

解决小米奶饮料沉淀的技术研究

徐艳军^{1,2*}, 彭新榜¹, 马丽珍³

(1. 郑州轻工业学院食品与生物工程学院, 郑州 450001; 2. 中国储备粮管理总公司河南分公司, 郑州 450008;
3. 天津农学院食品科学系, 天津 300384)

摘要: **目的** 解决小米奶中含有淀粉而引起的沉淀问题。**方法** 添加食品工业中常用的稳定剂, 采用通用旋转设计。**结果** 小米奶饮料基本的配比是小米浸提液与鲜奶比例为 0.185:1; 稳定剂的添加量为卡拉胶 0.036% 和黄原胶 0.034%, 此时产品的沉淀量为 0.691%。并对三因素之间的相互影响进行了分析, 小米浸提液与卡拉胶之间有交互作用; 小米浸提液和卡拉胶的添加量对产品稳定性影响作用显著, 且前者大于后者。**结论** 该研究为小米奶饮料的开发提供了研究依据。

关键词: 小米奶; 沉淀; 稳定性

Study on technology of preventing the sediment in millet milk drinks

XU Yan-Jun^{1,2*}, PENG Xin-Bang¹, MA Li-Zhen³

(1. School of Food and Bioengineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450001, China;
2. China Grain Reserves Corporation Henan Branch, Zhengzhou 450008, China;
3. Department of Food Science, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384, China)

ABSTRACT: Objective To prevent the precipitation in millet milk drinks. **Methods** The general rotation design was used, by adding the stabilizer which was commonly used in the food industry. **Results** The basic proportion of millet milk beverage was at the ratio of millet leaching liquid to fresh milk at 0.185:1. The amount of stabilizer was 0.036% carrageenan with 0.034% xanthan, at which the product precipitation amount was 0.691%. The influence of the three factors were analyzed between each other, and there was an interaction between carrageenan and millet extract; the millet extract and carrageenan content had a significant influence on the stability of product, and the effect of millet extract was greater than that of carrageenan.

Conclusion The above experience provides a scientific basis for the development of the millet milk drink.

KEY WORDS: millet milk drink; sediment; stability

我国杂粮种类繁多, 很多具有特殊的营养功效^[1]。小米是我国北方的一种常见的杂粮种类, 而“沁州黄”是山西的一种绿色食品, “沁州黄”小米谷香味浓, 植物脂肪、可溶性糖类、粗纤维、蛋白质含量

均优于普通小米、大米等^[2,3]。用该小米制作的小米奶饮料因其营养全面, 口感细腻, 适合我国消费者的健康需求, 是目前大众喜爱的一种饮料。但这类饮料中含有大量的淀粉和蛋白质等大分子物质, 制备

基金项目: 河南省教育厅科技攻关项目(2011A550016)

Fund: Supported by the Science and Technology Key Project form Education Department of Henan (2011A550016)

*通讯作者: 徐艳军, 硕士研究生, 主要研究方向为粮食加工。E-mail: xuyanjun96@126.com

*Corresponding author: XU Yan-Jun, Master, Zhengzhou University of Light Industry, No.166, Kexuedadao, Zhengzhou 450001, China. E-mail: xuyanjun96@126.com

的饮料为悬浮液水溶胶, 产品在生产过程中和货架期间容易发生胶凝结块和沉淀分层, 严重地影响这类产品的发展。本研究选择食品工业中常用的稳定剂, 进行三因子二次通用旋转设计, 以解决该小米奶饮料的稳定性, 使产品的稳定性达到食品饮料的标准, 同时为杂粮饮料的开发提供研究经验。

1 材料与方法

1.1 实验材料

小米: 来自山西长治“沁州黄”小米, 颗粒小, 金黄色, 无霉变虫蛀。鲜奶: 来自河南农业大学牧站, 当天鲜奶。

稳定剂: 琼脂、羧甲基纤维素钠(CMC-Na)、明胶、黄原胶、瓜尔豆胶、卡拉胶(κ 型)、单十八(烷)酸丙三醇酯(单甘酯)、海藻酸钠均符合我国食品添加剂的要求。

1.2 仪器设备

9N-50 型牛乳分离机(廊坊市顶天轻工机械有限公司)、SHP-60-60 型均质机(上海科学技术大学机电厂)、80 型胶体磨(廊坊市冠通机械有限公司)等。

1.3 试验方法

1.3.1 小米奶饮料的制备^[4]

