

利用发酵工业废水生产饲料酵母

金其荣 赵建国

(发酵系)

一、前言

发酵工业排放大量的高浓度有机废液是生产饲料酵母的潜在资源。不用是废又是害，污染环境。作者于1980年以来结合工业废液治理，开发了味精、酒精、柠檬酸及稻壳等多种废弃资源生产饲料酵母的试验研究，已获得良好结果。5年多时间的实践，完成了废水酵母菌种选育、废水收集和预处理、酵母培养、分离、干燥及粉碎等中间生产试验。既减少了污染，又得到了富含蛋白质及多种维生素的酵母单细胞蛋白，可作为禽畜高蛋白优质饲料和医药、发酵工业的价廉物美的原料。特别对开发饲料蛋白资源，促进禽畜养殖业发展，增加肉禽、蛋、奶供应，改善人民的膳食结构，增强国民体质具有重要意义。

本文以味精、酒精和柠檬酸等工业废液为原料、用假丝酵母作供试菌株，综述生产饲料酵母的工艺条件、培养结果、使用情况及社会效益。

二、材料与amp;方法

1. 供试菌株

作者分离选育出XQ—1号、XQ—2号(味精废液酵母菌种)XQ—3号、XQ—4号(酒精废液酵母菌种)及C—1120号(柠檬酸废液酵母菌种)5株，这些菌株具有共同的特点：①活力强，抗污染；②耐酸性强，在酸性工业废液(pH3.0—4.5)中生长快，培养时间短，菌体收率高；③蛋白质合成能力强，蛋白含量高；④无毒性；⑤有良好的凝絮沉降性。

2. 培养基

1) 斜面培养基：10Bx 麦芽汁，加2%琼脂，自然pH。1 kg/cm²压力灭菌20分钟

2) 种子培养基：同3)

3) 废水酵母生产培养基：以味精废液、酒精滤液和柠檬酸废液分别为主原料调配而成。其特点①不加糖，不加碱中和，不灭菌；②营养盐根据工业废液水质不同而合理调配以控制碳氮比。酒精废液和柠檬酸废液中含残糖、有机酸等碳源物质，缺N、P。添加0.0~0.1%尿素和0.0~0.02%工业磷酸；味精离交废液含氨基酸，系含碳氮源的双效营养成分，只添

加 0.02% 工业磷酸, 糖蜜谷氨酸等电点母液不加任何营养盐; ③自然 pH (pH3.0~5.0)

表 1 废水酵母生产培养基

培养基组成		含 名 称 量	酒精废液	柠檬酸废液	味精废液	
					离交废液	等电点母液
废 液 主 原 料	比重(25℃)		1.0015			1.052
	Be' 浓度		2.7			7
	pH		3.87	5.0—5.5	0.5~1.5	3.1~3.2
	酸度(毫克当量/升)		3.50—7.00			
	挥发酸(毫克/升)		310.			
	还原糖(毫克/升)		2800	300~4000	3000~5000	2000
	总糖(毫克/升)		3900	10000		
	固形物(毫克/升)		21346	40000	40000	115390
	灰分(毫克/升)		3498		11900	60328
	悬浮物(毫克/升)		6552			15420
	有机物(毫克/升)		33790		33200	
	氮(毫克/升)		315.2		1750	10300(氨氮)
	磷(毫克/升)		31.5			1600
	CoDcr(毫克/升)		38610	20000~30000	30000~40000	100000~120000
	BOD ₅ (毫克/升)		28500		18000	50000~60000
谷氨酸(毫克/升)		×××××	×××××	12000~15000	17400	
补加 营养 料	工业磷酸		0.02%	0.01%	0.02%	不加
	尿素		0.1%	0.07%	不加	不加

