

# 预处理温度及 pH 值对废弃菌丝体发酵产酸的影响

陆颖佳, 李秀芬\*, 王新华, 任月萍, 堵国成

(江南大学 环境与土木工程学院, 江苏 无锡 214122)

**摘要:** 为利用废弃菌丝体生产短链挥发性脂肪酸(Short Chain Volatile Fatty Acids, SCFAs)的资源化方法提供有益参考,研究了废弃菌丝体预处理温度和 pH 值对总固体(Total Solid, TS)和有机物(Volatile Solid, VS)融出率,上清液中 SCOD、可溶蛋白质、碳水化合物和氨氮浓度及预处理液发酵产酸效果的影响。结果表明,较高的废弃菌丝体预处理温度和 pH 值有利于 TS 和 VS 的融出,所得上清液中 SCOD、可溶蛋白质、碳水化合物和氨氮浓度均较高。当预处理温度一定(90 ℃)时,废弃菌丝体预处理 pH 值对厌氧发酵产酸的效果影响较大,pH 值为 5.0 时,SCFAs 的质量浓度最高,为 8.01 g/L,但各预处理 pH 值条件下有机酸的主要成分均为乙酸。由于中性 pH 值(pH 值为 7.0)时溶液中氨氮质量浓度高达 1.96 g/L,抑制了厌氧产酸微生物的活性,产酸效果较差。

**关键词:** 废弃菌丝体;预处理;温度;pH 值;厌氧产酸;短链挥发性脂肪酸

**中图分类号:** TQ 926.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673—1689(2013)04—0381—07

## Effects of Pretreatment Temperature and pH of Waste Fermented Mycelia on Anaerobic Acidogenesis

LU Ying-jia, LI Xiu-fen\*, WANG Xin-hua, REN Yue-ping, DU Guo-cheng

(School of Environmental and Civil Engineering, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

**Abstract:** By investigating the effects of pretreatment temperature and pH of waste fermented mycelia on TS and VS dissolution rate as well as the concentrations of SCOD, proteins, carbohydrates and ammonia nitrogen in its pretreated supernatant, some useful information could be provided for the production of short-chain volatile fatty acids (SCFAs) from waste mycelia. The results indicated that the higher pretreatment temperature and pH were beneficial to TS and VS dissolution. And, the concentrations of SCOD, proteins, carbohydrates and ammonia nitrogen were higher. When the pretreatment temperature kept constant (90 ℃), the pretreatment pH values had greater impact on SCFAs production. SCFAs concentration achieved its peak with 8.01 g/L when the pH value was 5.0, and the main component of SCFAs was acetate at any pH values. SCFAs production was less effective when the pH value was neutral (7.0), which may due to the inhibitory effect of higher ammonia concentration on the activity of anaerobic acidogenesis microorganisms.

收稿日期: 2012-09-06

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划项目(2011BAC11B06)。

\* 通信作者: 李秀芬(1968—),女,河北唐山人,工学博士,教授,博士研究生导师,主要从事环境生物技术及生物化工研究。

E-mail: xfli@jiangnan.edu.cn

**Keywords:** waste fermented mycelia, pretreatment, temperature, pH value, anaerobic acidogenesis, short-chain volatile fatty acids

中国已成为多种发酵产品的“世界工厂”，每年产生发酵生物质残渣 5 000 万 t 以上<sup>[1]</sup>。在目前国际经济增幅放缓的大背景下，尝试“节能减排”清洁生产理念并实施从污染治理到资源再生的转变将为相关企业带来新的机遇。20 世纪 90 年代起，国内外陆续出现了发酵过程残渣综合利用技术的研究和应用报道，如发酵有机残渣生产饲料蛋白，或好氧发酵生产有机肥，或厌氧发酵生产沼气或氢气，或厌氧生产有价值的化学品等，但都存在生产成本低、转化效率低、回收产物难利用、回收过程带来二次污染等共性问题<sup>[2-4]</sup>。

