

奶啤稳定性的研究

史经略

(江苏食品职业技术学院生物工程系, 江苏 淮安 223003)

摘要: 以牛奶、麦芽和酒花为主要原料经过二次生物发酵研制出具有奶香和啤酒风味的奶啤饮料。从乳化剂、稳定剂、盐类、均质条件等方面分析探讨了影响奶啤稳定性的各因素, 得出了使奶啤保持稳定性的最佳工艺条件。

关键词: 奶啤; 稳定性

Study on Stability of Milk Beer

SHI Jing-lüe

(Department of Bioengineering, Jiangsu Food Science College, Huai'an 223001, China)

Abstract: A savory beer-like beverage called milk beer was developed with malt, milk and hop as raw materials. Factors affecting stability of the milk beer such as emulsifier, stabilizer, salt, and homogenization condition, were analyzed, and the best technological conditions were obtained.

Key words: milk beer; stability

中图分类号: TS262.5

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2008)07-0151-05

奶啤是一种新型饮料, 它兼具酸奶饮料、啤酒和碳酸饮料的风味特点, 营养丰富, 外观呈均匀的乳白色, 含有二氧化碳气体及微量酒精, 风味独特, 酸甜适口, 爽而不腻。由于奶啤是将酸奶与啤酒生产技术结合起来, 以牛奶、麦芽和酒花为主要原料, 采用二次生物发酵工艺进行生产。因此奶啤是含有大量的乳酪蛋白和乳脂肪的酸性饮料, 极易发生蛋白质沉淀和脂肪上浮等外观不稳定现象, 发酵过程中二氧化碳气体和微量酒精的产生给奶啤的外观稳定性控制造成了更大的难度。因此研究奶啤稳定性的影响因素, 采用保证产品外观稳定性的措施, 使产品外观乳白、均匀、清爽不腻口, 感官指标达到通常乳饮料的标准, 是奶啤生产技术研究中的一项重要内容。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

大麦芽(优级) 连云港三得利麦芽厂; 啤酒花 洪泽湖啤酒厂; 鲜牛奶 淮安快鹿牛奶有限公司; 蔗糖、乳化剂、蔗糖酯、单甘酯、吐温 80、三磷酸钠、焦磷酸钠、六偏磷酸钠、柠檬酸三钠、黄原胶、CMC-Na、PGA、海藻酸钠及果胶(均为食品级) 市售。

1.2 菌种

保加利亚乳杆菌(*Lactobacillus bulgaricus*)、嗜热链球菌(*Streptococcus thermophilus*)、两歧双歧杆菌(*Bifidobacterium bifidum*) 淮安快鹿牛奶有限公司; “安琪”啤酒活性干酵母 安琪酵母股份有限公司。

1.3 仪器与设备

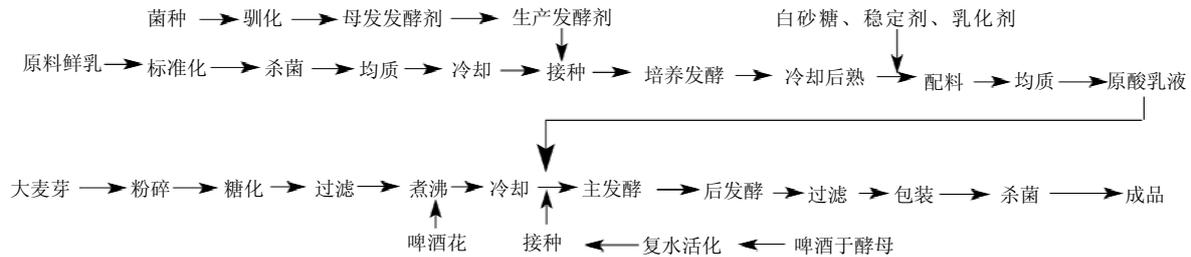
GJJ-0.3/40 高压均质机 上海诺尼轻工机械有限公司; YXQ-SG46 型手提式高压灭菌锅、HHS 型电热恒温水浴锅 上海博迅实业有限公司医疗设备厂; IBM JC03-0.5 型夹层锅 上海伊本轻工机械有限公司; 303-1S 电热恒温培养箱 上海锦屏仪器仪表有限公司通州分公司; PHSJ-4A 型酸度计、PHS-3C 型精密 pH 计、WZZ-T 型投影式自动旋光仪 上海精密科学仪器有限公司; XS-212 生物显微镜 南京江南永新光学有限公司制造; 糖化锅、过滤槽、煮沸锅、发酵罐 山东思源啤酒有限公司; 800 离心沉淀器 上海手术器械厂; WYT 型手持糖度计 成都兴晨光学仪器有限公司; NDJ-79 型旋转式黏度仪 同济大学机械厂。

