

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20240321001

山茶花低糖酸奶工艺优化及其抗氧化活性分析

段泊安^{1,2}, 李倩文², 王晓楠², 陈树兴^{1,2*}

(1. 河南科技大学食品与生物工程学院, 洛阳 471023; 2. 中原食品实验室, 漯河 462000)

摘要: **目的** 探讨山茶花低糖酸奶的最佳工艺参数并分析其抗氧化活性。**方法** 以山茶花、罗汉果甜苷为主要研究对象, 以感官评分、滴定酸度为评价指标, 采用单因素实验和正交实验优化山茶花低糖酸奶的工艺参数, 并探究其抗氧化活性。**结果** 山茶花低糖酸奶的最佳工艺参数为: 山茶花浆添加量 8%、罗汉果甜苷添加量 0.20%、发酵剂接种量 1.5%、发酵时间 6 h。此外, 相较于对照组, 山茶花低糖酸奶具有更好的抗氧化活性 ($P < 0.05$), 其对羟基自由基(hydroxyl radical, $\cdot\text{OH}$)、超氧阴离子自由基(superoxide anion, $\cdot\text{O}_2^-$)和 1,1-二苯基-2-苦基肼(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH)自由基的清除率分别为 43.61%、36.12%和 48.23%。**结论** 山茶花的添加能够改善产品风味, 同时显著增强了产品的抗氧化活性。

关键词: 山茶花; 低糖酸奶; 工艺优化; 抗氧化活性

Process optimization and antioxidant activity analysis of camellia low-sugar yogurt

DUAN Bo-An^{1,2}, LI Qian-Wen², WANG Xiao-Nan², CHEN Shu-Xing^{1,2*}

(1. College of Food and Biological Engineering, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471023, China;
2. Food Laboratory of Zhongyuan, Luohe 462000, China)

ABSTRACT: Objective To explore the best process parameters and analyze the antioxidant activity of camellia low-sugar yogurt. **Methods** The camellia and momordica glycosides were the main subjects in this study. Using sensory scores and titration acidity as the evaluation criteria, the process parameters of camellia low-sugar yogurt were optimized by single factor test and orthogonal test, and its antioxidant activity was also investigated. **Results** The best process parameter of camellia low-sugar yogurt was 8% of camellia pulp, 0.20% of momordica glycosides, 1.5% of starter and 6 h of fermentation time. In addition, compared with the control group, camellia low-sugar yogurt had better antioxidant activity ($P < 0.05$), and the scavenging rates of hydroxyl radical ($\cdot\text{OH}$), superoxide anion ($\cdot\text{O}_2^-$) and 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) free radical were 43.61%, 36.12% and 48.23%, respectively. **Conclusion** The addition of camellia can improve the flavor of the product and significantly enhance the antioxidant activity of the product.

KEY WORDS: camellia; low-sugar yogurt; process optimization; antioxidant activity

基金项目: 国家重点研发计划项目(2023YFF1104505-5)

Fund: Supported by the National Key Research and Development Program of China (2023YFF1104505-5)

*通信作者: 陈树兴, 博士, 教授, 主要研究方向为乳制品加工与技术。E-mail: chenshuxing1@163.com

*Corresponding author: CHEN Shu-Xing, Ph.D, Professor, College of Food and Biological Engineering, Henan University of Science and Technology, No.263 Kaiyuan Avenue, Luolong District, Luoyang 471023, China. E-mail: chenshuxing1@163.com

0 引言

酸奶,是以牛奶或奶粉为原料,经巴氏杀菌、冷却接种、灌装发酵、冷藏后熟等工艺制作而成的发酵乳制品^[1]。酸奶多呈乳白色或淡黄色,酸甜可口,滋味香甜,不仅含有丰富的营养成分,具有辅助降血压降血脂、预防骨质疏松等多种保健功效^[2-5]。同时,酸奶作为益生菌的良好载体,适量食用还可起到调节肠道菌群平衡、提高机体免疫力等作用,因而深受人们喜爱^[6-7]。当前,随着消费者对健康和口味的追求,功能性酸奶的开发已成为乳制品行业的研究热点。

山茶花为山茶科山茶属常绿灌木或小乔木,其花瓣呈碗形,有单瓣和重瓣之分,且花色多为白色、粉红色或红色,是中国的传统观赏花卉,同时也是一种药食两用植物^[8]。研究表明,山茶花中不仅含有丰富的营养成分和微量元素,而且含有多酚、黄酮、多糖等活性物质,具有凉血止血、散瘀消肿、美容养颜等功效^[9-12]。此外,山茶花花瓣已被证实具有较强的降血脂和抗氧化能力,且与其含有丰富的儿茶素和表儿茶素有关^[13]。由此可见,山茶花在功能性食品的开发中具有极大的潜力。然而,目前关于山茶花的研究主要集中在成分提取^[14]、功效分析^[15]等方面,其在食品应用特别是酸奶中的应用鲜有报道。

