玉米秸秆发酵制备燃料乙醇生产工艺的思考

张茂芬

（吉林燃料乙醇有限责任公司，吉林吉林132101）

摘要：玉米秸秆属于再生资源的一种，并且具有原材料廉价和资源数量丰富的特点，主要由纤维素和木质素构成，秸秆在经过一定加工工艺后，如预处理、水解处理、发酵处理会分解产生乙醇，这种乙醇极其适合应用在工业燃料制作中。为此，本文分析了玉米秸秆的成分，以及其预处理、水解、发酵等相关加工工艺，旨在为玉米秸秆制备燃料乙醇提供技术参考。

现阶段，全世界正在面临较大的能源危机，而石油资源的日渐枯竭让化工燃料生产行业陷入了瓶颈期，此时，酒精成为了潜力最大的替代品，为此，各大化工燃料生产企业开始将发展眼光投射在了燃料乙醇的制备上。而玉米秸秆则是制备燃料乙醇的良好原材料，应用秸秆制备燃料乙醇，不但能够缓解能源危机，还能提高对秸秆的利用率，符合科学发展观的要求。

1玉米秸秆成分分析

玉米秸秆的构成成分主要包括：纤维素、木质素、浸提物质、半纤维素、灰等。纤维素中含量最高的化学分子是脱水葡萄糖，可以判定纤维素为纤维二糖的化学单元重复体。

半纤维素主要包括木聚糖、葡聚糖、甘露聚糖，其中的短链多糖成分属于易溶解于水的化学分子。木质素以苯丙烷为基本计量单位，属于高分子方向化合物的一种，可以对水解纤维素形成良好的屏障。

2玉米秸秆的预处理操作

在玉米秸秆的细胞壁中，纤维素分子被包裹在半纤维素和木质素之间，并以网状结构存在，并且纤维素本身具有质地密集的特征，将半纤维素和木质素当成保护层，此时，直接进行水解操作的成功率较低，因此，需要对玉米秸秆进行预处理，为接下来水解工艺的应用奠定基础。下面将对玉米秸秆的预处理方式及其工艺进行进一步分析。

（1）物理预处理方式。物理预处理方式即对玉米秸秆进行机械性粉碎，也是最为原始和常见的预处理工艺，操作人员可以通过切、割、碾、磨等方式减少玉米秸秆原有的粒度，并增加秸秆颗粒底部和酶的接触面积，进而降低纤维素的结晶程度。物理粉碎秸秆的方式有干粉粉碎、湿法粉碎、振动粉碎、压缩粉碎几种常见的处理方式。除了传统的秸秆粉碎预处理方式外，新型的物理预处理工艺还包含了高温处理和超声波处理等。

（2）化学预处理方式。在玉米秸秆预处理中应用范围最广的化学预处理方式是蒸汽爆破，此工艺的应用流程如下：操作人员将秸秆放置在温度160~260℃之间的水蒸气中15min左右，然后突然降低操作设备中的气压，此时设备中的蒸汽会因压强的迅速变化通过反应釜喷扫到设备的外围，让秸秆原料出现爆破，进而完成预处理。蒸汽爆破预处理工艺能加快纤维素的酶解糖化，缩短玉米秸秆预处理时间，但该处理装置的费用较高，并且会消耗大量能源，如果操作温度掌握不好，在操作过程中还会形成有害物质。氨纤维爆破技术是近年来一种新型的秸秆化学预处理工艺，其运行原理基本和蒸汽爆破相同，即将秸秆放置在高温和高压环境下，不同的是在此过程中添加了液氨处理环节，液氨的液化反应会带来骤冷的效果，能够在增加纤维度接触面积的同时，避免在有害物质的产生。

（3）生物预处理方式。白腐真菌具有分解木质素的作用，因此，操作人员将此物质应用在了玉米秸秆的预处理中，有效降解了其中的木质素，进而加快了纤维素张茂芬·玉米秸秆发酵制备燃料乙醇生产工艺的思考的酶解速度，这种预处理方式便被称为生物预处理工艺。生物预处理工艺具有温和、环保、耗能少等优势，但是处理的时间较长。

3制备燃料乙醇的水解工艺

（1）稀酸水解工艺。稀酸水解工艺中应用的稀硫酸浓度需要在0.2%~0.5%之间，并且在较为温和的环境下进行，稀酸水解工艺的应用主要可以分为以下两个步骤：第一，对秸秆进行低温操作，将半纤维素中的糖分全部提取出来；第二，对秸秆进行高温操作，促使纤维素中的糖分能够水解成六碳糖，此过程糖分的转换率基本能够维持在50%。但是应用稀酸水解工艺的过程中，容易产生大量的副产物。

