

# 低醇菠萝汁饮料的发酵工艺条件研究

张金泽 薛毅 曾明 周志桥 林静 关彦明

(中国食品发酵工业研究院,北京,100027)

**摘 要** 确定了制作低醇菠萝汁饮料所用菠萝发酵液的适用菌种和发酵条件。同时,采用顶空分析法检测了发酵前后菠萝发酵液中主要挥发性香气成分。结果显示,选择合适的酿酒酵母菌种在适当的发酵条件下发酵 132 h,调配出的低醇菠萝汁饮料感官指标上佳,风味独特。

**关键词** 菠萝,低醇发酵饮料,香气成分

菠萝是我国大宗热带水果品种之一,果实中含有丰富的营养成分<sup>[1]</sup>。

菠萝的传统加工产品主要是罐头,此外,还有少量的配制混合果汁和菠萝酒、菠萝脯等。以菠萝鲜榨汁为原料通过发酵而后配制含碳酸气的低醇饮料产品未见上市,也未见有相关的公开报道。运用生物技术将菠萝汁经适当发酵制成果香浓郁,具有特殊风味的低醇菠萝汁发酵饮料,不仅能为菠萝原料的加工转化,提高菠萝的有效利用提供新的途径,也为日益丰富多采的饮料市场增添了新的热带果蔬加工饮料产品<sup>[2~4]</sup>。

文中对用于配制低醇菠萝汁饮料的菠萝发酵液适用的菌种、发酵条件、菠萝汁在发酵过程中香气物质的变化以及发酵液风味的感官评价等进行了初步研究。

## 1 材料与仪器

### 1.1 材料

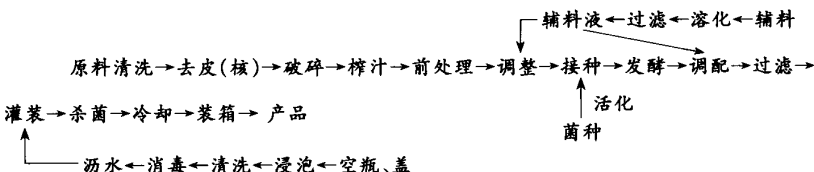
菠萝(菲律宾种,广西产);白砂糖;柠檬酸;亚硫酸;酿酒酵母菌 A、B、C、D。

### 1.2 仪器

WYT-J 手持糖度计,PHS-3C 精密 pH 计,挥发酸蒸馏装置,酒精蒸馏装置,MJX-150 智能霉菌培养箱,HHB11 电热恒温培养箱,501 型超级恒温水浴,GC-14B 岛津气相色谱仪(FID 检测器),SUPELCO 固相微萃取装置。

## 2 试验与分析方法

### 2.1 低醇菠萝汁饮料生产工艺流程



## 2.2 试验方法

### 2.2.1 前处理

原料应使用成熟度高、香味浓郁、出汁率高以及无明显霉烂的果实。经拣选和清洗后,去除外表皮(表面凸出来的棱线部分),切块、破碎并榨汁,适当前处理后按试验要求进行成分调整。

### 2.2.2 发酵

将制备好的菠萝汁倒入已灭菌的 2 000 mL 三角瓶中,投入一定量的菌种后,在试验确定的发酵条件

下,将发酵液发酵至含糖 4 g/L 以下,然后终止发酵。

### 2.3 分析方法

**挥发性香气物质:**将样品置于顶空进样瓶中,在 40℃ 恒温水浴里用带有 PDMS 萃取头的固相微萃取装置萃取 40 min,而后用气相色谱仪分析。色谱条件:色谱柱:PEG-20M 弹性石英毛细管柱,载气:氮气,流速 1.0 ml/min,分流比:1:15;酸度(%以柠檬酸计):直接滴定法;总糖(g/L):菲林法;酒精度(%):蒸馏法;挥发酸(g/L,以醋酸计):采用蒸馏的方式蒸出样品中的低沸点酸类,然后用碱标准溶液进行滴定,经过计算与修正,得出挥发酸含量<sup>[5]</sup>;可溶性固形物(%):手持式糖度计直接测定;感官评价:评

第一作者:学士,教授级高级工程师(jinzechg@hotmail.com)。

收稿日期:2005-04-13

分法。

### 3 结果与讨论

#### 3.1 菠萝汁发酵适用菌种的选择

为了筛选适合菠萝汁发酵的菌种,以市售广西产菲律宾种菠萝榨汁并初步处理后,分别将果干酵母A、B、C、D根据相关的条件活化后按建议的添加量(0.01%~0.1%)接入1 500 mL菠萝汁,在2 000 mL三角瓶中发酵,发酵温度控制在 $22^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 。从接种开始,分别在发酵第12 h、36 h、60 h、84 h和132 h取样测定发酵液的酸度、总糖、酒精度和总挥发酸含量,通过这些指标的变化,判断不同菌种在发酵过程中的生长代谢状况,以此,筛选出适合菠萝汁发酵的菌种。图1~图4分别表示菌种A、B、C、D在不同发酵时间的总糖、酒精度、酸度和总挥发酸含量的变化情况。

