

# 豌豆啤酒的研制

余晓红<sup>1</sup>,汪志君<sup>2</sup>,王资生<sup>1</sup>,方维明<sup>2</sup>

(1.江苏盐城工学院化学与生物工程学院,江苏 盐城 224003;

2.江苏扬州大学食品科学与工程学院,江苏 扬州 225009)

**摘要:** 以豌豆为原料经发芽后,糖化制汁,添加啤酒酵母发酵研制了豌豆芽汁啤酒。经过 L<sub>9</sub> (3<sup>3</sup>) 正交实验确定:豌豆啤酒的最佳发酵条件为主酵温度 13℃,豌豆芽汁浓度 11°P,酵母菌接种量 1.5×10<sup>7</sup> 个/mL。该工艺条件下,后酵结束高级醇含量为 56.1 mg/L,双乙酰 0.05 mg/L,酒精度 3.94 %Vol,真正发酵度 67.2%。酿制的啤酒不仅具有大麦芽啤酒的风味,还富含了豌豆芽中的维生素 C,多种氨基酸和抗癌物质。

**关键词:** 啤酒; 豌豆; 高级醇; 双乙酰

中图分类号: TS262.4; TS261.4 文献标识码: B 文章编号: 1001-9286(2006)12-0083-04

## Development of Pea Beer

YU Xiao-hong<sup>1</sup>, WANG Zhi-jun<sup>2</sup>, WANG Zi-sheng<sup>1</sup> and FANG Wei-ming<sup>2</sup>

(1. Chemistry & Bioengineering College of Yancheng Technical Institute, Yancheng, Jiangsu 224003;

2. Food Science & Engineering College of Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225009, China)

**Abstract:** Pea beer was developed by the following procedures: pea used as raw materials, then pea germination, then saccharification and juice extraction, then addition of beer yeast, and then fermentation. The optimum technical parameters in the production of pea beer were determined as follows by L<sub>9</sub> (3<sup>3</sup>) orthogonal test: chief fermentation temperature at 13℃, pea sprout juice concentration as 11°P, and inoculation quantity of yeast as 1.5×10<sup>7</sup> particle/mL. Higher alcohol content, diacetyl content, and alcohol degree in product beer were 56.1 mg/L, 0.05 mg/L and 3.95 % (Vol) respectively (the attenuation real degree was 67.2%). The product beer not only had the flavor of beer produced by barley malt but also contained rich vitamin C, multiple amino acids and anticancer substances. (Tran. by YUE Yang)

**Key words:** beer; pea; higher alcohol; diacetyl

豌豆是营养价值极高又具有一定保健功效的植物。其营养成分(100 g):蛋白质 23 g,纤维 6 g,碳水化合物 54.3 g,胡萝卜素 280 mg,尼克酸 2.7 mg,钾 610 mg,钙 195 mg,镁 83 mg,磷 175 mg,另含有核黄素、硫胺素和多种维生素及铁、锌、锰、钠、铜、硒等元素。据中医学记载:豌豆味甘、性平、无毒,具有和中益气、利尿、止泄泻、下乳汁、解疮毒、养颜美容功效等。可用于治疗呕吐泻痢、消渴、气虚血亏、浮肿尿少、产后缺乳、高血压、心脏病、糖尿病等症<sup>[1]</sup>。由豌豆发芽制成的豌豆芽,营养价值明显比黄豆芽、绿豆芽高。尤其是氨基酸的含量更比普通蔬菜,如比大白菜、油菜、西红柿、青椒等高出数倍,甚至十几倍。豌豆中还有分解亚硝胺的酶,具有防癌、抗癌的作用。

现以豌豆为原料制成豌豆芽,再经糖化制汁,酵母发酵制备啤酒,制备的啤酒不仅味香醇厚,还含有豌豆芽中富含的维生素 C,分解亚硝胺的酶等物质,可以满足现今大众对健康、营养、绿色啤酒的迫切需求。

