

蔗 髓 发 酵 饲 料

广东中山糖厂、广东省甘蔗糖业食品研究所

蔗髓(即蔗渣糠)是蔗渣造纸、人造纤维筛分出来的废料,占蔗渣的25—30%,目前还未全面利用,但其数量不少。一间日榨二千吨甘蔗的糖厂,每年就有干蔗髓4—6千吨。如果能通过微生物作用,把部分粗纤维变成较易消化吸收、有一定营养价值的饲料,就能广泛开辟饲料来源。遵照毛主席关于发展养猪事业的伟大指示,我们于1971年开展这项利用蔗髓做饲料的试验。1973年在各级领导、特别是粮食部门的大力支持下,我们在中山县推广试点,取得了初步的效果。现将试验结果介绍如下:

一、工艺条件试验

(一)菌种选择

我们搜集了国内十多个纤维素酶菌,进行菌种筛选。培养基成份:蔗髓70%(未经处理),麸皮30%,硫酸铵2%,磷酸二氢钾1%,硫酸镁0.05%,pH4.5—5.0。用经过5%石灰煮1小时,冲洗,并用酸中和的蔗髓作为酶解底物。曲与底物比为1:1,于45℃下静置酶解24小时。滤液用索莫继(Somogyi)微量定糖

法测定总糖含量,以投入碱化前干蔗髓数除以得糖数为酶解得糖率。比较结果:以 EA3-867 (上海植物生理研究所诱变菌株) 得糖率最高 (48.1—56.0%), 糖研 49 (广东甘蔗糖研究所分离菌株) 及 4-49 (上海工业微生物研究所分离菌株) 得糖率其次 (47—50%)。以上三菌株,生长力强,培养条件较易掌握,适于蔗髓发酵。经一年多的饲养试验,证明此发酵饲料对牲畜及人吃牲畜后未发现不良反应。

(二) 单个菌株与多菌株复合酶解比较

由于纤维素完全分解成糖,不是一种酶所能完成。虽然有些菌能产生复合的纤维素酶,但由于种种原因,其分解纤维素的能力还是很低。故进行单个菌株与 2—3 个菌株组合酶解的比较。

1. 纤维素酶曲(以下简称纤曲)与黑曲霉曲(以下简称黑曲) 分别培养的酶解试验 蔗髓用 4% 的碱煮 1 小时,冲洗,中和后作底物,曲比 1:1。酶解结果如下(表 1):

表 1 纤曲与黑曲分别培养后混合酶解比较

菌 种		混合配比 纤曲:黑曲 B ₁	对底物酶 解得糖率(%)
纤 曲	黑 曲 B ₁		
4-49			30.90
4-49	黑 曲 B ₁	4:1	43.28
49			31.90
49	黑 曲 B ₁	4:1	42.66
49+4-49 (1:1)			40.30
49+4-49 (2:2)	黑 曲 B ₁	4:1	48.56

2. 纤曲与黑曲混合培养酶解试验 蔗髓用 5% 石灰煮 1 小时,冲洗,中和后作底物,曲比 1:1,制曲时纤曲与黑曲变种 B₁ 同时培养,接种量:纤曲 5%,黑曲 B₁ 0.3%,酶解结果(表 2):

表 2 混合培养酶解比较

菌 种	对底物酶解得糖率(%)
49 曲	50
49 曲与 B ₁ 混合曲	56
EA3-867 曲	53.70
EA3-867 曲与 B ₁ 混合曲	58.80
EA3-867 曲与 49、B ₁ 混合曲 (1:1)	61.60
EA3-867 曲与 4-49、B ₁ 混合曲	63.20
4-49 曲	47.70

注:以上得糖率测定和计算,同菌株选择方法。

从表 1、2 结果说明,用两个菌株比用单一菌株酶解得糖率高,而三个又比两个高;混合菌株以纤曲加黑曲 B₁ 混合比两个纤曲混合得糖率高。因考虑到便于农村制种的推广,纤曲菌株太多,增加操作麻烦,故采用一个纤曲与淀粉糖化黑曲酶菌 B₁ 混合酶解。

我们曾将几种淀粉糖化酶菌如轻研 3092 根霉、白根霉、乌沙米黑曲霉和黑曲诱变种 B₁ 进行比较,结果以黑曲变种 B₁ 较适于和纤维素酶菌共生,混合制曲时不会抑制纤曲生长,可以混合制曲,也可以单独制曲(单独制曲时酵母、白地霉与 B₁ 同时接种混合培养。酶解时用四份纤曲加一份黑曲 B₁ 作混合曲)。同时黑曲 B₁ 糖化力强,升温较快,产酸少,适于土法常温酶解。

