

# 赤藓糖醇玫瑰花风味酸奶的研制

陈娟, 何维彬, 吕常旭, 杨洁, 郭宗明\*

(烟台南山学院健康学院, 烟台 265713)

**摘要:** **目的** 优化赤藓糖醇玫瑰花风味酸奶的配方, 丰富酸奶的种类。**方法** 以鲜牛乳为主要原料, 以玫瑰花浸提液为辅料, 采用赤藓糖醇代替白砂糖, 制作出低热量更健康的风味酸奶。以感官评分为指标, 选取玫瑰花浸提液添加量、赤藓糖醇添加量、发酵剂添加量和发酵时间4个因素, 进行单因素实验, 筛选出对酸奶风味影响较大的3个单因素进行三因素三水平响应面分析, 确定其最佳配方。**结果** 通过单因素实验得出对酸奶影响较大的3个因素为玫瑰花浸提液添加量、赤藓糖醇添加量和发酵剂添加量; 通过响应面分析得出酸奶的最佳配方为玫瑰花浸提液添加量10%、赤藓糖醇添加量21%、发酵剂添加量1%, 得到产品的平均感官评分95。**结论** 44℃条件下发酵11h后于4℃冰箱冷藏12h得到的赤藓糖醇玫瑰花风味酸奶质地细腻、酸甜可口、组织状态均匀, 具有玫瑰花的清香, 理化指标与微生物指标均符合国家标准要求。

**关键词:** 玫瑰花浸提液; 赤藓糖醇; 发酵剂; 响应面法; 风味酸奶

## Preparation of erythritol rose flavored yogurt

CHEN Juan, HE Wei-Bin, LV Chang-Xu, YANG Jie, GUO Zong-Ming\*

(College of Health, Yantai Nanshan University, Yantai 265713, China)

**ABSTRACT: Objective** To optimize the formula of erythritol rose yogurt and enrich the varieties of yogurt. **Methods** Fresh milk was used as the main raw material, rose extract was used as the auxiliary material, and erythritol was used to replace sugar, which produced yoghurt with lower calories and were healthier. Sensory evaluation as an indicator, the single factor experiment was carried out based on the addition of rose extract, the addition of erythritol, the addition of starter culture, and the fermentation time. In the end, 3 factors which had a significant effect on the sensory score were used to conduct the response surface analysis of 3 factors and 3 levels for the final formula. **Results** Through the single factor experiment, it was concluded that the 3 factors that had a greater impact on yogurt were the amount of rose extract, the amount of erythritol and the amount of starter added. Through response surface analysis, it was concluded that the optimal formula of yogurt was 10% of rose extract, 21% of erythritol, and 1% of starter, and the average sensory score of the product was 95. **Conclusion** The erythritol rose-flavored yogurt obtained by fermenting at 44℃ for 11 h and refrigerating for 12 h at 4℃ has a fine texture, sweet and sour taste, uniform texture, and has the fragrance of rose, its physical and chemical indexes and microbial indexes all meet the requirements of national standards.

**KEY WORDS:** rose extract; erythritol; starter culture; response surface method; flavored yogurt

基金项目: 烟台南山学院青年基金项目(2021QKJ01)

Fund: Supported by the Youth Foundation of Yantai Nanshan University Project (2021QKJ01)

\*通信作者: 郭宗明, 博士, 副教授, 主要研究方向为功能性食品研发。E-mail: 353517978@qq.com

\*Corresponding author: GUO Zong-Ming, Ph.D, Associate Professor, College of Health, Yantai Nanshan University, No.12, Longkou, Yantai 265713, China. E-mail: 353517978@qq.com

0 引言

酸奶因其口感优良、营养丰富,在乳制品的消费市场中,饱受人们的喜爱。基于当下人们对于健康和美的追求日益强烈,低糖类以及用于美容养颜的酸奶产品层出不穷。孙芝杨<sup>[1]</sup>采用正交实验得到了山药无糖酸奶的最佳配方:南瓜汁 8%、山药汁 8%、木糖醇 6%;池慧芳<sup>[2]</sup>以新鲜的牛奶、黑米和苦荞麦为主要原料,以木糖醇代替蔗糖采用正交实验的方法设计出黑米苦荞麦无糖酸奶的最佳配方为苦荞麦浆 15%、黑米浆 10%、木糖醇 7%;庞盛林等<sup>[3]</sup>以鲜牛乳、南瓜浆为主要原料,采用保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌,进行多菌株混合发酵,探索研究生产了无蔗糖凝固型南瓜酸奶新工艺。