### 1 材料与方法

#### 1.1 原料

豌豆:市场购买。

菌种:啤酒酵母(*Scerevisiae*) APV,由扬州大学食品科学与工程学院食品科学系提供。

#### 1.2 实验方法

##### 1.2.1 豌豆芽的制备

##### 1.2.1.1 豌豆的发芽(地板式发芽法)<sup>[2]</sup>

收稿日期:2006-09-07

作者简介:余晓红(1976-),女,江苏人,研究生,发表论文数篇。

### 1.2.1.2 豌豆芽的干燥

凋谢期:从 35~40 起温,每小时升温 2 ,最高温度 60~65 ,时间 15~24 h。要求风量大,每 2~4 h 翻动一次,干燥程度为含水量 10%以下。在没有降到此水平前,温度不得超过 65 。

焙燥期:每小时升温 2~2.5 ,最高达 75~80 ,约需 5 h,使芽水分降至 5%左右,每 3~4 h 翻动一次。

焙焦期:进一步提高温度达 85 ,直至含水量降至 5%以下,干燥过程 24~36 h。

### 1.2.2 豌豆芽汁的制备

#### 1.2.2.1 糖化

将干燥好的豌豆芽在微型植物试样粉碎机里粉碎后,采用与麦汁制备相似的糖化法浸出糖化法<sup>[2]</sup>。

#### 1.2.2.2 过滤

使用大张快速滤纸进行芽汁的过滤,最终得到澄清的豌豆芽汁。

### 1.2.3 啤酒酵母的连续驯养

选一株在低温发酵实验中发酵较好的菌株进行逐级扩培,酵母泥接种低温发酵至第 3 天时,外观浓度降至 4%~5%时,将一定浓度的无菌豌豆芽汁,用恒流泵连续流加入装有酵母和上述发酵液(未灭菌)的层析柱中,发酵液从上端通过导管流出,盛接在一灭过菌的三角瓶中,连续运行 7 d,每天测定流出液的细胞数,分离筛选双乙酰还原能力强、发酵旺盛、凝聚力集中的菌株。

### 1.2.4 豌豆啤酒的发酵方法

设置豌豆芽汁浓度、接种量、主酵温度三因素进行单因素试验,然后在单因素基础上进行正交试验,从而确定豌豆啤酒发酵的最佳工艺。发酵方法为:于 7 在一定浓度的豌豆芽汁中按一定的接种量接入酵母,于一定的温度主酵 7 d,4 后酵 7 d,豌豆芽汁 pH 为 5.50。

### 1.3 分析指标

-AN 的测定<sup>[3]</sup>;外观浓度、pH、酒精度、真正浓度、真正发酵度、原麦汁浓度、双乙酰的测定<sup>[4]</sup>;酵母细胞数的测定<sup>[5]</sup>;高级醇的测定<sup>[6]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 豌豆啤酒制备的单因素实验

#### 2.1.1 不同豌豆芽汁浓度的单因素实验

##### 2.1.1.1 不同豌豆芽汁浓度对啤酒酵母生长的影响

在 8°P, 10°P 和 12°P 的豌豆芽汁中按  $1.0 \times 10^7$  个/mL 的接种量接入酵母,于 10 主酵 7 d,4 后酵 7 d,结果见图 1。

由图 1 可得出,在 8°P 的豌豆芽汁中酵母增殖了 3 倍,10°P 的豌豆芽汁中酵母增殖了 4 倍,而在 12°P 的豌豆芽汁中却增殖了 6 倍,较 8°P 和 10°P 中酵母增殖

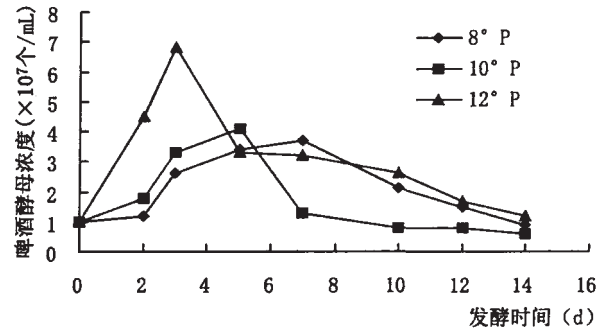


图 1 不同豌豆芽汁浓度对啤酒酵母生长的影响

级数高,且提前 2 d 出现生长高峰期。可能 12°P 的豌豆芽汁较 8°P 和 10°P 的豌豆芽汁提高了酵母营养因子<sup>[6]</sup>,从而提高了酵母的生成量。

