

生物产氢过程中厌氧污泥耐酸响应的生物化学机制

孟影^{1,2}, 张光生², 王爱杰³, 严群^{*2}

(1. 江南大学 环境与土木工程学院, 江苏 无锡 214122; 2. 江南大学 生物工程学院, 江苏 无锡 214122; 3. 哈尔滨工业大学城市水资源与水环境国家重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150090)

摘要: 生物质厌氧发酵产氢过程中积累的大量酸性物质, 会对厌氧微生物产生抑制作用, 进而制约氢气的持续产生。作者采用不同浓度丁酸对污泥进行胁迫, 结果表明: 当丁酸胁迫质量浓度为 6 g/L 时, 污泥厌氧发酵过程中丁酸、乙酸以及氢气产量最高, 分别达到 1 071 mmol/mol, 462 mmol/mol 和 3 690 mL/mol, 比对照组分别提高了 110%, 54% 和 65%; 此外, 产氢过程中谷氨酸脱羧酶 (glutamic acid decarboxylase, GAD)、脱氢酶以及 DNA 总量活性最高达到 11.6 $\mu\text{mol}/(\text{g} \cdot \text{TS} \cdot \text{h})$, 6 982.12 $\mu\text{g TF}/(\text{g} \cdot \text{TS} \cdot \text{h})$, 14.72 ng/mL, 相对于对照组分别提高了 48%, 50%, 10.7%; 同时, 经过酸胁迫后, 厌氧污泥胞外聚合物 (extracellular polymeric substances, EPS) 含量有明显提高, 与空白对照组相比松散型多糖和蛋白质以及紧密型多糖和蛋白质分别提高了 147%, 34.8%, 35%, 21.6%。因此, 适宜浓度的丁酸胁迫可激发厌氧污泥的相关耐酸响应机制 (Acid tolerance response, ATR), 进而提高污泥的耐酸性能, 并最终提高厌氧产氢效率。

关键词: 生物制氢; 厌氧污泥; 耐酸响应; 胁迫

中图分类号: TQ 920.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673—1689(2012)03—0307—06

Acid Tolerance Response of Anaerobic Sludge with Butyric Acid Stress during the Enhanced Biohydrogen Process

MENG Ying^{1,2}, ZHANG Guang-sheng², WANG Ai-jie³, YAN Qun^{*2}

(1. School of Environment and Civil Engineering, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. School of Biotechnology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 3. State Key Laboratory of Urban Water Resource and Environment, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090 China)

Abstract: During the anaerobic digestion of biomass, large amounts of organic acids were produced. This results in an inhibitory effect on anaerobic microbiology, which in turn inhibits large-scale production of hydrogen. In this study, butyric acid was used as stress on the sludge, and it was found that the production rates of butyric acid, acetic acid and hydrogen were reached at 400 mmol/mol, 1100 mmol/mol, 3690 mL/mol, respectively, which was higher 110%, 54% and 65% than that of the corresponding values in the control group. Moreover, glutamate acid decarboxylase (GAD) activity, dehydrogenase activity and the content of DNA was in-

收稿日期: 2011—04—01

基金项目: 城市水资源与水环境国家重点实验室重点开放课题项目 (QAK201012); 中央高校基本科研业务费专项资金项目 (JUSRP20906)。

作者简介: 严群 (1972—), 男, 江苏泰兴人, 工学博士, 副教授, 硕士研究生导师, 主要从事环境微生物方面的研究。

E-mail: yanqun@jiangnan.edu.cn

creased to $11.6 \mu\text{m}/(\text{g} \cdot \text{TS} \cdot \text{h})$, $6982.12 \mu\text{g TF}/(\text{g} \cdot \text{TS} \cdot \text{h})$, 14.72 ng/mL , with an increment of 48%, 50%, 10.7%, respectively. and the content of extracellular polymeric substances (EPS) have improved significantly, loose bound protein, loose bound polysaccharide, tight bound protein and tight bound polysaccharide content were 147%, 34.8%, 35%, 21.6% higher than that of the control. The results demonstrate that the appropriate concentration of butyric acid stress on sludge can excite acid tolerance response (Acid tolerance response, ATR) and to improve acid tolerance of sludge, and improve the efficiency of anaerobic hydrogen production.

