

发酵菊芋汁生产果糖糖浆研究

贾英民 田洪涛 赵学慧*

(河北农业大学食品科学系 保定 071001)

摘要 分析了来自不同地区的菊芋成分,干物质含量在23%~26%,菊粉多糖含量为17%~18%(鲜重)。制备菊芋汁中的主要固形物成分是菊粉多糖,游离的还原糖和可溶性蛋白质含量很低,菊芋用于果糖或果糖糖浆生产具有较高的经济价值;通过摇瓶发酵试验确定了利用菊芋汁生产果糖糖浆的工艺,用自动模拟发酵罐进行了生产模拟实验。产品总糖含量为61%,其中果糖95%,葡萄糖5%,通过发酵法生产果糖糖浆总糖得率为90%。

关键词 菊芋,果糖糖浆,发酵

分类号 Q936

菊粉(Inulin)富含于多种菊科植物中的 β -多聚果糖^[1,2],尤其菊芋块根的菊粉含量很高(15%~20%鲜重);菊芋产量高,易种植,对土质要求低,田间地头、闲散瘠薄土地均能很好地生长^[3]。利用菊粉酶水解菊粉或菊芋汁生产果糖或果糖糖浆(Fructose syrups, FS)的研究已引起人们的高度重视。利用果糖或FS替代蔗糖或果葡糖浆在食品工业上应用是食品工业发展的趋势。

研究表明,蔗糖、葡萄糖具有影响矿物质元素吸收、引起儿童龋齿、中老年人的糖尿病、高血压、肥胖症等负作用^[4,5]。随着生活水平的提高,人们对添加蔗糖、葡萄糖等高热值并有一定负作用的食糖越来越不欢迎。果糖的热值低,甜度高,又不具有上述负作用^[6,7];且低聚果糖还有促进肠道双歧杆菌生长,抑制病原菌等整肠作用^[8],果糖是理想的食品用糖。利用菊粉酶水解菊芋榨汁生产FS的研究报道很多。目前尚没有选育出能满足工业化酶制剂生产的高产酶活力菌株。菊粉酶制剂的生产成本较高,影响了其在果糖生产上推广应用^[9]。本文报道利用菊粉酶高活力安全菌株直接发酵菊芋汁生产果糖糖浆的研究。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 菊芋:采自武汉市郊区、保定市郊区、后湖地区,11月下旬采收,-20℃保存备用。

1.1.2 菌种:黑曲霉M89(*Aspergillus niger* M89)、黑曲霉H8(*Aspergillus niger* H8),从多年生长菊芋的根围土壤中分离筛选^[10]。

1.1.3 TS-O型全自动模拟发酵罐(日本):华中农业大学食品微生物研究室提供。

1.2 实验方法

1.2.1 菊粉酶活力测定:参照Uhm报道的方法^[9],50 μ l适当稀释的酶液加入到450 μ l 5%的菊粉(pH4.5 0.1mol醋酸缓冲液)中,55℃保温10min,沸水浴5min灭酶,然后测定还原糖产量,在上述条件下每分钟产生1 μ mol还原糖的酶量即为1个菊粉酶活力单位(u)。

1.2.2 还原糖测定:采用Somogyi-Nelson法^[11]。

1.2.3 葡萄糖测定:采用葡萄糖氧化酶法^[12]。

河北省自然科学基金资助项目

* 华中农业大学食品科技系,武汉 430070

1996-10-10收稿

© 中国科学院微生物研究所期刊联合编辑部 <http://journals.im.ac.cn>

1.2.4 菊芋汁制备:鲜菊芋清洗称重→100℃(杀酶)5min→搅碎(加80℃水适量)→双层100目滤布压滤→滤渣加适量热水→重复压滤→混合滤液定容到每100克菊芋出100ml汁。

