

芭蕉芋原料清液酒精发酵工艺初步研究

申 鹰,吴天祥

(贵州大学生命科学学院,贵州 贵阳 550025)

摘要: 以芭蕉芋粉为原料,考察了芭蕉芋原料清液酒精生产工艺,对料水比、液化、糖化、温度、接种量等条件进行初步研究。结果表明,芭蕉芋酒精清液生产最佳工艺为料水比 1:3.0,拌料水温是 60 ℃,拌料时间为 30 min,液化酶用量为 6 U/g,液化时间为 50 min,糖化酶用量 150 U/g,糖化时间 30 min,发酵 pH 4.2,发酵温度 30 ℃,接种量 0.17%(v/v),在此发酵工艺条件下,芭蕉芋发酵醪液的酒精含量达 8.8%vol,淀粉利用率为 72.14%,原料出酒率达到 20.2%。

关键词: 酒精; 芭蕉芋; 清液发酵; 发酵工艺

中图分类号: TS262.2; TS261.4; TS261.2

文献标识码: A

文章编号: 1001-9286(2009)09-0034-04

Investigation on Clear Liquid Fermentation Techniques for Ethanol Production from *Canna edulis* Kerl

SHEN Ying and WU Tian-xiang

(School of Life Sciences, Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025, China)

Abstract: The clear liquid fermentation techniques for ethanol production from *Canna edulis* kerl were investigated including the ratio of materials to water, liquefying conditions, saccharifying conditions, the temperature, and the inoculation quantity etc. The results showed that the optimum technical conditions were summed up as follows: the ratio of materials to water was 1:3.0, water temperature for materials mixing was at 60 ℃, materials mixing time was 30 min, the use level of liquefying enzyme was 6 U/g, the liquefying time was 50 min, the use level of saccharifying enzyme was 150 U/g and the saccharifying time was 30 min, pH value was 4.2 and temperature was at 30 ℃ in the fermentation, and the inoculation quantity was 0.17%(v/v). Under the above conditions, the alcoholicity of the produced ethanol could reach up to 8.8%vol, the use rate of starch was up to 72.14%, and the ethanol yield of raw materials could reach up to 20.2%.

Key words: ethanol; *Canna edulis* Kerl; clear liquid fermentation; fermentation techniques

芭蕉芋 (*Canna edulis* Kerl),又名蕉藕、姜芋等,为蕉科美人蕉属的植物,原产于南美洲等地。由于其优良的种植特性,无论是在山坡还是丘陵地区均能很好地生长。20世纪初引进我国,广泛种植于四川、贵州、云南等地^[1]。芭蕉芋根茎含淀粉非常丰富,占 40%~60%,在亚洲已成为高价值淀粉的新原料来源,发展潜力十分巨大,该资源的充分开发利用,可成为山区脱贫致富和增加收入的一个好途径,其对调整农业产业结构及繁荣农村市场经济具有持续发展的现实意义。但是目前,对于芭蕉芋的应用只局限于把芭蕉芋作为淀粉产品的原料来源,用来生产高品质的面条。关于芭蕉芋应用方面的报道还不是很多,主要是对芭蕉芋淀粉分子结构及物化性质方面的研究。为了提高芭蕉芋的利用潜能,目前许多科研工作者开始着手研究芭蕉芋的其他用途,如利用芭蕉芋淀粉发酵

生产酒精,并取得了突破性进展。本实验室也已经对芭蕉芋的固态发酵进行了大量的研究,并对其酒糟的综合利用进行了研究,在此基础上,本文尝试以芭蕉芋块茎淀粉为原料,对芭蕉芋酒精清液发酵工艺进行了研究,探索芭蕉芋发酵酒精的新工艺,提高芭蕉芋原料利用率。

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脱贫致富的芭蕉芋燃料乙醇产业化发展的新工艺,将具有重要的现实意义。

