

淀粉质原料芭蕉芋的性质及其酒精发酵的研究

吴天祥^{1,3}, 章克昌², 刘春朝¹

(1. 中科院过程工程研究所生化工程国家重点实验室, 北京 100080 2. 江南大学生物工程学院, 江苏 无锡 214036 3. 贵州大学化学工程学院, 贵州 贵阳 550003)

摘要: 芭蕉芋淀粉含量达 58.85 %~62.83 %, 同时还含有蛋白质、脂肪、磷和结合磷以及纤维素等, 淀粉颗粒表面相对光滑, 颗粒形态多样。通过对淀粉的粘度曲线、糊化温度、糖化醪研究和发酵实验中酵母总数、总糖、还原糖和酒精度的变化规律考察, 结果表明, 以芭蕉芋为原料生产酒精是可行的。 (孙悟)

关键词: 芭蕉芋; 燃料乙醇; 酒精发酵

中图分类号: TS262.2 ; TS261.4 ; TS261.21 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-9286 (2005)10-0040-03

Study on the Property of *Canna edulis* Ker & Its Application in Ethanol Fermentation

WU Tian-xiang^{1,3}, ZHANG Ke-chang² and LIU Chun-zhao¹

(1. State Key Lab of Biochemical Engineering, Institute of Process Engineering of CAS, Beijing 100080 ; 2. School of Biotechnology of Southern Yangtze University, Wuxi, Jiangsu 214036 ; 3. Chemical Engineering College of Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550003, China)

Abstract: The amylum content in *Canna edulis* Ker was as high as 58.85 %~62.83 %. Besides, *Canna edulis* Ker also contained abundant protein, fat, phosphate and cellulose etc. Through the analysis of viscosity curve of amylum, burning temperature and fermenting mash and the study of the change rules of total sugar, reducing sugar, total yeast quantity, and alcohol content, it was found that ethanol production with *Canna edulis* Ker as raw materials was feasible. (Tran. by YUE Yang)

Key words: *Canna edulis* Ker ; fuel ethanol ; ethanol fermentation

2001 年, 经过国务院批准, 2002 年正式启动车用乙醇汽油的生产项目。国内一些省份开始汽油醇的应用试点, 随着国际原油价格的不断攀升, 国家发改委决定, 扩大乙醇汽油的应用试点范围。到 2005 年底, 我国将把乙醇汽油的试点范围扩大到 9 个省, 其中黑龙江、吉林、辽宁、河南、安徽 5 省将实行全封闭试运行, 而湖北、山东、河北、江苏 4 个省的 27 个地市将逐渐扩大试点范围。届时, 我国 9 个省上百个地市将基本上实现使用车用乙醇汽油。无水乙醇可以替代宝贵的、不可再生的能源石油, 利用淀粉质原料生产无水乙醇, 除了能给国家带来很好的经济效益外, 相关检测机构做的测试还显示, 在油耗方面, 乙醇汽油比无铅汽油节省约 4 %。因此, 推广使用车用乙醇汽油是我国的一项战略性举措。

我国大量生产燃料酒精需要解决原料问题, 基于我国未来原油缺口将超过 100 Mt/年的燃油危机形势, 如果 20 % 由燃料酒精来替代的话, 则需要 6000 万吨粮食

用于酒精的生产。近年来, 由于农业发展使我国有部分粮食剩余, 采用粮食 (主要是玉米和战备陈粮大米) 发酵法生产酒精作为车用燃料, 可以消耗一定量的陈粮。但是, 值得注意的是, 我国人口众多, 人均耕地面积较少, 粮食剩余只是暂时现象, 而且用目前剩余的粮食生产燃料酒精, 只相当于一小部分的石油量。由此可见, 我国大力发展燃料酒精就必须寻找更丰富的再生资源——生物质资源作为燃料酒精的生产原料。综合我国的国情和生物质资源状况考虑和分析, 一个可行的方案^[1]就是有选择性地一些不适宜种植高产粮食作物的地区, 因地制宜通过发展高产、高淀粉、耐旱、耐盐碱的含淀粉代粮或含糖作物作为生产燃料酒精的主要原料。如在我国贵州、云南、广西等省区已大量生长的芭蕉芋就具备这样的属性, 特别是芭蕉芋不与粮食作物争水、争地, 而且又能很好地增加农民的收入, 促进西部农业经济的发展。因此, 笔者在前期芭蕉芋应用研究的基础上^[2]对芭蕉芋

收稿日期 2005-07-20

作者简介: 吴天祥 (1965-), 男, 布依族, 贵州贵阳人, 博士, 教授, 硕导, 中国儿童食品专业学会理事, 贵州省食品工业协会白酒评审委员会评委, 贵州省食品工业协会专家委员会副主任委员, 发表研究论文 20 余篇。