玫瑰中含有丰富的氨基酸、醇类、酯类、有机酸、色素等多种对人体有益的化学成分,具有活血化瘀、美容养颜、抑菌、抗氧化、抗肿瘤、降血压等作用<sup>[4-6]</sup>。赤藓糖醇具有热量低、高耐受量、副作用小、糖尿病人耐受、不致龋齿等特性<sup>[7-9]</sup>。目前市售的风味酸奶很多,但大都采用添加果酱改善酸奶的风味,然而果酱中的含糖量非常高,因此本研究通过响应面法优化玫瑰花风味酸奶的配方,以鲜牛乳为主要原料,玫瑰花浸提液和赤藓糖醇为辅料,拟开发出低糖低热量的风味酸奶,以期低糖风味酸奶的研究提供理论依据和技术参考。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

赤藓糖醇(山东福田药业有限公司);发酵剂(嗜热链球菌、嗜酸乳杆菌、植物乳杆菌、干酪乳杆菌、保加利亚乳杆菌)[丹尼斯克(中国)有限公司];玫瑰花(济南九州玫瑰制品有限公司);牛奶(合肥伊利乳业有限责任公司)。

AUW220D 电子天平(日本岛津国际贸易有限公司);SNJ-B10K1 酸奶机(佛山市小熊厨房电器有限公司);BCD-305WBSJ 冰箱(青岛海尔股份有限公司);HB-958b 均质机(中山市上品电器有限公司)。

1.2 工艺流程及操作要点

1.2.1 玫瑰花浸提液的制取

玫瑰花瓣→挑选→浸提→过滤→装罐→杀菌→冷却→玫瑰浸提液

1.2.2 工艺流程

鲜牛乳+玫瑰浸提液+赤藓糖醇→混合→均质→杀菌→冷却→接种→发酵→冷却→冷藏后熟→成品

1.2.3 操作要点

(1)添加物的混合:将玫瑰花浸提液、赤藓糖醇加入适量鲜牛乳制成混合液,连续搅拌 10 min 使其充分混匀。

(2)均质:控制物料温度 65℃左右、均质压力 22 MPa。

(3)杀菌:将鲜奶、玫瑰浸提液和赤藓糖醇按比例混合好后,装于高压杀菌锅内,升温到 85℃左右,保温 5 min 杀菌后迅速冷却到 40~45℃。

(4)冷却接种:杀菌后的物料迅速冷却至 44℃左右,按照 1%的接种比例加入酸奶发酵剂。

(5)发酵:将接种好的物料混匀,于 44℃的酸奶机中发酵至凝乳形成,酸度达到 70~75℃T(中和 100 g 样品所需 0.1 mol/L 的 NaOH 标准溶液的体积)时,终止发酵。

(6)冷藏后熟:发酵结束后将产品移入 4℃冰箱中冷藏 12 h<sup>[10-12]</sup>。

1.3 单因素实验

1.3.1 玫瑰花浸提液添加量的确定

固定鲜牛奶 100 g,分别加入 8%、9%、10%、11%、12%的玫瑰花浸提液,进行感官品质品评,确定最佳玫瑰花浸提液添加量。

1.3.2 赤藓糖醇添加量的确定

固定鲜牛奶 100 g,分别加入 15%、17%、19%、21%、23%的赤藓糖醇,进行感官品质品评,确定最佳赤藓糖醇添加量。

1.3.3 发酵剂添加量的确定

固定鲜牛奶 100 g,分别加入 0.76%、0.84%、0.92%、1.00%、1.08%的乳酸菌,进行感官品质品评,确定最佳发酵剂添加量。

1.3.4 发酵时间的确定

固定鲜牛奶 100 g,44℃分别发酵 10.0、10.5、11.0、11.5、12.0 h,对酸奶进行感官质量评价,确定最佳发酵时间。

1.3.5 响应面实验

利用 Design-Expert 软件中的 Box-Behnken 实验设计原理,结合单因素实验的结果设计三因素三水平实验,实验设计见表 1。

表 1 Box-Behnken 实验设计因素和水平表  
Table 1 Design factors and level of Box-Behnken test

| 水平 | A 玫瑰花浸提液<br>添加量/% | B 赤藓糖醇<br>添加量/% | C 发酵剂<br>添加量/% |
|----|-------------------|-----------------|----------------|
| -1 | 9                 | 19              | 0.92           |
| 0  | 10                | 21              | 1.00           |
| 1  | 11                | 23              | 1.08           |