Key words: biohydrogen, anaerobic sludge, acid tolerance response, stress

随着经济的高速发展,环境污染与能源短缺已成为影响当今社会发展的两大问题。因而,开发可再生的绿色能源迫在眉睫,其中氢气以其能量密度高,能够洁净燃烧被认为是最理想的替代能源之一。在各种氢气的制取方法中,生物制氢又以自身的种种优势获得学者们广泛的关注^[1]。生物制氢可分为厌氧光合制氢和厌氧发酵制氢,与光合制氢相比,厌氧发酵制氢过程具有微生物比产氢速率高、不受光照时间限制、可利用的有机物范围广、工艺简单等优点^[2-3],因此不仅可以产生具有清洁性的氢气能源,而且还可以利用具有可生化性的废弃物为原料,在降低成本的同时也实现有机废弃物的资源化处置。

厌氧发酵制氢过程中,伴随生物质酸化过程的进行所产生的乙酸、丁酸、丙酸、乳酸等酸类物质将导致有机酸积累,进而使厌氧发酵体系 pH 下降、导致细菌中各种酶活性受到抑制甚至失活,从而严重制约了生物制氢过程的持续进行^[4]。目前,国内外对于该问题解决方案的研究包括有:对原料进行预处理;减弱代谢物积累所造成的反馈抑制;对发酵条件进一步优化等。但这些方法均需要消耗大量的人力物力,所达到的效果也不甚理想。因此如何提高污泥的耐酸性能,从本质上减轻或解除有机酸积累所引起的反馈抑制越来越受到研究者的重视。

研究表明,微生物可以在多种生物化学水平上产生相应的耐酸应答反应,其中包括谷氨酸脱羧酶 (glutamate acid decarboxylase, GAD)、ATP 酶、DNA 修复、改变细胞膜组成等。其中,GAD 因广泛存在于各类微生物细胞中,发挥作用重要而受到关注^[5-6]。本课题组前期研究表明,利用有机酸对污泥进行预处理,即将胁迫后的厌氧污泥接入厌氧处理过程,可有效提高太湖蓝藻厌氧发酵产氢量和产

酸水平^[7-9]。

作者通过研究经丁酸胁迫后的厌氧污泥对生物制氢过程的促进作用,并以产氢过程中胞外聚合物 (extracellular polymeric substances, EPS)、DNA 总量、GAD 等生物化学指标的变化,初步阐述了丁酸胁迫后的厌氧产氢过程中的耐酸响应机制,为提高厌氧产氢效率提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 厌氧活性污泥来源

厌氧活性污泥为本课题组前期研究获得^[7]。

1.2 实验步骤

1.2.1 污泥活化 取经高温灭菌的污泥 200 g 培养于 1 L 反应瓶中,加入 5 g 葡萄糖和 20 mL 营养液^[9]。用 0.06 mol/L 的 KH_2PO_4 和 Na_2HPO_4 缓冲溶液定容至 400 mL,调节 pH 至 6.0。污泥连续活化 3 次后备用。

1.2.2 胁迫实验 将活化后的污泥洗净,在含有不同浓度丁酸的反应瓶中分别添加 20 g 污泥,1.8 g 葡萄糖以及 10 mL 营养液,pH 值调至 5.5,用去离子水定容至 100 mL。放置于 37 °C 摇床振荡(100 r/min)培养 12 h。

1.2.3 发酵实验 将胁迫后的污泥洗净,其他步骤同胁迫实验,培养 56 h,分析厌氧发酵产酸产氢、GAD 活性,脱氢酶 (dehydrogenase, DHA) 活性以及 DNA 含量的变化。同时对污泥发酵产氢过程中 EPS 的变化进行分析。