淀粉的性质及其酒精发酵的研究作一初步评价。

1 芭蕉芋的种植情况

芭蕉芋,学名蕉藕(*Canna edulis Ker*)属美人蕉科(*Cannaceae*),多年生草本植物,好产热带,适于高温多雨地带生长,不择土壤^[3]。贵州省黔西南、黔东南、黔南地区种植较多,是贵州少数民族地区重要的经济作物,产量可达 4000~5000 kg/亩^[4]。据统计,贵州省芭蕉芋产量在 50 万 t 以上。芭蕉芋块茎含有大量的淀粉,其干片经过分析组成为:淀粉 60%,水分 17.1%,灰分 2.8%,粗纤维 2.65%,脂肪 0.257%,蛋白质 3.63%,单宁 0.19%。为了开发芭蕉芋资源,提高农产品价值,当地政府作了大量的工作,但是至今,除了少量用于生产淀粉和粉条以外,没有得到充分的利用和开发。值得注意的是,由于芭蕉芋作物的生长特殊性,目前芭蕉芋的种植量和产量仍有较大的发展空间。

2 芭蕉芋淀粉的性质

2.1 芭蕉芋的化学组成

研究结果表明,芭蕉芋块茎含有比较丰富的淀粉,淀粉含量达到 58.85%~62.83%,同时还含有蛋白质、脂肪以及纤维素等。据文献报道,芭蕉芋淀粉的磷和结合磷含量接近于马铃薯淀粉,比玉米淀粉高^[5]。灰分的主要成分是磷酸盐基团,淀粉中的磷主要以磷酸酯的形式存在,在薯类植物淀粉中,木薯淀粉含磷量最低,马铃薯和芭蕉芋淀粉的含磷量较高。鉴于此,从工业化生产和酒精发酵原料成本的经济角度分析,选择芭蕉芋干片淀粉为原料在工艺和经济上均是可行的。

芭蕉芋原为南美洲的野生作物,被利用的部分主要是其块茎,在块茎中积累的淀粉被作为人类和动物的主食。大约在 20 世纪 30 年代传入我国,特别是在西部亚热带地区广泛种植,其中贵州省的黔西南等地区是芭蕉芋生长的适宜区域,其块茎已被利用来加工成淀粉和粉条等^[6],而作为酒精原料的利用未见报道。因此,随着我国燃料酒精项目的启动,科学合理地利用西部地区丰富的富含淀粉、生长适应性强、容易种植,特别是能在干旱、贫瘠的土地上生长,并且不与其他植物争地和种植成本特别低的芭蕉芋,作为酒精发酵的原料与其他淀粉质原料比较具有竞争力,应该说是目前我国西部少数民族地区一种潜力巨大的可再生的淀粉质资源。

2.2 芭蕉芋淀粉的颗粒形状与大小

用电子扫描显微镜拍摄的芭蕉芋淀粉颗粒形状及大小见图 1,图 2 为对照的玉米淀粉颗粒形状和大小。

与玉米淀粉颗粒比较,芭蕉芋的淀粉颗粒表面相对光滑,颗粒形态多样,大小不一,呈现椭圆、卵形以及宽卵形状。电镜标尺测定的结果显示,芭蕉芋淀粉的颗粒大小比玉米淀粉的颗粒大,这是芭蕉芋淀粉的一个特点之一。另据文献^[7]报道,芭蕉芋淀粉颗粒形状与马铃薯淀粉相似,都为圆形或椭圆形,且较大;而玉米淀粉颗粒形状则较小。

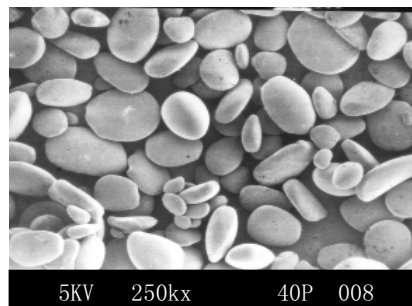


图 1 芭蕉芋原料干片粉的颗粒形状(250 kX)

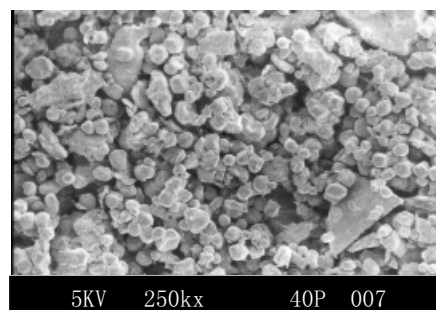


图 2 玉米淀粉颗粒的形状(250 kX)

