

3种化学预处理下水葫芦和甘蔗渣的酶解产糖

李莉¹ 姜涛¹ 周文兵¹ 袁雨¹ 马忠华²

1. 华中农业大学资源与环境学院生态与环境工程研究室, 武汉 430070;

2. 华中农业大学理学院, 武汉 430070

摘要 采用2%(m/V) H₂SO₄(稀酸)、2% NaOH(稀碱)和1% H₂O₂+2% NaOH(氧化+稀碱)3种化学方法对水葫芦秸秆和甘蔗渣进行预处理后酶解,分析预处理后各样品主要化学组分含量变化及其去除率与酶解效果之间的关系。结果表明,对水葫芦来说,3种预处理后的酶解产糖率差异不大,而对甘蔗渣来说,稀碱和氧化+稀碱预处理下的酶解产糖率显著高于稀酸预处理下的产糖率,并高于3种预处理后水葫芦样品的酶解产糖率,显示出甘蔗渣作为产糖原料的优越性。经预处理后的样品酶解产糖率与纤维素含量及木质素和灰分的去除率成正比。氧化+稀碱预处理后甘蔗渣样品在12 h的还原糖产率达81.54%,该预处理温度较低,原料利用率较高,是一种有效的预处理方法。

关键词 化学预处理; 水葫芦; 甘蔗渣; 酶解

中图分类号 S 216.2 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2015)04-0066-07

随着当前经济过分依赖的石油、煤炭等化石燃料的日益枯竭,全球能源需求的日益增长和气候变化的潜在威胁,人们对于探索可再生的、环境友好的、经济高效的替代物质的研究投入也越来越多。生物乙醇作为化石燃料的替代能源已经成为当前研究的重点^[1]。木质纤维素原料作为世界上储量最丰富的有机资源,因其来源广泛、数量庞大、成本低廉等优势日益成为当前生物乙醇能源领域研究的热点^[2]。目前,大部分木质纤维素材料被抛弃或焚烧,利用率极低,这不仅造成资源的巨大浪费,而且带来环境污染^[3]。

利用木质纤维素原料生产生物乙醇的过程包含预处理、水解、发酵、产物回收4个步骤^[4]。其中,预处理旨在去除阻碍或抑制纤维素酶解的木质素和灰分,同时改变纤维素的结构性质,使其更易于水解^[5]。为了能够更大程度地转化利用木质纤维素原料,找到针对不同生物质原料的适宜预处理方法显得十分重要。木质纤维素原料的预处理方法大致可分为物理、化学和生物法,其中,作为高效且应用广泛的化学预处理,无机酸、碱等常用来改变木质纤维

素的组成和性质,这些预处理都在不同程度上提高了原料利用率和酶解产糖率^[6-8]。

水生植物水葫芦是公认的环境害草,其过快生长易造成水体环境问题,对水葫芦秸秆开展酶解产糖的研究具有重要的环境意义。陆生植物甘蔗经工业制糖或榨汁后剩余的甘蔗渣也没有得到充分的利用,甘蔗渣纤维素含量丰富、结构松散,作为生产生物乙醇的原料有很大优势。Guragain等^[9]对水葫芦和小麦秆进行酸碱预处理后酶解产糖,发现相同预处理后水葫芦的还原糖产率显著高于小麦秆。Jeon等^[10]研究表明,甘蔗渣经过硫酸预处理后能够得到很好的酶解产糖和发酵产乙醇效果。还有研究表明,经过酸碱预处理后甘蔗渣样品的酶解产糖率高于水葫芦,而且碱处理比酸处理的效果好^[11]。这些研究未能对引起不同植物生物质酶解产糖差异的基质成分变化特性进行深入的分析,从而难以在机制上解释不同植物生物质酶解产糖的差异性。本研究采用稀硫酸、稀氢氧化钠以及过氧化氢+稀氢氧化钠共3种预处理方法分别对水葫芦和甘蔗渣进行预处理和酶解产糖试验,分析和比较不同预处理