短链挥发性脂肪酸 (Short Chain Volatile Fatty Acids, SCFAs) 是厌氧发酵过程的中间代谢产物，包括乙酸、丙酸、丁酸等，其附加值远大于甲烷<sup>[5]</sup>。据 Michael 估测，1 t 生物质可以生产价值 150 美元的乙酸，但只能生产出 31 美元的甲烷<sup>[6]</sup>。同时，SCFAs 的用途较为广泛，可用于废水脱氮除磷<sup>[7]</sup>、生产生物可降解塑料<sup>[8]</sup>以及作为微生物燃料电池的底物<sup>[9]</sup>等。此外，厌氧体系中的有机物转化为有机酸而非 CH<sub>4</sub> 等温室气体，具有减少碳排的意义。因此，利用废弃菌丝体厌氧发酵生产 SCFAs 是实现其资源化的重要途径。

提高废弃菌丝体的厌氧发酵产酸效率，对废弃菌丝体进行适当预处理，使其破胞并将有机物充分转移至液相是必备前提<sup>[10]</sup>。目前，固体废弃物如剩余污泥的预处理主要手段包括热解、加碱法、超声波等<sup>[11-13]</sup>。热处理是通过加热使微生物细胞受热膨胀而破裂，释放出糖类、蛋白质及细胞膜碎片等有机物的过程。碱处理是通过加碱的方法，在常温下以较低的用量达到促进细胞分解的目的，OH<sup>-</sup>水解、皂化细胞壁和细胞膜上的蛋白质和脂多糖，破坏微生物细胞结构，使胞内物质向浓度较低的胞外环境释放。酸处理的主要作用是使可降解的大分子有机质转变为更易降解的小分子物质，对细胞结构的破坏作用较弱<sup>[11]</sup>。然而，结合后续厌氧发酵产酸的效果，研究上述方法对废弃菌丝体的破胞及有机物融出率的报道鲜见。作者针对影响有机物 (Volatile Solid, VS) 融出率的关键参数温度和 pH 值，研究其

对废弃菌丝体预处理液中可溶蛋白质和碳水化合物、氨氮浓度的影响，以及当预处理温度一定时，不同预处理 pH 值对预处理物料进行厌氧发酵产酸效果的影响，可为利用废弃菌丝体生产 SCFAs 的资源化方法提供有益参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 废弃菌丝体来源及种泥驯化

废弃菌丝体由某生物科技有限公司提供，褐色粉末状，其总固体 (Total Solid, TS) 含量为 89.0%，VS 含量为 83.4%。

接种污泥为无锡市某污水处理厂的消化污泥，其 VS/TS 为 62.90%。将此污泥放入有效容积为 2 L 的 UASB 反应器中驯化，所用模拟废水组成如下<sup>[10]</sup>：葡萄糖 14.40 g/L；酵母膏 3.20 g/L；KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0.56 g/L；MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.96 g/L；NH<sub>4</sub>Cl 2.40 g/L；CaCl<sub>2</sub> 0.72 g/L；NaHCO<sub>3</sub> 0.96 g/L；MnCl<sub>2</sub> 0.11 g/L；FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.12 g/L。驯化温度为 35 °C，定期监测出水 pH 值，当出水 pH 稳定在 4.0 左右时，驯化完成并得到酸化污泥。发酵产酸前，将驯化好的酸化污泥取出在 105 °C 下加热 2 h，以杀灭产甲烷菌，后再放入原 UASB 反应器内活化 2 d，其 VS/TS 为 78.10%。

### 1.2 废弃菌丝体预处理温度及 pH 值的影响研究

取 27 个 250 mL 锥形瓶，分别装入 200 mL 废弃菌丝体溶液 (质量浓度为 100 g/L)，9 个一组，分为 3 组，每组分别用 4 mol/L 的 HCl 和 NaOH 调节废弃菌丝体溶液的 pH 值，依次为 4.0、5.0、6.0、7.0、8.0、9.0、10.0、11.0 和 12.0，之后将这 3 组分别在 30 °C、60 °C 及 90 °C 的温度下加热 2 h，研究预处理温度和 pH 值对预处理效果的影响。

### 1.3 废弃菌丝体预处理 pH 值对厌氧发酵产酸的影响研究

将上述预处理后的菌丝体溶液 4 800 r/m 离心 30 min，分别取其上清液 150 mL，按 10:1 加入 15 mL 酸化污泥 (TS 为 52.03 g/L)，充 3 min 氮气后橡胶塞密封，放入 120 r/m 的摇床中厌氧发酵 10 d<sup>[14-15]</sup>，发酵温度为 35 °C。发酵结束取样测定 SCFAs。