1.4 产品评价

1.4.1 感官评定方法

酸奶样品的感官特性主要包括风味、组织状态、色泽、口感等,由食品专业的 20 位同学(10 男 10 女)对不同处理样品进行鉴定和评分,满分为 100 分,去除最高最低分,取平均分,评分标准见表 2<sup>[13-15]</sup>。

表 2 酸奶感官评分标准  
Table 2 Sensory standard for evaluation of yogurt

| 项目   | 评分标准                    | 评分             |
|------|-------------------------|----------------|
| 风味   | 玫瑰花香突出, 有发酵乳的香味, 无不良气味; | 21~25;         |
|      | 有淡淡的玫瑰花香, 发酵香味较淡, 无异味;  | 16~20;<br>1~15 |
| 组织状态 | 无玫瑰花香, 有异味              |                |
|      | 组织细腻, 质地均匀, 黏度适中;       | 21~25;         |
|      | 组织细腻, 质地较为均匀; 黏度过稠或过稀   | 16~20;<br>1~15 |
| 色泽   | 色泽均匀一致, 呈淡粉色, 有光泽;      | 21~25;         |
|      | 色泽均匀一致, 但颜色较浅或较深, 无光泽;  | 16~20;<br>1~15 |
|      | 色泽淡似无色或色泽过深             |                |
| 口感   | 酸甜适中, 口感细腻, 玫瑰花味浓郁;     | 21~25;         |
|      | 酸甜适中, 口感细腻, 玫瑰花味淡;      | 16~20;         |
|      | 口感粗糙, 酸奶品质较低            | 1~15           |

1.4.2 理化和微生物指标的测定

理化和微生物指标参照 GB 19302—2010《食品安全国家标准 发酵乳》进行测定。

1.5 数据处理

单因素实验数据采用 SPSS 17.0 软件进行统计分析, 响应面数据处理采用 Design Expert 8.0 进行统计分析, 每个实验均做 3 个平行。

2 结果与分析

2.1 单因素实验结果与分析

2.1.1 玫瑰花浸提液添加量对酸奶感官品质的影响

随着玫瑰花浸提液添加量的不断添加, 玫瑰花风味酸奶的感官评分处于波动状态, 呈现出先上涨后下降的态势, 其中 10%为添加节点, 在该节点之前, 玫瑰花浸提液添加量增加, 感官评分也随之增加, 超过 10%后感官评分开始降低, 这可能是因为添加的量超过了 10%, 饮料会呈现出玫瑰花浸提液过浓、覆盖了酸奶原有的发酵香气而且会使酸奶略带涩感, 使酸奶的风味变差<sup>[16-18]</sup>。因此, 添加 10%的玫瑰花浸提液是最为合适的。

2.1.2 赤藓糖醇添加量对酸奶品质的影响

赤藓糖醇添加量对玫瑰花风味酸奶的感官评分表现为先上升后下降。其中, 赤藓糖醇感官评分最高时赤藓糖醇的添加量为 21%, 这说明 21%为赤藓糖醇的最佳添加量。赤藓糖醇添加量过少, 酸奶酸味过重; 反之, 赤藓糖醇添加量过高, 则会出现酸奶口感过于甜腻、香味不突出的问题。综上所述, 最终确定赤藓糖醇最佳添加量为 21%。

2.1.3 发酵剂的添加量对酸奶品质的影响

玫瑰花风味酸奶的感官评分随着发酵剂添加量增多呈现出先上升后下降的状态。乳酸菌添加量的添加节点为

1%, 在该节点之前发酵剂添加量增加, 感官评分升高, 在此之后的添加则是过量添加, 导致感官评分开始下降。主要体现在酸奶口感变差、玫瑰花香变淡。因此, 确定最合适的发酵剂添加量为 1%。

2.1.4 发酵时间对酸奶品质的影响

发酵时间对玫瑰花风味酸奶感官评分影响较小。这可能是因为是在发酵时间 10~12 h, 乳酸菌的生长处于稳定期, 产生的乳酸量趋于稳定, 因而对酸奶感官品质影响不大<sup>[19-21]</sup>。

2.2 响应面分析

2.2.1 响应面实验结果

结合上述单因素实验的结果, 并按照 Box-Behnken 中心组合设计原理, 以感官评分为响应值, 选择 A 玫瑰花浸提液添加量、B 赤藓糖醇添加量、C 发酵剂添加量 3 个因素进行响应面优化实验。实验设计方案与结果如表 3。