1.4 方法

1.4.1 工艺流程

收稿日期: 2007-09-29

作者简介: 史经略(1969-), 男, 副教授, 主要从事发酵食品的研究。E-mail: sjlyzh@163.com



1.4.2 操作要点

1.4.2.1 原酸乳的制备

采用新鲜牛奶或脱脂乳粉复水制得奶液，在 140℃ 下杀菌 5~6s 降温到 45℃，在 25MPa 压力下进行均质，将杀菌、冷却、均质后的物料接种生产发酵剂。接种后的奶进入发酵罐进行发酵使酸奶形成良好的风味。按照工艺要求，将一定量的白砂和稳定剂等混合，用热水溶解灭菌后加入到已后熟的酸奶中进行混合均质，得到原酸乳液，冷藏备用。

1.4.2.2 麦芽汁的制备

大麦芽粉碎，加水糖化，糖化醪液打入过滤槽过滤，煮沸(添加酒花)，用薄板换热器冷却至 7~8℃，同时充氧，冷却时间控制在 1h 以内^[1]。

1.4.2.3 发酵

冷却后的麦汁泵入发酵罐，添加活化的啤酒干酵母，满罐后排出冷凝固体。然后加入原酸乳液进行发酵，起发温度为 8℃，主酵温度为 12℃，当主酵结束后保压进入后酵，罐压维持在 0.12MPa，后酵结束维持 0℃ 贮存，贮存时间不少于 5d。然后过滤、灌装。

1.4.3 乳化剂稳定效果的评价方法

1.4.3.1 测定样品的稳定系数

将样品在 3000r/min 的离心机中离心 10min，上清液稀释 100 倍，测定其吸光度 A_2 ，与离心前的吸光度 A_1 的比值即为稳定性系数 $R(\%) = A_2/A_1$ 。若 $R \geq 95\%$ ，则表明稳定性良好^[2]。

1.4.3.2 测定样品的离心沉淀率

准确加入 10ml 样品于离心管中，在 3000r/min 的离心机中离心 10min，测定顶部浮层厚度，再弃去上部溶液，准确称取沉淀物重，利用下式计算离心沉淀率^[3]：

$$\text{离心沉淀率}(\%) = \frac{\text{沉淀物质量}(\text{g})}{10\text{ml 饮料质量}(\text{g})} \times 100$$

2 结果与分析

2.1 单一乳化剂的使用效果

选用单甘酯、蔗糖酯和吐温 80 三种乳化剂进行试

验，结果见图 1 所示。

从图 1 可知，蔗糖酯添加量在 0.05%~0.10% 时乳化效果较好，吐温 80 的添加效果不明显，单甘酯添加量在 0.10% 时有一定的乳化效果。实际生产中为了达到更加理想的乳化分散效果，常采用两种或两种以上的乳化剂配合使用。为此，将上述三种乳化剂进行复合，以 0.1% 的量添加并测定乳化效果。

