

林业废弃物预处理提高酶解产糖及产沼气的研究

研究生：金曙光；导师：张盼月 教授



研究背景

化石能源的大量使用及随之而来的能源紧缺导致了能源危机及环境污染等一系列问题，利用生物质原料生产物质能源是解决这一系列问题最有发展潜力的一个方向，近年来受到广泛关注。林业废弃物是一类高产量、易获得和高纤维素含量的生物质原料，可作为生物质能源生产的可再生原料。

研究内容

未经预处理的林业废弃物不利于高效的生物质能源生产，通过研究找到特定生物质原料最适合的预处理方法是非常必要的。本研究利用高压均质、水热—化学和微波—化学三种预处理方法对林业废弃物进行预处理，对预处理的机理、水解产糖效率和厌氧消化产沼气产量进行了研究。

研究方法

利用三种技术对生物质原料进行预处理，降低原料半纤维素含量、破坏结晶状态、提高原料与酶的接触面积等，达到提高生物质能产量的目的。



研究结果

高压均质预处理四种生物质原料

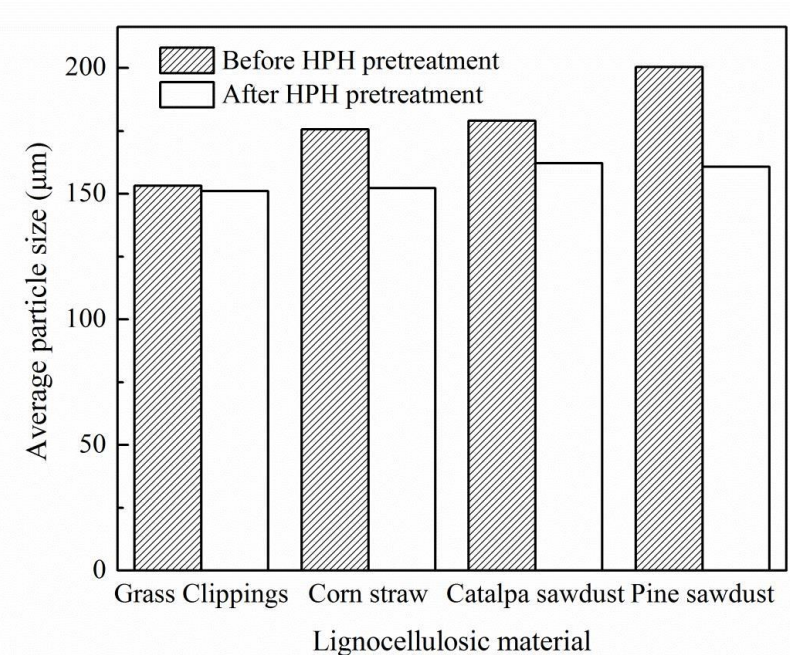


Fig.1 四种原料在高压均质前后的平均粒径（均质压力为10 Mpa）

四种材料平均粒径均有降低，以松木最明显；最终粒径均分布在155.00 μm附近，均质作用明显

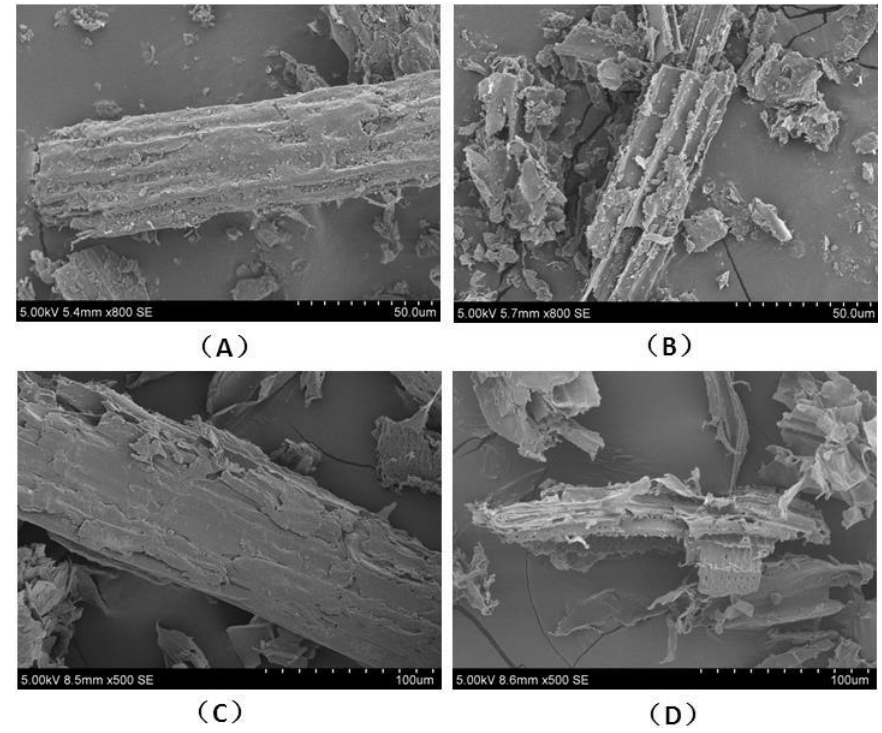


Fig.3 生物质原料预处理前后的电子显微照片（均质压力为10 Mpa）

四种材料的结构均被破坏；与酶的接触面积增大

高压均质可以提高生物质原料的酶解效率，尤其是对低木质素含量的草坪草和玉米秸秆。高压均质提高原料预处理效果的机理包括：半纤维素的去除；结晶度的变化；与酶的接触面积的增大。