收稿日期: 2014-06-27

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项(2011PY113; 2014PY061); 武汉市青年科技晨光计划项目(2014070404010205); 教育部留学回国人员科研启动基金项目

李莉, 硕士研究生, 研究方向: 生物质能源化利用。E-mail: gorgeouslily@126.com

通信作者: 周文兵, 博士, 副教授, 研究方向: 生物质材料化与能源化利用。E-mail: zhouwb@mail.hzau.edu.cn

理对样品化学组成的改变效果及其与酶解还原糖产率之间的关系,以期得到针对这2种植物材料相对较好的预处理方法。

1 材料与方法

1.1 材料

水葫芦秸秆采自华中农业大学附近的野芷湖,甘蔗渣由武汉市江汉区某果汁店提供。秸秆采集后用自来水洗净,日晒风干,用粉碎机粉碎后过筛,取0.30~0.45 mm样品,于105℃烘至恒质量备用。

纤维素酶(*T. reesei* ATCC 26921)购自美国Sigma-Aldrich公司,其滤纸酶活(FPU/g)用标准IUPAC方法测定^[12]。试验中所用的其他试剂均为分析纯(国药集团化学试剂有限公司)。

1.2 原料的预处理

对水葫芦秸秆和甘蔗渣分别进行3种预处理:①2%(m/V,下同)H₂SO₄,120℃下于灭菌锅中处理30 min(简称‘稀酸’预处理);②2% NaOH,120℃下于灭菌锅中处理30 min(简称‘稀碱’预处理);③1% H₂O₂+2% NaOH,90℃下处理60 min(简称‘氧化+稀碱’预处理)。固液比均为20 g/200 mL,处理后样品用水洗涤至洗水呈中性,过滤,并于105℃下烘干。

1.3 样品化学组成分析

纤维素含量采用硝酸-乙醇法测定^[13]。1 g原料或预处理后样品,加入25 mL硝酸-乙醇溶液(体积比为1:4),使用冷凝回流管在沸水浴中处理1 h,冷却后用G2砂芯漏斗抽滤。重复操作4次,抽滤后烘干的样品含量即为纤维素含量。

木质素的测定采用NREL标准方法^[14]。按10 mL/g样品加入72% H₂SO₄,30℃下水浴1 h后稀释至H₂SO₄质量分数为4%,于121℃水解1 h,洗涤至中性后过滤并烘干,剩余固体即木质素。

灰分测定也采用NREL标准方法^[14]。将样品置于马福炉中550℃下灼烧至恒质量,剩余固体即灰分。

丙酮提取物含量用丙酮提取法^[15]。1 g样品中加入60 mL丙酮,90℃冷凝回流2 h,洗涤过滤并烘干,损失的质量即丙酮提取物。

半纤维素含量采用差减法,即样品总量-纤维素-木质素-灰分-丙酮提取物。

1.4 预处理后样品的酶解

将固体纤维素酶溶于pH 4.8、50 mmol/L的醋酸-醋酸钠缓冲溶液中,配制成纤维素酶3 FPU/mL的酶液。在50 mL具塞烧瓶中分别加入0.2 g预处理后的水葫芦和甘蔗渣样品,按酶负荷30 FPU/g、基质2%的比例,加入2 mL酶液和8 mL缓冲溶液,置于转速为150 r/min的恒温水浴振荡器中,在50℃下进行酶解反应,分别计时1、2、4、8、12、24、48 h后取出对应样品,用0.45 μm滤膜过滤后取上清液,用于还原糖测定。同时,每种样品都有一个不加酶液的空白对照试验,用于消除原料和试剂本身的影响。每个样品在每个时间点都设置3个重复。

1.5 还原糖产率的计算

采用DNS(3,5-二硝基水杨酸)法测定酶解上清液中的还原糖含量^[16]。还原糖产率的计算公式为:

基于预处理后样品质量计算

$$\text{还原糖产率} = \frac{\text{酶解产生的还原糖} \times 0.9}{\text{酶解样品质量}} \times 100\%$$

基于原料质量计算

$$\begin{aligned} \text{还原糖产率} &= \frac{\text{酶解产生的还原糖} \times 0.9}{\text{酶解样品对应的原料质量}} \times 100\% = \\ &= \frac{\text{酶解产生的还原糖} \times 0.9 \times \text{回收率}}{\text{酶解样品质量}} \times 100\% \end{aligned}$$

2 结果与分析

2.1 预处理后样品的组成

水葫芦和甘蔗渣原料经过3种预处理后的质量回收率、各预处理前后样品的化学组成以及经预处理后样品各成分的去除率见表1。

首先,水葫芦和甘蔗渣原料经过3种预处理后质量损失高达60%以上,其中稀酸和稀碱预处理是在高温(120℃灭菌锅)下进行的,处理强度较大,2种原料经酸碱预处理后的回收率较低,低于37%,而氧化+稀碱预处理条件相对较温和,处理强度稍低,预处理后的回收率接近40%。Chen等^[16]对玉米秆进行不同种类酸碱预处理后的质量损失为32.3%~45.8%,本试验中甘蔗渣的回收率也基本在这一范围,水葫芦则稍低,这与水葫芦的成分特性有关,其半纤维素含量较高(分别为43.83%和28.65%),相对容易被酸碱溶解转移到液相而损失。

其次,经预处理后样品的纤维素含量都有明显升高;高温(120 ℃)条件下酸碱预处理后的样品半纤维素有很大程度的降解(半纤维素含量显著降低),而相对温和(90 ℃)的氧化+稀碱预处理后样品半纤维素的损失较少,与 Yamashita 等^[17]报道的研究结果相似。同时,经过稀酸预处理后的样品木

质素含量较高,去除效果较差。相对来说,氧化+稀碱预处理对 2 种原料纤维素和半纤维素的去除率均较低,全纤维素的损失较少,同时对木质素的去除率很高。稀酸预处理对水葫芦中灰分的去除效果最好,去除率高达 94.41%,3 种预处理方法对甘蔗渣灰分都有较好的去除效果。

表 1 不同预处理后样品的回收率、各化学成分的含量和去除率

Table 1 The recovery, composition and removal of each component of treated samples

样品种类 Samples	预处理 Pretreatment	回收率 Recovery	纤维素 Cellulose		半纤维素 Hemicellulose		木质素 Lignin		灰分 Ash	
			含量 Content	去除率 Removal	含量 Content	去除率 Removal	含量 Content	去除率 Removal	含量 Content	去除率 Removal
水葫芦 Water hyacinth	未处理 Untreated	—	21.78±0.35	—	43.83	—	9.40±0.03	—	13.53±0.12	—
	2% H ₂ SO ₄	32.80±0.39	57.10±0.02	14.02	16.70	87.50	23.90±0.29	16.60	2.31±0.54	94.41
	2% NaOH	27.40±0.51	62.12±0.49	21.86	9.11	94.31	16.82±0.18	50.97	11.95±0.50	75.79
甘蔗渣 Sugarcane bagasse	1% H ₂ O ₂ + 2% NaOH	38.00±0.27	52.87±0.35	7.77	24.74	78.55	11.15±0.40	54.93	11.24±0.07	68.42
	未处理 Untreated	—	32.06±0.24	—	28.65	—	15.60±0.19	—	5.09±0.07	—
	2% H ₂ SO ₄	36.80±0.36	65.99±0.07	24.25	6.65	91.45	25.78±0.20	39.19	1.58±0.41	88.59
	2% NaOH	34.60±0.29	71.22±0.83	23.14	26.01	68.59	2.12±0.09	95.29	0.65±0.11	95.59
	1% H ₂ O ₂ + 2% NaOH	40.20±0.42	66.79±0.23	16.25	28.36	60.21	3.73±0.26	90.40	1.13±0.17	91.10

