

# 汽爆预处理青玉米秸秆厌氧发酵特性分析

李 强

重庆文理学院 重庆永川 402160

**摘 要:** 在我国化石能源日益匮乏、新能源形势逐渐紧张的时代背景下,我国对提升能源利用率以及寻找辅助能源的需求更加迫切,我国当下的农作物秸秆资源总量十分丰富,但农作物秸秆资源的总体利用率较低。蒸汽爆破可以有效破坏木质纤维素的内部结构,提升纤维素和半纤维素的转化利用率,将农作物秸秆资源中的青玉米秸秆进行蒸汽爆破的预处理,在有效减少焚烧青玉米秸秆造成环境污染的同时,充分缓解能源紧张给我国带来的压力。青玉米秸秆在经过汽爆预处理之后,青玉米秸秆自身的厌氧发酵所产生的沼气量显著提升,生产沼气的速率更是实现了质的飞跃,在节约青玉米秸秆厌氧发酵时间的同时,缩短青玉米秸秆厌氧发酵的周期,大力促进秸秆能源的工业化发展进程。

**关键词:** 汽爆预处理; 青玉米秸秆; 厌氧发酵特性

## Analysis of anaerobic fermentation characteristics of green corn straw pretreated by steam explosion

Qiang Li

Chongqing University of Arts and Sciences, Yongchuan 402160, China

**Abstract:** Under the background of the increasingly scarce new energy situation in our country, the demand for improving energy utilization and finding auxiliary energy is more urgent. The total amount of crop straw resources in our country is very rich, but the overall utilization rate of crop straw resources is low. Steam blasting can effectively destroy the internal structure of lignocellulose, improve the conversion and utilization rate of cellulose and hemicellulose, and pre-treat the green corn straw in crop straw resources by steam blasting, effectively reduce the environmental pollution caused by burning green corn straw, and fully relieve the pressure brought by energy shortage to our country. After the steam explosion pretreatment, the amount of biogas produced by the anaerobic fermentation of green corn straw has been significantly increased, and the rate of biogas production has achieved a qualitative leap. While saving the anaerobic fermentation time of green corn straw, the anaerobic fermentation cycle of green corn straw has been shortened, and the industrialization development process of straw energy has been greatly promoted.

**Keywords:** Steam Explosion Pretreatment; Green Corn Stalk; Anaerobic Fermentation Characteristics

我国作为一个农业大国有着十分丰富的秸秆资源,但随着我国社会经济和科学技术的不断发展和进步,原来作为农村生产生活燃料、牲畜饲料以及有机化肥的秸秆利用率骤然下降,秸秆甚至成为农业废弃物,一旦没有对秸秆进行充分合理地处理,则会给我国带来十分严重的环境污染。青玉米秸秆作为一种较为典型的木质纤维

素聚合物,破坏木质纤维素的内部结构是提升秸秆生物转化效率的主要措施之一,对青玉米秸秆进行汽爆预处理,提高青玉米秸秆在厌氧发酵过程中的能量转化效率,从而全面提升青玉米秸秆的经济效益和社会效益。本文将简要概述青玉米秸秆资源的分布及特性,分析厌氧发酵的基本原理,探究汽爆预处理对青玉米秸秆结构的影响,进行青玉米秸秆汽爆预处理厌氧发酵实验研究,旨在为相关从业人员提供可供参考的理论依据。