低糖酸奶通过使用甜味剂代替蔗糖以降低酸奶中的糖含量,不仅保留了酸奶原有的营养成分,且含糖少、热量低,更有利于特殊人群健康,因而低糖酸奶的研制具有重要意义^[16]。罗汉果甜苷是一种提取自药食同源植物罗汉果的天然甜味剂,其口感与蔗糖非常相似,虽甜度远远高于蔗糖,约为后者的 300 倍,但热量几乎为零,具有低热量、高甜度、热稳定性等特点,且不参与机体代谢过程,不会引起血糖水平的上升,因此常作为蔗糖或其他传统甜味剂替代物使用^[17]。此外,罗汉果甜苷具有清热止咳、化痰润肺、润肠通便、降血糖等功效,对肥胖、便秘、糖尿病等具有一定的防治作用,已经广泛应用于功能性低糖产品的开发中^[18-20]。

鉴于此,本研究以山茶花、罗汉果甜苷、纯牛奶为主要原料,以感官评分和滴定酸度为评价指标,通过单因素实验和正交实验优化山茶花低糖酸奶配方,并分析其对不同自由基的清除效果,以评估其抗氧化能力,旨在为山茶花的多方向利用和功能性酸奶的开发提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

山茶花:市售,品种为“宫粉”,产自云南昆明;酸奶发酵剂(保加利亚乳杆菌、嗜热链球菌、嗜酸乳杆菌、植物乳杆菌、干酪乳杆菌,活菌数量为 10^9 CFU/g,生产许可证

号 SC13111121013377):北京川秀科技有限公司;纯牛奶:购于漯河大润发超市。

无水乙醇、盐酸、过氧化氢(分析纯,上海舟福科贸有限公司);硫酸亚铁(分析纯,湖南比克曼生物科技有限公司);水杨酸(分析纯,潍坊盛翔实验设备有限公司);邻苯三酚(分析纯,广州市江顺化工科技有限公司);1,1-二苯基-2-苦基肼(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH)[纯度 $\geq 97\%$,今品化学技术(上海)有限公司]。

1.2 仪器与设备

DT802A 精密电子天平(精度 0.01 g,深圳市盛美仪器有限公司);BXP-210 电热恒温培养箱(杭州俊升科学器材有限公司);TC-WB1002 数显恒温水浴锅(南京炯创科技有限公司);PQ-3200 紫外分光光度计(广西泓辰环境科技有限公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 山茶花低糖酸奶的制备流程

山茶花浆制备(筛选、清洗、磨浆、过滤)→调配(添加纯牛奶、罗汉果甜苷等)→预热($55^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$)→均质(18 Mpa, 5 min)→巴氏杀菌(65°C , 30 min)→冷却(42°C)→接种→恒温发酵→冷藏后熟(4°C , 12 h)→成品。

1.3.2 单因素实验

以感官评分和滴定酸度为评价指标,在其他条件不变的前提下,分别将山茶花浆添加量(2%、4%、6%、8%、10%)、罗汉果甜苷添加量(0.10%、0.15%、0.20%、0.25%、0.30%)、发酵剂接种量(0.5%、1.0%、1.5%、2.0%、2.5%)、发酵时间(6、8、10、12、14 h)作为变量,考察 4 个因素对山茶花低糖酸奶感官品质的影响,进而确定最适参数。

1.3.3 正交实验

基于单因素实验结果,选取山茶花浆添加量(A)、罗汉果甜苷添加量(B)、发酵剂接种量(C)以及发酵时间(D) 4 个因素,设计 $L_9(4^3)$ 正交实验进行配方优化,具体实验因素与水平见表 1。

表 1 正交实验因素水平
Table 1 Factor level of orthogonal test

水平	因素			
	A(山茶花浆添加量)/%	B(罗汉果甜苷添加量)/%	C(发酵剂接种量)/%	D(发酵时间)/h
1	6	0.10	1.0	6
2	8	0.15	1.5	8
3	10	0.20	2.0	10

1.3.4 感官评定

随机邀请 20 位具有一定感官评定基础的研究生,按照表 2 的标准对酸奶的色泽、口感、气味和组织状态等进行综合评分,以 20 名同学感官评分的平均值作为感官评定的结果。

表 2 山茶花低糖酸奶感官评价表
Table 2 Sensory evaluation table of camellia low-sugar yogurt

项目	评分标准	分值
色泽 (20分)	具有与添加成分相符的色泽, 色泽均匀, 有明显光泽	11~20分
	色泽不均匀, 无明显光泽或有其他异色	0~10分
口感 (30分)	口感细腻爽滑, 酸甜可口	21~30分
	口感细腻爽滑, 偏酸或偏甜	11~20分
	口感粗糙, 不细腻, 酸甜失调	0~10分
	质地均匀, 无杂质, 无乳清析出	21~30分
组织状态 (30分)	质地较均匀, 有少量乳清析出	11~20分
	质地不均匀, 有明显分层或乳清析出	0~10分
气味 (20分)	有独特的山茶花清香味和乳香味, 气味协调, 无异味	11~20分
	气味不协调, 无山茶花清香味, 有异味	0~10分

