

# 安琪超级酿酒干酵母在酒精浓醪发酵中的应用

李志军,刘小民,刘代武,鄢善远

(安琪酵母股份有限公司,湖北宜昌 443003)

**摘要:** 采用安琪超级酿酒干酵母,以玉米、木薯为原料的酒精浓醪发酵,最佳工艺条件为:①液化条件:耐高温 $\alpha$ -淀粉酶 10~20 u/g,60~70℃润料 30 min,90~95℃液化 90 min;②糖化条件:糖化酶 100~200 u/g,无糖化;③pH 4.0~5.0;④发酵温度 30~35℃;⑤酵母接种量:实验室小试接种量为原料的 0.2%,中试接种量 0.05%~0.1%,大生产接种量在 0.02%~0.05%。采用双酶法连续发酵工艺,要求原料粉碎细,料水比适当(1:2.3~2.5)。(小凡)

**关键词:** 酒精;浓醪发酵;安琪超级酿酒干酵母

中图分类号:TS262.2;TS261.4 文献标识码:A 文章编号:1001-9286(2005)09-0101-06

## Application of Angel Super Dry Yeast in High Gravity Fermentation of Alcohol

LI Zhi-jun, LIU Xiao-min, LIU Dai-wu and WU Shan-yuan.

(Angel Yeast Co. Ltd., Yichang, Hubei 443003, China)

**Abstract:** Angel super dry yeast was used in high gravity fermentation of alcohol with corn and cassava as raw materials and the optimal technical conditions were as follows: ①liquefying conditions: 10~20 u/g high temperature resistant  $\alpha$ -amylase, 30 min moistening of raw materials at 60~70℃ and 90min liquefaction at 90~95℃; ②saccharifying conditions: 100~200 u/g saccharifying enzyme; ③pH value as 4.0~5.0; ④fermentation temperature at 30~35℃; ⑤inoculum size of super yeast 0.2% of the volume of raw materials in small-scale test in lab, 0.05%~0.1% of the volume of raw materials in pilot scale test, and 0.02%~0.05% in large-scale production. Besides, the technique of double enzyme consecutive fermentation was applied and comminution of raw materials was required with the ratio of raw materials and water as 1:2.3~2.5. (Tran. by YUE Yang)

**Key words:** alcohol; high gravity fermentation; Angel super dry yeast

2002年底安琪超级酿酒干酵母开始应用于酒精企业生产实践中,经过近两年的推广,国内不少酒精企业已经成功地应用该产品于发酵生产,实现了提高酒分、降低消耗等浓醪发酵的目标。

### 1 安琪超级酿酒干酵母的特征

安琪超级酿酒干酵母在浓醪发酵生产中的特性有:发酵活性强,耗糖快,迅速进入主发酵;后酵期酵母死亡率低,有利于后酵彻底进行;生长繁殖迅速,减少杂菌污染。安琪超级酿酒干酵母特性见表1。

为了更好地在酒精浓醪发酵中应用安琪超级酿酒干酵母,我们对酒精浓醪发酵相应的工艺进行深入研究。经过反复的试验,发现浓醪发酵工艺(拌料水比小于1:2.5)有以下值得注意的问题:①玉米粉碎度应合适;②

表1 安琪超级酿酒酵母特性

实验名称	实验结果
产酒精能力	≥17% (v/v)
耐 pH 实验	pH 2.5
耐食盐实验	11%
酵母菌死灭温度	70℃, 10min
耐蔗糖浓度	60%

液化、糖化、发酵等过程中由于醪液粘度大而引起的搅拌与输送困难等一系列工艺问题;③因酵母接种量小导致发酵缓慢,容易染菌,残糖偏高;④过高的发酵温度导致浓醪发酵不彻底,酵母死亡率高。

### 2 应用试验研究

针对发酵工艺中可能出现的问题,通过细致的研究

和实践验证,选用耐高温淀粉酶,采用双酶法液化,避免醪液粘度大带来的系列问题;采用同步糖化、高浓度酵母、控温发酵,减少应激因子(温度、渗透压)对酵母产酒的影响,降低染菌的机会,最终实现浓醪发酵。

