

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20240828004

响应面法优化桂花酒酿酸奶制备工艺

徐广新^{1,2}, 杨仁琴^{1,2}, 周 炜^{1,2}, 张海霞^{1,2}, 华 惠^{1,2}, 印伯星^{1,2*}, 王来娣^{1,2}

(1. 江苏省乳业生物工程技术研究中心, 扬州 225004; 2. 扬州市扬大康源乳业有限公司, 扬州 225004)

摘 要: **目的** 以蔗糖添加量、桂花酒酿添加量和稳定剂添加量为影响因子, 优化桂花酒酿酸奶的制备工艺。**方法** 以感官评分为评价指标, 采用单因素实验研究蔗糖含量、桂花酒酿添加量及稳定剂添加量对酸奶感官品质的影响, 并通过响应面法优化桂花酒酿酸奶制备工艺。**结果** 桂花酒酿酸奶最优制备工艺为蔗糖添加量 8.82%, 桂花酒酿添加量 25.97%, 稳定剂添加量 1.69%, 感官评分为 95.79±1.56。**结论** 本研究优化了桂花酒酿酸奶的制备工艺, 可为丰富风味发酵乳品类提供参考。

关键词: 桂花酒酿; 酸奶; 响应面法

Optimization of preparation process of osmanthus yoghurt with fermented glutinous rice by response surface methodology

XU Guang-Xin^{1,2}, YANG Ren-Qin^{1,2}, ZHOU Wei^{1,2}, ZHANG Hai-Xia^{1,2}, HUA Hui^{1,2},
YIN Bo-Xing^{1,2*}, WANG Lai-Di^{1,2}

(1. Jiangsu Dairy Biotechnology Research Center, Yangzhou 225004, China;
2. Yangzhou Yangda Kangyuan Dairy Co., Ltd., Yangzhou 225004, China)

ABSTRACT: Objective To optimize the preparation process of osmanthus yoghurt with fermented glutinous rice by taking the amount of sucrose added, osmanthus glutinous rice-fermented added, and stabilizer added as influencing factors. **Methods** Using sensory evaluation as the evaluation index, a single factor experiment was conducted to study the effects of sucrose content, osmanthus glutinous rice-fermented amount, and stabilizer addition amount on the sensory quality of yoghurt. Response surface methodology was used to optimize the preparation process of osmanthus yoghurt with fermented glutinous rice. **Results** The optimal preparation process for osmanthus yoghurt with fermented glutinous rice was as follows: Sucrose addition rate of 8.82%, osmanthus glutinous rice-fermented addition rate of 25.97%, stabilizer addition rate of 1.69%, and the sensory score was 95.79±1.56. **Conclusion** This study optimizes the preparation process of osmanthus yoghurt with fermented glutinous rice, which can provide reference for enriching flavor fermented dairy products.

KEY WORDS: osmanthus glutinous rice-fermented; yogurt; response surface methodology

基金项目: 江苏省现代农业(奶牛)产业技术体系建设专项[JATS(2023)243]、扬州市科技计划项目(YZ2023157)、扬州市现代奶业科学与技术重点实验室项目(YZ2022161)

Fund: Supported by the Special Fund for the Construction of Modern Agricultural (Dairy) Industry Technology System in Jiangsu Province [JATS(2023)243], the Science and Technology Program of Yangzhou (YZ2023157), and the Project of Yangzhou Modern Dairy Science and Technology Key Laboratory (YZ2022161)

***通信作者:** 印伯星, 正高级工程师, 主要研究方向为乳品科学。E-mail: bxyin@yzu.edu.cn

***Corresponding author:** YIN Bo-Xing, Professor, Jiangsu Dairy Biotechnology Research Center, Yangzhou 225004, China. E-mail: bxyin@yzu.edu.cn