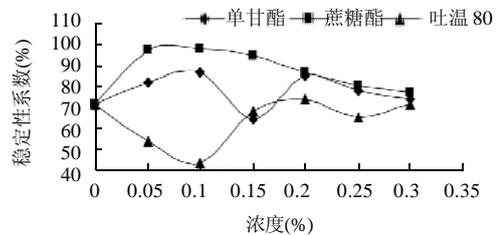


图 1 乳化剂浓度与稳定系数关系曲线

Fig. 1 Correlation of stability ratio with emulsifier concentration

2.2 复合乳化剂的优化

采用单甘酯、蔗糖酯和吐温 80 在不同比例下的混料设计。其中复合乳化剂的总的添加量为 0.1%。综合考察各组的稳定性、透光度、脂肪上浮厚度指标，给出综合评分。通过 STATISTICA 计算机软件^[4]分析，确定最佳的复合乳化剂配比。因素水平表见表 1，结果见表 2 所示。

表 1 复合乳化剂混料设计因素水平表

Table 1 Factors and levels of orthogonal design for compound emulsifier formula optimization

水平	因素		
	单甘酯 A	蔗糖酯 B	吐温 80
1	0	0	0
2	0.25	0.25	0.25
3	0.5	0.5	0.5
4	0.75	0.75	0.75
5	1	1	1

由混料设计分析可以得到三因素的预测区间图(图 2)和等高线图(3)。

由图 2 和图 3 可见，随着蔗糖酯含量的增加，其综合评分值开始明显增大，而后又逐渐降低。单甘酯

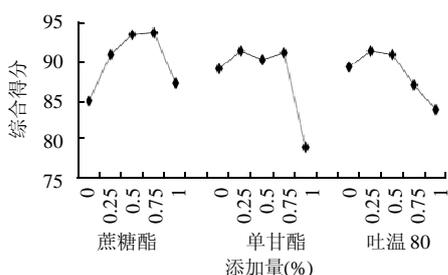


图2 以综合评分为响应值的预测区间图

Fig.2 Prediction interval in response to comprehensive score

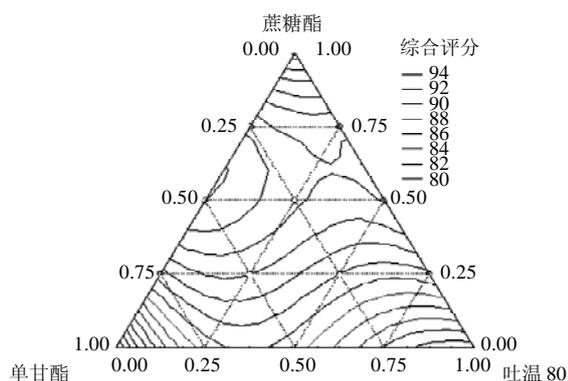


图3 不同复合乳化剂配比与稳定系数的等高线图

Fig.3 Contour map of stabilization factor via different ratios of compound emulsifier

表2 复合乳化剂稳定效果(混料设计)

Table 2 Results of orthogonal test for compound emulsifier formula optimization

试验号	A	B	C	HLB 值	综合评分
1	0.25	0.25	0.5	11.95	90.93
2	0	1	0	6	79
3	0.75	0.25	0	9.75	95.31
4	0.5	0	0.5	13.2	94.01
5	0.25	0.5	0.25	9.6	90.69
6	0.75	0	0.25	12.1	91.91
7	0	0.75	0.25	8.35	89.42
8	0	0	1	15.4	83.64
9	0.5	0.5	0	8.5	92.38
10	0.25	0	0.75	14.3	88.9
11	0	0.5	0.5	10.7	87.63
12	0.5	0.25	0.25	10.85	93.67
13	1	0	0	11	87.18
14	0.25	0.75	0	7.25	92.83
15	0	0.25	0.75	13.05	85.17

随着比例的增大,其综合评分开始略有增加而后显著降低;而吐温80随着比例的增加,其综合评分值下降较快,另外,由于吐温80本身呈透明的黄色,使乳剂啤酒饮料的颜色有着显著的改变而呈黄色,严重影响了成品的外观,因此在不影响啤酒饮料稳定性的基础上应尽量少加或不加。由软件分析给出的最佳乳化剂的组合为:蔗糖酯:单甘酯:吐温80=0.6:0.4:0,此时的HLB值经计算