1.3.1.1 制备工艺

小米→除杂→浸提→过滤→调配→杀菌→冷却→均质→鲜牛奶→净化→标准化 } 冷却→无菌包装→成品

1.3.1.2 小米提取液制作方法

把3%的小米放入冷水中, 水开后, 在93℃左右

的温度下保持30~40 min, 然后采用80目的过滤网常压过滤。

1.3.2 稳定剂单因素选择

实验采用观察方法和离心试验对 CMC-Na、瓜尔豆胶、卡拉胶、黄原胶、明胶、琼脂、海藻酸钠、单甘酯等添加剂进行单因素实验。单因素试验考查指标是感官评定和离心沉淀率(换算为评分)为综合值。数值越大, 产品越稳定, 效果越好。

根据食品添加剂的要求, 本实验对上述几种食品稳定剂分别设置了三种不同的添加量(见表1)。

1.3.3 最佳稳定剂选择

采用三因子二次通用旋转组合设计, 见表2。

1.4 稳定性指标测定方法

1.4.1 感官评定的方法, 见表3^[5,6]。

1.4.2 离心分离测沉淀含量的方法^[7]:

测沉淀离心分离条件是: 3500 r/min, 10 min。

离心分离沉淀率是: 沉淀量占总量的百分比。

离心分离沉淀率换算为评分的方法: 在1%~2%, 记分95~55(变化0.1%为4分); 2%~3%, 记分55~25(变化0.1%为3分)。

2 实验结果

2.1 稳定剂选择单因素试验结果

稳定剂单因素实验结果(感官评分平均分、离心实验结果)见表4。

从表4中看出, 琼脂、明胶对产品的风味影响较差, 有不愉快的和与产品不相符的风味; CMC-Na 是

表1 不同稳定剂的浓度水平(%)

Table 1 The concentrations of different stabilizers (%)

浓度水平	CMC-Na	瓜尔豆胶	卡拉胶	黄原胶	明胶	琼脂	海藻酸钠	蒸馏单甘酯
1	0.090	0.070	0.090	0.060	0.100	0.070	0.140	0.090
2	0.070	0.050	0.050	0.040	0.080	0.050	0.100	0.060
3	0.050	0.030	0.030	0.020	0.060	0.030	0.060	0.040

表2 解决小米奶饮料沉淀的因素水平编码表

Table 2 The coded table of factors to prevent millet milk drink precipitating

编码值	X ₁ (比例)	X ₂ (卡拉胶)(%)	X ₃ (黄原胶)(%)
+1.682	0.33	0.073	0.047
+1	0.30	0.060	0.040
0	0.25	0.040	0.030
-1	0.20	0.020	0.020
-1.682	0.17	0.0064	0.013

表 3 小米奶饮料感官评分标准
Table 3 Millet milk drink sensory descriptors

项目	组织状态(30分)	口感(10分)	风味(10分)
一级	无分层, 均匀, 乳白色或略带微黄色乳状液体。(25-30分)	口感细腻, 无淀粉味(9-10分)	有浓郁的鲜奶味, 且略带小米香味。(9-10分)
二级	(20-25分)	口感细腻, 略有淀粉味。(7-9分)	有浓郁的鲜奶味, 无小米香味。(7-9分)
三级	(0-20分)	口感细腻, 有淀粉味。(0-6分)	无鲜奶味, 小米味较重。(0-6分)

表 4 稳定剂单因素实验结果
Table 4 Single factor results of stabilizers

稳定剂	离心沉淀率(%)	离心 感官 评分	稳定剂	离心率(%)	离心 感官 评分
CMC-Na-1	2.49	40.3 44 84.3	明胶-1	2.79	31.3 42 73.3
CMC-Na-2	2.36	44.2 45 89.2	明胶-2	2.54	38.8 41 79.8
CMC-Na-3	2.22	48.4 44 92.4	明胶-3	2.32	45.4 39 84.4
瓜尔豆胶-1	1.35	81.0 36 117.0	琼脂-1	2.60	37.0 35 72.0
瓜尔豆胶-2	1.21	86.6 35 121.6	琼脂-2	2.39	43.3 34 77.3
瓜尔豆胶-3	1.17	88.2 33 121.2	琼脂-3	2.28	46.6 35 81.6
卡拉胶-1	1.19	87.4 44 131.4	海藻酸钠-1	2.43	42.1 45 87.1
卡拉胶-2	1.12	90.2 46 135.1	海藻酸钠-2	2.31	45.7 45 90.7
卡拉胶-3	1.04	93.4 45 138.4	海藻酸钠-3	2.23	48.1 46 94.1
黄原胶-1	1.25	85.0 45 130.0	单甘酯-1	2.05	53.5 47 100.5
黄原胶-2	1.15	86.9 44 130.9	单甘酯-2	2.09	52.3 44 96.3
黄原胶-3	1.09	91.4 47 138.4	单甘酯-3	2.21	48.7 45 93.7

