

玉米秸秆生物炼制燃料乙醇的研究



ZHU Jun-jun

朱均均¹, 陈尚钡², 勇强¹, 徐勇¹, 陈牧¹, 余世袁¹

(1. 南京林业大学 化学工程学院; 林木遗传与生物技术省部共建教育部重点实验室; 江苏省生物质绿色燃料与化学品重点实验室, 江苏 南京 210037; 2. 江西农业大学 林学院, 江西 南昌 330045)

摘 要: 以玉米秸秆为原料, 研究了中酸预处理条件下水洗得到的残渣经酶水解后进行己糖发酵、水洗液经三烷基胺萃取脱毒后进行戊糖发酵的乙醇得率, 并对整个工艺进行了物料衡算。结果表明: 中酸预处理的最佳条件为温度 100 ℃, 硫酸质量分数 3%, 时间 12 h。残渣的酶水解液浓缩至

葡萄糖质量浓度为 138.72 g/L 进行乙醇发酵, 在 24 h 时糖利用率为 99.02%, 此时乙醇质量浓度达到最高为 62.98 g/L, 是乙醇理论得率的 89.90%。水洗液经过三烷基胺萃取脱毒后, 乙酸、5-羟甲基糠醛和糠醛的去除率分别为 72.73%、42.86% 和 100%; 水洗液经浓缩、脱毒后的脱毒液(含有 7.80 g/L 葡萄糖和 52.80 g/L 木糖)的乙醇发酵能力大大提高, 在 48 h 时糖利用率为 93.17%, 此时乙醇质量浓度达到最高为 21.76 g/L, 是乙醇理论得率的 82.34%。经物料衡算, 生产 1 t 乙醇需要 6.8 t 绝干玉米秸秆。该工艺为实现己糖和戊糖分开发酵的工业化提供参考依据。

关键词: 玉米秸秆; 预处理; 酶解; 脱毒; 乙醇发酵

中图分类号: TQ353.4

文献标识码: A

文章编号: 0253-2417(2011)06-0035-06

Biorefinery of Corn Stover for Fuel Ethanol

ZHU Jun-jun¹, CHEN Shang-xing², YONG Qiang¹, XU Yong¹, CHEN Mu¹, YU Shi-yuan¹

(1. College of Chemical Engineering, Nanjing Forestry University; Key Laboratory of Forest Genetics & Biotechnology, Ministry of Education; Jiangsu Key Lab of Biomass-based Green Fuel & Chemicals, Nanjing 210037, China;
2. College of Forestry, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

Abstract: Corn stover was pretreated by moderate acid and then washed by water. The solid residue after filtration was hydrolyzed to monosaccharide with cellulase for further fermentation to ethanol, while the liquid fraction after filtration was detoxified with trialkylamine extraction to ferment to ethanol. The material balance was carried out in the whole process. The results showed that the optimal pretreatment conditions were temperature 100 ℃, sulfuric acid mass fraction 3% and time 12 h. After 24 h fermentation of the condensed enzymatic hydrolyzate containing 138.72 g/L of glucose, the sugar utilization rate was 99.02% and the ethanol mass concentration reached its peak value of 62.98 g/L, which corresponded to 89.90% of the theoretical value. Prehydrolyzate was detoxified by trialkylamine extraction, 72.73% of acetic acid, 42.86% of 5-hydroxymethylfurfural and 100% furfural could be removed. The fermentability of the detoxified prehydrolyzate was significantly improved. After 48 h fermentation of the detoxified prehydrolyzate containing 7.80 g/L of glucose and 52.80 g/L of xylose, the sugar utilization rate was 93.17%, and the ethanol concentration reached its peak value of 21.76 g/L, which corresponded to 82.34% of the theoretical value. After materials balance, it required 6.8 t absolutely dry corn stover to produce one ton ethanol. The process of this study provided the reference to realize the industrialization of hexose and pentose fermentation separately.

