

文章编号: 2095—0411 (2011) 01—0032—04

接种比例对厨余垃圾和活性污泥联合厌氧发酵的影响^{*}

李定龙, 赵宋敏, 戴肖云, 祁 静, 汤伟伟

(常州大学 环境与安全工程学院, 江苏 常州 213164)

摘要: 以厨余垃圾和活性污泥为原料, 考察了不同接种比例对厌氧发酵产物挥发性脂肪酸组分及其产量、气体组分、pH 和 COD 去除率的影响。结果表明, 当厨余垃圾和活性污泥接种比例为 4:1 时, 乙酸和 VFA 产量在第 4d 达到最大值 9.34g/L 和 15.13g/L, 其中 VFA 中乙酸占 60% (质量分数) 以上, 气体组分中 CO₂ 是主要成分, COD 去除率达到 36.8%, pH 并没有发生较大的波动, 其变化幅度在 4—6 之间。

关键词: 厨余垃圾; 活性污泥; 厌氧发酵; 挥发性脂肪酸

中图分类号: X 705

文献标识码: A

Research on the Effect of Inoculate Proportion on Anaerobic Co— Fermentation of Kitchen Garbage and Activated Sludge

LI Ding—long, ZHAO Song—min, DAI Xiao—yun, QI Jing, TANG Wei—wei

(School of Environmental and Safety Engineering, Changzhou University, Changzhou 213164, China)

Abstract: Using kitchen garbage and activated sludge as Anaerobic fermentation materials, the influence of different inoculate proportions on the volatile fatty acids (VFA) production, the VFA components, gas composition, pH and COD removal rate of the anaerobic fermentation product were observed. The result showed that the yield of acetic acid and VFA in the fourth day could reach the maximum of 9.34g/L and 15.13g/L which acetic acid accounted for 60% of VFA, CO₂ was the main gas composition, and the removal rate of COD reached 36.8%. There was not much difference of pH which kept in 4—6.

Key words: kitchen garbage; activated sludge; anaerobic fermentation; VFA

目前, 国内外对于厨余垃圾厌氧发酵的研究工作主要都集中在厨余垃圾厌氧发酵产生物气^[1—5], 而有关厨余垃圾接种活性污泥厌氧发酵产酸的研究尚未见报道。本文是在国内外同行的研究基础上利用接种活性污泥的方法, 研究活性污泥对厨余垃圾厌氧发酵产酸性能的影响, 探寻最佳的接种比例, 为今后厨余垃圾的处理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验所用厨余垃圾来自常州市科教城食堂。垃圾的主要组成是吃剩的米饭, 蔬菜、鸡蛋及肉类等。收集的垃圾首先人工分选出其中的杂物 (包括塑料、筷子及餐巾纸等), 然后用食物粉碎机将其粉碎到 2—4mm, 通过添加自来水调节 TS 到 13%, 置于 4℃ 的冰箱中保存待用。厨余垃圾的主要成分见表 1, 主要特性见表 2。

* 收稿日期: 2009—11—04

作者简介: 李定龙 (1963—), 男, 安徽全椒人, 教授。

表 1 厨余垃圾主要组成成分

Table 1 The main components of kitchen garbage						
成分	水分	总糖	脂肪	蛋白质	盐分	其他
比例/%	76.244	2.994	5.498	11.096	1.198	2.970

1.2 活性污泥

实验所用活性污泥是取自武进城区污水处理厂，取回的污泥风干后，粉碎，过 30 目筛，在 105℃下加热 2h 以杀灭不形成芽孢的产甲烷菌，

表 2 厨余垃圾和活性污泥的特性

Table 2 Characteristics of kitchen garbage and activated sludge							
粒径/mm	pH	w/%		ρ (COD) / (g/L)	ρ / (mg/L)		
		TS	VS		NH ₄ -N	总碱度	总 VFA
厨余垃圾	<4	4.98	13.0	95.2	27	213	163.0
活性污泥	/	6.27	8.3	2.8	12	174	1.7

