

高温蒸煮除油对餐厨垃圾厌氧消化的影响

施军营, 房明*, 乔如林, 薛方亮, 王晓霞, 王玉晓 (蓝德环保科技集团有限责任公司, 北京 100025)

摘要 [目的]探讨高温蒸煮除油对餐厨垃圾性状及厌氧发酵的影响。[方法]在 37 ℃ 条件下, 通过批次试验分析不同温度蒸煮去油后的餐厨垃圾厌氧消化产气潜力。[结果]蒸煮除油处理提高了餐厨垃圾的 sCOD、溶解性糖、溶解性蛋白的水解; 未加热处理餐厨垃圾、110 ℃、120 ℃ 及 130 ℃ 蒸煮除油后餐厨垃圾的单位挥发性固体(VS)产气潜力分别为 766、578、624 和 646 ml/g; 随着蒸煮除油温度提高, 餐厨垃圾厌氧发酵的总固体(TS)和 VS 降解率增大。[结论]蒸煮除油可提高餐厨垃圾的水解效果, 有利于提高产气潜力。

关键词 厌氧消化; 餐厨垃圾; 沼气; 高温除油

中图分类号 S216 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2014)07-02101-03

Effect of Steam Cooking De-oiling on Anaerobic Digestion of Kitchen Waste

SHI Jun-ying, FANG Ming et al (Land Environmental Protection Sci-tech Co., Ltd, Beijing 100025)

Abstract [Objective] To study the effect of steam cooking de-oiling on characteristics and the biogas production potential of kitchen waste. [Methods] At the temperature of (37 ± 1) ℃, several batch reactor experiments were performed at different pretreatment temperature. [Result] Steam cooking was successful in solubilization resulting in higher soluble chemical oxygen demand (COD), protein and sugar concentrations in the supernatant phase of pretreated food waste compared to controls. Biogas production potential of food waste was 766 ml/g for controls (not pretreated), 646 ml/g for 130 ℃, 624 ml/g for 120 ℃ and 578 ml/g for 110 ℃. With increase in cooking temperature, the total solids (TS) of anaerobic fermentation of kitchen waste and volatile substance (VS) degradation rate increased. [Conclusion] Cooking de-oiling treatment can improve the effect of hydrolysis of kitchen waste, which is conducive to improving the potential gas production.

Key words Anaerobic digestion; Kitchen waste; Biogas; High temperature de-oiling pretreatment

餐厨垃圾是指宾馆、饭店、餐馆和机关、部队、院校、企事业单位在食品加工、饮食服务、单位供餐等活动过程中产生的食物残渣和废弃油脂等废弃物^[1]。随着人民生活水平的提高以及城市化进程的加快, 城市餐厨垃圾的产生量不断增加^[2]。目前我国部分城市餐厨垃圾产生量约占城市生活垃圾比例 60%, 据估算我国餐厨垃圾的产生量超过 6 000 万 t^[3]。北京、上海、广州等城市的餐厨垃圾日产量均超过 1 000 t^[4-6]。由于含水率和有机物含量高, 餐厨垃圾在收集、运输及短暂存放过程中, 极易腐败发臭、滋生细菌蚊蝇, 严重地影响了周围环境。同时地沟油、泔水猪等问题, 严重危害人们的身体健康, 造成严重的社会负面影响。因而解决餐厨垃圾资源化无害化处理已是十分必要。

目前我国城市生活垃圾处理方法主要有填埋、焚烧、堆肥, 其比例分别为 78%、19%、1%^[2]。厌氧消化处理餐厨垃圾, 同时产生沼气, 是一种有效的、低能耗的技术^[7]。我国由于饮食习惯的原因, 餐厨垃圾中油脂含量较高^[8]。油脂含量高可提高