### 1.4 分析测试项目及方法

SCFAs的测定:取5 mL厌氧发酵液,8 000 r/min离心5 min,用0.45 μm的微滤膜过滤,取滤液0.5 mL于离心管中,加入同体积0.835 g/L的4-甲基戊酸溶液和同体积3 mol/L的磷酸溶液,再次8 000 r/min离心5 min,取1 mL上清液装入气相色谱进样瓶,岛津2010 plus气相色谱仪测定SCFAs的含量<sup>[10]</sup>。

废弃菌丝体预处理后TS和VS的融出率根据下面公式计算:

$$S_{TS}=(M_{TS0}-M_{TSS})/M_{TS0}\times 100\% \quad (1)$$

$$S_{VS}=(M_{VS0}-M_{VSS})/M_{VS0}\times 100\% \quad (2)$$

式中, $S_{TS}$ 、 $S_{VS}$ 为TS、VS的融出率,%; $M_{TS0}$ 、 $M_{VS0}$ 为废弃菌丝体预处理前的TS、VS质量浓度,g/L; $M_{TSS}$ 、 $M_{VSS}$ 为废弃菌丝体预处理后的TS、VS质量浓度,g/L。

溶解性化学需氧量(Soluble Chemical Oxygen Demand,SCOD)的测定方法为4 800 r/m离心30 min,上清液经0.45 μm微滤膜过滤后,用COD速测仪(5B-1型,兰州连华科技)进行测定;蛋白质含量采用考马斯亮蓝G250染色法测定<sup>[16]</sup>;碳水化合物含量采用苯酚-硫酸法测定<sup>[17]</sup>;氨氮含量采用Berthelot法测定<sup>[18]</sup>。TS、VS含量及其他指标的分析测定均采用国家标准方法<sup>[19]</sup>。

## 2 结果与讨论

### 2.1 预处理温度和pH值对废弃菌丝体TS融出率的影响

废弃菌丝体减量化程度可由TS融出率表征,预处理pH值和温度对废弃菌丝体TS融出率的影响如图1所示。可见,碱性pH值(9.0~12.0)时的TS融出率高于中性pH值(6.0~8.0)及酸性pH值,同时随着预处理温度的升高,融出率也相应增加。当预处理温度为90℃时,pH值11.0的TS融出率为45.28%,上升至12.0时TS融出率有所下降。刘晓玲<sup>[10]</sup>在采用热-酸、热-碱、超声波-酸和超声波-碱方法预处理市政泥时发现,热-碱和超声波-碱预处理后,TS融出率高于37.0%,而热-酸和超声波-酸处理后,TS融出率仅在12.2%左右。相对而言,本研究中预处理温度为90℃、pH值为11.0时,废弃菌丝体的TS融出率较理想。

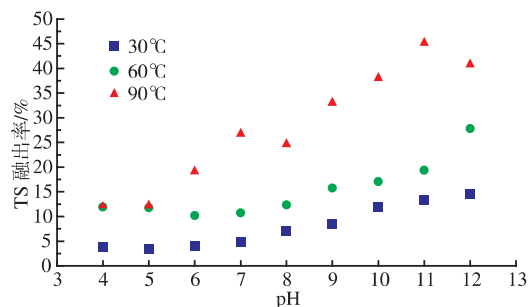


图1 预处理条件对TS融出率的影响

Fig. 1 Effects of pretreatment conditions on TS dissolution rate

### 2.2 预处理温度和pH值对废弃菌丝体VS融出率的影响

VS常用于表征废水或废弃物中有机物的量,VS融出率越高,说明有机物融出越多,越有利于后续厌氧发酵产酸,废弃菌丝体的资源化效率也越高。从图2可知,废弃菌丝体中VS的融出率与TS融出趋势基本一致。在温度为90℃、pH值为11.0时,VS融出率为43.28%。

