

酒精糟液生产饲料酵母新技术

金其荣 赵建国 卜春文 张文彦 许善标

(无锡轻工业学院发酵工程系*)

(淮阴酒厂*)

一、前 言

我国年产发酵酒精近50~60万吨,排放酒精糟液近1000万吨,数量很大。这种废液含固形物多,残糖0.3%左右, pH3.8~4.3, SS、COD_{cr}和BOD₅极高,不能直接用作饲料,流入江河造成严重污染。因此,酒精糟液的利用与处理已成当务之急。

采用酒精糟液制取饲料酵母,不仅使酒精糟液的CoD_{cr}、BOD₅有所下降,减轻环境污染,而且能使糟液变废为宝,生产出国家急需的酵母蛋白,为饲养业提供蛋白质、维生素含量较高的饲料,具有一定的经济意义,在国内已引起党和国家的重视,各地区科研部门和工厂竞相研究。但缺乏高速酵母分离机,饲料酵母成本高,售价低,工厂生产利润少,长期来酒糟液制取饲料酵母未能商业化生产,处于停顿状态。1983年3月开始,在淮阴酒厂协作下,我们对此课题进行了试验研究。

针对酒精糟液含有无机盐、有机酸杂质较多和偏酸性的特点,本试验选用我院1981年9月—11月从酸性食品中选育出的两株耐酸性强、杂食有机酸能力强、凝絮沉降快的假丝酵母SH—1号和SH—II^[1]为试验菌株,采用混株培养、酵母泥接种和自然沉降等新技术,以双层振动筛预处理的酒精糟滤液为原料,进行了摇瓶培养、3300升标准培养罐和32000升多层筛板培养罐的培养条件试验,建立了一套工艺设备简单、生产操作方便的新工艺,为实现我国酒精糟液商业化生产饲料酵母打下了基础。

本技术已于1984年6月由江苏省轻工业厅主持召开的鉴定会上通过了技术鉴定。这一技术成果目前已转让江苏、山东、浙江和江西等地几家酒精厂。

二、仪器与设备

- 1) pH5—29型酸度计 上海分析仪器厂制造
- 2) LD4—2型离心机 转速4000R.p.m;北京医用仪器厂制造
- 3) TG 328A电光分析天平 上海分析仪器厂制造
- 4) 回转式摇瓶机 转速230R.P.m, 偏心距2.5厘米
- 5) 双层振动筛 筛框长4000毫米,宽1000毫米,上层筛网80目,下层筛网100目。振动频率200次/分,振幅4.0厘米,筛倾角4.5度

本文1984年10月24日收到

*参加本试验的还有无锡轻工业学院791毕业生杨志毅、林学亭、刘元军,淮阴酒厂敬成富,淮阴县环保办公室张尔祥。

6) 300升种子罐(非标准罐) 罐径 640 毫米, 罐高 700 毫米, 夹套保温冷却, 无搅拌, 无挡板。

7) 3300 升酵母培养罐(非标准罐) 材质碳钢, 罐径 1500 毫米, 罐高 1650 毫米, 锥底角 45 度, 搅拌转速 450R.P.m, 浆叶直径 400 毫米, 二折叶, 一档, 倾斜度 45 度, 无挡板 盘管冷却或加热, 环形空气分布管直径 800 毫米, 空气喷孔直径 2.5 毫米

8) 32000 升筛板酵母培养罐 罐径 2.25 米, 罐高 8 米, 罐内装 3~4 块微孔筛板。空气由罐底通入, 经过筛板逐渐上升。特点是在不增加通气量的情况下提高氧的利用率, 省去了机械搅拌装置。

三、材料与 方法

1) 薯干酒精糟液

由淮阴酒厂提供。 pH 一般在 3.8—4.3, 残糖 0.3% 左右, 酸度 3.5—7.0 毫克当量/升 CoD_{cr} 负荷在 25000~39000 毫克/升之间变动。代表性成分分析数据如表 1。

表 1 淮阴酒厂酒精糟液成分

项 目	分 析 值	项 目	分 析 值
比重(25℃)	1.0015	灰 分(毫克/升)	3498.00
BX 浓度(20℃)	2.70	悬浮物(毫克/升)	6552.00
pH 值	3.87	有机物(毫克/升)	33790.00
酸度(毫克当量/升)	3.50—7.00	水溶性固形物(毫克/升)	14812.00
挥发酸(毫克/升)	310.00	氮 (毫克/升)	315.20
还原糖(毫克/升)	2800.00	磷 (毫克/升)	31.50
总糖(毫克/升)	3900.00	CoD_{cr} (毫克/升)	38610.00
固形物(毫克/升)	21346.00	BOD_5 (毫克/升)	28500.00

