

文章编号:0254-0096(2019)08-2135-08

餐厨垃圾与市政污泥协同厌氧制氢影响因素研究

李 彤¹, 王 勇¹, 李迎新¹, 贾 璇¹, 孟繁华², 李鸣晓²

(1. 北京工商大学中国轻工业清洁生产和资源综合利用重点实验室, 北京 100048;

2. 中国环境科学研究院环境基准与风险评估国家重点实验室, 北京 100012)

摘 要: 以餐厨垃圾和市政污泥为研究对象,采用协同厌氧制氢工艺研究不同温度、物料配比对厌氧产氢潜力和中间代谢产物变化规律的影响。结果表明,55 ℃高温发酵时,餐厨垃圾单独厌氧发酵产氢效果最佳,产氢潜力、最大产氢速率分别为342.49 mL、41.48 mL/h,是35 ℃中温发酵的1.2倍。35 ℃中温发酵,餐厨垃圾与市政污泥配比为5:1时氢气含量最高为56.4%。相关性分析表明,pH值与氨氮浓度呈正相关,与还原糖含量、累积产氢量呈显著负相关;还原糖含量与累积产氢量呈正相关,氨氮浓度与累积产氢量呈显著负相关。温度、物料配比和pH值的优化调控对协同厌氧制氢工艺的高效稳定运行具有重要意义。

关键词: 厌氧发酵; 市政污泥; 因素分析; 餐厨垃圾; 生物制氢; 相关性分析

中图分类号: X703

文献标识码: A

0 引 言

能源是人类社会赖以生存和发展的重要物质基础,制约经济社会的发展。目前,石油、煤炭等传统化石能源日益枯竭^[1],氢气、乙醇等绿色燃料作为汽油、柴油的替代品成为研究热点^[2]。厌氧制氢是微生物利用有机物经过复杂的新陈代谢和相互作用产生氢气的过程^[3],具有底物利用范围广、无需光照、能耗低和产氢效率高等特点^[4-7]。

餐厨垃圾和市政污泥是城市有机废弃物的的重要组成部分,2015年我国餐厨垃圾年产量高达9110万t,市政污泥产生量约3000万t(以含水率为80%计),并以每年约10%的速度增长,无害化、减量化治理形势严峻^[8]。研究表明,与单一物料厌氧发酵相比,混合发酵可平衡营养物质配比、稀释有毒有害物质,有效提高厌氧消化的产气量与产气率,保持系统的稳定性^[9,10]。

本研究组前期发现,温度和物料配比是影响厌氧制氢潜力的重要因素。目前,研究学者主要围绕餐厨垃圾、市政污泥等单一物料厌氧制氢进行初步探索,采用两者协同厌氧制氢的研究鲜有报道。本研究采用餐厨垃圾和市政污泥,通过两者“智能混

合”开展协同厌氧制氢研究,分析温度、物料配比、pH值等影响因子对厌氧制氢潜力、中间代谢产物变化规律的影响,以期获得最佳工艺条件,实现餐厨垃圾和市政污泥的效能源化利用。

1 材料与方法

1.1 材料

餐厨垃圾采自北京某大学食堂,去除骨头、塑料袋等杂物,破碎至粒径小于5 mm。市政污泥取自北京某城市污水处理厂的脱水污泥。接种厌氧污泥取自厌氧发酵罐排出的沼渣,过筛去除大块杂质。原料的基本指标如表1所示。

表1 原料基本理化指标

Table 1 Basic physical and chemical index of raw materials

分类	含水率/ %	TS/ %	VS/ %	灰分/ %
餐厨垃圾	81.6	18.4	96.9	3.1
市政污泥	71.0	29.0	7.5	42.5
接种污泥	83.1	16.9	41.0	59.0

注:TS为总固体;VS为挥发性固体。

餐厨垃圾添加等体积蒸馏水进行湿热预处理

收稿日期: 2017-04-10

基金项目: 国家自然科学基金(21406213)

通信作者: 贾 璇(1982—),女,博士、讲师,主要从事有机废物资源化利用方面的研究。jiaxuan@btbu.edu.cn

理,温度 160 ℃,搅拌速率 150 r/min,湿热处理 30 min,分离可浮油后冷却至室温。市政污泥采用同样的方法进行湿热预处理后,置于 4 ℃冰箱保存,备用。