Key words: corn stover; pretreatment; enzymatic hydrolysis; detoxification; ethanol fermentation

乙醇是一种可再生的、生物基含氧燃料, 其生产原料主要有淀粉糖类和木质纤维类。以淀粉为原料生产乙醇存在与民争粮等缺点受到限制而被叫停, 而以木质纤维为原料因其具有含量丰富、价格低廉等而得到广泛研究。木质纤维原料包括纤维素、半纤维素和木质素, 通过对其进行预处理、酶水解后将纤

收稿日期: 2011-06-20

基金项目: 国家林业局林业公益性行业科研专项(201004001); 江苏高校科技创新团队资助项目(无编号); 江苏高校优势学科建设工程资助项目(无编号)

作者简介: 朱均均(1979-), 男, 江苏如皋人, 讲师, 博士, 主要从事生物质资源生物转化的研究。

纤维素和半纤维素转化为可发酵性糖用于发酵生产乙醇^[1-3]。预处理是木质纤维原料生物转化的第一步也是最为关键的一步,一个好的预处理方法不仅能够具有较高的糖得率,还应尽可能降低抑制物的产生。预处理方法有物理法、化学法、生物法和结合法等^[4],而预处理后产生的抑制物主要有弱酸类、呋喃类及酚类化合物类^[5],其中弱酸类中的甲酸和乙酸是影响树干毕赤酵母发酵的主要抑制物^[6]。笔者通过对玉米秸秆进行中酸预处理研究,旨在将己糖和戊糖分开发酵。研究了不同的预处理条件,预处理渣酶水解液的乙醇发酵,水洗液的脱毒、乙醇发酵及整个工艺的物料衡算,以期工业化生产实现己糖和戊糖分开发酵提供基础数据和参考。

1 材料与方法

1.1 玉米秸秆中酸预处理

玉米秸秆收集于内蒙古呼和浩特市,其主要成分纤维素、半纤维的质量分数分别为 37.3%、19.2%。一定质量的玉米秸秆(0.180~0.425 mm)在质量分数 2%~4% 的硫酸中浸泡过夜(固液比为 1:15, g:mL),将酸液抽滤出,滤出的酸液回用于下一轮。滤渣稍微研磨后装入封闭容器中,放入 90~110 °C 烘箱中保温 8~12 h,取出,用一定体积的 60 °C 左右水洗液(以起始原料为基准,固液比为 1:10, g:mL)、抽滤 3 次,并用旋转蒸发仪(水浴温度 70 °C,真空压力 17 kPa)将滤液浓缩至木糖质量浓度为 50 g/L 左右,此时得到的滤液即为玉米秸秆预水解液。分别收集滤液和滤渣,备用。

1.2 玉米秸秆预处理渣的酶水解

称取相当于 2.0 g 的绝干预处理玉米秸秆渣于 50 mL 三角瓶中,加入 1 mol/L 柠檬酸缓冲溶液 1 mL,再加入酶用量为 15 FPIU/g(以纤维素计,下同)的纤维素酶液,用水定容至 20 mL,充分搅拌均匀封口后,置于 50 °C、振幅 80 的恒温水浴中酶解 48 h。反应结束后于 3 000 r/min 下离心 10 min,取上清液稀释后采用 HPLC 测定糖的组成及浓度。

1.3 玉米秸秆预水解液的脱毒

玉米秸秆预水解液采用三烷基萃取法^[7]进行脱毒,具体方法如下:移取一定体积的玉米秸秆预水解液于三角瓶中,按水油相比 1:2(体积比,下同)加入一定比例的萃取剂(三烷基胺-正辛醇-煤油,体积比 3:5:2),用封口膜封口后放入摇床中(温度 25 °C、转速 200 r/min)反应 60 min 后取出,在 5 000 r/min 下离心 5 min,得到的下层水相即为脱毒液。

1.4 乙醇发酵

1.4.1 菌种 己糖发酵酵母:酿酒酵母(*Saccharomyces cerevisiae*) NL22;戊糖发酵酵母:树干毕赤酵母(*Pichia stipitis*) NLP31,均保藏于南京林业大学生物化工研究所,保存在 4 °C 琼脂糖斜面上。