2) 85% 工业磷酸 江苏涟水县东方红化工厂产品

3) 尿素 江苏栖霞山化肥厂产品

4) 菌种 由无锡轻工业学院提供假丝酵母 SH—I 号和 SH—II 作为供试菌株, 对薯干酒精糟液适应性强, 增殖快^[1]

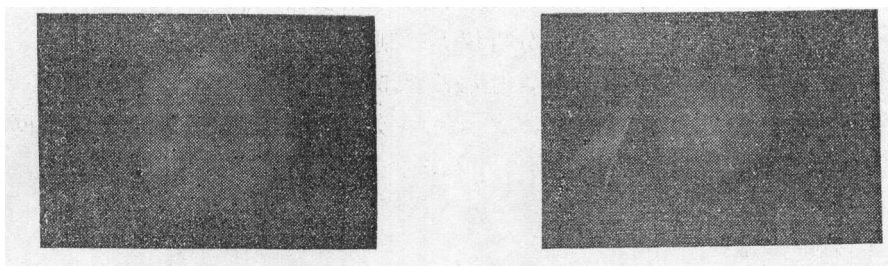


图 1 酵母 SH-I 号菌落形态

图 2 酵母 SH-II 号菌落形态

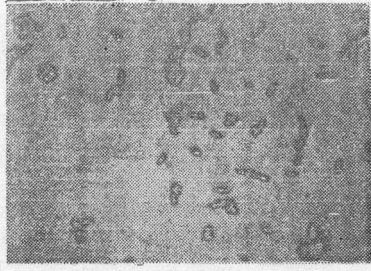


图3 酵母SH-I号细胞形态

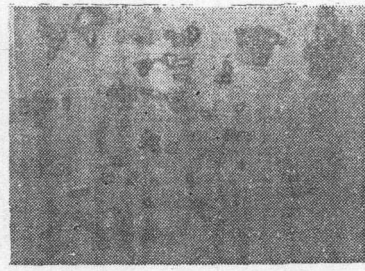


图4 酵母SH-II号细胞形态

① 形态、菌落及其营养特征可见表2。

表2 酵母SH-I号和酵母SH-II号的主要特征

主要特征		酵母SH-I号	酵母SH-II号
形态特征	形态大小	腊肠形 (2.0—3.5) × (5.0—9.0)μ	椭圆形 (3.0—5.0) × (4.0—6.0)μ
菌落特征	麦芽汁琼脂培养基上菌落形态	表面光滑湿润, 呈乳白色	略带折皱, 干燥, 边缘锯齿状, 呈白色
碳源利用	对糖的同化能力	葡萄糖、果糖、甘露糖同化能力强; 麦芽糖、木糖和蔗糖同化能力较强; 棉子糖、阿拉伯糖、乳糖、半乳糖和淀粉不能同化	葡萄糖、果糖、麦芽糖、木糖和蔗糖同化能力强; 甘露糖、棉子糖、半乳糖同化能力强; 乳糖、阿拉伯糖及淀粉不能同化。
	对有机酸同化能力	葡萄糖酸、延胡索酸、柠檬酸和草酸同化能力强; 乳酸、酒石酸、琥珀酸同化能力一般; 丙酮酸和α-酮戊二酸不能同化。	
氮源利用	对无机氮和有机氮同化能力	同化蛋白胨能力强, 同化硫酸铵、尿素和氯化铵能力较强; 同化硝酸钾能力一般。	同化蛋白胨能力强, 同化硫酸铵、尿素和氯化铵能力较强; 同化硝酸钾能力一般。

② 酵母SH-I号和SH-II号的最适生长pH在4.0—5.5范围内, 但在pH2.0—2.5范围内仍能缓慢生长, 耐酸性强。

③ 最适生长温度为30~32℃。

④ 在pH6.0条件下, 短时间内能迅速凝集沉降。

⑤ 安全无毒 南京医学院对酵母粉进行了急性毒性试验, 观察小白鼠未见内脏病变及其它中毒症状, 确认安全无毒性。^[2]