为9,与理论上要求HLB值在8~16之间相吻合。

2.3 盐类对啤酒饮料稳定性效果

在正常条件下, Ca^{2+} 以结合状态存在,但在酸性条件下, Ca^{2+} 呈游离状态,成了不稳定的重要因素,造成蛋白质沉淀分层。添加一定量的磷酸盐类及柠檬酸三钠盐,可以通过整合作用除去溶液中的游离 Ca^{2+} 。而且大量的磷酸根或柠檬酸根基团增加了蛋白质体系的电负性,提高了蛋白质分子之间的静电斥力,使之在食品体系中更易分散,因而提高了溶解度和稳定性。

选用三磷酸钠、焦磷酸钠、六偏磷酸钠、柠檬酸三钠四种盐进行试验,结果见图4所示。

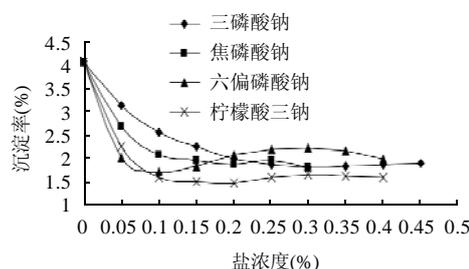


图4 盐类对啤酒稳定性的影响

Fig.4 Effects of salts on stability of milk beer

由图4可知,随着盐类添加量的增大,其沉淀率开始迅速减小,当添加量增加到0.1%~0.15%以后,其下降速度减慢或基本稳定。在添加柠檬酸三钠的浓度达0.15%时其稳定性最好,因此选用的盐类为柠檬酸三钠,其添加量为0.15%。

2.4 复配稳定剂的优化

2.4.1 单因素稳定性试验

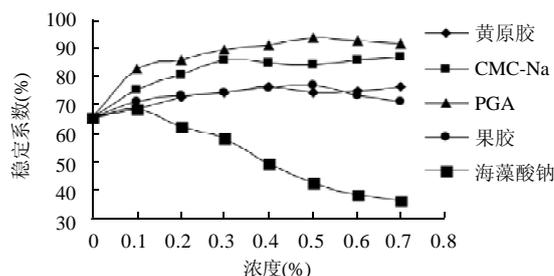


图5 稳定剂添加量与稳定性的关系曲线

Fig.5 Correlation of stability with stabilizer dosage

选用黄原胶、CMC-Na、PGA、海藻酸钠、果胶进行实验,由图5可见,所用五种稳定剂中,PGA的稳定系数最好,在所选用添加量范围内其稳定系数均在80%以上;其次是酸性CMC-Na,其稳定系数普遍在75%以上,黄原胶、果胶、卡拉胶其稳定系数也都在70%~80%左右,但放置一段时间后,饮料会逐渐分层。而海藻酸钠的稳定效果随着添加量的增加其稳定性

降低。根据以上结果,以PGA和CMC-Na作为复配稳定剂的备选组分。从其稳定效果看,PGA的添加量达到0.3%以后其稳定系数随着添加量的增加而略有增加,

表3 复配稳定剂因素水平编码表

Table 3 Codes and levels of factors of compound stabilizer formula

编码值	因素		
	X ₁ 复合乳化剂(%)	X ₂ PGA(%)	X ₃ CMC-Na(%)
-1.68179	0.01591	0.065910	0.065910
-1	0.05	0.1	0.1
0	0.1	0.15	0.15
1	0.15	0.2	0.2
1.68179	0.184090	0.234090	0.234090