1.3 分析方法

取发酵结束后的污泥清水洗涤若干次,取 0.7 g 污泥加入 3 mL PBS 缓冲液,超声清洗机超声 5 min 后 5 000 r/min,4 °C 离心 15 min,取上清液即得到松散结合型 EPS(L-EPS),剩余沉淀用于提取

结合紧密型 EPS(T-EPS)^[10]。测定 EPS 中多糖及蛋白质含量见文献[11],气体、有机酸、以及 GAD 活性检测见文献[12],TS 和 VSS 检测见文献[13],DHA 活性检测见文献[14]。

2 结果与分析

2.1 丁酸对厌氧污泥产氢发酵过程的影响

图 1 为不同质量浓度丁酸胁迫对厌氧污泥发酵产酸产氢过程的影响。实验中以每摩尔葡萄糖所产生的有机酸和氢气的摩尔量表征丁酸胁迫对污泥发酵产酸产氢过程的影响。由图 1 可知,随着有机酸质量浓度的提高,经胁迫后的产氢过程中氢气及有机酸产量均有所提高。其中,当丁酸质量浓度为 6 g/L 时,产氢过程乙酸、丁酸产量可分别达到 462,1071 mmol/mol,氢气产量达到 3 690 mL/mol;与空白对照组相比,分别提高了 110%,54%,65%。当丁酸胁迫浓度高于 6 g/L 时,发酵产氢过程中有机酸产量和氢气产量均明显降低,并逐渐出现乳酸积累的现象。而当丁酸胁迫质量浓度继续增加至 12 g/L 时,乙酸、丁酸以及氢气产量急剧下降,分别仅为 87 mmol/mol,17 mmol/mol,425 mL/mol;而乳酸开始大量积累,高达 965 mmol/mol,这表明过高浓度的有机酸胁迫厌氧污泥时将导致厌氧发酵过程不完全。

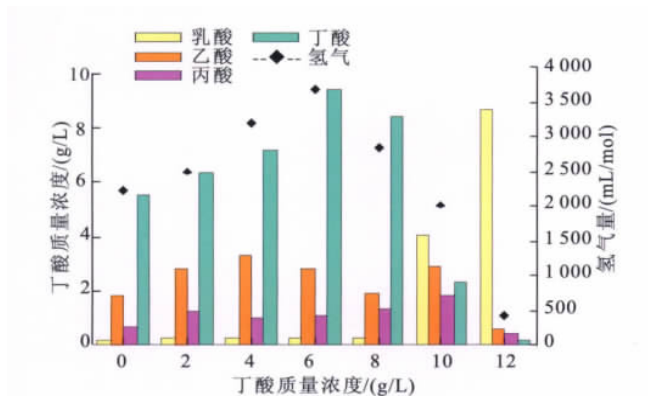


图 1 丁酸胁迫对污泥发酵产酸产氢的影响

Fig. 1 Effects of butyric acid stress on anaerobic biohydrogen

研究表明,微生物细胞内存在着各类耐酸应答机制,如利用尿酶产生碱性物质,或是将细胞内的酸性物质排出以保持细胞内部 pH 值的稳定,从而提高微生物的耐酸性能,使得发酵过程顺利进行^[5]。本研究表明,厌氧污泥经过适当浓度的丁酸

胁迫后,产氢发酵过程中有机酸以及氢气产量有一定程度的提高,这应该是由厌氧污泥的耐酸性能有所提高,进而使其中的厌氧微生物菌群能够抵御大量酸性物质所造成的伤害。

2.2 丁酸胁迫对厌氧产氢过程生理生化指标的影响

DHA 是一类催化物质氧化还原反应的酶,该酶活性能直接表示微生物对基质降解能力的强弱,从而可在很大程度上反应了污泥的活性状态^[15]。GAD 是一种广泛存在于微生物体内的重要酶^[16],它不仅参与微生物的代谢活动,而且还能在微生物抵御外界不良环境中的一些应激效应中发挥作用,其活性可通过 GAD 催化谷氨酸脱去羧基生成 γ -氨基丁酸(γ -aminobutyric acid, GABA)的能力来表示。同时,厌氧污泥中微生物菌群的 DNA 质量浓度与产氢发酵过程之间存在一定的关系^[17],见图 2。