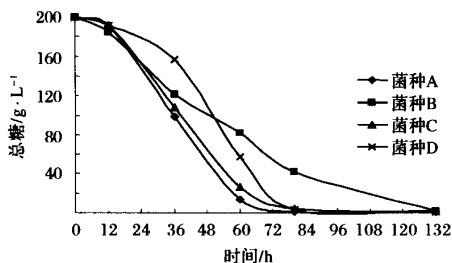


图1 发酵菠萝汁中总糖含量随时间的变化

由图1总糖变化趋势可看出,经过80 h发酵后,投放菌种A、C、D的发酵液中总糖已基本消耗完毕(低于4 g/L),说明降糖速度较快,主发酵期较短;而菌种B则在发酵到132 h后,发酵液中的糖含量才低于4 g/L,显示其降糖速度较慢,不适宜作为低醇菠萝汁饮料的发酵菌种。

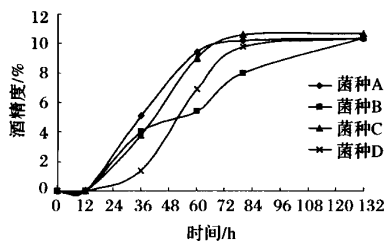


图2 发酵菠萝汁中酒精度随发酵时间的变化

从图2所显示的发酵过程中酒精度随发酵时间的变化可知,菌种B是4个菌种中酒精度增长最缓慢的菌种,直到发酵132 h后,其酒精度才达到10.4%,原因可能与菌种本身的特性相关。其他3个菌种在发酵84 h后酒精度就已接近10%~11%,说明它们

在发酵初期利用发酵液中的糖类物质生成酒精的能力较强。

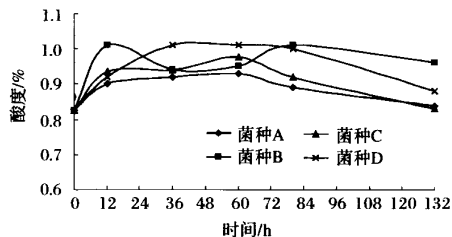


图3 发酵菠萝汁中总酸含量随发酵时间的变化

由图3可知,菌种A、C在整个发酵过程中的总酸度变化比较一致,发酵初期酸度缓慢上升,发酵至60 h后总酸度开始下降,到发酵终了总酸度降到0.83%左右。菌种D的酸度变化趋势与菌种A、C类似,但整体酸度水平高于菌种A、C。菌种B在发酵期间的酸度变化升降幅度较大,显示该菌种在菠萝汁发酵过程中稳定性略逊于其他菌种。

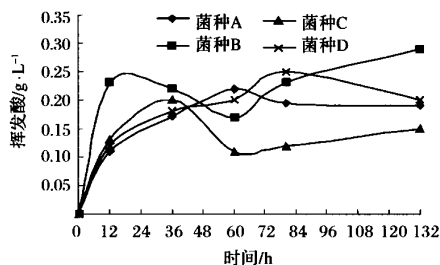


图4 发酵菠萝汁中总挥发酸含量随发酵时间的变化

由图4可知,菠萝汁在发酵过程中挥发酸的变化规律不显著,起伏较大。其中菌种A、D在发酵终了时,挥发酸含量趋于平稳或呈下降趋势,而菌种C、B则在发酵终了时仍呈缓慢上升趋势,由此判断这2个菌种(尤其是菌种B)耐受杂菌能力较弱,在发酵过程中挥发酸的增幅相对高一些,因而会造成所配制的低醇饮料产品的稳定性稍差。

根据菌种A、B、C、D在发酵过程中酸度、总糖、酒精度和挥发酸变化的情况,结合菌种性价比等因素,确定菌种A为适合菠萝汁发酵的菌种。

#### 3.2 菠萝汁最佳发酵条件的确定

在上述菌种发酵实验的基础上,结合低醇菠萝汁饮料对菠萝发酵液的要求,针对菌种A的发酵适宜条件,选取发酵温度、添加量、初始pH值和SO<sub>2</sub>添加量4个因素,采用L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)正交实验确定菌种A发酵菠萝汁的最适发酵条件。