0 引言

由于目前市场上酸奶种类繁多,产品本身的感官品质和功能特征是广大消费者选购的理由之一。酸度是酸奶的重要的品质指标之一,酸度过低或过高均会影响其感官特性,而利用蔗糖不仅可以减弱酸味,还赋予酸奶独特的风味特征^[1-3]。稳定剂通过束缚酸奶体系中游离水分,降低乳清析出率,对于改善酸奶口感黏度及流变学特性具有重要作用^[4-5]。稳定剂中的亲水胶体成分还能促进益生菌的增殖,提高其在肠道中的存活率^[6]。本研究拟采用的 ST338-1 稳定剂由羧甲基纤维素钠和黄原胶组成,其独特胶体成分有助于提升酸奶的感官评分^[7-8]。另外,原料固形物含量、均质压力、消毒温度以及发酵剂种类均会对凝固型酸奶质构和稳定性有影响^[9]。酒酿是中国汉族的独特食品之一,具有香甜醇厚的口感,能激发消化腺体的分泌,增强食欲,促进消化。糯米作为主要成分,在经过炖煮和酶解过程后,不仅含有丰富的还原糖、淀粉、蛋白质等物质,还具有较强的 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH)自由基清除率和铁离子还原能力^[10-13]。因此,研究人员逐步探索酒酿在食品领域中的应用,比如开发甜酒酿复合发酵乳饮料^[14]、西柚酒酿铁观音茶饮料^[15]、酒酿馒头^[16]等多种产品。桂花中含有的可溶性蛋白、氨基酸、黄酮等物质,具有健胃、化痰、散寒等保健功能,是一种药食两用的原料^[17-18]。本研究拟以蔗糖添加量、桂花酒酿添加量和稳定剂添加量为影响因子,优化桂花酒酿酸奶的制备工艺,不仅满足了消费者对新型口味的需求,也将桂花酒酿的功能特性与酸奶风味有机结合,促进桂花酒酿产品市场的拓展。

1 材料与方法

1.1 材料、试剂与设备

1.1.1 材料与试剂

生牛乳:扬大康源乳业牧场;桂花酒酿:江苏正心食品有限公司。

发酵剂 Y450BB (5 UC/袋)、稳定剂 ST338-1 (50 kg/袋)(上海昊岳食品科技有限公司);蔗糖(1 kg/袋,南京甘汁园糖业有限公司);3,5-二硝基水杨酸(3,5-dinitrosalicylic acid, DNS) (500 mL/瓶,上海源叶生物科技有限公司);氢氧化钠、溴甲酚紫、无水乙醇、葡萄糖、琼脂粉(分析纯,国药集团化学试剂有限公司)。

1.1.2 仪器设备

GZX-9070ME 数显鼓风干燥箱(上海博迅实业有限公司);DELTA320 数显 pH 计[梅特勒托利多国际贸易(上海)有限公司];HH-4 恒温水浴锅(常州普达仪器有限公司);SRH60-70 高压均质机(上海申鹿均质机有限公司);

JA21002 天平(精度 0.01 g,上海精密科学仪器有限公司)。

1.2 实验方法

1.2.1 工艺流程

生牛乳、蔗糖、稳定剂→调配→均质(19 MPa)→杀菌(95 ℃、5 min)→冷却→添加桂花酒酿→接种→灌装→发酵(30 ℃, 17 h)→冷藏→成品。

1.2.2 感官评价

选择 10 名专业人员,按照 GB 19302—2010《食品安全国家标准 发酵乳》中规定的感官评价标准,对实验所得产品进行风味气味、口感、黏稠度和整体接受度 4 个方面进行感官评定,具体感官评分标准如表 1 所示。

表 1 桂花酒酿酸奶的感官评分标准
Table 1 Sensory evaluation criteria for osmanthus yoghurt with fermented glutinous rice

评价指标	感官评分标准	分数/分
风味气味 (25 分)	有浓郁的桂花酒酿风味, 酸奶味纯正, 气味均匀	15~25
	有一定的桂花酒酿风味, 酸奶味一般, 气味较均匀	8~14
	无桂花酒酿香味, 酸奶味不明显, 气味不均匀	0~7
口感 (25 分)	口感爽滑, 酸甜适中	15~25
	口感较爽滑, 偏酸或偏甜	8~14
	口感粗糙, 酸甜比失调	0~7
黏稠度 (25 分)	适中	15~25
	过高	8~14
	过低	0~7
整体接受度 (25 分)	可接受度高	15~25
	可接受度较高	8~14
	可接受度一般	0~7

注:感官评分最终得分时按照四舍五入取整数计算。

1.2.3 乳酸菌总数测定

按照 GB 4789.35—2010《食品安全国家标准 食品微生物学检验 乳酸菌检验》中规定的乳酸菌总数检验方法进行测定。

1.2.4 滴定酸度测定

按照 GB 5009.239—2016《食品安全国家标准 食品酸度的测定》中规定的氢氧化钠滴定法测定。

1.2.5 酒精度的测定

取 50 g 桂花酒酿酸奶样品于 500 mL 蒸馏瓶中,加蒸馏水 100 mL 进行蒸馏,待蒸馏液体积为 100 mL 停止蒸馏。参考 XU 等^[19]的方法,取蒸馏液测定酒精度的含量。

1.2.6 还原糖含量的测定

对桂花酒酿酸奶用蒸馏水稀释 10 倍得到待测液,将 1 mL 样品待测液与 2 mL DNS 试剂混合并充分摇匀,于 80 ℃水浴锅中反应 5 min。取出后冷却至室温,用蒸馏水

