

# 果蔬垃圾与餐厨垃圾混合厌氧消化产气性能

吕琛<sup>1</sup>, 袁海荣<sup>1,2</sup>, 王奎升<sup>1</sup>, 朱保宁<sup>1</sup>, 刘研萍<sup>1</sup>, 李秀金<sup>1\*</sup>

(1. 北京化工大学资源与环境研究中心, 北京 100029; 2. 北京市延庆县种植业服务中心, 北京 102100)

**摘要:** 研究了果蔬与餐厨垃圾不同混合比例和不同进料负荷下的厌氧消化产气性能。以果蔬与餐厨垃圾为原料, 比例分别为 0:8、2:8、5:8、8:8 和 8:0, 不同比例的混合原料分别按 2%、4%、6% (TS) 的进料负荷进行厌氧消化。结果表明: 果蔬与餐厨的比例为 5:8、进料负荷 2% 时产气性能最佳, 其单位 TS 甲烷总产量为 600 mL/g, 比同比例进料负荷 4% 和 6% 分别高 5.4% 和 10%, 比 2%~6% 的单一餐厨和单一果蔬原料分别高 4.5%~18% 和 7.1%~510%, 消化周期小于 50 d, 第 20 天即达到产气高峰, 且峰值单位 TS 日产气量可达 95 mL/g。低负荷运行可有效地避免 VFA 中丙酸及氨氮的积累, 提高负荷、增加果蔬的比例则会导致丙酸和氨氮的积累和抑制, 影响厌氧消化体系的稳定性, 导致单位 TS 甲烷总产量降低。研究结果可为城市生活垃圾有机废物厌氧消化处理提供设计和运行依据。

**关键词:** 生物质, 沼气, 试验, 果蔬垃圾, 餐厨垃圾, 厌氧消化

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2011.z1.018

中图分类号: TK6

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2011)-Supp.1-0091-05

吕琛, 袁海荣, 王奎升, 等. 果蔬垃圾与餐厨垃圾混合厌氧消化产气性能[J]. 农业工程学报, 2011, 27(增刊 1): 91-95.

Lü Chen, Yuan Hairong, Wang Kuisheng, et al. Anaerobic digestion performances of fruit and vegetable waste and kitchen waste [J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(Supp.1): 91-95. (in Chinese with English abstract)

## 0 引言

随着中国经济的发展和人民生活水平的提高, 城市生活垃圾产量也在不断增长, 其中果蔬和餐厨垃圾在我国城市生活垃圾中占有较大的比例<sup>[1-2]</sup>, 2008 年仅北京市的果蔬和餐厨垃圾日产量分别达到 1 000<sup>[3]</sup>和 1 600 t<sup>[4]</sup>, 这给垃圾处理带来了很大的压力和挑战<sup>[5]</sup>。在我国, 城市生活垃圾主要处理方式有焚烧、填埋和堆肥<sup>[6]</sup>, 由于果蔬和餐厨垃圾含水率较高, 不适合焚烧处理, 而填埋也会产生大量渗滤液, 控制不当则污染环境<sup>[7-8]</sup>, 好氧堆肥则会大量消耗曝气能量, 也很难得到高质量的堆肥。厌氧消化不仅能够解决环境污染问题, 同时还能提供清洁的可再生能源, 从而实现垃圾的资源化处理和有效利用<sup>[9]</sup>。

国内外学者分别对餐厨和果蔬垃圾进行了厌氧消化方面的研究。刘晓英等<sup>[10]</sup>人以餐厨垃圾为原料进行中温(35℃)厌氧消化, 甲烷产率达到 201 mL/g, 认为餐厨垃圾具有很好的产气性能。王星等<sup>[11]</sup>人认为餐厨垃圾单相厌氧消化产气率比两相厌氧消化高, 产气周期短, 工艺简单, 适合工业化应用。Bouallagui H 等<sup>[12]</sup>人以果蔬垃圾为原料进行了两相厌氧消化研究, 结果表明负荷为 7.5 g(COD)/L/d 时, 酸化相的果蔬酸化率可达 81%, 提高负