表4 中心组合试验设计结果表

Table 4 Results of central composite test design

试验号	X ₁	X ₂	X ₃	R(%)
1	0.050000	0.100000	0.100000	88.45
2	0.050000	0.100000	0.200000	90.24
3	0.050000	0.200000	0.100000	94.96
4	0.050000	0.200000	0.200000	93.45
5	0.150000	0.100000	0.100000	87.34
6	0.150000	0.100000	0.200000	90.48
7	0.150000	0.200000	0.100000	94.34
8	0.150000	0.200000	0.200000	93.25
9	0.015910	0.150000	0.150000	95.89
10	0.184090	0.150000	0.150000	96.68
11	0.100000	0.065910	0.150000	86.53
12	0.100000	0.234090	0.150000	91.45
13	0.100000	0.150000	0.065910	90.15
14	0.100000	0.150000	0.234090	93.86
15	0.100000	0.150000	0.150000	98.56
16	0.100000	0.150000	0.150000	97.89
17	0.100000	0.150000	0.150000	96.48
18	0.100000	0.150000	0.150000	98.12
19	0.100000	0.150000	0.150000	97.28
20	0.100000	0.150000	0.150000	98.43

表5 复配稳定剂方差分析表

Table 5 Analysis of variance of compound stabilizer

因素	平方和	自由度	均方和	F值	p值	显著性
复合乳化剂(L)	0.0096	1	0.0096	0.0154	0.905964	
复合乳化剂(Q)	6.0266	1	6.0266	9.7281	0.026282	*
PGA(L)	56.4451	1	56.4451	91.1130	0.000214	***
PGA(Q)	149.9652	1	149.9652	242.0719	0.000020	***
CMC-Na(L)	5.3772	1	5.3772	8.6798	0.032028	*
CMC-Na(Q)	67.2301	1	67.2301	108.5220	0.000140	***
复合乳化剂(L)和PGA(L)	0.0003	1	0.0003	0.0005	0.982950	
复合乳化剂(L)和CMC-Na(L)	0.3916	1	0.3916	0.6321	0.462627	
PGA(L)和CMC-Na(L)	7.0876	1	7.0876	11.4407	0.019623	*
失拟项	7.0139	5	1.4028	2.2644	0.195327	
纯误差	3.0975	5	0.6195			
总方差	279.0187	19				

注: L表示线性项; Q表示二次项。下同。

但从口感考虑,其添加量过多时,其黏度亦过大,影响口感。因此其最大添加量控制在0.3%以下。随CMC-Na的添加量的增加,其稳定性呈现曲线变化,在添加量在0.3%时其稳定性最佳,当添加量大于0.3%其稳定性缓慢下降。

2.4.2 复配稳定性试验

2.4.2.1 复配稳定剂的确定

利用STATISTICA响应面法中中心复合设计,以复合乳化剂、PGA、CMC-Na为因素,以稳定系数为响应值,在一定范围内设计出含有6个中心点的可旋转的复合试验,试验方案见表3,结果见表4,方差分析见表5。

从表5的方差分析表可以看出,失拟项中 $p > 0.1$ 影响不显著,表明所选模型适合,可以用该模型来拟合试验结果。此外,所选三因素中PGA的一次项和二次项及CMC-Na的二次项影响显著,而复合乳化剂的二次项、CMC-Na的一次项及PGA(L)和CMC-Na(L)交互项影响较显著,其余的各项影响不显著。对试验结果进行回归所得各项回归系数见表6。

表6 复配稳定剂各因素回归系数表

Table 6 Regression coefficients of factors of compound stabilizer formula

因素	回归系数	纯误差	t(5)	p值	显著性
常数项	31.72	5.7645	5.5022	0.000261	***
复合乳化剂(L)	37.55	37.2651	1.0078	0.337326	
复合乳化剂(Q)	-258.67	105.9535	-2.4414	0.034768	**
PGA(L)	483.99	41.1972	11.7480	0.000000	***
PGA(Q)	-1290.34	105.9535	-12.1784	0.000000	***
CMC-Na(L)	319.36	41.1972	7.7520	0.000015	***
CMC-Na(Q)	-863.95	105.9535	-8.1541	0.000010	***
复合乳化剂(L)和PGA(L)	2.50	142.2072	0.0176	0.986320	
复合乳化剂(L)和CMC-Na(L)	88.50	142.2072	0.6223	0.547651	
PGA(L)和CMC-Na(L)	-376.50	142.2072	-2.6475	0.024416	***