1.3.5 滴定酸度的测定

根据祝玉婷等^[21]的报道, 准确称取 10 g 酸奶样品于锥形瓶中, 依次加入 20 mL 蒸馏水、2~3 滴酚酞指示剂, 混合均匀, 使用 0.1 mol/L 的氢氧化钠标准溶液滴定至微红色且 30 s 内不褪色, 消耗的氢氧化钠标准溶液毫升数乘以 10, 即得滴定酸度。

1.3.6 抗氧化活性分析

参考陈曦等^[22]的报道, 准确称取 10 g 的山茶花低糖酸奶和未添加山茶花的低糖酸奶(对照组), 经无水乙醇稀释(10 倍)、离心(4000 r/min, 10 min)后, 取上清液备用。随后分别采用 Fenton 反应法^[23]、邻苯三酚自氧化法^[24]和 DPPH 比色法^[25]测定酸奶样品对羟基自由基(hydroxyl radical, ·OH)、超氧阴离子自由基(superoxide anion, ·O²⁻)和 DPPH 自由基的清除能力, 从而揭示产品的抗氧化活性。

1.4 数据处理

所有实验均重复 3 次, 实验结果以平均数±标准偏差表示, 使用 SPSS Statistics 23 软件对数据进行统计分析, 显著性检验采用单因素方差分析($P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 单因素实验结果

2.1.1 山茶花浆添加量对山茶花低糖酸奶感官品质和滴定酸度的影响

选取山茶花浆添加量为 2%、4%、6%、8%、10%, 分析其对山茶花低糖酸奶感官品质和滴定酸度的影响, 结果见图 1。

由图 1 可知, 当山茶花浆添加量为 8% 时, 所制得的产品具有独特的山茶花清香味和乳香味, 口感细腻, 滋味协调, 且有明显的光泽, 感官评分最高, 此时山茶花低糖酸奶的滴定酸度为 81.2 °T。当山茶花浆添加量小于 8% 时,

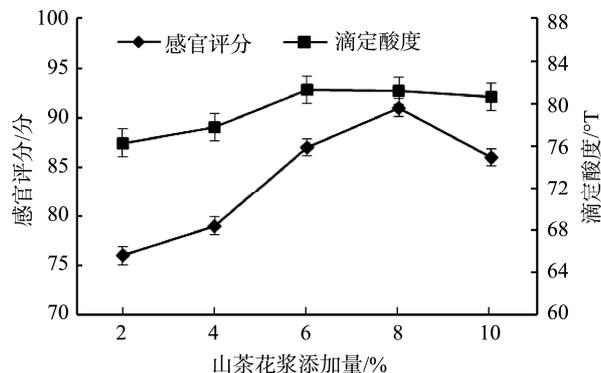


图1 山茶花浆添加量对山茶花低糖酸奶感官品质和滴定酸度的影响

Fig.1 Effects of camellia pulp addition on sensory quality and titrated acidity of camellia low-sugar yogurt

山茶花的芳香味不明显; 而当山茶花浆添加量大于 8% 时, 山茶花浆的芳香味过重, 风味突出, 遮盖了酸奶独特的奶香味, 且口感略涩, 品质下降, 评分降低。此外, 滴定酸度随山茶花浆添加量的增加呈先上升后下降趋势, 且均符合 GB 19302—2010《食品安全国家标准 发酵乳》要求。与感官评分变化相比, 山茶花浆添加量对酸奶滴定酸度影响不明显, 因此综合考虑, 选择 8% 作为山茶花浆的最适添加量用于后续研究。

2.1.2 罗汉果甜苷添加量对山茶花低糖酸奶感官品质和滴定酸度的影响

选取罗汉果甜苷添加量为 0.10%、0.15%、0.20%、0.25%、0.30%, 分析其对山茶花低糖酸奶感官品质和滴定酸度的影响, 结果见图 2。

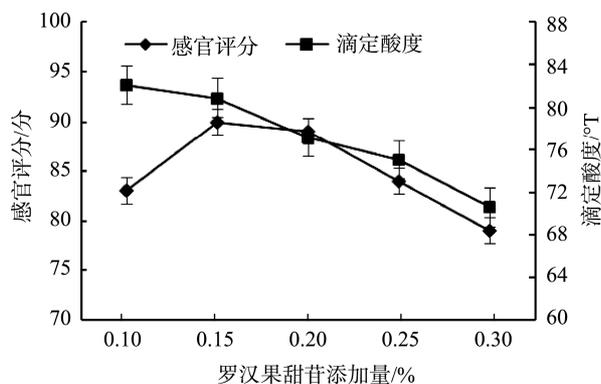


图2 罗汉果甜苷添加量对山茶花低糖酸奶感官品质和滴定酸度的影响

Fig.2 Effects of momordica glycosides addition on sensory quality and titrated acidity of camellia low-sugar yogurt