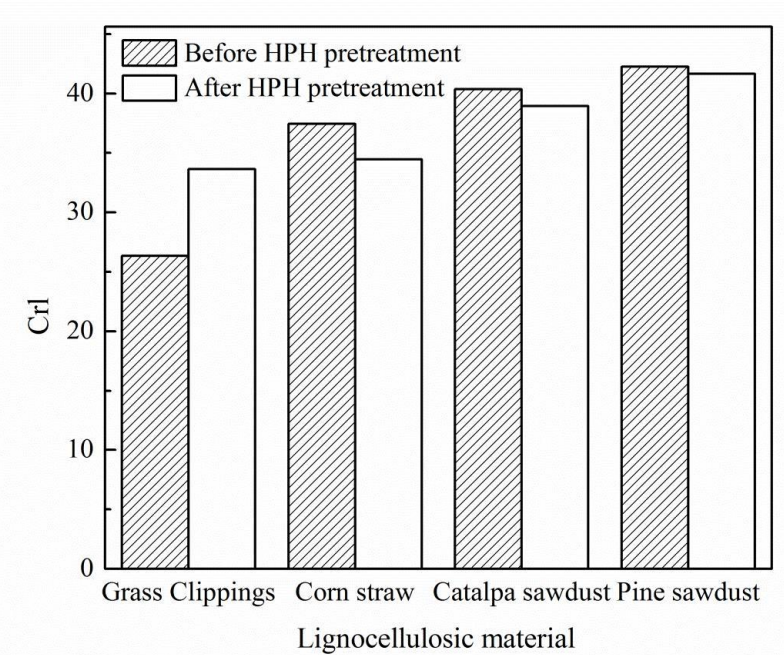


Fig.2 四种原料在高压均质前后的结晶度变化（均质压力10 Mpa）

玉米秸秆、楸木木屑和松木木屑的结晶度均有下降；草坪草的结晶度出现了上升，是半纤维素被去除造成的

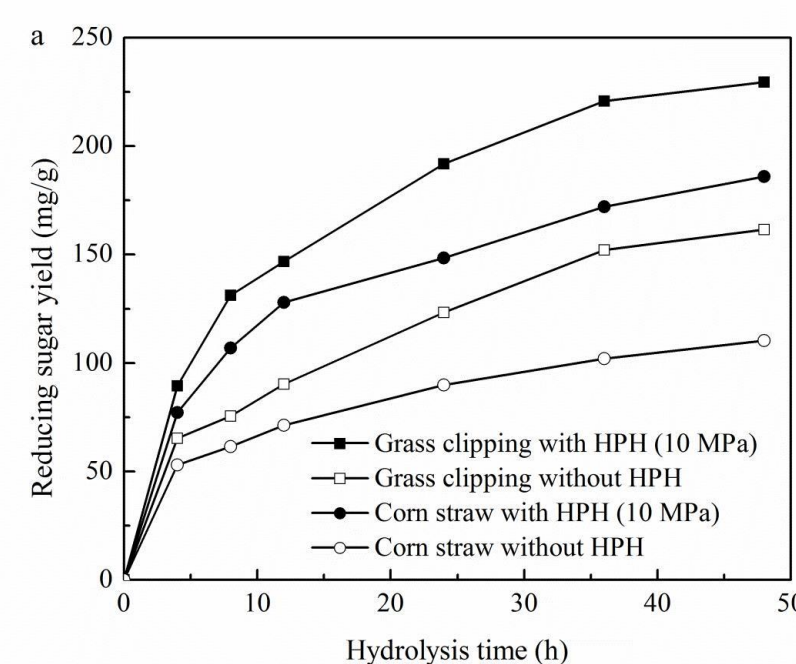


Fig.4 高压均质预处理对酶解效果的影响（均质压力为10 Mpa）

草坪草和玉米秸秆的还原糖产量都有较大程度的提高

楸木木屑的水热—化学预处理研究

Table.1 楸木木屑在水热—化学预处理前后重量和化学成分的变化

预处理试剂	减重 (%)	损失比例(%)		
		纤维素	半纤维素	木质素
NaOH	14.5 ✗	3.7	45.9	7.0
Ca(OH) ₂	2.5 ✓	6.3	33.4	5.0
H ₂ SO ₄	5.7	2.1	6.1	0.2
HCl	3.9	0.2	8.7	0.2