2.2 预处理后样品的酶解还原糖产率

基于预处理后样品质量计算时(图 1A、B),3 种预处理后的水葫芦样品的还原糖产率差异不大,24 h 的还原糖产率为 60%左右,稍高于 Satyanagalakshmi 等^[18]对水葫芦经硫酸预处理后得出的结果(48.7%)。与之不同的是,甘蔗渣经稀酸预处理后的还原糖产率显著低于稀碱和氧化+稀碱预处理,这可能是由于,相比另 2 个预处理,经过稀酸预处理后甘蔗渣的纤维素和半纤维素去除率均为最高(或其含量均为最低),而木质素和灰分去除率均为最低(或其含量均为最高)(表 1)。表 1 中 3 种预处理后的水葫芦样品的全纤维素(纤维素+半纤维素)含量差异不大(71.23%~77.61%),而稀酸预处理后的甘蔗渣样品的全纤维素含量(72.64%)明显低于稀碱和氧化+稀碱预处理(分别为 97.23%和 95.15%)。可见,2 种原料经过不同预处理后的全纤维素含量直接影响了酶解还原糖产率。

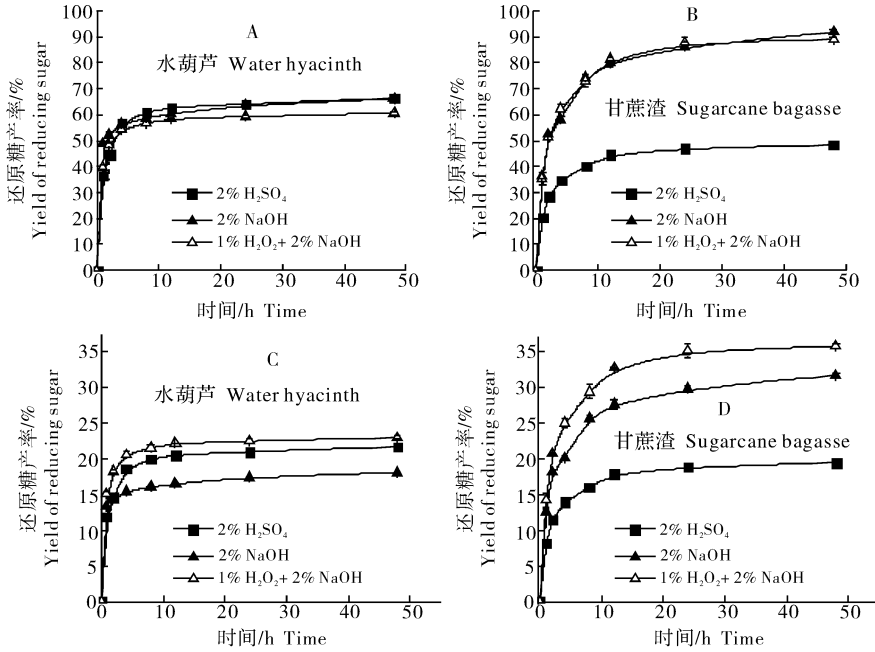
基于原料质量计算时(图 1C、D),对于水葫芦,稀酸预处理比稀碱预处理效果好;对于甘蔗渣,稀碱预处理比稀酸预处理效果好,而氧化+稀碱预处理后水葫芦和甘蔗渣样品的还原糖产率均为最高,即氧化+稀碱预处理的原料利用率更高。这一结果与 Yamashita 等^[17]对竹子进行预处理后的酶解研究得出的结果一致。氧化+稀碱预处理不需要高温及灭菌锅等条件,只需加入少量过氧化氢,不仅降低了预处理的能耗,又提高了预处理后样品的酶解效果,是一种节能高效的预处理方式。另外,从还原糖产率高低的总体趋势来看,稀碱和氧化+稀碱这 2 种预处理下甘蔗渣的还原糖产率均高于 3 种预处理后水葫芦样品,考虑到到前两者更高的纤维素和半纤维素含量(表 1),可以认为甘蔗渣具有更高的产糖潜力。