糖类是乳酸菌生长的重要碳源物质, 且具有丰富产品口感, 防止杂菌生长等作用^[26]。由图 2 可知, 当罗汉果甜苷添加量为 0.15% 时, 产品的感官评分最高, 滴定酸度为 80.9 °T。当罗汉果甜苷添加量小于 0.15% 时, 酸奶甜度不足, 口感偏酸, 凝乳效果不佳, 感官评分偏低; 而当罗

汉果甜苷添加量大于 0.15% 时, 产品甜味过重, 其特有的山茶花风味及奶香味被掩盖, 且甜度过高会降低产品水分活度, 进而抑制乳酸菌的发酵, 导致酸度持续下降, 酸甜味不协调, 感官评分逐渐降低^[27]。综合考虑, 选择 0.15% 作为罗汉果甜苷的最适添加量用于后续研究。

2.1.3 发酵剂接种量对山茶花低糖酸奶感官品质和滴定酸度的影响

选取发酵剂接种量为 0.5%、1.0%、1.5%、2.0%、2.5%, 分析其对山茶花低糖酸奶感官品质和滴定酸度的影响, 结果见图 3。

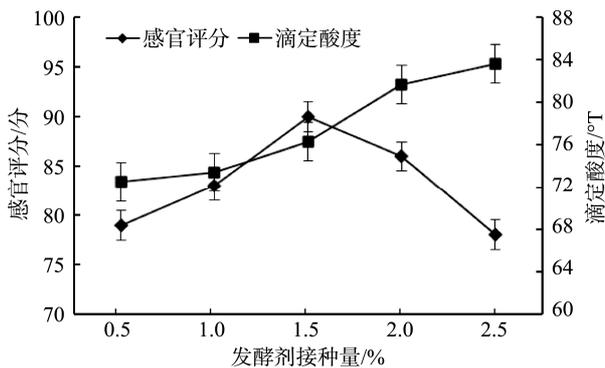


图 3 发酵剂接种量对山茶花低糖酸奶感官品质和滴定酸度的影响

Fig.3 Effects of the starter inoculation amount on sensory quality and titrated acidity of camellia low-sugar yogurt

由图 3 可知, 当发酵剂接种量为 1.5% 时, 酸奶感官评分最高, 滴定酸度为 76.3°T。此时所制得的产品口感细腻, 质地均匀, 感官品质最佳。当发酵剂接种量小于 1.5% 时, 原料发酵不完全, 此时乳酪蛋白也无法很好地发生凝集沉淀, 组织状态较稀, 凝固状态较差, 且有少量乳清析出^[28]; 而当发酵剂接种量大于 1.5% 时, 产品质地较硬, 有明显颗粒感, 口感粗糙, 且发酵剂接种量越大, 滴定酸度越高, 酸味过重, 感官评分降低。综合考虑, 选择 1.5% 作为发酵剂的最适添加量用于后续研究。

2.1.4 发酵时间对山茶花低糖酸奶感官品质和滴定酸度的影响

选取发酵时间为 6、8、10、12、14 h, 分析其对山茶花低糖酸奶感官品质和滴定酸度的影响, 结果见图 4。

由图 4 可知, 当发酵时间为 8 h, 酸奶的感官评分最高, 滴定酸度为 75.7°T。当发酵时间小于 8 h 时, 乳酸菌与原料没有发生充分的反应, 酸奶发酵不完全, 不利于产品风味的形成, 且组织状态稀薄, 质地较差; 而当发酵时间大于 8 h 时, 产品酸味过重, 风味失调, 口感开始变得酸涩, 且滴定酸度持续上升, 容易导致酸奶中蛋白质相互作用减弱, 凝胶网状结构较为松散, 对水的束缚和结合能力逐渐减弱, 乳清析出明显, 感官评分降低^[29]。综合考虑, 选择 8 h 作为最佳的发酵时间用于后续研究。