##### 2.1.1.2 不同豌豆芽汁浓度对啤酒酵母代谢副产物的影响(图 2 和图 3)

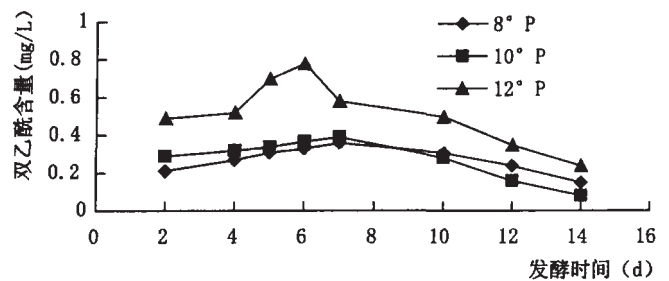


图 2 不同豌豆芽汁浓度对双乙酰含量的影响

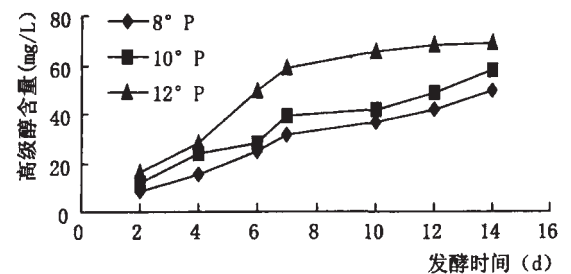


图 3 不同豌豆芽汁浓度对高级醇含量的影响

由图 2 可知,随着酵母的增殖,双乙酰也伴随着产生,12°P 的豌豆芽汁中在第 6 天出现了 0.78 mg/L 的双乙酰峰值,而 10°P 的豌豆芽汁中在第 7 天只产生了 0.39 mg/L 的双乙酰峰值,8°P 的为 0.36 mg/L;且在后酵结束时,10°P 和 8°P 的豌豆芽汁中分别还原为 0.08 mg/L 和 0.15 mg/L,而 12°P 豌豆芽汁中还原为 0.24 mg/L,无论峰值还是还原值均明显高于 10°P 和 8°P 豌豆芽汁中的值。高浓豌豆芽汁中渗透压的增大会降低酵母的活力,可能影响了酵母还原 - 乙酰乳酸的能力,并影响酵母的发酵,从而导致发酵豌豆芽汁不太完全。因此豌豆芽汁浓度也是影响啤酒双乙酰含量的一个因素。控制 10°P 的豌豆芽汁浓度更适合于发酵。

由图 1 和图 3 可知,豌豆芽汁浓度高,导致酵母增殖级数增加,从而提高了发酵副产物高级醇的含量。酵

母在 12<sup>o</sup>P 的豌豆芽汁中增殖了 6 倍,至后酵结束,高级醇含量达 69.2 mg/L,而 8<sup>o</sup>P 和 10<sup>o</sup>P 的豌豆芽汁中分别只产生了 49.3 mg/L, 57.9 mg/L 的高级醇。10<sup>o</sup>P 的豌豆芽汁用于发酵更有利于控制酒体中适中的高级醇含量。

综上所述,控制 10<sup>o</sup>P 的豌豆芽汁浓度更适合于啤酒酵母的代谢作用。因而,下面的单因素实验都是以 10<sup>o</sup>P 的豌豆芽汁进行的。