水热—NaOH预处理对原料的减重过于强烈，是对原料的浪费；水热—碱预处理对半纤维素和木质素的去除，有利于酶解效率的提高

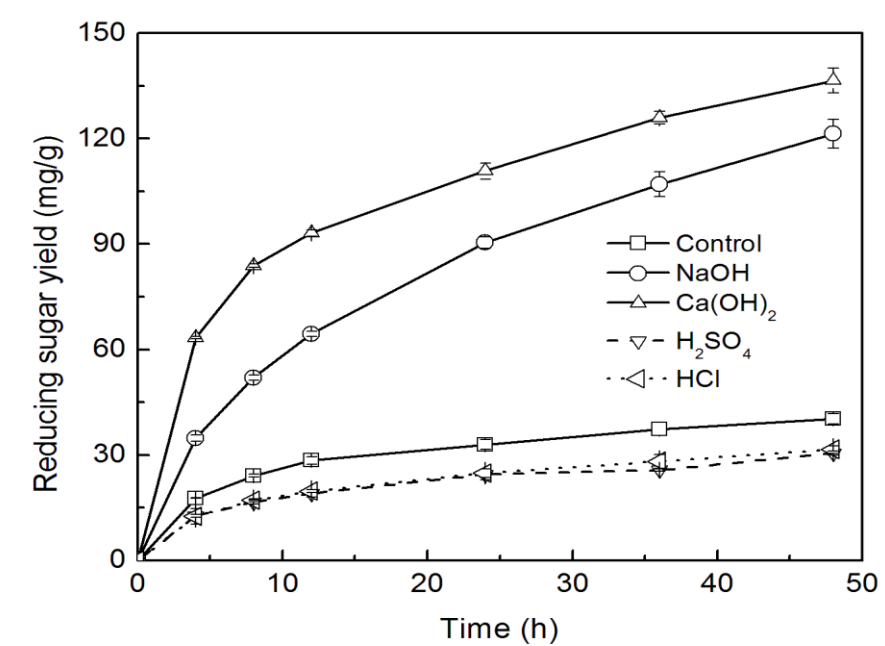


Fig.5 水热—化学预处理方法对酶解效果影响的对比

经水热—NaOH和水热—Ca(OH)₂预处理后，楸木木屑的还原糖产量分别提高了121.38%和136.44%

楸木木屑的微波—化学预处理研究

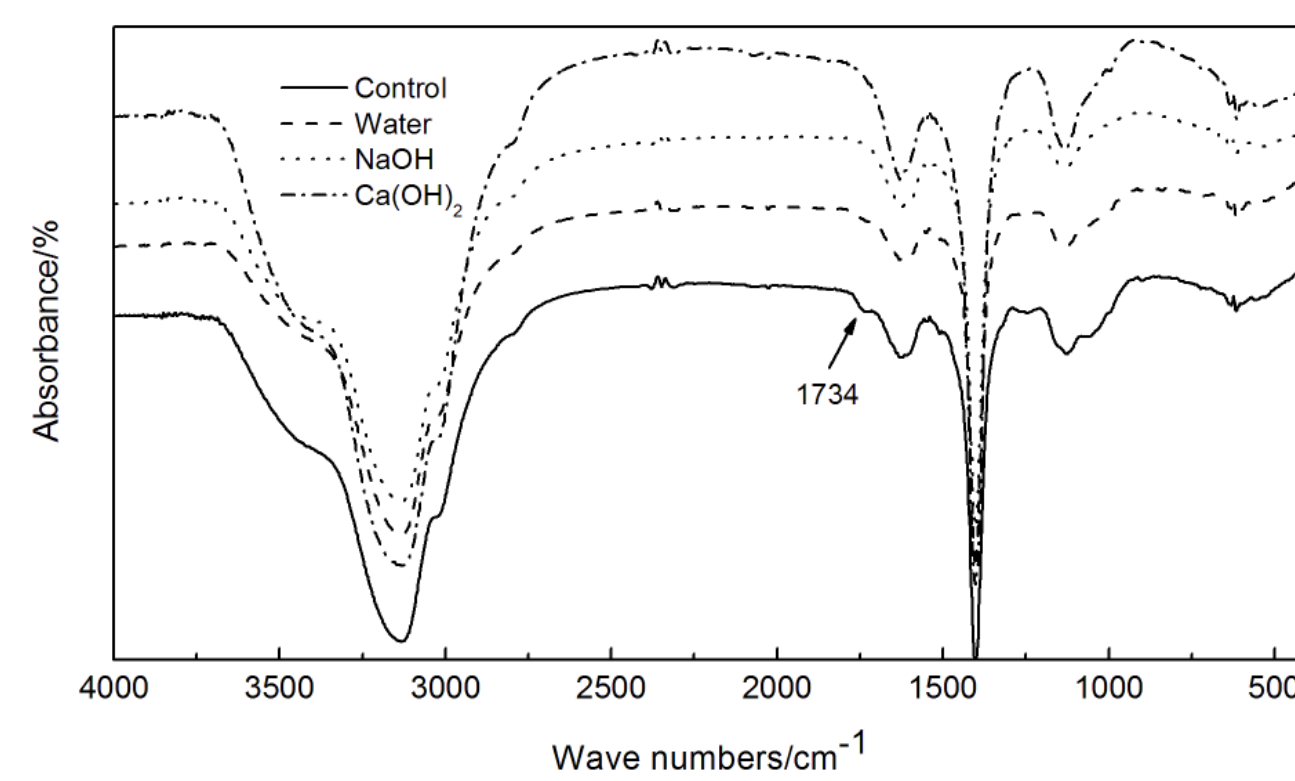


Fig.6 楸木木屑在微波—化学预处理前后红外谱图分析

各处理间红外谱图的变化不大；微波—碱处理后原料在1734 cm⁻¹的吸收峰消失，代表原料中半纤维素和木质素结构出现变化

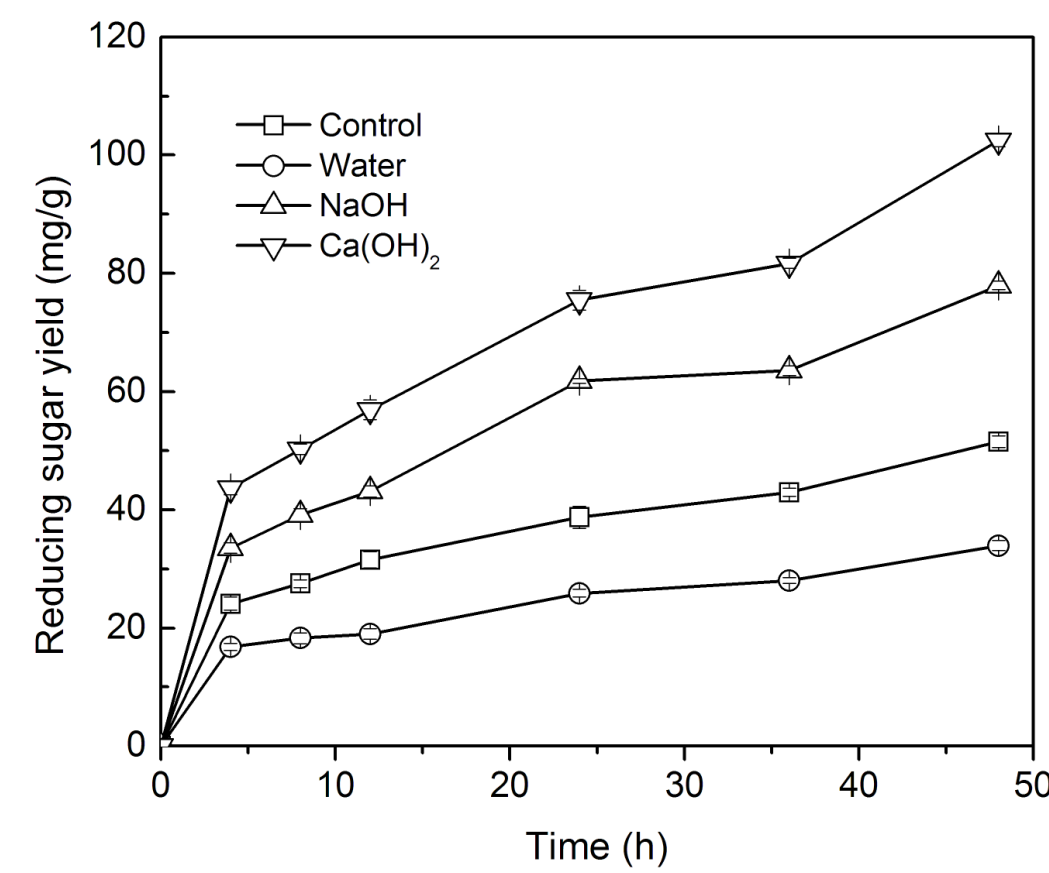


Fig.7 微波—化学预处理对酶解效果影响的对比

经微波—碱预处理后样品的还原糖产量有了明显的提高；微波—水预处理后，还原糖产量降低了34.09%