表 3 Box-Behnken 设计方案与结果  
Table 3 Box-Behnken design scheme and results

| 实验号 | A/% | B/% | C/% | 感官评分 |
|-----|-----|-----|-----|------|
| 1   | 0   | 0   | 0   | 95   |
| 2   | -1  | -1  | 0   | 78   |
| 3   | 0   | 0   | 0   | 96   |
| 4   | 0   | 0   | 0   | 96   |
| 5   | 0   | 0   | 0   | 94   |
| 6   | -1  | 0   | -1  | 78   |
| 7   | 0   | -1  | -1  | 89   |
| 8   | 1   | -1  | 0   | 84   |
| 9   | 1   | 0   | 1   | 83   |
| 10  | -1  | 0   | 1   | 79   |
| 11  | -1  | 1   | 0   | 82   |
| 12  | 0   | 0   | 0   | 93   |
| 13  | 1   | 0   | -1  | 84   |
| 14  | 0   | 1   | -1  | 73   |
| 15  | 0   | 1   | 1   | 89   |
| 16  | 0   | -1  | 1   | 72   |
| 17  | 1   | 1   | 0   | 83   |

2.2.2 模型建立及方差分析

利用 Design-Expert 软件进行多元回归方程拟合, 建立以感官评分对玫瑰花浸提液添加量(A)、赤藓糖醇添加量(B)、发酵剂添加量(C)的二元多项回归方程:  $Y=94.8+2.13A+0.5B-0.38C-1.25AB+0.00AC+8.25BC-6.40A^2-6.65B^2-7.40C^2$ 。对其进行方差分析, 结果见表 4。

由表 4 可知, 模型  $F=88.78$  时,  $P<0.05$ , 说明模型是显著的<sup>[22-24]</sup>。一次项 B 和 C 对感官评分的线性效应不显著, 但一

次项  $A$  对感官评分的影响极显著( $P<0.01$ ); 交互项  $AB$  和  $AC$  影响不显著( $P>0.05$ ), 但  $BC$  影响极显著( $P<0.01$ ); 二次项  $A^2$ 、 $B^2$  和  $C^2$  影响均极显著( $P<0.01$ )。由  $F$  值可知, 3 个因素对玫瑰花风味酸奶的影响顺序为:  $A>B>C$ , 即玫瑰花浸提液添加量>赤藓糖醇添加量>发酵剂添加量。为进一步考察两两因素对玫瑰花风味酸奶的感官评分的影响, 采用 Design-Expert 软件分别做出两两因素的交互作用图, 结果见图 1。

2.2.3 交互作用分析

响应曲面坡度越陡峭、等高线椭圆形或扁平状越明显

表示两因素的交互作用显著, 响应曲面坡度越平缓、等高线越近似圆形表示交互作用越不显著<sup>[25-27]</sup>。由图 1 可知,  $AB$  和  $AC$  的等高线近似圆形, 响应曲面坡度较平缓, 说明  $AB$  和  $AC$  之间交互作用均不明显。 $BC$  的等高线近似扁平状, 响应曲面坡度较陡峭, 说明  $BC$  之间交互作用显著。通过 Design-Expert 软件对二元多项回归方程进行参数优化分析, 可得玫瑰花风味酸奶感官评分最高时的工艺配方, 即玫瑰花浸提液添加量 10.30%、赤藓糖醇添加量 20.87%、发酵剂添加量 0.98%, 平均感官得分为 96.19。

表 4 响应面实验结果方差分析  
Table 4 Variance analysis of response surface experiment results

| 方差来源  | 平方和    | 自由度 | 均方     | $F$ 值  | $P$ 值   | 显著性 |
|-------|--------|-----|--------|--------|---------|-----|
| 模型    | 975.92 | 9   | 108.44 | 88.78  | <0.0001 | *   |
| $A$   | 36.13  | 1   | 36.13  | 5829   | 0.0010  | **  |
| $B$   | 2.00   | 1   | 2.00   | 1.64   | 0.2415  | 不显著 |
| $C$   | 1.13   | 1   | 1.13   | 0.92   | 0.7584  | 不显著 |
| $AB$  | 6.25   | 1   | 6.25   | 5.12   | 0.0582  | 不显著 |
| $AC$  | 0.000  | 1   | 0.000  | 0.000  | 0.3956  | 不显著 |
| $BC$  | 227.25 | 1   | 227.25 | 222.89 | <0.0001 | **  |
| $A^2$ | 172.46 | 1   | 172.46 | 141.20 | <0.0001 | **  |
| $B^2$ | 186.20 | 1   | 186.20 | 152.44 | <0.0001 | **  |
| $C^2$ | 230.57 | 1   | 230.57 | 188.77 | <0.0001 | **  |
| 残差    | 8.55   | 7   | 1.22   |        |         |     |
| 失拟项   | 1.75   | 3   | 0.58   | 0.34   | 0.7969  | 不显著 |
| 纯误差   | 6.80   | 4   | 1.70   |        |         |     |
| 总和    | 984.47 | 16  |        |        |         |     |