1.2.5 可溶性蛋白质测定:采用考马斯亮兰G-250法^[13],用牛血清白蛋白(Albumin bovineserum)作标准对照。

1.2.6 总蛋白质测定:用凯氏定氮法。

1.2.7 糖浆成分分析:①HPLC法:固定相为ZorbaxNH₂,流动相为乙腈:水=80:20,用示差折射检测仪检测;②纸层析法:展开剂为正丁醇:乙醇:水=10:1:2,染色剂为苯胺-二苯胺

2 结果与分析

2.1 菊芋成分分析

对采自武汉市郊区、湖北省后湖地区和保定市郊区的菊芋的主要固形物成分进行分析,结果(见表1)表明,菊芋中主要成分是菊粉多糖,蛋白质含量较低,来源于不同地区的菊芋干物质含量、多糖含量稍有差异,以保定地区的最高,可能与北方干旱,水分含量低有关。

表1 来源于不同地区的菊芋成分分析

菊芋来源	鲜重(g)	干重(g)	干物质含量(%)	总糖*(%鲜重)	总蛋白(%鲜重)
武汉	200	45.6	22.8	17.83	1.25
后湖	200	47.1	23.5	18.0	1.23
保定	200	52.0	26.0	18.56	1.41

表2 菊芋汁成分分析

菊芋来源	总固形物 (%W/V)	可溶固形物 (%W/V)	可溶性蛋白 (%W/V)	总糖 (%W/V)	还原糖 (%W/V)	pH
武汉	17.74	17.51	0.064	17.23	0.21	6.2
后湖	18.24	17.96	0.051	17.56	0.22	6.2

用1mol/L HCl 100℃水解1h,用1mol/L NaOH调pH中性测还原糖

表3 还原糖、酶活力及pH随发酵时间的消长变化

发酵时间 (h)	菊粉酶活力(u/ml)		还原糖(mg/ml)		pH	
	M89	H8	M89	H8	M89	H8
24	2.0	—	73.5	37.8	5.9	6.0
30	3.8	1.0	121.5	90.4	5.8	5.9
36	5.4	1.9	118.3	108.9	5.6	5.8
42	7.8	2.5	112.0	111.0	5.3	5.7
48	13.2	4.0	104.5	101.3	4.9	5.4

2.2 菊芋汁成分分析

对从武汉郊区和后湖地区采集的菊芋制汁进行分析,结果(见表2)表明,菊芋汁中主要固形物成分是菊粉多糖,菊芋汁在未进行酸水解以前,还原糖含量很低,菊芋汁中的蛋白含量甚微。

2.3 菊芋汁发酵条件试验

利用菊粉酶高活力菌株黑曲霉 M89 和黑曲霉 H8 分别对菊芋汁进行摇瓶发酵,用500ml三角瓶装200ml菊芋汁,115℃灭菌20min,接种10⁶个孢子,200r/min,30℃摇瓶发酵,24h后每隔6h检测还原糖、菊粉酶活力和基质pH变化。结果(见表3)可以看出,在发酵初期,发酵液还原糖急剧上升,M89菊株在发酵30h时还原糖达到高峰,以后逐渐下降;而H8菊株在发酵36h时还原糖才达到高峰,M89在24h发酵液中就能检查到菊粉酶活力,随着发酵时间延长,发酵液菊粉酶活力上升较快,但由于菌丝体大量生长,对糖的消耗加快,发酵液还原糖开始随发酵时间的延长而下降,pH值下降幅度加大;由于发酵液中有一定量的菊粉酶,进一步选

表4 保温时间对还原糖的影响

发酵时间 (h)	(55℃)保温时间									
	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14
24	94.4	102.8	109.0	113.4	114.5	116.0	116.0	117.6	118.3	118.0
30	140.5	146.8	150.7	152.1	152.6	152.8	154.1	154.1	155.4	155.3
36	133.2	139.1	141.5	142.1	142.2	142.7	142.6	143.5	143.6	143.1