1.4.2 培养基 斜面培养基(g/L):葡萄糖/木糖 20,琼脂 20,蛋白胨 5,酵母浸膏 3;活化及增殖培养基(g/L):葡萄糖/木糖 20,蛋白胨 5,酵母浸膏 3,用蒸馏水配制;酶解液发酵培养基(g/L):一定浓度酶水解糖液(以葡萄糖计),CaCl₂ 0.20, MgSO₄ 0.08, ZnCl₂ 0.08, 尿素 0.24,加入酸或碱调节 pH 值为 5.6~6.0;脱毒液发酵培养基(每升含量):一定量浓度脱毒液,(NH₄)₂SO₄ 5 g, KH₂PO₄ 3 g, MgSO₄·7H₂O 0.5 g, EDTA 30 mg, ZnSO₄·7H₂O 9 mg, MnCl₂·2H₂O 2 mg, CoCl₂·6H₂O 0.6 mg, CuSO₄·5H₂O 0.6 mg, Na₂MoO₄·H₂O 0.8 mg, CaCl₂·2H₂O 9 mg, FeSO₄·7H₂O 6 mg, H₃BO₃ 2 mg, KI 0.2 mg。用 pH 值 5.4 的柠檬酸缓冲液配制。

1.4.3 发酵条件 酿酒酵母(树干毕赤酵母)活化及增殖培养条件:温度 30 °C,转速 150 r/min(170 r/min)。当酵母增殖几轮后,将离心后的酵母转入发酵培养基进行发酵,发酵条件为:温度 30 °C,转速 150 r/min。

1.5 分析方法

1.5.1 原料分析 原料中纤维素、戊聚糖和木质素含量的分析按造纸原料成分标准方法分析^[8]。

1.5.2 糖、乙醇及抑制物定量分析 糖(纤维二糖、葡萄糖、木糖和阿拉伯糖)、乙醇、抑制物(甲酸、乙酸、乙酰丙酸、5-羟甲基糠醛和糠醛)定量分析在美国 Agilent 1100 型高效液相色谱仪上进行。采用

Bio-Rad HPX-87H 柱(7.8 mm × 300 mm),柱温 55 ℃,流动相 5 mmol/L 的硫酸,流速 0.6 mL/min,上样量 10 μL,示差折光检测器。外标法测定。

计算方法:糖利用率表示消耗糖的质量浓度与发酵初始糖的质量浓度的百分比。乙醇得率是指生成的乙醇质量浓度与发酵中消耗糖的质量浓度分别乘以转换系数后的百分比,理论上 1 g 葡萄糖得到 0.51 g 乙醇,而 1 g 木糖得到 0.46 g 乙醇。

2 结果与讨论

2.1 玉米秸秆中酸预处理

在前期预处理实验的基础上,选取温度、硫酸质量分数和时间作为影响因素,旨在得出最适宜的中酸预处理条件,设计了一个 3 因素 3 水平的正交试验(L_93^4)对预处理的主要影响因素进行进一步优化^[9]。玉米秸秆经过中酸预处理后,用蒸馏水洗涤,洗涤后的固体渣经纤维素酶水解,采用 HPLC 测糖浓度,而水洗液也采用 HPLC 测糖和主要的抑制物的浓度,正交试验的设计及结果如表 1 所示。

表 1 正交试验设计及结果

Table 1 The factors and levels of the orthogonal design

序号 No.	温度/℃ temperature	硫酸质量分数/% H ₂ SO ₄ mass fraction	时间/h time	总糖/(% ¹⁾ total sugar	抑制物 inhibitor/%	
					甲酸 formic acid	乙酸 acetic acid
1	90	2	8	30.3	0.17	5.18
2	90	3	10	39.0	0.35	5.68
3	90	4	12	43.0	0.41	5.96
4	100	2	10	41.1	0.31	5.83
5	100	3	12	44.3	0.36	6.04
6	100	4	8	43.5	0.42	5.72
7	110	2	12	43.6	0.51	6.74
8	110	3	8	43.6	0.52	6.63
9	110	4	10	44.8	0.63	6.95
k_1	37.433	38.333	39.133			
k_2	42.967	42.303	41.633			
k_3	44.000	43.767	43.633			
R	6.567	5.434	4.500			