3. 测定方法

- 1) 菌体产量: 以 100 毫升废液净增酵母菌体绝干克数表示
- 2) pH: 用精密 pH 试纸测定
- 3) 酸度: 用 0.1mol/l NaOH 滴定法测定
- 4) 还原糖: 用斐林氏定氮法测定
- 5) 粗蛋白: 用凯氏快速法测定
- 6) 灰分: 用灼烧法称重测定
- 7) CoDcr: 用重铬酸钾法测定
- 8) BoDs₅: 用 20℃ 5 天微生物培养法测定

4. 主要设备

筛板式酵母培养罐(1500 升、3000 升、32000 升及 58000 升罐); D-424 酵母分离机; 粉碎机; 废液收集池等。

5. 中间试验生产工艺

废水酵母中间试验含废水收集调配、酵母培养、分离、单滚筒干燥、磨粉及包装等工序。其特点：①薯干酒精废液含固形物较多，粘度大，应先过滤；②采用混株或单株培养，湿酵母泥接种，简化工序与设备；③废水原料不加热灭菌，低 pH 敞口通风培养，不仅抗杂菌污染，而且节省能源；④废水中残糖很低，主要碳源为有机酸或氨基酸，培养过程中发酵热低，节省冷却水；⑤工艺设备简单，操作方便，容易推广。

6. 培养条件

- 1) 培养温度：30—32℃
- 2) 起始 pH：3.0—5.0
- 3) 通气量：前期 1:0.5；中期 1:1；后期 1:0.8
- 4) 培养时间：8~10 小时

三、中间试验结果

各种工业废液在筛板式罐中连续 5 批以上培养试验稳定，结果如表 2 所示。

表 2 工业废液酵母培养结果

废水原料	结 果 终点 pH	干菌体量 (克/升)	培养时间 (小时)	备 注
酒精废水 (32000 升罐)	6.0	13.3	11.4	1—7 批次平均值
柠檬酸废水 (58000 升罐)	6.0	11.7	7.8	60—67 批次平均值
味精离交废液 (1500 升罐)	6.2	13.2	10	237—246 批次平均值
糖蜜谷氨酸等电点母液 (3000 升罐)	6.16	13.5	21	1—5 批次平均值

酵母培养液采用 D—424 型酵母分离机连续分离二次，酵母乳入单滚筒干燥器干燥，在 2.5—3kg/cm² 蒸汽操作压力下干燥每小时得干燥酵母 27 公斤，以烘干后的酵母实际重量计酵母收率 81.5%。

四、成品分析

按照 QB596—82 轻工业部标准——酵母检验方法，分析了废水饲料酵母的水分、蛋白质及灰分的含量，并用氨基酸自动分析仪测定了废水酵母蛋白的氨基酸组成，结果如表 3 所示。

表 3 废水酵母的常规分析结果

测定结果 废水酵母	水 分 (%)	粗 蛋 白 质 (%)	灰 分 (%)
酒精废液酵母	8	40~50	<10
柠檬酸废液酵母	4	48~50	5~8
味精离交废液酵母	5.1	45—60	6.9
味精等电母液酵母	7.5	57.5	10.4

其中酵母粗蛋白含量随废水组成而异,含固形物多的酒精废液及含色素多的糖蜜味精等电点母液处理得当,灰分可以控制在10%以下,无毒性。

表4 废水酵母蛋白的氨基酸组成

氨基酸 (mg/100mg)	废水酵母 酒精废水 酵母	柠檬酸废水 酵母	味精离交质废 母	味精等电母液 酵母
天门冬氨酸	4.23	4.10	0.065微克分子	4.43
苏氨酸	2.10	2.25	0.037 "	2.33
丝氨酸	2.01	2.10	0.040 "	1.85
谷氨酸	5.76	6.50	0.062 "	7.17
甘氨酸	1.99	1.82	0.047 "	2.63
半胱氨酸	0.217	0.398		
丙氨酸	2.57	2.58	0.071 "	4.76
缬氨酸	2.42	2.00	0.038 "	3.70
蛋氨酸	0.588	0.638	0.010 "	0.90
异亮氨酸	2.13	2.14	0.032 "	2.35
亮氨酸	3.02	2.91	0.048 "	3.65
酪氨酸	1.49	1.44		1.04
苯丙氨酸	1.87	1.64	0.023 "	1.95
赖氨酸	2.56	2.73	0.033 "	2.29
组氨酸	0.757	0.78	0.009 "	0.47
精氨酸	1.84	1.96	0.028 "	2.71
脯氨酸	1.04	1.05	0.029 "	1.65
色氨酸	未测	0.134	(3.2mg 样品中含量)	未测