1.2 实验设计

本实验采用 500 mL 血清瓶,设计 12 组餐厨垃圾与市政污泥混合厌氧制氢实验,并做平行实验。将湿热预处理后餐厨垃圾与市政污泥分别按不同配比混合(5:1、3:1、1:1、1:3、单独餐厨垃圾、单独污泥,分别记为*-5-1、*-3-1、*-1-1、*-1-3、*-餐、*-污,*取 T 或 M,分别代表高温和中温组)以 TS 计,向 30 g 混合物料添加 50 g 接种污泥,加蒸馏水定容至 200 mL,采用 1 mol/L 的 HCL 与 1 mol/L 的 NaOH 调节初始 pH 值为 6。向反应瓶中通入高纯氮气 5 min,以排出多余空气。分别在(55±1) ℃高温和(35±1) ℃中温,搅拌速率均为 150 r/min 条件下进行厌氧制氢,采用排水法收集产生的气体。每隔 6 小时采集生物气和发酵液进行指标分析。

1.3 分析方法

总固体(TS)、挥发性固体(VS)、含水率采用 GB/T 6435—2006 方法测定。SCOD 采用连华科技公司 5B-3(C)型 COD 快速分析仪测定,还原性糖浓度采用 3,5-二硝基水杨酸法测定^[11],氨氮浓度采用 HJ 535—2009 纳氏试剂分光光度法测定^[12]。

生物气组分(H₂、CH₄和 CO₂等)采用上海天美公司 GC7900 气相色谱仪测定,色谱条件:采用填充柱,TCD 热导检测器,分析柱 1 为 2 m HayeSep Q,分析柱 2 为 5A 分子筛 3 m;柱温 120 ℃,进样口温度 150 ℃,检测器温度 150 ℃,电压 30 mV,采用高纯氩气作为载气,进样量 1 mL,校正归一定量。

1.4 数据分析

采用修正的 Gompertz 方程计算餐厨垃圾和市政污泥协同厌氧发酵的产氢潜力、产氢速率和启动时间^[13],如式(1)所示:

$$H(t) = P \cdot \exp \left\{ -\exp \left[\frac{R \cdot e}{P} (\lambda - t) + 1 \right] \right\} \quad (1)$$

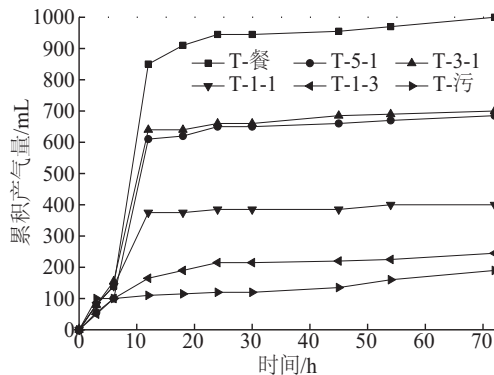
式中, $H(t)$ —— 累积产气量, mL; P —— 最大产氢潜力, mL; R —— 最大产氢速率, mL/h; λ —— 启动时间, h; t —— 厌氧发酵时间, h; e —— 自然常数, 实验数据与模型模拟最小误差平方和模拟通过

Origin Pro 8.0 中非线性拟合功能实现,并通过统计学方差分析检验参数显著性。

2 结果与讨论

2.1 不同温度和配比对产气情况的影响

影响厌氧发酵生物产氢的因素有多种,如接种污泥、基质种类、pH 值、反应温度等。其中,在体系消化菌群以及基质一定的条件下,反应温度对厌氧产氢过程影响显著^[14,15]。不同配比的餐厨垃圾与市政污泥混合进行中温、高温厌氧发酵,累积产气量和氢气、甲烷最大百分含量如图 1 所示。结果表明,温度对餐厨垃圾与市政污泥协同厌氧制氢具有显著影响,55 ℃高温发酵累积产气量均高于 35 ℃中温组。高温组单独餐厨垃圾厌氧制氢的累积产气量最大,发酵过程中 0~12 h 累积产氢量迅速上升,12 h 后产气量增速放缓,最大累积产气量达 1000 mL(72 h),是中温组的 1.6 倍(图 1a)。35 ℃中温组,单独餐厨垃圾厌氧发酵、配比为 5:1 和 3:1 这 3 组累积产气量最大,分别为 640、620、615 mL(图 1b)。55 ℃高温组,餐厨垃圾单独厌氧制氢和 5:1 配比,氢气百分含量最高,分别为 35.2% 和 22.3%。35 ℃中温组,配比为 5:1 时,氢气百分含量最高为 56.4%,其次是 1:1 配比和餐厨垃圾单独厌氧制氢,分别为 37.6% 和 34.8%。其中,市政污泥单独发酵有甲烷产生,最大甲烷百分含量为 26.2%,如图 1d 所示。可见,与 35 ℃中温厌氧制氢相比,55 ℃高温发酵更有利于底物协同厌氧制氢,且随着餐厨垃圾配比的提高,累积产气量和氢气百分含量逐渐提高。



