

# 等电点迁移法提高含乳饮料的稳定性

邓宇峰

(中国食品发酵工业研究所, 北京 100027)

**摘要** 通过正交试验, 探讨影响含乳饮料稳定性的主要因素, 创新性地采用 $\alpha_s$ -酪蛋白等电点迁移法控制成品的 pH, 结果表明, 该法可使乳饮料保持较好的稳定状态及口感。

**关键词** 稳定性 等电点迁移 pH

含乳饮料的稳定性问题由来已久, 不仅影响产品的外观, 而且由于沉淀物中含有大量蛋白质, 因而大大降低了产品的营养价值。

本研究在大量单因子试验的基础上, 从产品配方、加工工艺等环节入手, 通过正交试验, 确定了影响含乳饮料稳定性的主要因素及最佳工艺条件, 并创新性地采用 $\alpha_s$ -酪蛋白等电点迁移法控制成品的 pH, 结果表明, 该法可使饮料保持较好的均匀悬浮状态, 并

在较长时间内保持其稳定性。

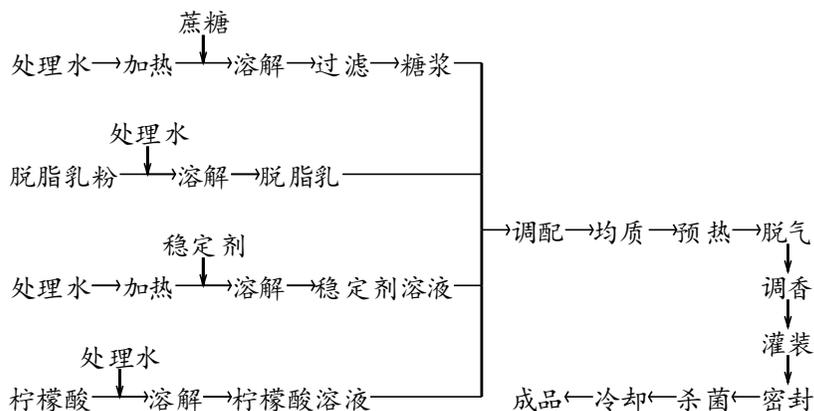
## 1 材料与方

### 1.1 材料与设备

脱脂乳粉 北京市南郊乳品厂; 柠檬酸 广东封开县食品厂; 稳定剂 市售。

均质机 GYB750A-4S。

### 1.2 工艺流程



### 1.3 试验方案

采用正交试验设计, 选取稳定剂用量(A)、产品的 pH 值(B)、均质压力(C)三个因素进行考察, 每个因素取 3 个水平。

选用正交表  $L_9(3^4)$  安排试验, 将 A、B、C 三个因素依次放在前三列的表头上, 共 9 组试验组合。

### 1.4 分析方法

**1.4.1 沉分指数** 以沉分指数作为衡量产品稳定状况的定量指标, 将产品在常温下保存 90d, 考察其沉淀状况。如饮料均匀混浊、无分层沉淀现象, 则沉分指数为 1; 有分层沉淀现象时, 用直尺分别量出瓶中液面总高、上部清液高度及底部沉淀厚度, 计算沉分指数, 公式如下:

沉分指数 =  $1 - (\text{清液高度} + \text{沉淀厚度}) / \text{液面总高}$

**1.4.2 成品的感官评定** 采用顺序法进行感官评定, 判断者为 10 人, 试验样品为 E、F、G、H 四种含乳

饮料, 它们的 pH 值依次为 3.6、3.9、4.2、4.5, 其余相同。试验要求是分别品尝 4 种样品, 并按食感的喜好顺序加以排列(最好者为 1, 最差者为 4)。

### 1.5 数据处理

**1.5.1 对沉分指数作方差分析** 先求出各因素在各水平的数据及其均值, 再据此进行方差分析。

**1.5.2 对感官评定的结果** 依据 Kramer 检定表进行处理。

## 2 结果和讨论

### 2.1 试验结果

试验结果见表 1 和表 3, 分析结果见表 2(为计算方便, 把沉分指数同乘以 10)。

**2.1.1 因子对指标的影响** 由表 2 可知, 各因素对试验结果影响的次序依次为: 产品的 pH(B) >> 均质压力(C) >> 稳定剂用量(A), 且产品 pH 的显著性远大于其它二者; 均质压力对结果有一定影响, 而稳定

剂用量的改变则对结果影响不大。因此,控制产品的 pH 值是保持饮料稳定性的关键所在。

2.1.2 最佳工艺条件的选择 据方差分析的观点,只需对显著的因素进行选择,不显著的因素原则上可选试验范围内的任一点。因沉分指数是越高越好,所以最优水平取  $K_1$ 、 $K_2$ 、 $K_3$  中最大的数。由表 1 可知,

