

文章编号: 1005—8893 (2003) 01—0004—03

酶水解小麦秸秆纤维素研究^{*}

全 易¹, 夏天喜¹, 刘 红²

(1. 江苏工业学院 化学工程系, 江苏 常州 213016)

摘要: 对小麦秸秆纤维素的生物降解进行了探索。考察了酶的用量、底物浓度、pH 值及其在线控制、反应时间诸因素对酶解反应的影响。实验结果表明最适宜反应条件为: 酶/小麦秸秆=0.04、秸秆浓度为 5%、反应时间 3 天、在线控制 pH 值 4.8。在此条件下, 酶解率可达 60.4%。

关键词: 小麦秸秆; 酶; 水解

中图分类号: TQ 351.36

文献标识码: A

我国有丰富的纤维素资源, 仅农作物秸秆一项就年产 6 亿多吨, 是一个尚未开发的巨大宝库, 以麦秆为例, 其中纤维素和半纤维素的含量在 60% 以上, 其基本单元组成为葡萄糖、木糖等糖类, 糖经生物发酵还可以转化为乙醇。但目前农作物秸秆的利用率不高, 绝大部分被自然腐败或燃弃。不仅浪费了宝贵的资源, 而且造成了环境的污染。因此利用生物化学方法综合利用农作物秸秆成为当前国内外科学家竞相开展的研究课题。

采用稀酸高温水解的方法可以水解纤维素, 但此法能耗大、酸用量大, 对环境污染严重。70 年代以来, 研究的重点转移到酶法水解。酶法水解条件温和, 环境友好, 可实现纤维素的高效水解。植物秸秆是由纤维素、半纤维素和木质素构成。纤维素大部分为结构紧密的结晶状态, 被木质素缠绕包围, 水解传质阻力很大, 所以破坏木质素保护层和改变纤维素的晶体结构, 可促进纤维素的降解, 提高其利用率。为此人们采用物理、化学以及生物的方法对纤维素进行预处理。如用液氨、研磨、高能电子辐射、微波、超声波及蒸汽爆破等技术。经过这样处理的纤维素便有可能被纤维素酶水解。此项研究目前存在的问题一是酶用量大, 二是纤维素的转化率低^[1~4], 仅达到 17% 左右。而且水解底物

浓度低。

本文在前人研究的基础上, 对秸秆纤维素的生物降解条件作了进一步探索。

1 实验部分

1.1 原料、试剂与仪器

原料和试剂: 小麦秸秆: 经过粉碎和高压膨化处理, 其干基组成见表 1; 纤维素酶由宁夏和氏壁公司提供, 含有纤维素酶、Fpase、CMCase、半纤维素酶、 β -葡聚糖酶、果胶酶的复合酶; 其它试剂均为化学纯。

表 1 小麦秸秆干基组成 %

灰分	木素	乙酰基	聚糖尾酸	聚葡萄糖	聚半乳糖	聚阿拉伯糖	聚木糖
1.6	22.0	2.9	2.7	44.8	0.9	2.0	22.6

仪器: 恒温水浴; 高压液相色谱仪。

1.2 酶解反应步骤

称取一定量经过预处理的小麦秸秆, 放入装有定量蒸馏水的试剂瓶中, 用稀醋酸调 pH 后, 加入一定量的纤维素酶, 搅拌均匀后放入恒温水浴锅中在恒定温度下进行酶解反应。定时取样, 煮沸 10 min 灭酶, 过滤后, 分析测定酶解液中糖含量。

* 收稿日期: 2003—01—09

作者简介: 全易 (1943—), 男, 上海市人, 教授, 主要从事精细化工产品的研究与开发; 2—本院 2002 届毕业生。

1.3 酶解液中含糖量测定

采用高压液相光谱仪测定酶解液中糖量。

酶解率= $\frac{\text{酶解液中糖量 (g)}}{\text{试样秸秆质量 (g)}} \times 100\%$

2 结果与讨论

2.1 酶用量对酶解反应的影响

本研究采用的纤维素酶系复合酶，其中每一种酶都有其最适宜的反应条件，综合考虑每一种酶的活力，选定酶解反应的条件为：反应温度 50℃，pH=4.8。在此条件下，首先考察酶用量对酶解反应的影响。称取纤维素各 2 g，加 40 mL 蒸馏水，用醋酸调 pH，改变酶用量，反应时间为 72 h，实验结果如图 1 所示。