### 一、青玉米秸秆资源的分布及特性

近年来我国的农村劳动力逐渐向城镇化转移,农业

**基金项目:** 重庆文理学院校级人才引进项目 (R2020FYX06);  
重庆市教育委员会科学技术研究项目 (KJQN202001348);  
国家重点研发计划项目 (2022YFD1601400)

能源的消费结构更是发生了不同程度的变化,且青玉米秸秆的回收和利用成本较高,青玉米秸秆的市场化和产业化能力较低,我国各地区都出现一定的青玉米秸秆过剩现象,部分青玉米生产区甚至违规焚烧秸秆,在浪费我国农业生产资源的同时,更是对交通运输安全埋下隐患,对我国的生态环境造成不同程度的污染。我国的青玉米秸秆在北方春播玉米区及黄淮平原春夏播玉米区中的分布较为广泛,两者总量占我国玉米产区分布的60%以上,青玉米在我国有着十分广泛的种植。青玉米秸秆主要由碳、氢和氧等元素所形成的有机物质组成,细胞壁的含量高达70%以上,包括纤维素、半纤维素及木质素等高分子聚合物,纤维素的含量最高,有着较高的水不溶性,易被纤维素酶和化学物质等降解,半纤维素的排列较为松散,内部没有晶体结构,易被酸性物质水解成为单糖,木质素则不能被水解成为单糖,且内部的含碳量较高,更适用于作为燃料使用<sup>[1]</sup>。

## 二、厌氧发酵的基本原理

沼气最先是由意大利的物理学家沃尔塔在沼泽地发现的,自沼气被发现之后,人们便开始对沼气进行一系列的研究和分析,得出生物质能源经过厌氧发酵分解之后能够产生沼气的结论,沼气主要由甲烷组成,对沼气加以充分地利用可以使其来代替化石能源,从而减少化石能源的使用,实现我国能源的可持续性发展。生物的厌氧发酵过程十分复杂,且厌氧过程需要多种微生物的共同作用,通过微生物之间的相互作用相互影响,在生物与微生物之间形成一个较为完整的有机生态体系。厌氧发酵又被称为厌氧消化,指的是多种厌氧微生物通过无氧环境中相互作用,将生物中的大分子有机物进行分解和转化从而产生沼气。厌氧发酵作为一种绿色技术,在处理城市垃圾和农业残留物上有着较为广泛的应用,在生物进行厌氧发酵时,生物内部的多糖、脂类和蛋白质等有机物被分解和转化,形成脂肪酸、氨基酸和可溶性糖类等,这些物质再进行转化形成具有一定挥发性的脂肪酸、氢气和二氧化碳,最终形成甲烷气体。生物的厌氧发酵过程具有一定的动态性,经过一系列的分解和转化,达到最终的动态平衡状态。可能影响生物进行厌氧发酵的因素较多,首先会对生物的厌氧发酵造成较大影响的便是生物本身,外部因素如水解时间、pH值和发酵温度等也会对生物的厌氧发酵造成不同程度的影响<sup>[2]</sup>。

## 三、汽爆预处理对青玉米秸秆结构的影响

### 1. 汽爆预处理前后青玉米秸秆的形态变化

通过对青玉米秸秆进行汽爆压力为2.5MPa、1.5MPa以及1.0MPa的汽爆预处理,并将保压的时间统一设置为90s,青玉米秸秆会发生不同程度的外部形态变化。经过汽爆预处理的青玉米秸秆外部会失去其原有的规则,青

玉米秸秆的外表面受到不同程度地破坏,分别暴露出青玉米秸秆的内部组织,青玉米秸秆的含水量增加,会溶出部分的液体物质。通过对青玉米秸秆进行不同压力的汽爆预处理可得,汽爆预处理的压力越大对青玉米秸秆的破坏程度越明显,且在2.5MPa压力下的青玉米秸秆几乎变成了浆状,因青玉米秸秆自身的含水量较为丰富,在相同压力下的玉米秸秆,青玉米秸秆的含水量要高于干玉米秸秆。对经过汽爆预处理的青玉米秸秆进行TEM分析可得,青玉米秸秆进行汽爆预处理之间的表面较为光滑整齐,汽爆预处理之后的青玉米秸秆微观结构明显受到破坏,在增加表面积的同时,青玉米秸秆的内部变得较为凌乱复杂以及凹凸不平。汽爆预处理的压力越大,青玉米秸秆被破坏的效果则越明显,且因青玉米秸秆内部的含水量较大,青玉米秸秆和干玉米秸秆在经过汽爆预处理之后的破坏程度不同,青玉米秸秆内部的微观结构破坏程度要远大于干玉米秸秆,青玉米秸秆微观结构的改变,对青玉米秸秆进行厌氧发酵中的厌氧微生物的发酵效率也会造成一定程度的影响。