因为其黏度随着温度的升高而降低; 黄原胶、瓜尔豆胶、卡拉胶起稳定作用较强, 但是瓜尔豆胶使产品粘度较大; 单甘酯主要起乳化作用, 不能解决沉淀问题; 海藻酸钠随着温度的升高黏度下降, 且加热会导致海藻酸钠热降解, 由于钙含量较高, 在实验中导致局部反应较快, 影响整个体系的均匀性, 易生成不连续凝胶。

2.2 解决小米奶沉淀的试验结果与分析

小米浸提液的添加量、卡拉胶和黄原胶分别用 X_1 、 X_2 、 X_3 表示, 试验结果见表 5。

对所得离心沉淀率结果求平均值, 将所得数据经多元回归分析。根据三因子二次通用旋转组合设计统计软件 WHG52 对表中的数据进行处理, 结果如表 6:

从表 6 数据可以得出以三种稳定剂编码值为自变量的回归方程:

$$Y=1.056+0.276X_1^2+0.819X_2^2+0.738X_3^2-0.535X_1X_2+$$

$$0.363X_1X_3+0.158X_2X_3+0.322X_1+0.366X_2+0.187X_3$$

对方程进行二次 F 检验, 失拟检验 $F_1=5.01 < F_{0.05}(5,5)=5.05$, 差异不显著, 表示在实验条件下, 该回归模型能够反映实验中各添加物质对小米奶饮料起稳定作用情况; 拟和检验 $F_2=9.80^{**} > F_{0.01}(9,10)=4.94$, 差异极显著, 复相关系数 $R=0.994$, 表示此回归方程对实际工艺有指导意义。按回归系数绝对值的大小来分析各个因子对稳定性效果的影响。从回归方程可看出, 三个一次项回归系数的绝对值的大小依次是 B_2 、 B_1 、 B_3 。说明卡拉胶(X_2)对解决产品沉淀的作用最大, 小米浸提液(X_1)影响其次, 影响最小的是黄原胶(X_3)。对偏回归系数进行 F 检验可知, 小米浸提液 ($F_{B1}=5.313^{*} > F_{0.05}=5.05$)、卡拉胶 ($F_{B2}=6.872^{*} > F_{0.05}=5.05$)对产品的稳定效果影响显著, 并且二者之间交互效应显著 ($F_{B12}=8.602^{*} > F_{0.05}=5.05$)。卡拉胶与小米奶中的淀粉能够提高乳浊液的凝胶强度和弹性, 所以有利于产品的稳定性。

表5 三因子二次通用旋转设计试验结果
Table 5 Results of quadratic General Rotary with three factor design

实验号	$X_1(\%)$	$X_2(\%)$	$X_3(\%)$	离心沉淀率(%)
1	1	1	1	4.21
2	1	1	-1	2.89
3	1	-1	1	4.29
4	1	-1	-1	3.17
5	-1	1	1	3.86
6	-1	1	-1	3.71
7	-1	-1	1	1.39
8	-1	-1	-1	2.13
9	+1.682	0	0	1.68
10	-1.682	0	0	1.12
11	0	+1.682	0	3.34
12	0	-1.682	0	2.56
13	0	0	+1.682	2.95
14	0	0	-1.682	2.49
15	0	0	0	1.01
16	0	0	0	0.99
17	0	0	0	1.02
18	0	0	0	0.94
19	0	0	0	0.82
20	0	0	0	1.65

表6 多元回归分析系数检验表
Table 6 Multiple regression analysis coefficients

回归系数及显著性 Regression coefficient and significance		F 值 (F value)	回归系数及显著性 Regression coefficient and significance		F 值 (F value)
B_1	0.322	5.313 *	B_{23}	0.158	0.746
B_2	0.366	6.872 *	B_{11}	0.276	4.138
B_3	0.187	1.791	B_{22}	0.819	36.324 **
B_{12}	-0.535	8.602 *	B_{33}	0.738	29.519 **
B_{13}	0.363	3.950	$F_{0.05(5,5)}=5.05 \quad F_{0.01(9,10)}=4.94$		