定容至 20 mL。参考苏佳佳^[20]的方法, 取定容后样品测定还原糖的含量。

1.2.7 响应面实验设计

根据单因素实验结果, 以蔗糖添加量、桂花酒酿添加量、稳定剂添加量为自变量, 以感官评分值为因变量, 利用 Design-Expert 13 软件 Box-Behnken 设计法设计 3 因素 3 水平响应面分析实验, 通过分析和建立数学模型确定桂花酒酿酸奶的最佳配方, 实验设计见表 2^[21]。

表 2 响应面设计因素及水平			
Table 2 Response surface design factors and levels			
因素	水平		
	-1	0	1
A(蔗糖添加量)/%	7	8	9
B(桂花酒酿添加量)/%	20	25	30
C(稳定剂添加量)/%	1.2	1.5	1.8

注: 蔗糖添加量、桂花酒酿添加量和稳定剂添加量均按照质量比添加, 以%表示。

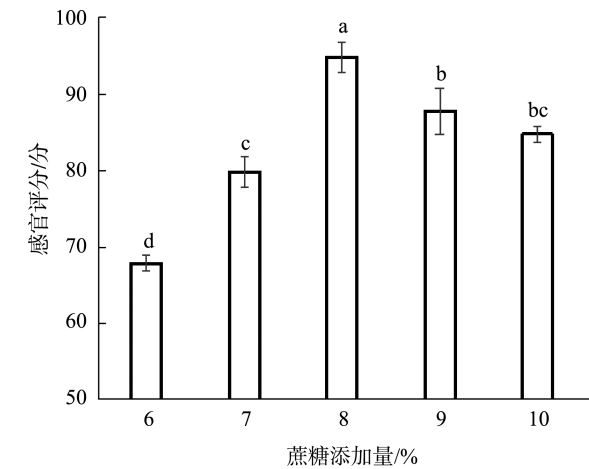
1.3 数据分析

每组数据 3 个平行, 采用平均值±标准偏差表示。数据采用 SPSS 19.0 进行最小显著差异法(least significant difference, LSD)及 Duncan 显著差异性分析($P<0.05$); 采用 Excel 2016 绘图。

2 结果与分析

2.1 蔗糖添加量对桂花酒酿酸奶感官评分的影响

固定桂花酒酿添加量 25%和稳定剂添加量为 1.5%, 蔗糖添加量为分别为 6%、7%、8%、9%、10%, 经 30 °C 发酵 17 h 后进行感官评分, 结果见图 1。



注: 不同字母表示具有显著性差异($P<0.05$), 图 2、3 同。
图 1 蔗糖添加量对桂花酒酿酸奶感官评分的影响
Fig.1 Effects of sucrose addition on sensory score of osmanthus yoghurt with fermented glutinous rice

如图 1 所示, 桂花酒酿酸奶的感官评分在蔗糖含量上升初期呈现增长趋势, 但随后呈现下滑状态。当蔗糖添加量达到 8%时, 感官评分达到峰值, 高达 95 分。在低糖条件下, 甜味相对较淡, 而酒酿和桂花的气息更为浓郁; 随着蔗糖的增加, 其抗菌作用抑制了乳酸菌的发酵, 酒酿和桂花的风味同样变得更为显著, 对产品的感官评分产生不利影响。这与聂志强等^[22]、程浩等^[23]、关正萍等^[24]在优化酸奶发酵时的结果相一致。因此, 蔗糖的添加量选择 8%。

2.2 桂花酒酿添加量对桂花酒酿酸奶感官评分的影响

固定蔗糖添加量 8%和稳定剂添加量为 1.5%, 桂花酒酿添加量分别为 15%、20%、25%、30%、35%, 经 30 °C 发酵 17 h 后进行感官评分, 结果见图 2。

由图 2 可知, 随着桂花酒酿添加量的增加, 感官评分先增加后降低, 桂花酒酿添加量为 25%时感官评分最高。此时, 产品风味纯正、口感爽滑、黏稠度适中, 接受度较高。酒酿中蕴含丰富的有机酸、醇类和酯类等成分能显著提升酸奶成品的口感特征^[25]。杨波等^[26]发现, 当酸奶和酒酿以等量混合时, 可以获得最佳的风味体验, 此时酸奶酸奶甜口感适中、质地稳定, 并保留轻微的颗粒感。本研究发现在桂花酒酿的添加量为 25%以上时, 会带来明显的沙粒口感, 酒酿的味道会遮蔽酸奶的乳香, 进而影响感官评价, 且后期酸奶的酸度低于 70 °T, 不利于保证产品质量。这或许是因为本研究是凝固型发酵乳, 酒酿全程参与其中, 影响了乳酸菌的发酵作用。桂花酒酿不仅让酸奶拥有独特的风味特征, 还为其补充了氨基酸、钾、锌等多种营养成分^[27]。因此, 桂花酒酿的添加量选择 25%。