荷则会导致挥发性脂肪酸(volatile fatty acid, VFA)的积累, 其甲烷产率可达 320 mL/g(COD)。Mtz-Viturtia A 等<sup>[13]</sup>人认为果蔬垃圾两相厌氧消化产气率低于单相厌氧消化, 除非很好地控制酸化相, 否则不适合处理果蔬垃圾。

目前, 生活垃圾的厌氧消化主要以单一的果蔬或餐厨垃圾为原料, 造成厌氧消化设施的重复建设, 而且系统中营养不均衡, 容易导致酸化, 致使厌氧消化体系中 VFA 积累, pH 值降低, 抑制产甲烷菌生理活性, 从而导致产气性能降低, 甚至厌氧消化失败。因此, 本研究以北京市果蔬和餐厨两种垃圾混合物为原料进行厌氧消化, 可有效地提高原料的产气性能, 同时避免了厌氧消化设施建设的重复投资。本研究旨在探索 2 种原料的合理配比和最优参数, 为城市生活垃圾厌氧消化提供设计和运行依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 原料

试验原料果蔬与餐厨垃圾取自北京化工大学食堂和泔水池, 拣出杂物并切碎后, 使用厨房粉碎机粉碎, 装瓶, 存放于-20℃冰箱中备用。接种污泥取自北京市小红门污水处理厂, 保存于 4℃冰箱中备用。果蔬与餐厨垃圾和接种污泥的基本性质如表 1 所示。

### 1.2 试验装置

试验采用批式厌氧消化, 试验装置由 2 L 锥形瓶、1 L 广口瓶和 1 L 烧杯组成, 采用中温(35℃)厌氧消化。锥形瓶作为消化反应器, 工作体积为 1.5 L。采用排水法收集沼气, 将广口瓶标记刻度, 用以计量沼气体积。

收稿日期: 2011-01-26 修订日期: 2011-03-02

基金项目: 国家高新技术研究发展“863”计划 (2008AA062401, 2008AA062402)

作者简介: 吕琛(1986—), 男, 天津人, 主要从事固体废物资源化研究工作。北京 北京化工大学资源与环境研究中心, 100029

\*通信作者: 李秀金(1964—), 男, 安徽滁州人, 教授, 博士生导师。主要从事固体废物资源化综合利用等方面的研究工作。北京 北京化工大学资源与环境研究中心, 100029。Email: xjli@mail.buct.edu.cn

表1 果蔬与餐厨垃圾和接种污泥的基本性质

Table 1 Characteristics of fruit and vegetable waste, kitchen waste and sludge

基本参数	总固体 (TS)/%	挥发性固体 (VS)/%	总碳/%	总氮/%	C/N	脂肪(干基)/%
果蔬	7.94	6.74	28.05	1.63	17.21	25.58
餐厨	22.17	17.87	32.85	2.35	13.98	4.09
接种污泥	5.43	2.29	18.80	3.06	6.14	2.73

注: C/N 为碳氮比, 即碳元素与氮元素的质量比

### 1.3 试验方法

根据北京市近几年果蔬与餐厨垃圾产量<sup>[3-4]</sup>设定果蔬与餐厨原料的混合比例(质量比)为0:8、2:8、5:8、8:8和8:0, 分别记作R1、R2、R3、R4和R5, 相应TS和VS比如表2所示。试验设定3组进料负荷, 分别为2%、4%和6%(以TS计)。接种污泥量均为15 000 mg/L(以TS计)。接种后用去离子水将各反应器定容至1.5 L, 密封后置于恒温振荡箱中, 消化温度控制在(35±1)℃, 转速为120 r/min, 每小时搅拌2 min。试验过程中, 每日记录产气量和气体甲烷含量(以体积分数计), 试验结束后分析消化液中VFA、氨氮等指标, 并通过分析单位TS日产气量、单位TS甲烷总产量, 研究果蔬与餐厨垃圾混合厌氧消化的产气性能。