2.3 芭蕉芋淀粉的粘度曲线 图 3)

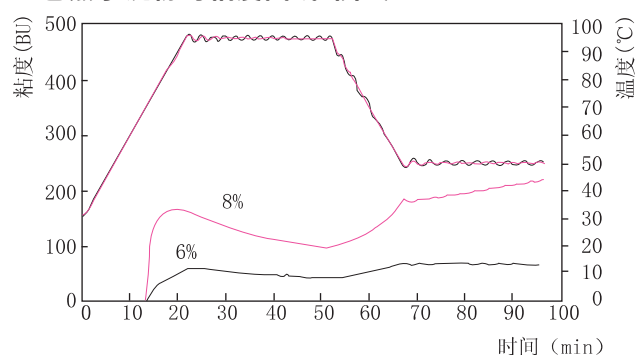


图 3 芭蕉芋淀粉的糊粘度曲线

从图 3 可看出,当芭蕉芋淀粉的浓度从 6% 提高至 8% 时 ($pH5.5$),Brabender 粘度曲线的形态发生了较大的变化,其糊化粘度从 61 BU 上升到 167 BU。而且当温度降至 50 °C 时,上升的粘度分别为 69 BU 和 221 BU;再次说明芭蕉芋淀粉的糊化特性与其他淀粉不同(其他淀粉当温度下降至 50 °C 时,它们的粘度呈现下降趋势)。

以芭蕉芋淀粉浓度 8% (干基) 为样本,观察不同 pH(5.5,7.0,9.0)条件下的芭蕉芋淀粉粘度曲线的变化情况,实验结果见图 4。图 4 结果表明,芭蕉芋淀粉在 pH5.5 和 pH9.0 时的糊粘度比 pH7.0 时要高,不同 pH 条件下糊粘度分别为 167 BU ($pH5.5$),88 BU ($pH7.0$),178 BU ($pH9.0$)。从实验数据看出芭蕉芋淀粉在中性条件下的糊粘度较酸性和碱性条件下的糊粘度低。

2.4 芭蕉芋糊化温度的确定

以芭蕉芋淀粉为对照,采用 DSC-7 差示扫描量热仪 仪器条件为,升温速度 10 °C/min,扫描范围 20~120 °C)测定了芭蕉芋原料 (过 30 目筛)的糊化温度和糊化

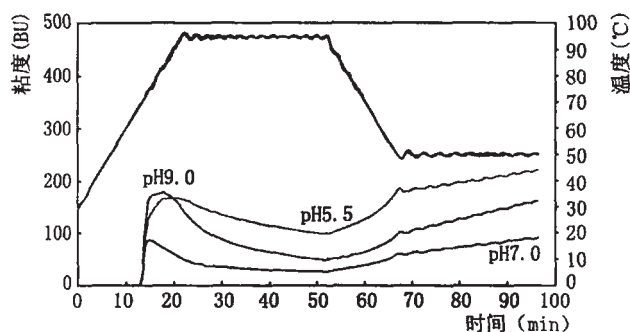


图 4 不同 pH 条件下芭蕉芋淀粉的糊粘度曲线

热 ΔH), 结果见图 5。

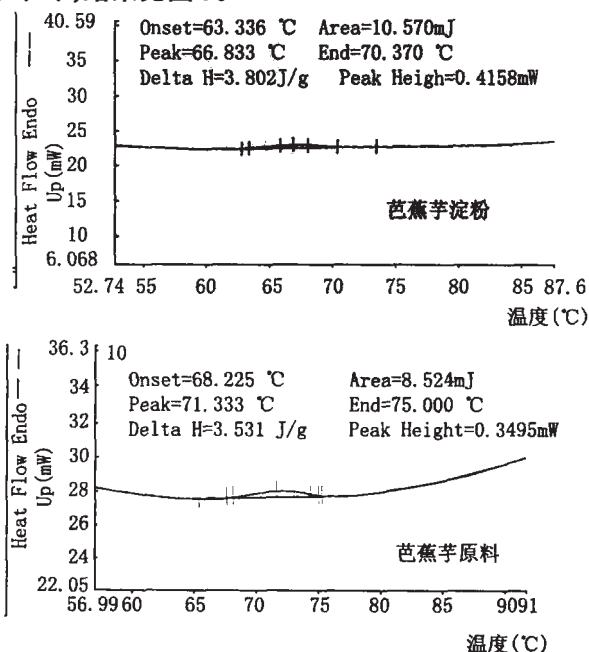


图 5 芭蕉芋淀粉及原料的 DSC 分析图

从图 5 的结果看出,芭蕉芋淀粉的糊化温度为 63~66~70 °C,芭蕉芋原料的糊化温度为 68~71~75 °C,由于芭蕉芋原料中含有一定量的杂质,造成其糊化温度发生一定幅度的漂移。实验结果说明采用低温蒸煮工艺 (5~90 °C) 可以满足芭蕉芋原料蒸煮和液化。