为了进一步提高饲料的营养价值和适口性,把糖和淀粉变成蛋白质、醇和酯等,故制混合曲时接入酒精酵母南阳 5 号和白地霉。白地霉是我们在土法酶解液中分离出来的,能利用有机酸、五碳糖及多种糖合成蛋白质,适于土法酶解所得产物的利用。

(三) 酶解前底物碱化处理

蔗髓属粗纤维物质。纤维素、半纤维素、木质素紧密结合在一起。由于木质素坚韧较难分解,一般不易被牲畜所消化,并阻碍微生物对半纤维素与纤维素的分解。但经碱化后,可以除去部分木质素或改善它与纤维素等的结构,能提高粗纤维的消化率和酶解得糖率。据国内外资料介绍,用氢氧化钠或石灰处理稻草、麦秸等粗纤维原料喂牲畜,消化率为 60—70%,较未经碱化处理的提高约 40%。同样用碱处理蔗髓,由于除去部分木质素,可提高蔗髓消化率。

考虑氢氧化钠为工业原料,需要量也很大,故采用石灰碱化蔗髓。先把石灰用少量水乳化的,再制成石灰乳(浓度 10%),按干石灰计加入蔗髓量的 5—9%,以不同液比拌好后放在瓦缸,常温碱化 3 天后,中和作酶解底物,同不加石灰处理的蔗髓作对比酶解,比较结果如表 3。

从表 3 可以看出,用石灰碱化蔗髓,比不碱化得糖

表 3 不同曲量、不同液比的蔗髓碱化处理酶解对比

用曲量	蔗髓处理	液比	底物连曲酶解 得糖率(%)
曲量为蔗髓的 25%	不处理	1:6	1.35
	5% 石灰碱化 3 天	1:6	7.55
	5% 石灰碱化 3 天	1:4	4.15
曲量为蔗髓的 20%	不处理	1:10	3.80
	3% 石灰碱化 3 天	1:10	5.50
	5% 石灰碱化 3 天	1:10	9.80
	3% 石灰碱化 3 天	1:6	5.40
	3% 石灰碱化 3 天	1:4	4.70

注:试验在 5 月份常温瓦缸静置酶解 1 天。

率高几倍；石灰用量 5% 比 3% 得糖率高；液比 1:10 比 1:6 及 1:4 高。从实践中我们体会到，用石灰碱化有如下作用：

①改善木质素与纤维素结构，有利于纤维素酶的渗入作用，增加纤维素对酶的敏感性，因而提高得糖率。

②改善其物理性状，使组织疏松、软化，利于消化吸收，提高饲料的适口性。

③增加钙盐。

(四)酸料的作用

由于纤维素酶在微酸性条件下 (pH 4.5—5.0) 酶活力最强，得糖率比在中性和碱性多几倍。蔗髓经碱化处理 3 天后，碱度虽已逐渐降低，但仍未达微酸性。要使其呈微酸性，需加酸调节。若用盐酸等工业原料，在农村使用不适合，故研究用一种操作简单的自制酸料。其制作方法：用蔗髓和统糠 1:1 或 1:0.5，加入对物料 10% 混合曲种，与制曲一样拌料加水，松松地放在缸或池内。第一、二天是菌种繁殖及产酒阶段，曲料发热，已经有浓郁酒、酯香，第 3 天加入少量水压紧密封，使之进入产酸阶段。时间越长酸度越大。酸碱值达 4.0 左右，即可用来调节经石灰碱处理的蔗髓的 pH。

(五)酶解糖化

用三份碱化后的蔗髓与一份酸料中和至 pH 5.0—5.5，加入对碱料 10—20% 混合曲拌匀，放在缸或池中进行酶解糖化。我们曾进行过不同液比试验，

结果液比越大得糖率越高。因纤维素酶是体外酶，液比小，酶的传导作用差。但液比太大，发酵不好。故选择液比 1:6，酶解 2 天较为合适。

酶解前后成份变化见表 4 (对干物质)。

表 4 蔗髓酶解前后成分变化 (对干物质)