了餐厨垃圾的产气潜力, 但在厌氧消解过程中也可造成抑制效应^[9]。油脂浓度过高, 产甲烷菌容易受到油脂及长链脂肪酸(Long Chain Fatty Acids, LCFAs)的抑制。在厌氧消化过程中, 脂肪通过胞外脂肪酶快速的水解为甘油和 LCFAs, 长链脂肪酸通过 β-氧化进一步降解为乙酸和氢。LCFAs 由于容易吸附在微生物膜上, 阻碍物质的传输并引起污泥的漂浮, 从而抑制其降解^[10]。而餐厨垃圾中的废油脂又是理想的生物油燃料和日用化工原料, 可以回收再利用^[11]。笔者通过试验研究了不同温度高温蒸煮除油对餐厨垃圾的厌氧发酵的影响, 以期为我国餐厨垃圾处理提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 餐厨垃圾取自某高校食堂, 主要成分为米饭、面条、蔬菜、肉类、菜汤和骨头等。收集的餐厨垃圾首先人工分选出其中的杂物, 包括塑料、纸类、骨头等, 放入豆浆机打碎, 油脂与餐厨分别置于 -4 ℃ 冰箱贮存待用。不同条件的餐厨垃圾、接种理化性质如表 1 所示。

表 1 餐厨垃圾与接种物的基本性质

材料	总固体 TS %	挥发性固体占总固体的百分比/%	油脂占总固体的重量百分比/%	sCOD mg/L	可溶性糖 mg/L	可溶性蛋白 mg/L
未处理餐厨垃圾(T0)	19.0	90.7	22.7	93 214	28 116	20. 114
110 ℃处理餐厨垃圾(T1)	8.9	90.1	13.3	102 032	36 484	23. 543
120 ℃处理餐厨垃圾(T2)	8.7	90.0	12.2	107 306	38 683	28. 829
130 ℃处理餐厨垃圾(T3)	8.4	89.7	12.1	111 051	40 027	39. 257
接种物	2.1	63.4	-	-	-	-

1.2 试验装置及方法 餐厨垃圾高温蒸煮去油采用立式

压力高温蒸煮锅, 时间设定为 30 min, 分别处理不同温度(110、120、130 ℃)下的餐厨垃圾。每 100 g 餐厨垃圾加入自来水 100 g, 装入 300 ml 锥形瓶中, 使用保鲜膜及报纸封口, 放入高压蒸煮锅中进行蒸煮。蒸煮结束后, 放置冷却至

作者简介 施军营(1971 -), 男, 河南周口人, 从事有机废弃物处理研究。* 通讯作者, 工程师, 硕士, 从事有机废弃物处理研究。

收稿日期 2014-02-12

室温,将上层漂浮油脂取出,测定其重量。每个处理设定3个平行。

餐厨垃圾批式潜力试验所用试验装置采用带有丁基胶塞的250 ml厌氧发酵瓶,有效发酵体积为160 ml,试验接种为牛粪厌氧消化6 L CSTR运行稳定反应器的出液。将不同预处理的餐厨垃圾及活性污泥分别搅拌均匀,餐厨出料接种前先进中温驯化1周左右至不再产气;根据接种与餐厨垃圾按挥发性固体(VS)比7:1混合,添加自来水至有效容积为160 ml,设置3个平行。厌氧发酵瓶放置于恒温发酵室中,发酵温度(37±1)℃,使用史氏发酵管排饱和食盐法测定沼气日产气量,开始产气量大,每天测定一次,后来产气较少,为提高测量精度,改为2、3 d测定一次。试验结束后测定不同发酵液的总固体TS、VS。

1.3 分析方法 试验原料总固体(TS)、挥发性固体(VS)采用美国水和废水监测标准方法测定,pH采用玻璃电极法(Orion 3-Star,美国,±0.01);粗脂肪含量采用索氏提取法测定餐厨垃圾油脂含量,不同条件下油脂提取采用重量法(HPHA,2005);sCOD(HPHA,2005)、可溶性蛋白采用考马斯亮蓝法,可溶性糖采用蒽酮法。

2 结果与分析

2.1 不同温度预处理对餐厨垃圾水解的影响 由图1可知,随着温度的提高,蒸煮后的餐厨垃圾(T1、T2、T3)的sCOD、可溶性糖、可溶性蛋白相对于未处理原餐厨垃圾(T0),水解率均相应提高;蒸煮后的餐厨垃圾(T1、T2、T3)的sCOD分别提高9.5%、15.1%、29.1%,T1、T2、T3的可溶性糖分别提高29.8%、37.6%、42.4%,T1、T2、T3的可溶性蛋白分别提高17.0%、43.3%、95.2%。由此可知,蒸煮不仅可以去除上浮餐厨废油脂,同时可以提高餐厨垃圾的水解率。