1) 总糖是指 100 g 玉米秸秆预处理渣酶水解后的还原糖与玉米秸秆预处理后水洗液中还原糖之和,还原糖包括纤维二糖、葡萄糖、木糖和阿拉伯糖 Total sugars refers to the sum of reducing sugars from the enzymatic hydrolysis of the 100 g pretreated corn stover and reducing sugars from the hydrolyzate after water-washing pretreated corn stover. Reducing sugar contains cellobiose, glucose, xylose and arabinose

以总糖为考察指标,根据表 1 计算极差(R)值大小分析可知,影响总糖含量的因素从大到小依次为:温度、硫酸质量分数、时间。并推算出当温度 110 ℃,硫酸质量分数 4%,时间 10 h 时,总糖得率最高(44.8%),也即为表 1 中 9 号实验。但从表 1 中总糖结果可知,5 号实验结果与 9 号实验结果相差不大,可以通过延长时间来降低温度和硫酸质量分数。另外,从表 1 中主要抑制物甲酸和乙酸的含量也可知,提高温度会增加抑制物的生成,不利于后续的乙醇发酵。因此,综合考虑总糖、抑制物及成本等因素,确定温度 100 ℃,硫酸质量分数 3%,时间 12 h 作为玉米秸秆中酸预处理的最适宜条件。

2.2 玉米秸秆预处理渣酶解后的乙醇发酵

玉米秸秆经过最适宜条件的中酸预处理后,水洗得到的残渣用纤维素酶水解成单糖(主要为葡萄糖)后可用酿酒酵母进行发酵。当葡萄糖质量浓度很低(10 g/L)时,其消耗速度与糖质量浓度成直线关系,但当葡萄糖质量浓度达到 150 g/L 以上时,它对酵母的发酵和呼吸作用都产生抑制作用,主要是因为高葡萄糖浓度会导致高渗透压和低水活性^[10-11]。因此,本研究将得到的酶水解液用旋转蒸发仪(70 ℃,17 kPa)浓缩至葡萄糖质量浓度为 150 g/L 左右用于发酵,其乙醇发酵历程如图 1 所示。

从图 1 中可以看出,随着发酵时间的延长,葡萄糖的利用呈现先快速下降后趋于缓慢的趋势,从发酵 0 h 的 138.72 g/L 下降到 24 h 的 1.36 g/L,而乙醇质量浓度则随着葡萄糖的不断消耗而呈现先快速增加后趋于平缓的趋势,在发酵 24 h 的乙醇质量浓度达到 62.98 g/L,此时的糖利用率和乙醇得率分别

达到 99.02 % 和 89.90 %。这说明 *S. cerevisiae* NL22 能够在葡萄糖质量浓度为 150 g/L 的酶水解中达到较高的乙醇得率和糖利用率, 这为燃料乙醇的工业化生产提供可靠的依据。

2.3 玉米秸秆预水解液的脱毒

玉米秸秆预水解液与三烷基胺萃取剂以水油相比 1:2 加入三角瓶中混合后置于摇床中, 在 25 °C、200 r/min 下进行脱毒反应 60 min, 反应结束后离心, 取出下层水相采用 HPLC 进行分析。玉米秸秆预水解液脱毒前后成分分析如表 2 所示。

从表 2 中可以看出, 玉米秸秆预水解液经过三烷基胺萃取脱毒后, 糖(纤维二糖、葡萄糖、木糖和阿拉伯糖)的浓度没有降低反而升高, 这可能是因为在萃取的过程中, 有部分水也被萃取到有机相中。而抑制物质量浓度均有不同程度的下降, 糠醛、乙酸、甲酸、乙酰丙酸和 5-羟甲基糠醛分别下降了 100 %、72.73 %、61.29 %、43.90 % 和 42.86 %。这说明三烷基胺萃取脱毒是一种有效的脱毒方法, 其去除抑制物的能力高, 并且不损失糖是选择其脱毒的重要原因^[12-15]。

表 2 玉米秸秆预水解液脱毒前后的组成分析

Table 2 Component analyses of corn stover prehydrolyzate before and after detoxification