成分处理	还原糖 (%)	粗蛋白质 (%)	粗脂肪 (%)	粗纤维 (%)
酶解前	0.24	1.8	0.9	42.5
酶解后	4.8	3.4	3.1	32.7

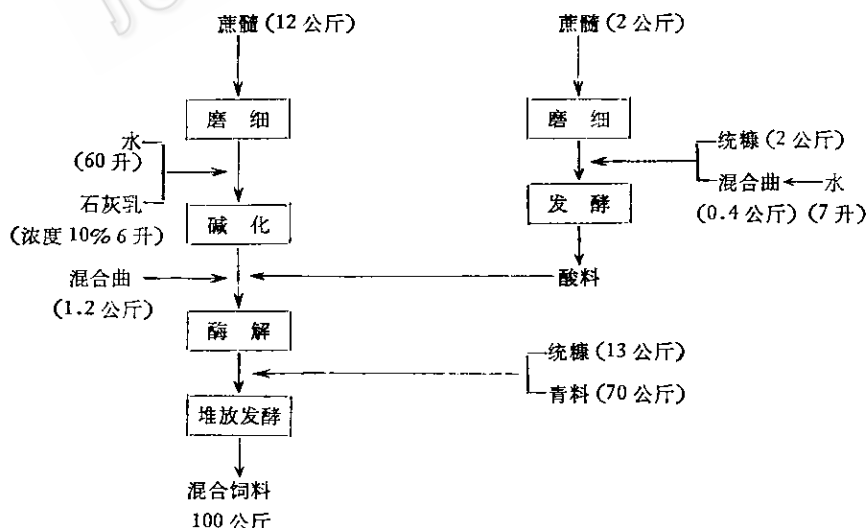
(六)堆放发酵

利用曲种在酶解后仍具发酵力，即加入统糠、青料等拌匀，在地上堆放发酵。堆放时间冬天 1 天，夏天半天。堆内温度 40—50℃ 为宜。在堆放过程中，纤维素继续分解成糖，糖又发酵变成蛋白质、醇、酸、酯等营养物质，并产生香味，使青料软化，因而更进一步提高了饲料的营养价值和适口性。

下面是用酶解后的蔗髓，加入同重量统糠 (均为干计) 和 5 倍湿重量青料堆放发酵后的饲料成份分析：

饲料成份	对干物质 (%)
粗蛋白质	5.7—7.6
粗纤维	31.2—34
灰分	1.6
无氮浸出物 (包括糖、醇、酸、酯等)	42.8—43.8

二、制造工艺流程



- 注：1) 混合曲：纤曲 80%，黑曲 B₁，酒精酵母南阳 5 号，白地霉曲 20%。
 2) 混合曲配料：蔗髓 70%，麸皮 30%，硫酸铵 2%，过磷酸钙 1.0%，pH 4.5—5.0。
 3) 精料按当地习惯混入堆放发酵或煮熟喂。

三、喂养效果

试验目的是用蔗髓发酵饲料代替部分统糠和煮熟饲料,以节省糠料和燃料。1972年在厂属沙农场养猪场进行过三组不同品种、大小5—11个月饲养试验,每30—40天为一期,每期空腹称重,结果如表5。

表5 饲料效果平均数字对比

组别	猪品种	期数	饲料	饲养天数	每栏头数	始重(公斤)	终重(公斤)	总增重(公斤/头)	平均增重(克/日)	比对照平均增重(克/日)	平均每天每头饲料用量(公斤)			
											蔗髓	三七统糠	精料	青料
第一组	盘黑	2—8期共七期平均	蔗髓发酵	267	5	19	72.7	53.7	210	65	0.46	0.5	0.34	3—5
			煮熟料	267	5	17.5	55.55	38.05	145			1	0.365	3—5
第二组	中花白	1—4期共四期平均	蔗髓发酵	187	2	35	63.8	28.8	154	32	0.42	0.55	0.37	3—5
			煮熟料	187	2	30.5	53.75	22.75	122			1.1	0.37	3—5
第三组	小花白	1—3期平均	蔗髓发酵	113	4	16.25	35.40	19.15	170	40	0.315	0.41	0.32	2—4
			生捞料	113	4	16	30.75	14.75	130			0.82	0.32	2—4

注:精料主要是碎米,一、三组曾用过小量米糠(玉米糠)作精料。

2. 节省燃料。
3. 提高饲料的营养价值,提高其他饲料的利用率。

四、存在问题和今后工作

1. 由于菌种的酶活力不高和土法条件限制,酶解得糖率、蛋白质含量、粗纤维的减少均不够理想。因

1973年在中山县小榄公社四个生产队、大队农科站及食品出口公司沙口站等单位进行推广试验,以蔗髓发酵饲料代替一半统糠、代替煮熟饲料,与对照猪增重相同。有几个生产队还用以试喂鸡和鱼,作补充饲料。初步看到有如下效果:

1. 扩大饲料来源,节省部分精料。不但适于蔗髓,还适于稻草、麦秸等粗纤维原料。

此,我们最近正研究用半机械化方法,利用糖厂可能条件,生产一种含蛋白质更高(10%以上)纤维素更低的产品,使其质量更好,使用更简便。

2. 曲种制备,需要具备一定的蒸煮灭菌设备,以保证菌种酶活力。曲种最好集中在加工厂、酒厂、糖厂制造。

3. 目前粉碎机磨蔗髓效率还不高,最近我们正研究用湿磨法以提高粉碎效果。