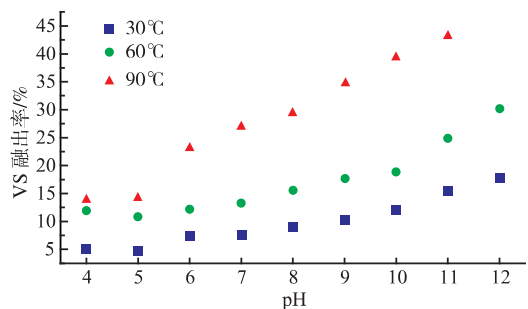


图2 预处理条件对VS融出率的影响

Fig. 2 Effects of pretreatment conditions on VS dissolution rate

### 2.3 废弃菌丝体预处理温度和pH值对上清液中SCOD质量浓度的影响

图3给出了预处理温度及pH值对废弃菌丝体融出液中SCOD质量浓度的影响。可以看出,废弃菌丝体预处理上清液中SCOD的质量浓度随温度升高而升高,升高温度有利于固体物质向液相的转移。pH值对SCOD质量浓度的影响也较大,碱性pH值(9.0~12.0)的SCOD质量浓度高于中性pH值(6.0~8.0)及酸性pH值。当预处理温度为90℃、pH值为11.0时,上清液中SCOD质量浓度为31 730.77 mg/L。此外,TS融出率和SCOD质量浓度呈正相关。

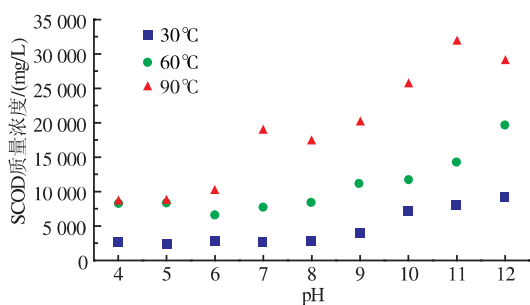


图3 预处理条件对 SCOD 质量浓度的影响

Fig. 3 Effects of pretreatment conditions on SCOD concentration

#### 2.4 废弃菌丝体预处理温度和 pH 值对上清液中蛋白质及碳水化合物浓度的影响

研究表明<sup>[20]</sup>,用葡萄糖模拟碳水化合物,用牛血清蛋白(BSA)模拟蛋白质,厌氧发酵产酸过程中,葡萄糖和 BSA 含量随时间增加不断减少,同时有短链脂肪酸产生。废弃菌丝体主要成分为蛋白质、碳水化合物和脂质。蛋白质含量最多,碳水化合物次之,脂质可以忽略不计。在利用废弃菌丝体发酵产酸时,SCFAs 的形成与蛋白质及碳水化合物的浓度密切相关。研究表明,固体废弃物的预处理可有效提高上清液中蛋白质和碳水化合物的质量浓度,李玉祥<sup>[21]</sup>研究热碱预处理对蓝藻蛋白质、碳水化合物融出效果的影响时发现,预处理后可溶性蛋白质浓度较未处理提高了 11.9 倍,可溶性碳水化合物质量浓度提高了 3.9 倍。同时,预处理条件不同,蛋白质和碳水化合物的融出效果也不同,Liu 等<sup>[22]</sup>研究发现,热-酸和超声波-酸预处理后,液相中可溶蛋白质增加量分别为 0.2 g/L 和 0.1 g/L,可溶性碳水化合物增加量分别为 0.6 g/L 和 0.4 g/L;在热-碱和超声波-碱处理下,液相中可溶性蛋白质增加量都为 7.9 g/L,可溶性碳水化合物增加量分别为 1.8 g/L 和 2.2 g/L;Yuan 等<sup>[20]</sup>研究发现,碱性条件下可溶性蛋白质和可溶性碳水化合物质量浓度高于酸性条件,而且可溶性蛋白质含量明显高于可溶性碳水化合物含量。

图 4 和图 5 显示,预处理温度和 pH 值均与蛋白质和碳水化合物的融出率呈现正相关,其变化趋势与 SCOD 一致,在碱性 pH 值时可溶性蛋白质和碳水化合物质量浓度明显高于中性及酸性 pH 值,预处理温度越高,上清液中可溶性蛋白质和碳水化合物质量浓度也越高。当预处理温度为 90 °C、pH 值为 11.0 时,可溶性蛋白质和碳水化合物的质量浓度