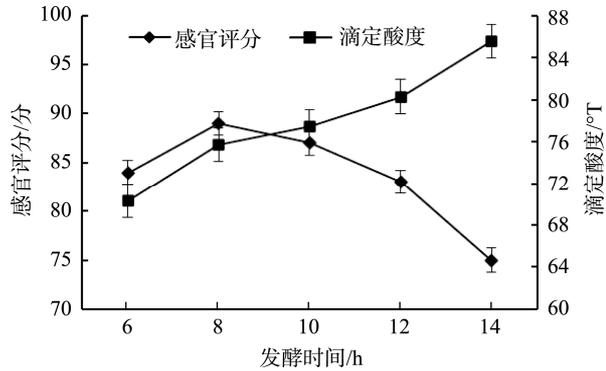


图 4 发酵时间对山茶花低糖酸奶感官品质和滴定酸度的影响

Fig.4 Effects of the fermentation time on sensory quality and titrated acidity of camellia low-sugar yogurt

2.2 正交实验结果

根据单因素实验结果, 利用正交实验对酸奶的配方进行优化, 其实验结果如表 3 所示。

由表 3 可知, 影响山茶花低糖酸奶感官评分的强弱顺序为: 山茶花浆添加量(A)>发酵时间(D)>罗汉果甜苷添加量(B)>发酵剂接种量(C), 得到的产品最优组合为 $A_2B_3C_2D_1$ (第一组)。影响山茶花低糖酸奶滴定酸度的强弱顺序为: 发酵时间(D)>罗汉果甜苷添加量(B)>发酵剂接种量(C)>山茶花浆添加量(A), 得到的产品最优组合为 $A_2B_2C_3D_3$ (第二组)。对上述两组最优组合下的产品进行实验, 得到第一组的感官评分为 89.8 分, 酸度为 78.5 °T, 第二组的感官评分为 87.4 分, 酸度为 82.6 °T。

鉴于酸度对山茶花低糖酸奶的感官品质有一定影响, 且并非酸度越高, 感官品质越好, 因此选择最佳组合时需综合考虑感官评分。通过比较两组的感官评分可知, 第一组的感官评分为高于第二组, 因此, 确定产品的最优组合为 $A_2B_3C_2D_1$, 即山茶花浆添加量 8%、罗汉果甜苷添加量 0.20%、发酵剂接种量 1.5%、发酵时间 6 h, 对该条件下所制得的山茶花低糖酸奶进行 3 次水平验证实验, 得到感官评分的平均值为 90.2 分, 得分最高。

2.3 抗氧化活性分析结果

2.3.1 山茶花低糖酸奶对·OH 的清除作用

山茶花低糖酸奶与低糖酸奶对·OH 清除能力的测定结果见图 5。低糖酸奶对·OH 具有一定的清除作用, 其清除率为 22.40%, 这可能与酸奶中含有的具有抗氧化能力的多肽及氨基酸类等物质有关^[27]。此外, 山茶花低糖酸奶对·OH 的清除率为 43.61%, 显著高于低糖酸奶($P<0.05$), 可见, 山茶花的加入能够明显增强产品对·OH 的清除效果, 这可能是由于山茶花提取物富含多酚类和黄酮类物质, 对·OH 具有较强的清除作用^[30]。

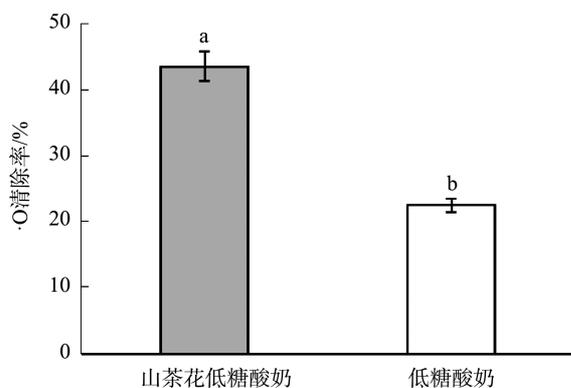
2.3.2 山茶花低糖酸奶对·O²⁻的清除作用

山茶花低糖酸奶与低糖酸奶对·O²⁻清除能力的测定结果见图 6。与未添加山茶花的低糖酸奶相比, 山茶花低

表 3 正交实验结果表
Table 3 The orthogonal test results

实验号	A	B	C	D	感官评分/分	滴定酸度/°T
1	1	1	1	1	80.2	72.2
2	1	2	2	2	77.3	76.2
3	1	3	3	3	82.7	82.3
4	2	1	2	3	88.3	79.7
5	2	2	3	1	86.7	78.6
6	2	3	1	2	83.6	78.2
7	3	1	3	2	78.4	75.4
8	3	2	1	3	76.5	82.1
9	3	3	2	1	85.3	73.2
K_1	80.067	82.300	80.100	84.067		
K_2	86.200	80.167	83.633	79.767		
K_3	80.067	83.867	82.600	82.500		
极差 R	6.133	3.700	3.533	4.300		
较优水平	A_2	B_3	C_2	D_1		
影响主次	A>D>B>C					
K_1^*	76.900	75.767	77.500	74.667		
K_2^*	78.833	78.967	76.367	76.600		
K_3^*	76.900	77.900	78.767	81.367		
极差 R*	1.933	3.200	2.400	6.700		
较优水平	A_2	B_2	C_3	D_3		
影响主次	D>B>C>A					