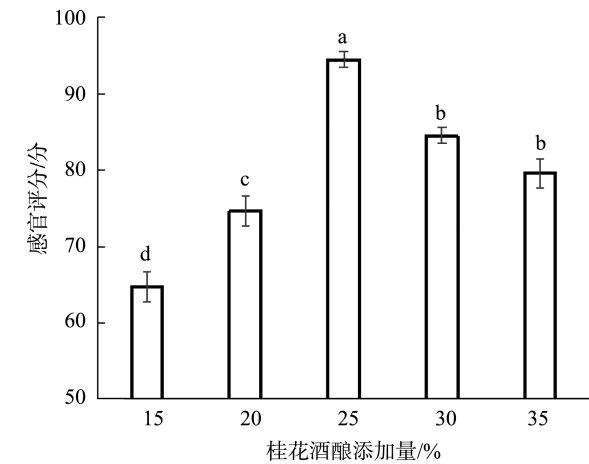


图 2 桂花酒酿添加量对桂花酒酿酸奶感官评分的影响
Fig.2 Effects of osmanthus glutinous rice-fermented addition on sensory score of osmanthus yoghurt with fermented glutinous rice

2.3 稳定剂添加量对桂花酒酿酸奶感官评分的影响

固定蔗糖添加量 8%和桂花酒酿添加量为 25%, 稳定剂添加量为分别为 0.9%、1.2%、1.5%、1.8%、2.1%, 经

30℃发酵 17 h 后进行感官评分, 结果见图 3。

由图 3 可知, 随着稳定剂添加量的增加, 感官评分先增加后降低, 稳定剂添加量为 1.5% 时感官评分最高。稳定剂能显著提升凝固型酸奶的持水能力、降低乳清分离、增强凝胶硬度以及优化感官特征^[28]。添加稳定剂不仅能促进桂花酒酿在酸奶体系中的分布, 而且有助于提升酸奶凝块的稳定性。这与孙静^[29]和武有丽等^[30]在研究稳定剂对酸奶品质的影响时研究结果类似。当稳定剂的添加量较少时, 桂花酒酿易在发酵乳的底层沉淀; 而随着添加量的增加, 桂花酒酿明显上浮, 这会导致产品口感下降, 从而使得感官评分降低。因此, 稳定剂的添加量选择 1.5%。

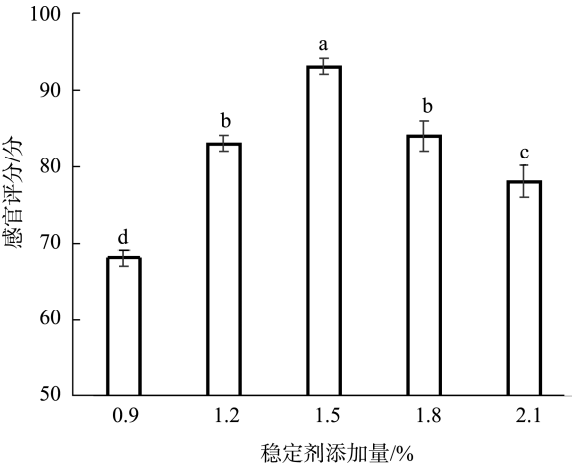


图 3 稳定剂添加量对桂花酒酿酸奶感官评分的影响
Fig.3 Effects of stabilizer addition on sensory score of osmanthus yoghurt with fermented glutinous rice

2.4 响应面优化实验结果

Box-Behnken 设计方案及桂花酒酿酸奶的感官评分结构如表 3 所示, 共 17 个实验点, 其中 12 个为析因点, 5 个

为零点, 析因点为自变量取值在 X1、X2、X3 所构成的三维顶点, 零点为区域的中心点, 其中零点实验重复 5 次, 用以估算实验误差。

表 3 Box-behnken 实验及结果
Table 3 Test and results of Box-Behnken

实验号	A(蔗糖添加量)/%	B(桂花酒酿添加量)/%	C(稳定剂添加量)/%	感官评分/分
1	-1	0	-1	81
2	0	1	1	93
3	-1	0	1	85
4	0	0	0	97
5	1	0	-1	83
6	-1	-1	0	91
7	1	-1	0	93
8	-1	1	0	86
9	0	1	-1	80
10	0	-1	1	85
11	1	0	1	88
12	0	0	0	97
13	0	0	0	98
14	1	1	0	91
15	0	0	0	98
16	0	-1	-1	83
17	0	0	0	98