表2 果蔬与餐厨垃圾混合比例

Table 2 Mixing ratios of fruit and vegetable waste and kitchen waste

果蔬:餐厨	比例				
原料比(编号)	0:8(R1)	2:8(R2)	5:8(R3)	8:8(R4)	8:0(R5)
TS比	0:1	1:11	2:9	5:14	1:0
VS比	0:1	1:11	5:21	5:13	1:0

注: TS、VS分别为总固体和挥发性固体

## 2 结果与讨论

### 2.1 厌氧消化

#### 2.1.1 单位TS日产气量

不同混合比例的果蔬与餐厨垃圾在不同进料负荷下厌氧消化的单位TS日产气量如图1所示。由图可知, 混合比例相同时, 不同进料负荷厌氧消化过程中单位TS日产气量总体呈现出较为一致的规律, 均在前两天出现第1个产气高峰(R5-6%例外)。R2-6%和R3-4%均在厌氧消化第1天出现第1个产气高峰, 单位TS日产气量分别为120(图1b)和116 mL/g(图1c)。R5-2%和R5-4%均在第2天出现第1个产气高峰, 峰值分别为76和114 mL/g, 而R5-6%在第4天出现第1个产气高峰, 峰值为43 mL/g(图1e)。这一阶段气体成分主要以H<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>为主, 其中H<sub>2</sub>含量为40%~50%, CO<sub>2</sub>含量为50%~55%, 消化液的pH值为5.3~7, 可见厌氧消化在第1~2天便进入酸化阶段, 其中单一果蔬原料在第2天开始明显酸化, 而单一餐厨原料和混合原料均在第1天开始明显酸化, 且混合原料比餐厨的酸化速率快。酸化阶段基本在第3天结束, 由于酸化过程产生较多的VFA, 导致体系pH值降低, 抑制了产甲烷菌的生理活动, 因此第3天产气量迅速降低, 甚至到零。此时需要外加少量NaOH调节体系pH值至7.2左右。此后经历7 d左右系统自身的调节, 从第10天开始, 负荷2%的各组开始产气, 并在第30天前达到第2个产气高峰, 其中R3的峰值最高, 达到95 mL/g(图1c), 而R5的峰值最低, 为43 mL/g(图1e)。负荷2%的各组经历第2次产气高峰后, 日产气量便逐渐下降, 基本在第50~60天产气结束。负荷4%