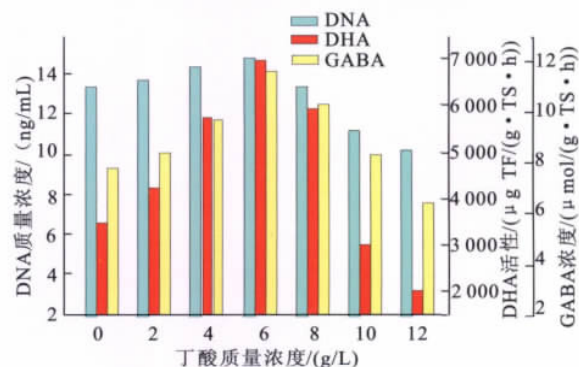


图 2 丁酸胁迫对污泥厌氧产氢过程中生理生化指标的影响
Fig. 2 Effect of butyric acid stress on some biochemical traits during the anaerobic hydrogen production process

图 2 为不同质量浓度丁酸胁迫对污泥内 DNA 质量浓度、DHA 以及 GAD 活性的影响。从图 2 可知,随着丁酸胁迫质量浓度的提高,污泥 DHA 和 GAD 的活性也呈现出先升高后降低的趋势。当丁酸胁迫质量浓度为 6 g/L, DHA 和 GAD 的活性最高达到 6 982.12 $\mu\text{g TF}/(\text{g} \cdot \text{TS} \cdot \text{h})$ 和 11.6 $\mu\text{mol}/(\text{g} \cdot \text{TS} \cdot \text{h})$,与空白组相比活性提高 100% 和 49%。而当丁酸质量浓度高于 6 g/L 时, DHA 和 GAD 活性呈现下降趋势,尤其当胁迫质量浓度增加到 12 g/L 时, DHA 和 GAD 活性下降为 2 013.4 $\mu\text{g TF}/(\text{g} \cdot \text{TS} \cdot \text{h})$ 和 6.4 $\mu\text{mol}/(\text{g} \cdot \text{TS} \cdot \text{h})$,与空白对照组相比分别降低了 42% 和 20%。而当丁酸胁迫质量浓度为 6 g/L 时,厌氧污泥中所

提取的 DNA 质量浓度也提高至 $14.72 \text{ ng}/\mu\text{L}$, 与空白对照组相比增加了 11% 。但当酸胁迫浓度继续提高时, 厌氧污泥中 DNA 质量浓度大幅度下降。这表明, 厌氧污泥内 DNA 质量浓度的变化与污泥活性的改变有一定的关系。并且, 当污泥厌氧发酵产气量达到最高值时, 污泥中 DNA 质量浓度也达到最高值^[17]。

低质量浓度的有机酸胁迫可以提高污泥的耐酸性能^[18], 但若酸胁迫质量浓度过高, 则会导致污泥 DHA 和 GAD 活性大幅度下降, 污泥活性迅速降低, 导致产氢产酸量下降, 这可能是由于高质量浓度的酸会对细菌产生不可恢复的伤害, 例如: 酸性环境对酶分子结构的破坏, 对 DNA 稳定性的威胁^[19]。因此, 适宜质量浓度丁酸对污泥进行胁迫可以提高其耐酸性能, 使污泥在较酸性的环境下保持正常代谢活动并保证厌氧发酵更为顺利的进行, 提高污泥对生物质的利用率。然而, 污泥耐酸性能的提高是多种酸应答机制协同作用的结果, 尚需对于其他耐酸响应机制进行深入研究。