1 材料与amp;方法

1.1 实验材料

基金项目:贵州省国防科技合作重点项目:芭蕉芋燃料乙醇高效发酵技术及共性技术研究,黔科合国字(2008)700109号。

收稿日期:2009-06-15

作者简介:申鹰(1984-),女,贵州人,硕士研究生,研究方向:应用微生物学。

通讯作者:吴天祥,教授,Email: ce.txwu@gzu.edu.cn。

芭蕉芋粉: 采自贵州省黔西南兴义市, 淀粉含量 60.1%, 水分 14.8%。

耐高温酿酒高活性干酵母(TH-AADY): 安琪酵母股份有限公司生产。

耐高温 α -淀粉酶: 无锡星达生物工程有限公司生产, 酶活力 2 万 U/mL。

新型液体糖化酶: 无锡星达生物工程有限公司生产, 酶活力 10 万 U/mL。

1.2 方法

1.2.1 发酵清液制备

芭蕉芋粉与自来水以设定的料水比混合, 加入液化酶, 迅速加热到 85~90 °C, 液化 30~60 min, 冷却, 调 pH, 加入适量糖化酶, 糖化一定时间后分离得到固态糖化糟和清液, 将分离所得清液在 121 °C 灭菌 20 min, 降温到 30 °C, 接种活化后的活性干酵母进行发酵^[2-3]。

1.2.2 酒精体积分数的测定

准确量取 100.0 mL 芭蕉芋发酵后的清液, 转置于 500 mL 圆底烧瓶中, 加 100 mL 水混匀后, 进行常温蒸馏, 用 100 mL 容量瓶收集馏出液, 并定容至 100 mL, 酒精含量用酒精比重计法测定^[4]。

1.2.3 原料出酒率、淀粉利用率的计算

$$\text{原料出酒率} = \frac{95\% \text{乙醇产量}}{\text{原料耗用量}} \times 100\%$$

$$\text{淀粉利用率} = \frac{\text{实际淀粉出酒率}}{\text{理论淀粉出酒率}} \times 100\%$$

1.2.4 还原糖质量浓度测定

吸取 0.1 mL 分离后的清液于 25 mL 容量瓶中, 定容至 25 mL; 用 DNS 法测定^[5]。

1.2.5 总糖质量浓度的测定

吸取 0.1 mL 分离后的清液于 25 mL 容量瓶中, 定容至 25 mL; 用硫酸-苯酚法测定^[5]。

2 结果与分析

2.1 拌料工艺的确定

2.1.1 不同料水比对芭蕉芋酒精发酵的影响

不同的料水比会对发酵产生重要的影响。本实验将芭蕉芋粉以不同料水比进行酒精发酵实验, 发酵 72 h 测定酒度并计算原料出酒率和淀粉利用率, 实验结果见表 1。

表 1 不同料水比对芭蕉芋酒精发酵的影响

项目	料水比				
	1:4.0	1:3.5	1:3.0	1:2.5	1:2.0
酒精度(%vol)	8.0	8.4	8.7	9.0	9.2
原料出酒率(%)	18.18	17.60	17.86	17.04	15.10
淀粉利用率(%)	66.50	62.83	60.06	55.44	48.05

由表 1 可知, 不同料水比对芭蕉芋酒精发酵有重要

影响, 芭蕉芋发酵液初始底物浓度越小, 原料出酒率越高, 但发酵液酒精浓度越低, 且随着加水量的降低, 经液化的料液的粘度呈增大趋势, 造成搅拌不易等困难。从经济的角度考虑, 底物浓度大, 酒精浓度高, 能节约用水, 减少蒸煮、冷却和蒸馏的能耗, 从而降低酒精蒸馏成本。另外, 增大底物浓度可以减少设备体积, 降低劳动强度, 有利于副产品的利用。当料水比为 1:2.0、1:2.5 时, 造成芭蕉芋吸水膨胀, 搅拌困难, 不适宜发酵和工业化生产; 当料水比为 1:3.5、1:4.0 时, 将增加蒸煮冷却和蒸馏的能耗, 从而增加蒸馏成本; 当料水比为 1:3.0 时, 可进行正常的酒精发酵, 不会造成成本的增加。因此, 综合考虑, 应选择料水比 1:3.0 进行。

2.1.2 拌料水温对芭蕉芋酒精发酵的影响

实验水温分别为自然温度、45 °C、60 °C 和 90 °C; 其中 90 °C 高温拌料采用无蒸煮工艺, 其他采用低温蒸煮工艺, 结果见表 2。

表 2 拌料水温对芭蕉芋酒精发酵的影响

项目	拌料水温(°C)			
	自然	45	60	90
淀粉利用率(%)	63.25	64.40	68.13	61.28

从表 2 可知, 拌料水温为 60 °C 的低温蒸煮工艺, 其发酵实验的淀粉利用率最高, 达到了 68.13%。而采用 90 °C 高温拌料进行的无蒸煮发酵实验, 淀粉利用率仅为 61.28%, 效果不理想。因此, 采用 60 °C 的水拌料可降低拌料工序的能耗, 工艺是可行的。