2.5 方差分析

利用软件对表 3 的数据进行方差分析后可得到模型的二次多项回归方程: $Y=97.60+0.88A-2.00B+1.38C-0.50AB+0.25AC-0.50BC-4.17A^2-4.92B^2-9.17C^2$ 。回归模型方差分析见表 4。

表 4 回归模型方差分析
Table 4 Analysis of variance in regression model

项目	平方和	自由度	均方	F	P	显著性
模型	637.55	9	70.84	18.75	0.0004	**
A	6.13	1	6.13	1.62	0.2436	
B	32.00	1	32.00	8.47	0.0227	*
C	15.12	1	15.12	4.00	0.0855	
AB	1.00	1	1.00	0.26	0.6228	
AC	0.25	1	0.25	0.07	0.8044	
BC	1.00	1	1.00	0.26	0.6228	
A ²	73.39	1	73.39	19.42	0.0031	**
B ²	102.13	1	102.13	27.03	0.0013	**
C ²	354.44	1	354.44	93.80	<0.0001	**
残差	26.45	7	3.78			
失拟项	25.25	3	8.42	28.06	0.1238	
纯误差	1.20	4	0.30			
总和	664.00	16				

注: **表示差异极显著(P<0.01); *表示差异显著(P<0.05)。

由表 4 可知, 本研究选择的模型差异极显著($P<0.01$), 失拟项不显著($P=0.1238>0.05$), 说明模型适合本研究。3 个因素对桂花酒酿酸奶感官评分影响大小顺序为 $B>C>A$, 即桂花酒酿添加量对桂花酒酿酸奶感官评分的影响最大。该模型的校正决定系数为 $R^2=0.9902$, $R^2_{Adj}=0.9990$, 表明感官评分的实测值与预测值之间具有较高的拟合度, 同时该模型能够很好地对桂花酒酿酸奶的感官评分进行分析和预测。

2.6 多因素交互作用的响应面分析

根据回归方程得到响应面的 3D 图形, 通过分析图形得出桂花酒酿酸奶的最佳工艺。如图 4~6 所示, 随着各交互因素添加量的增加, 产品的感官评分值均呈现先增大后减小的趋势。经分析可得, 制备桂花酒酿酸奶的最佳工艺

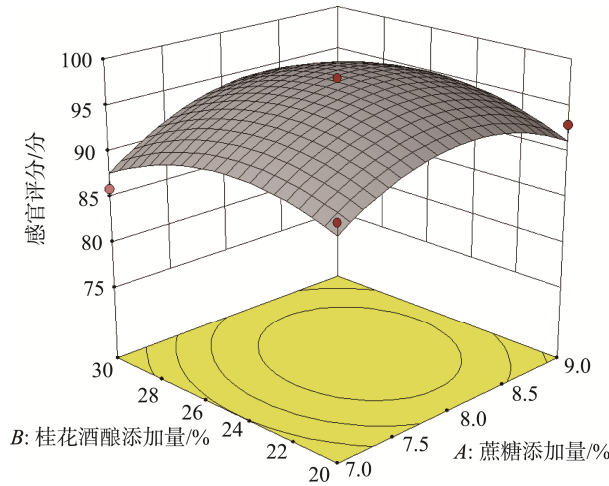


图 4 蔗糖添加量与桂花酒酿添加量的交互作用
Fig.4 Interaction between the amount of sucrose added and the amount of osmanthus glutinous rice-fermented added

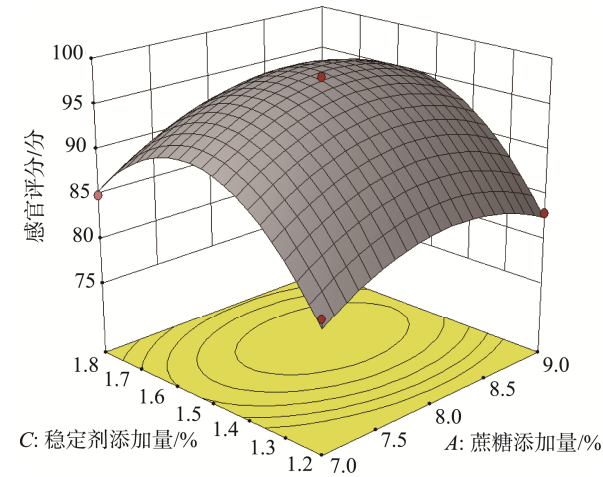


图 5 蔗糖添加量与稳定剂添加量的交互作用
Fig.5 Interaction between the amount of sucrose added and the amount of stabilizer added