2.3 还原糖产率与组成之间的关系

由图 1 可知,各样品在 12 h 后的酶解还原糖产

率基本不再增加,酶解趋于平衡,因此,在分析样品的酶解还原糖产率与其组分含量和去除率之间的关系时,采用样品在 12 h 的酶解数据作为代表。从图 2 可以看出,预处理后样品产糖的主要贡献者是纤维素,酶解还原糖产率总体上与纤维素和半纤维素的总量成正比(图 2A),各预处理后的水葫芦样品的纤维素和半纤维素含量之和依次为:稀酸预处理 73.80%,稀碱预处理 71.23%,氧化+稀碱预处理

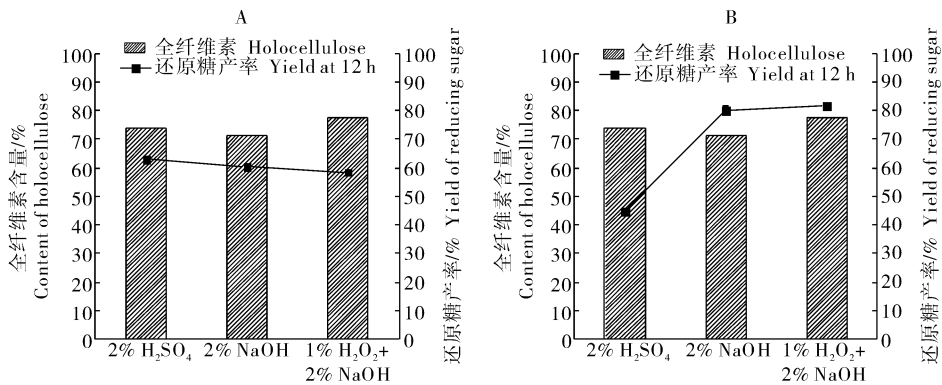
77.61%;图 2B 中甘蔗渣样品则依次为:稀酸预处理 72.64%,稀碱预处理 97.23%,氧化+稀碱预处理 95.15%)。稀酸预处理后水葫芦样品的灰分含量很低,其还原糖产率稍高。稀酸预处理后甘蔗渣样品的木质素含量过高,过高的木质素可能会吸附更多的酶而使得纤维素酶的有效性降低,从而抑制了酶解产糖^[16],也是导致其还原糖产率较低的原因之一。



A、B:基于处理后样品质量 On account of treated samples; C、D:基于原料样品质量 On account of raw materials.

图 1 不同预处理后样品的酶解还原糖产率

Fig.1 Yield of reducing sugar of treated samples



A:水葫芦 Water hyacinth; B:甘蔗渣 Sugarcane bagasse.

图 2 预处理后样品的全纤维素含量与还原糖产率(基于预处理后样品质量)之间的关系

Fig.2 The influence of components on reducing sugar yield(based on the treated samples) at 12 h

基于原料质量的还原糖产率与纤维素和半纤维素的去除率成反比(图 3),尤其是纤维素的损失对酶解产糖的影响很大,预处理后样品的纤维素损失越多,原料的利用率就越低。水葫芦经稀酸预处理后的灰分去除率最高,氧化+稀碱预处理后的木质素去除率最高,这 2 种方法比稀碱预处理后的还原糖产率高,而稀酸预处理对甘蔗渣的灰分和木质素的去除率最低,其还原糖产率则是最低的,说明灰分和木质素的存在会阻碍纤维素的酶解。这些结果与柯静等^[7]及 Chen 等^[16]对玉米秆的稀酸和稀碱预处理结果一致。总的来说,酶解还原糖产率与原料预

处理过程中纤维素和半纤维素的损失成反比,与木质素和灰分的去除率成正比。

因此,利用生物质秸秆酶解产糖,应选择合适的预处理方式,在减少纤维素和半纤维素损失的同时尽可能地去除木质素和灰分,从而提高纤维素酶的有效性 and 酶解活性,使更多的酶参与催化纤维素的水解,得到更多的还原糖。本研究中,对于水葫芦和甘蔗渣 2 种原料,在 3 种预处理中,氧化+稀碱预处理不仅降低了预处理温度,减少了预处理过程中纤维素和半纤维素的损失,还能够提高原料的酶解利用率,是一种有效可行的预处理方法。