5) 培养基

① 斜面固体培养基 10BX 麦芽汁, 加 2% 琼脂, 自然 pH。1 公斤/厘米² 灭菌 20 分钟。

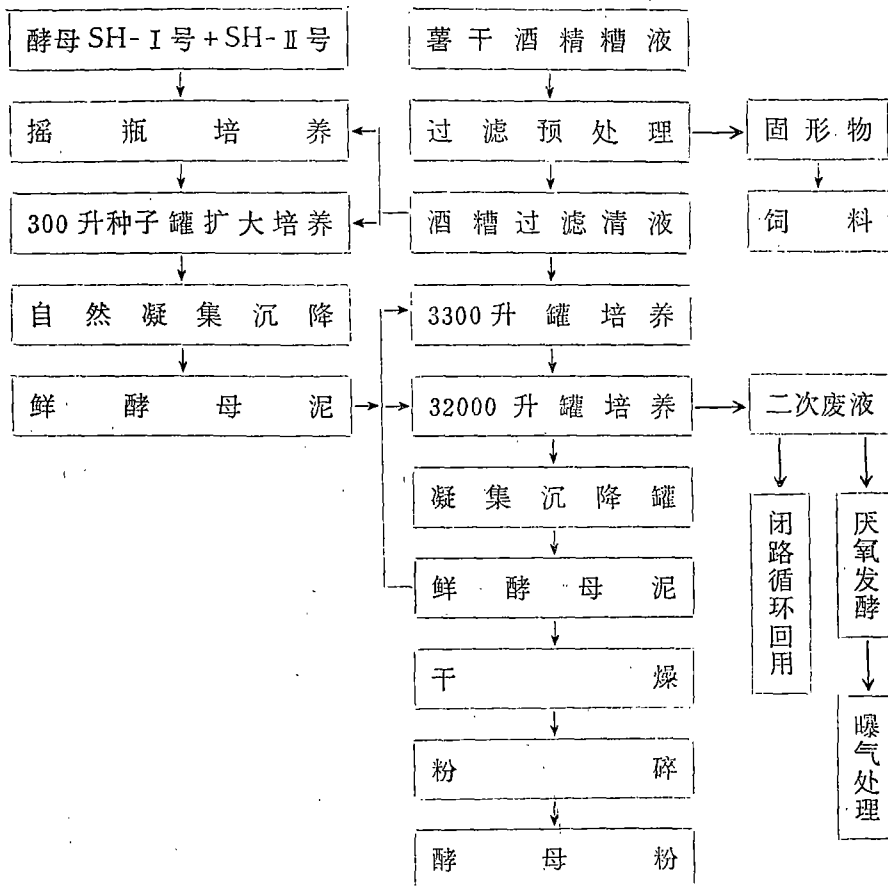
② 种子培养基 取薯干酒精糟液, 用稻壳及滤布过滤后取上清液, 加 0.1% 尿素, 0.02% 工业磷酸, 调 pH 3.5—3.7, 不灭菌, 作摇瓶种子培养基用。

③ 300 升罐种子培养基 取薯干酒精糟液, 用 80~100 目双层振动筛过滤后添加 0.1% 尿素, 0.02% 工业磷酸, 调 pH 3.5~3.7, 不灭菌, 作 300 升罐种子培养基用。

④ 3300 升罐酵母生产培养基 同(3)。

⑤ 32000 升筛板式罐酵母生产培养基 同(3)。

6) 工艺流程如下:



7) 测定方法

① 用 pH S—29 型酸度计测定 pH

② 用 NaOH 滴定法测定酸度

③ 用重铬酸钾法测定 CoD_{cr}

④ 用斐林氏快速法测定还原糖

⑤ 用凯氏定氮法测定粗蛋白

⑥ 灼烧称重法测定灰分。

⑦ 酵母绝干产率测定 以 100 毫升酒糟过滤清液所含酵母菌体绝干克数表示。取发酵液

10 毫升于 3000 转/分离离心机离心 20 分钟, 沉淀物于 105℃ 烘 4 小时后称重。但过滤酒精糟液仍含有一定量沉淀物, 因此, 10 毫升发酵液中干酵母产量应等于烘干后沉淀物重量减去 10 毫升空白发酵液中沉淀物干重, 然后再折算成 100 毫升发酵液中酵母绝干克数。