2.3 酸应答效应中污泥 EPS 的变化

EPS 是微生物中的一个重要组分, 当微生物处于不利环境中, EPS 会做出相应的改变来适应改变的环境, 最大程度的降低外界环境对细胞所造成的损伤, 维持微生物的正常代谢活性^[20]。EPS 分为 L-EPS 和 T-EPS, 两者可通过自身含量或结构的改变保护污泥免受不良环境的危害^[21-22]。

图 3 为 6 g/L 丁酸胁迫对生物产氢过程中厌氧污泥 EPS 表达的影响。由图 3 可知, 在发酵产氢过程中 EPS 质量浓度逐渐增加, 当产氢发酵进行到第 12 小时左右时污泥 EPS 各组分质量分数达到最高值, 其中空白组 T-EPS 多糖和蛋白质质量分数达到 $216.66 \mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{VS})$ 、 $70.55 \mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{VS})$, L-EPS 中多糖和蛋白质质量分数达到 $13.69 \mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{VS})$ 、 $3.21 \mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{VS})$, 经过丁酸胁迫后这种现象更为明显, T-EPS 中多糖和蛋白质含量可达到 $293.84 \mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{VS})$ 、 $85.79 \mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{VS})$, L-EPS 中两物质可分别达到 $33.84 \mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{VS})$ 、 $4.33 \mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{VS})$, 其后污泥 EPS 各组分含量又出现不同程度的降低。这可能是由于在发酵初期微生物生长较缓慢, 此时发酵体系内营养物质大部分被污泥吸附, 由此造成 EPS 组分含量的较快增加, 而污泥适应了新的发酵体系后, 开始利用营养物质进行代谢活

动, 当营养物质利用殆尽时, 污泥便会消耗自身的 EPS, 以维持基本的代谢活动^[4]。

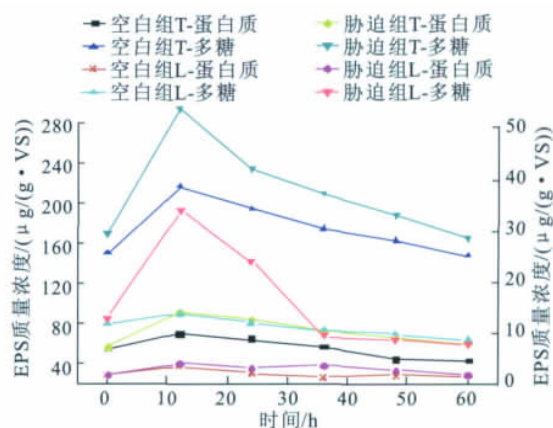


图 3 丁酸胁迫对厌氧产氢过程中 EPS 组分分布的影响
Fig. 3 Effect of butyric acid stress on EPS components during the enhanced biohydrogen process

与空白对照组相比, 胁迫组 L-EPS 和 T-EPS 中多糖和蛋白质质量分数分别提高了 147% 、 34.8% 、 35% 、 21.6% , 而且 L-EPS 中多糖和蛋白质提高率明显较大, 这可能是由于酸胁迫促使污泥通过扩大 L-EPS 与营养物质的接触范围, 尽可能的实现营养物质的最大化利用^[21], 并与其他酸应答机制配合以降低酸性环境对污泥所造成的伤害。但目前关于 L-EPS、T-EPS 的研究多集中于污泥脱水性、沉降性、絮凝等方面^[22-24], 而在污泥酸应答效应方面的报道还比较少, 对于三者之间存在的关联性的研究还需要深入进行。

3 结 语

厌氧污泥(微生物菌群)经丁酸胁迫后, 其耐酸性能活性发生改变, 并且产氢过程中乙酸、丁酸质量浓度以及产氢量有明显提高; 同时, 产氢过程中厌氧污泥中的 GAD、DHA 活性以及 DNA 质量浓度也呈现相应升高趋势; 并且, 经丁酸胁迫后, 厌氧污泥在产氢过程中的 EPS 各组分含量均有所提高, 其中 T-EPS 中的多糖和蛋白质质量分数分别比空白组提高了 35% 和 21.6% , L-EPS 中的多糖和蛋白质质量分数分别比空白组提高了 147% 和 34.8% 。