## 2.1 发酵条件的优化

### 2.1.1 玉米粉碎粒度对酒精发酵的影响

分别以市售的粗、中、细3种玉米粉为原料进行发酵,考察其对发酵的影响,结果见图1。

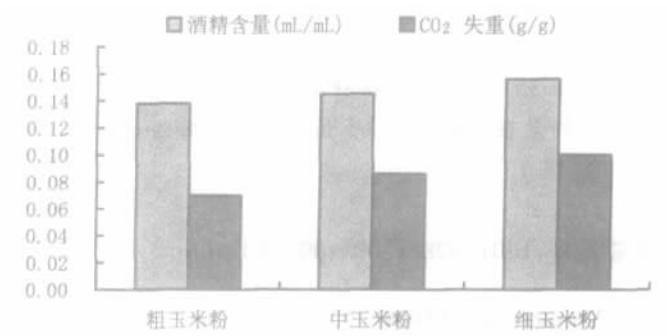


图1 玉米粉碎粒度对酒精发酵的影响

由图1可知,玉米粉碎得越细,发酵效果越好。这主要是因为玉米粉碎得越细,越易于液化、糖化,并且在发酵过程中,玉米颗粒对CO<sub>2</sub>的吸附能力越小,有利于CO<sub>2</sub>的释放,从而防止了CO<sub>2</sub>对发酵的抑制,有利于发酵,故发酵时应使用较细的玉米粉。

### 2.1.2 不同料水比对酒精发酵的影响

用不同的料水比进行试验,试验条件为:料水比1:2.3~2.5,液化酶20 u/g,糖化酶200 u/g,硫酸镁0.01%,尿素0.05%,磷酸二氢钾0.05%,影响结果见表2。

表2 不同料水比对玉米酒精发酵的影响

料水比	酒度 (%)	失重 (g)	残还原糖 (%)	残淀粉 (%)	淀粉出酒率 (%)
1:4.0	9.5	39.64	0.20	1.00	50.6
1:2.4	14.95	39.74	0.36	1.30	-
1:2.3	15.2	37.42	0.45	1.43	-
1:2.1	15.8	35.54	0.54	1.66	-

注:“-”表示未测定。

由表2可知,随着料水比的减少,醪液浓度增大,酒度增加,但残还原糖、残淀粉也增加,淀粉出酒率减少。对大生产而言,吨酒的原料消耗增加。因此,料水比也不能无限增大,要根据实际情况采取合适的料水比。

## 2.2 液化条件的研究

### 2.2.1 玉米原料液化条件的研究

分别比较不同淀粉酶用量以及添加时间对玉米原料液化、糖化后酒精产量、醪液中残糖含量的影响,结果见图2~图4。

液化酶用量按10~100 u/g递增,蒸煮后加100%的液化酶液化,实验结果表明,通过此法无论酶液用量多少,都在实验范围内呈紫红或酱红色(与液化快慢有关),醪液呈流动状,保证了醪液达到15%(v/v)的酒精