a. 高温组累积产气量

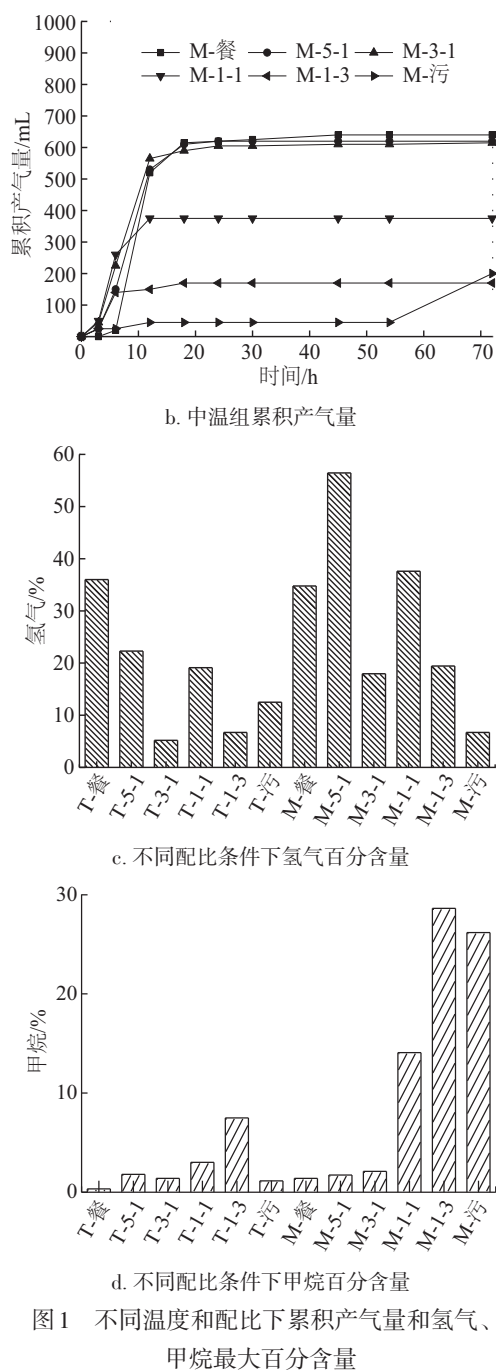


图1 不同温度和配比下累积产气量和氢气、甲烷最大百分含量

Fig. 1 Cumulative gas production and biggest percentage of methane and hydrogen in different temperature and different proportion

2.2 产氢动力学分析

利用修正过的 Gompertz 模型对不同条件下餐厨垃圾与市政污泥协同厌氧制氢进行动力学曲线拟合,结果如图 2 和表 2 所示。在发酵初期,氢气含量随着反应时间的增加逐渐增大,初期结束后不

同混合比例试验都达到发酵氢气含量的峰值,与宋庆彬等^[16]研究一致。55℃高温发酵,餐厨垃圾比例越高,产氢潜力越大,餐厨垃圾单独厌氧发酵的产氢潜力最大为 342.49 mL,最大产氢速率为 41.48 mL/h,是 35℃中温发酵的 1.2 倍。35℃中温发酵,餐厨垃圾与市政污泥配比为 5:1 时产氢潜力最大为 279.57 mL,最大产氢速率为 35.75 mL/h,相同配比条件下启动时间快于高温组。这可能由于中温协同厌氧制氢微环境适于微生物快速利用小分子有机物产生氢气,而高温组微生物活性提高,水解能力增强,可将餐厨垃圾和市政污泥中的大分子有机物进一步分解为小分子物质,有效提高厌氧产氢潜力。

