

# 搅拌型芒果水牛酸乳制备工艺的优化

苏思婷<sup>1</sup>, 李全阳<sup>2</sup>, 熊捷<sup>1</sup>

(1. 华南理工大学轻工与食品学院, 广东广州 510641) (2. 广西大学轻工与食品工程学院, 广西南宁 530004)

**摘要:** 本文以广西水牛奶和芒果为原料, 研究搅拌型芒果水牛酸乳的最佳生产工艺。在考察稳定剂的复配及其复配比例、白砂糖添加量、发酵时间和稳定剂添加量对酸乳质量影响的基础上, 进行三因素三水平响应面实验, 对响应面优化分析。结果表明: 250.0 mL 水牛奶中, 以水牛奶质量为基准, 添加芒果果粒 8.0% 的条件下, 白砂糖添加量 7.66%、果胶:藻酸丙二醇酯 (w:w=1:1) 添加量 0.13%、发酵时间为 5.17 h 时; 成品发酵酸度为 80 °T, 胶体脱水收缩作用敏感性最低; 持水力最大; 感官评价最佳; 验证实验表明优化工艺合理。

**关键词:** 水牛奶; 芒果; 酸乳; 响应面

文章编号: 1673-9078(2012)3-319-322

## Optimizing Technology of Stirred Buffalo Milk Yogurt with Mango

SU Si-ting<sup>1</sup>, LI Quan-yang<sup>2</sup>, XIONG Jian<sup>1</sup>

(1. College of Light Industry and Food Sciences, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China)

(2. College of Light Industry and Food Engineering, Guangxi University, Nanning 530004, China)

**Abstract:** Guangxi buffalo milk and mango were used as materials to investigate the optimal processing technic of stirred buffalo yoghurt with mango. Basing on the results of the quantities and ratio of stabilizer, sugar content and fermentation time, three factors and three level of responses surface methodology (RSM) were involved to study the effects of these factors on the Susceptibility to syneresis (STS), Water holding capacity (WHC) and flavor. The result showed that the product had minimum STS and maximum WHC and best sensory evaluation at optimal conditions which were as follow: 7.66% (w:w) of sugar content; 0.13% of blending of pectin and Propylene glycol alginate (w:w=1:1) and 5.17 h fermentation time, when 8.0% of mango-granule content in 250.0 mL Guangxi buffalo milk. The adequacy of this model is confirmed, according to additional experiments.

**Key words:** buffalo milk; mango; yogurt; response surface

水牛奶奶质优良, 被誉为“奶中之王”、“乳中珍品”, 其脂肪 (6.60~8.20%)、蛋白质 (3.90~4.16%) 分别是荷斯坦牛奶的 1~2 倍, 锌 (27 ppm)、铁 (25 ppm)、钙 (694 ppm) 含量分别是荷斯坦牛奶的 12.3 倍、79 倍、1.3 倍<sup>[1-4]</sup>。

芒果又名“望果”, 取“希望之果”之意, 其果实风味独特, 香气浓郁, 呈柠檬黄色, 在印度等地有“果王”之美称, 芒果不仅含有丰富的维生素和矿物质, 而且还具有行气、益胃、止呕、治疗慢性咽喉炎, 嗓音沙哑等功效<sup>[5-7]</sup>。

搅拌型酸乳是指在发酵结束后所得的凝乳状产品中添加果汁、果肉、果酱等辅料, 经搅拌混合均匀后, 再经冷却后熟而得到的酸乳制品。与普通酸乳相比,

收稿日期: 2011-10-22

基金项目: 广西大学科研基金项目 (XGL090325)

作者简介: 苏思婷 (1990-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 粮食、油脂及植物蛋白工程