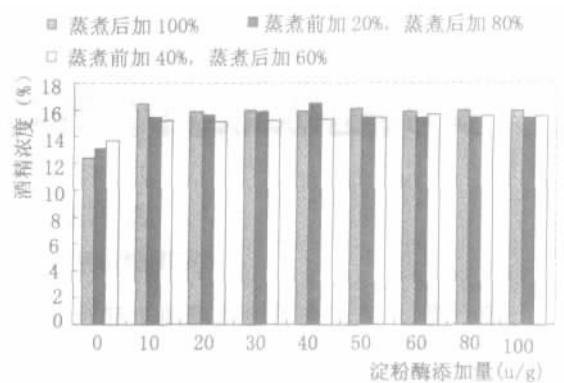


图2 液化条件对玉米原料发酵酒精浓度的影响

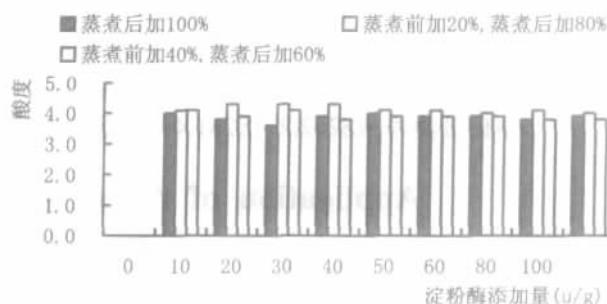


图3 液化条件对玉米原料发酵酸度的影响

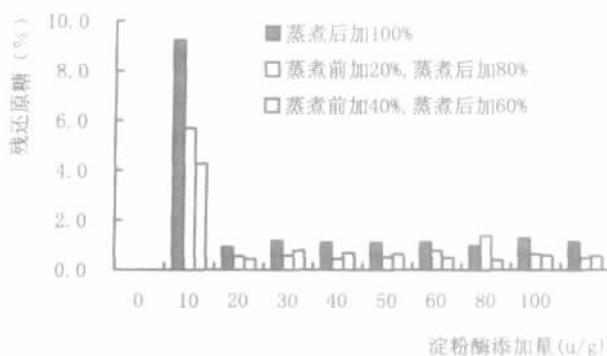


图4 液化条件对玉米原料发酵残还原糖的影响

含量。而采用“淀粉酶用量按10~100 u/g递增,蒸煮前加液化酶20%,蒸煮后加80%”的液化条件,灭菌后1#、2#粘度较大,有结块。液化30 min 碘色反应:1#~4#呈酱红色,5#、6#呈红色,8#、10#呈红棕色。因此,将液化酶的添加方法调整为蒸煮前加液化酶40%,蒸煮后加60%,结果1#粘度大,有结块。灭菌后30 min 碘色反应:8#、10#呈红棕色,6#呈红色,4#、5#呈酱红色,1#~3#呈紫红色。通过考察液化酶用法、用量,实验结果表明,采用 $\geq 6$  u/g液化酶蒸煮后醪液无结块, $< 6$  u/g液化酶蒸煮后有结块。拌料、润料温度 $\leq 70$  °C时醪液流动性好, $> 70$  °C时醪液粘度大,流动性差。

### 2.2.2 木薯原料液化条件的研究

对木薯原料液化条件的研究采用分别对木薯原料液化条件和木薯酒精浓醪发酵液化条件进行实验。

#### 2.2.2.1 木薯原料液化条件研究实验(见表3)

表3结果表明,配料比小,醪液粘度大,流动性差,液化效果随液化酶添加量增加而好转,配料比大,醪液

表3 木薯液化条件实验结果

蒸煮前加入 液化酶量 (u/g)	蒸煮后加 液化酶量 (u/g)	醪液流动性		醪液碘反应		30min 碘反应		60min 碘反应	
		料水比 1:2.0	料水比 1:2.5	料水比 1:2.0	料水比 1:2.5	料水比 1:2.0	料水比 1:2.5	料水比 1:2.0	料水比 1:2.5
6	20	一般	好	蓝紫色	紫色	酱红色	红色	红棕色	红棕色
6	15	一般	好	蓝紫色	紫色	紫色	酱红色	紫红色	红色
6	10	一般	好	蓝紫色	紫色	紫色	紫红色	紫色	酱红色
4	20	一般	好	蓝紫色	紫色	酱红色	红色	红色	红棕色
4	15	一般	好	蓝紫色	紫色	紫色	酱红色	紫色	酱红色
4	10	一般	好	蓝紫色	紫色	紫色	紫红色	紫色	酱红色

采用边糖化边发酵工艺优于先糖化再发酵工艺;糖化酶用量为150~200 u/g 较为合适。

2.3.1.2 不同糖化时间对酒精发酵的影响(见图6)

图6表明,玉米原料浓醪发酵,采用安琪超级酿酒干酵母,糖化时间控制在4h以内不会影响发酵效果。

粘度小,流动性好,液化酶添加量也小。

2.2.2.2 木薯酒精浓醪发酵液化条件研究实验(见表4)

表4 木薯酒精浓醪发酵液化条件实验结果

淀粉酶 (u/g)	时间(min)						
	30	40	50	60	70	80	90
5	紫色	紫色	紫色	紫红色	酱红色	酱红色	酱红色
8	紫色	紫色	紫红色	酱红色	酱红色	红色	红色
10	紫红色	酱红色	红色	红棕色	-	-	-
13	紫色	紫红色	酱红色	酱红色	红色	红棕色	-
15	紫色	紫红色	酱红色	红色	红棕色	-	-
18	紫红色	酱红色	红色	红棕色	-	-	-

注: -, 未测定。

配料比为1:2.15,液化采取先润料,然后90℃液化90min的方式,液化酶添加5 u/g,8 u/g,10 u/g,13 u/g,15 u/g,18 u/g料,碘色反应判断最佳添加量。

