

甜高粱汁营养成分测定及营养盐对酒精发酵的影响

武冬梅 赵志勇 李冀新 孙新纪

(新疆农垦科学院,新疆 石河子 832000)

摘要: 测定了甜高粱凯勒品种茎秆汁液中的营养成分。结果表明,凯勒品种含有丰富的可发酵糖,可以为酵母菌发酵制取酒精提供良好的碳源,但总氮和某些矿物质元素不能满足酒精酵母的营养需要。营养盐配比实验结果表明,适当的营养盐配比能够提高酒精得率,缩短发酵周期,营养盐的最佳配比为 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0.4%, MgSO_4 0.2%, CaCl_2 0.1%, K_2HPO_4 0.01%。

关键词: 燃料乙醇; 甜高粱汁; 营养成分; 营养盐; 酒精发酵

中图分类号:TS261.2;TQ920;TS262.2;TS261.4 文献标识码:A 文章编号:1001-9286(2010)01-0020-03

Determination of Nutritional Compositions in Sweet Sorghum Juice and Effects of Nutritional Salts on Alcohol Fermentation

WU Dong-mei, ZHAO Zhi-yong, LI Ji-xin and SUN Xin-ji

(Xinjiang Agricultural Reclamation Science Academy, Shihezi, Xinjiang 832000, China)

Abstract: The nutritional compositions in sweet sorghum (kaile) juice were determined. The results showed that the sweet sorghum (kaile) contained rich fermentable sugar which could provide sufficient carbon source for alcohol fermentation. However, total nitrogen and some mineral elements in the juice could not meet the demands of alcohol fermentation. Accordingly, the nutritional salts proportioning experiments showed that proper nutritional salts proportioning could increase alcohol yield and shorten alcohol fermentation period. The best nutritional salts proportioning was $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0.4%, MgSO_4 0.2%, CaCl_2 0.1%, K_2HPO_4 0.01%. (Tran. by YUE Yang)

Key words: fuel alcohol; sweet sorghum juice; nutritional compositions; nutritional salts; alcohol fermentation

甜高粱是粮用高粱的一个变种,是一种具有较高生物产量和糖产量的作物品种。目前,利用甜高粱茎秆汁液制取燃料乙醇已成为生物质能源领域的研究热点。

据报道,甜高粱单位面积糖的含量比甘蔗、甜菜的含糖量高,是制取燃料乙醇的理想原料。甜高粱茎秆汁液可以为酵母菌提供充足的碳源,但在酵母菌的发酵过程中,氮源、无机盐也不可缺少,由此可见,明确甜高粱茎秆汁液营养成分对酒精发酵具有十分重要的作用。目前,对于甜高粱茎秆汁液营养成分的研究较少^[1-2]。本试验以本单位主栽甜高粱(凯勒品种)为原料,对其茎秆汁液中的糖品成分和氮源及无机盐成分进行了分析,为在以甜高粱茎秆汁液制取燃料乙醇过程中酒精发酵添加必需的无机盐提供了理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

甜高粱品种:凯勒,种植于新疆农垦科学院作物所实验地。

基金项目:新疆农垦科学院青年基金项目(YQJ2007-16)。

收稿日期:2009-11-20

作者简介:武冬梅(1976-),女,助理研究员。

甜高粱汁:挑选无虫害、无霉烂变质的甜高粱,去除叶与穗。采用三辊式压榨机榨汁,所得汁液经过滤后置于贮藏罐中。

发酵菌种:丹宝利酵母,广东丹宝利酵母有限公司生产。

营养盐: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, MgSO_4 , CaCl_2 , K_2HPO_4 均为分析纯。

1.2 试验方法

1.2.1 葡萄糖、果糖、蔗糖及木糖

采用高效液相色谱法测定 AOAC 982.14。

1.2.2 总氮及矿物质元素

测定按 GB/T5009.5—2003 和 GB/T18932.11—2002 方法进行。

1.2.3 不同营养盐配比的发酵试验

甜高粱汁解冻→过滤→用蒸馏水调整可溶性固形物的含量至 14 Brix→分装至 250 mL 三角瓶(装液量为 150 mL / 250 mL)→灭菌→丹宝利酵母最佳发酵条件

