

甜高粱茎秆及其籽粒固态发酵酒精的研究

王祥河, 管于平, 赵 琼, 胡晓原, 韩 慧

(天津市工业微生物研究所, 天津 300462)

摘 要: 以含糖量为 11 g/100 g 的甜高粱秸秆为原料, 采用固态发酵生产乙醇。工艺条件为: 秸秆采用揉搓切碎机切至 1~2 cm, 籽粒粉碎至 60 目, 0.1 MPa 灭菌 30 min, 接种 10 % 的酵母种子, 28 ℃ 静置培养 48 h。发酵醪酒精含量为 5 g/100 g 以上, 平均酒精得率 87.9 %。添加 20 % 籽粒淀粉发酵, 发酵后酒精含量达 9 g/100 g 以上, 平均酒精得率 89.5 %。(孙悟)

关键词: 酒精; 固态酒精发酵; 甜高粱茎秆; 籽粒

中图分类号: TS262.2; TS261.4; TS261.2 文献标识码: B 文章编号: 1001-9286(2007)11-0048-03

Study on Ethanol Production by Solid Fermentation of Sweet Sorghum Stalk and Seeds

WANG Xiang-he, GUAN Yu-ping, ZHAO Qiong, HU Xiao-yuan and HAN Hui

(Industrial Microbe Research Institute, Tianjin 300462, China)

Abstract: Sweet sorghum stalk (sugar content as 11 g/100 g) was used as raw materials to produce ethanol by solid fermentation and the relative procedures were as follows: stalk minced to 1~2 cm in size by mincing machine and seed grinded to 60 comminution degree, 30 min sterilization under 0.1 MPa, inoculation with 10 % yeast, then 48 h stable placement at 28 ℃. Alcohol content in fermented grains was above 5 g/100 g and the average yield of ethanol was 87.9 %. The addition of 20 % sorghum seeds for fermentation could achieve 89.5 % yield of ethanol and alcohol content could reach above 9 g/100 g after the fermentation. (Tran. by YUE Yang)

Key words: ethanol; solid fermentation; sweet sorghum; seed

燃料乙醇是世界公认的可再生的清洁能源。传统的乙醇发酵多以粮食淀粉发酵为主, 随着人类社会对粮食和饲料需求的不断增加, 大量使用粮食作物已影响到粮食和饲料的安全, 有限的粮食资源已不能满足巨大的市场需求, 因此, 开发新型作物原料生产生物质能源至关重要。

甜高粱在我国种植历史悠久, 以往大多作为饲料使用^[1]。甜高粱由于具有产量大、含糖高、又有耐干旱和贫瘠等特点, 不仅适合在盐碱、荒地种植, 而且适合作生物能源材料, 目前倍受人们关注。围绕着以甜高粱为原料发酵生产燃料乙醇的研究是世界各国科学家攻关的重点^[2]。本文通过对甜高粱固态发酵酒精的研究, 为今后工业化生产生物质能源提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

菌种 S1 为酿酒酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*), 由本所菌种保藏中心提供, 种子培养基^[3]为甜高粱汁 100 %, 蛋白胨 2 %, 酵母膏 0.5 %, pH 值 5.5~6.0, 以 0.1 MPa 灭菌 30 min。

甜高粱为甜杂 2 号, 由天津农学院提供。

酶制剂由天津诺奥公司提供。

1.2 方法

1.2.1 种子培养

将在斜面上生长良好的麦汁酵母菌接入 250 mL 三角瓶种子培养基中, 28 ℃, 150 r/min 摇床培养 14 h。

1.2.2 原料

将甜高粱秸秆去叶、揉切粉碎至 1~2 cm 备用。

1.2.3 发酵

取 300 g 切碎原料装于 500 mL 三角瓶中, 0.1 MPa 灭菌 30 min, 冷却后按 10 % 的接种量接入培养好的酵母种子, 拌匀, 包扎好后置于 28 ℃ 恒温箱中发酵 48 h。

收稿日期: 2007-07-19

作者简介: 王祥河(1963-), 男, 天津市人, 高级工程师, 生物质工程研发中心主任, 参与国家及天津市重大科技项目多项。

表 5 甜高粱秸秆添加籽粒淀粉原料的乙醇发酵

项 目	实验批次			平均
	1	2	3	
水解总糖(g/100 g)	20.5	20.5	20.5	20.5
总残糖(g/100 g)	0.49	0.51	0.42	0.47
酒精含量(g/100 g)	9.34	9.46	9.26	9.35
酒精得率(%)	89.3	90.5	88.6	89.5

u/g) 0.2 %、蛋白酶(5 万 u/g) 0.2 %、纤维素酶(5 万 u/g) 0.1 %。以淀粉质量为基准。

从表 5 结果可以知道, 以生物酶替代高温蒸煮、糖化的生料固态法乙醇发酵, 效果良好, 平均酒精得率达 89.5 %; 1 份甜高粱籽粒淀粉经水解发酵所产生的乙醇量, 大体相当于 6 份甜高粱秸秆(总糖在 11 g/100 g 左右) 发酵所产生的乙醇。由此推断, 1 t 籽粒相当于 5 t 以上甜高粱秸秆。