表4表明,采用该方法液化,添加液化酶8~10 u/g料,能够取得很好的液化效果。

2.3 糖化条件的研究

2.3.1 玉米原料糖化条件的研究

2.3.1.1 玉米浓醪发酵糖化条件的研究

分别考察50~250 u/g不同糖化酶添加量以及糖化方式对玉米原料浓醪酒精发酵的影响,结果见图5。同时,考察糖化酶添加量为180 u/g时,不同的糖化时间对玉米浓醪发酵的影响,结果见表5。

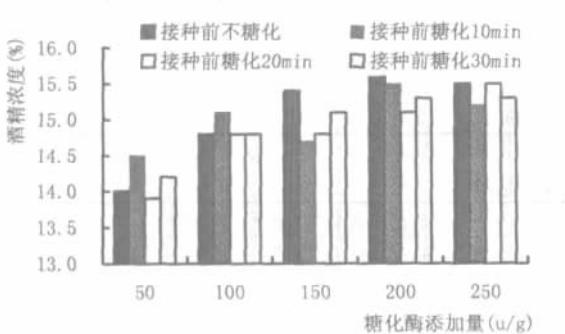


图5 不同糖化条件对玉米浓醪发酵酒精浓度的影响

表5 不同糖化时间对玉米浓醪发酵的影响

糖化时间(min)	酒度(%)	酸度	残还原糖(%)
0	15.2	4.32	0.41
60	15.5	4.08	0.67

图5,表5表明,接种前不糖化比糖化30min好,即

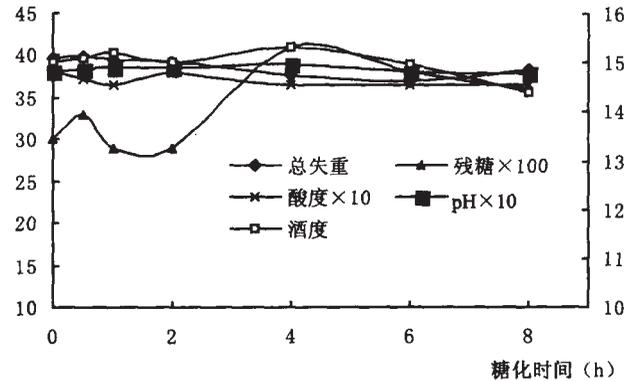


图6 不同糖化时间对酒精发酵的影响

2.3.2 木薯原料糖化条件的研究

2.3.2.1 木薯原料浓醪发酵糖化条件研究

分别考察50~250 u/g不同糖化酶添加量以及糖化方式对木薯原料浓醪酒精发酵的酒精浓度和残还原糖的影响,结果见图7,图8。

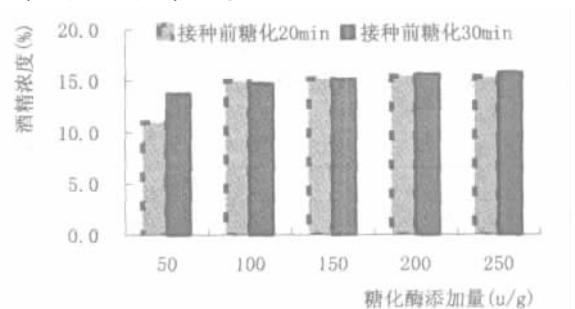


图7 不同糖化条件对木薯浓醪发酵酒精浓度的影响

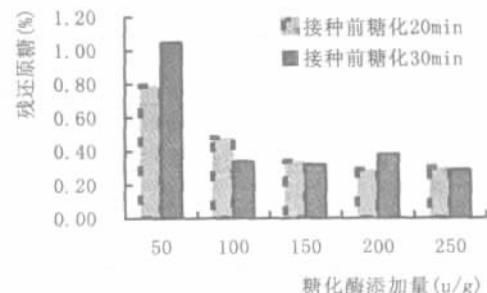


图8 不同糖化条件对木薯浓醪发酵残还原糖的影响

图7,图8表明,木薯原料浓醪发酵,采用安琪超级酿酒干酵母,糖化酶适宜用量为100~200 u/g,糖化时间30~60 min,效果较好。

2.3.2.2 不同糖化时间对木薯原料酒精发酵的影响(见

图9)