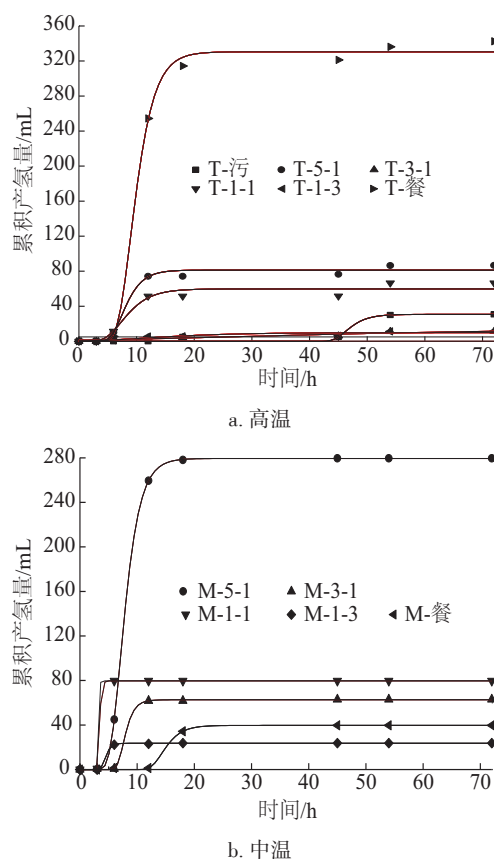


图2 不同条件下累积产氢量变化情况

Fig. 2 Situation changes of cumulative amount of hydrogen production in different conditions

2.3 不同温度和配比对 pH 值的影响

餐厨垃圾与市政污泥协同厌氧发酵过程的 pH 值变化如图 3a 所示。结果表明,餐厨垃圾与市政污泥配比对 pH 值具有较大影响,厌氧制氢 30 h,55℃高温

表2 不同温度、配比条件下产氢动力学分析

Table 2 Hydrogen production under conditions of different temperature and different proportion dynamics analysis					
实验组	最大产氢潜力 P/mL	最大产氢速率 $R/\text{mL}\cdot\text{h}^{-1}$	启动时间 λ/h	拟合度 R^2	
高温组	T-餐	342.49	41.48	2	0.98440
	T-5-1	86.71	10.70	2	0.94826
	T-3-1	11.28	1.27	4	0.81396
	T-1-1	66.58	6.67	2	0.99725
	T-1-3	11.48	0.73	3	0.97249
	T-污	30.73	2.78	10	0.83437
中温组	M-餐	39.65	5.51	3	1.00000
	M-5-1	279.57	35.75	2	0.99969
	M-3-1	62.95	10.17	0	1.00000
	M-1-1	79.68	26.32	0	0.99946
	M-1-3	23.74	7.45	2	0.99914
	M-污	0.00	0	0	0

发酵,单独市政污泥发酵、配比 1:3 和 1:1 实验组 pH 值上升,35 ℃中温发酵,单独市政污泥发酵和配比 1:3 实验组 pH 值上升,其他实验组随着产氢的进行 pH 值均急剧下降,高温组和中温组最小 pH 值分别为 5.46 和 4.98,此时产氢效果最佳。可见,餐厨垃圾与市政污泥协同厌氧制氢过程 pH 值保持在 4.9~6.7,保证系统的稳定运行。研究表明,发酵体系的 pH 值与微生物活性、产氢代谢途径等密切相关^[17],由于产氢过程伴随着氢气和挥发性小分子有机酸的产生,使体系 pH 值下降,市政污泥氨氮含量高,对厌氧产氢系统具有缓冲作用,将餐厨垃圾和市政污泥智能混合协同厌氧制氢,保证体系 pH 值的稳定^[18]。

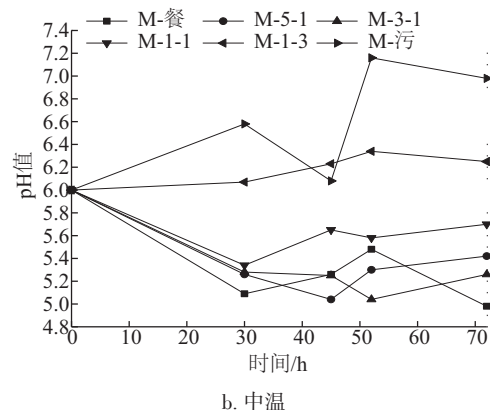
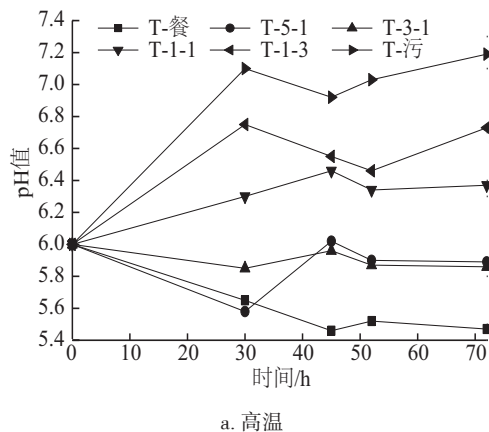
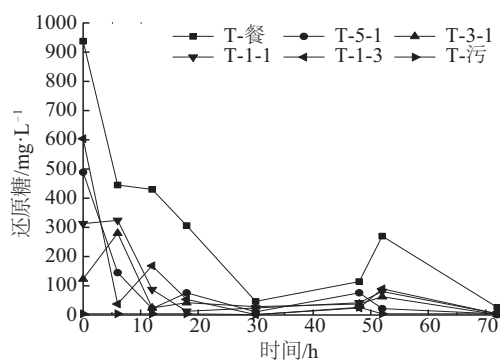