2.2 液化工艺的确定

2.2.1 液化酶用量对酒精发酵的影响

为了确定芭蕉芋酒精清液发酵的液化酶最适添加量, 实验设计了不同液化酶添加量对酒精发酵的影响, 考察芭蕉芋原料出酒率, 结果见图 1。

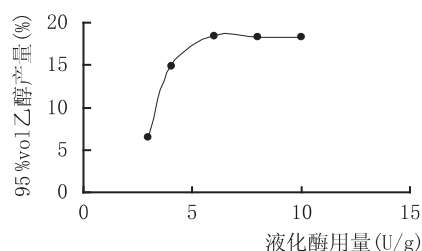


图 1 液化酶用量对芭蕉芋酒精发酵的影响

从图 1 可以看出, 当液化酶用量为 6 U/g, 芭蕉芋发酵液酒度基本稳定, 原料出酒率达到最大, 说明芭蕉芋酒精清液发酵液化酶用量为 6 U/g 时较合适。

2.2.2 不同液化时间对酒精发酵的影响

在液化温度为 85~90 °C, 液化酶用量为 6 U/g 芭蕉芋粉时, 液化时间对酒精发酵的影响结果见表 3。

表3 不同液化时间对芭蕉芋酒精发酵的影响

项目	液化时间(min)				
	30	40	50	60	70
酒精度(%vol)	8.1	8.8	9.0	8.6	8.7
还原糖(%)	0.33	0.39	0.39	0.37	0.38
总糖(%)	3.04	2.65	2.54	2.63	2.72
原料出酒率(%)	17.78	18.25	18.46	18.24	18.28

从表3可看出,液化时间为50 min时,还原糖浓度相对较高,而总糖浓度相对较低,而且发酵后的酒精度及原料出酒率相对较高。因此,选择液化时间为50 min比较合适。