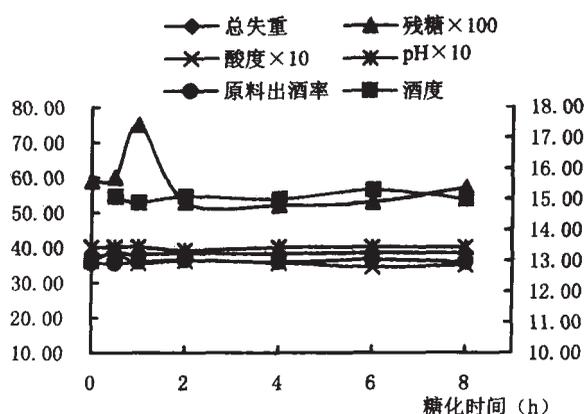


图9 不同糖化时间对木薯浓醪发酵的影响

图9表明,糖化时间对木薯浓醪发酵影响不大。

## 2.4 接种量对酒精发酵的影响

### 2.4.1 接种量对玉米原料酒精发酵的影响(见表6)

表6表明,安琪超级酿酒干酵母接种量越大,浓醪发酵效果越好,同时说明,采用安琪超级酿酒干酵母较干酵母进行浓醪发酵能大幅度提高最终的发酵效率。

### 2.4.2 接种量对木薯原料酒精发酵的影响(见表7)

表7结果表明,木薯浓醪发酵超级酵母接种量过低会影响到最终的发酵效果。实验室合适的添加量为0.15%~0.2%。

## 2.5 温度对酒精浓醪发酵的影响

### 2.5.1 温度对玉米原料酒精发酵的影响(见表8)

表8表明,玉米原料的酒精浓醪发酵,在30~35℃时发酵,随温度的升高,发酵效率提高,但在高温40℃

表7 接种量对木薯浓醪发酵的影响

接种量	CO <sub>2</sub> 失重	酒度(%, v/v)	残糖(%)	酸度	pH	出酒率(%)
0.05	39.23	13.80	0.86	3.42	4.16	32.34
0.10	39.29	14.50	0.65	3.60	4.10	34.67
0.15	39.31	14.90	0.58	3.72	4.06	35.43
0.20	39.74	14.95	0.54	3.84	4.10	35.54
0.25	39.77	14.60	0.56	3.78	4.12	34.94
0.30	39.74	14.85	0.55	3.84	4.02	35.49

下,发酵效率显著下降。

### 2.5.2 温度对木薯原料浓醪发酵的影响(见表9)

表9表明,木薯原料的酒精浓醪发酵,在30~35℃时发酵,随温度的升高,发酵效率提高,但在高温40℃下,发酵效率显著下降。

## 2.6 pH对酒精发酵的影响

### 2.6.1 pH对玉米原料酒精发酵的影响(见表10)

表10表明,pH值在4.0~4.5时,浓醪发酵的效果最好,在4.0以下(3.6),对发酵不利。

### 2.6.2 pH对木薯原料酒精发酵的影响(见表11)

表11表明,pH值在4.0~5.0时,浓醪发酵的效果最好,在4.0以下(3.6),对发酵不利。

## 2.7 酒精浓醪发酵研究

### 2.7.1 玉米原料酒精浓醪发酵(表12,图10)

表12,图10数据表明,以玉米为原料,采用安琪超级酿酒干酵母进行酒精浓醪发酵,最终能够取得理想的效果。发酵48h基本完成糖的消耗,发酵后期酵母存活率高(40%以上),继续发酵能力强。

### 2.7.2 木薯原料酒精浓醪发酵(表13,图11)

表6 接种量对玉米浓醪发酵的影响

接种量 (%)	干酵母						安琪超级酿酒干酵母 YY					
	CO <sub>2</sub> 失重	酒度(%, v/v)	残糖(%)	酸度	pH	出酒率(%)	CO <sub>2</sub> 失重	酒度(%, v/v)	残糖(%)	酸度	pH	出酒率(%)
0.05	-	-	-	-	-	-	36.91	12.90	1.36	3.72	3.49	33.37
0.10	28.30	10.70	-	-	-	25.33	37.96	14.60	0.55	3.66	3.58	34.35
0.15	28.68	10.80	7.29	3.85	3.22	25.65	38.55	14.75	0.34	3.60	3.63	34.63
0.20	29.89	11.30	-	-	-	26.59	38.79	14.90	0.29	3.48	3.61	34.84
0.25	30.72	11.60	5.32	3.96	3.27	27.18	39.09	15.15	0.34	3.60	3.67	35.34