## 2.1.2 不同接种量的单因素实验

### 2.1.2.1 不同接种量对啤酒酵母生长的影响(图 4)

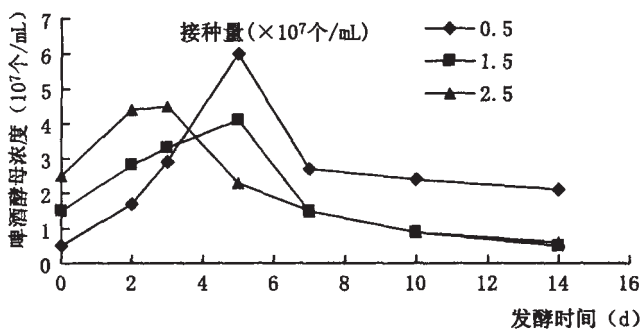


图 4 不同接种量对啤酒酵母生长的影响

在 10<sup>o</sup>P 的豌豆芽汁中按 0.5 × 10<sup>7</sup> 个/mL, 1.5 × 10<sup>7</sup> 个/mL 和 2.5 × 10<sup>7</sup> 个/mL 的接种量接入酵母,于 10<sup>o</sup> 主酵 7 d, 4<sup>o</sup> 后酵 7 d。由图 4 可知,随着接种量加大,豌豆芽汁中酵母增殖级数愈低,起发速度愈快。

### 2.1.2.2 不同接种量对啤酒酵母代谢副产物的影响(图 5 和图 6)

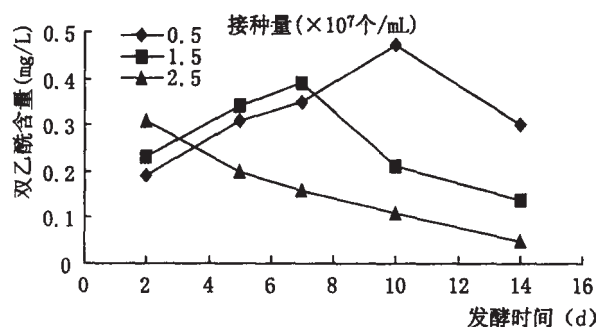


图 5 不同接种量对双乙酰含量的影响

由图 5 可知,接种量愈大,豌豆芽汁中双乙酰峰值出现得愈早,峰值愈低,且还原至后酵结束,含量愈来愈低。因此,在 3 个接种量比较之后,得出接种量为 2.5 × 10<sup>7</sup> 个/mL 是比较合适的。

图 6 表明,接种量愈大,高级醇含量愈低。由图 4 和图 6 共同表明,在发酵时接种量愈低,酵母增殖倍数愈大,合成细胞副产物高级醇含量愈高。因此,为了减少代谢副产物的增加,应适当限制酵母在发酵中的最高浓度,控制增殖倍数。本实验中控制接种量为 2.5 × 10<sup>7</sup> 个/mL,此时对高级醇含量的控制是比较适当的。