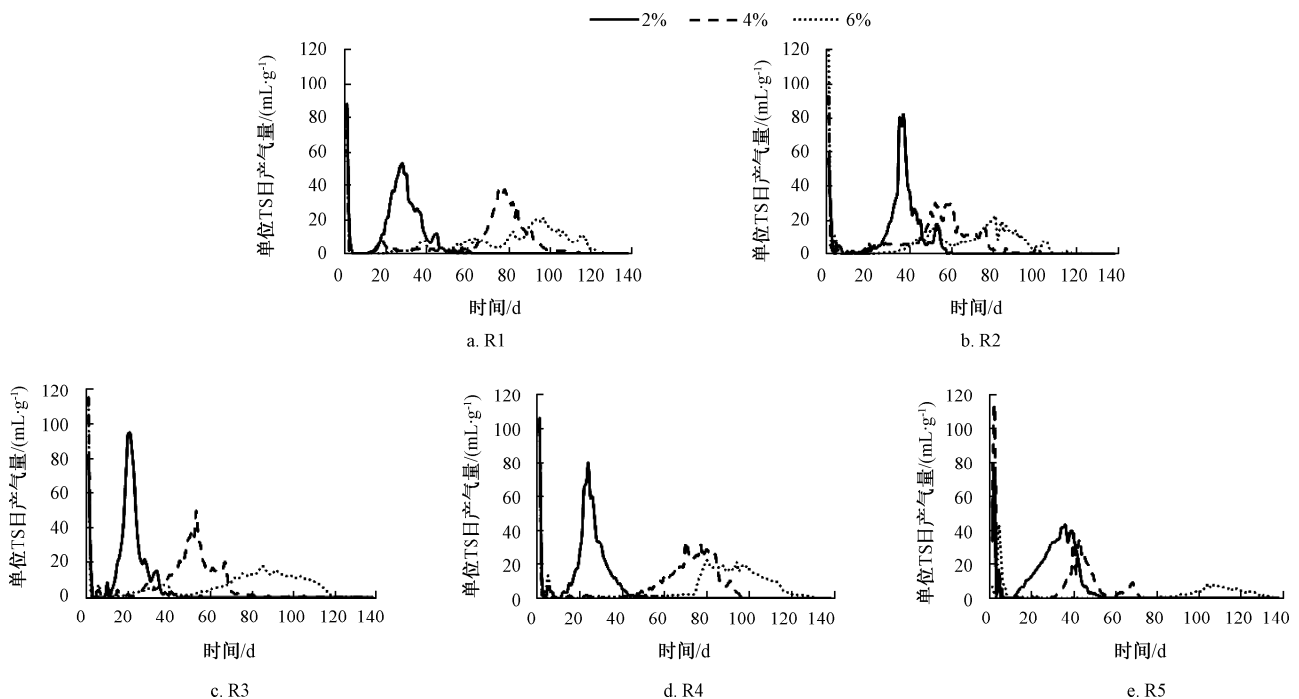


图1 R1~R5的单位TS日产气量

Fig.1 Daily biogas yields based on TS of R1 ~ R5

和 6% 的各组在第 15~20 天后开始产气，第 2 个产气高峰均出现在第 50 天后，其峰值均小于负荷 2% 的各组，且当果蔬与餐厨比例一定时，随着负荷的提高，第 2 个产气高峰出现的时间越晚，且峰值越低。另外，负荷 4% 和 6% 的各组产气周期均较 2% 的长，需要 120 d 以上，产气周期为 2% 的各组的 2 倍以上。由此可见，R3-2% 有利于原料的快速、充分消化，提高产气性能。

2.1.2 单位 TS 甲烷总产量

厌氧消化单位 TS 甲烷总产量如图 2 所示。由图 2 可以看出，不同进料负荷的各组单位 TS 甲烷总产量随着果蔬比例的增加有先上升而后下降的趋势，单一果蔬原料厌氧消化单位 TS 甲烷总产量最低，2%、4% 和 6% 三个负荷下的单位 TS 甲烷总产量分别为 560、300 和 99 mL/g。当两者比例为 5:8 时，单位 TS 甲烷总产量也分别达到不同负荷下的最高值，即 600、569 和 545 mL/g，分别比单一果蔬原料厌氧消化单位 TS 甲烷总产量高出 7.0%、90% 和 450%，比单一餐厨原料厌氧消化单位 TS 甲烷总产量高出 4.5%、5.0% 和 7.3%。当混合原料的比例一定时，随着负荷的提高，单位 TS 甲烷总产量逐渐下降。负荷为 2% 的各组单位 TS 甲烷总产量均高于 4% 和 6% 的各组，其中 R3-2% 的单位 TS 甲烷总产量最高为 600 mL/g（相当于单位 VS 甲烷总产量为 737 mL/g），比负荷为 4% 和 6% 的单位 TS 甲烷总产量分别高出 5.2% 和 9.3%，比刘晓英<sup>[10]</sup>以单一餐厨原料厌氧消化单位 VS 甲烷总产量 201 mL/g 高出 2.7 倍，比 Lane A G<sup>[14]</sup>以单一果蔬原料厌氧消化单位 VS 甲烷总产量 236~312 mL/g 高 1.4~2.1 倍；R5-2% 单位 TS 甲烷总产量最低为 560 mL/g，比负荷为 4% 和 6% 的单位 TS 甲烷总产量分别高出 87% 和 510%。由此可见，果蔬与餐厨混合原料厌氧消化产气性能优于单一果蔬或餐厨原料。从图中还可以看出，从 R4 到 R5，负荷 4% 的单位 TS 甲烷总产量下降 82%，负荷 6% 的下降 390%。可见，R3-2% 产甲烷效率最高，负荷的提高对产甲烷不利，尤其是原料中果蔬的比例增加时，高负荷厌氧消化体系单位 TS 甲烷总产量急剧降低。