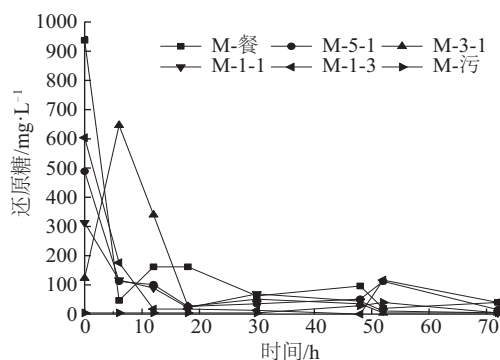
图3 不同条件下pH值的变化情况
Fig. 3 Changes of pH value in different conditions

2.4 不同温度和配比对还原糖与 SCOD 含量的影响

协同厌氧制氢过程中,发酵液中还原糖含量呈总体下降趋势,高温组的还原糖利用率高于中温组,如图 4 所示。55 ℃高温厌氧制氢,还原糖利用率均在 97.2%以上,当餐厨垃圾与市政污泥配比为 1:3 时还原糖利用率最高达 99.3%。35 ℃中温组还原糖利用率均在 93.4%以上,配比为 1:1 时利用率最高达 98.7%。产氢初期,餐厨垃圾和市政污泥中的碳水化合物进一步水解为还原糖,使还原糖含量升高,随着厌氧制氢的进行,微生物快速利用还原糖,整体呈下降趋势。可见,55 ℃高温发酵微生物更加活跃,还原糖利用率高于中温组。



a. 高温

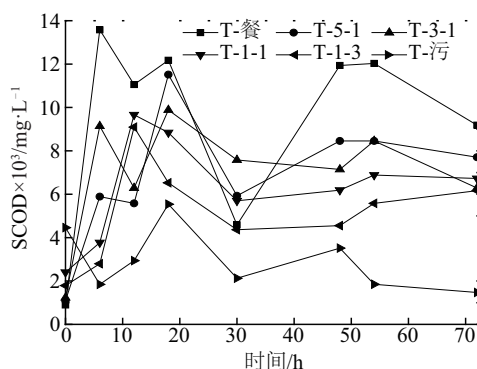


b. 中温

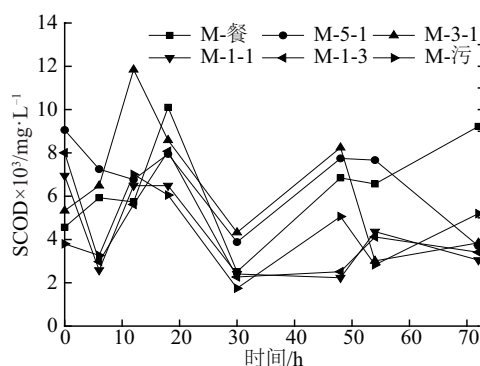
图4 不同条件下还原糖变化情况

Fig. 4 Changes of reducing sugar in different conditions

协同厌氧制氢过程中 SCOD 含量变化情况如图 5 所示。结果表明,不同配比条件下,发酵过程中的 SCOD 含量波动,是由于产氢微生物利用有机物,使 SCOD 有所降低,同时随着厌氧制氢的进行,部分难溶有机物进一步被分解为小分子可溶物,使产氢后期 SCOD 升高。55 °C 高温发酵的 SCOD 最高去除率为 33.1%, 35 °C 中温发酵的 SCOD 最高去除率为 66.5%。可见,与中温发酵相比,55 °C 高温厌氧制氢更有利于大分子难溶有机物的水解和产氢潜力的提高。