$R^2=0.9913$   $R^2_{Adj}=0.9801$

注:  $P<0.01$ , 为极显著, 用\*\*表示;  $P<0.05$ , 为显著, 用\*表示;  $P>0.05$ , 为不显著。

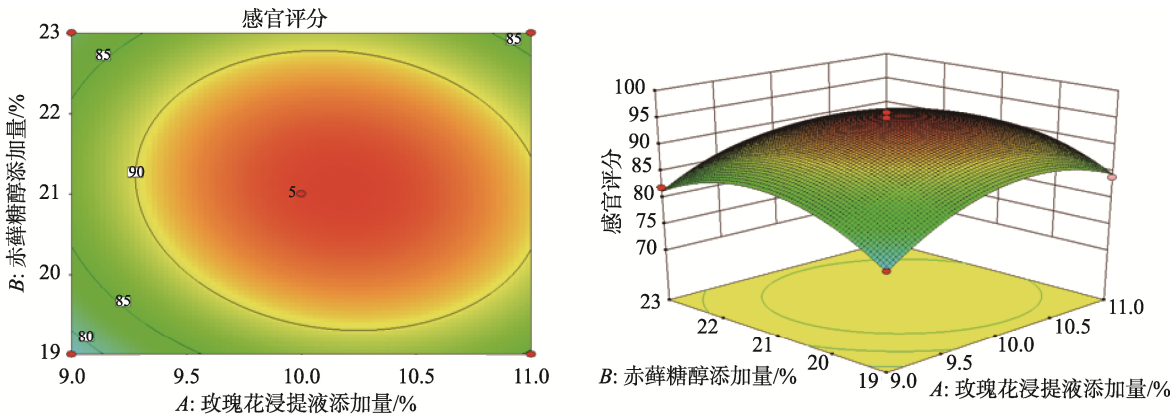


图 1 各因素交互作用对酸奶感官评分影响的响应面图和等高线图

Fig.1 Response surface plot and contour plot of the organoleptic scores of yogurt under the interaction of different treatment factors