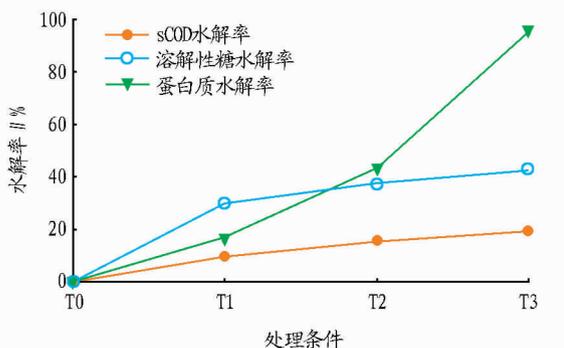


图1 不同预处理条件下餐厨垃圾水解变化

2.2 不同温度预处理对餐厨垃圾厌氧消化日产气率的影响 由图2可知,所有处理组均在厌氧发酵第2天产气达到最高峰,随后开始下降,第10天出现第2个产气高峰,20 d后产气基本结束,表明厌氧消化过程未受到抑制影响;未处理餐厨垃圾(T0)从第2天达到产期高峰,为200 ml/g(VS),第3天迅速下降,第4天开始慢慢上升至第10天达到高峰,为90 ml/g(VS),之后开始缓慢下降,22 d后基本不产气;未处理餐厨垃圾(T0)日产气量基本均高于蒸煮后的餐厨垃圾(T1、T2、T3),这是因为未处理餐厨垃圾(T0)油脂含量较高,

且油脂的降解较为缓慢,产气潜力高于其他有机质^[12],因而产气持续时间较长,同时产气量高。110、120和130℃蒸煮后餐厨垃圾(T1、T2、T3)日产气量均在第2天达到产期高峰,分别为185、193、189 ml/g(VS),第3天迅速下降,第4天开始慢慢上升至第10天分别达到高峰,分别为51、63、98 ml/g(VS),之后开始缓慢下降,16 d后基本不产气。综上可知,含油量较高的未处理餐厨垃圾的产气持续时间较长,日产气量较高,表明蒸煮预处理可以缩短厌氧发酵持续时间。

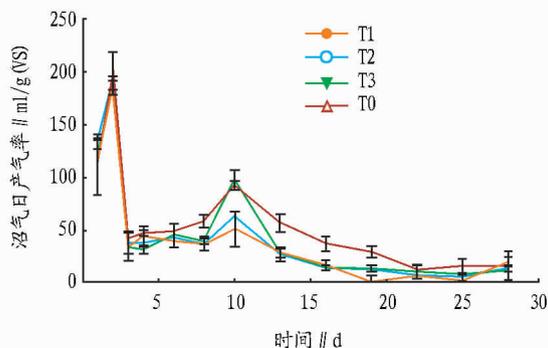


图2 不同预处理条件下餐厨垃圾单位VS沼气日产率

2.3 不同温度预处理对餐厨垃圾厌氧消化累积产气率的影响 由图3可知,不同处理条件下餐厨垃圾单位VS产气率表现为未处理餐厨垃圾(T0) > 130℃蒸煮后餐厨垃圾(T3) > 120℃蒸煮后餐厨垃圾(T2) > 110℃蒸煮后餐厨垃圾(T1),累积单位VS产气量分别为766、646、624和578 ml/g(VS)。可见未处理原餐厨垃圾(T0)累积产气量明显高于蒸煮后的餐厨垃圾(T1、T2、T3),这是由于油脂的产气潜力高于糖、蛋白等有机质。然而110、120和130℃蒸煮除油后餐厨垃圾的累积单位VS产气量却不断上升,这是因为虽然T1、T2、T3的油脂含量逐渐降低(表1),但有机质的水解率不断提高(图1),水解提高了餐厨垃圾的产气潜力。综上可得,通过一定条件下的蒸煮除油,既能得到餐厨废油原料,同时蒸煮导致有机质水解率提高,可提高餐厨垃圾的产气潜力。