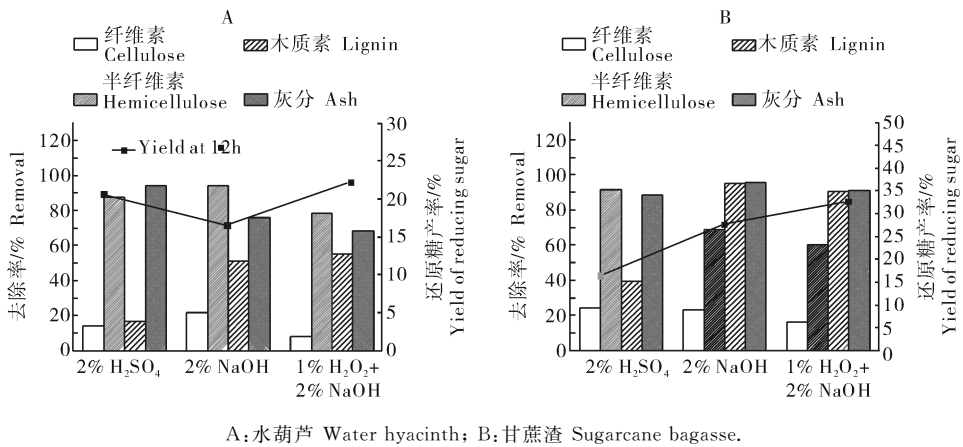


图 3 预处理后样品的各组分去除率与还原糖产率(基于原料质量)之间的关系

Fig.3 The influence of removal on reducing sugar yield (based on the raw materials) at 12 h

3 讨论

预处理对木质纤维素原料的酶解产糖有着非常重要的作用。笔者采用不同方法对水葫芦和甘蔗渣预处理后进行酶解产糖实验,获得了预处理对原料成分含量的影响程度,以及针对不同原料相对适用的预处理方法。

除甘蔗渣经 1% H_2O_2 + 2% NaOH 预处理后质量损失为 59.8%(得率 40.2%)外,水葫芦和甘蔗渣原料经 2% H_2SO_4 、2% NaOH 和 1% H_2O_2 + 2% NaOH 预处理后的质量损失均达 60% 以上。过高的质量损失率说明植物原料的利用率过低,这会导致生物质物料转化为产品的成本提高,从而限制其产业化利用。因此,仅从这一个参数(质量损失率或得率)来看,这 3 种预处理的参数条件还有待进一步优化,比如降低预处理的强度,包括预处理温度和时间等,以期尽量减少原料的损失率。

3 种预处理后水葫芦样品的酶解还原糖产率(基于预处理后样品质量)差异不大,而甘蔗渣经 2% H_2SO_4 预处理后的还原糖产率显著低于 2% NaOH 和 1% H_2O_2 + 2% NaOH 预处理;原因在于,一方面,2% H_2SO_4 预处理后甘蔗渣样品的纤维素和半纤维素去除率较高,可用于酶解的纤维成分减少,另一方面,2% H_2SO_4 预处理对甘蔗渣木质素和灰分的去除效果较差,预处理后甘蔗渣的木质素和灰分含量较高,木质素和灰分的存在可能会对酶产生吸附作用,对纤维素的酶解产生不利影响,导致其还原糖产率明显较低^[16]。而且,后 2 种预处理下甘蔗渣的还原糖产率均高于 3 种预处理后的水葫芦样品,显示了甘蔗渣更高的产糖潜力。预处理后样品的还原糖产率与纤维素和半纤维素的含量(或其总量)直接正相关,木质素和灰分的含量也在一定程度上影响样品的酶解。原料经预处理后的酶解还原糖产率和利用率与纤维素和半纤维素的损失成反