2.3 单因子效应分析

将其它因子固定在零水平, 采用降维分析, 分别描述单因子的变化对小米奶饮料稳定性效果的影响, 三个因子单效应方程:

$$Y_1 = 1.056 + 0.322X_1 + 0.276X_1^2$$

$$Y_2 = 1.056 + 0.366X_2 + 0.819X_2^2$$

$$Y_3 = 1.056 + 0.187X_3 + 0.738X_3^2$$

根据以上方程作图, 可以得到单因子效应曲线。如图 1

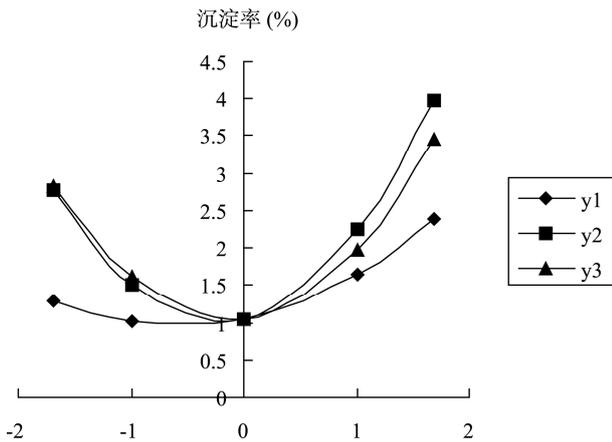


图 1 单因子效应分析
Fig. 1 Single factor effect analysis

从图 1 看出, 三因素在编码值 $-1.682 < X < 0$ 范围内, 随着添加量的减小, 沉淀率(Y 值)减小, 呈正效应, 卡拉胶、黄原胶对沉淀率的降低幅度几乎相同, 且减小速率明显, 但是小米浸提液在 $(-1.682, -1)$ 范围内对沉淀的影响小, 在 $(-1, 0)$ 期间几乎不变; 三因素在 $0 < X < 1.682$ 范围内, 随着添加量的增大, 沉淀率增加, 呈负效应, 并且增大速率明显。

2.4 边际效应分析

将单因子效应方程本身求一阶偏导数, 得到单因子边际效应方程:

$$\begin{aligned} dy/dX_1 &= 0.322 + 0.553X_1 \\ dy/dX_2 &= 0.366 + 1.638X_2 \\ dy/dX_3 &= 0.187 + 1.476X_3 \end{aligned}$$

单因子边际效应方程反映了 Y 值(沉淀率)随各因子加入水平的变化而变化的速率。将单因子边际效应方程作曲线可以得到边际效应曲线图 2。

由图 2 中看出, 三因素在 $-1.682 < X < 0$ 编码值范围中, 随着添加量的增加, 沉淀率(Y 值)趋势减小, 在 $(-1.682, 0)$ 范围, 随着卡拉胶(X_2)、黄原胶(X_3)的减小, 沉淀率(Y 值)的减小呈明显下降趋势。但是在 $(-1.682, 0)$ 范围内, 随着小米浸提液添加量的减小, 沉淀率的减小, 但沉淀率减少趋势不明显; 三因素在编码值 $0 < X < 1.682$ 范围内, 随着添加量的增加, 沉淀率呈增加趋势。

2.5 交互效应分析

由回归方程的偏回归系数显著性检验可知, X_1

与 X_2 之间显著的交互效应, 而其它之间的交互效应不显著。因而只分析 X_1 与 X_2 之间的交互效应。采用降维法, 固定其中一因素为零水平, 交互效应方程如下:

$$Y_{12} = 1.056 + 0.322X_1 + 0.366X_2 - 0.535X_1X_2 + 0.276X_1^2 + 0.819X_2^2$$

将以上 2 个交互作用方程作图, 所得的交互作用曲线见图 3。

由图 3 可知, 在小米浸提液(X_1)、卡拉胶(X_2)交互作用曲线中看出, 当小米浸提液处于编码值 $(-1.682, 0)$ 时, 沉淀率(Y 值)随着卡拉胶的添加量的减少而降低; 当卡拉胶处于低编码值 $(-1.682, 0)$ 时, 在 $(1.682, 0)$ 范围中, 沉淀率随着小米提取液添加量的减少而降低, 两因子同时交互作用达到最大。因此, 二者呈协同增效作用。表明, 减少小米浸提液的添加量, 也就是减少淀粉量, 有利于减少小米奶产品沉淀。