注: *表示以滴定酸度为评价指标得到的均值及极差。



注: 字母不同表示存在显著性差异($P<0.05$), 图 6、7 同。

图 5 山茶花低糖酸奶对·OH 的清除能力

Fig.5 Scavenging activities of camellia low-sugar yogurt to ·OH

糖酸奶对·O²⁻的清除能力显著增加($P<0.05$), 其清除率为 36.12%。实验发现, 山茶花多酚对·O²⁻具有较强的清除能力, 且浓度越高, 清除作用越强^[30]。结果表明, 山茶花的加入能够明显增强产品对·O²⁻的清除效果。

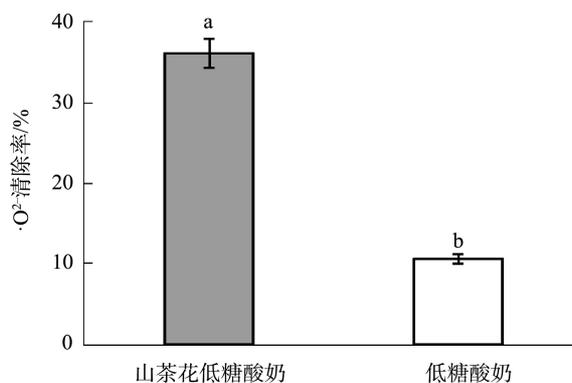


图 6 山茶花低糖酸奶对·O²⁻的清除能力

Fig.6 Scavenging activities of camellia low-sugar yogurt to ·O²⁻

2.3.3 山茶花低糖酸奶对 DPPH 自由基的清除作用

以未添加山茶花的低糖酸奶为对照组, 评估山茶花低糖酸奶对 DPPH 自由基的清除效果, 结果见图 7。山茶花低糖酸奶对 DPPH 自由基的清除率为 48.23%, 显著高于低糖酸奶($P<0.05$), 且为对照组的 9.1 倍。研究发现, 山茶

花中的总多酚、总黄酮、红色素等活性成分对 DPPH 自由基均具有一定的清除作用,且其含量与对 DPPH 自由基的清除能力呈显著性正相关^[9,31]。可见,山茶花低糖酸奶对 DPPH 自由基的清除作用更强。

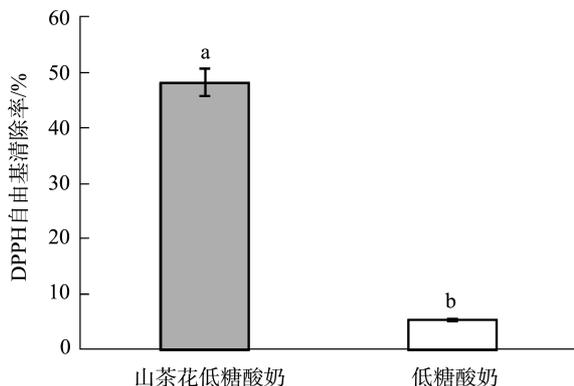


图 7 山茶花低糖酸奶对 DPPH 的清除能力

Fig.7 Scavenging activities of camellia low-sugar yogurt to DPPH

3 结 论

本研究通过单因素实验和正交实验优化了山茶花低糖酸奶的最佳配方,并探讨了其抗氧化活性。结果表明,山茶花低糖酸奶的最佳工艺参数为:山茶花浆添加量 8%、罗汉果甜苷添加量 0.20%、发酵剂接种量 1.5%、发酵时间 6 h。此外,与对照组相比,山茶花低糖酸奶对·OH、·O²⁻、DPPH 自由基的清除能力显著增强($P < 0.05$),表明山茶花低糖酸奶具有更好的抗氧化活性。山茶花低糖酸奶不仅实现了山茶花的多元化应用,并且具有较好的抗氧化活性,为功能性酸奶产品的开发提供了参考依据。然而,本研究仅探讨了山茶花低糖酸奶的工艺优化和抗氧化活性,其品质特性及其他功能活性还有待深入研究。