比,与木质素和灰分的去除率成正比。这个研究结果与Chen等^[16]对玉米秆化学预处理后酶解得出的结果一致。尤其是灰分的去除,对预处理后样品的酶解有一定程度的有利作用,虽然2% H₂SO₄预处理后水葫芦的木质素含量较高,但其灰分含量最低(去除率最高),其还原糖产率仍然稍高于2% NaOH和1% H₂O₂+2% NaOH预处理,而2% H₂SO₄处理后甘蔗渣的灰分含量则相对较高(去除率低),其还原糖产率显著低于另外2种预处理。灰分中很多金属阳离子都会在不同程度上抑制纤维素酶的活性,而且灰分对纤维素酶的吸附作用使酶的可及性和有效性有所降低,去除灰分可以有效地促进纤维素样品的酶解^[19]。

经3种预处理后,样品的纤维素含量明显升高,而半纤维素和灰分含量有不同程度的降低,木质素含量变化程度因不同预处理而不同。3种预处理对水葫芦木质素的去除效果均较差,2% NaOH和1% H₂O₂+2% NaOH预处理对甘蔗渣木质素的去除效果较好。1% H₂O₂+2% NaOH预处理不需高温(120℃)和灭菌锅,处理强度较低(90℃),将预处理后样品用于酶解产糖时,其原料利用率相对较高。Yamashita等^[17]对竹子进行预处理后酶解得到的研究结果与此相似,预处理强度较高时,会导致大量半纤维素的损失,降低全纤维素的酶解效果。从化学角度来看,1% H₂O₂+2% NaOH预处理是通过H₂O₂的氧化作用增强了去除木质素和灰分的效果,提高了纤维素的可利用性,从而降低了预处理的温度,同时提高了原料的酶解利用率,是一种有效可行的预处理方法,当然,其中的参数条件还需要根据预处理对象的具体特点进一步优化。

从整体上来看,水葫芦原料的纤维素含量较低,经3种预处理后的酶解产糖效果低于甘蔗渣,然而,作为典型的水生植物,水葫芦具有来源广泛、数量庞大以及生长繁殖迅速等优势,如果能够找到针对水葫芦的更加合适的预处理方法及酶解条件,有效地利用水葫芦转化成清洁的生物能源,不仅可以用于工业化生产,还能够防止水体水华等的产生、治理环境问题,为这一环境害草的最终处置和资源化利用提供可能途径。

参 考 文 献

[1] CHANG K L, THITIKORN-AMORN J, HSIEH J F, et al.