表 1 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)正交实验因素水平表

水平	因 素			
	接种量 /%	pH	发酵温度 /℃	SO <sub>2</sub> 含量 /μL·L <sup>-1</sup>
1	0.01	3.0	20	0
2	0.03	3.3	25	30
3	0.05	3.6	30	60

上述正交实验结果通过用感官评价分数表示可以看出,6 号和 8 号试样的感官评价分数最高且分数几乎相同;3 号样的感官评价分数最低。由此可推断影响菠萝鲜汁发酵的最重要的因素为温度,其次是 pH 值,而在实验设定的菌种和 SO<sub>2</sub> 添加量范围内,这 2 个因素对发酵以及发酵液感官指标的影响不大。考虑到生产成本和生产操作方便性等因素,采用菌种 A 进行菠萝鲜汁发酵的最佳工艺条件为接种量 0.05%、pH 值 3.3、发酵温度 20℃ 和 SO<sub>2</sub> 添加量 30

μL/L。

表 2 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)正交实验结果

序号	因 素				感官评分
	接种量 /%	pH	温度 /℃	SO <sub>2</sub> 含量 /μL·L <sup>-1</sup>	
1	0.01	3.0	20	0	72.6
2	0.01	3.3	25	30	67.9
3	0.01	3.6	30	60	51.4
4	0.03	3.0	25	60	66.5
5	0.03	3.3	30	0	56.2
6	0.03	3.6	20	30	74.6
7	0.05	3.0	30	30	58.6
8	0.05	3.3	20	60	74.4
9	0.05	3.6	25	0	67

3.3 菠萝汁发酵前后主要香气成分的变化

采用顶空固相微萃取法分别萃取出菠萝原汁和菠萝发酵液中挥发性香气物质并进行气相色谱分析,测定出菠萝汁发酵前后的主要香气成分的变化,结果如表 3。

表 3 菠萝汁发酵实验香气物质含量

序号	物质名称	萃取进样保留 时间/min	菠萝原汁 /mg·L <sup>-1</sup>	发酵液 A /mg·L <sup>-1</sup>	发酵液 B /mg·L <sup>-1</sup>	发酵液 C /mg·L <sup>-1</sup>	发酵液 D /mg·L <sup>-1</sup>
1	乙酸乙酯	5.137	—	105.49	105.09	111.69	130.20
2	丁酸乙酯	8.033	4.10	4.02	5.59	5.90	3.22
3	正丙醇	8.458	9.43	7.65	7.55	7.94	20.80
4	异丁醇	9.55	—	54.85	88.01	54.56	51.23
5	乙酸异戊酯	9.818	—	69.70	42.09	47.75	42.96
6	正丁醇	11.373	91.87	—	—	—	—
7	己酸乙酯	12.332	35.36	369.28	416.70	344.83	260.11
8	异戊醇	12.483	37.98	37.29	42.07	37.46	37.16
9	己 醇	15.522	—	0.18	0.35	0.00	0.14
10	辛酸乙酯	17.157	1.83	42.74	34.03	53.00	36.97
11	冰乙酸	18.305	23.98	178.83	309.79	150.24	282.73
11	辛 醇	21.17	4.42	6.39	9.37	6.32	18.37
13	癸酸乙酯	22.78	0.72	47.86	30.27	70.95	40.83
14	琥珀酸 2-乙酯	24.413	494.54	681.27	693.09	530.89	376.89
15	己 酸	30	26.43	80.53	120.35	92.90	114.18
16	2-苯乙醇	32.59	—	1021.90	916.40	901.56	571.46
17	辛 酸	37.188	127.35	215.58	241.93	230.95	269.75

注:“—”表示微量或不存在该种物质。

由表 3 的菠萝汁发酵前后主要香气成分的变化结果可知,菠萝汁在发酵后主要香气成分发生了很大变化,除个别香气物质(如正丁醇)在发酵液中检测不出来,少量香气成分(丁酸乙酯、异戊醇等)变化较小外,其余主要香气成分都有数倍乃至数十倍的变化,几乎全部是发酵后比发酵前增加。同时,在发酵液中增加了乙酸乙酯、异丁醇、乙酸异戊酯、己醇和 2-苯乙醇 5 种香气成分。有研究者(汪立平等<sup>[6]</sup>)研究过苹果酒与苹果原汁香气组成的差异,结果表明,苹果