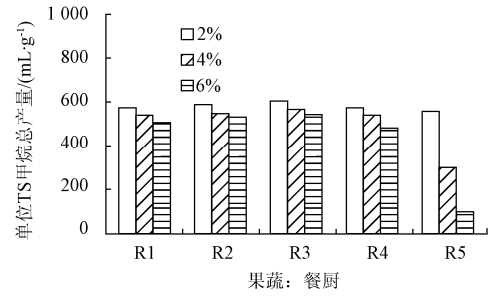


图 2 R1~R5 的单位 TS 甲烷总产量  
Fig.2 Total methane yields based on TS of R1 ~ R5

2.2 消化液成分分析

2.2.1 VFA 含量及成分

消化液中 VFA 的含量如图 3 所示。从图中可以看出，随着进料负荷和果蔬比例的提高，VFA 逐渐增加，且在高负荷时增加果蔬比例，VFA 迅速增加。当负荷为 2% 和 4% 时，R1~R4 的各组 VFA 较低，为 100~250 mg/L，而 R5 的 VFA 迅速升高，其负荷 2% 和 4% 的 VFA 分别为 1009 和 1383 mg/L。当负荷升高至 6% 时，随着果蔬比例的增加，消化液 VFA 含量迅速上升，其中 R5 的 VFA 达到 4308 mg/L，较 R1 提高了 9.8 倍。由此可见，随着负荷的提高和原料中果蔬比例的增加，VFA 含量迅速增加，尤其是高负荷、高果蔬比例时，VFA 积累严重，这将导致厌氧消化体系酸化，抑制产甲烷菌的生理活动，致使产气量降低，单位 TS 甲烷总产量减少。

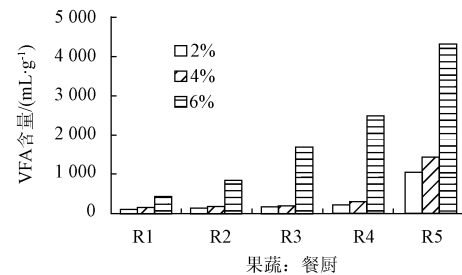


图 3 消化液中 VFA 的含量  
Fig.3 Concentrations of VFA in biogas slurry

表 3 消化液中 VFA 的成分  
Table 3 Components of VFA in biogas slurry

果蔬: 餐厨	OLR/%	乙醇/(mg·L <sup>-1</sup> )	乙酸/(mg·L <sup>-1</sup> )	丙酸/(mg·L <sup>-1</sup> )	异丁酸/(mg·L <sup>-1</sup> )	丁酸/(mg·L <sup>-1</sup> )	异戊酸/(mg·L <sup>-1</sup> )	戊酸/(mg·L <sup>-1</sup> )
0:8(R1)	2	12.48	58.76	7.34	6.42	2.12	1.32	0.42
	4	14.83	102.37	1.16	19.45	2.44	2.66	1.34
	6	24.03	320.59	10.35	19.55	18.37	6.76	1.31
2:8(R2)	2	15.88	80.61	5.27	12.92	3.08	3.54	0.28
	4	9.13	107.44	7.21	21.93	16.55	2.91	0.28
	6	36.26	411.99	56.97	87.47	77.85	54.41	0.59
5:8(R3)	2	39.50	81.43	8.10	18.41	6.35	3.20	0.86
	4	35.48	98.46	8.66	26.74	15.38	2.46	0.68
	6	83.52	693.78	328.52	115.13	15.46	407.52	23.17
8:8(R4)	2	40.59	86.65	20.27	15.07	5.42	28.59	1.36
	4	80.25	124.28	7.09	30.11	9.40	2.60	0.27
	6	585.14	695.15	426.76	230.43	218.33	187.05	136.97
8:0(R5)	2	58.72	227.79	555.03	35.16	12.08	116.91	3.47
	4	100.00	542.12	506.32	229.09	1.30	3.26	0.54
	6	52.69	578.10	3151.33	315.29	28.76	149.09	32.30