1.3 实验装置

实验反应装置如图 1 所示，主要是两个 500mL 的锥形瓶，反应器内温度采用培养箱自动控制，温度为 37±1℃，气体采用排水法收集。

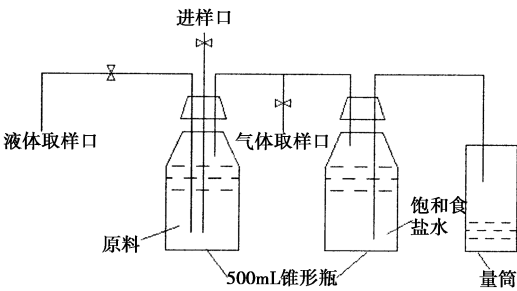


图 1 实验装置

Fig. 1 Equipment for anaerobic fermentation

1.4 实验设计

称取处理后的厨余垃圾和接种污泥总量为 300g，将厨余垃圾和活性污泥分别按 5：1、4：1、3：1、2：1 和 1：1 的质量比接种，用自来水将混合物稀释至 450mL 并装入到 500mL 的锥形瓶中，置于温度为 37±1℃的培养箱中，用氮气吹脱 1min 进行密封厌氧发酵。实验过程中每隔 24h 采用 5mL 针筒在气体采样口收集气体，并通过进样口调节 pH 为 6.5，通过气相色谱仪检测气体组分，用排水法测出气体的体积。用 10mL 针筒在液体采样口收集一定量的液体，测量其 pH、COD、VFA 组分及其产量。同时取处理后的厨余垃圾 300g 并稀释至 450mL 做同样操作，作为对照（接种比例为 0）。

置于 4℃冰箱保存待用。污泥在用作接种物之前，采用以下程序进行活化：将污泥（9g，干重）置于 500mL 的锥形瓶中，加入水溶液，其中葡萄糖为 3g/L，采用 0.1mol/L 磷酸盐作缓冲剂，用 NaOH 溶液调 pH 至 6.5，充氮 1min 以驱除锥形瓶顶部的空气，于 120r/min 摇床中培养 2d，收集混合液体，4 800r/min 离心 10min，沉淀物即可用作接种物^[6]。

1.5 分析方法

TS 和 VS：烘干法；pH：PHB—9901 精密 pH 计；COD：快速密闭催化消解法测定^[7]；氨氮：滴定法；总碱度：滴定法；VFA 组分和气体组分：气相色谱法。

2 结果与分析

2.1 接种比例对 VFA 组分及其产量的影响

接种比例对厌氧发酵所产乙酸、VFA 产量随时间的变化趋势如图 2 所示。由图 2 可知，接种比例对厨余垃圾与活性污泥联合厌氧发酵产 VFA 有较强的促进作用。经过接种活性污泥，厨余垃圾厌氧发酵所产乙酸、VFA 产量得到快速增加。当接种比例为 4：1 时，乙酸和 VFA 产量在第 4d 分别达到最大值 9.34g/L 和 15.13g/L，而未接种活性污泥的乙酸、VFA 含量增长缓慢，且在第 5d 才达到最大值 2.03g/L 和 7.25g/L。相对于未接种的厨余垃圾，接种比例为 4：1 的厨余垃圾与活性污泥联合厌氧发酵所产乙酸、VFA 的产量分别提高了 7.31g/L 和 788g/L。因此当接种比例为 4：1 时厨余垃圾厌氧发酵所产的乙酸、VFA 产量最大。

厨余垃圾厌氧发酵过程中，接种比例对 VFA 的组分也有很大的影响。由图 3 可知，在厨余垃圾中接种活性污泥，乙酸均为主要产物，占 60%（质量分数）以上，其次是正丁酸，再次是丙酸。而未接种活性污泥的产物中，正丁酸是主要的产物，其次是乙酸，再次是丙酸。LATA^[8]等报道，乙酸是蔬菜废弃物厌氧消化的主要产物，本实验结

果与之一致。

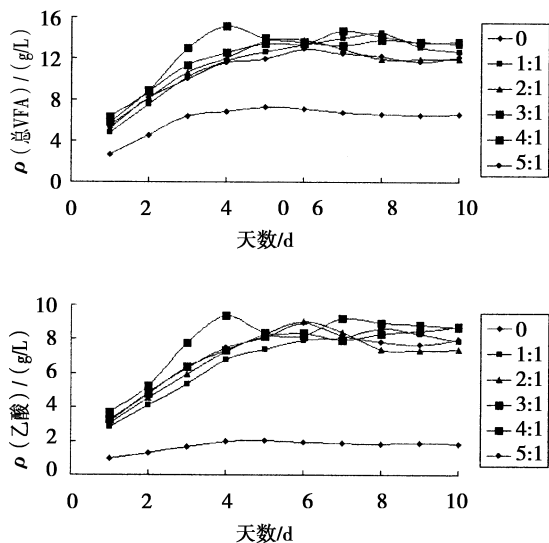


图2 接种比例对乙酸、VFA 产量的影响

Fig. 2 Influence of different inoculate proportion on acetic acid and VFA content

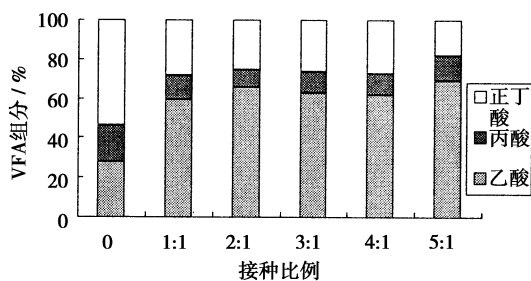


图3 接种比例对 VFA 各组分的影响

Fig. 3 Influence of different inoculate proportion on the production of organic acids in VFA