③ 有机酸纸上层析 将酵母发酵液和有机酸标准样品点在 5 号新华滤纸 (20×30 厘米) 上, 点样量 4 微升, 间距为 2 厘米。用正丁醇、85% 溴甲酸和水 (5:5:5 体积比) 溶剂系统上行 5~7 小时展开; 再用显色剂 0.2% 溴甲酸绿无水乙醇液和 0.5N NaOH (12:1 体积比) 显色

四、试验内容与结果

1. 薯干酒精糟液预处理试验

酒糟原液悬浮物多, 含量达 4—5%, 而且粘度大, 影响氧传递, 并使溶氧、基质与菌体三者之间接触不均匀, 酵母产率下降, 灰分增加。为此, 酒糟废液必须进行预处理。

采用板框压滤或粉碎稻谷介质层静止过滤和布袋过滤都难于工业化, 本试验采用 80—100 目双层振动筛过滤, 每小时过滤酒糟原液 2 米³, 处理效果如表 3 所示。振动筛结构简单, 造价低廉, 过滤速度较快, 过滤速度快慢与振动筛频率、振幅、筛倾角、筛网目数和筛网层数有关, 各厂可根据酒糟原液处理量、固形物浓度自行选择最佳过滤条件。酒糟过滤液作为酵母生产培养液, 筛上酒糟收集起来作为饲料出售, 这在饲料缺乏的地区尤为适用, 为广大农户所欢迎。

表 3 80~100 目双层振动筛处理酒糟原液结果

项 目	固形物(毫克/升)	CoD _r (毫克/升)	占原比例(%)
酒 糟 原 液	28500	38610	80%
酒 糟 滤 液	27100	24403	

2. 摇瓶培养试验

1) 摇瓶培养条件的确定 酵母生长需要一定的温度、pH、溶氧和接种量。经实验室摇瓶小试, 由酵母产率、培养液最终 pH、培养时间和酵母 SH—I 号、SH—II 号特性等确定回转式摇瓶(振幅 2.5 厘米, 转速 230 转/分)的最佳培养条件如下。

① 温度: 31±1℃

② 培养液起始 pH: 3.5~3.7

③ 装液量: 500 毫升三角瓶装培养液 100 毫升, 不灭菌, 敞口培养

④ 接种量: 酵母 SH—I 号和酵母 SH—II 号菌液各接入 0.5 毫升混株培养

⑤ 培养时间: 18~22 小时。

2) 营养成分调配 酒糟滤液中缺乏氮源与磷源, 本试验采用尿素和工业磷酸分别作为氮源与磷源。最佳添加量是在其它工艺参数不变情况下, 固定一个参数(例如工业磷酸添加量), 单独改变另一个参数(例如尿素添加量), 然后根据酵母菌体产量及培养液最终 pH 来决定。

添加量对酵母产率的影响如表4所示。添加尿素后干酵母产率比对照(不添加尿素)的高,为了降低成本,尿素添加量控制在0.06—0.10%之间为宜。

表4 尿素添加量对酵母产量的影响

批号	尿素添加量 (%)	工业磷酸添加量 (%)	酵母产率 (克(绝干)/100毫升)	培养液最终 pH
1	对照(0)	0.08	0.79	6.9
2	0.01	0.08	0.92	7.0
3	0.02	0.08	0.89	6.8
4	0.04	0.08	0.92	6.7
5	0.05	0.08	0.99	6.9
6	0.06	0.08	0.94	6.6
7	0.08	0.08	0.94	6.9
8	0.10	0.08	0.97	7.0
9	0.30	0.08	1.03	7.0
10	0.50	0.08	1.07	7.0

② 工业磷酸添加量的确定 在酒糟滤液中加0.08%尿素,调pH3.5摇瓶培养,不同的工业磷酸添加量对酵母产量的影响如表5所示。从表5可知,工业磷酸添加量控制在0.02%左右为宜。

表5 工业磷酸添加量对酵母产量的影响

批号	工业磷酸添加量 (%)	酵母产量 (克(绝干)/100毫升)	培养液最终 pH
1	0(对照)	0.88	6.4
2	0.02	0.98	6.9
3	0.03	0.98	6.9
4	0.05	1.00	6.6
5	0.08	1.04	6.5