通讯作者: 熊捷

搅拌型酸乳因加入了果汁、果肉、果酱等辅物而风味更佳, 营养也更为丰富。

本文以广西芒果和鲜水牛奶为原料, 研究搅拌型芒果水牛酸乳的最佳生产工艺。

### 1 实验

#### 1.1 材料

水牛奶, 南宁市雄牛牧业公司提供, 选用当日鲜奶, 酸度不大余 18 °T, 干物质含量不低于 12%; 芒果, 农贸市场无破损, 成熟果; 白砂糖, 南宁市蔗林工贸有限责任公司; 羧甲基纤维素钠 (Carboxyl methyl Cellulose, CMC)、单甘酯、黄原胶、果胶、藻酸丙二醇酯 (Propylene glycol alginate, PGA)、变性淀粉、明胶 (均为食品级)、菌种 (嗜热链球菌、保加利亚乳杆菌)。

#### 1.2 仪器

JRJ300-D-I 剪切乳化搅拌机, HH-6 数显恒温水浴锅, LCT 超净化工作台, DNP-9082-BS-III 电热恒

温培养箱, DNG-9073-BS-III 电热恒温鼓风干燥箱, YXQG02 手提式电热压力蒸汽消毒, 冰箱, 等。

1.3 方法

1.3.1 搅拌型芒果水牛酸乳的制备工艺

1.3.1.1 芒果果粒的制备

市售成熟芒果→去掉果皮、果核→切成粒→热烫(90 °C, 1 min)

1.3.1.2 以水牛鲜奶为原料制备酸乳产品

原料水牛奶→过滤→混合调配(白砂糖、稳定剂)→预热(65~70 °C)→均质(3000 r/min, 5 min)→杀菌(95 °C, 5 min)→冷却(45 °C)→接种→发酵(41.5 °C)→冷藏后熟(4°C, 12~24 h)→添加芒果→搅拌均匀→冷却→灌装→冷藏后熟(4 °C, 12h)→成品

1.3.2 发酵酸度按文献<sup>[8]</sup>的测定

取 10 mL 产品, 用 20 mL 蒸馏水稀释, 加入 0.5% 的酚酞指示剂 0.5 mL, 以 0.1 mol/L NaOH 溶液滴定, 将所消耗的 NaOH 毫升数乘以 10, 即发酵酸度(°T)。

1.3.3 持水力(Water holding capacity, WHC)

按文献<sup>[9]</sup>的方法测定。

1.3.4 胶体脱水收缩作用敏感性(Susceptibility to syneresis, STS)

按文献<sup>[9]</sup>的方法测定。

1.3.5 成品酸乳品质的感官评价<sup>[10]</sup>

将编号的搅拌型芒果水牛酸乳样品分装到一次性纸杯中, 请食品专业的学生, 单独对产品进行感官评价, 并在设计好的表 1 上填写评分, 取平均值。

表 1 感官评价标准

Table 1 Sensory scoring standards

项目	得分			
	10~8	7~4	3~1	
质构(10分)	凝乳状态	凝乳质地良好, 无乳清析出	凝乳质地硬, 少量乳清析出	凝乳质地软, 乳清析出较多
	组织状态	粘度适中, 组织细腻	粘度不足, 乳清析出少量	粘度不足, 有大量乳清析出
色泽(10分)	芒果特有淡黄色, 有光泽		深黄色, 无光泽	有杂色
风味(10分)	酸甜度	酸甜适度, 普遍喜欢	略偏酸或略偏甜	酸味或甜味太浓, 略带苦味
	口感味道	口感细腻, 略有芒果特有香味, 酸乳香味	酸乳香味不足, 略有香精味	有异味, 香精味太浓, 略带苦味

酸乳的感官评价总分为 30 分, 大于 18 分为合格, 感官评价分值越高越好。

1.3.6 响应面优化法酸乳制作工艺

在单因素试验基础上, 通过 Design-Expert 7.0 软件试验设计, 采用组合赋权法将酸乳的主观评价得分和客观指标得分相结合得到酸乳质量的总分<sup>[9]</sup>, 并以总分为响应值, 进行三因素三水平响应面分析试验, 确定酸乳的最佳制作工艺。