的基础上添加不同量的 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (0 %、0.2 %、0.4 %、0.6 %、0.8 %), 确定最佳实验结果, 在最佳 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 添加量的基础上添加不同量的 MgSO_4 (0 %、0.2 %、0.4 %、0.6 %、0.8 %); 在 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 MgSO_4 最佳配比的基础上添加不同量的 CaCl_2 (0 %、0.1 %、0.2 %、0.3 %、0.4 %); 在 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 MgSO_4 、 CaCl_2 最佳配比的基础上添加不同量的 K_2HPO_4 (0 %、0.01 %、0.02 %、0.03 %、0.04 %).

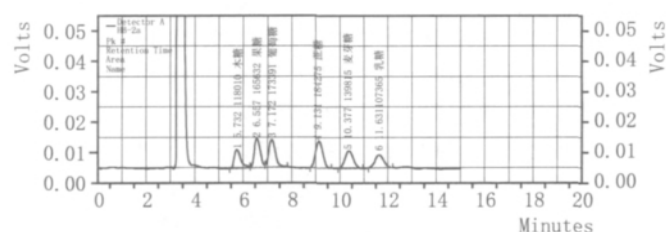
1.2.4 酒精度的测定

采用 GB/T 394.2 酒精通用试验方法。

2 结果与分析

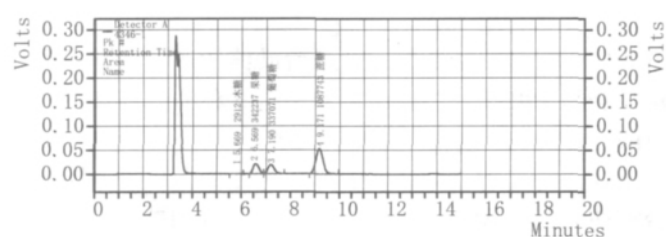
2.1 甜高粱茎秆汁液糖分析

对甜高粱茎秆汁液糖品成分进行色谱分析测定, 标准色谱图见图 1, 甜高粱茎秆汁液色谱图见图 2。



注: 从左至右依次为: 1. 木糖; 2. 果糖; 3. 葡萄糖; 4. 蔗糖; 5. 麦芽糖; 6. 乳糖。

图 1 标准色谱图



注: 从左至右依次为: 1. 木糖; 2. 果糖; 3. 葡萄糖; 4. 蔗糖。

图 2 甜高粱茎秆汁液色谱图

最终测定结果表明, 甜高粱 (凯勒品种) 中含有葡萄糖 3.2 g/100 g; 果糖 2.9 g/100 g; 蔗糖 10.5 g/100 g。曾有报道^[3]表明, 甜高粱茎秆汁液中除蔗糖、葡萄糖、果糖 3 种可发酵糖外, 还存在一定数量的其他糖类。本试验对主栽甜高粱凯勒品种茎秆汁液中的木糖进行了测定, 结果木糖未测出, 说明, 凯勒品种不含有木糖。

2.2 甜高粱汁矿物质元素及总氮

甜高粱汁矿物质元素及总氮测定结果见表 1。

由表 1 可以看出, 相对于酵母菌的营养需求, 甜高粱茎秆汁液中铜、锌、钙、钾、钠的含量比较充足。甜高粱汁液中的总氮含量接近 2.05 mg/mL, 而在酵母细胞的平均元素组成中氮占其菌体干物质质量的 7.5 %~10 %, 说明甜高粱茎秆汁液所提供的氮源对于酵母菌的营养需求是明显不足的。这对于甜高粱茎秆汁液发酵制取乙醇添加

表 1 甜高粱汁矿物质元素及总氮含量 (mg/100 g)

矿物质元素	含量	矿物质元素	含量
铜	0.06	镁	31.0
铁	0.27	钠	3.48
锰	0.24	钾 (g/100 g)	0.37
钙	40.5	总氮 (g/100 g)	0.205
锌	1.12		