3) 摇瓶培养结果与讨论

① 酒糟滤液添加0.06—0.10%尿素和0.02%工业磷酸,用HCl调pH3.5—3.7配制成摇瓶培养液。500毫升三角瓶装液100毫升,接入酵母SH—I号和SH—II号菌液各0.5毫升,然后放置于偏心距2.5厘米、转速230转/分的回转式摇床上,30~32℃敞口混株培养18~22小时,酵母产量(绝干)达9克/升以上,培养液的pH由原来的3.5~3.7上升到6.0~7.0,CoD_{cr}去除率达34%

② 酵母SH—I号和酵母SH—II号在pH6.0条件下(4℃)静置沉降3小时左右,酵母凝絮沉降收得率达90%

③ 摇瓶培养液主要成分消长变化 由表6可知,酒糟滤液生产饲料酵母于合适摇瓶培

表6 摇瓶培养液主要成分消长变化

批号	项目	还原糖 (克/分升)	酸度 (毫克当量/升)	pH	总氮 (毫克/升)	CoD _c (毫克/升)	酵母产率 (克(干基)/分升)
1		0.226 (0.197)	3.5 (1.4)	3.8 (6.4)	641.2 (306.1)	32071 (22671)	0.80
2		0.226 (0.188)	3.5 (1.4)	3.8 (7.0)	734.5 (452.2)	32071 (21520)	0.86

注: 加圆括号的值系摇瓶培养液终止时诸成分的实测数据; BOD₅限于工厂实验室条件没有测定。

养条件下, 随着酵母大量增殖迅速消耗酒精糟液中各种营养物质, 培养液中酸度从3.5毫克当量/升下降至1.4毫克当量/升, 酸利用率达60%, 这是酵母SH—I号和SH—II生长的主要碳源; 还原糖从0.226克/分升下降到0.188~0.197克/分升, 糖利用率只有13~17%, 说明还原糖中有相当大一部分还原性物质和不能发酵的寡糖类酵母不能利用而残留在培养液中; 氮利用率达60%左右; CoD_c去除率为29—33%; 因为酵母SH—I号和SH—II号对有机酸的同化能力较强, 使之培养液的pH从3.5~3.7回升到6.0~7.0。

表7 较佳培养条件下连续7罐培养酵母结果

批号	项目	培养时间 (小时)	酸度 (毫克当量/升)	还原糖 (%)	pH	酵母产率 (克(干基)/升)	CoD _c 去除率 (%)
1		13.5	5.05 (1.00)	0.27 (0.18)	3.40 (5.9)	13.30	51.90
2		10.0	5.05 (0.70)	0.29 (0.04)	3.40 (6.3)	15.20	52.80
3		12.0	5.00 (0.70)	0.34 (0.10)	3.70 (5.84)	12.20	52.70
4		11.0	5.00 (1.00)	0.35 (0.13)	3.40 (5.60)	14.70	46.60
5		11.0	5.00 (1.00)	0.39 (0.19)	3.55 (5.25)	13.10	44.70
6		12.0	5.50 (1.20)	0.25 (0.11)	3.58 (4.80)	12.80	44.10
7		10.0	6.00 (0.40)	0.21 (0.14)	3.50 (6.35)	12.00	46.00
平均值		11.4	5.14 (0.85)	0.30 (0.14)	3.50 (5.70)	13.30	48.40

注: 加圆括号的值系3300升罐培养结束时诸成分的实测数据; 3300升罐可装液2000升, 空压机风量小, 只装液1500升。

3. 300 升种子罐种母扩大试验

受条件限制, 利用淮阴酒厂原有的 0.3 米³酒母罐(非标准罐, 无搅拌装置)作为酵母种子罐。装液量 200 升, 接入酵母泥 0.5%于 30—32℃、pH 3.5 通氧量 0.6 米³/分(酒厂原有设备)条件下通风培养 15 小时, 湿酵母菌体产量为 1.8 克/100 毫升, 经显微镜检查酵母细胞健壮, 出芽率高, 可作为种母使用。