五、废水酵母使用情况

1. 饲养试验

精饲料中加3—5%废水酵母粉,喂养泌乳奶牛产奶量提高3.99—15.61%,乳蛋白含量增加7.45—15.61%,无副作用;喂猪日增重772.73g,商品瘦肉率等指标高于豆饼,饲料粮节省17.36%,饲料效果与鱼粉相当。

2. 工业原料应用试验

废水酵母1%用于抗菌素发酵,发酵单位增加7.82%;用于 α -淀粉酶发酵,酶活提高20%,用于中性蛋白酶发酵,酶活提高10%,也可作为肌苷发酵工业的合格原料。

六、综合效益

1. 社会综合效益

根据中间生产的工艺设备,每吨味精废液酵母的成本为801~870元,每吨酒精废液酵母的成本为850元,每吨柠檬酸废液酵母的成本为890.8元。本技术在行业内推广,可年产

饲料酵母 12 万吨之多(见表 5),制成配合饲料 240 万吨,节省饲料粮 56 万吨,可生产 100 公斤重的猪 850 万头或 2 公斤重的肉鸡 7 亿只或 1 亿零 5 百公斤鸡蛋或 500 公斤重的肉牛 56 万头。按饲料酵母销售价每吨 1200 元计,可创收 4200 万元,经济效益显著。

表 5 废水酵母产量预测

废液种类	得 率		
	年 排 量 (万 吨)	酵 母 实 际 得 率 (%)	可 产 酵 母 (万 吨)
酒 精 废 液	1000	1	10
味 精 废 液	175	1	1.75
柠 檬 酸 废 液	37	1	0.37
总 计			12.12

2. 环保效益

采用本技术培养酵母后,废水 pH 能上升到 6.0~7.0,味精废液 COD_{Cr} 降低 75—80% 柠檬酸废液 COD_{Cr} 降低 30—50%,酒精废液 COD_{Cr} 降低 70%,SS 去除率 90%, BOD_5 去除率 40%,减轻了污染。

七、结 语

1) 食品工业废水生产饲料酵母不仅能减轻污染,保护环境,而且是解决我国蛋白质资源匮乏,饲料紧缺的重要途径,促进饲料工业、农牧渔业和食品工业的发展。

2) 本技术工艺操作简单,以废水为主原料,不加糖、不加碱中和、不灭菌,采用湿酵母泥接种,低 pH 敞口通风培养,周期短,酵母得率高,成本低,应用广,效益显著,而且设备容易加工制造,具有大规模工业化生产和推广的优势。

3) 作者在“六五”期间,利用味精厂酸废液水解稻壳制取饲料酵母的中间试验。5%稻壳粉于 120℃水解 1 小时可得还原糖含量达 2.4%的水解液,其中约 77%还原糖来自稻壳粉 23%来自酸水。在 1500 升罐中装水解液 930 升,接入 0.5%酵母泥,30℃,pH3.2 通风培养 10—12 小时干酵母收率达 2%。总之,我国工业废水、稻壳以及其它尚未开发的资源很多,分离,筛选、培育适用于不同原料来源的酵母,采用最简便的工艺流程,达到投资少,成本低,收效快,生产出大量高蛋白饲料,是弥补国内蛋白饲料 500 万吨缺额的一条重要补充途径,对发展国内畜牧业具有重要的意义。