- Enhanced enzymatic conversion with freeze pretreatment of rice straw[J]. *Biomass Bioenergy*, 2011, 35(1): 90-95.
- [2] HARUN R, DANQUAH M K. Enzymatic hydrolysis of microalgal biomass for bioethanol production[J]. *Chem Eng J*, 2011, 168(3): 1079-1084.
- [3] 栗薇, 吴正舜. 木屑纤维素酶水解条件的试验研究[J]. *可再生能源*, 2007, 25(2): 41-43.
- [4] HU G, HEITMANN J A, ROJAS O J. Feedstocks pretreatment strategies for producing ethanol from wood, bark and forest residues[J]. *Bio Resources*, 2008, 3(1): 270-294.
- [5] BALAT M. Production of bioethanol from lignocellulosic materials via the biochemical pathway: a review[J]. *Energy Convers Manage*, 2011, 52(2): 858-875.
- [6] IBRAHIM M M, EL-ZAWAWY W K, ABDEL-FATTAH Y R, et al. Comparison of alkaline pulping with steam explosion for glucose production from rice straw[J]. *Carbohydr Polym*, 2011, 83(2): 720-726.
- [7] 柯静, 余洪波, 徐春燕, 等. 促进玉米秸秆酶解效率的化学预处理方法比较[J]. *纤维素科学与技术*, 2008, 16(1): 7-12.
- [8] 王旺霞, 荆磊, 金永灿, 等. 醋酸预水解对稻草化学成分及酶水解性能的影响[J]. *纤维素科学与技术*, 2011, 19(2): 35-45.
- [9] GURAGAIN Y N, DE CONINCK J, HUSSON F, et al. Comparison of some new pretreatment methods for second generation bioethanol production from wheat straw and water hyacinth[J]. *Biore-sour Technol*, 2011, 102(6): 4416-4424.
- [10] JEON Y J, XUN Z, ROGERS P L. Comparative evaluations of cellulosic raw materials for second generation bioethanol production[J]. *Appl Microbiol*, 2010, 51(5): 518-524.
- [11] SUKUMARAN R K, SINGHANIA R R, MATHEW G M, et al. Cellulase production using biomass feed stock and its application in lignocellulose saccharification for bio-ethanol production[J]. *Renew Energy*, 2009, 34(2): 421-424.
- [12] GHOSE T K. Measurement of cellulase activities[J]. *Pure & Appl Chem*, 1987, 59(2): 257-268.
- [13] 王林凤, 程远超. 硝酸乙醇法测定纤维素含量[J]. *化学研究*, 2011, 22(4): 52-55.
- [14] SLUITER A, HAMES B, RUIZ R, et al. Determination of structural carbohydrates and lignin in biomass[S]. Golden, Colorado: NREL, 2010.
- [15] BLASI C D, SIGNORELLI G, RUSSO C D, et al. Product distribution from pyrolysis of wood and agricultural residues [J]. *Ind Eng Chem Res*, 1999, 38: 2216-2224.
- [16] CHEN M, ZHAO J, XIA L. Comparison of four different chemical pretreatments of corn stover for enhancing enzymatic digestibility[J]. *Biomass Bioenergy*, 2009, 33(10): 1381-1385.
- [17] YAMASHITA Y, SHONO M, SASAKI C, et al. Alkaline peroxide pretreatment for efficient enzymatic saccharification of bamboo[J]. *Carbohydr Polym*, 2010, 79(4): 914-920.
- [18] SATYANAGALAKSHMI K, SINDHU R, BINOD P, et al.

Bioethanol production from acid pretreated water hyacinth by separate hydrolysis and fermentation[J]. J Sci Ind Res, 2011, 70: 156-161. [19] YU B, CHEN H Z. Effect of the ash on enzymatic hydrolysis of steam-exploded rice straw[J]. Bioresour Technol, 2010, 101:9114-9119.

Sugar production of water hyacinth and sugarcane bagasse biomass by enzymatic hydrolysis under three kinds of chemical pretreatment

LI Li¹ JIANG Tao¹ ZHOU Wen-bing¹ YUAN Yu¹ MA Zhong-hua²

1. *Laboratory of Eco-Environmental Engineering Research, College of Resources and Environment, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;*

2. *College of Science, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China*

Abstract Three kinds of chemical pretreatment including 2% H_2SO_4 , 2% NaOH, 1% H_2O_2 + 2% NaOH were used to pretreat water hyacinth and sugarcane bagasse biomasses. The pretreated biomasses were subjected to enzymatic hydrolysis. The relationship between the variation and the removal of the main components in pretreated biomasses and the effects of sugar production by enzymatic hydrolysis were investigated. Results showed that the yields of reducing sugar of water hyacinth pretreated by three chemical pretreatments had no obvious differences. The yields of sugarcane bagasse pretreated with 2% NaOH and 1% H_2O_2 + 2% NaOH were significantly higher than that pretreated with 2% H_2SO_4 , and higher than those of water hyacinth under three kinds of pretreatment, indicating that it was superior to water hyacinth. Cellulose content, lignin and ash removal had a positive effect on yield of reducing sugar of samples pretreated. High yield of reducing sugar up to 81.54% was obtained by enzymatic hydrolysis of sugarcane bagasse pretreated with 1% H_2O_2 + 2% NaOH for 12 hours. 1% H_2O_2 + 2% NaOH is an effective pretreatment method for lignocellulose materials due to its relatively mildness and high efficiency of utilizing raw material.

Key words chemical pretreatments; water hyacinth; sugarcane bagasse; enzymatic hydrolysis

(责任编辑:张志钰)