注: -, 未测定。

表8 温度对玉米浓醪发酵的影响

发酵温度 (°C)	干酵母						安琪超级酿酒干酵母 YY					
	CO <sub>2</sub> 失重	酒度(%, v/v)	残糖(%)	酸度	pH	出酒率(%)	CO <sub>2</sub> 失重	酒度(%, v/v)	残糖(%)	酸度	pH	出酒率(%)
30	32.56	12.4	-	-	-	29.38	37.36	15.03	0.56	3.12	4.26	35.71
35	31.77	12.1	-	-	-	28.02	37.24	15.18	0.40	3.72	4.12	35.91
40	27.34	9.3	-	-	-	21.46	25.52	9.75	10.21	3.72	4.10	23.17

注: -, 未测定。

表9 温度对木薯浓醪发酵的影响

发酵温度 (°C)	干酵母						安琪超级酿酒干酵母 YY					
	CO <sub>2</sub> 失重	酒度(%, v/v)	残糖(%)	酸度	pH	出酒率(%)	CO <sub>2</sub> 失重	酒度(%, v/v)	残糖(%)	酸度	pH	出酒率(%)
30	35.75	13.9	-	-	-	33.14	36.98	14.70	1.70	4.50	4.04	34.90
35	36.93	14.5	1.46	3.87	3.94	34.86	37.36	14.95	1.31	3.75	4.00	35.90
40	22.77	8.6	-	-	-	23.28	25.9	9.60	1.42	3.12	4.28	23.21

注: -, 未测定。

表 10 pH 对玉米原料酒精发酵的影响

pH	干酵母						安琪超级酿酒干酵母 YY					
	CO <sub>2</sub> 失重	酒度(% v/v)	残糖(%)	酸度	pH	出酒率(%)	CO <sub>2</sub> 失重	酒度(% v/v)	残糖(%)	酸度	pH	出酒率(%)
3.6	26.62	10.95	-	-	-	26.77	35.21	14.40	0.70	3.96	3.17	34.75
4.0	28.10	11.25	-	-	-	27.49	36.03	14.60	0.32	3.96	3.40	35.15
4.5	29.21	11.90	4.59	3.84	3.34	28.99	35.95	14.58	0.23	3.72	3.63	35.86
5.0	28.90	11.75	-	-	-	28.62	35.60	14.55	0.55	4.20	3.67	34.95

注: -, 未测定。

表 11 pH 对木薯原料酒精发酵的影响

pH	CO <sub>2</sub> 失重	酒度(% v/v)	残糖(%)	酸度	pH	出酒率(%)
3.6	38.39	14.20	1.70	4.30	3.28	33.79
4.0	39.01	14.65	1.38	4.06	3.59	34.65
4.5	39.38	14.70	1.04	3.87	3.81	34.75
5.0	39.61	14.85	1.11	3.62	4.10	35.27

表 12 玉米原料酒精浓醪发酵过程

发酵时间(h)	外观糖(%)	还原糖(%)	pH	酸度	酒度(% v/v)
0	25.60	-	4.75	-	0.00
4	25.60	21.30	4.58	2.0	-
24	9.36	7.29	3.63	4.0	10.20
32	4.78	-	3.66	-	-
48	-0.10	0.80	3.54	3.5	14.75
56	-0.15	0.36	3.50	3.5	15.10
69	-1.00	0.30	-	3.7	15.20

注: -, 未测定(发酵时间以接种超级酿酒酵母开始计时)。

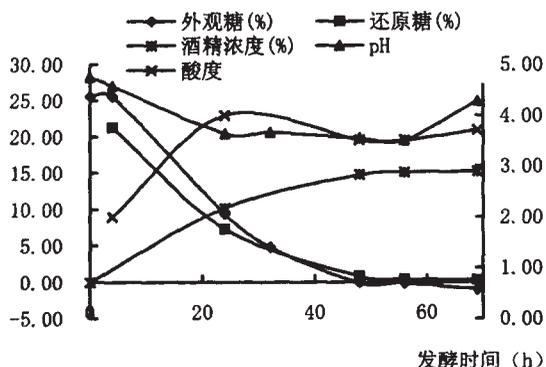


图 10 玉米原料酒精浓醪发酵过程

表 13, 图 11 数据表明, 以木薯为原料, 采用安琪超级酿酒干酵母进行酒精浓醪发酵, 最终能够取得理想的效果。发酵 48 h 基本完成糖的消耗, 但后期酵母死亡率高, 有待进一步改善。