消化液中 VFA 的成分如表 3 所示。由表可见, 在 VFA 各组分中, 乙酸占有较大的比例, 且随着负荷的提高, 乙酸含量相应增加。但是随着负荷和果蔬比例的增加, 丙酸含量也相应增加。由于乙酸是产甲烷菌直接利用的底物, 而丙酸则很难被产甲烷菌利用, 高浓度的丙酸会积累在反应体系中, 破坏厌氧消化体系的稳定性<sup>[15]</sup>。其中, R5-6% 的 VFA 中丙酸含量达到 3 151.33 mg/L, 占 VFA 总量的 73.2%, 这势必抑制产甲烷菌的生理活动, 最终导致单位 TS 甲烷总产量降低。这也就是 R5-6% 单位 TS 甲烷总产量仅为 99 mL/g, 比 R5-2% 和 R5-4% 低 4.7 倍和 2 倍的原因。而 R3-2% 中乙酸含量为 81.43 mg/L, 丙酸只有 8.10mg/L, 因此有利于产甲烷作用而不会产生抑制。

### 2.2.2 氨氮含量

消化液中氨氮的含量如图 4 所示。从图中可以看出, 随着进料负荷的提高, 氨氮含量相应增加。对于负荷 2% 的各组, 增加果蔬的比例, 消化液中氨氮含量变化很小, 为 600~700 mg/L; 对于负荷 4% 的各组, 当果蔬与餐厨比例小于 5:8 时, 增加果蔬的比例会导致氨氮的增加, 当果蔬与餐厨比例继续增大时, 氨氮含量基本稳定在 1 250 mg/L; 对于负荷 6% 的各组, 其规律与负荷 4% 的相同, 即当果蔬与餐厨比例小于 5:8 时, 增加果蔬的比例会导致氨氮的增加, 当果蔬与餐厨比例继续增大时, 氨氮含量基本稳定在 1 500 mg/L。由此可见, 提高负荷会导致氨氮的积累。文献报道, 低浓度氨氮对微生物的生理活动有刺激作用, 而当氨氮含量为 1 500~3 000 mg/L 时则会产生明显的抑制作用<sup>[16]</sup>, 因此, 负荷 2% 的各组产气性能均优于同比例高负荷的各组。当负荷为 6% 时, 提高果蔬的比例, 会由于氨氮的抑制而使厌氧消化体系不稳定, 最终导致单位 TS 甲烷总产量降低。

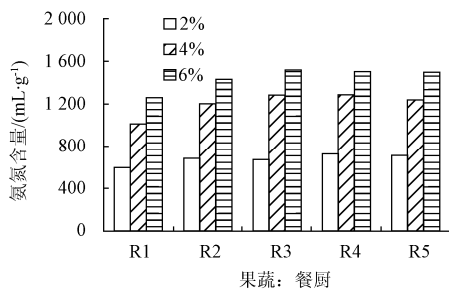


图 4 消化液中氨氮含量

Fig.4 Concentrations of ammonia in biogas slurry

## 3 结论

1) 果蔬与餐厨混合厌氧消化较单一原料厌氧消化有更好的产气性能, 不同混合比例和不同进料负荷对其产气性能有较大的影响。其中, R3-2% 的单位 TS 日产气量峰值最高, 为 95 mL/g, 其单位 TS 甲烷总产量也最高, 为 600 mL/g, 比 R3-4% 和 R3-6% 分别高 5.4% 和 10%, 比 2%~6% 的单一餐厨和单一果蔬原料分别高 4.5%~18% 和 7.1%~510%。研究表明, 降低负荷有利于提高单位 TS 甲烷总产量, 缩短产气时间。