因而,经上述实验分析,在 10<sup>o</sup>P 的豌豆芽汁中控制 2.5 × 10<sup>7</sup> 个/mL 的接种量更有利于啤酒发酵。

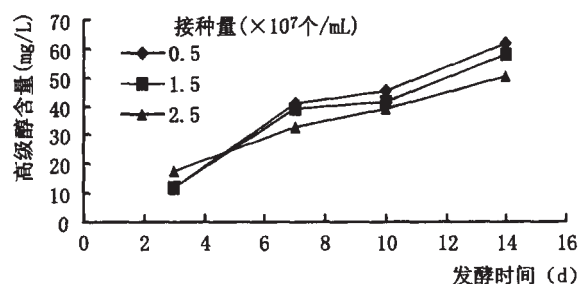


图 6 不同接种量对高级醇含量的影响

### 2.1.3 不同主酵温度的单因素实验

#### 2.1.3.1 不同主酵温度对啤酒酵母生长的影响(图 7)

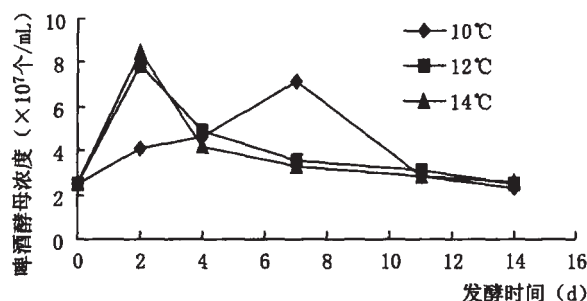


图 7 不同主酵温度对啤酒酵母生长的影响

在 10<sup>o</sup>P 的豌豆芽汁中按 2.5 × 10<sup>7</sup> 个/mL 的接种量接入酵母,于 10<sup>o</sup>, 12<sup>o</sup> 和 14<sup>o</sup> 主酵 7 d, 于 4<sup>o</sup> 后酵 7 d。从图 7 可知,10<sup>o</sup>, 12<sup>o</sup> 和 14<sup>o</sup> 主酵使酵母均增殖了 3 倍,但 12<sup>o</sup> 和 14<sup>o</sup> 主酵时,在主酵的第 2 天就出现了酵母生长的高峰期;而 10<sup>o</sup> 时,则在第 7 天出现。因而,提高发酵温度,可以加速酵母的繁殖,并没有影响酵母的增殖级数。

#### 2.1.3.2 不同主酵温度对啤酒酵母代谢副产物的影响(图 8 和图 9)

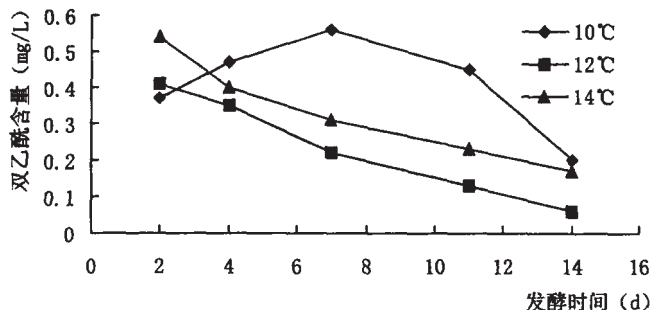


图 8 不同主酵温度对双乙酰含量的影响

由图 8 可知,12<sup>o</sup> 和 14<sup>o</sup> 主酵的样品在第 2 天就出现了双乙酰峰值,较 10<sup>o</sup> 主酵提前了 5 d,且峰值降低,经还原至后酵结束,双乙酰含量明显低于 10<sup>o</sup> 主酵含量,其中,12<sup>o</sup> 主酵的样品只有 0.06 mg/L。因而控制 12<sup>o</sup> 主酵对双乙酰含量控制有利。

图 9 表明,经 12<sup>o</sup> 和 14<sup>o</sup> 主酵的样品在主酵阶段已基本完成高级醇的形成,较 10<sup>o</sup> 快;后酵结束,12<sup>o</sup> 的主酵控制了稍低的高级醇含量。

经单因素实验确定:在 10<sup>o</sup>P 的豌豆芽汁中按 2.5 ×

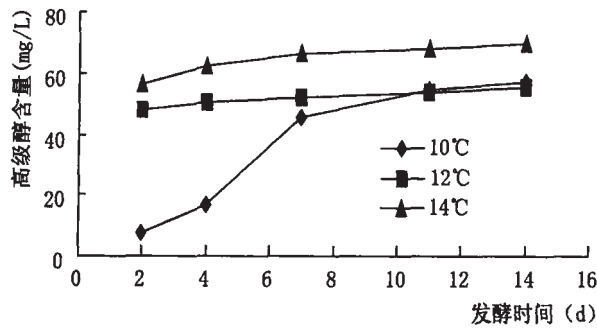


图9 不同主酵温度对高级醇含量的影响

$10^7$  个/mL的接种量接入酵母,于12℃主酵,更有利于高品质啤酒的酿造。

## 2.2 豌豆啤酒制备的优化实验

为寻求豌豆啤酒制备技术的最优化,确定最佳的工艺条件,以豌豆芽汁浓度、接种量、主酵温度为三因素,进行三水平实验。试验方案见表1。

表1 三因素三水平试验设计

水平	因素		
	A 豌豆芽汁浓度 (°P)	B 接种量 ( $\times 10^7$ 个/mL)	C 主酵温度 (°C)
1	9	1.5	11
2	10	2.5	12
3	11	3.5	13