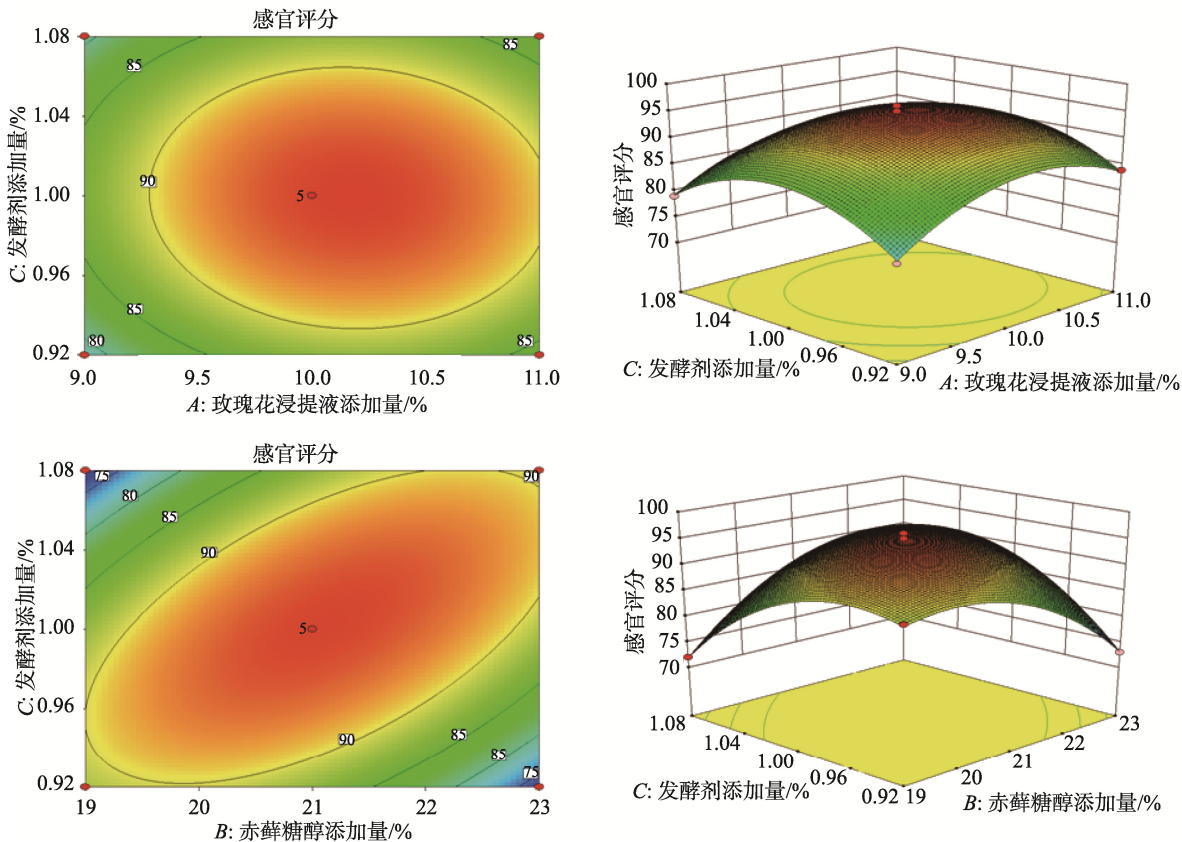


图 1(续) 各因素交互作用对酸奶感官评分影响的响应面图和等高线图

Fig.1 Response surface plot and contour plot of the organoleptic scores of yogurt under the interaction of different treatment factors

2.2.4 验证实验

为了检验 Design-Expert 软件预测的回归模型的可靠性, 并且考虑到实际生产操作的便利性, 可以将模型预测的最佳生产工艺条件修改为: 玫瑰花浸提液添加量 10%、赤藓糖醇添加量 21%、发酵剂添加量 1%<sup>[28-30]</sup>。选择修改后的工艺条件进行 3 次平行重复实验, 得到产品的平均感官评分 95, 此结果与预测值相差 1.25%, 与预测值基本一致, 说明该模型拟合度较好, 可以用于预测酸奶的感官评分和整体感官特性的优劣评估, 具有一定的实践指导意义。

2.3 产品指标

2.3.1 感官指标

通过该工艺制作的玫瑰花风味酸奶组织细腻、质地均匀、黏度适中; 色泽均匀一致、呈淡粉色、有光泽; 酸甜适中、口感细腻、玫瑰花味浓郁。

2.3.2 理化指标

在最佳工艺条件下进行玫瑰花风味酸奶的制作, 测得的蛋白质含量为(2.9±0.18)%, 脂肪含量为(3.1±0.27)%, 酸度为(81.6±0.38) °T(中和 100 g 样品所需 0.1 mol/L 的 NaOH 标准溶液的体积), 可溶性固形物含量 13%, 均符合

GB 19302—2010 要求。

2.3.3 微生物指标

乳酸菌数大于等于 10<sup>7</sup> CFU/mL; 大肠菌群小于等于 3 CFU/mL; 致病菌: 未检出; 均符合 GB 19302—2010 要求。

3 结 论

本研究以鲜牛乳为原料, 以玫瑰花浸提液和赤藓糖醇为辅料, 对玫瑰花浸提液的最优配方及理化指标、微生物指标进行了研究。通过单因素实验、响应面实验及验证实验得出赤藓糖醇玫瑰花风味酸奶最佳制作工艺为: 玫瑰花浸提液添加量 10%、赤藓糖醇添加量 21%、发酵剂添加量 1%。发酵时间 11 h。然后对玫瑰花风味酸奶进行理化和微生物的测定, 可得玫瑰花风味酸奶的蛋白质含量、脂肪含量、酸度、可溶性固形物含量、乳酸菌数、大肠菌群数均符合国家标准。制得的酸奶质地细腻、酸甜可口、组织状态均匀, 具有玫瑰花的清香。与传统普通酸奶相比, 此产品成本略高, 但含糖量少, 具有玫瑰花清香, 更加符合现代人对饮食与健康的追求, 弥补了市场上低糖风味酸奶的空缺, 具有广阔的市场前景。