### 2. 汽爆预处理前后青玉米秸秆的成分变化

青玉米秸秆在经过汽爆预处理之后,内部的含水量会明显增加,这是因为青玉米秸秆在进行汽爆时,锅炉所产生的高温高压会使得部分水蒸气进入秸秆的内部,使得青玉米秸秆内部的含水量增加。青玉米秸秆自身本就有较高的含水量,在经过汽爆预处理之后更是会增加青玉米秸秆内部的含水量,使得汽爆预处理之后的青玉米秸秆外部呈现糊状,干玉米秸秆因自身的含水量较低吸水量较好,在经过汽爆预处理之后会吸收大量的蒸汽量。青玉米秸秆经过汽爆预处理之后,内部的纤维素和半纤维素的含量都会下降,且半纤维素的减少量较为明显,纤维素的减少量不是十分明显,说明汽爆预处理可以破坏青玉米秸秆的内部结构,将青玉米秸秆中的纤维素和半纤维素进行分离,汽爆预处理之后的木质素含量增加,极有可能是因为青玉米秸秆经过汽爆预处理之后,纤维素和半纤维素被析出,而青玉米秸秆内部的木质素没有发生变化,使得青玉米秸秆中的木质素含量相对增加<sup>[3]</sup>。

## 四、青玉米秸秆汽爆预处理厌氧发酵实验研究

### 1. 材料与方法

(1) 实验材料。实验所用的青玉米秸秆于六月份取自某农业大学的科教园区,青玉米秸秆自身的含水率在76.6%左右,将青玉米秸秆进行粉碎处理,使青玉米秸秆的长度在3—5cm之内,并将粉碎之后的青玉米秸秆放置在冰箱之中;沼液(总固体质量分数TS为2.0%;挥发性固体质量分数VS为1.41%),取自某集团;实验所使用的牛粪取自某农业大学的科技园区<sup>[4]</sup>。

(2) 仪器设备。实验共用到QB-200蒸汽爆破工艺

试验台、沼气检测仪和气相色谱仪等仪器, 其中QB-200蒸汽爆破工艺试验台的爆腔容积为405mL, 来自某重型机械厂; 沼气检测仪的型号是ZQ368来自某电子科技有限公司; 气相色谱仪的型号是Agilent6820, 来自某科技有限公司。

(3) 实验方法。实验设置一个对照组, 分别是经过汽爆预处理的青玉米秸秆和没有经过汽爆预处理的青玉米秸秆, 并将这两组分别进行厌氧发酵产沼气实验, 将汽爆预处理的汽爆压力设置为2.5MPa时间为90s。将汽爆预处理所使用的发酵液总质量设置为1500g, 先加入30%质量分数的沼液, 再加入秸秆以及比例为C/N=25/1的牛粪调节发酵液, 将发酵温度控制在35℃, 并记录下青玉米秸秆厌氧发酵过程中料液的pH值及其产气量, 测定并记录沼气中甲烷和二氧化碳两者的体积分数, 根据所记录的数据来分析, 在青玉米秸秆的汽爆预处理过程中pH值随TS和发酵时间的变化规律, 比较经过汽爆预处理青玉米秸秆和没有经过汽爆预处理青玉米秸秆进行厌氧发酵时的产气周期、产气总量、气期效率以及单位质量挥发性固体的产气率之间的数值<sup>[5]</sup>。

(4) 分析方法。在青玉米秸秆的汽爆预处理实验之前, 需测试各种反应原料中的碳和氮的质量分数、挥发性固体质量VS以及发酵液的总固体质量TS, 在青玉米秸秆的汽爆预处理实验的过程中, 应测量试验过程中测试发酵液的pH值, 产气量和气体中甲烷以及二氧化碳的体积分数, 各种成分的计算分析方式如下:

碳的质量分数计算方法: 重铬酸钾外热源法

氮的质量分数计算方法: 凯氏定氮法

发酵液总固体质量TS的测试方法: (105±5)℃的恒温箱中烘至恒重, 具体的TS质量分数计算方法如下公式所示:

$$TS\text{质量分数} = \frac{\text{发酵液中总固体质量} TS}{\text{发酵液总质量}} \times 100\%$$

挥发性固体质量VS的计算方法: (550±20)℃马弗炉中灼烧至恒定质量

pH值测试方法: 沼气检测仪

甲烷和二氧化碳体积分数的计算方式: 气相色谱法  
产气量: 排水集气法

## 2. 结果与分析

### (1) pH值随TS和发酵时间的变化

通过实验可以得出: 料液TS质量分数越低, pH值下降得就越少且在TS质量分数较低时, 料液初期会出现不同程度的酸化现象, 但该酸化现象可自行进行调节, 从而回归到正常产气所需要的pH值。随着料液的TS质量分数不断减小, 其pH值下降得越少, 并且都能维持在6.0以上<sup>[6]</sup>。

### (2) 产气量随TS质量分数和发酵时间的变化

人为调节pH值可以使pH值处于正常水平, 却不利于沼气的发酵。TS越高, pH值减小量便会越多, 自行调节得越慢, 青玉米秸秆的发酵启动时间便会越长。

### (3) 甲烷体积分数随TS质量分数和发酵时间的变化

没有进行汽爆预处理的青玉米秸秆, 在发酵时所产生的沼气总量中, 甲烷体积分数的最高值要比汽爆预处理之后的青玉米秸秆沼气中的甲烷最高体积分数高。进行汽爆预处理的青玉米秸秆在进行厌氧发酵时所产生的沼气中, 甲烷的体积分数变化较为明显, 但在青玉米秸秆的整体产气周期中, 所产生的最大甲烷体积分数和没有进行汽爆预处理的甲烷体积分数较为接近。

### (4) 青玉米秸秆进行汽爆预处理的效果分析

青玉米秸秆进行汽爆预处理之后, 自身的产气周期大幅度缩短, 挥发性固气率、产气率以及产气速率明显上升, 其进行汽爆预处理的青玉米秸秆产气速率较没有进行汽爆预处理的青玉米秸秆有着十分显著的差异。汽爆预处理可以有效减少青玉米秸秆在进行厌氧发酵时的能量消耗, 提升青玉米秸秆的处理率, 大力促进秸秆能源工业化生产的发展进程。

## 五、结束语

综上所述, 对青玉米秸秆进行汽爆预处理, 对提升青玉米秸秆的厌氧发酵特性有着十分重要的作用和意义。通过将汽爆预处理应用在青玉米秸秆处理中, 有效提升青玉米秸秆在进行厌氧发酵过程中所产生的甲烷体积分数, 降低青玉米秸秆进行厌氧发酵的资金投入, 降低处理青玉米秸秆所带来的环境污染, 使青玉米秸秆起到保护生态环境的目的, 从而实现青玉米秸秆处理的可持续性发展。

## 参考文献:

- [1]贾晶霞, 梁宝忠, 王艳红, 赵永亮, 李建东.不同汽爆预处理对干玉米秸秆青贮效果的影响[J].农业工程技术(新能源产业), 2013, (10): 46.
- [2]贾晶霞, 梁宝忠, 王艳红, 赵永亮, 李建东.不同汽爆预处理对干玉米秸秆青贮效果的影响[J].农业工程学报, 2013, 29(20): 192-198.
- [3]王许涛, 张百良.蒸汽爆破预处理玉米秸秆厌氧发酵实验研究[J].中国沼气, 2013, 31(01): 10-12+47.
- [4]徐桂转, 范帅尧, 王新锋, 田道盟, 张百良.汽爆预处理青玉米秸秆厌氧发酵特性[J].农业工程学报, 2012, 28(13): 205-210.
- [5]黄之文.玉米秸秆蒸汽爆破预处理酶解制糖的研究[J].安徽农学通报(上半月刊), 2010, 16(15): 33-34.
- [6]曾召刚, 孙学习, 李涛, 任保增, 樊耀亭.玉米秸秆预处理对厌氧发酵制氢影响的研究[J].可再生能源, 2010, 28(02): 59-61.