4. 3300 升罐酵母扩大培养试验

因陋就简, 利用一只长期闲置的归罐加以改装而成, 罗茨鼓风机未安装之前, 以酒厂 0.4 米³/分和 0.9 米³/分二台移动式空压机进行通风。

装液量 1500 升, 酒糟滤液、尿素和工业磷酸的配比为 1 : 0.1% : 0.02%, 接入酵母泥 0.5%, 30—32℃起始 pH 3.5—3.7、通风量 1.3 米³/分的条件下培养 11 小时左右, 干酵母产率为 12.0—14.7 克/升, 平均达 13.3 克(干基)/升。表 7 系较佳培养条件下连续七罐重复培养试验的结果。图 5 是 3300 升罐内酵母培养过程中 pH、酸度和还原糖等主要参数随时间变化的曲线, 图 6 和表 8 是 3300 升罐内酵母培养过程中酵母菌体和有机物、CoD_{cr} 随时间变化的曲线。为了检出酒糟滤液培养酵母后有机酸消长情况, 我们对酒糟滤液培养酵母前后进行了纸上层析。从图 7 层析图谱可知, 酒糟滤液中含有延胡索酸、琥珀酸、乳酸、酒石酸以及某种未能确认的有机酸(实验室缺乏齐全的有机酸标准样品所致)。但绝大部分有机酸被酵母作碳源利用, 培养后有机酸斑点消失。特别是抑制酒精酵母增殖的延胡索酸几乎完全消失, 培养酵母后的二次废水可以用于蒸煮山芋干经糖化后进行酒精发酵。二次废水的循环回用有待进一步试验研究后在工业生产上实际应用。

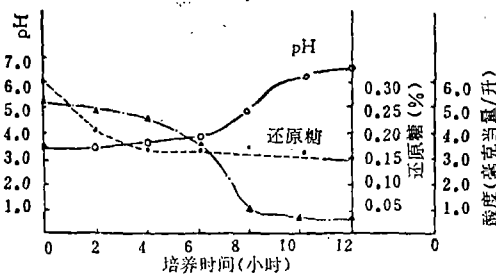


图 5 酵母培养过程中酸度还原糖和 pH 变化曲线

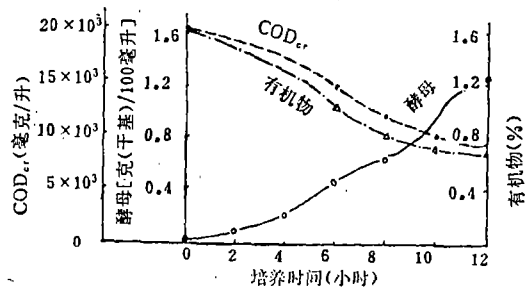


图 6 酵母培养过程中酵母菌体有机物和 CoD_{cr} 随时间变化曲线

表 8 第 6 罐培养过程中酵母菌体有机物和 CoD_{cr} 的变化

培养时间(小时)	酵母产率(克(干基)/100毫升)	CoD _{cr} (毫克/升)	有机物(%)
0	0.05	20748	1.61
2	0.101	—	—
4	0.272	—	—
6	0.437	15018	1.16
8	0.589	12646	0.95
10	0.865	11658	0.86
12	1.280	11441	0.85
14	1.200	—	0.85

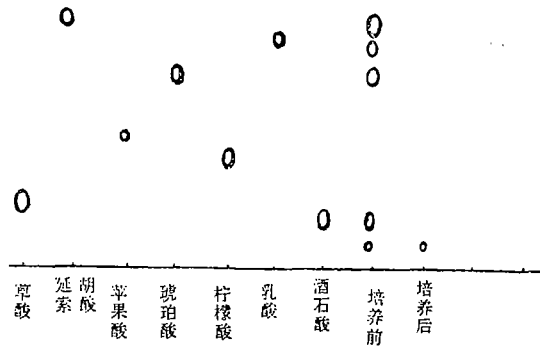


图 7 酒糟滤液培养酵母前后有机酸层析图谱

5. 32000 升筛板式罐酵母生产试验

32000 升筛板式罐试产 30 余批，干酵母产率达 12 克(干基)/升以上。用虹吸法排去上清液(含干酵母 3.5 克/升)，沉降的酵母泥经三足式离心机离心处理后，入烘房干燥。干酵母实际平均收率为 7.8 克/升(见表 9)。离心的母液中含干酵母 3.5 克/升。因此，干酵母的回收率约为 65%左右。

表 9 32000 升筛板式罐酵母培养结果(平均值计)

批 次	投 料 量	培养液干酵母产率 (克(干基)/升)	干酵母实际收率 (克(干基)/升)
1—32	32 × 14 米 ³	12.00	7.8

五、酵母成品分析

1. 常规分析^[3]