酒中高级醇类物质(尤其是异丁醇、异戊醇和苯乙醇)的含量显著增加,酯类物质也有明显变化,上述香气成分检测结果与文献报道有相近之处。

3.4 发酵菠萝汁风味的感官评价

为了进一步了解和评价菠萝鲜汁发酵后的感官品质以及可接受程度,对于上述正交试验得到的发酵菠萝汁按照表 4 确定的感官指标体系和分值采用评分法,选择 7 名有经验的专业人员分别对发酵汁样品进行感官品尝打分,结果如表 5。

表 4 菠萝发酵汁感官评价指标和分值

一级指标	二级指标	描述语言	分项分值	总分值
闻香	菠萝果香	是否浓郁? 是否具有正常的菠萝香气?	8	30
	酒香	浓郁的程度? 可接受的程度	6	
	杂香	是否有其它气味? 可接受的程度	6	
	协调性	上述香气间是否协调?	10	
口感	菠萝果香	是否浓郁? 入口后是否具有正常的菠萝果香味?	10	40
	酒(酵)香	入口后酒(酵)香是否浓郁,接受的程度	10	
	杂味	入口后杂味如何? 接受的程度	10	
	协调性	入口后的协调性? 接受的程度	10	
回味	酵香	口中滞留的酵香是否浓厚? 接受的程度	15	30
	协调性	口中滞留的味道的协调性?	15	
总分			100	100

表 5 菠萝发酵汁正交实验感官评价结果

样品号	闻香 (平均)	口感 (平均)	回味 (平均)	总分 (平均)
1	22.7	27.6	22.3	72.6
2	22	25.7	20.1	67.9
3	15.2	20.2	16	51.4
4	21.2	25.5	19.9	66.5
5	15.9	22.9	17.4	56.2
6	22.8	28.7	23	74.6
7	16.6	23.6	19.9	58.6
8	22.6	29.4	22.6	74.4
9	20.7	25.9	20.4	67

由表 5 中的感官评价结果可知,6 号和 8 号样品的感官评价分数最高,感官评价人员对这 2 个样品的接受程度也最高。

最终选择菌种 A 为发酵菌种,按照接种量 0.05%、pH 值 3.3、发酵温度 20℃ 和 SO<sub>2</sub> 添加量 30 μL/L 的发酵条件得到了菠萝发酵汁,然后采用 2.1 节中所述的工艺流程调配出酒精度低于 3%,风味独特、果香浓郁、色泽鲜亮的低醇含气菠萝汁饮料。

4 结 论

通过对适合于制作低醇菠萝果汁饮料的发酵菌种的选择和最佳发酵工艺条件的研究,确定了菌种

A 为菠萝汁发酵最适宜菌种,其最佳发酵条件为:接种量 0.05%、pH 值 3.3、发酵温度 20℃ 和 SO<sub>2</sub> 添加量 30 μL/L。采用此发酵条件得到的发酵汁的感官评分最高。采用顶空分析法检测发酵前后菠萝发酵液中主要挥发性香气成分结果表明,发酵后菠萝发酵液中的主要挥发性香气成分明显增加;由此发酵汁配制的低酒精度饮料风味独特、果香突出、口感醇厚、回味绵长,是一种具有良好市场潜力,容易被消费者接受的饮料新品。

参 考 文 献

1 余东升,张海波,马立志,等. 固定化酵母发酵制备菠萝酒[J]. 酿酒科技,2004(2):107~109  
2 王 玲. 天然低度菠萝酒加工技术研究[J]. 酿酒科技,1999(6):78~80  
3 陈卫平,熊建华,侯英梅,等. 菠萝干酒生产工艺的研究[J]. 酿酒科技,2001(5):88~90  
4 钟秋平,阳辛凤,周文化. 全低温酿制优质荔枝全汁酒的工业化生产工艺[J]. 食品与发酵工业,2004,30(11):114~116  
5 马佩选编著. 葡萄酒质量与检验[M]. 北京:中国计量出版社,2002  
6 汪立平,徐 宪,王 栋,等. 苹果酒香气成分研究进展[J]. 食品与发酵工业,2002,28(7):59~65

The Study on Fermentation Conditions for Low Alcohol Beverage of Pineapple

Zhang Jinze Xue Yi Zeng Ming Zhou Zhiqiao Lin Jing Guan Yanming

(China National Research Institute of Food and Fermentation Industries, Beijing, 100027, China)

**ABSTRACT** It is studied that the choices of suitable yeasts for pineapple juices and the determination of optimal fermentation conditions in preparing low alcohol beverage of pineapple. Also, the main volatile aroma compounds of pineapple juices before and after fermentation are analyzed by. The result shows that the fermented pineapple juices which are suitable for preparing low alcohol beverage with special flavor can be got by fermented 132 hours with suitable yeasts and fermentation conditions.

**Key words** pineapple, low alcohol beverage, aroma compounds