实验在 250.0 mL 水牛奶中, 以水牛奶质量为基准, 添加白砂糖 6.0%, 果肉 8.0%, 稳定剂 0.12%, 发酵酸度为 80 °T 时结束。

2 结果与讨论

2.1 搅拌型芒果水牛酸乳稳定剂的选择

2.1.1 复配稳定剂的影响

从表 2 可以看出, 样品 3 即用果胶和 PGA 复配的稳定剂的 STS 值最小, WHC 值最大, 感官评价分最高。因此, 果胶和 PGA 复配稳定剂为最佳稳定剂。

2.1.2 果胶和 PGA 复配比例对搅拌型芒果水牛酸乳质量的影响。

从表 3 可以看出, 在一定范围内, 随着果胶:PGA 的比例增大, 搅拌型芒果水牛酸乳的 STS 值降低, WHC 值升高, 感官评价分数增加。当果胶:PGA=1:1 时, 搅拌型芒果水牛酸乳的 STS 值最小, WHC 值最大, 感官评价得分最高; 但随着果胶:PGA 的比例继续增大, 搅拌型芒果水牛酸乳的 STS 值又升高, WHC 值又降低, 感官评价分数也降低。因此, 确定搅拌型芒果水牛酸乳中果胶与 PGA 的复配比例为 1:1。

表 2 复配稳定剂对搅拌型芒果水牛酸乳质量的影响

Table 2 The effects of compound stabilizers on the quality of stirred buffalo milk yogurt with mango

序号	稳定剂	STS/%	WHC/%	感官评价
1	0.06%CMC +0.06%单甘酯	34.0	52.91	20.50
2	0.08%黄原胶+0.04%单甘酯	68.8	17.06	10.80
3	0.06%果胶+0.06%PGA	31.0	56.31	23.80
4	0.04%果胶+0.04%明胶 +0.04%变性淀粉	43.2	54.81	15.65
5	不加稳定剂	41.7	52.54	18.50

2.2 搅拌型芒果水牛酸乳单因素实验

2.2.1 白砂糖添加量对搅拌型芒果水牛酸乳的影响

表3 果胶和PGA复配比例对搅拌型芒果水牛酸乳质量的影响

Table 3 The effects of compound proportion of Pectin and PGA on the quality of stirred buffalo milk yogurt with mango

序号	稳定剂复配比例	STS/%	WHC/%	感官评价
1	2:5	34.2	51.52	18.60
2	3:5	33.2	53.83	18.30
3	4:5	32.4	54.98	19.10
4	1:1	26.4	59.92	22.80
5	6:5	29.2	56.62	20.60
6	7:5	31.5	54.69	19.60

表4 白砂糖添加量对搅拌型芒果水牛酸乳质量的影响

Table 4 The effects of sugar content on the quality of stirred buffalo milk yogurt with mango

序号	白砂糖添加量/%	STS/%	WHC/%	感官评价
1	0	34.0	51.97	13.80
2	5.0	30.0	56.07	15.80
3	6.0	28.2	57.66	20.10
4	7.0	25.0	59.26	21.40
5	8.0	27.4	57.86	20.60

从表4可以看出,在一定范围内,随着白砂糖添加量的增多,搅拌型芒果水牛酸乳的STS值降低,WHC值升高,感官评价分数增加。当白砂糖添加量为7.0%时,搅拌型芒果水牛酸乳的STS值最小,WHC值最大,感官评价得分最高;但随着白砂糖添加量继续增大,搅拌型芒果水牛酸乳的STS值又升高,WHC值又降低,感官评价分数也降低。因此,确定搅拌型芒果水牛酸乳中白砂糖添加量为7.0%。

2.2.2 发酵时间对搅拌型芒果水牛酸乳质量的影响

表5 发酵时间对搅拌型芒果水牛酸乳质量的影响

Table 5 The effects of fermentation time on the quality of stirred buffalo milk yogurt with mango

序号	发酵时间/h	STS/%	WHC/%	感官评价
1	2	40.8	46.79	10.50
2	3	32.4	51.84	18.30
3	4	29.4	54.32	20.00
4	5	24.2	58.17	21.90
5	6	27.8	57.37	20.80