乙酸作为最主要的产物, 对此可能的解释是: 活性污泥中的菌群首先利用碳水化合物进行新陈代谢, 其产物为乙酸、丙酸、正丁酸等挥发性脂肪酸。随后这些产物中的大部分又被产氢产乙酸菌和同型产乙酸菌利用转化为乙酸, 从而使得乙酸的产量明显要高于其它挥发性脂肪酸。

2.2 接种比例对气体组分及其产量的影响

接种比例对厌氧发酵所产生的气体量随时间的变化趋势如图4所示。由图4可知, 在厌氧发酵前期, 厨余垃圾产气显著, 5d以后产气量大幅度减少。当接种比例为1:1时, 厨余垃圾厌氧发酵产气量达到最大, 且整个发酵过程均有气体产生, 累计气体产生量为409mL。而未接种活性污泥的产气量最小。对此可能的解释是在不同的接种比例条件下, 厌氧微生物的种类和数量不同, 而且微生物利用有机物转化为 H_2 、 CO_2 等产物的群落代谢途

径可能不同, 导致产气量累积的程度不同。

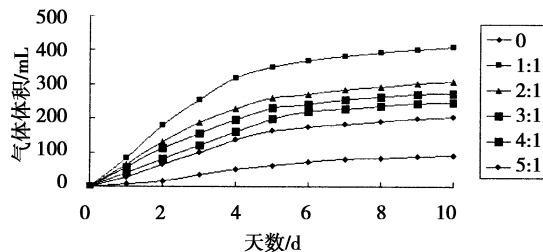


图4 接种比例对累计产气量的影响

Fig. 4 Influence of different inoculate proportion on cumulative gas production

不同接种比例所产气体组分情况, 如图5所示。 CO_2 始终为主要成分, 其次是 H_2 、 H_2S 、 NH_3 等。厨余垃圾接种活性污泥所产的气体中并没有 CH_4 (未接种活性污泥的除外), 说明加热处理对甲烷菌抑制作用显著。

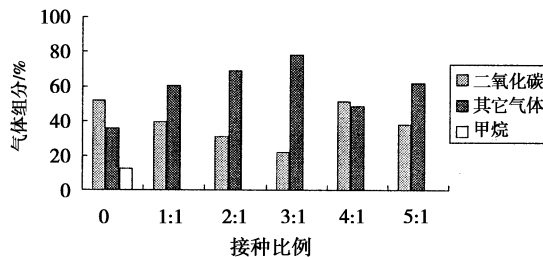


图5 接种比例对气体组分的影响

Fig. 5 Influence of different inoculate proportion on gas composition

2.3 接种比例对 COD 的影响

接种比例对厌氧发酵液中 COD 的影响随时间的变化趋势如图6所示。由图6中可知, 厨余垃圾与活性污泥联合厌氧发酵一段时间后, 发酵液 COD 明显的降低, 在35%左右。当接种比例为4:1时, COD去除率达到36.8%。这与付胜涛等的研究结果基本相同^[9]。

2.4 接种比例对 pH 的影响

在厌氧发酵过程中, 挥发性脂肪酸的增加会使 pH 下降, 含氮有机物分解产物氨的增加, 产甲烷菌利用 VFA 产气都会引起 pH 的升高。接种比例对厌氧发酵液中 pH 的影响随时间的变化趋势如图7所示。由图7中可知, 在厌氧过程中, 水解酸化阶段进行的非常迅速, pH 随着发酵过程先下降再升高, 最后趋于稳定, 其变化幅度在4-6之间, 发酵第4d达到最低 (未接种活性污泥的除外), 随后逐渐升高并趋于稳定, 这主要是由于在水解酸化阶段, 作为代谢产物的 VFA 快速积累造成 pH 降低, 当 VFA 被产氢产甲烷菌利用产生气体后, pH