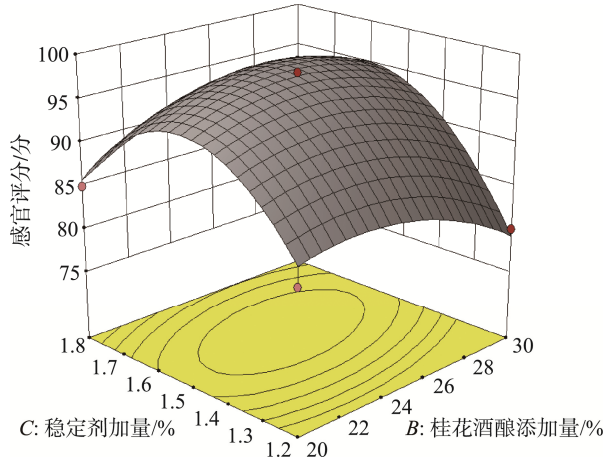


图 6 桂花酒酿添加量与稳定剂添加量的交互作用
Fig.6 Interaction between the amount of osmanthus glutinous rice-fermented added and the amount of stabilizer added

参数为: 蔗糖添加量为 8.82%、桂花酒酿添加量为 25.97%、稳定剂添加量为 1.69%, 桂花酒酿酸奶的感官评价计算值为 95.04。在此条件下, 进行了 3 次验证实验, 得到桂花酒酿酸奶的感官评分为 95.79 ± 1.56 , 与预测值接近。

2.7 实验产品品质分析

实验产品的各项检测结果分别详细列示于表 5 和表 6。由表 5 可知, 产品的酸度、脂肪和蛋白质含量均符合国家标准规定的理化值; 乳酸菌的数量超越国家标准规定限值, 致病菌未检出。由表 6 可知, 桂花酒酿酸奶的酒精度低于 0.5%vol, 不属于醇类产品。

表 5 理化指标及微生物指标
Table 5 Physical and chemical indicators and microbial indicators

项目	酸度 /°T	脂肪 含量/%	蛋白质 含量/%	乳酸菌数 /(CFU/mL)	致病菌
桂花酒酿酸奶	72	3.7	3.4	2.7×10^9	未检出
GB 19302—2010	≥ 70	≥ 2.5	≥ 2.3	$\geq 1.0\times10^6$	未检出

表 6 其他指标
Table 6 Other indicators

项目	还原糖含量/(g/100 g)	酒精度/(%vol)
桂花酒酿酸奶	5	0.15

3 结 论

以单因素实验为基础, 利用 Box-Behnken 软件进行中心组合设计, 对蔗糖添加量、桂花酒酿添加量、稳定剂添加量 3 个因素进行响应面分析, 得出最佳的发酵工艺条件为: 蔗糖添加量为 8.82%、桂花酒酿添加量为 25.97%、稳定剂添加量为 1.69%。在此基础上进行验证实验, 得出的

质地风味最佳的桂花酒酿酸奶, 3 次感官平均评分为 95.79±1.56, 与响应实验预测结果接近。因此, 利用响应面法对桂花酒酿酸奶的工艺进行优化, 可以获得最佳工艺参数, 可有效减少实验操作的盲目性。但本研究仅以蔗糖添加量、桂花酒酿添加量和稳定剂添加量为因子进行分析, 未对发酵温度、发酵剂选择、均质条件进行分析探讨, 后期应进一步对影响酸奶品质的因素进行系统分析后进行工艺优化, 提高实验条件在产业化应用的意义。