参考文献

- ALEMAN RS, CEDILLOS R, PAGE R, *et al.* Physico-chemical, microbiological, and sensory characteristics of yogurt as affected by ingredients that help treat leaky gut [J]. *J Dairy Sci*, 2023, 106(6): 3868–3883.
- MEHAYA FM, EL-SHAZLY AI, EL-DEIN AN, *et al.* Evaluation of nutritional and physicochemical characteristics of soy yogurt by *Lactobacillus plantarum* KU985432 and *Saccharomyces boulardii* CNCMI-745 [J]. *Sci Rep*, 2023, 13(1): 13026.
- 朱晓丽, 杨周洁, 文安燕, 等. 人源罗伊氏乳杆菌协同发酵薏米酸奶降血脂作用[J]. *食品与发酵科技*, 2021, 57(3): 24–30.
ZHU XL, YANG ZJ, WEN ANY, *et al.* Study on the hypolipidemic function of coix seeds yoghurt co-fermented with derived from human *Lactobacillus reuteri* [J]. *Food Ferment Sci Technol*, 2021, 57(3): 24–30.
- 杨行, 尹庆贺, 王莉, 等. 市售酸奶与传统酸奶传代发酵性能的比较研究[J]. *食品安全质量检测学报*, 2024, 15(5): 308–314.
YANG H, YIN QH, WANG L, *et al.* Comparative study on continuous subculture performance of market yogurt and traditional yogurt [J]. *J Food Saf Qual*, 2024, 15(5): 308–314.
- ZOHREH A, MAJID D, MARYAM M, *et al.* Functional yogurt, enriched and probiotic: A focus on human health [J]. *Clin Nutr Espen*, 2023, 57: 575–586.
- CHAEWON L, JUNBEOM L, YOUNG JE, *et al.* Effect of consumption of animal products on the gut microbiome composition and gut health [J]. *Food Sci Anim Resour*, 2023, 43(5): 723–750.
- 王双萍, 周合江. 功能型酸奶的研究进展[J]. *中国乳业*, 2023, (3): 85–91.
WANG SP, ZHOU HJ. Research progress of functional yogurt [J]. *China Dairy Ind*, 2023, (3): 85–91.
- NARA Y, WORRAPAN P, PIMPORN L, *et al.* Utilization of emulsion inversion to fabricate tea (*Camellia sinensis* L.) flower extract obtained by supercritical fluid extraction-loaded nanoemulsions [J]. *ACS Omega*, 2023, 8(31): 28090–28097.
- 曹义苗, 高宏旗. 不同产地的山茶花提取液中活性成分及抗氧化能力的研究[J]. *广东化工*, 2020, 47(7): 65–66, 81.
CAO YM, GAO HQ. Study on antioxidant activities of *Camellia japonica* flowers and its active constituents from different areas [J]. *Guangdong Chem Ind*, 2020, 47(7): 65–66, 81.
- PEREIRA AG, AURORA S, MARTA B, *et al.* Antimicrobial activity screening of *Camellia japonica* flowers (var. Conde de la Torre) [J]. *Med Sci Forum*, 2022, 12(1): 15.
- 郑雨欣, 叶心慧, 廖明江, 等. 复方山茶花精油的制备及护肤功效[J]. *广东化工*, 2022, 49(15): 40–42.
ZHENG YX, YE XH, LIAO MJ, *et al.* Preparation of compound camellia oil and its skin protection efficacy [J]. *Guangdong Chem Ind*, 2022, 49(15): 40–42.
- YANG YF, ZHOU CS, MA HL, *et al.* Antioxidant and lipase inhibitory activities of camellia pollen extracts: The effect of composition and extraction solvents [J]. *All Life*, 2022, 15(1): 1304–1314.
- 高瑜珑. 山茶花降血脂、抗氧化功能及有效成分分析[D]. 金华: 浙江师范大学, 2017.
GAO YL. Study on hypolipidemic, antioxidative effect and effective components in *Camellia japonica* L. [D]. Jinhua: Zhejiang Normal University, 2017.
- 奕志英, 高宏旗, 张春雷, 等. 山茶花、叶中抗氧化物质的提取及稳定性初步研究[J]. *香料香精化妆品*, 2020, (2): 12–17, 21.
YI ZY, GAO HQ, ZHANG CL, *et al.* Preliminary study on the extraction and stability of antioxidant substances from *Camellia japonica* flowers and leaves [J]. *Flavour Frag Cosme*, 2020, (2): 12–17, 21.
- FATIH K, HWAN JO, RAN HK, *et al.* Camellioside A, isolated from *Camellia japonica* flowers, attenuates UVA-induced production of MMP-1 in HaCaT keratinocytes via suppression of MAPK activation [J]. *Exp Med*, 2021, 21(1): 16.
- 闫利萍, 王能军, 陈博文, 等. 低糖草莓风味酸奶研制[J]. *蚌埠学院学报*, 2022, 11(2): 1–6.
YAN LP, WANG NJ, CEHN BW, *et al.* Development of low-sugar strawberry flavored yogurt [J]. *J Bengbu Univ*, 2022, 11(2): 1–6.
- SU Y, LI Z, ZHAO Y, *et al.* Enzymatic hydrolyzation of mogrosides in Luo Han Guo extract by NKA-adsorbed snailase improves its sensory profile [J]. *Food Chem*, 2022, 390: 133205.