2.3 糖化工艺的确定

2.3.1 糖化酶用量对酒精发酵的影响

糖化酶在芭蕉芋酒精清液发酵中起着重要作用,影响酒精发酵的效果和生产成本,不同糖化酶用量对酒精发酵的影响见图2。

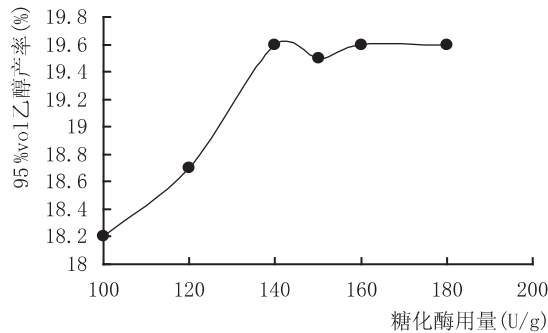


图2 糖化酶用量对芭蕉芋粉酒精发酵的影响

从图2可以看出,当糖化酶用量超过150 U/g时,原料出酒率无明显变化。因此,选择糖化酶用量为150 U/g比较合适。

2.3.2 不同糖化时间对酒精发酵的影响

糖化的效果不仅与糖化酶添加量有关,也与糖化时间相关,因此,本实验设计了不同糖化时间对芭蕉芋酒精清液发酵的影响,结果见图3。

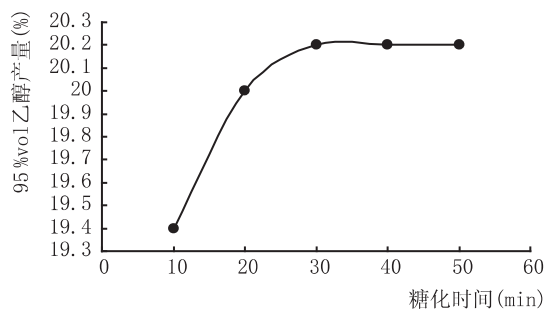


图3 糖化时间对酒精发酵的影响

图3说明,糖化30 min时,效果较好,出酒率相对较高,因此,确定糖化时间为30 min。

2.4 不同发酵 pH 对芭蕉芋酒精发酵的影响

分别调节发酵清液的 pH 为 3.6、4.2、4.5、5.0 和 6.0 (芭蕉芋糖化液自然 pH),发酵结果见图4。

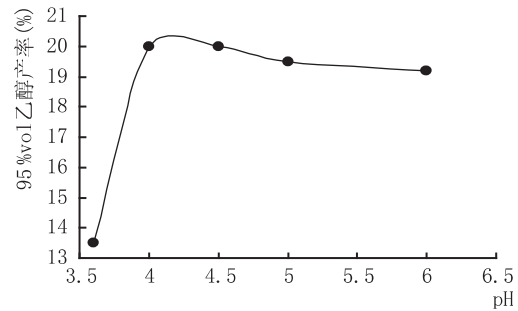


图4 pH值对芭蕉芋固态发酵的影响

从图4可以看出,pH在4.2~6.0时,对芭蕉芋酒精发酵没有太大的影响,pH4.2效果较好。

2.5 不同发酵温度对芭蕉芋酒精发酵的影响

由于安琪耐高温酿酒活性干酵母具有耐高温的特点。实验考察了恒温发酵和不同温度分段发酵对芭蕉芋粉清液糖化液酒精发酵出酒率的影响,结果见表4。

表4 不同发酵温度酒精发酵的影响

项目	发酵温度 (°C)					
	0~48 h			0~10 h	10~24 h	24~48 h
	27	30	37	30	37	30
酒精度(%vol)	7.6	8.8	8.2		7.8	
发酵液 pH	4.4	4.4	4.4		4.4	
原料出酒率(%, 95 %vol)	18.5	19.8	17.6		19.4	

表4表明,27 °C的低温发酵没有明显影响酵母的活力,37 °C发酵的原料出酒率远低于实验设计的其他发酵温度,这可能是因为高温抑制了酵母的生长,钝化了酵母的发酵酶系,酵母活力受到明显影响。综合比较,30 °C的发酵温度为芭蕉芋原料酒精发酵的适宜温度,此温度下原料出酒率最高。

2.6 不同 ADY 用量对芭蕉芋酒精清液发酵的影响

将活性干酵母活化后按清液体积的0.10%、0.15%、0.17%、0.20%和0.25%的接种量接种发酵,结果见图5。

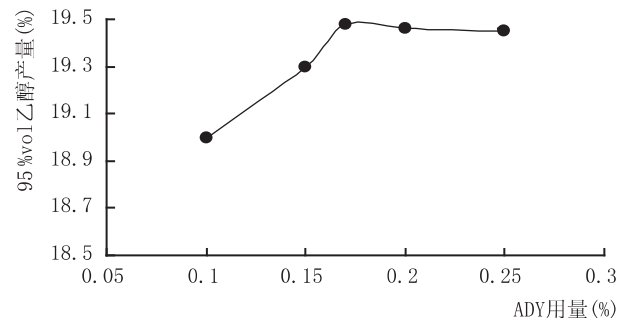


图5 不同酵母添加量的影响

图5表明,不同的接种量对芭蕉芋原料出酒率有一定影响,接种量为0.17%时发酵液酒精浓度达到最大

值。综合考虑,选择 0.17% 的接种量为宜。

2.7 芭蕉芋酒精清液发酵时间的确定

芭蕉芋原料酒精清液发酵时间对酒精生产成本、设备利用率都有着较大的影响,因此本实验考察了不同发酵时间发酵液产酒率的变化,结果见图 6。

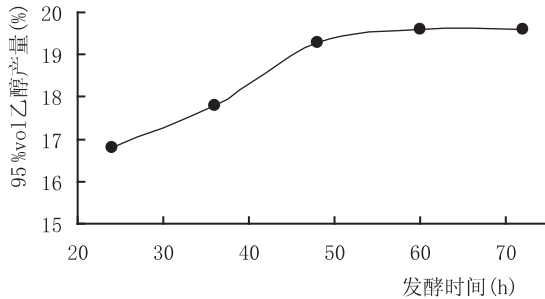


图 6 发酵时间的确定

图 6 表明,当芭蕉芋清液发酵至 60 h 时,出酒率达到最高,总糖降至最低,确定发酵时间为 60 h。

3 结论

3.1 确定了芭蕉芋酒精清液发酵的工艺条件:料水比为 1:3.0,拌料水温是 60 °C,拌料时间为 30 min,液化酶用量为 6 U/g,液化时间为 50 min,糖化酶用量 150 U/g,糖化时间为 30 min,pH 4.2,发酵温度为 30 °C,接种量为 0.17% (v/v),得到的芭蕉芋酒精的酒精度达 8.8 %vol,淀粉利用率为 72.14%,原料出酒率达到 20.2%。