对因素 B,最大数为  $K_1$ ,最优水平取  $B_1$ ;对因素 C,最大数是  $K_3$ ,最优水平取  $C_3$ ;因 A 的水平可取试验范围内的任一点,考虑到实际生产中产品的成本及口感,选  $A_1$ 。因此,最佳工艺条件为  $A_1B_1C_3$ ,即稳定剂用量为 0.25%,pH 值为 4.2,均质压力为 30MPa。

表 1  $L_9(3^4)$  正交试验表

| 因素 | A(%)    | B       | C(MPa) | D | 试验结果 |          |
|----|---------|---------|--------|---|------|----------|
|    | 稳定剂用量   | pH 值    | 均质压力   |   | 沉分指数 | 沉分指数×10  |
| 1  | 1(0.25) | 1(4.20) | 1(20)  | 1 | 0.88 | 8.8      |
| 2  | 1       | 2(3.90) | 2(25)  | 2 | 0.71 | 7.1      |
| 3  | 1       | 3(3.60) | 3(30)  | 3 | 0.57 | 5.7      |
| 4  | 2(0.35) | 1       | 2      | 3 | 0.91 | 9.1      |
| 5  | 2       | 2       | 3      | 1 | 0.79 | 7.9      |
| 6  | 2       | 3       | 1      | 2 | 0.35 | 3.5      |
| 7  | 3(0.50) | 1       | 3      | 2 | 1.00 | 10.0     |
| 8  | 3       | 2       | 1      | 3 | 0.66 | 6.6      |
| 9  | 3       | 3       | 2      | 1 | 0.52 | 5.2      |
| K1 | 21.6    | 27.9    | 18.9   |   |      |          |
| K2 | 20.5    | 21.9    | 21.4   |   |      |          |
| K3 | 21.8    | 14.4    | 23.6   |   |      |          |
| Q  | 454.02  | 484.11  | 457.38 |   |      | K=63.9   |
| D  | 0.33    | 30.42   | 3.69   |   |      | P=453.69 |

表 2 沉分指数方差分析表

| 方差来源 | 平方和   | 自由度 | 均方    | F     | 显著性 | 临界值                  |
|------|-------|-----|-------|-------|-----|----------------------|
| A    | 0.33  | 2   | 0.17  | 1.21  |     | $F_{0.01}(2,2)=99.0$ |
| B    | 30.42 | 2   | 15.21 | 108.6 | *** | $F_{0.10}(2,2)=9.00$ |
| C    | 3.69  | 2   | 1.85  | 13.21 | *   | $F_{0.25}(2,2)=3.15$ |
| 误差   | 0.28  | 2   | 0.14  |       |     |                      |
| 总和   | 34.72 | 8   |       |       |     |                      |

表 3 对产品 pH 值的顺序法试验结果

| 判断者      | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 顺序合计 $T_i$ |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|------------|
| E(pH3.6) | 2 | 3 | 4 | 4 | 1 | 3 | 2 | 3 | 1 | 3  | 26         |
| F(pH3.9) | 4 | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 3 | 1  | 19         |
| G(pH4.2) | 1 | 2 | 2 | 1 | 3 | 1 | 3 | 4 | 2 | 2  | 21         |
| H(pH4.9) | 3 | 4 | 3 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4  | 34         |

2.1.3 pH 对产品口感的影响 查 kramer 检定表 ( $\alpha=5\%$ )可知,当判断者  $n=10$ ,试验样品  $t=4$  时,  $T_i$  值在 17~33 的范围之外时具有显著水平。

由表 4 可知, H 的  $T_i$  为 34, 处于 17~33 的范围之外, 说明 pH 为 4.5 的产品的口感显著不好。而 E、F、G 的  $T_i$  皆在 17~33 的范围之内, 即三者无显著差别。其中, F 的  $T_i$  最小, 说明其口感最好; G 次之; E 的口感较差。