a. 高温



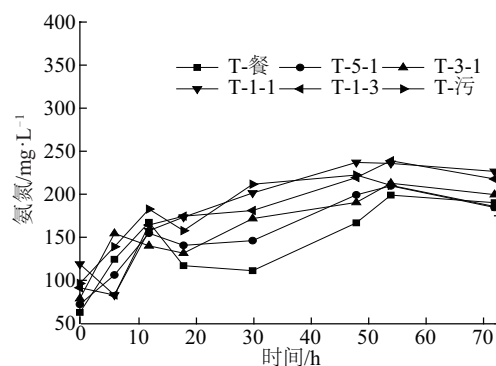
b. 中温

图5 不同条件下SCOD变化情况

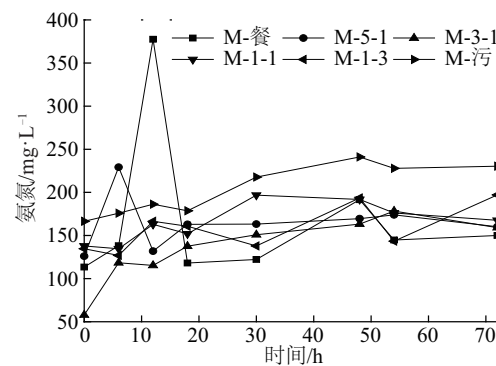
Fig. 5 Changes of SCOD in different conditions

2.5 不同温度和配比对氨氮浓度的影响

氨氮是高含氮有机物厌氧发酵系统稳定运行的主要影响因素之一。不同温度和配比条件下氨氮浓度的变化情况如图 6 所示。



a. 高温



b. 中温

图6 不同配比条件下的氨氮变化趋势

Fig. 6 Changes of ammonia nitrogen in different conditions

随着厌氧制氢的进行,氨氮浓度逐渐增大,6~12 h 氨氮浓度升高速率较快,微生物活跃,降解有机物能力较强,产氢速率较快。55 °C 高温发酵,餐

厨垃圾与市政污泥配比为 1:1 时,72 h 氨氮浓度最高,达 226.5 mg/L,35 ℃中温发酵,配比为 1:3 时,72 h 氨氮浓度达最大值 197.05 mg/L。在有机废物的厌氧发酵过程中,氨氮是厌氧发酵过程中重要控制条件^[19],由于用于厌氧微生物的细胞增殖的氮很少,大部分可生物降解的有机氮都被还原为消化液中的氨氮,对系统 pH 值具有缓冲作用,但浓度过高会抑制微生物的活性和厌氧产气效率^[20]。本研究通过易酸腐的餐厨垃圾和氨氮含量较高的市政污泥混合协同厌氧制氢,保证氨氮浓度相对稳定和产氢系统的高效运行。

2.6 影响因素与累积产氢量的相关性分析

餐厨垃圾与市政污泥协同厌氧制氢潜力与还原糖、SCOD、氨氮等中间代谢产物和 pH 值密切相关。采用相关性分析,研究指标间的相关性,对进一步优化调控协同厌氧制氢工艺,提高制氢潜力具有重要意义。结果如表 3 所示,pH 值与氨氮浓度呈正相关($r=0.636,P<0.05$),与还原糖含量、累积产氢量呈显著负相关($r=-0.830$ 和 $-0.730,P<0.01$)。还原糖含量与累积产氢量呈正相关($r=0.591,P<0.05$),氨氮浓度与累积产氢量呈显著负相关($r=-0.724,P<0.01$)。可见,餐厨垃圾和市政污泥协同厌氧制氢工艺,pH 值调控与系统缓冲性能、产氢潜力,及底物利用率密切相关,在较低的 pH 值条件下,产氢微生物可快速利用还原糖,合成自身组成部分,并获得更高的产氢效率。厌氧制氢后期随着氨氮含量的增加,pH 值逐渐升高,不利于厌氧产氢潜力的提高,但适当添加市政污泥,部分可降解

表 3 各个影响因素之间的相关系数

Table 3 Correlation between various influencing factors					
影响 因素	SCOD	pH 值	还原糖	氨氮	累积 产氢量
SCOD	1	-0.157	-0.034	-0.179	-0.572
pH 值		1	-0.830**	0.636*	-0.730**
还原糖			1	-0.417	0.591*
氨氮				1	-0.724**
累积 产氢量					1

注:**表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关;*表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

有机氮转变为氨氮使厌氧制氢体系具有缓冲能力,避免酸化反馈抑制作用,保证系统的稳定运行^[21]。

3 结 论

与 35 ℃中温厌氧制氢相比,55 ℃高温餐厨垃圾与市政污泥协同厌氧制氢可获得更高的产氢潜力、产氢速率和还原糖利用率。55 ℃高温组餐厨垃圾单独厌氧发酵产气效果最佳,最大产氢速率达 41.48 mL/h,是 35 ℃中温发酵的 1.2 倍,餐厨垃圾与市政

