

# 生料法生产燃料乙醇的技术研究

王芳

(安徽中粮生化燃料酒精有限公司 安徽蚌埠 233010)

摘要：本文从燃料乙醇的发展现状开始，讲述其生产工艺的发展变化，重点分析了生淀粉生产燃料乙醇的工艺特点，及国内外相关技术的研究，并对生淀粉酒精发酵的发展趋势进行了展望。

改革开放给我国经济带来空前的发展，工业水平得到发展，人们的生产水平也有明显提高，汽车人均拥有量急速增加。随之而来的是石油消耗量明显增加，造成石油资源逐渐减少。为了摆脱能源危机，做到未雨绸缪，许多国家开始选择利用可再生原料生产的燃料乙醇做汽油的替代品。

燃料乙醇传统生产工艺使用的原料为淀粉质原料，生产单元操作包括谷物的粉碎、高温蒸煮、酶解糖化、发酵等。蒸煮的目的，一是使淀粉糊化达到利于淀粉酶作用的状态；二是对原料进行杀菌。蒸煮是酒精生产过程能耗最大的操作单元，占酒精生产全部能耗的五分之二。所以，为了减少能源利用，降低酒精生产成本，许多酒精生产企业和一些科研院所投入大量人力物力研究淀粉生料酒精生产工艺。

## 1 燃料乙醇生产过程中所需要的酶

常见的淀粉质原料就可用于酒精生产，如薯类、谷物类或非粮作为木薯等。安徽是玉米主产区之一，酒精生产使用最多的原料是玉米。

淀粉酶属于外切酶，常用的有 $\alpha$ -淀粉酶，它的作用原理是对处于糊化状态的淀粉进行随机切割，使大分子变成小分子，以利于糖化酶的作用。糖化酶又称异淀粉酶， $\alpha$ -1, 6-糖苷键淀粉酶，它的内切酶，作用机理是对糊精中的淀粉链以葡萄糖为单位逐个水解。淀粉酶产生菌主要是包括黑曲霉、根霉等，糖化酶的生产菌主要是嫌气杆菌、芽孢杆菌及某些假单胞杆菌等细菌。

## 2 利用生淀粉生产燃料乙醇的机理

酒精生淀粉生产就是淀粉不经过蒸煮而直接进行酒精发酵的工艺，生淀粉在淀粉酶和糖化酶的共同作用下水解生成酵母菌可以利用的葡萄糖，整改过程摒弃了传统工艺中的淀粉浆蒸煮糊化的过程。无蒸煮淀粉糖化工艺中，因为淀粉酶或糖化酶的种类及性能的差异导致淀粉水解程度不同。在新工艺中，淀粉酶水解生淀粉的工艺可以简单的描述为：吸附 形成酶 淀粉复合体 复合体中水分子破坏维系淀粉分子螺旋结构的氢键 水解糖苷键。

### 2.1 糖化酶水解生淀粉速率与其作用环境的pH值有着密切的关系

糖化酶本身就是一种蛋白酶，它的作用有个最适pH值范围。常规情况下，pH偏高则酶促反应速度加快，但是，这种情况下的副反应较多，不利于糖化收率的提高，而且淀粉酶失活的速度较快，所以说，糖化过程必须控制好糖化酶的作用pH值。无蒸煮生淀粉酒精发酵过程是多酶系多菌种复合发酵，其各自的最适作用pH不尽相同。就生淀粉糖化而言，根霉淀粉酶的最适pH为4.5，而酵母菌大多在PH3.5-6.0范围内发酵正常。一般生料发酵的初始pH在4.0-6.0范围内影响不大。有时为了控制杂菌和加速生淀粉的糖化，可加适量硫酸将初始pH调至4.0左右。

### 2.2 温度对淀粉水解速度的影响

传统酒精发酵因为酵母直接可以利用到糖源，所以发酵周期短。而生料发酵，由于生料酒精发酵工艺中，淀粉水解在常温下进行，温度较低，故淀粉酶作用缓慢，持续时间长，因此发酵周期相应延长。对于采用常温酿酒酵母的生料酒曲，适宜发酵温度为28-35℃，短期最高发酵温度不宜超过40℃。温度过低，发酵缓慢，发酵周期延长；高如果发酵温度偏，酵母菌容易发生老化现象，进而造成发酵不彻底，且发酵过程容易产醋酸，造成原料出酒率低。