预处理对草坪草和楸木的厌氧发酵产沼气的影响

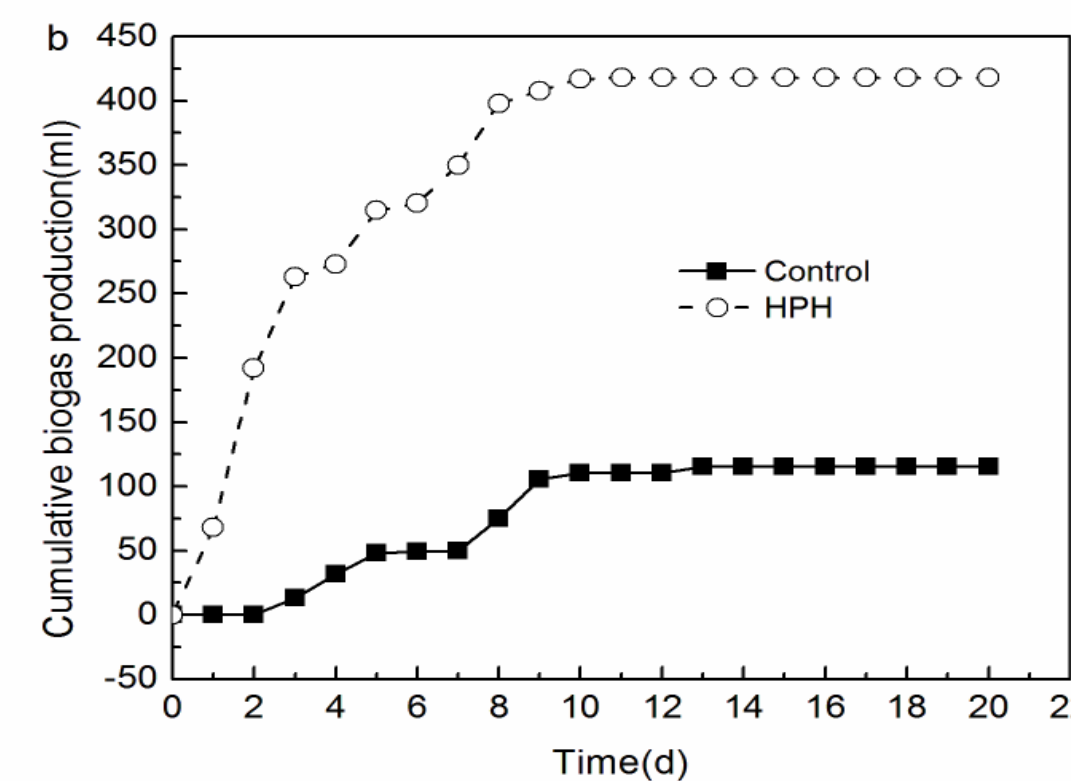


Fig.8 高压均质预处理对草坪草沼气的产量的影响

三种预处理后两种原料的产气量均出现升高、产气高峰均提前；发酵时间比未处理时均出现了降低的现象，说明三种预处理方法均提高了原料的发酵效率

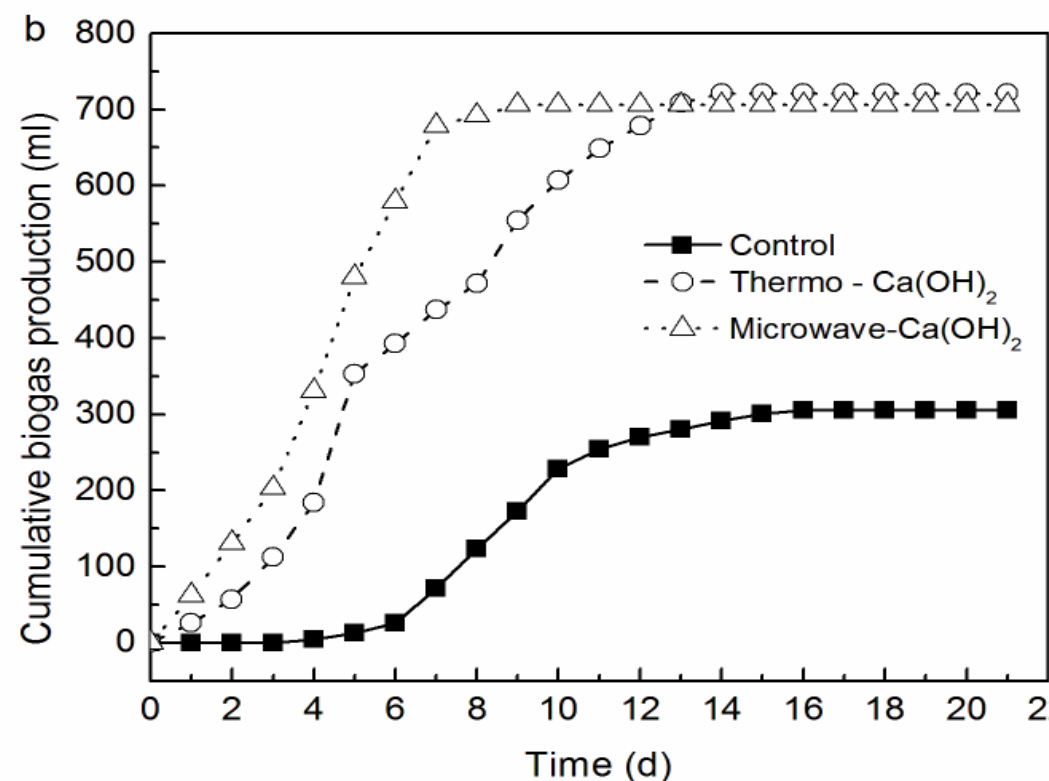


Fig.9 水热—Ca(OH)₂和微波—Ca(OH)₂预处理对楸木木屑产沼气的的影响

研究结论

1. 使用高压均质对林业废弃物原料进行预处理，操作简便、不需加热、不需添加化学试剂，显著提高低结晶度生物质原料的酶解效率。
2. 发现高压均质预处理对低木质素原料半纤维素的去除是其提高酶解效率的一个主要原因，而且高压均质可以对原料的结晶纤维素造成破坏。
3. 对楸木木屑这种纤维素含量高、产量巨大的林业废弃物原料进行了生物质能源转化的研究，利用微波—Ca(OH)₂预处理技术，酶解效率和沼气产量均有大幅提升。

课题来源