分别为 4.79 g/L 和 3.97 g/L。

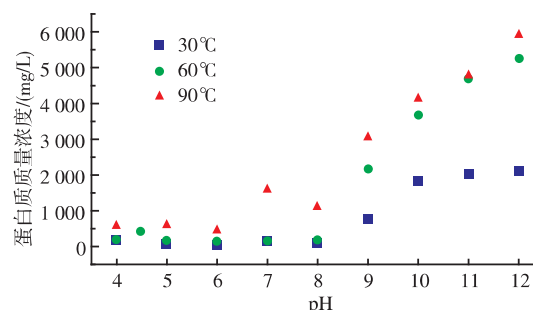


图4 预处理条件对可溶性蛋白质质量浓度的影响

Fig. 4 Effects of pretreatment conditions on soluble protein concentration

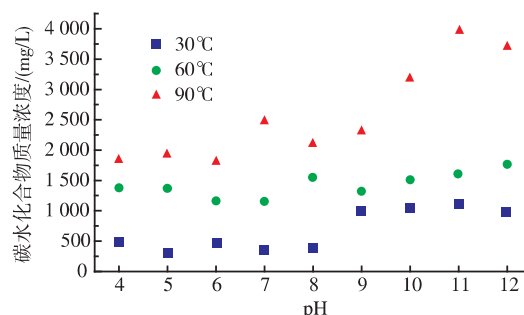


图5 预处理条件对可溶性碳水化合物质量浓度的影响

Fig. 5 Effects of pretreatment conditions on soluble carbohydrate concentration

#### 2.5 废弃菌丝体预处理温度和 pH 值对上清液中氨氮浓度的影响

从图 6 可知,随着废弃菌丝体预处理 pH 值的增加,上清液中氨氮质量浓度呈先增加后降低的趋势。随着废弃菌丝体的破胞, NH<sub>3</sub>-N 释放,但体系中存在如下反应: NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N+OH<sup>-</sup> ⇌ NH<sub>3</sub>-N+H<sub>2</sub>O, 溶液 pH 值越高,反应越易向右进行,而 NH<sub>3</sub>-N 易挥发,导致体系中氨氮浓度随 pH 值升高逐渐减小。此外,预处理温度为 90 °C 时,氨氮质量浓度明显高于 30 °C 和 60 °C 时的氨氮质量浓度。当预处理温度为 90 °C、pH 值为 11.0 时,上清液中氨氮质量浓度为 1.46 g/L,据已有研究结果<sup>[23]</sup>,该质量浓度对后续厌氧产酸微生物不足以产生抑制。

#### 2.6 预处理 pH 值对预处理液厌氧发酵产酸效果的影响

Horiuchi 等<sup>[24]</sup>研究消化污泥发酵产酸表明,较低 pH 值条件下,厌氧发酵以丁酸型为主,而较高 pH 值时以乙酸型发酵为主,刘振玲<sup>[25]</sup>及张波<sup>[26]</sup>等人研究含蛋白质较多的厨余废弃物发酵产酸时,发现

在 pH 值中性或偏酸性条件下,乙酸均为主要产物, pH 值为 6.5 时 SCFAs 产量最高。但对不同来源的有机固体废弃物,厌氧发酵的最佳条件及产酸效果又存在差别,李玉祥等<sup>[27]</sup>研究蓝藻厌氧产酸时发现, pH 值为 9.0 时 SCFAs 产量最高,李杨等<sup>[28]</sup>研究 pH 值对剩余污泥厌氧产酸的影响时则发现, pH 值为 10.0 是最优条件。

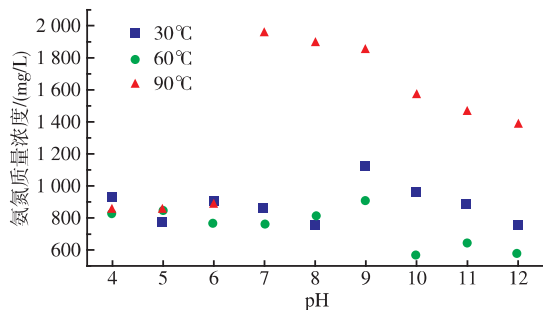


图 6 预处理条件对氨氮质量浓度的影响

Fig. 6 Effects of pretreatment conditions on ammonia nitrogen concentration

当预处理温度一定(90 °C)时,不同预处理 pH 值条件下废弃菌丝体厌氧发酵有机酸产量如图 7 所示,无论预处理 pH 值如何,乙酸在总 SCFAs 中所占比例均较高。此外,中性 pH 值(pH 值为 7.0)时,厌氧产酸效果较差,这可能是此时溶液中氨氮质量浓度较高(图 6 显示为 1.96 g/L)的缘故,对厌氧微生物活性产生了抑制。酸性条件的产酸效果略优于碱性条件的原因可能与接种酸化污泥的驯化方法有关,即采用 10 000 mg/L 左右葡萄糖(相当于 COD 质量浓度在 10 000 mg/L 左右)为底物在酸性条件下驯化而得。在预处理 pH 值为 5.0 时,上清液中 SCOD 质量浓度为 8 754.14 mg/L(图 3),并以碳水化合物为主(图 5),蛋白质质量浓度较低(图 4),且该 pH 值和污泥驯化时的 pH 值接近,因此,接种酸