## 参考文献

- [1] 孙芝杨. 南瓜、山药复合型无糖酸奶的研究[J]. 食品工业, 2013, 34(1): 92–95.  
SUN ZY. The research of sugarless yoghurt of pumpkin and yam [J]. Food Ind, 2013, 34(1): 92–95.
- [2] 池慧芳. 黑米苦荞麦无糖酸奶的研究[J]. 食品工业, 2015, 36(11): 122–124.  
CHI HF. The research of sugarless yogurt of black rice and tartary buckwheat [J]. Food Ind, 2015, 36(11): 122–124.
- [3] 庞盛林, 景利. 南瓜无蔗糖酸奶生产工艺研究[J]. 山西农业科学, 2014, 42(8): 913–916.  
PANG SL, JING L. Production technology for sucrose-free pumpkin yoghurt [J]. Shanxi Agric Sci, 2014, 42(8): 913–916.
- [4] 何菁, 吴荣书. 玫瑰花洛神花复合浓缩饮料的研究及其成分测定[J]. 食品工业, 2019, 40(4): 1–4.  
HE J, WU RS. Study on the compound beverage of rose roselle and its composition determination [J]. Food Ind, 2019, 40(4): 1–4.
- [5] 俞秀红. 玫瑰花的保健功能及其应用研究进展[J]. 福建农业科技, 2016, (4): 46–48.  
YU XH. Research progress in health-caring function and its application of rose [J]. Fujian Agric Sci Technol, 2016, (4): 46–48.
- [6] 赵禹棋, 陈忠旭, 高超. 红枣玫瑰花功能饮料的研制[J]. 农产品加工, 2019, (9): 15–18.  
ZHAO YQ, CHEN ZX, GAO C. Research on function beverage with red dates and roses [J]. Farm Prod Proc, 2019, (9): 15–18.
- [7] 夏国灯. 玫瑰花酵素工艺、抗氧化性及抑菌性研究[D]. 绵阳: 西南科技大学, 2021.  
XIA GD. Research on technology, antioxidation and bacteriostasis of rose enzyme [D]. Mianyang: Southwest University of Science and Technology, 2021.
- [8] 陈文, 刘璇, 杨春晓, 等. 赤藓糖醇生产及在食品工业上应用的研究进展[J]. 食品工业, 2018, 39(2): 266–269.  
CHEN W, LIU X, YANG CX, *et al.* The research progress of erythritol production and its application in the food industry [J]. Food Ind, 2018, 39(2): 266–269.
- [9] 李俊霖, 郭传庄, 王松江, 等. 赤藓糖醇的特性及其应用研究进展[J]. 中国食品添加剂, 2019, 30(10): 169–172.  
LI JL, GUO CZ, WANG SJ, *et al.* Research progress in physicochemical properties, biological activities and application of erythritol [J]. China Food Addit, 2019, 30(10): 169–172.
- [10] 孙波, 梁海文, 迟玉杰, 等. 新型玫瑰酸奶加工工艺研究[J]. 中国乳品工业, 2008, (5): 27–29, 32.  
SUN B, LIANG HW, CHI YJ, *et al.* Research on processing technology of rose petal yogurt [J]. China Dairy Ind, 2008, (5): 27–29, 32.
- [11] 耿丽晶, 周围, 张丽艳. 蓝莓玫瑰汁保健酸奶的研制[J]. 食品工业, 2013, 34(2): 4–6.  
GENG LJ, ZHOU W, ZHANG LY. Study on the processing conditions of rose blueberry juice yogurt [J]. Food Ind, 2013, 34(2): 4–6.
- [12] 吴苗, 肖健, 方莹, 等. 玫瑰酸奶生产工艺研究[J]. 轻工标准与质量, 2021, (1): 97–99.  
WU M, XIAO J, FANG Y, *et al.* Research on the production technology of rose yogurt [J]. Stand Qual Light Ind, 2021, (1): 97–99.
- [13] IKRAM A, QASIM R, SAEED F, *et al.* Effect of adding *Aloe vera* jell on the quality and sensory properties of yogurt [J]. Food Sci Nutr, 2020, 9(1): 480–488.
- [14] LEE H, SONG M, KIM K, *et al.* Antioxidant effect and sensory evaluation of yogurt supplemented with hydroponic ginseng root extract [J]. Foods, 2021, 10(3): 639.
- [15] 蒋变玲, 许雪华, 陈琼, 等. 响应面法优化黑果枸杞酸奶工艺研究[J]. 佳木斯大学学报(自然科学版), 2021, 39(3): 107–111.  
JIANG BL, XU XH, CHEN Q, *et al.* Preparation of *Lycium ruthenicum* murray yogurt by response surface analysis [J]. J Jiamusi Univ (Nat Sci Ed), 2021, 39(3): 107–111.
- [16] GUO L, ZHANG X. The study on processing technology of ginger flavor yoghurt cake [Z]. 2019.
- [17] RAIKOS V, GRANT SB, HATES H, *et al.* Use of  $\beta$ -glucan from spent brewer's yeast as a thickener in skimmed yogurt: Physicochemical, textural, and structural properties related to sensory perception [J]. J Dairy Sci, 2018, 101(7): 5821–5831.
- [18] OLIVEIRA A, ANDRADE AC, BASTOS SC, *et al.* Use of strawberry and vanilla natural flavors for sugar reduction: A dynamic sensory study with yogurt [J]. Food Res Inter, 2020, 139: 109972.
- [19] MIELE NA, CABISIDAN EK, BLAIOTTA G, *et al.* Rheological and sensory performance of a protein-based sweetener (MNEI), sucrose, and aspartame in yogurt [J]. J Dairy Sci, 2017, 100(12): 9539–9550.
- [20] PEREIRA C, PEREIRA D M, MEDEIROS A, *et al.* Skyr yogurt with mango pulp, fructooligosaccharide and natural sweeteners: Physical aspects and drivers of liking [J]. LWT-Food Sci Technol, 2021, 150(3): 112054.
- [21] WAN Z, KHUBBER S, DWIVEDI M, *et al.* Strategies for lowering the added sugar in yogurts [J]. Food Chem, 2020, 344: 128573.
- [22] 刘哲, 叶英, 李珊, 等. 基于响应面设计的藜麦酒糟饼干配方优化[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(17): 129–136.  
LIU Z, YE Y, LI S, *et al.* Response surface design optimization of biscuit formula using quinoa distiller's grains [J]. Food Res Dev, 2021, 42(17): 129–136.
- [23] 赖钰涛, 傅银凤, 陈倩, 等. 百香果全果面包配方优化及品质分析[J]. 粮食加工, 2021, 46(4): 35–39.  
LAI YT, FU YF, CHEN Q, *et al.* Quality analysis and formula optimization of bread with whole passion fruit [J]. Grain Process, 2021, 46(4): 35–39.
- [24] 刘绪, 方艺, 张华玲, 等. 响应面法优化大樱桃酸奶的配方[J]. 安徽农业大学学报, 2021, 48(1): 166–172.  
LIU X, FANG Y, ZHANG HL, *et al.* Optimization of the formula of big cherry yoghurt by response surface method [J]. J Anhui Agric Univ, 2021, 48(1): 166–172.
- [25] RANA MR, BABOR M, SABUZ AA. Traceability of sweeteners in soy yogurt using linear discriminant analysis of physicochemical and sensory parameters [J]. J Agric Food Res, 2021, 5(1): 100155.
- [26] MARYAM, EIN, ALI, *et al.* Use of glucose oxidase immobilized on magnetic chitosan nanoparticles in probiotic drinking yogurt [J]. Food Sci