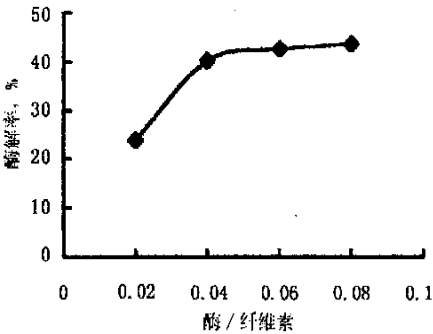


图 1 酶用量对酶解反应的影响

结果表明，增加纤维素酶的用量，可以提高酶解产率。从经济效益和酶解产率两方面权衡，酶的用量在 4%左右为好。

2.2 反应时间对酶解反应的影响

称取底物纤维素 2 g，加蒸馏水 40 mL，调 pH=4.8，再加纤维素复合酶 0.079 7 g，在上述条件下反应。实验结果如图 2 所示。

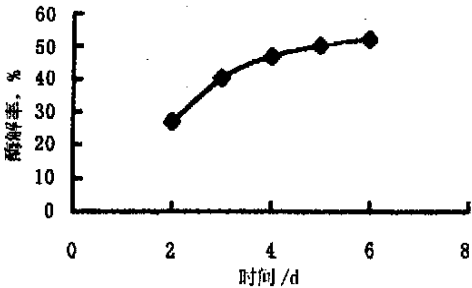


图 2 反应时间对酶解反应的影响

随着酶解时间的增加，酶解率增大，说明适当延长酶解时间可增加酶解率。但反应速率随时间的

增加而下降，最后达到热力学平衡，即使增加反应时间也不能增加酶解率。

2.3 底物浓度对酶解的影响

在反应温度 50℃、pH=4.8、酶/纤维素=0.04、反应时间 3 天的条件下，考察了底物浓度对酶解反应的影响。实验结果如图 3 所示。

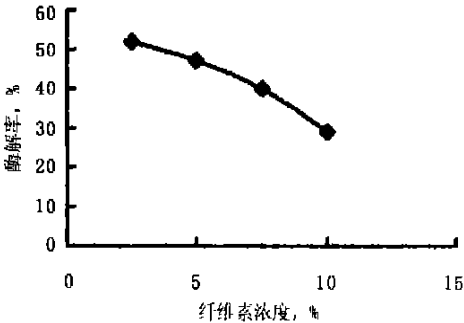


图 3 纤维素浓度对酶解反应的影响

实验结果显示随纤维素浓度的增加，酶解率降低，这可能是因为生成的糖对酶的阻隔作用，这也是生物反应的普遍现象。

2.4 pH 对酶解反应的影响

实验观察到，酶解反应过程中 pH 是在不断下降的。酶的活性受其环境 pH 的影响较大，在一定的 pH 条件下，酶反应具有最大速度。因此酶解过程中是否需要在线调节 pH 值？对此进行了考察。

在反应温度 50℃、pH=4.8、酶/纤维素=0.04、纤维素浓度为 5%、反应时间 3 天的条件下，考察了在线控制 pH 对酶解反应的影响。实验结果见表 2。

表 2 pH 对酶解反应的影响

	不控制 pH	在线调 pH 值
酶解率, %	47.2	51.1

从上表可以看出，在线调 pH 至酶解最佳 pH 值对酶解反应是有利的。

2.5 搅拌对酶解反应的影响

进一步考察了搅拌对酶解反应的影响，在上述条件下，作了对比试验，结果见表 3。

表 3 搅拌对酶解反应的影响

	静态反应	搅拌下反应
酶解率, %	51.6	60.4

实验数据表明搅拌有利于克服传质阻力，提高反应速度。

3 结 论

用经膨化预处理的小麦秸秆为原料, 用纤维素酶水解是可行的; 经过试验得到了适宜的反应条件: 酶/小麦秸秆=0.04、秸秆浓度为5%、反应时间3天、在线控制pH=4.8, 在此条件下, 酶解率可达60.4%; 在探索实验中, 曾将未经预处理的小麦秸秆用纤维素酶水解, 3天后无变化, 可见秸秆的预处理非常重要, 是保证酶水解反应顺利进行的关键; 对比试验结果表明在有搅拌的情况下, 酶解率较高, 说明传质阻力在酶解反应中有影响,

在进一步的研究中, 要考虑强化传质措施。

参考文献:

- [1] 周亚礁, 安新跃, 左振越. 农作物秸秆的生物转化研究 [J]. 农业环境保护, 1999, 18 (6): 254—257.
- [2] 孟爱民, 蔡明臻. 秸秆的酶解腐化技术研究 [J]. 资源节约和综合利用, 2000, (4): 53—54.
- [3] 栗学俐, 贺飞. 纤维素酶水解纤维素还原糖的测定 [J]. 湖北化工, 1999, 16 (1): 43—44.
- [4] 李稳宏, 吴大雄, 李宝璋. 麦秸秆纤维素酶解法制糖研究 [J]. 化学工程, 1998, 26 (1): 54—57.

Study on Enzymatic Hydrolysis of Cellulose of Wheat Straw

QUAN Yi¹, XIA Tian-xi¹, LIU Hong²

(1. Department of Chemical Engineering, Jiangsu Polytechnic University, Changzhou 213016, China)

Abstract: Enzymatic hydrolysis of cellulose of wheat straw was tried. The effect of the amount of enzyme, concentration of reaction material, control of pH on line and reaction temperature on the reaction of enzymatic hydrolysis were studied. Experimental results showed that the optimum condition was: the 0.04 ratio of enzyme to wheat straw, 5% concentration of wheat straw, reaction time—3days and control of pH4.8 on line. In the optimum condition the efficiency of enzymatic hydrolysis could reach 60.4%.

Key words: wheat straw; enzyme; hydrolysis