的营养盐种类和数量具有指导作用。

2.3 不同营养盐对酒精发酵的影响

2.3.1 不同 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 添加量对酒精发酵的影响

酵母的正常发育和繁殖对营养物质有一定的要求, 甜高粱茎秆汁营养成分测定结果表明, 甜高粱茎秆所提供的氮源对于酵母菌营养需求是不足的。表 2 给出了不添加和添加一定量 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 的情况下酒精度和发酵时间变化的结果。

表 2 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 添加量对酒精发酵的影响

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (%)	酒精度 (%vol)	发酵时间 (h)
0	8.9	24
0.2	8.9	23
0.4	9.0	23
0.6	8.9	23
0.8	8.8	23

由表 2 可知, 当 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 添加量达到 0.2 % 时, 酒精度没有发生变化, 但发酵时间缩短 1 h; 当 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 添加量达到 0.4 % 时, 在发酵周期缩短的同时酒精度也升高 0.1 %; 但随着 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 添加量的增加, 酒精度有下降的趋势, 而发酵周期维持一恒定值。此结果表明, 0.4 % 的 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 添加量是最佳添加量。

2.3.2 不同 MgSO_4 添加量对酒精发酵的影响

在发酵液中添加不同浓度的 MgSO_4 , 发酵结束测定酒精度, 结果见表 3。

表 3 MgSO_4 添加量对酒精发酵的影响

MgSO_4 (%)	酒精度 (%vol)	发酵时间 (h)
0	9.0	23
0.2	9.1	23
0.4	9.0	23
0.6	8.9	22
0.8	8.9	22

由表 3 可以看出, 添加 0.2 % 的 MgSO_4 对酵母的发酵有促进作用, 酒精度升高 0.1 %; 而当 $\text{MgSO}_4 \geq 0.6$ % 时, 酒精度下降, 发酵周期缩短并逐渐趋于一恒定值。

2.3.3 不同 CaCl_2 添加量对酒精发酵的影响

在发酵液中添加不同浓度的 MgSO_4 , 发酵结束测定酒精度, 结果见表 4。

由表 4 可以看出, 添加 0.1 % 的 CaCl_2 能够缩短发酵周期, 但当添加量 ≥ 0.2 % 以上时, 酒精度下降, 发酵周期与对照相同。说明甜高粱茎秆汁液中钙含量比较充足, 过

表4 CaCl₂添加量对酒精发酵的影响

CaCl ₂ (%)	酒精度 (%vol)	发酵时间 (h)
0	9.1	23
0.1	9.1	22
0.2	9.0	23
0.3	8.9	23
0.4	8.8	23

多的钙反而会抑制酵母菌的发酵。

2.3.4 不同 K₂HPO₄ 添加量对酒精发酵的影响

在发酵液中添加不同浓度的 K₂HPO₄, 发酵结束测定酒精度, 结果见表 5。

表5 K₂HPO₄添加量对酒精发酵的影响

K ₂ HPO ₄ (%)	酒精度 (%vol)	发酵时间 (h)
0	9.1	22
0.01	9.1	21
0.02	9.0	21
0.03	8.9	22
0.04	8.9	23

从表 5 可以看出, 添加 0.01 % 的磷酸二氢钾, 可以缩短发酵周期, 随着用量的增加, 变化呈现无规律性。

3 结论

3.1 以本单位主栽甜高粱凯勒品种为原料, 对其糖品成

(上接第 19 页)

酒的后续陈酿, 提高白酒的风味。浓香型皇台酒曲所产白酒的总酯含量显著高于清香型红星和牛栏山酒曲, 而红星酒曲的总酯含量是牛栏山酒曲的 131.3 %。红星、牛栏山和皇台酒曲所产白酒的甲醇含量均很低, 均低于国家标准的 0.04 g/100 mL^[7], 完全符合国家标准。