- Animal Res, 2019, 39(1): 73–83.
- [27] LI S, YE A, SINGH H. Effects of seasonal variations on the quality of set yogurt, stirred yogurt, and greek-style yogurt [J]. J Dairy Sci, 2021, 104(2): 1424–1432.
- [28] 罗倩, 田计均, 唐媛, 等. 山葵酸奶工艺及挥发性风味物质研究[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(7): 149–158.
- LUO Q, TIAN JJ, TANG Y, *et al.* Analysis and research on the technology and volatile flavor of horseradish yoghurt [J]. Food Res Dev, 2020, 41(7): 149–158.
- [29] 周鲜娇, 杨勇捷, 黄施华, 等. 响应面法优化百香果酸奶的发酵工艺[J]. 中国乳品工业, 2018, 46(11): 45–49.
- ZHOU XJ, YANG YJ, HUANG SH, *et al.* Response surface methodology to optimize the fermentation process of passion fruit yogurt [J]. China Dairy Ind, 2018, 46(11): 45–49.
- [30] SAEED M, ALI S W, RAMZAN S. Physicochemical analysis of mango flavored yogurt supplemented with moringa oleifera leaf powder [J]. J

Food Sci Technol, 2021. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05146-w>

(责任编辑: 韩晓红 于梦娇)

## 作者简介



陈娟, 硕士, 讲师, 主要研究方向为农产品加工。

E-mail: chenjuan8796@126.com



郭宗明, 博士, 副教授, 主要研究方向为功能性食品研发。

E-mail: 353517978@qq.com