化污泥较易适应,产酸效果也较好,厌氧产酸发酵液中乙酸和总 SCFAs 中的质量浓度分别为 4.36 g/L 和 8.01 g/L。

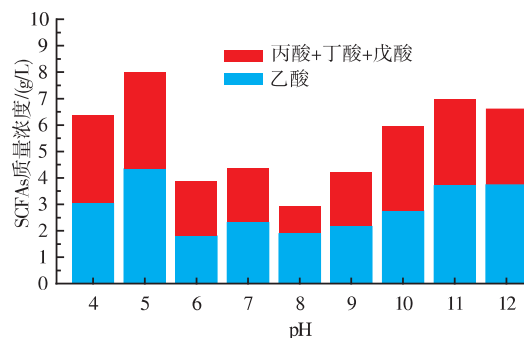


图 7 预处理条件对有机酸产量的影响

Fig. 7 Effects of pretreatment conditions on SCFAs concentration

### 3 结 语

1)较高的废弃菌丝体预处理温度和 pH 值有利于 TS 和 VS 的融出,所得上清液中 SCOD、可溶蛋白质、碳水化合物及氨氮质量浓度均较高,当预处理温度为 90 °C、pH 值为 11.0 时,废弃菌丝体中 TS 和 VS 的融出率分别为 45.28%和 43.28%,上清液中 SCOD、可溶蛋白质、碳水化合物及氨氮质量浓度分别为 31.73, 4.79, 3.97, 1.46 g/L。

2)在温度一定时,废弃菌丝体预处理 pH 值对厌氧发酵产酸的效果影响较大, pH 值为 5.0 时, SCFAs 的质量浓度最高,为 8.01 g/L,但各预处理 pH 值条件下有机酸的主要成分均为乙酸。中性 pH 值(pH 值为 7.0)时,可能由于溶液中氨氮质量浓度高达 1.96 g/L,抑制了厌氧产酸微生物的活性,产酸效果较差。

### 参考文献:

[1] 许光文,纪文峰,刘周恩,等. 轻工生物质过程残渣高值化利用必要性与技术路线分析[J]. 过程工程学报, 2009, 9(3): 618-624.  
 XU Guang-wen, JI Wen-feng, LIU Zhou-en, et al. Necessity and technical route of value-added utilization of biomass process residues in light industry[J]. *The Chinese Journal of Process Engineering*, 2009, 9(3): 618-624. (in Chinese)

[2] 张照明. 青霉废菌丝体的综合利用[J]. 现代化工, 2002, 22: 168-169.  
 ZHANG Zhao-ming. Comprehensive utilization of waste mycelium of penicillium chrysogenum[J]. *Modern Chemical Industry*, 2002, 22: 168-169. (in Chinese)

[3] 刘波文. 青霉素菌丝体理化特性和化学法制备活性炭的研究[D]. 石家庄: 河北科技大学, 2010.