另外,实验结果还显示芭蕉芋淀粉和原料糊化所需要热量分别为 3.802 J/g(DM) 和 3.531 J/g(DM),这对芭蕉芋原料蒸煮工艺热能供应的确定具有重要的参考作用。

2.5 芭蕉芋糖化酶的分析

采用 HPLC 分析芭蕉芋糖化酶的结果表明,利用淀粉酶和糖化酶处理后的芭蕉芋糖化酶中的糖分主要是葡萄糖和麦芽糖。因此,采用芭蕉芋块茎粉作为酒精发酵原料以及采用双酶法进行糖化处理是可行的。

3 芭蕉芋原料酒精发酵试验

芭蕉芋作为新原料资源,我们在分析原料性质的基础上进行了蒸煮工艺、糖化工艺以及发酵工艺条件的研究^[2,8]。在芭蕉芋发酵实验中考察了芭蕉芋发酵过程中酵母总数、总糖、还原糖和酒精度的变化规律,结果见图 6

和图 7。

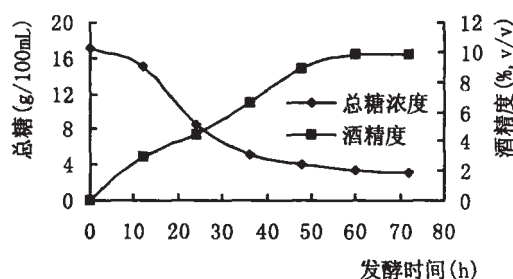


图 6 总糖和酒精度的变化曲线

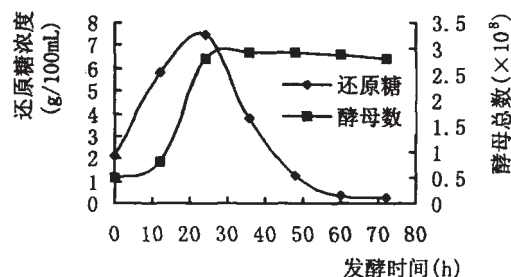


图 7 还原糖和酵母总数的变化

试验结果显示,发酵到 60 h 和 72 h 时,总糖浓度降至 3.27 % 和 3.15 %,还原糖浓度为 0.28 % 和 0.21 %,而相应的酒精度达到 9.3 % (v/v) 的峰值,芭蕉芋淀粉利用率为 86.65 % 以上。酵母总数在发酵进行到 12 h 时达到 1.3×10^8 个/mL,24 h 时达到 2.3×10^8 个/mL 的峰值。对发酵工艺条件的研究表明,以芭蕉芋块茎作为酒精生产的原料是可行的。

综上所述,以芭蕉芋为原料,研究实施更加高效、节能、节粮和无污染的酒精生产新工艺和资源的综合利用,大幅度地降低发酵酒精生产成本,为西部地区的贵州、云南和广西的芭蕉芋作物资源的开发和深加工,寻找一条适合西部地区特别是少数民族地区脱贫致富的芭蕉芋燃料乙醇产业化发展的新工艺和新途径将具有重要的现实意义。

参考文献:

- [1] 来茂德.走进生物技术-微生物工程[M].杭州:浙江大学出版社,2002.
- [2] 吴天祥.芭蕉芋、玉米燃料酒精及酒糟乳酸化饲料发酵工艺的研究[C].江南大学博士论文,2004.
- [3] 陈家莹.淀粉新秀-芭蕉芋淀粉[J].淀粉与淀粉糖,1987,(3):30.
- [4] 中国饲用植物.中国饲用植物志(第三卷).北京:农业出版社,1991,477.
- [5] 顾正彪,冯鹂.芭蕉芋淀粉特性的研究[J].淀粉与淀粉糖,1993,(1):19-22.
- [6] Klanarong Sriroth,Kuakoon Piyachomkan,金树人,等.芭蕉芋淀粉性质/加工与利用[J].木薯精细化工,2001,(2):1-8.
- [7] 黄立新,周俊侠,张力田.芭蕉芋淀粉的研究[J].食品与发酵工业,1994,(3):21-25.
- [8] 吴天祥,章克昌,等.芭蕉芋原料酒精固态发酵工艺初探[J].酿酒,2003,30(2):71-73.