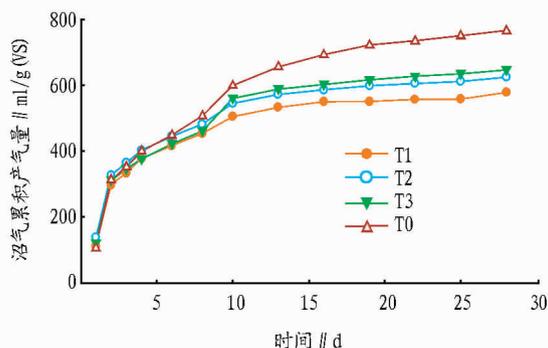


图3 不同预处理条件下餐厨垃圾单位VS沼气累积产气量

2.4 不同温度预处理对餐厨垃圾厌氧消化VS去除率的影响 从不同蒸煮去油后餐厨垃圾厌氧消化总固体(TS)和挥发性固体(VS)的降解情况(图4)可以看出,蒸煮出油后的餐厨垃圾(T1、T2、T3)厌氧消化降解率均高于未处理的原餐厨垃圾(T0),有可能是蒸煮除油提高了有机质的水解率,从而

提高了餐厨垃圾的可生物降解性。随着蒸煮温度的提高,餐厨垃圾降解率呈上升趋势,与温度提高餐厨垃圾水解(图1)一致。

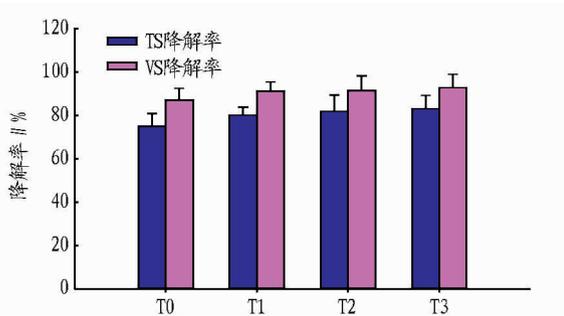


图4 不同预处理条件下餐厨垃圾总固体(TS)和挥发性固体(VS)的去除率

3 结论与讨论

(1)餐厨垃圾蒸煮除油前处理可提高餐厨垃圾有机质的水解,蒸煮后的餐厨垃圾(110、120、130℃)的sCOD分别提高9.5%、15.1%、29.1%;可溶性糖分别提高29.8%、37.6%、42.4%;可溶性蛋白分别提高17.0%、43.3%、95.2%。

(2)未处理的原餐厨垃圾(T0)油脂含量明显高于蒸煮出油后的餐厨垃圾(T1、T2、T3),其累积产气量明显较高。然而随着蒸煮温度的上升,尽管油脂含量逐渐降低,餐厨垃圾有机质水解率逐渐提高,餐厨垃圾的累积产气量也不断上升。

(3)蒸煮除油预处理提高了餐厨垃圾厌氧消化的降解率。随着温度的上升,降解率逐渐增大。

(4)蒸煮除油处理餐厨垃圾既可得到餐厨废油原料,同时提高了餐厨垃圾的水解率,进而提高了餐厨垃圾厌氧消化产气量和生物可降解性。应用高温蒸煮除油方法处理餐厨垃圾,为我国餐厨垃圾的资源化利用提供了一定的理论依据和方法。