- [18] YU Z, YING P, LI Z, *et al.* Regulating the gut microbiota and SCFAs in the faeces of T2DM rats should be one of antidiabetic mechanisms of mogrosides in the fruits of *Siraitia grosvenorii* [J]. *J Ethnopharmacol*, 2021, 274: 114033.
- [19] DENIA SC, CHUNLIN L, ELLA V, *et al.* Potential anti-alzheimer properties of mogrosides in vitamin B₁₂-deficient caenorhabditis elegans [J]. *Molecules*, 2023, 28(4): 1826.
- [20] LI Y, SHEN D, WANG K, *et al.* Mogroside V ameliorates broiler pulmonary inflammation via modulating lung microbiota and rectifying Th17/Treg dysregulation in lipopolysaccharides-induced lung injury [J]. *Poultry Sci*, 2023, 102(12): 103138.
- [21] 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.* Effect of adding compound sugar on the quality of solidified yogurt [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2022, 43(12): 268–282.
- [22] 陈曦, 邢敏, 李兴国, 等. 牡丹花奶酒的研制及其抗氧化活性[J]. *食品工业*, 2021, 42(5): 5.
CHEN X, XING M, LI XG, *et al.* Development of peony milk wine and its antioxidant activity [J]. *Food Ind*, 2021, 42(5): 5.
- [23] 杨元华, 范馨予, 高红艳. 响应面法优化白番红花球茎多糖提取工艺及其抗氧化活性研究[J]. *伊犁师范大学学报(自然科学版)*, 2023, 17(4): 36–47.
YANG YH, FAN XY, GAO HY. Optimization of the extraction process of *Crocus alata* bulb polysaccharide and its antioxidant activity by response surface methodology [J]. *J Yili Norm Univ (Nat Sci Ed)*, 2023, 17(4): 36–47.
- [24] 李春晓, 宋庆琳, 焦旭, 等. 金莲花多糖提取工艺优化及其抗氧化活性评价[J]. *药学研究*, 2024, 43(1): 24–29.
LI CX, SONG QL, JIAO X, *et al.* Optimization extraction process and evaluation of antioxidant activity of polysaccharides from *Trollius chinensis bunge* [J]. *J Pharm Res*, 2024, 43(1): 24–29.
- [25] HE SC, YAN J, CHEN LL, *et al.* Structure and *in vitro* antioxidant and immunomodulatory activity of a glucan from the leaves of *Cyclocarya paliurus* [J]. *J Fun Foods*, 2024, 113: 106016.
- [26] MANJUNATHA MB, SUPRAJA N, YEDOTI V, *et al.* Developing formulation of ice cream utilizing preserved whey protein concentrate and characterizing their physico-chemical traits [J]. *Cur J Appl Sci Technol*, 2023, 42(36): 49–57.
- [27] 周琪, 林冰, 陈丽辉, 等. 刺梨风味酸奶的研制及抗氧化活性评价[J]. *中国果菜*, 2023, 43(3): 31–36, 60.
ZHOU Q, LIN B, CHEN LH, *et al.* Preparation and antioxidant activity evaluation of *Rosa roxburghii* tratt yogurt [J]. *China Fruit Veget*, 2023, 43(3): 31–36, 60.
- [28] 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 of pueraria yogurt by response surface methodology [J]. *China Food Addit*, 2023, 34(4): 174–181.
- [29] 霍辰辰, 胡志和, 鲁丁强, 等. 添加谷氨酰胺转氨酶对凝固型酸奶品质的影响[J]. *食品工业科技*, 2022, 43(11): 83–95.
HUO CC, HU ZH, LU DQ, *et al.* Effect of adding glutamine transaminase on the quality of set-style yogurt [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2022, 43(11): 83–95.
- [30] 邹家丽, 邓鸞远, 和七一, 等. 山茶花中多酚提取的方法及其抗氧化活性测定研究[J]. *北方园艺*, 2013, (13): 103–107.
ZOU JL, DENG WY, HE QY, *et al.* Polyphenol extracted from the *Camellia japonica* flowers and its antioxidant activity [J]. *North Horti*, 2013, (13): 103–107.
- [31] 罗琴, 王志红, 郝志云, 等. 正交实验优化野生山茶花色素提取及色素抗氧化性研究[J]. *楚雄师范学院学报*, 2014, 29(6): 36–41.
LUO Q, WANG ZH, HAO ZY, *et al.* Optimization of the extraction of red pigment from *Camellia japonica* by orthogonal design & determination of its antioxidant activities [J]. *J Chuxiong Norm Univ*, 2014, 29(6): 36–41.

(责任编辑: 于梦娇 蔡世佳)

作者简介



段泊安, 硕士研究生, 主要研究方向为功能性乳制品的开发。

E-mail: 646400496@qq.com



陈树兴, 博士, 教授, 主要研究方向为乳制品加工与技术。

E-mail: chenshuxing1@163.com