成分 component	脱毒前质量浓度/(g·L ⁻¹) mass concentration before detoxification	脱毒后质量浓度/(g·L ⁻¹) mass concentration after detoxification
纤维二糖 cellobiose	3.62	3.78
葡萄糖 glucose	7.18	7.70
木糖 xylose	51.32	54.83
阿拉伯糖 arabinose	8.00	8.57
甲酸 formic acid	0.31	0.12
乙酸 acetic acid	3.74	1.02
乙酰丙酸 levulinic acid	0.41	0.23
5-羟甲基糠醛 5-hydroxymethylfurfural	0.14	0.08
糠醛 furfural	0.03	0

2.4 玉米秸秆预水解液脱毒后的乙醇发酵

玉米秸秆预水解液经过三烷基胺萃取后的脱毒液(含有 7.80 g/L 葡萄糖和 52.80 g/L 木糖), 采用经驯化的树干毕赤酵母 *P. stipitis* NLP31 进行乙醇发酵, 其发酵产物乙醇质量浓度、糖利用率和乙醇得率如表 3 所示。

表 3 玉米秸秆中酸预水解液脱毒后的乙醇发酵

Table 3 Ethanol fermentation of detoxified prehydrolyzate of corn stover

时间/h time	乙醇质量浓度/(g·L ⁻¹) ethanol mass concentration	糖利用率/% sugar utilization	乙醇得率/% ethanol yield
0	0	0	0
24	12.00	56.73	73.85
36	17.71	77.16	80.66
48	21.76	93.17	82.34
60	22.00	98.93	78.47

从表 3 中可以看出, 随着发酵时间的延长, 乙醇浓度呈现先快速上升后趋于平缓的趋势。在发酵 48 h 时, 乙醇质量浓度达到 21.76 g/L, 此时的糖利用率和乙醇得率分别为 93.17 % 和 82.34 %; 当发酵

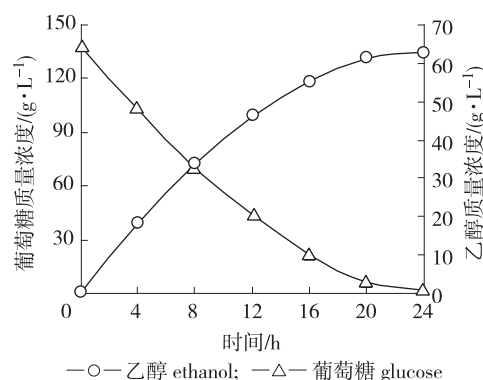


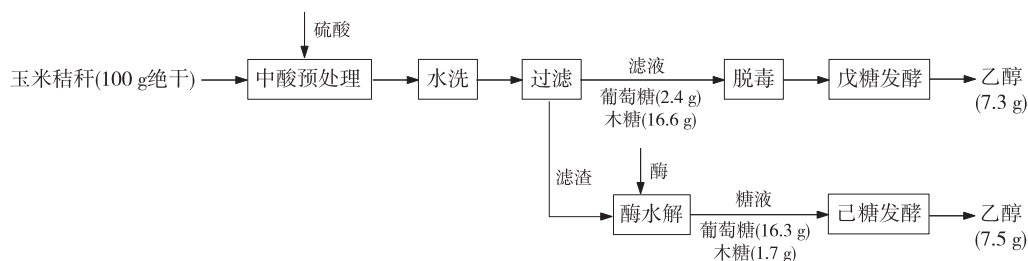
图 1 玉米秸秆预处理渣酶解液酿酒酵母 NL22 乙醇发酵的历程

Fig. 1 The time course of ethanol fermentation of the enzymatic hydrolyzate from moderate acid pretreated corn stover by *S. cerevisiae* NL22

时间延长至 60 h 时,乙醇质量浓度略有增加,此时的糖利用率有所提高,增加到 98.93%,但乙醇得率却有所下降,降低到 78.47%。而未脱毒的水洗液乙醇发酵基本上不能发酵(数据未列出),这说明水洗液经过三烷基胺萃取脱毒后,其乙醇发酵能力大大增强,这有利于戊糖发酵生成乙醇。