3 结论

以含糖量为 11 g/100 g 甜高粱秸秆为原料, 固态发酵生产乙醇的工艺条件为: 秸秆采用揉搓切碎机切至 1~2 cm, 籽粒粉碎至 60 目。蒸料灭菌 0.1 MPa、30 min,

冷却后按 10 %的接种量接入培养好的酵母种子, 28 静置培养 48 h。在此条件下, 发酵后发酵醪酒精含量为 5 g/100 g 以上, 平均酒精得率 87.9 %。

当添加 20 %籽粒淀粉时, 发酵后, 发酵醪中酒精含量达 9 g/100 g 以上, 平均酒精得率 89.5 %。所以, 1 份甜高粱籽粒淀粉经水解发酵所产生的乙醇量, 大体相当于 6 份甜高粱秸秆发酵所产生的乙醇。

参考文献:

- [1] 孙清.甜高粱茎秆残渣生产蛋白饲料的研究[J].中国农业科学, 2001, 34(1): 61.
- [2] 梁新华.甜高粱研究现状与产业化开发[J].宁夏大学生物工程研究所, 2002, (6): 3.
- [3] 张恩铭.营养盐对甜高粱茎秆汁液酒精发酵的影响[J].农机化研究. 2005, 11(6): 175- 180.
- [4] 章克昌.酒精与蒸馏酒工艺学[M].北京: 中国轻工业出版社, 2005.
- [5] 王福荣.酿酒分析[M].北京: 中国轻工业出版社, 2005.
- [6] 宁喜斌.甜高粱茎汁成分的测定[J].沈阳农业大学学报, 1995, (3): 45- 48.

(上接第 47 页)

产品酒精: 无色透明, 密度为 0.7893 g/cm³(20), 比重为 1.517, 熔点 186~189 , 沸点 78 , 酒精度 11.5 %vol。酒精具有特殊香味, 易挥发, 能够溶解多种无机物和有机物, 能跟水以任意比例互溶, 具有一定的香味和玉米风味。

4 结论

4.1 通过单因素试验和正交试验确定了玉米淀粉发酵生产酒精的最佳工艺条件为: 粉碎度 60 目, 料水比 1 3, 加酶量 1.5 %, 发酵温度 35 , 发酵时间 51 h, pH4.8。

4.2 复合酶是一种优良的酶, 其非常适合于玉米淀粉的发酵, 发酵周期只有 50~60 h, 而且不需要用高温来糖化玉米淀粉发酵酒精。通过单因素试验和正交试验得出, 发酵温度和发酵时间对酒精度的影响最为重要, 因此二者的条件一定要严格地控制。

4.3 从整个发酵过程来看, 发酵比较平缓, 从发酵结果看, 发酵液的颜色、气味、状态很正常。总之, 复合酶发酵工艺大大节省了传统发酵法生产酒精过程中的能源消耗, 如果使该工艺进一步趋于成熟, 在酒精工业化生产中得以应用, 将具有极其重要的现实意义。

参考文献:

- [1] 王超, 等.酶解纤维素类物质生产燃料酒精的研究进展[J].纤

维素科学与技术, 2003, (4): 52- 59.

- [2] 马文超, 石贵阳, 章克昌.玉米原料无蒸煮发酵酒精工艺的研究[J].酿酒科技, 2005, (2): 50- 53.
- [3] 司笑丁.纤维素酶在酒精生产中的应用[J].酿酒科技, 2004, (6): 61- 63.
- [4] 薛正莲.玉米原料无蒸煮酒精发酵工艺的研究[J].工业微生物, 1999, (4): 31- 33.
- [5] 王宇光, 等.混合载体固定酵母酒精萃取发酵的研究[J].烟台大学学报, 2001, (4): 249- 254.
- [6] 马书霞, 等.发展新型能源- 木薯燃料酒精[J].可再生能源, 2005, (3): 73- 75.
- [7] 赵华, 陶静.玉米原料酒精浓醪液发酵技术的研究[J].酿酒科技, 1998, (5): 38- 40.
- [8] 章克昌, 吴佩棕.酒精工业手册[M].北京: 中国轻工出版社, 1983.
- [9] 李盛贤, 贾树彪, 顾应文.利用纤维素原料生产燃料酒精的研究进展[J].酿酒, 2005, (2): 13- 16.
- [10] 姚汝华, 赵继伦.酒精发酵工艺学[M].广州: 华南理工大学出版社, 1999.
- [11] 王晓霞, 章克昌, 张礼星, 等.酒精高浓发酵过程中果胶酶的应用[J].食品与发酵工业, 2001, (3): 44- 47.
- [12] 张继泉, 王瑞明, 关风梅, 等.预处理玉米秸秆发酵生产燃料酒精的研究[J].广州食品工业科技, 2002, (3): 1- 3.
- [13] 孙清, 王晓丹, 葛雯, 等.双糖化工艺条件对玉米淀粉发酵生产酒精的影响[J].农村能源, 2000, (6): 13- 16.