3.2 芭蕉芋清液酒精发酵工艺是降低酒精工业能耗的一项有潜力的措施之一,易于实现工业化清洁大生产,同时所得固态发酵糟含有蛋白质、脂肪、磷和结合磷以及纤维素等,可以二次利用,如生产发酵饲料、做某些微生物生长的培养基原料等,提高其利用附加值。

参考文献:

[1] 朱作华,吴天祥.芭蕉芋的性质及其淀粉的工业应用研究[J].生物加工过程,2005,3(4):66-70.

- [2] 方书起,赵银峰,牛青川,等.小麦粉清液生产酒精的工艺研究[J].酿酒科技,2005,(5):64-65.
- [3] 刘龙飞,马晓.小麦粉清液酒精发酵工艺研究[J].河南教育学院学报(自然科学版),2004,13(4):57-58.
- [4] 王福荣,等.工业发酵分析[M].北京:中国轻工业出版社,1980.25-27.
- [5] 王福荣.生物工程分析与检测[M].北京:中国轻工业出版社,2006.140-163.
- [6] 章克昌.酒精与蒸馏酒工艺学[M].北京:中国轻工业出版社,2004.
- [7] 吴天祥,丁重阳,杨海龙,等.芭蕉芋原料酒精固态发酵工艺条件的初探[J].酿酒,2003,30(2):71-73.
- [8] 杨芳,王平华,谢世清,等.芭蕉芋淀粉糖化发酵工艺研究[J].西南农业学报,2004,17(2):231-234.
- [9] 吴天祥,章克昌,刘春朝.淀粉质原料芭蕉芋的性质及其酒精发酵的研究[J].酿酒科技,2005,(10):40-42.
- [10] 吴天祥,丁重阳,杨海龙,等.固态酒精发酵与酒精产业化发展的可行性研究[J].食品与发酵工业,2002,28(12):67-70.
- [11] 陈叶福,方慧英,王正祥,等.芭蕉芋糖化液酒精发酵条件研究[J].酿酒,2002,29(6):63-65.
- [12] Thitiraphunkul K,Uttapap D,Piyachomkwan K,Takeda Y.A comparative study of edible canna(*Canna edulis*) starch from diferent cultivars Part I:Chemical composition and physico-chemical properties[J].Carbohydrate Polymers,2003,(53):317-324.
- [13] Shigechi H,Fujita Y,Koh J,Ueda M,Fukuda H,Kondo A. Energy-saving direct ethanol production from low-temperature-cooked corn starch using a cell-surface engineered yeast strain co-displaying glucoamylase a-amylase[J].Biochem EngJ,2004,(18):149-153.
- [14] Bandaru VVR,Somalanka SR,Menduc DR,Madicherla NR,Chityala A. Optimization of fermentation conditions for the production of ethanol from sago starch by co-immobilized amyloglucosidase and cells of *Zymomonas mobilis* using response surface methodology[J]. Enzyme Microb. Technol.,2006,38:209-14.

华泽集团控股太白酒业

本刊讯 2009年8月6日上午,华泽集团(金六福企业)董事长吴向东与陕西省太白酒业有限责任公司董事长张吉焕正式签署战略合作协议。至此,陕西白酒业迄今最大的并购案,在经历了近半年的磋商谈判后终于浮出水面。

据了解,这次合作华泽集团以现金出资9498.60万元,占陕西太白酒业51%股权,成为太白的控股股东,双方合作后,陕西省太白酒业有限责任公司的企业名称不变,太白酒的生产地不变,纳税地不变,商标不转移。

这次联姻,不仅给太白酒业带来丰厚的资本背景,还引入了高端白酒生产管理系统,对太白酒业进军高端白酒市场具有重大的意义,也让陕西高端白酒市场的格局出现新的预期。

目前,华泽集团因不断推出地方高端白酒的战略布局,被业界称为地方高端白酒的战略投资者。已并购的地方白酒品牌分别位于东北、华东、华中、华南和西南,此次并购太白酒业是华泽集团布局西北的重要战略举措,也标志着华泽集团地方高端白酒战略的全国布局已基本形成。(小小)