- [4] 赵建国, 张明祥. 发酵废渣资源化利用研究进展及其发展对策[J]. 粮食与饲料工业, 2001, 12: 18-20.  
ZHAO Jian-guo, ZHANG Ming-xiang. Research progress and development strategy for utilizing fermentation residue as natural resources[J]. **Cereal & Feed Industry**, 2001, 12: 18-20. (in Chinese)
- [5] 郭磊, 刘和, 堵国成, 等. 底物浓度对多级逆流工艺厌氧发酵城市污泥产酸的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2009, 28(4): 544-549.  
GUO Lei, LIU He, DU Guo-cheng, et al. Effects of substrate concentration on bioproduction of volatile fatty acids (VFAs) from sewage sludge by a novel multistage countercurrent fermentation process [J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2009, 28(4): 544-549. (in Chinese)
- [6] Michael K R. Production of acetic acid from waste biomass[D]. USA: Texas A&M University, 1998.
- [7] 佟娟. 剩余污泥碱性发酵产生的锻炼脂肪酸作为生物脱氮除磷碳源的研究[D]. 上海: 同济大学, 2008.
- [8] 朱晓宇, 陈银广. 资源化利用污水厂剩余污泥产生的锻炼脂肪酸的研究进展[J]. 水处理技术, 2010, 10: 1-4.  
ZHU Xiao-yu, CHEN Yin-guang. The study on short-chain fatty acids generated by utilization of sewage sludge[J]. **Technology of Water Treatment**, 2010, 10: 1-4. (in Chinese)
- [9] Min B, Logan B E. Continuous electricity generation from domestic wastewater and organic substrates in a flat plate microbial fuel cell[J]. **Environ Sci Technol**, 2004, 38(21): 5809-5814.
- [10] 刘晓玲. 城市污泥厌氧发酵产酸条件优化及其机理研究[D]. 无锡: 江南大学, 2008.
- [11] 张毅华, 台明青, 王芳. 剩余污泥厌氧消化预处理技术研究进展[J]. 中国资源综合利用, 2010, 28(6): 24-28.  
ZHANG Yi-hua, TAI Ming-qing, WANG Fang. Research progress of progress of pretreatment on waste activated sludge for anaerobic digestion[J]. **China Resources Comprehensive Utilization**, 2010, 28(6): 24-28. (in Chinese)
- [12] ZHANG D, CHEN Y G, ZHAO Y X, et al. New sludge pretreatment method to improve methane production in waste activated sludge digestion[J]. **Environ Sci Technol**, 2010, 44(12): 4802-4808.
- [13] REN N Q, GUO W Q, WANG X J, et al. Effect of different pretreatment methods on fermentation types and dominant bacteria for hydrogen production[J]. **International Journal of Hydrogen Energy**, 2008(33): 4318-4324.
- [14] CHEN Y G, JIANG S, YUAN H Y, et al. Hydrolysis and acidification of waste activated sludge at different pHs [J]. **Water Research**, 2007(41): 683-689.
- [15] FENG L Y, CHEN Y G, ZHENG X. Enhancement of waste activated sludge protein conversion and volatile fatty acids accumulation during waste activated sludge anaerobic fermentation by carbohydrate substrate addition: the effect of pH [J]. **Environ Sci Technol**, 2009, 43(12): 4373-4380.
- [16] Bradford M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein dye binding [J]. **Anal Biochem**, 1976, 72: 248-254.
- [17] Dubois M, Gilles K A, Hamilton J K, et al. Colorimetric method for determination of sugars and related substances [J]. **Anal Chem**, 1956, 28: 350-356.
- [18] 马悦, 朱贻华, 赵冬玲, 等. 利用 Berthelot 颜色法测定发酵液中铵离子的干扰排除[J]. 华南理工大学学报: 自然科学版, 2006, 32(3): 282-284.  
MA Yue, ZHU Yi-hua, ZHAO Dong-lin, et al. Interference removal in ammonium measurement of fermentation broth by Berthelot color reaction[J]. **Journal of East China University of Science and Technology: Natural Science Edition**, 2006, 32(3): 282-284. (in Chinese)
- [19] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法(第四版)[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [20] YUAN H Y, CHEN Y G, ZHANG H X, et al. Improves bioproduction of short-chain fatty acids (SCFAs) from excess sludge under alkaline conditions[J]. **Environ Sci Technol**, 2006, 40(6): 2025-2029.
- [21] 李玉祥. 太湖蓝藻厌氧发酵产挥发性脂肪酸的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2009.
- [22] Liu X L, Liu H, Chen J H, et al. Enhancement of solubilization and acidification of waste activated sludge by pretreatment[J]. **Water Management**, 2008(28): 2614-2622.
- [23] 任南琪, 王爱杰. 厌氧生物技术原理与应用[J]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 31-32.
- [24] Horiuchi J I, Shimizu T, Tada, et al. Selective production of organic acids in anaerobic acid reactor by pH control[J]. **Bioresource Technology**, 2002(82): 209-213.