2) 随着进料负荷的提高, 消化液中 VFA 含量随之增加, 且随着原料中果蔬比例的增加, VFA 含量明显增加。低负荷时 VFA 主要以乙酸为主, 其中 R3-2% 乙酸含量为 81.43 mg/L, 丙酸只有 8.10 mg/L, 利于产甲烷菌的生理活动, 从而单位 TS 甲烷总产量最高; 而当负荷提高时, 丙酸含量迅速上升, 增加果蔬的比例也会使丙酸含量升高, 抑制产甲烷菌的生理活动。

3) 消化液中氨氮含量随着进料负荷的提高而增加, 随着果蔬比例的提高增加不显著。负荷 2% 的各组氨氮为 600~700 mg/L, 有利于产甲烷作用; 当负荷达到 6%、果蔬与餐厨比例大于 5:8 时, 氨氮含量达到 1500 mg/L, 抑制产甲烷菌正常的生理活动。

### [参 考 文 献]

- [1] 付胜涛, 于水利. 厌氧消化工艺处理水果蔬菜废弃物的研究进展[J]. 中国沼气, 2005, 23(4): 18-21.  
Fu Shengtao, Yu Shuili. A review on the development of anaerobic digestion of fruit and vegetable waste[J]. China Biogas, 2005, 23(4): 18-21. (in Chinese with English abstract)
- [2] 崔亚伟, 陈金发. 厨余垃圾的资源化现状及前景展望[J]. 中国资源综合利用, 2006, 24(10): 31-32.
- [3] 政协北京市第十届三次会议委员优秀提案[R/OL]. 政协北京市第十届三次会议委员优秀提案第 1009 号. <http://210.73.78.72/html/lshg/meet4th/yxta/1009.htm>.
- [4] 黄卫. 关于“提高垃圾收集处理现代化水平建设宜居城市”议案办理暨加强垃圾处理工作情况的报告[R/OL]. 市十三届人大常委会公报 2009 年第 4 号 [2009-07-25]. [http://www.bjrd.gov.cn/zlk/srdcwhgb/200908/t20090828\\_53313\\_19.html](http://www.bjrd.gov.cn/zlk/srdcwhgb/200908/t20090828_53313_19.html).
- [5] 文科军, 杨丽. 厨余有机垃圾产沼量的条件分析研究[J]. 环境科学与技术, 2008, 31(9): 92-94.  
Wen Kejun, Yang Li. Methane generation in anaerobic digestion of kitchen trash[J]. Environmental Science and Technology, 2008, 31(9): 92-94. (in Chinese with English abstract)
- [6] 张波, 张丽丽, 徐剑波, 等. 城市生活垃圾的厌氧消化处理现状和研究进展[J]. 中国沼气, 2003, 21(4): 17-21, 43.  
Zhang Bo, Zhang Lili, Xu Jianbo, et al. Current situation and development on anaerobic digestion for municipal solid wastes[J]. China Biogas, 2003, 21(4): 17-21, 43. (in Chinese with English abstract)
- [7] Alvarez R, Liden G. Semi-continuous co-digestion of solid slaughterhouse waste, manure, and fruit and vegetable waste[J]. Renewable Energy, 2008, 33: 726-734.
- [8] 李来庆, 李秀金, 郑明霞, 等. 番茄废物半连续式厌氧消化试验及动力学模型研究[J]. 中国沼气, 2009, 27(2): 18-20, 39.  
Li Laiqing, Li Xiujin, Zheng M X, et al. Study on kinetic model of semi-continuous anaerobic digestion treating tomato waste[J]. China Biogas, 2009, 27(2): 18-20, 39. (in Chinese with English abstract)