参考文献

- [1] 杨昭, 姚玉静, 梁志理, 等. 木糖醇和蔗糖对酸乳品质的影响及风味成分分析[J]. 食品科技, 2019, 44(4): 71–75.
YANG Z, YAO YJ, LIANG ZL, *et al.* Effects of xylitol and sucrose on yoghurt quality and flavor components analysis [J]. Food Sci Technol, 2019, 44(4): 71–75.
- [2] 沈雍徽, 陈娜, 邢宇, 等. 不同糖醇对凝固型酸奶品质的影响[J]. 中国乳业, 2023(12): 86–91.
SHEN YH, CHEN N, XING Y, *et al.* The effect of different sugar alcohols on the quality of solidified yogurt [J]. China Dairy, 2023(12): 86–91.
- [3] 祝玉婷, 胡志和, 霍辰辰, 等. 添加复配糖对凝固型酸奶品质的影响[J]. 食品工业科技, 2022, 43(12): 268–282.
ZHU YT, HU ZH, HUO CC, *et al.* The effect of adding compound sugar on the quality of solidified yogurt [J]. Sci Technol Food Ind, 2022, 43(12): 268–282.
- [4] 苏日娜, 吴秀英, 李洪亮, 等. 稳定剂的添加量对酸乳口感黏度的影响[J]. 食品科技, 2018, 43(8): 59–63.
SU RN, WU XY, LI HL, *et al.* Effect of stabilizer addition on the taste viscosity of yogurt [J]. Food Sci Technol, 2018, 43(8): 59–63.
- [5] 李继瑄. 亲水胶体在酸奶中的应用研究进展[J]. 武汉商学院报, 2023, 37(5): 91–96.
LI CX. Research progress on the application of hydrophilic colloids in yogurt [J]. J Wuhan Business Univ, 2023, 37(5): 91–96.
- [6] ROKKA S, RANTAMÄKI P. Protecting probiotic bacteria by microencapsulation: Challenges for industrial applications [J]. Eur Food Res Technol, 2010, 231: 1–12.
- [7] 朱礼强, 金丽梅. 凝固型酸奶稳定剂的研究现状及进展[J]. 农产品加工, 2022(13): 97–103, 106.
ZHU LQ, JIN LM. Research status and progress of stabilizers for solidified yogurt [J]. Farm Prod Process, 2022(13): 97–103, 106.
- [8] 赵越, 胡佳麒, 刘冠辰, 等. 高酰基结冷胶对羧甲基纤维素钠溶液流变特性的影响及其在常温饮用型酸奶中的应用[J]. 饮料工业, 2022, 25(5): 13–20.
ZHAO Y, HU JQ, LIU GC, *et al.* The effect of high acyl binding gel on the rheological properties of carboxymethyl cellulose sodium solution and its application in room temperature drinking yogurt [J]. Bever Ind, 2022, 25(5): 13–20.
- [9] 李晓. 酸奶凝胶稳定性的影响因素[J]. 食品安全导刊, 2023(27): 165–167.
LI X. Factors influencing the stability of yogurt gel [J]. China Food Saf Magaz, 2023(27): 165–167.
- [10] 曾巧辉, 宋玉琼, 刘壮彬, 等. 甜酒酿的研制及营养价值研究[J]. 佛山科学技术学院学报(自然科学版), 2020, 38(4): 28–35.
ZENG QH, SONG YQ, LIU ZB, *et al.* Research on the development and nutritional value of sweet wine brewing [J]. J Foshan Univ (Nat Sci), 2020, 38(4): 28–35.
- [11] 张瑞雪, 符鑫雨, 杨生玉, 等. 新型米酒的营养及其发展趋势研究[J]. 轻工科技, 2022, 38(1): 28–31.
ZHANG RX, FU XY, YANG SY, *et al.* Research on the nutrition and development trends of new rice wine [J]. Light Ind Sci Technol, 2022, 38(1): 28–31.
- [12] 张竿晦, 刘焕生. 肉桂酒酿酿造工艺优化及抗氧化活性研究[J]. 中国酿造, 2024, 43(5): 156–161.
ZHANG ZH, LIU HS. Optimization of cinnamon wine brewing process and study on antioxidant activity [J]. Chin Brew, 2024, 43(5): 156–161.
- [13] 韩腾, 陆波, 韩永斌, 等. 怀远县糯米加工甜酒酿适用性研究[J]. 食品工业科技, 2024, 45(14): 271–281.
HAN T, LU B, HAN YB, *et al.* Study on the applicability of sweet rice wine processing in Huaiyuan County [J]. Food Ind Technol, 2024, 45(14): 271–281.
- [14] 朱玲, 赵宁. 甜酒酿复合发酵乳饮料的研发[J]. 饮料工业, 2023, 26(1): 46–51.
ZHU L, ZHAO N. Research and development of sweet wine brewed compound fermented milk beverage [J]. Beverage Ind, 2023, 26(1): 46–51.
- [15] 吴文婷. 西柚酒酿铁观音茶饮料的研制[J]. 饮料工业, 2022, 25(2): 55–60.
WU WT. Development of Tieguanyin tea beverage brewed with grapefruit wine [J]. Beverage Ind, 2022, 25(2): 55–60.
- [16] 郭大江. 酒酿馒头面团发酵性能影响因素的研究[J]. 现代面粉工业, 2023, 37(6): 33–36, 41.
WU DJ. Study on the factors influencing the fermentation performance of fermented Mantou dough [J]. Mod Flour Milling Ind, 2023, 37(6): 33–36, 41.
- [17] 万佳佳, 许巧, 张磊. 桂花固体饮料的研制及其体外抗氧化性评价[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版), 2017, 34(6): 110–116.
WAN JJ, XU Q, ZHANG L. Development and *in vitro* antioxidant activity evaluation of osmanthus solid beverage [J]. J Chongqing Norm Univ (Nat Sci), 2017, 34(6): 110–116.
- [18] 于蕾蕾, 高旭政, 苏子龙, 等. 桂花的应用和药用价值概述[J]. 湖北科技学院学报(医学版), 2022, 36(5): 444–448.
YU LL, GAO XZ, SU ZL, *et al.* Overview of the application and medicinal value of osmanthus fragrans [J]. J Hubei Uni Sci Technol (Med Sci), 2022, 36(5): 444–448.
- [19] XU Y, JIN YM, SU JJ, *et al.* Changes in the nutritional value, flavor, and antioxidant activity of brown glutinous rice during fermentation [J]. Food Biosci, 2021, 43: 101273.
- [20] 苏佳佳. 糙米酒酿制备工艺及其品质特性研究[D]. 无锡: 江南大学, 2020.
SU JJ. Research on the preparation process and quality characteristics of brown rice wine brewing [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2020.