参考文献

- [1] 王星,王德汉,张玉帅,等. 消化液回流比与有机负荷率对餐厨垃圾厌氧消化的影响[J]. 环境污染与防治,2006,10(28):748-752.
- [2] 中华人民共和国统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,2012.
- [3] ZHANG D Q, TAN S K, GERSBERG R M, et al. Municipal solid waste management in China: Status, problems and challenges [J]. Journal of Environmental Management, 2010, 91(8):1623-1633.
- [4] 任连海. 城市典型固体废物资源化工程[M]. 北京:化学工业出版社,2009.
- [5] 刘晓英,李秀金,董仁杰,等. 北京市餐厨垃圾产生状况及厌氧发酵产气潜力分析[J]. 可再生能源,2009,27(4):61-65.
- [6] 王莉,刘应宗. 基于主成分分析的餐厨垃圾产生量预测的实证研究[J]. 西安电子科技大学学报,2008,18(6):23-27.
- [7] LI C, CHAMPAGNE P, ANDERSON B C. Evaluating and modeling biogas production from municipal fat, oil, and grease and synthetic kitchen waste in anaerobic co-digestions [J]. Bioresource Technology, 2011, 102(20):94719480.
- [8] 赵杰红,张波. 温度对两相厌氧消解中水解和酸化过程的影响[J]. 环境科学,2006,27(8):1682-1686.
- [9] 许晓晖,范晓蕾,郭荣波,等. 固含率和稀释率对餐厨垃圾水解酸化过程的影响研究[J]. 环境工程学报,2009,3(2):335-339.
- [10] PALATSI J, LAURENI M, ANDRÉS M V, et al. Strategies for recovering inhibition caused by long chain fatty acids on anaerobic thermophilic biogas reactors[J]. Bioresource Technology, 2009, 100(6):4588-4596.
- [11] ARNOLD P. Used cooking oil turned into diesel fuel[J]. Bio Cycle, 2002, 43(5):42-43.
- [12] 任南琪,王爱英. 厌氧生物技术原理与应用[M]. 北京:化学工业出版社 & 环境科学与工程出版中心,2004.

(上接第2090页)

止,沿滩区还未修建污水处理系统,乡镇生活垃圾收集和处理系统有待进一步完善。

3 对策建议

3.1 加强天然林保护,加快生态修复工程建设 加强对全区现有林地的保护,强化对自然保护区、生态功能保护区、风景名胜区的保护建设与管理,对现有林相较好的天然林进行封山护林,对天然残次林进行封山育林或对低产低效的林木进行改造。大力建设沿河、沿路绿色走廊,大力开展“四旁”植树,构筑绿色屏障;抓好重点地区山体的恢复,开展生物多样性系统调查,加大野生动物保护执法力度,加强对野生动植物的保护和合理开发、利用。

3.2 加强流域综合治理,减少水土流失面积 鼓励和扶持土地整理,继续实施“金土地”工程,治理水土流失;实施沃土工程,大力推广使用优质生物有机肥、桔杆还田、测土配方施肥、无公害生产技术,减少农膜使用,培肥土壤。通过流域综合治理,实施退耕还林、还草、还竹以及绿化荒山、荒坡、坡改梯,完善坡面排水系统,建设蓄水池、沉沙凼、山平塘、拦沙坝等生态环境建设工程。重点加强釜溪河流域及公路沿线植树造林,打造釜溪河沿岸绿色长廊。

3.3 建设生态农业,控制农业面源污染 建设无公害农产

品基地,实施农产品无公害标准化生产,增施有机肥,提高肥料利用率,降低化肥、农药使用量,选用高效、低毒、低残留农药。实行规模养殖场无害化处理,以沼气建设为纽带,上接养殖业、下连种植业,实现种养业良性循环,坚持“一建带三改”,带动改圈、改厕、改厨,发展庭院经济,创建农村优良人居环境。开展生态农业示范,推广无公害、绿色和有机农产品生产,减轻农业面源污染,促进农业可持续发展。

3.4 加强流域综合治理,加大水资源保护力度 保护水资源的重要举措是加强釜溪河流域的综合治理。实施城区河道疏浚清淤,清除水面漂浮物。加强沿河岸重点污染企业和畜禽养殖业的监管和排查力度,取缔向河流、水库等水域超标排污企业。不断完善基础设施建设,逐步建设生活污水处理设施,提高生活污水处理率。同时,科学配置水资源,划定水功能区,根据水域功能要求加强保护,合理调度;禁止在水库肥水养鱼,禁止在江河进行网箱养鱼和畜禽养殖;杜绝水资源无序利用和破坏水土资源的恶性开发。

参考文献

- [1] 李仕川,马泽忠. 基于GIS和AHP法的大宁河流域生态环境质量评价分区[J]. 重庆工学院学报:社会科学,2008,22(5):5-9.
- [2] 沿滩区百科[EB/OL]. [2013-11-28]. <http://baike.baidu.com/link?url=Yx5Bucxg-asTZhoZc-Q-wOqp2EAGSpkvzMKmGRlhjE3BHm5QOy-P7OEEDICR2e#7>.