2.5 物料衡算

玉米秸秆经过中酸预处理、酶水解、水洗液脱毒以及戊糖、己糖分开发酵制备乙醇的工艺进行物料衡算,并根据每一步液体的体积,将质量浓度数据转换为绝对质量。其物料衡算如下图所示。



从物料衡算结果可以得出,100 g 绝干的玉米秸秆最终可以得到 14.8 g 乙醇,折算成 1 t 乙醇需要 6.8 t 绝干的玉米秸秆。一般认为生产 1 t 乙醇需要 6~7 t 绝干玉米秸秆,而据报道,理论上 1 t 乙醇只需要 2.6 t 玉米秸秆^[15],与理论相比还有很大的差距,主要原因是可用于乙醇发酵的葡萄糖含量低(100 g 绝干玉米秸秆酶水解只得到 16.3 g 葡萄糖)。

2.6 讨论

本工艺虽然实现戊糖和己糖分开发酵,但存在着纤维素酶水解得率偏低的特点,主要原因是:1) 纤维素酶是本实验室利用里氏木霉以纸浆为碳源所产酶,存在 β -葡萄糖苷酶活力偏低的特点,导致在纤维素酶水解过程中存在纤维二糖对纤维素酶组分的反馈抑制作用(纤维二糖的抑制作用要强于葡萄糖)^[16];2) 纤维素酶的用量低、酶解时间短;3) 中酸预处理条件弱,玉米秸秆的化学结构破坏程度较低导致纤维素对酶的可及度低,可通过与其他方法,如机械磨浆法^[17]相结合,进一步打开纤维原料的结构,从而增加单位原料的糖得率。

3 结论

3.1 玉米秸秆中酸预处理的最佳条件为温度 100 °C,硫酸质量分数 3%,时间 12 h。

3.2 玉米秸秆预处理渣经过酶水解、浓缩后的糖液乙醇发酵能力在 24 h 达到最高,乙醇质量浓度、糖利用率和乙醇得率分别为 62.98 g/L、99.02% 和 89.90%。

3.3 玉米秸秆预水解液经三烷基胺脱毒、浓缩后的脱毒液乙醇发酵能力在 48 h 达到最高,乙醇质量浓度、糖利用率和乙醇得率分别为 21.76 g/L、93.17% 和 82.34%。

3.4 玉米秸秆以本工艺制备乙醇,1 t 乙醇需要 6.8 t 绝干玉米秸秆。

参考文献:

- [1] HENDRIKS A T W M, ZEEMAN G. Pretreatments to enhance the digestibility of lignocellulosic biomass[J]. *Bioresource Technology*, 2009, 100:10-18.
- [2] 余世袁. 植物纤维制备燃料乙醇的关键技术[J]. *生物质化学工程*, 2010, 40(增刊):8-12.
- [3] 陈牧, 连之娜, 李鑫. 玉米秸秆蒸爆渣的氨基酸辅助纤维素酶水解[J]. *生物质化学工程*, 2010, 44(2):15-18.
- [4] GALBE M, ZACCHI G. Pretreatment of lignocellulosic materials for efficient bioethanol production[J]. *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*, 2007, 108:41-45.
- [5] 朱均均, 勇强, 陈尚研, 等. 玉米秸秆蒸汽爆破降解产物的分析[J]. *林产化学与工业*, 2009, 29(2):22-26.
- [6] 朱均均. 木质纤维素预水解液脱毒方法的研究[D]. 南京:南京林业大学博士学位论文, 2009.
- [7] ZHU J, YONG Q, XU Y, et al. Detoxification of corn stover prehydrolyzate by trialkylamine extraction to improve the ethanol production with *Pichia stipitis* CBS 5776[J]. *Bioresource Technology*, 2011, 102:1663-1668.