- [9] 史红钻, 张波, 蔡伟民. 厨房垃圾的厌氧消化[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2006, 38(5): 818—821.  
Shi Hongzuan, Zhang Bo, Cai Weimin. Anaerobic digestion for kitchen wastes[J]. Journal of Harbin Institute of Technology, 2006, 38(5): 818—821. (in Chinese with English abstract)
- [10] 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.  
Liu Xiaoying, Li Xiujin, Dong Renjie, et al. Study on kitchen waste production and biogas production potential in Beijing[J]. Renewable Energy Resources, 2009, 27(4): 61—65. (in Chinese with English abstract)
- [11] 王星, 王德汉, 徐菲, 等. 餐厨垃圾厌氧消化的工艺比选研究[J]. 能源工程, 2005, 5: 27—31.  
Wang Xing, Wang Dehan, Xu Fei, et al. Comparative study of biogas production from kitchen wastes with different anaerobic digestion technologies[J]. Energy Engineering, 2005, 5: 27—31. (in Chinese with English abstract)
- [12] Bouallagui H, Torrijos M, Godonc J J, et al. Two-phases anaerobic digestion of fruit and vegetable wastes: bioreactors performance[J]. Biochemical Engineering Journal, 2004, 21: 193—197.
- [13] Mtz-Viturtia A, Mata-Alvarez J, Cecchi F. Two-phase continuous anaerobic digestion of fruit and vegetable wastes[J]. Resources, Conservation and Recycling, 1995, 13: 257—267.
- [14] Lane A G. Laboratory scale anaerobic digestion of fruit and vegetable solid waste[J]. Biomass, 1984, 5(4): 245—259.
- [15] 赵杰红, 张波, 蔡伟民. 厌氧消化系统中丙酸积累及控制研究进展[J]. 中国给水排水, 2005, 21(3): 25—27.  
Zhao Jiehong, Zhang Bo, Cai Weimin. Research progress on propionic acid accumulation and control in anaerobic digestion system[J]. China Water and Wastewater, 2005, 21(3): 25—27. (in Chinese with English abstract)
- [16] 任南琪, 王爱杰. 厌氧生物技术原理与应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 32.

## Anaerobic digestion performances of fruit and vegetable waste and kitchen waste

Lü Chen<sup>1</sup>, Yuan Hairong<sup>1,2</sup>, Wang Kuisheng<sup>1</sup>, Zhu Baoning<sup>1</sup>, Liu Yanping<sup>1</sup>, Li Xiujin<sup>1\*</sup>

(1. Center for Resources and Environmental Research, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China;

2. Planting Industry Service Centre of Yanqing County of Beijing City, Beijing 102100, China)

**Abstract:** Anaerobic digestion performances of fruit and vegetable waste (FVW) and kitchen waste (KW) were investigated with different mix ratios and organic loading rates (OLR). FVW and KW from campus restaurant were used as feedstocks. Five different mix ratios (0:8, 2:8, 5:8, 8:8 and 8:0) and three OLR(2%, 4%, and 6%(TS)) were used. The results showed that FVW and KW with 5:8 of mix ratio achieved the best performance results with 2% of OLR. The total methane yield was 600 mL/g (TS), which were 5.4% and 10% higher than 4% and 6% of OLR with the same mix ratio, respectively, and which were 4.5%-18% higher than KW with 2%-6% of OLR, and which were 7.1%-510% higher than FVW with 2%-6% of OLR. The anaerobic digestion time was less than 50 days. The peak value of daily biogas yield was 95 mL/g (TS) in the first 20 days. Cumulating propionic acid of VFA and ammonia were avoided effectively at low OLR. Propionic acid of VFA and ammonia affected the stabilities of anaerobic digestion system with increasing OLR and mix ratios of FVW. This study would provide the parameters for effective operation and optimal design of anaerobic digestion facilities of municipal organic solid waste.

**Key words:** biomass, biogas, experiments, fruit and vegetable waste, kitchen waste, anaerobic digestion