从表5可以看出,在一定范围内,随着发酵时间的延长,搅拌型芒果水牛酸乳的STS值降低,WHC值升高,感官评价得分升高,当发酵时间为5h时,搅拌型芒果水牛酸乳的STS值最小,WHC值最大,感官评价得分最高;且随着发酵时间的继续延长,搅拌型芒果水牛酸乳的STS值又升高,WHC值降低,感官评价分数也降低。因此,确定搅拌型芒果水牛酸乳的发酵时间为5h。

2.2.3 稳定剂添加量对搅拌型芒果水牛酸乳质量的影响

表6 稳定剂添加量对搅拌型芒果水牛酸乳质量的影响

Table 6 The effects of stabilizers content on the quality of stirred buffalo milk yogurt with mango

序号	稳定剂添加量/%	STS/%	WHC/%	感官评价
1	0	31.8	46.79	18.20
2	0.05	28.8	51.84	19.10
3	0.10	25.6	54.32	20.20
4	0.12	23.8	58.17	21.60
5	0.15	26.8	57.37	20.00

从表6可以看出,在一定范围内,随着稳定剂添加量的增多,搅拌型芒果水牛酸乳的STS值降低,WHC值升高,感官评价分数增加。当稳定剂添加量为0.12%时,搅拌型芒果水牛酸乳的STS值最小,WHC值最大,感官评价得分最高;但随着稳定剂添加量继续增大,搅拌型芒果水牛酸乳的STS值又升高,WHC值又降低,感官评价分数也降低。因此,稳定剂添加量为0.12%。

2.3 响应面因素与水平

表7 响应面分析因素与水平表

Table 7 factors and levels in response surface analysis

因素	水平		
	-1	0	1
X <sub>1</sub> (白砂糖添加量/%)	6.0	7.0	8.0
X <sub>2</sub> (稳定剂添加量/%)	0.09	0.12	0.15
X <sub>3</sub> (发酵时间/h)	4	5	6

表8 搅拌型芒果水牛酸乳响应面试验设计及其结果

Table 8 The experimental design and result of stirred buffalo milk yogurt with mango response surface

序号	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	酸乳综合评分值
1	0	0	0	1.183
2	1	-1	0	1.028
3	-1	1	0	0.944
4	1	0	1	1.051
5	-1	-1	0	1.057
6	-1	0	1	0.874
7	1	1	0	1.042
8	1	0	-1	0.925
9	-1	0	-1	1.012
10	0	0	0	1.064
11	0	1	-1	0.947
12	0	1	1	0.992
13	0	0	0	1.093
14	0	-1	-1	1.009
15	0	-1	1	0.779



根据以上单因素实验中各个指标的综合比较,在 250.0 mL 水牛奶中,以水牛奶质量为基准,添加 8.0% 的芒果果粒的条件下,利用 Box-Benhnken 中心组合进行三因素三水平的实验设计,见表 7,以确定最佳生产工艺。

采用 Design-Dxpert 7.0 软件对表 8 中的响应值进行回归响应面分析,搅拌型芒果水牛酸乳最终得分对白砂糖添加量、稳定剂添加量和发酵时间的多元二次回归方程为:

$$Y=1.11+0.020X_1+0.006625X_2-0.024X_3+0.032X_1X_2+0.066X_1X_3+0.069X_2X_3-0.031X_1^2-0.065X_2^2-0.12X_3^2$$

通过 Design-Expert 7.0 软件得出的响应面分析图如下所示。

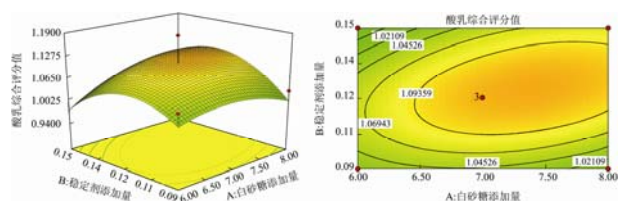


图 1 白砂糖添加量和稳定剂添加量对搅拌型芒果水牛酸乳质量影响的响应面和等高线图

Fig.1 Response surface and contour showing the effect of sugar content and stabilizers content on stirred buffalo milk yogurt with mango