- [8] 石淑兰,何福望. 制浆造纸分析与检测[M]. 北京:中国轻工业出版社,2003.
- [9] 方开泰,马长兴. 正交与均匀试验设计[M]. 北京:科学出版社,2001.
- [10] PANCHAL C J,PEACOCK L,STEART G G. Effects of osmotic pressure on ethanol tolerance in yeasts[J]. *Biotechnology Letters*,1982,4:639-644.
- [11] GIBSON B R,LAWRENCE S J,LECLAIRE J P R,et al. Yeast responses to stresses associated with industrial brewery handling[J]. *FEMS Microbiology Review*,2007,31:535-69.
- [12] MARTINEZ A,RODRIGUEZ M E,YORK S W,et al. Effects of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ treatments('overliming') on the composition and toxicity of bagasse hemicellulose hydrolysates[J]. *Biotechnology and Bioengineering*,2000,69(5):526-536.
- [13] MUSSATTO S I,ROBERTO I C. Alternatives for detoxification of diluted-acid lignocellulosic hydrolysates for use in fermentative process. A review[J]. *Bioresource Technology*,2004,93:1-10.
- [14] GRZENIA D L,SCHELL D J,WICKRAMASINGHE S R. Membrane extraction for removal of acetic acid from biomass hydrolysates[J]. *Journal of Membrane Science*,2008,322:189-195.
- [15] GLASSNE D,HETTENHAUS J,SCHECHINGER T. Corn stover collection project-a pilot for establishing infrastructure for agricultural residue and other crop collection for biomass processing to ethanol[C]//Process Bioenergy Conference,Madison,WI,1998.
- [16] KNUTSEN J S,DAVIS R H. Cellulase retention and sugar removal by membrane ultrafiltration during lignocellulosic biomass hydrolysis[J]. *Applied Biochemistry and Biotechnology*,2004(113/114/115/116):585-598.
- [17] 李红斌,房桂干,邓拥军,等. 麦草化学机械制浆预处理方法研究[J]. *林产化学与工业*,2009,29(2):81-84.

大型精密仪器

准确分析结果

中国林业科学研究院林产化学工业研究所仪器分析中心

中国林业科学研究院林产化学工业研究所仪器分析中心是大型分析仪器科学研究的平台,江苏省大型仪器协作共用及维修网成员单位。以开展分析测试服务、分析测试技术与方法研究为主要任务。提供无机化合物分析、有机化合物的定性和结构分析、有机化合物组成定量分析、固体粉末或乳液中颗粒的粒度分布测定、微孔物质的比表面积和孔隙度测定等分析测试服务,承接所内外的样品测试任务。中心现有仪器均为世界著名品牌,性能可靠,技术先进。

- 美国 Nicolet 公司 MAGNA-IR550 气相色谱-傅立叶红外联用仪
- 美国 Agilent 公司 6890N/5973N 气相色谱-质谱联用仪
- 美国 PE 公司 PE-AA 300 原子吸收光谱仪
- 英国 Malvern 公司 Mastersizer 2000 激光粒度仪
- 日本 Shimadzu 公司 LC-20A 液相色谱仪
- 日本 Shimadzu 公司 LC-8A 制备液相色谱仪
- 美国 Waters 公司 1515 凝胶色谱仪
- 美国麦克仪器公司 ASAP 2020M 全自动比表面积及物理吸附分析仪
- 美国 Agilent 公司 LC/MSD Trap SL 液相色谱离子阱质谱联用仪
- 美国 PE 公司 Diamond DSC 差示扫描量热仪
- 德国耐驰公司 STA 409 综合热分析仪
- 日本日立公司 S3400N-I 型扫描电子显微镜

法定检验机构 第三方公正评价

国家林业局林化产品质量监督检验站

该检验站是国家林业局授权的法定检测机构,具有第三方公正地位,挂靠在中国林业科学研究院林产化学工业研究所。可对下列产品进行质量监督和产品质量检验:

- 脂松香及再加工产品
- 松节油及再加工产品
- 栲胶原料、栲胶产品
- 单宁酸原料、工业单宁酸、工业没食酸、络合剂等
- 活性炭产品
- 其他归口的林化产品

欢迎来人来函联系产品分析和产品质量检验

联系电话: 025-85482448 85482449
传 真: 025-85413445

联系地址: 210042 南京市锁金五村 16 号 林化所内
联系人: 谭卫红