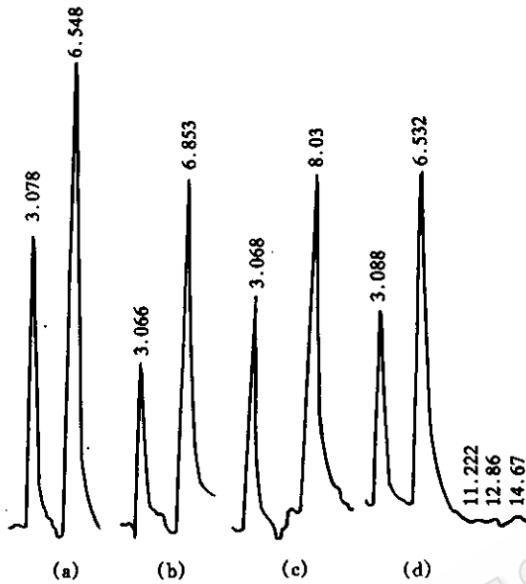


图1 果糖糖浆的HPLC分析图谱

a: 果糖; b: 葡萄糖; c: 蔗糖; d: 果糖糖浆

定 M89 的发酵液过滤除菌丝体后在 55℃ 保温, 测定在保温过程中发酵液还原糖的变化, 结果 (见表 4) 表明, 4h 内还原糖有较大幅度的提高。保温 12h, 还原糖达到高峰。

2.4 发酵菊芋汁生产果糖糖浆的工艺流程

根据摇瓶试验结果, 选用黑曲霉 M89 菌株作发酵菌种, 确定本工艺流程: 菊芋汁 (10L) 110℃ 灭菌 30min → 装入 14L 自动模拟发酵罐中 → 30℃, 通气量 2L / min, 400r / min 发酵 30h → 停止发酵 100 目滤布过滤除菌 → 滤液 55℃ 保温 12h → 1% 活性炭 (脱色、脱味) 45℃ 保温 30min → 过滤除炭 → 70~75℃ 抽压旋转蒸发浓缩 4 倍即为成品。

表5 发酵生产果糖糖浆的成分分析

还原糖 (%)	果糖 (%)	葡萄糖 (%)	pH	口感
61	95	5	5.8	风味良好

2.5 糖浆成分分析

用 Somogyi-Nelson 法测定糖浆中总还原糖, 用葡萄糖氧化酶法测定葡萄糖, 总糖减去葡萄糖为果糖, 结果 (见表 5) 表明, 利用菊粉直接发酵生产果糖糖浆, 可得到菊芋汁总糖含量的约 90%, 其中果糖占 95%, 葡萄糖仅 5%, 口感风味良好。

进一步将糖浆用高效液相色谱分析, 用葡萄糖、果糖和蔗糖作标准样品对照, 结果 (见图 1) 表明, 糖浆中的主要成分是果糖, 由于葡萄糖含量很低, 并且与果糖的出峰时间差异较小, 葡萄糖峰被果糖峰所掩盖而未出现独立峰。