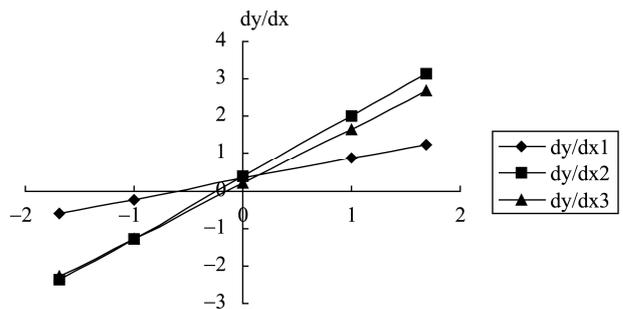


图 2 边际效应值分析
Fig. 2 Marginal effect analysis

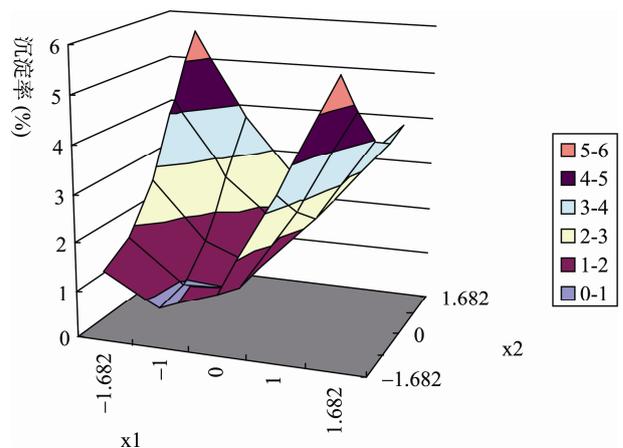


图 3 X_1 和 X_2 的交互作用分析
Fig. 3 Analysis of the interaction of X_1 and X_2

2.6 最佳配比优选结果

对回归方程进行主成分分析,得到三个正值特征根,根据设计原理,有较大值,所以对三因子二次通用旋转组合设计的试验结果进行分析,可以得到达到发酵产品最小水平时的较佳配比,此时三种原料添加量的编码值分别为: $X_1=-1.528$; $X_2=-756$; $X_3=0.330$ 。此时,沉淀率的极值 $Y=0.691\%$ 。将编码值换算为实际值,可以得到三种原料添加量为: $X_1:0.185\%$, $X_2:0.036\%$, $X_3:0.034\%$ 。

3 结论

小米奶饮料的最佳组成:小米浸提液与鲜奶比例为 0.185:1,卡拉胶 0.036%,黄原胶 0.034%,沉淀率是 0.691%;小米浸提液和卡拉胶对体系的稳定影响作用显著,卡拉胶的添加有利于降低产品的沉淀率。

参考文献

- [1] 陆红梅. 我国杂粮加工制品的发展现状及趋势[J]. 中国食物与营养, 2012, 18(1): 20-21.
Lu HM. Development Status and Trends of Cereal Processing Products in China [J]. Food Nutr China, 2012, 18(1): 20-21.
- [2] 张超, 张晖, 李冀新. 小米的营养以及应用研究进展[J]. 中国粮油学报, 2007, 22(1): 51-55.
Zhang C, Zhang H, Li JX. Advances of millet research on nutrition and application [J]. J Chin Cereals Oils Assoc, 2007, 22(1): 51-55.
- [3] 刘丽萍. 小米营养及小米食品的开发[J]. 粮油加工, 2003, (1): 48-49.
Liu LP. Development of millet and millet nutritional foods [J]. Mach Cereals, Oil Food Proc, 2003, (1): 48-49.
- [4] 郑坚强, 司俊玲, 杜丽红. 小米奶饮料的研制[J]. 中国乳业, 2003, (9): 26-27.
Zheng JQ, Si JL, Du LH. The development of millet-milk [J]. Agr Prod Dev, 2003, (9): 26-27.
- [5] 任璐, 杭锋, 孟令洁, 等. 紫薯牛奶感官及稳定性研究[J]. 乳业科学与技术, 2010, 1: 15-18.
Ren L, Hang F, Meng LJ, *et al.* Study on the Sensor Evaluation and the Stability of a Purple Sweet Potato Milk [J]. J Dairy Sci Technol, 2010, 1: 15-18.
- [6] 吴旭, 王晓焯, 其其格, 等. 花生奶稳定性研究[J]. 食品研究与开发, 2010, 31(8): 48-51.
Wu X, Wang XY, Qi QG, *et al.* Study on the Stability of Peanut Milk [J]. Food Res Dev, 2010, 31(8): 48-51.
- [7] 魏仲珊, 李华丽, 邓萍, 等. 紫薯玉米粒乳酸菌乳饮料生产工艺及其稳定性研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(19): 263-268.
Wei ZS, Li HL, Deng P, *et al.* Study on production process and stability of lactobacillus milk beverage with purple yam and purple corn [J]. Sci Technol Food Ind, 2012, 33(19): 263-268.

(责任编辑: 周盼虹)

作者简介



徐艳军, 硕士研究生, 主要研究方向为粮食加工。

E-mail: xuyanjun96@126.com