- 国家自然科学基金：木质纤维素的动物消化机制识别及在厌氧消化产甲烷过程中的调控应用与机理
- 高等学校博士学科点专项科研基金：基于动物消化机制的木质纤维素厌氧消化研究

主要研究成果：

- Jin, S., Zhang, G., Zhang, P., Fan, S., Li, F. 2015. High-pressure homogenization pretreatment of four different lignocellulosic biomass for enhancing enzymatic digestibility. *Bioresource Technology*, 181, 270-274. (SCI, Impact Factor: 4.494)
- Jin, S., Zhang, G., Zhang, P., Li, F., Fan, S., Li, J., 2016 Thermo-chemical pretreatment and enzymatic hydrolysis for enhancing saccharification of catalpa sawdust. *Bioresource Technology*, 205, 34-39. (SCI, Impact Factor: 4.494)
- Jin, S., Zhang, G., Zhang, P., Jin, L., Fan, S., Li, F. 2015. Comparative study of high-pressure homogenization and alkaline-heat pretreatments for enhancing enzymatic hydrolysis and biogas production of grass clipping. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 104, 477-481. (SCI, Impact Factor: 2.131)
- Jin, S., Zhang, G., Zhang, P., Zhou, J., Gao, Y., Shi, J. 2016. Effect of Four Types of Chemical Pretreatment on Enzymatic Hydrolysis by SEM, XRD and FTIR Analysis. *Spectroscopy and Spectral Analysis*. (Accepted, SCI, Impact Factor: 0.270)
- Fang, W., Zhang, P., Zhang, G., Jin, S., Li, D., Zhang, M., Xu, X. 2014. Effect of alkaline addition on anaerobic sludge digestion with combined pretreatment of alkaline and high pressure homogenization. *Bioresource Technology*, 168, 167-172. (SCI, Impact Factor: 4.494)