从表 6 可见, 常数项影响显著, 因此回归方程式中常数项也不能忽略。经回归拟合后, 各因素对响应值的影响可用以下回归方程来表示:

$$Y=31.72+37.55X_1-258.67X_1^2+483.99X_2-1290.34X_2^2+319.36X_3-863.95X_3^2+2.5X_1X_2+88.50X_1X_3-376.50X_2X_3$$

从图 6 可以看出, 这些残差点在直线的两侧基本上成正态分布, 可以推断此方程是描述三因素和稳定系数之间关系的合适模型。

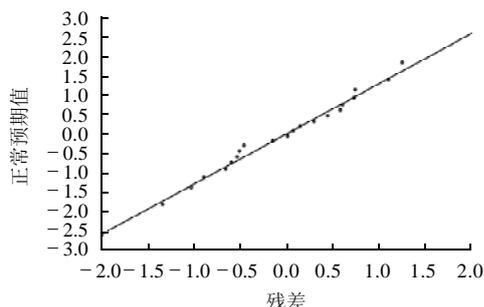


图 6 复配稳定剂回归模型的残差正态分布点

Fig.6 Normal distribution of residual error of regression model of compound stabilizer

表 7 复配稳定剂基于试验编码值的响应值的典型性分析
Table 7 Analysis of typicality of response to test codes of compound stabilizer

因素	编码值	解码值
复合乳化剂	-0.005509	0.099725
PGA	0.303607	0.165180
CMC-Na	0.078823	0.153941

对回归模型进行典型性分析, 可得到稳定点的估计值, 结果见表 7。

稳定点的极大值, 其估计值为 98.1441 此时得到三因素最佳水平值为: 复合乳化剂 0.099725%, PGA 0.165180%, CMC-Na 0.153941%。

2.5 均质工艺实验对奶啤饮料稳定性的影响

均质对奶啤饮料的稳定性影响很大, 同时也影响口感。根据斯托克斯定理, 饮料中微粒的沉降速度与颗粒直径的平方成正比, 故细化颗粒是增加饮料悬浮稳定性的有途径。乳饮料中主要有两种颗粒: 一种是蛋白质颗粒, 另一种是脂肪球颗粒。在适宜的高压均质条件下, 可将蛋白质颗粒细化, 同时会使脂肪球颗粒和乳化剂充分结合, 达到乳化效果。均质效果受到温度、压力和次数的影响, 选择合适的温度、压力和次数是保证均质效果的关键。比较不同条件的均质试验结果, 可知采用温度 55℃、压力 25MPa 的二次均质法进行均质, 效果最好。

3 结论

3.1 要获得稳定性良好的奶啤饮料必须使用复合稳定剂, 其组成为: 柠檬酸三钠添加量为 0.15%, 复合乳化剂为 0.0998%; 复合乳化剂的组合为: 蔗糖酯:单甘酯:吐温为 0.6:0.4:0, PGA 为 0.165%, CMC-Na 为 0.154%。

3.2 最佳均质工艺条件为: 温度 55℃、压力 25MPa 下二次均质。以此种加工条件获得的奶啤饮料的稳定性最高, 保存 6 个月以上无沉淀分层。

参考文献:

- [1] 史经略. 绿豆啤酒的研制[J]. 中国酿造, 2006(1): 72-75.
- [2] 郑海平, 申利娟. 甜乳饮料稳定剂及稳定性研究[J]. 食品工业科技, 2005(7): 88-89.
- [3] 王志华, 赵晋府, 肖妍. 葵花籽乳饮料稳定性研究[J]. 食品工业, 2004(1): 21-22.
- [4] 马正飞, 殷翔. 数学计算方法与软件的工程应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.