3 结论

分别从酒曲理化成分、酶系和发酵性能等方面对清香型红星和牛栏山酒曲以及浓香型皇台和德山大曲酒曲进行了比较研究。结果表明, 这 4 种酒曲中的淀粉和蛋白质含量较高, 牛栏山酒曲中的淀粉含量显著高于红星酒曲; 红星和德山大曲酒曲中蛋白质含量分别明显高于牛栏山和皇台酒曲。清香型牛栏山和红星酒曲的液化型淀粉酶、糖化酶和蛋白酶活力总体要高于浓香型德山大曲和皇台酒曲, 红星和皇台酒曲的纤维素酶和脂肪酶分别显著高于牛栏山和德山大曲酒曲; 牛栏山和皇台酒曲的糖化酶活力分别显著高于红星和德山大曲酒曲; 这 4 种酒曲中的果胶酶和聚半乳糖酸酶活力差异均不显著。糖化酶与发酵酶相比, 其主要成分有明显变化; 发酵酶水分含量明显高于糖化酶; 发酵酶的酸度增加很快; 糖化酶经发酵后还原糖和总糖急剧下降, 不同酒曲下降速度有一定差异; 3 种酒曲的酒化力均较高, 但差异不显著。红星

进行分析, 结果表明, 甜高粱凯勒品种茎秆汁液中不含木糖; 对其汁液中无机盐成分进行分析, 结果表明, 相对于酵母菌的营养需求, 甜高粱茎秆汁液中铜、锌、钙、钾、钠的含量比较充足, 但所提供的氮源对于酵母菌的营养需求是明显不足的。

3.2 添加营养盐对改善酵母细胞的生长环境可起到一定的作用, 从酒精得率、发酵周期来看, 添加适当量的营养盐能提高酒精度(0.1 %vol), 缩短发酵周期。营养盐的最佳配比为 (NH₄)₂SO₄ 0.4 %, MgSO₄ 0.2 %, CaCl₂ 0.1 %, K₂HPO₄ 0.01 %。

参考文献:

- [1] 宁喜斌, 马志泓, 李达. 甜高粱茎汁成分的测定[J]. 沈阳农业大学学报, 1995, (5): 45-48.
- [2] 梅晓岩, 刘荣厚, 沈飞. 甜高粱茎秆汁液成分分析及浓缩贮藏的试验研究[J]. 农业工程学报, 2008, 24(1): 218-222.
- [3] 马志泓. 甜高粱茎秆汁液锤度与总糖含量间相关的研究[J]. 沈阳农业大学学报, 1992, 23(3): 187-189.
- [4] 吕欣, 段作营, 等. 氮源与无机盐对高浓度酒精发酵的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2003, (4): 159-162.
- [5] 张恩铭, 刘荣厚, 等. 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): 175-177.

酒曲所产白酒的酸度最高; 皇台酒曲所产白酒的总酯含量显著高于红星和牛栏山酒曲; 这 3 种酒曲所产白酒的甲醇含量均符合国家标准。

通过对清香型红星酒曲和牛栏山酒曲以及浓香型皇台酒曲和德山大曲酒曲的分析比较, 有利于进一步探索有关不同白酒酒曲的工艺特性及其产品质量标准, 对促进我国白酒酿造的标准化和现代化具有现实意义。

参考文献:

- [1] 李健容, 蔡爱群. 民间传统酒曲主要微生物的分离及鉴定[J]. 酿酒科技, 2007, (5): 111-115.
- [2] 傅金泉. 中国酒曲技术的发展与展望[J]. 酿酒, 2002, 29(2): 7-9.
- [3] 任飞, 周红海, 韩珍琼. 夏季浓香型大曲生产的工艺控制[J]. 酿酒科技, 2007, (8): 56-58.
- [4] 唐玉明, 沈才洪, 任道群. 酒曲理化品质指标相关性探讨[J]. 酿酒科技, 2006, (7): 37-41.
- [5] 荣瑞金, 李祖明, 王德良, 等. 中国酒曲微生物研究进展[J]. 中国酿造, 2009, (6): 5-8.
- [6] 王福荣. 酿酒分析与检测[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [7] 全国食品发酵标准化中心, 中国标准出版社第一编辑室. 白酒标准汇编(第二版)[M]. 北京: 中国标准出版社, 2007.