酵母成品分析结果如表 10 所示，采用酒糟滤液生产的饲料酵母，菌体蛋白质含量一般在 40%~45%，尿素添加量适当增加，酵母蛋白含量接近 50%。灰分含量与酒糟滤液中存在的固形物相关，固形物含量减少，灰分可以控制在 10%以下。

表 10 酵母成品分析结果

酵 母 粉	水 份	含 量 8%	105℃ 烘至恒重
1—10 批 次 平 均 值	总 氮	含 量 6.61%	凯氏定氮(常量法)
	粗 蛋 白	含 量 41.30%	总 氮 × 6.25
	灰 分	含 量 12%	高温灼烧称重
	粗 脂 肪	含 量 1.21%	乙 醚 抽 提 法

2. 氨基酸分析^[3]

构成酵母蛋白质的各种氨基酸含量，由江苏省农科院综合实验室采用日本日立 835—50 型氨基酸自动分析仪测定，分析结果如表 11 所示。

表 11 氨基酸分析结果 (1983年11月10日)

氨基酸	毫克/100毫克样品	氨基酸	毫克/100毫克样品
天门冬氨酸	4.23	亮氨酸	3.02
苏氨酸	2.10	酪氨酸	1.49
丝氨酸	2.01	苯丙氨酸	1.87
谷氨酸	5.76	赖氨酸	2.56
甘氨酸	1.99	组氨酸	0.757
半胱氨酸	0.217	精氨酸	1.84
丙氨酸	2.57	脯氨酸	1.04
缬氨酸	2.42	总 和	36.592(不包括色氨酸。 色氨酸在水解处理过 程中破坏殆尽)
蛋氨酸	0.588		
异亮氨酸	2.13		

3. 毒性试验^[3]

由南京医学院卫生系进行急性毒性试验。未见小鼠死亡及不良反应。

六、综合效益

1. 社会效益^[4,5]

我们先后在淮阴县徐溜奶牛场和淮阴县种猪场对奶牛和育肥猪进行喂养试验。结果证实,对奶牛,加喂占精料3—5%酵母粉的试验组与不喂酵母的对照组相比,产奶量提高3.99—15%,乳蛋白含量增加7.45—15.61%,同时加喂酵母粉对乳牛的增膘促情性有良好效果,试验过程中未发现任何副作用。对育肥猪,加喂占基本日粮3—5%酵母粉的酵母组平均日增重772.73克,比基本日粮组高21.72%,比同等蛋白质水平的豆饼组高5.69%,比蚕蛹组低8.62%。试验组每公斤耗精料3.63公斤,比基本日粮组少17.36%,比豆饼组少2.42%。屠宰率、商品瘦肉率等指标大部分优于基本日粮组和豆饼组,有的还优于蚕蛹组。

2. 经济效益估算

长期以来,国内利用酒糟滤液培养酵母需要加糖,灭菌,能源消耗高,因而成本高,经济效益差。采用本技术,在32000升多层筛板式培养罐中,投料14吨培养液,经30罐次试验,按配套设备生产估算,每吨干酵母成本可在850元左右,淮阴酒厂每天排放酒精糟液130吨左右,据测定筛水率达80%,每天可得酒糟滤液100吨左右。按每吨酒糟滤液生产8~10公斤干酵母计算每天可产酵母粉0.8~1.0吨,年产酵母240~300吨(全年生产300天计)。不仅获得数量可观的非粮蛋白饲料,而且工厂每年还将获得10万元的利润。

3. 环保效益

通过双层振筛过滤,酒精糟液中固形物去除90%左右,CoD_{cr}由40000毫克/升下降到23000毫克/升,所得酒糟滤液培养酵母后CoD_{cr}进一步下降至11000毫克/升左右,去除率达50%,pH值由3.5—3.7上升到6.0~7.0,减轻了污染负荷。

七、结论及讨论

1) 作为单细胞生产菌,必须具备生长粗放,培养周期短,产率高,成本低和蛋白质含量高特点。我们所选育出的假丝酵母 SH—I 号和 SH—II 号耐酸性强,杂食有机酸等含碳化合物能力强,凝絮沉降快。因此,在酸性酒精糟液中生长繁殖快,培养周期短,酵母收率高,容易分离提取,酵母蛋白质及其氨基酸组成很适用于饲料工业。因此,酵母 SH—I 号和 SH—II 号是适用于薯干酒精糟液生产饲料酵母的优良菌种。