- [21] 徐广新, 杨仁琴, 吴连萍, 等. 响应面法优化蛹虫草酸奶发酵工艺[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(4): 1307–1312.
XU GX, YANG RQ, WU LP, *et al.* Optimization of fermentation process of *Cordyceps militaris* yogurt by response surface methodology [J]. J Food Saf Qual, 2021, 12(4): 1307–1312.
- [22] 聂志强, 张晓波, 蒙运泉, 等. 响应面法优化莱菔子酸奶的加工工艺[J]. 食品与发酵科技, 2024, 60(2): 85–90.
NIE ZQ, ZHANG XB, MENG YN, *et al.* Optimization of processing technology for Laizi yogurt by response surface methodology [J]. Food Ferment Sci Technol, 2024, 60(2): 85–90.
- [23] 程浩, 谢有发, 马晓娟, 等. 响应面法优化葛根酸奶发酵工艺[J]. 中国食品添加剂, 2023, 34(4): 174–181.
CHENG H, XIE YF, MA XJ, *et al.* Optimization of fermentation process of *Pueraria lobata* yogurt using response surface methodology [J]. China Food Addit, 2023, 34(4): 174–181.
- [24] 关正萍, 徐欣, 关正, 等. 响应面法优化红皮花生芽苗菜凝固型酸乳的发酵工艺[J]. 农产品加工, 2023(14): 32–38.
GUAN ZP, XU X, GUAN Z, *et al.* Optimization of fermentation process for red skinned peanut sprout solidified yogurt by response surface methodology [J]. Farm Prod Process, 2023(14): 32–38.
- [25] DONG WW, ZENG YT, CUI YX, *et al.* Retracted: Unraveling the composition and succession of microbial community and its relationship to flavor substances during Xin-flavor baijiu brewing [J]. Int J Food Microbiol, 2022(387): 109679.
- [26] 杨波, 李维杰, 耿玮蔚, 等. 酒酿酸奶的研制[J]. 食品工业, 2010, 31(1): 55–56.
YANG B, LI WJ, GENG WW, *et al.* Development of fermented yogurt [J]. Food Ind, 2010, 31(1): 55–56.
- [27] 孔喜, 王荣浩, 汪姣, 等. 石榴山楂桂花酸奶工艺研究[J]. 农产品加工, 2021(12): 25–29, 35.
KONG X, WANG RH, WANG J, *et al.* Research on the processing technology of pomegranate hawthorn osmanthus yogurt [J]. Farm Prod Process, 2021(12): 25–29, 35.
- [28] 刘海波, 陈顺心, 朱静. 4 种稳定剂对凝固型酸奶品质的影响[J]. 食品安全导刊, 2024(17): 103–106.
LIU HB, CHEN SX, ZHU J. The influence of four stabilizers on the quality of solidified yogurt [J]. China Food Saf Magaz, 2024(17): 103–106.
- [29] 孙静. 凝固型枸杞酸奶的研制[J]. 中国果菜, 2021, 41(8): 11–15.
SUN J. Development of solidified goji berry yogurt [J]. China Fruit Veg, 2021, 41(8): 11–15.
- [30] 武有丽, 金娜, 马海龙, 等. 响应面法优化凝固型红小扁豆酸奶发酵工艺[J]. 中国酿造, 2024, 43(5): 192–198.
WU YL, JIN N, MA HL, *et al.* Optimization of fermentation process for solidified red lentil yogurt by response surface methodology [J]. China Brew, 2024, 43(5): 192–198.

(责任编辑: 于梦娇 安香玉)

作者简介



徐广新, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为乳制品研究与开发。
E-mail: 982058749@qq.com

印伯星, 正高级工程师, 主要研究方向为乳品科学。
E-mail: bxyin@yzu.edu.cn