用纸层析进一步分析糖浆成分结果 (图 2) 表明, 糖浆中的主要成分是果糖, 图谱上显示有痕量葡萄糖, 不含其它低聚糖成分。

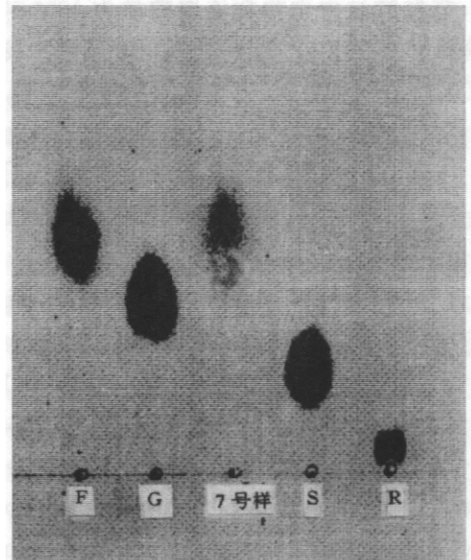


图2 果糖糖浆的纸层析图谱

F: 果糖; G: 葡萄糖; S: 蔗糖; R: 棉子糖; 7号样: 果糖糖浆

3 讨论

由于果糖的营养保健作用, 人们对开发果糖资源投入很大兴趣, 目前果糖的生产主要是

通过淀粉酶(Amylase, EC3.2.1 EC3.2.1.2)和糖化酶(Glucoamylase, EC3.2.1.3)将淀粉水解成葡萄糖,再经葡萄糖异构酶(Glucoisomerase, EC5.3.1.18)将部分葡萄糖转化成果糖,这不但工艺过程复杂,且转化率很低(40%~45%),产品中仍有近60%的葡萄糖。利用菊粉酶水解天然果聚糖生产果糖有很大优越性。Manzoni等报道,将菊芋适时采收切片干制,可为常年工业化生产提供原料^[14]。由于菊粉酶菌株的产酶活力普遍不高,酶制剂的生产成本较高,阻碍着这一产品的开发应用。

本研究根据发酵过程中,还原糖的消长和菊粉酶活力的变化、通过发酵条件控制,提出了菊芋汁发酵生产果糖糖浆工艺,并通过发酵罐模拟试验。在发酵的早期,菌丝体处于快速生长阶段,向发酵液中分泌次级代谢产物较少,发酵30h产生的菊粉酶(3.8u/ml)足以达到水解残余菊粉多糖的要求,所以适时发酵,除菌保温对提高还原糖产量很重要,上述工艺实质上是发酵产酶和酶催化水解两过程合二为一的方法。

在发酵过程中消耗还原糖量为10%以下,总糖得率为90%左右,并且果糖产品风味良好。此工艺待进一步中试、完善有推广应用价值。

参 考 文 献

- [1] Rutherford P P, Deacen A C. *Biochemj*, 1972, **126**: 569~573.
- [2] Gupta A K, Bhatia, Z S *Phytochem*. 1985, **24**:143.
- [3] 林 榕,陈封怀,黄秀兰. *中国植物志*, 1979, **75**: 355~358.
- [4] Pawan G L C. *Appl Sci Publishers*, 1973, London 65~80.
- [5] Esman P C, Esman B E, Schauer I E. *J Biolchem*, 1987, **262**:4387~4394.
- [6] 江 波,王 璋. *无锡轻工大学学报*, 1995, (2): 183~186.
- [7] Pilnik W, Vervelde G J. *J Agron Crop Sci*, 1976, **142**:153~162.
- [8] Vang X J. *Appl Bacterol*, 1993, **75**:373~380.
- [9] Uhm T B, Jeon DY, Byun S M. *Biochem Biophys Acta*. 1987, **926**:119~126.
- [10] 贾英民,赵学慧. *微生物学通报*, 1996, **23**(4): 310~313.
- [11] Somogyi M. *J Biol Chem*, 1952, **195**:19~23.
- [12] 张惟杰. *复合多糖生化研究技术*, 上海:上海出版社, 1987, 8.
- [13] Sedmak J J, Grosserg S E. *Analytical Biochem*, 1977, **19**:544~552.
- [14] Manzoni M, Cavazzomi V. *J Chem Technol Biotechnol* 1992, **54**:311~315.

STUDIES OF FRUCTOSE SYRUPS PRODUCTION BY FERMENTING JERUSALEM ARTICHOKE JUICE

Jia Yingmin Tian Hongtao

(Department of Food Science, Hebei Agricultural University, Baoding 071001)

Zhao Xuehui

(Department of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070)

Abstract Components of Jerusalem artichoke(JA) which came from different area were analyzed. They contained 23%~26% dry matter. The Inulin content was 18%(fresh weight). The majority of solid components of the JA extract juice was Inulin. The figures above showed that it is of high economic value to produce fructose syrups(FS) from JA. A set of producing FS processes was established. Then, FS was produced with automatic model fermentor. The product contained 61% total sugar, of which fructose and Glucose was 95% and 5%, respectively. The sugar retention was 90%.

Key words Jerusalem artichoke, Fructose syrups, Fermentation