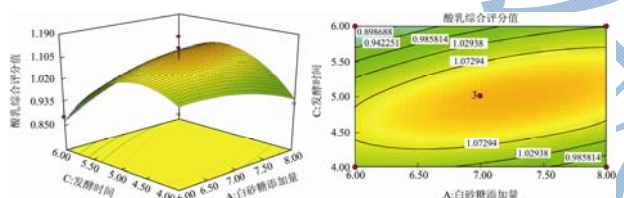


图 2 白砂糖添加量和发酵时间对搅拌型芒果水牛酸乳质量影响的响应面和等高线图

Fig.2 Response surface and contour showing the effect of sugar content and fermentation time on stirred buffalo milk yogurt with mango

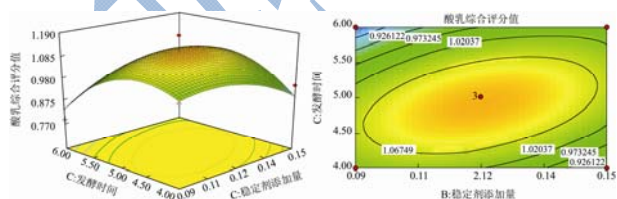


图 3 稳定剂添加量和发酵时间对搅拌型芒果水牛酸乳质量影响的响应面和等高线图

Fig.3 Response surface and contour showing the effect of stabilizers content and fermentation time on stirred buffalo milk yogurt with mango

通过 Design-Expert 7.0 软件分析,可得发酵酸度为 80 °T 搅拌型芒果水牛酸乳的最佳条件为:以水牛奶质量为基准,在 250.0 mL 的水牛奶中,添加 8.0% 的芒果果粒,白砂糖 7.66%,稳定剂果胶:藻酸丙二醇酯 (w:w=1:1) 0.13%,发酵时间 5.17 h。

### 2.4 验证实验

按照实验优化条件下进行验证实验,酸乳的感官评价均大于 23 分,实验结果理想,证明实验回归方程及优化工艺合理。

## 3 结论

3.1 本文以水牛奶质量为基准,添加 8.0% 的芒果果粒,研制搅拌型芒果水牛酸乳的最佳条件,在单因素实验中,添加 7.0% 的白砂糖,0.12% 的 1:1 果胶和 PGA 的复配稳定剂,发酵 5h 酸乳的质量最佳。

3.2 通过三因素三水平的实验的响应面分析试验和 Design-Expert 7.0 软件分析,最佳条件为:白砂糖添加量 7.66%、稳定剂添加量 0.13%、发酵时间 5.17 h;

3.3 按照实验优化条件下进行验证实验,证明实验回归方程及优化工艺合理。

## 参考文献

- [1] 谢秉镛,李晴华,周雪松,等.提高水牛奶稳定性的研究[J].现代食品科技,2007,23(8):51-53
- [2] 王雷,丁春华,栾爽艳.我国水牛奶业的发展现状与开发前景[J].中国奶牛,2008,4:8-11
- [3] 曾庆坤,杨炳壮,梁贤威,等.我国水牛乳加工利用现状及发展方向[J].广西畜牧兽医,2007,23(3):141-144
- [4] 谢秉镛,解冠华,陈红兵.水牛奶乳制品深加工的研究进展[J].食品科技,2007,23(7):9-12
- [5] 赵政,李旭,李仕坚.芒果风味水牛酸凝乳的生产工艺[J].食品研究与开发,2009,30(9):87-90
- [6] 余炼,滕建文.真空浓缩对芒果汁香气成分影响的分析[J].现代食品科技,2010,26(9):1020-1022
- [7] 邓开野,戴雪群.芒果风味酸乳饮料的研制[J].现代食品科技,2008,24(2):147-149
- [8] 中华人民共和国国家标准.乳和乳制品酸度的测定 GB 5413.34-2010, 2010.03.26
- [9] 李全阳,夏文水.酸乳质量综合评价体系探讨[J].中国乳品工业,2003,31(6):29-32
- [10] 罗安东,周雪松,曾建新,等.酪蛋白水解产物对不同酸奶发酵时间及品质影响[J].现代食品科技,2007,23(9):50-52