随之升高并最终趋于稳定。

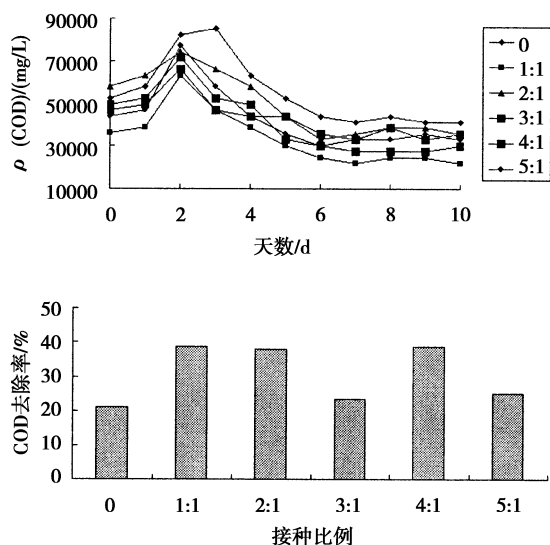


图6 接种比例对COD去除率的影响

Fig. 6 Influence of different inoculate proportion on COD removal rate

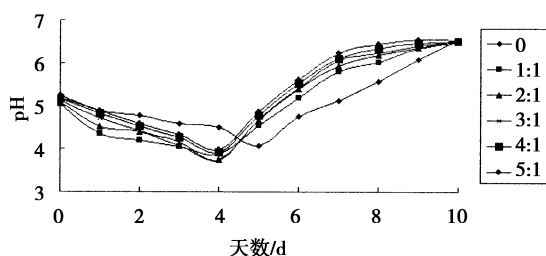


图7 接种比例对pH的影响

Fig. 7 Influence of different inoculate proportion on pH

2.5 厨余垃圾厌氧发酵产酸机理初探

厨余垃圾厌氧发酵过程大致可以分为3个阶段,水解、发酵产酸和产甲烷阶段^[10]。在厌氧发酵水解阶段,水解酶通过水解作用将碳水化合物、蛋白质和脂类等大分子化合物分解为葡萄糖、氨基酸、甘油、脂肪酸等小分子化合物。进入发酵产乙酸阶段时,小分子化合物在发酵细菌(酸化菌)的作用下分解为VFA、醇类、乳酸、二氧化碳、氢气、氨、硫化氢等,随着VFA被产甲烷菌分解,发酵后期产物VFA的产量逐渐降低,最终有一个明显下降的过程,而pH随着VFA的分解逐渐升高,这与实验结果吻合。

3 结论

(1) 厨余垃圾和活性污泥混合发酵产酸是可行的,接种活性污泥以后,不但VFA含量大幅度的增加,而且还缩短了发酵产酸的周期。当接种比例

为4:1时,乙酸和VFA产量在第4d分别达到最大值,相对于未接种的厨余垃圾,乙酸和VFA的产量分别提高了78.26%和52.08%。

(2) 在厨余垃圾中接种活性污泥,乙酸都是最主要的产物,VFA中乙酸均占60%(质量分数)以上,其次是正丁酸,再次是丙酸。

(3) 不同接种比例条件下,CO₂始终为主要成分,厨余垃圾接种活性污泥所产的气体中并没有CH₄(未接种活性污泥的除外),说明加热处理对甲烷菌抑制作用显著。

(4) 不同接种比例条件下,发酵液的COD明显降低,约在35%左右。当接种比例为4:1时,COD去除率达到36.8%。

(5) 在整个厌氧反应过程中,水解酸化阶段进行的非常迅速,pH随着发酵过程先下降再升高,最后趋于稳定,总体波动性小。

参考文献:

- [1] Yu Sheng Wang, William S Odle III, William E Eleazer, et al. Methane potential of food waste and anaerobic toxicity of leachate produced during food waste decomposition [J]. Waste Management and Research, 1997, 15: 149-167.
- [2] 曹先艳, 袁玉玉, 赵由才, 等. 添加剂对餐厨垃圾厌氧发酵产氢的影响 [J]. 环境污染与防治, 2007, 29 (6): 426-429.
- [3] 潘云霞, 李文哲. 接种物浓度对厌氧发酵产气特性影响的研究 [J]. 农机化研究, 2004, (1): 187-188.
- [4] 王星, 王德汉, 徐菲. 矿物材料对餐厨垃圾厌氧消化的影响研究 [J]. 环境科学学报, 2006, 26 (2): 256-261.
- [5] 李东, 孙永明, 袁振宏, 等. 原料比例和pH值对厨余垃圾和废纸联合厌氧消化的影响 [J]. 过程加工学报, 2009, 9 (1): 53-58.
- [6] 刘和, 聂艳秋, 许科伟, 等. 产乙酸耦合系统产酸及其微生物种群动态分析 [J]. 中国环境科学, 2008, 28 (4): 319-323.
- [7] 魏复盛, 寇洪茹, 洪水皆. 水和废水监测分析方法 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002: 216-217.
- [8] LATA K, RAJESHWARI K V, PANT D C, et al. Volatile fatty acid production during anaerobic mesophilic digestion of tea and vegetable market wastes [J]. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 2002, 18: 589-592.
- [9] 付胜涛, 严晓菊, 付英, 等. 污水厂污泥和厨余垃圾的混合中温厌氧消化 [J]. 哈尔滨商业大学学报, 2007, 23, (1): 32-35.
- [10] Bryant M P. Microbial methane production - theoretical aspects [J]. Journal of Animal Science, 1979, 48 (1): 193-201.