因此, 在厌氧产氢过程中, 厌氧微生物菌群的酸应答机制可在有机酸胁迫后被激活, 并通过 DHA、GAD、DNA 总量甚至 EPS 组成变化等多种

耐酸响应方式的表达,以抵御发酵产氢过程中有机酸积累对微生物活性可能造成的损害。然而,尚需

对上述各应答方式间的关联进行深入探讨,以进一步阐明微生物菌群耐酸响应的生物化学机制。

参考文献(References):

- [1] Momirlan M, Vezirolu T. Recent directions of world hydrogen production[J]. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 1999, 3(2-3):219—231.
- [2] Nandi R, Sengupta S. Microbial production of hydrogen: an overview[J]. **Critical Reviews in Microbiology**, 1998, 24(1): 61—84.
- [3] Meher Kotay S, Das D. Biohydrogen as a renewable energy resource——prospects and potentials[J]. **International Journal of Hydrogen Energy**, 2008, 31(1):258—263.
- [4] 周德庆. 微生物学教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002: 198—199.
- [5] Cotter P D, Hill C. Surviving the acid test: responses of gram-positive bacteria to low pH[J]. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, 2003, 67(3):429—453.
- [6] Ramos J L, Gallegos M T, Marqués S, et al. Responses of gram-negative bacteria to certain environmental stressors[J]. **Current Opinion in Microbiology**, 2001, 4(2):166—171.
- [7] Yan Q, Zhao MX, Ruan WQ, et al. Coupling of the hydrogen and polyhydroxyalkanoates (PHA) production through an aerobic digestion from Taihu Blue Algae[J]. **Bioresource Technology**, 2010, 101(12):4508—4512.
- [8] Zhao M, Yan Q, Ruan W, et al. Effects of butyric acid stress on anaerobic sludge for hydrogen production from kitchen wastes[J]. **Journal of Chemical Technology & Biotechnology**, 2010, 85(6):866—871.
- [9] 黄振兴, 缪恒峰, 阮文权, 等. 有机酸胁迫下厌氧污泥产氢效应[J]. 微生物学通报, 2010, 37(4):529—533.
HUANG Zhen-xing, MIAO Heng-feng, RUAN Wen-quan, et al. Effect of organic acid stress on biohydrogen production by anaerobic granular sludge[J]. **Microbiology**, 2010, 85(6):529—533. (in Chinese)
- [10] Comte S, Guibaud G, Baudu M. Effect of extraction method on EPS from activated sludge: An HPSEC investigation[J]. **Journal of Hazardous Materials**, 2007, 140(1-2):129—137.
- [11] 宁正祥. 食品成分分析手册[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1998.
- [12] Yan Q, Wang A J, Yu C F, et al. Enzymatic characterization of the acid tolerance response (ATR) during the enhanced biohydrogen production process from Taihu blue algae via anaerobic digestion[J]. **International Journal of Hydrogen Energy**, 2011, 36(1):405—410.
- [13] 袁振宏, 吴创之, 马隆龙. 生物质能利用原理与技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 71—75.
- [14] 尹军, 周春生. TTC-脱氢酶活性常温萃取测定法及应用[J]. 中国给水排水, 1995, 11(4):16—18.
YIN Jin, ZHOU Chun-sheng. Normal temperature extraction for the determination of TTC-dehydrogenase activity and its application[J]. **China Water & Wastewater**, 1995, 11(4):16—18. (in Chinese)
- [15] Yin J, Zhou C, Bu H. Study on the efficacy and mechanism of excess sludge by aerobic digestion treatment[J]. **Journal of Solid Waste Technology and Management**, 1998, 25(3):142—147.
- [16] 杨帆, 李江华, 徐岩, 等. 谷氨酸脱羧酶发酵工艺的优化[J]. 食品与生物技术学报. 2008, 27(4):107—111.
YANG Fan, LI Jiang-hua, XU Yan, et al. Optimizing of fermentation condition for high-production glutamic acid decarboxylase(GAD)[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2008, 27(4):107—111. (in Chinese)
- [17] Malin C, Illmer P. Ability of DNA content and DGGE analysis to reflect the performance condition of an anaerobic bio-waste fermenter[J]. **Microbiological Research**, 2008, 163(5):503—511.
- [18] OSullivan E, Condon S. Relationship between acid tolerance, cytoplasmic pH, and ATP and H⁺-ATPase levels in chemostat cultures of *Lactococcus lactis*[J]. **Applied and Environmental Microbiology**, 1999, 65(6):2287—2293.
- [19] 王镜岩, 朱长庚, 徐长法, 等. 生物化学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.
- [20] Sheng G P, Yu H Q. Formation of extracellular polymeric substances from acidogenic sludge in H₂-producing process [J]. **Applied Microbiology and Biotechnology**, 2007, 74(1):208—214.