通过经验加权公式  $y=0.4a+0.3b+0.3c$  (a表示酵母最高增殖级数, b表示后酵结束双乙酰含量, c表示后酵结束高级醇含量), 确定各个试验条件下的指标 y 值, 表2为正交试验结果。

表2表明, 对豌豆啤酒酿造影响最大的是接种量B, 其次为豌豆芽汁浓度A, 然后为主酵温度C, 最优组合为  $A_3B_1C_3$ , 即豌豆芽汁浓度为11°P, 接种量  $1.5 \times 10^7$  个/mL, 主酵温度13℃。在此工艺参数下进行豌豆啤酒的酿造, 后酵结束的产品理化指标见表3。

在此工艺条件下, 以豌豆为原料酿制的啤酒, 口感与普通麦芽啤酒非常相似, 且味香醇厚, 具有豌豆所具有的特殊营养保健功能, 不失为一种新型、健康、营养的功能性饮品。

## 3 讨论

实验中采用浸出糖化法来提取豌豆芽汁, 减少了在

表2  $L_9(3^3)$  正交试验

试验号	因素			a	b	c	y
	A	B	C				
1	1	1	1	5	0.12	61.2	20.396
2	2	2	2	4	0.06	53.4	17.638
3	3	3	3	3	0.15	45.2	14.805
4	1	2	3	4	0.08	57.2	18.784
5	2	3	1	3	0.18	41.8	13.794
6	3	1	2	6	0.13	71.3	23.829
7	1	3	2	3	0.11	44.6	14.613
8	2	1	3	6	0.09	69.8	23.367
9	3	2	1	5	0.16	62.7	20.858
$y_{j1}$	17.931	22.537	18.349				
$y_{j2}$	18.266	19.093	18.693				
$y_{j3}$	19.837	14.404	18.985				
$\Delta_j$	1.906	8.133	0.636				
优水平	$A_3$	$B_1$	$C_3$				
主次因素				B>A>C			
优搭配				$A_3B_1C_3$			

表3 后酵结束的产品理化指标

项目	指标
主酵温度(°C)	13
发酵条件 接种量( $\times 10^7$ 个/mL)	1.5
豌豆芽汁浓度(°P)	11
理化指标 高级醇(mg/L)	56.1
双乙酰(mg/L)	0.05
酒精度(%Vol)	3.94
真正发酵度(%)	67.2

豌豆芽汁提取过程中温度对维生素等营养物质的影响, 同时也保证了豌豆芽汁中分解亚硝胺的酶的活性。为了保证在营养物质和酶不被破坏的前提下进一步提高出汁率和加快出汁速度, 可以添加酶来加快反应的进行, 例如添加果胶酶、淀粉酶、纤维素酶、NSP复合酶等。

## 参考文献:

- [1] 薛勇. 八种流行饮料[J]. 中国供销商情, 2003, (6): 10.
- [2] 管敦仪. 啤酒工业手册(上册)[M]. 北京: 轻工业出版社, 1986.
- [3] 管敦仪. 啤酒工业手册(中册)[M]. 北京: 轻工业出版社, 1982.
- [4] GB/T4928-2001, 啤酒分析方法[S].
- [5] 周德庆. 微生物学实验手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1986.
- [6] 黄伟坤. 食品检验与分析[M]. 北京: 轻工业出版社, 1989.

## 四川水井坊季报净利润增长近3成

本刊讯: 四川水井坊股份有限公司发布2006年第三季度报告。公司在“国庆节”、“中秋节”到来之前, 采取积极灵活和贴近市场的营销手段, 精心组织节日市场供应, 加大了礼品装水井坊酒的促销力度, 扩大了高端白酒市场占有率。同时, 通过不断夯实市场基础工作, 全兴品牌系列产品已实现恢复性增长, 全兴520等新产品深受消费者喜爱, 销量迅速扩大, 并被评为2006年四川省酒品包装评比第一名。1~9月, 公司实现主营业务收入49962.32万元, 主营业务利润31308.59万元, 净利润5480.44万元, 分别比去年同期增长19.25%, 20.12%和28.45%。(小小)