### 2.8 温度对酵母的毒性实验(表 14)

表 14 表明, 在稀醪条件下高温能加快发酵的速度, 使发酵更彻底, 出酒率更高。而在浓醪条件下, 高温抑制了发酵的进程, 使最终出酒率降低。

### 2.9 中试放大试验研究(表 15, 表 16)

表 13 木薯原料酒精浓醪发酵过程

发酵时间(h)	还原糖(%)	pH	酸度	酒度(% v/v)
0	10.38	4.80	1.62	0.00
8	14.59	4.50	2.50	-
24	5.11	-	3.70	10.70
32	-	-	-	-
48	0.22	-	3.87	13.40
54	0.24	4.20	4.62	14.20
69	0.24	4.20	-	13.90

注: -, 未测定(发酵时间以接种超级酿酒酵母开始计时)。

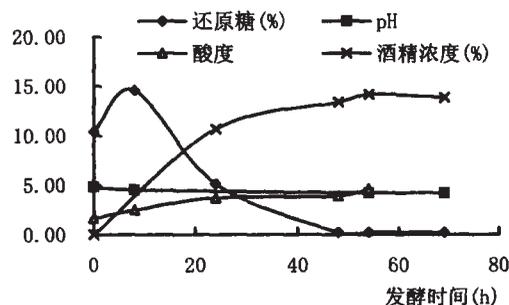


图 11 木薯原料酒精浓醪发酵过程

表 15 表明, 淀粉出酒率为 52.14%, 单耗 3.02 t/t 酒。表 16 表明, 淀粉出酒率为 50.43%, 单耗 3.11 t/t 酒。

中试实验达到了较高的技术水平, 在浓醪发酵状态下, 淀粉出酒率达到 52% 以上, 残总糖略有提高, 但仍然达到酒精厂的技术要求, 是一个质的飞跃。

### 2.10 大生产工艺条件的确定

大生产以玉米原料为例, 浓醪发酵结果见表 17。

在以玉米为原料的酒精生产中, 采用双酶法连续发酵工艺, 使用安琪超级酿酒干酵母进行浓醪发酵, 表现出酵母繁殖能力强, 生长迅速, 发酵后期酵母存活率高的特点。从发酵最终结果看, 浓醪发酵酒分相对于原稀醪发酵 11%(v/v) 有了显著提高, 残糖维持了原有生产水平, 为企业带来了更大的经济效益。

## 3 结论分析

### 3.1 原料及料水比

表 14 温度对酵母的毒性试验

发酵温度(°C)	料水比 1:2.3						料水比 1:4.0					
	酒度(%)			出酒率(%)			酒度(%)			出酒率(%)		
	①	②	均值	①	②	均值	①	②	均值	①	②	均值
30~32	13.3	12.6	13.3	46.5	43.7	45.1	8.9	8.8	8.8	47.8	47.4	47.6
40~42	10.9	11.9	11.4	38.4	41.6	40.0	9.5	9.3	9.4	50.6	50.0	50.3

表 15 超级酵母中试应用对照实验(安琪超级酵母实验数据)

序号	Bx	还原糖 (%)	酸度	挥发酸	酒度 (% v/v)	残总糖 (%)	过滤总糖 (%)	残淀粉 (%)	酵母数 (亿个)	芽生率 (%)	死亡率 (%)	密度
1	23.0	-	2.5	-	-	-	-	-	-	55	-	-
4	20.5	-	4.3	-	-	-	-	-	2.08	30	-	-
8	19.7	-	4.5	-	-	-	-	-	3.20	8	-	-
12	14.11	-	5.0	-	5.5	-	-	-	-	5	-	-
16	10.99	-	5.5	-	7.8	-	-	-	3.0	1	-	-
24	6.44	3.75	6.7	0.06	10.0	-	-	-	3.25	-	0	1.01274
32	3.04	2.8	-	0.08	11.5	-	-	-	-	-	3.4	-
40	0.53	0.73	7.6	0.1	13.1	-	-	-	-	-	8.5	-
48	0.43	0.14	7.0	0.09	13.3	-	-	-	-	-	29	1.0001
52	-0.82	0.11	-	0.11	13.5	-	-	-	-	-	36	-
56	-0.89	0.25	7.0	0.12	13.5	2.45	0.90	1.40	-	-	39	0.9962
62	-1.00	0.21	7.2	0.13	13.6	2.38	0.90	1.33	-	-	50	0.9952