### 2.3 生料发酵周期的影响因素

除了上述谈到的发酵温度、pH值之外，发酵周期与原料种类、粉碎粒度、生料酒曲质量和发酵温度等因素有关，其中生料酒曲种类是最主要的因素。

### 3生醪酒精发酵工艺的国内外研究历程

生醪酒精发酵也就是生淀粉酒精发酵，这一概念最先由日本人在20世纪50年代提出的。20世纪70年代世界能源出现危机，越来越多的人开始把注意力汇聚到可替代能源这一方面。能源的可替代行不仅在于它是可再生的，重要的一点是它必须是生产成本相接近或更低的能源。为此，生料酿酒课题便在此背景下应运而生，并且各国专家学者争相研究这一课题。国外在生淀粉制酒精领域方面，由于受生物技术的限制，其用酶和酵母量较大，未形成工业化生产，但做了许多探索性的基础研究工作，取得了一些科研成果。

我国在生料酒酒精发酵研究方面虽然起步晚，但应用早，发展快。20世纪80年代，生料发酵制酒研究随着酶工程的发展取得了实质性进展。1983年，四川省食品工业研究所就进行了生料发酵制酒精的工业化生产性试验，并取得了丰硕成果。此时我国对生料酿酒的研究达到了高潮，但是由于药曲菌种单一问题，使得生料酒的口感与传统法酒的口感相差甚远，不久生料发酵技术被打入另册，并受到了冷遇。但卢世明等人<sup>[1]</sup>另辟蹊径经过20多年的不懈努力终于取得成功并用之于生产，自1996年以来我国的生料酿酒技术得到了迅速发展，仅生产白酒一项年产量已达到30万吨，而且中国的生料酿酒技术已飘洋过海传入到越南、缅甸、泰国，甚至到了非洲的加纳。到了20世纪90年代后期，随着我国糖化酶生产水平的提高和耐高温酿酒活性干酵母的问世，使生料发酵有了新的进步，技术逐渐成熟，并很快在全国各地得以迅速发展。

常规的酒精生产工艺都是要求原料先蒸煮后糖化，然后进入发酵工序。随着现代生物技术的飞速发展，特别是酶工程技术的发展，使生淀粉不经加蒸煮和单独的糖液化过程而直接经酶制剂作用糖化发酵变为可能。目前，在生淀粉酒精发酵过程使用的淀粉酶或糖化酶均是黑曲霉和根霉菌生产出来的。经过试验室和许多工厂的实际生产证明，生淀粉酒精发酵工艺是先进的生产工艺，它相比于传统工艺具有许多优点。

第一，在传统的酒精生产中，蒸馏之前的各道工序都要消耗大量能源，如醪液的蒸煮，搅拌和输送，冷却水的使用和发酵设备杀菌等，无蒸煮工艺就可节约这部能源，同时也节省这部分的大量的运行费用。21世纪初，张华山等人对早籼稻米生料发酵及熟料发酵两种工艺进行了初步的比较研究，结果证明采用生料发酵能够提高淀粉利用率和出酒率，发酵周期与熟料发酵相当。第二，在采用这种无蒸煮工艺时，由于醪液里的淀粉没有糊化，糖化和发酵同步进行，生淀粉分解出的可发酵性糖，立即可被酵母直接转化成酒精，因此发酵醪液里残留的可发酵性糖又非常少，能防止淀粉降解后产生的糖对酶反应的抑制作用，所以醪液的浓度可以控制的高非常，醪液浓度大，可以大大提高生产能力，提高设备利用率。还有采用酒糟的滤清液回配，可减少污水处理量，减轻环境污染。

### 4存在的问题及其发展趋势

#### 4.1利用生淀粉发酵生产燃料乙醇存在的问题

利弊相生于无物之中，利用生淀粉发酵生产燃料乙醇也不例外。经过研究发现，该工艺可能存在以下问题：无论在何种发酵过程，对防染菌的要求都是非常严格的。无蒸煮酒精发酵过程因为缺少了蒸煮过程，造成淀粉浆中杂菌含量较高，将对酒精发酵过程造成一定影响。好在无蒸煮酒精发酵过程使用的糖化酶要求的pH值作用环境偏低，低pH值可以抑制大部分菌的生长。尽管如此，生淀粉酒精发酵过程仍有部分耐酸的杂菌存在，或多或少对发酵过程造成影响。

#### 4.2燃料乙醇的生淀粉生产工艺发展趋势及展望

淀粉生产燃料乙醇是可再生清洁能源，该工艺的运用既节能又节粮，增加了粮食及非粮作物的利用率和附加值，对我国农业的发展起到极大的推动作用，值得国家大力的推广和采用。伴随工业技术的快速发展，一种可以直接利用淀粉而生产酒精的酵母菌已经出现，对燃料酒精发酵工业来说，这无疑带来了新的希望。

#### 参考文献

[1]部乃凡.广西发展木薯燃料乙醇的广闡前景[J].淀粉与淀粉糖, 2013, (3): 7-10.

[2]罗文, 张水华, 王启军.生料酿酒概述[J].酿酒, 2009, 32(4): 11-14.

[3]李彬.ZDS-A型电脑售酒仪[J].酿造, 2011, 30(1): 28-28.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/95149.html>