2) 为了满足迅速发展中的畜牧业需要。迫切需要大力发展酒精糟液生产饲料酵母工业,国家已列入“七五”期间的重点科研项目。本试验以酒精糟液为主要原料,添加 0.1% 尿素和 0.02% 工业磷酸,夏天控制 pH 3.2—3.5, 秋冬自然 pH , 不加糖,不灭菌,30—32℃ 下接入 0.5% 酵母泥(SH—I 号和 SH—II 号各半)混株培养,3300 升罐连续 7 罐次重复试验培养 10—12 小时,酵母平均产率达 13.3 克(干基)/升,最高可达 15 克(干基)/升,32000 升罐试产 30 余批,酵母产率达 12 克(干基)/升以上。因此,可以得出结论,上述培养基配方和培养条件控制能够作为工业生产的依据。

3) 本试验采用混株培养,酵母泥接种,自然凝絮沉降技术,有利于培养和酵母的分离提取,可简化工艺和节约能耗。在 32000 升多层筛板培养罐中,投料 14000 升培养液,经 30 余罐次试验,按配套设备生产估算,每吨干酵母成本可在 850 元左右。

4) 本试验采用往复式双层振筛作酒精糟液的固液分离,已取得初步成效。试制的多层筛板式发酵罐,无搅拌,空气由罐底导入,经过微孔筛板逐渐上升,空气分散细度好,在罐中滞留时间长,溶解氧水平高,有利于溶氧、基质和菌体的均匀接触。在不增加空氧流量的情况下,用 $7Be'$ 的高浓度甜菜糖密等电点母液(CoD_{cr} 负荷达 100000~120000 毫克/升)直接培养酵母^[6],酵母得率和培养周期大致相同。由此确认这种多层筛板培养罐是溶解氧水平高的培养罐。

5) 酒精糟液 pH 3.8—4.3, 如用碱中和到 pH 6 以上排放,每 100 吨废液需用碱(含量 40%) 3 吨左右,合人民币 420 元左右。年产 1500 吨酒精的工厂约有 39000 吨废液,需用碱 1170 吨,价值 187200 元。培养酵母后二次废水 pH 近中性,节省大量用碱和资金。 CoD_{cr} 仍残留 9000~10000 毫克/升,尚未达到国家排放标准,但经纸层析表明,抑制酒精酵母生长的延胡索酸等有机酸几乎消失,可作为生产用水循环用于蒸煮山芋干,达到一水多用,循环使用,有待进一步试验研究。

9) 薯干酒精糟液用酵母 SH—I 号和 SH—II 号混株培养生产的饲料酵母经急性毒性试验,未见病变及其它中毒症状。经喂养试验(猪 66 天,奶牛 105 天),未发现其它副作用。用其育肥猪,平均日增重 772.8 克,瘦肉率和熟肉率均有提高,喂养泌乳奶牛,产奶量,乳质均有提高,饲养效果,稍优于豆饼。

综上所述,本文所介绍的酒精糟液生产酵母新技术,工艺设备简单,酵母质量好,收率高,成本低,有推广价值。

致谢:本试验得到中共淮阴县委、县政府及有关部门的关怀、支持和帮助。尤其是曹学相副县长日夜操劳,亲临现场指挥,克服了许多困难。县环办王余年、沈祥秀、刘蓝及林勤玉等同志参与大量测定工作,省轻工厅高级工程师邢光平同志在实际工作中给予指导。在此一并表示衷心的感谢。

主要参考文献

- [1] 金其荣、赵建国等。《发酵科技通讯》，12卷3~4期(135—193, 181—189), 1983。
- [2] 江苏省农科院, 《利用酒精糟液研制饲料酵母检测报告》, 1983。
- [3] 南京医学院卫生系, 《饲料酵母急性毒性试验报告》, 1983。
- [4] 淮阴县种猪场, 《酒糟酵母喂养试验报告》, 1983。
- [5] 淮阴县徐留奶牛场, 《饲料酵母喂养泌乳奶牛的试验报告》, 1983。
- [6] 金其荣、赵建国、徐岩等, 《甜菜糖蜜谷氨酸等电点母液生产饲料酵母新技术》, 1984。