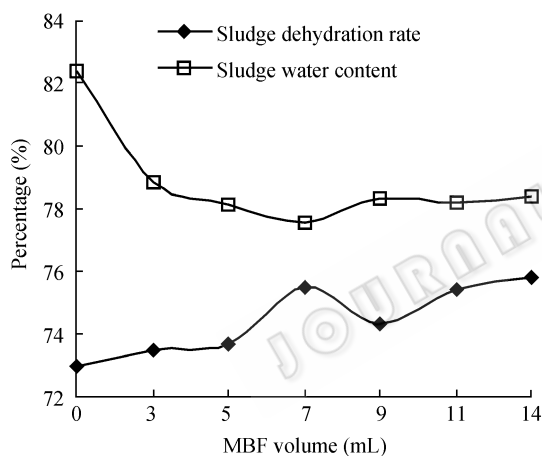


图 5 MBF 投加量对脱水率和含水率的影响

Fig. 5 Effect of dose of MBF on the sludge of dewatering percentage and water content

2.6 微生物絮凝剂单耗随污泥处理量的变化

由图 6 可知, 随着浓缩污泥处理量的增加, 微生物絮凝剂单耗逐渐降低。这主要是因为较大的空间中 MBF 可以和更多的污泥颗粒相接触, 更有利于其充分伸展, 更好的发挥其吸附架桥作用, 形成更大、更致密絮体, 并使聚合度和凝聚力大大增强, 提高了絮凝效果。

3 结论

(1) 由酱油曲霉提取的 MBF 具有很好的热稳定

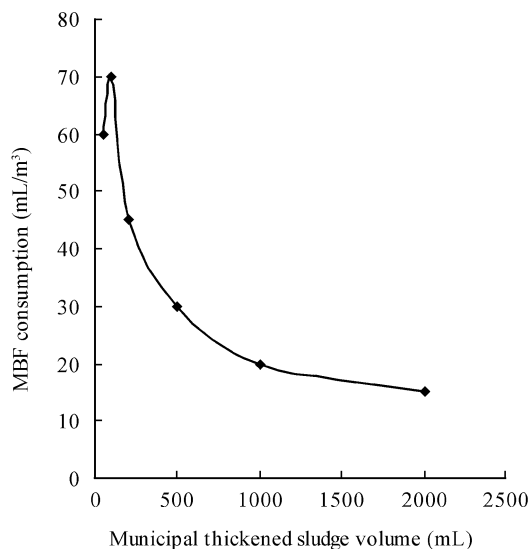


图 6 污泥处理量和絮凝剂单耗的关系

Fig. 6 Relation between the volume of sludge and the cost of MBF for unit volume sludge treatment

性和酸碱稳定性, 低温条件下保存 35 d 后絮凝率仍在 96% 以上, 而常温条件下保存 35 d 后不同 pH 体系的 MBF 絮凝率差别很大。

(2) 由酱油曲霉提取的 MBF 具有比 PAM、PAC 更好的降低城市污水处理厂浓缩污泥比阻的效果。

(3) MBF 对浓缩污泥的调理作用的最佳投加量为 7% (V/V)。且 MBF 的单耗随着污泥处理量的增大而逐渐减小。

参考文献

- [1] 赵福欣, 郭会杰, 张文生. 城市污水处理厂污泥脱水运行管理实践. 给水排水, 2001, 27(8): 16-18.
- [2] 何宁, 李寅, 陈坚, 等. 生物絮凝剂的最新研究进展及其应用. 微生物学通报, 2005, 32(2): 104-108.
- [3] 马放, 张金凤, 远立江, 等. 复合型生物絮凝剂成分分析及其絮凝机理的研究. 环境科学学报, 2005, 25(11): 1491-1496.
- [4] 王国惠. 一株生物絮凝剂产生菌的筛选及絮凝活性研究. 微生物学通报, 2006, 33(5): 107-111.
- [5] 杨清清, 尹华, 彭辉, 等. 廉价培养酱油曲霉产生生物絮凝剂的研究. 工业水处理, 2006, 26(9): 29-32.
- [6] 王伊娜, 王向东, 张望, 等. 制酒废水培养复合型生物絮凝剂产生菌的研究. 中国给水排水, 2007, 23(1): 38-42.

- [7] Wu JY, Ye HF. Characterization and flocculating properties of an extracellular biopolymer produced from a *Bacillus subtilis* DYU1 isolate. *Process Biochemistry*, 2007, **42**: 1114–1123.
- [8] Zhang ZQ, Lin Bo, Xia SQ, *et al.* Production and application of a novel bioflocculant by multiple-microorganism consortia using brewery wastewater as carbon source. *Journal of Environmental Sciences*, 2007, **19**: 667–673.
- [9] Wang SG, Gong WX, Liu XW, *et al.* Production of a novel bioflocculant by culture of *Klebsiella mobilis* using dairy wastewater. *Biochemical Engineering Journal*, 2007, **36**: 81–86.
- [10] 张 勤, 张幸涛. 城市污水处理厂污泥调质之用絮凝剂的选择. *重庆建筑大学学报*, 2006, **28**(1): 80–83.

编辑部公告**中国科学院微生物研究所期刊广告部成立**

中国科学院微生物研究所期刊广告部于 2007 年 3 月正式成立, 已取得北京市工商局正式批准的广告经营许可证(京海工商广字第 8107 号)。广告部代理《生物工程学报》、《微生物学报》、《微生物学通报》、《菌物学报》四个期刊的广告经营业务, 此四种期刊均为中国自然科学核心期刊, 国内外公开发行, 主要报道微生物学和生物技术领域的最新研究成果和研究动态, 已被美国化学文摘(CA)、生物学文摘(BA)、医学索引(MEDLINE)、俄罗斯文摘杂志(AJ)及《中国学术期刊文摘》、《生物学文摘》等国内外著名数据库和检索期刊收录, 是促进国内外学术交流的重要科技期刊。

广告刊登内容主要包括大型生化仪器(如显微镜、离心机、色谱仪、无菌操作台、大、中、小型发酵罐)、设备耗材(如 PCR 仪、细胞生物反应器、微量移液器、离心管、杂交膜)及生化试剂(如各种酶、载体、试剂盒)等的产品宣传信息, 也可以发布生物技术人才招聘信息、会议消息、以及与生命科学有关的各类服务信息。广告部以严谨、诚信为原则, 愿与从事生物技术产品生产与销售的各类厂商和公司精诚合作, 共同发展。如有刊登广告的需要, 欢迎与我们电话或 email 联系获取各刊版位及报价信息! 也可以登陆各刊网站, 了解更多详情。

提示: 从 2007 年起, 各公司与此四刊签订的广告费用请汇入以下新账号:

收款单位: 中国科学院微生物研究所

开户银行: 中国工商银行北京分行海淀西区支行

帐 号: 0200004509089117425

中国科学院微生物研究所·期刊广告部

联系电话: 010-64807336; 010-64807521

联系人: 武 文 王 闯

电子信箱: gg@im.ac.cn

网 址: <http://journals.im.ac.cn>