- [21] Reid E, Liu X, Judd S J. Effect of high salinity on activated sludge characteristics and membrane permeability in an immersed membrane bioreactor[J]. **Journal of Membrane Science**, 2006, 283(1-2):164-171.
- [22] Yu G H, He P J, Shao L M, et al. Toward understanding the mechanism of improving the production of volatile fatty acids from activated sludge at pH 10.0[J]. **Water Research**, 2008, 42(18):4637-4644.
- [23] Li X Y, Yang S F. Influence of loosely bound extracellular polymeric substances (EPS) on the flocculation, sedimentation and dewaterability of activated sludge[J]. **Water Research**, 2007, 41(5):1022-1030.
- [24] SHAO L, HE P, YU G. Effect of proteins, polysaccharides, and particle sizes on sludge dewaterability[J]. **Journal of Environmental Sciences**, 2009, 21(1):83-88.

会 议 消 息

会议名称(中文): 第三届中国西安国际 DNA 和基因组活动周

会议名称(英文): The 3rd World DNA and Genome Day

所属学科: 生物物理学、生物化学及分子生物学, 遗传与发育生物学, 生物技术与生物工程, 生物信息学, 生物及医药化工

开始日期: 2012-04-25

结束日期: 2012-04-28

所在国家: 中华人民共和国

所在城市: 陕西省 西安市

具体地点: 中国西安曲江国际会议中心

主办单位: 中国医药生物技术协会、中国国际贸易促进委员会西安市分会、国家外国专家局国外人才信息研究中心

承办单位: 百奥泰国际会议(大连)有限公司

议题: 专场 1: 基因组最新研究及技术

专场 2: 系统生物学

专场 3: RNA 生物学及应用

专场 4: 基因组药物发现平台及基因治疗

专场 5: 人类遗传学, 基因组及疾病

专场 6: 人类基因组学和个体化医学

专场 7: 其它组学及应用

专场 8: 非人类功能基因组学及其它组学

摘要截稿日期: 2012-03-30

参会报名截止日期: 2012-04-25

联系人: 张雪

联系电话: 0411-84799609-826

传真: 0411-84799609-826

E-MAIL: u-world01@bitconferences.cn

通讯地址: 大连市高新园区汇贤园 1 号

邮政编码: 116025

会议网站: <http://www.dnaday.com/cn/default.asp>

会议背景介绍: 基因——人类最伟大的科学发现之一。为纪念 James Watson 和 Francis Crick 在自然杂志上发表 DNA 双螺旋结构 52 周年, 美国政府确定在 2003 年以后的每年 4 月 25 日为国家 DNA 节(4 月为基因月), 并举行了多种多样的庆祝活动。为促进生命科学领域的科学信息交流, 举办国际 DNA 和基因组活动周、主办高级讨论会及大型国际会议, 并期望把这一具有历史性意义的活动推向除基因学以外的更广泛的领域, 搭建更广阔的交流与合作平台, 促进生命科学领域的快速发展。