污泥配比为 1:3 时还原糖利用率最高为 99.3%。厌氧制氢过程中,pH 值稳定在 4.9~6.7,氨氮浓度随着产氢进行逐渐增大。相关性分析表明,餐厨垃圾与市政污泥协同厌氧制氢过程中,pH 值与氨氮呈正相关,与还原糖、累积产氢量呈显著负相关。可见,pH 值调控与系统缓冲性能、产氢潜力和底物还原糖利用率密切相关,通过发酵温度、物料配比和 pH 值等关键影响因子的优化调控,可有效提高协同厌氧制氢的产氢潜力和底物利用效率。

[参考文献]

- [1] 孙 娜,李志东,李 娜,等.炼油厂剩余污泥中温与高温厌氧消化对比实验[J].装备环境工程,2008,5(2): 16—20.
- [1] Sun Na, Li Zhidong, Li Na, et al. Contrast experimental study between mesophilic and thermophilic anaerobic digestion of refinery excess activated sludge [J]. Equipment Environmental Engineering, 2008, 5 (2): 16—20.
- [2] 刘 爽,李文哲.猪粪与马铃薯皮渣混合厌氧发酵产氢特性[J].农业工程学报,2012,28(16): 197—202.
- [2] Liu Shuang, Li Wenzhe. Characteristics of hydrogen production from anaerobic co-fermentation of pig manure and potato pulp[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2012, 28(16): 197—202.
- [3] Batstone D J, Keller J, Angelidaki I, et al. The IWA anaerobic digestion model No 1(ADMI)[J]. Water Science and Technology, 2002, 45(10): 65—73.
- [4] Benemann J. Hydrogen biotechnology: Progress and prospects [J]. Nature Biotechnology, 1996, 14 (9): 1101—1103.
- [5] Nandi R, Sengupta S. Microbial production of hydrogen: An overview[J]. Critical Reviews in Microbiology,