以上结果表明, 当产品的 pH 在 3.9~4.2 之间

时, 其口感较好; 当 pH 低于 3.9 时, 口感变差, 但差别不很显著; 而当 pH 升至 4.5 时, 则其口感明显变差, 不受欢迎。

## 2.2 讨论

我们按照上述最佳工艺条件在工厂中进行了试生产。结果发现, 大多数产品均能达到预期指标, 稳定性、口感良好, 但也有个别批次产品在贮存一段时间后, 底部仍有少量沉淀。经多方查找原因, 发现这些产品的 pH 普遍偏低, 一般在 4.0~4.1 左右。我们

知道,脱脂乳中的主要固体成分为蛋白质。乳蛋白质是由许多肽键连结而成的高分子物质,其带电性取决于N末端、C末端及侧链集团的带电性,它同时可带正负两种电荷,是两性分子。当溶液的pH高于等电点时,一方面分子粒外端的亲水集团与水分子起水合作用;另一方面,蛋白质带同种电荷,相互排斥,避免聚集形成颗粒,因而溶液能稳定存在,没有沉淀。当溶液的pH接近蛋白质的等电点时,蛋白质的带电量为零,相互作用力消失,粘结成颗粒,最后沉淀下来, $\alpha_s$ -酪蛋白占乳蛋白质总量的50%以上,而其等电点为4.1左右,所以,当产品的pH一旦接近4.1时,就会引起沉淀。

要抑制沉淀,目前一般的方法是使pH保持其等电点以上。但如调得过高,则产品的口感将明显变差;而调得过于接近等电点(如pH=4.2),则限于目前国内的生产条件,很难保证pH不会进入酪蛋白的等电点内,上述的少量产品沉淀问题也正由此产生。

经反复研究,我们发现,其实还有另一种方法,那就是调节 $\alpha_s$ -酪蛋白的等电点。因为酪蛋白有吸收钠

释放离子的作用,所以我们如在溶液中加入极少量的某种钠盐,则离解出来的 $\text{Na}^+$ 与酪蛋白作用,就可改变脱脂乳的离子状况-酪蛋白的等电性质,使分子表面吸附同种 $\text{Na}^+$ ,从而使斥力增强,溶液稳定,且对产品口感无不良影响。但需注意 $\text{Na}^+$ 不可过量,否则会出现盐析现象。

上述方法经反复试验后应用于生产中,取得了良好的稳定效果。

### 3 结论

3.1 pH是影响含乳饮料稳定性的最主要因素。随着pH的降低,分层沉淀现象显著增加。要防止乳蛋白质在等电点沉淀,一是调节产品的pH,使其高于等电点;二是加入钠盐,将 $\alpha_s$ -酪蛋白的等电点适当调低。

3.2 pH的变化对产品口感影响较大,最佳区域为pH3.9~4.2。如pH>4.5,则口感明显变差。

3.3 一般加工中的最佳工艺条件为:稳定剂用量0.25%,pH4.2,均质压力30MPa。



# 广东维嘉微波能

## 微波食品工业

“广东维嘉微波”隶属香港维嘉国际有限公司,是专业从事微波能技术应用设备研制的企业。拥有多位自七十年代初开始从事微波能应用研究的老专家、教授和高级工程师。生产设备配有数控机床、12位数控冲床、精密万能铣床等高档设备。确保产品高质量,高稳定性。是集科研、试验、生产制造为一体的现代化企业。

我公司的产品有915MHz和2450MHz两大系列近30个规格型号。广泛应用于食品、医药、农副产品深加工中的焙烤、干燥、杀菌、萃取等。如花生、开心果、瓜子、黑芝麻的焙烤;壮骨粉、板兰根、凉茶、麦片、玉米粉、婴儿米粉,果蔬制品的干燥;月饼、牛肉干、酱菜、鱼片干、豆制品等的杀菌应用。

公司热忱为您服务,承接各类大中型产品设计制造,免费安装调试,一年内三包,终生服务。竭诚欢迎

海内外各界人士光临指导

来电进一步索取详细资料

## 隧道式工业微波炉 WKSS-20



### 杀菌 干燥 新科技

地址:广州市天河区棠东东路31、33号

邮编:510665

电话:(020)85553580 85557562

传真:(020)85557558

联系人:费坤高级工程师 手机:13922120958

网址:<http://www.waika.com.cn> E-mail:wb688@163.net

广东维嘉微波能应用设备有限公司

guang dong WAIKA wei bo neng ying yong she bei CD. Ltd