（2）浓酸水解工艺。浓酸水解工艺中应用的浓硫酸浓度需要在70%，水解温度需要控制在50℃左右，水解时间大概在5h左右，首先被水解的是半纤维素，被水解的物质经过浓缩沥干后会形成糖分。操作人员需要对半纤维素处理后的残余物质进行脱水处理，然后将其在浓度为30%的硫酸溶液中浸泡2h左右，然后再进行脱水处理，并将其放置在70%浓度的硫酸中2h，此时，玉米秸秆中的糖分会和硫酸溶液中的化学物质发生离子交换反应，将水解分离出来的酸性物质放到蒸发器中进行进一步蒸发和浓缩，剩余的残渣可以被应用到下一次的水解操作中。

浓硫酸水解工艺的显著特点便是对糖分的利用率高，因此能够充分利用纤维素和半纤维素中的糖分，且副产物较少，但是对硫酸的应用较多，因此，在大多数浓硫酸水解操作完成后，操作人员需要对硫酸进行回收再利用。除此之外，在水解过程中，硫酸经过了多次的分离和浓缩，这在极大程度上增加了水解操作流程的复杂程度，硫酸的腐蚀性也会随着浓度的增加而提高，操作人员在应用浓硫酸水解工艺时，需要做好控制工作。

（3）酶水解工艺。就现阶段玉米秸秆的水解工艺水平而言，酶水解是其中应用效果较显著，且应用副作用较小的一种水解工艺。酶水解工艺的应用过程属于生化反应，与上述两种水解方式相比，此工艺可在常压环境下进行，进而减少了对配置能源的消耗，并且应用在酶水解工艺中的酶具有较高的选择性。目前，已经有国际上的生物学家对酶水解工艺进行了应用，其酶解纤维素的效率可达90%。但是酶水解工艺还处于不断研究阶段中，存在加工费用较高等缺陷，但是其基本成本随着工艺科技含量的提高在逐渐减少，这推动了燃料乙醇配置行业的发展和进步。总之，酶水解工艺将不断完善，并广泛应用在玉米秸秆水解处理中。

4制备燃料乙醇的发酵工艺

发酵实际上是将葡萄糖转换为乙醇的过程，从本质上来讲，发酵是简单的，在发酵物质中添加酒精酵母，并将发酵温度控制在30℃左右，便可以完成乙醇制作。但是玉米秸秆中含有大量的半纤维素，上文提到过，此物质在水解反应下的产物是五碳糖，木纤维在水解反应下产生的物质是木糖。这说明，在玉米秸秆发酵过程中，木质纤维中的木糖能够良好的发酵成乙醇，因此，木糖乙醇发酵效率一直被燃料乙醇制造厂家认为是玉米秸秆发酵的关键环节。

（1）分步水解发酵工艺。在此发酵模式引导下，秸秆的水解操作需要和发酵操作分开进行，此工艺的应用优势是秸秆的水解操作和发酵操作可以在各自理想的环境及温度条件下进行，即在45℃下酶解，在35℃下发酵。但是此工艺无法消除葡萄糖对纤维素酶的抵制作用。

（2）同步水解发酵工艺。此工艺将秸秆的水解和发酵放置在一个操作设备中进行，酶解过程反应生成的葡萄糖能够被迅速利用，进而消除了葡萄糖对纤维素酶的抵制作用。但是此工艺存在酶解和发酵温度不能统一的现象，为了中和两种操作的温度，操作人员一般将设备温度控制在37℃左右。

（3）微生物发酵工艺。此工艺能够将纤维素生产、纤维素糖化、葡萄糖发酵三个环节合并在一起完成，这样能够减少乙醇制造企业在容器配置上的投资费用。但是此工艺发酵出来的乙醇浓度较低，并且极易出现副产物，目前，应用在微生物发酵方式中的微生物主要有热硫化氢梭菌和热纤维端孢菌。

（4）固定细胞发酵工艺。此发酵工艺的应用能够提高发酵罐中的细胞浓度，进而实现对细胞的连续应用，进而提高发酵乙醇的浓度，常见的固定细胞发酵物质有多空玻璃和卡拉胶。固定细胞的流动方向是混合细胞发酵，如酵母和纤维二糖酶的固化程度，此时，将纤维二糖看做基础物质转换为乙醇，便可以大幅度提高乙醇的浓度，因此，此发酵方式经常被应用在玉米秸秆处理中。

5结语

总之，燃料乙醇制造企业可以将廉价的玉米秸秆作为乙醇制造的原材料，但是秸秆预处理、水解、发酵工艺的完善和应用还存在较多问题，为此，操作人员需要深入对乙醇制造工艺的研究和应用，为燃料乙醇制造质量的提高奠定基础。

参考文献：

[1]柏争艳.玉米秸秆发酵制备燃料乙醇生产工艺研究[D].浙江大学，2016.

[2]李振宇，李顶杰，黄格省，魏和荣.燃料乙醇发展现状及思考[J].化工进展，2013,3207:1457~1467.

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/171489.html