- 1998, 24(1): 61—84.
- [6] Chen W H, Chen S Y, Khanal S K, et al. Kinetic study of biological hydrogen production by anaerobic fermentation [J]. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2006, 31(15): 2170—2178.
- [7] 任南琪, 林 明, 马沙平, 等. 厌氧高效产氢细菌的筛选及其耐酸性研究[J]. *太阳能学报*, 2003, 24(1): 80—81.
- [7] Ren Nanqi, Lin Ming, Ma Xiping, et al. A strain of anaerobic bacteria screened for high efficient hydrogen production and its aciduric character [J]. *Acta Energiæ Solaris Sinica*, 2003, 24(1): 80—81.
- [8] 段妮娜, 董 滨, 李江华, 等. 污泥和餐厨垃圾联合干法中温厌氧消化性能研究[J]. *环境科学*, 2013, 34(1): 321—327.
- [8] Duan Nina, Dong Bin, Li Jianghua, et al. High-solids anaerobic co-digestion of sludge and kitchen garbage under mesophilic conditions [J]. *Environmental Science*, 2013, 34(1): 321—327.
- [9] 邵 敬, 罗文遂, 万顺刚, 等. 不同园林废弃物对污泥和餐厨垃圾厌氧消化的影响[J]. *环境污染与防治*, 2013, 35(3): 66—67.
- [9] Shao Jing, Luo Wensui, Wan Shungang, et al. Influences of green wastes on anaerobic digestion of sludge and kitchen wastes [J]. *Environmental Pollution & Control*, 2013, 35(3): 66—67.
- [10] Yebo L, Park Stephen Y, Jiying Z. Solid-state anaerobic digestion for methane production from organic waste [J]. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 2011, 15(1): 821—826.
- [11] 朱海霞, 石 瑛, 张庆娜, 等. 3,5-二硝基水杨酸(DNS)比色法测定马铃薯还原糖含量的研究[J]. *中国马铃薯*, 2005, 19(5): 266—269.
- [11] Zhu Haixia, Shi Ying, Zhang Qingna, et al. Applying 3, 5- dinitrosalicylic acid (DNS) method to analyzing the content of potato reducing sugar [J]. *Chinese Potato Journal*, 2005, 19(5): 266—269.
- [12] 崔家荣. 水中氨氮纳氏试剂分光光度法测定[J]. *现代农业科技*, 2008, (8): 208—209.
- [12] Cui Jiarong. Nessler reagent spectrophotometry determination of ammonia nitrogen in water [J]. *Modern Agricultural Sciences and Technology*, 2008, (8): 208—209.
- [13] Chen Wen-Hsing, Chen Shen-Yi, Khanal S K, et al. Kinetic study of biological hydrogen production by anaerobic fermentation [J]. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2006, 31(15): 2170—2178.
- [14] 左 宜, 左剑恶, 张 薇, 等. 影响厌氧发酵生物产氢因素的试验研究[J]. *中国沼气*, 2003, 21(3): 8—11.
- [14] Zuo Yi, ZuoJiane, Zhang Wei, et al. A study on factors of anaerobic fermentative Bio-hydrogen production [J]. *China Biogas*, 2003, 21(3): 8—11.
- [15] 幽景元, 肖 波, 杨家宽, 等. 生活垃圾厌氧发酵条件的正交实验[J]. *新能源及工艺*, 2003, (2): 28—29.
- [15] You Jingyuan, Xiao Bo, Yang Jiakuan, et al. The orthogonal design experiment of anaerobic fermentation of msw [J]. *New Energy and Process*, 2003, (2): 28—29.
- [16] 宋庆彬. 厨余和污泥不同混合比例碱处理产氢特性研究[J]. *太阳能学报*, 2010, 31(3): 396—397.
- [16] Song Qingbin. The study on the fermentation hydrogen production from the different ratios of food waste and sewage sludge by alkaline pretreatment [J]. *Acta Energiæ Solaris Sinica*, 2010, 31(3): 396—397.
- [17] 周丹丹. 混合原料批次恒温厌氧发酵动力学过程研究 [D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2013.
- [17] Zhou Dandan. The research of kinetics process of co-digestion under the condition of thermostatic and batch mode [D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2013.
- [18] Lay Jiunn-Jyi, Li Yu-You, Noike T. The influence of pH and ammonia concentration on the methane production in high-solids digestion processes [J]. *Water Environment Research*, 1998, 70(5): 1075—1082.
- [19] 李 勇, 顾广发, 刘松华, 等. 餐厨垃圾与污泥共发酵脱氮技术的研究[J]. *可再生能源*, 2011, 29(6): 98—99.
- [19] Li Yong, Gu Guangfa, Liu Songhua, et al. Research on the denitrogenation technology by co-fermentation of kitchen waste and sludge [J]. *Renewable Energy Resources*, 2011, 29(6): 98—99.
- [20] 曹先艳, 赵由才, 袁玉玉, 等. 氨氮对餐厨垃圾厌氧发酵产氢的影响[J]. *太阳能学报*, 2008, 29(6): 751—752.
- [20] Cao Xianyan, Zhao Youcai, Yuan Yuyu, et al. The influence of ammonia on bio-hydrogen production from food waste [J]. *Acta Energiæ Solaris Sinica*, 2008, 29(6): 751—752.
- [21] McCarty P L. Anaerobic waste treatment fundamentals-part-toxic materials and their control [J]. *Public Works*, 1964, 95(9): 91—94.

INFLUENCE FACTORS OF BIOHYDROGEN COPRODUCTION FROM KITCHEN WASTE AND MUNICIPAL SLUDGE BY ANAEROBIC FERMENTATION

Li Tong¹, Wang Yong¹, Li Yingxin¹, Jia Xuan¹, Meng Fanhua², Li Mingxiao²

(1. Key Laboratory of Cleaner Production and Integrated Resource Utilization of China National Light Industry, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China; 2. State Key Laboratory of Environmental Criteria and Risk Assessment, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China)

Abstract: The biohydrogen coproduction from kitchen waste and municipal sludge has been considered a promising method for practical applications. The effects of temperature and ratio of raw materials on the biohydrogen production potential and intermediate metabolites were studied. The results show that the optimum biohydrogen production performance is obtained when the temperature of thermophilic anaerobic fermentation is 55 °C and kitchen waste is used individually. The maximum hydrogen production potential and yield rate are 342.49 mL and 41.48 mL/h, respectively, which is 1.2 times higher than that of the 35 °C medium temperature group. The highest hydrogen content is 56.4% when using the ratio of 5:1 (kitchen waste:municipal sludge) and 35 °C mesophilic anaerobic fermentation. The correlation analysis shows that it is the positive correlation between ammonia nitrogen concentration and pH, and the significantly negative correlation between reducing sugar content and cumulative hydrogen production. Reducing sugar content is positively correlated with the cumulative hydrogen production. Ammonia nitrogen concentration and cumulative hydrogen production are significantly negative correlation. Thus, optimal control of temperature, ratio of raw materials and pH is crucial to the efficient and stable operation during the biohydrogen coproduction process by anaerobic fermentation.

Keywords: anaerobic digestion; sewage sludge; factor analysis; kitchen waste; biological hydrogen production; correlation analysis