表 16 超级酵母中试应用对照实验(安琪高酒试验数据)

序号	Bx	还原糖 (%)	酸度	挥发酸	酒度 (% v/v)	残总糖 (%)	过滤总糖 (%)	残淀粉 (%)	酵母数 (亿个)	芽生率 (%)	死亡率 (%)	密度
3	20.50	4.13	-	-	-	-	-	-	1.76	42	-	-
24	9.64	5.5	5.3	0.06	6.9	-	-	-	3.5	2	1	1.0532
48	1.47	1.80	6.5	0.08	11.0	-	-	-	-	-	3	1.0128
65	-0.79	0.16	6.5	0.09	12.0	1.8	0.75	0.95	-	-	6	0.9992

注: -, 未测定。

表 17 2003年某酒精厂采用安琪超级酿酒干酵母发酵控制平均指标

罐号	温度(°C)	Bx	还原糖(%)	pH	酸度	挥发酸	细胞数(亿个)	出芽率(%)	酒度(% v/v)	残总糖(%)
1#	32.7	12.8	5.15	3.84	9.52	0.21	2.92	15.16	6.17	-
2#	33.5	8.34	3.18	4	9.78	0.24	2.74	13.86	8.42	-
3#	34.2	4.29	1.53	3.88	9.84	0.23	2.15	13.44	10.61	-
4#	34.1	2.62	0.77	3.9	9.57	0.22	1.78	14.49	11.7	-
5#	34.5	1.35	0.51	-	9.52	0.23	1.18	12.99	12.24	-
6#	34.6	1.3	0.43	-	9.43	0.23	0.73	13.21	12.19	-
成熟罐	-	-	0.33	-	8.21	0.24	-	-	12.66	0.89

注: -, 未测定。

原料粉碎细,有利于浓醪酒精发酵的糖化、发酵的顺利进行。料水比适当才能获得较经济的发酵效果。

### 3.2 最佳工艺条件

采用安琪超级酿酒干酵母,以玉米、木薯和小麦淀粉为原料的酒精浓醪发酵,最佳工艺条件为:液化条件:耐高温 $\alpha$ -淀粉酶 10~20 u/g,60~70 °C润料 30 min,90~95 °C液化 90 min;糖化条件:糖化酶 100~200 u/g,无糖化 pH4.0~5.0;发酵温度 30~35 °C;酵母接种量:实验室小试接种量为原料的 0.2%,中试接种量为 0.05%~0.1%,大生产接种量在 0.02%~0.05%。

### 3.3 经济效益分析

以 6 万吨玉米酒精生产为例,假设原有发酵水平酒分达到 10.5%(v/v),采用安琪超级酿酒干酵母进行浓醪发酵,酒分达到 12.5%(v/v),发酵结束其他指标不变,初步估算水、电、汽方面的能耗节约为:

水 2.4 t×60000 t×1.00 元/t=144000 元

电 40 度×60000 t×0.5 元/度=1200000 元

汽 0.8 t×60000 t×60.00 元/t=2880000 元

总节约成本达到 4094400 元。

同时因生产中酒分提高,单位时间产量增加 25%,年酒精增产量达到 15000 t,提高了企业的生产能力,综合各方面因素,浓醪发酵技术为企业创造了巨大的经济效益。

### 4 展望

近几年来,燃料乙醇在国内的推广,拓展了酒精新的应用领域,我们有理由相信,国内酒精产业将会有—一个美好的发展前景。而反观现有酒精行业,一直以来由于生产工艺中对于粮食、水、煤等生产资源较为粗放的使用,直接导致酒精生产资源消耗过大,污水排放过多等社会不利因素,按照国家建设“人、自然、社会和谐统一,资源节约循环型社会”的思路,酒精企业在未来的发展中需要更积极实行节约资源、降低成本、提高综合利用率的生产工艺——酒精浓醪发酵,即在现有设备基础上,采用更先进的生物发酵制剂,优化浓醪发酵工艺,改变现有较低生产水平,减少污水排放,增强企业环保竞争力,走低消耗、低排放、高效率的可持续发展道路,达到国家循环经济发展的要求,从而实现企业自身的发展。●