- [25] 刘振玲,堵国成,刘和,等. 食品废弃物厌氧消化产乙酸的研究[J]. 环境污染与防治,2007,29(1):49-52.  
LIU Zhen-lin,DU Guo-cheng,LIU He,et al. Production of volatile fatty acids during anaerobic digestion of food wastes[J]. **Environmental Pollution & Control**,2007,29(1):49-52.(in Chinese)
- [26] 张波,史红钻,张丽丽,等. pH 对厨余废物两相厌氧消化中水解和酸化过程的影响[J]. 环境科学学报,2005,25(5):665-669.  
ZHANG Bo,SHI Hong-zuan,ZHANG Li-li,et al. The influence of pH on hydrolysis and acidogenesis of kitchen wastes in two-phase anaerobic digestion[J]. **Acta Scientiae Circumstantiae**,2005,25(5):665-669.(in Chinese)
- [27] 李玉祥,刘和,堵国成,等. 碱性条件促进太湖蓝藻厌氧发酵[J]. 环境工程学报,2010,4(1):209-213.  
LI Yu-xiang,LIU He,DU Guo-cheng,et al. Enhanced production of volatile fatty acids form waste alage in Taihu Lake under alkaline condition[J]. **Chinese Journal of Environmental Engineering**,2010,4(1):209-213.(in Chinese)
- [28] 李杨,段小睿,苑宏英,等. pH 对剩余污泥厌氧酸化的影响[J]. 中国给水排水,2010,26(17):8-11.  
LI Yang,DUAN Xiao-rui,YUAN Hong-ying,et al. Effect of pH on anaerobic acidogenesis of excess sludge[J]. **China Water & Wastewater**,2010,26(17):8-11.(in Chinese)

## 会议信息

会议名称(中文):第 457 次香山科学会议:“免疫学前沿热点与发展趋势”学术讨论会

所属学科:病毒与免疫学,医学免疫学

开始日期:2013-04-17

结束日期:2013-04-19

所在城市:北京市 海淀区

具体地点:北京香山饭店

主办单位:香山科学会议

联系人:香山会议办公室

联系电话:(010)68597333

传真:(010)68597343

E-MAIL:xshy@cashq.ac.cn

会议网站:<http://www.xssc.ac.cn/ConfRead.aspx?ItemID=2149>

会议背景介绍:香山科学会议是由科技部(前国家科委)发起,在科技部和中国科学院的共同支持下于 1993 年正式创办,相继得到国家自然科学基金委员会、中国科学院学部、中国工程院、教育部、解放军总装备部、前国防科工委、中国科学技术协会和卫生部等部门的支持与资助。香山科学会议是我国科技界以探索科学前沿、促进知识创新为主要目标的高层次、跨学科、小规模、小规模的常设性学术会议。会议实行执行主席负责制。会议以评述报告、专题报告和深入讨论为基本方式,探讨科学前沿与未来。

现代免疫学为人类阐明人与自然界中的微生物相互制约又依存的复杂规律提供了重要的认知理论与技术手段,其重大理论成果多次获得诺贝尔医学奖,引领生命科学探求生命规律的方向,同时疫苗免疫接种等重要技术成果的临床应用极大地提升了人类的健康水平和预期寿命。现代免疫学理论与技术处于局部领域高度分化与外部系统生物医学密集渗透的发展态势,预测医学、预防医学、个体化医学和参与性医学等新型医学模式为免疫学提供了理论探索和技术转移的广阔空间,疾病、损伤、损伤修复和预防医学相关学科的发展均有赖于免疫学的理论和技术的支撑。我国的免疫学研究在国家“863”计划和“973”计划等支持下有了重要的进步,在天然免疫识别及活化机制,特异性免疫功能调控,新型免疫细胞亚群鉴定和功能研究,临床免疫相关疾病机制研究,疫苗开发、人工抗体研制等相关领域取得了重要成果,中国免疫学者在国际免疫学杂志中发表的研究工作论文数量和质量不断提升,重要的研究结论得到国际同行的高度关注。

为系统分析现代免疫学学科研究现状和发展趋势,凝聚我国免疫学科的重大科学问题,前瞻性地提出适合我国免疫学科发展的科研方向,促进免疫学科在维护国民健康和控制疾病中做出应有的贡献,香山科学会议定于 2013 年 4 月 17~19 日在北京香山饭店召开以“免疫学前沿热点与发展趋势”为主题的学术讨论会。会议将邀请多学科跨领域的专家学者与会,围绕(1)免疫细胞分化发育与功能调控的机制;(2)免疫应答的识别及调节分子机制;(3)免疫学学生物治疗与疫苗研究和(4)转化医学与新兴免疫学技术等中心议题进行深入讨论。