

采用复合乳化剂制备椰子油-葵花籽油基植脂奶油的研究

王青松¹, 王会强², 张燕鹏², 张红建¹, 梁爱文¹, 郑联合¹

(1. 海南省粮油科学研究所, 海南 琼海 571400; 2. 武汉轻工大学 食品科学与工程学院, 武汉 430023)

摘要:为解决传统植脂奶油所用部分氢化植物油中饱和脂肪酸与反式脂肪酸带来的健康问题,以椰子油-葵花籽油混合油(质量比1:1)为基料油, β -环糊精和大豆卵磷脂为复合乳化剂,采用物理复配法制备植脂奶油,采用单因素试验研究了水分含量、 β -环糊精和大豆卵磷脂添加量对植脂奶油持油性、持水性和稳定性的影响,并通过响应面法优化了制备工艺条件。结果表明:植脂奶油最优制备工艺条件为 β -环糊精添加量6.0%、大豆卵磷脂添加量1.1%、水分含量38.0%,在此条件下植脂奶油的持油性和持水性分别达到98.9%和93.8%;对植脂奶油的稳定性分析也进一步说明了持油性、持水性与稳定性之间的正向关系。综上,以 β -环糊精和大豆卵磷脂为复合乳化剂,采用物理复配法制备的椰子油-葵花籽油基植脂奶油是一种潜在的营养健康植脂奶油。

关键词:椰子油;葵花籽油;复合乳化剂;植脂奶油;物理复配法;乳化稳定性

中图分类号:TS225.6;TS207.7 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2024)05-0107-07

Production of coconut oil - sunflower seed oil based vegetable cream by compound emulsifiers

WANG Qingsong¹, WANG Huiqiang², ZHANG Yanpeng², ZHANG Hongjian¹, LIANG Aiwen¹, ZHENG Lianhe¹

(1. Hainan Institute of Grain and Oil Science, Qionghai 571400, Hainan, China; 2. College of Food Science and Technology, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China)

Abstract: Aiming to resolve the health issues caused by saturated fatty acids and *trans* fatty acids in part hydrogenated vegetable oils used in traditional vegetable cream, using coconut oil - sunflower seed oil mixture (mass ratio 1:1) as the base oil, β -cyclodextrin and soybean lecithin as compound emulsifiers, vegetable cream was prepared by physical compound method. The effects of water content, addition amounts of β -cyclodextrin and soybean lecithin on the oil holding capacity, water holding capacity, and stability of the vegetable cream were investigated by single factor experiment, then response surface methodology was used to optimize the preparation conditions of vegetable cream. The results showed that the optimal conditions were as follows: β -cyclodextrin addition amount 6.0%, soybean lecithin addition amount 1.1% and water content 38.0%. Under the optimal conditions, the oil holding capacity and water holding capacity of the vegetable cream reached 98.9% and 93.8%, respectively. Additionally, the analysis of stability of the vegetable cream showed that there was a positive relationship between oil holding capacity, water holding capacity and stability. Coconut oil - sunflower seed oil based vegetable cream prepared by

physical compound method with β -cyclodextrin and soybean lecithin as compound emulsifiers is a potential nutritious and healthy vegetable cream.

Key words: coconut oil; sunflower seed oil; compound emulsifier; vegetable cream; physical compound method; emulsion stability

收稿日期:2023-03-21;修回日期:2024-02-13

基金项目:省属科研院所技术开发专项(KYYS-2021-10)

作者简介:王青松(1993),男,工程师,研究方向为热带油料资源开发与加工(E-mail) wangqs_whpu@163.com。

通信作者:郑联合,研究员(E-mail)412043242@qq.com。

奶油作为食品工业中的基本原料已被广泛应用于各式糕点、饼干、糖果以及冷饮等食品的制作之中,其主要分为动物奶油和植脂奶油^[1]。动物奶油价格昂贵,胆固醇含量较高,不宜长期食用;而传统植脂奶油多基于部分氢化植物油制备,硬度较高,口感较差,还含有大量的饱和脂肪酸和部分反式脂肪酸,长期食用容易引起冠心病、高血压等心血管疾病^[2-3]。因此,如何利用营养健康的天然植物油为基料油来替代氢化植物油以制备植脂奶油,对解决上述问题至关重要。

目前,有关传统植脂奶油中氢化植物油替代品的研究主要集中于油凝胶、液体植物油与固体油脂的物理复配及酯交换结构脂。其中:油凝胶主要利用凝胶因子的结晶或自组装来固化液体油脂,以呈现与固体油脂相似的加工性能,油凝胶在植脂奶油中的应用研究虽然取得了一定的成果^[4-5],但仍面临着可用凝胶剂较少,凝胶剂成本较高,油凝胶制备时因温度较高而易导致油脂发生氧化,所制备的植脂奶油在口感和风味上尚有待提高等问题^[6]。酯交换结构脂包括化学法与酶法结构脂,其中化学法结构脂制备过程存在副产物较多且不易分离等问题,而酶法结构脂由于制备过程所需脂肪酶的价格较高,酶的稳定性较差等原因限制了其在工业上的应用^[7-8]。相较于前两种方法,物理复配法制备过程较为简单。

椰子油作为一种具有独特椰香风味和富含中碳链脂肪酸甘油三酯(MCT)的功能性油脂,其在室温及以下温度易形成结晶结构^[9-10],是一种较为理想的植脂奶油基料油,将消化率较高、富含不饱和脂肪酸及 α -生育酚等生物活性物质的葵花籽油^[11]与椰子油进行复配,除了具有脂肪酸组成互补作用外,还有利于改善椰子油的结晶性能,从而提高植脂奶油的相关特性。植脂奶油作为一种乳液体系,乳化剂在植脂奶油的制备过程中起着关键作用,其可以通过改善油-水界面性能来提升植脂奶油的品质及相关加工特性,但现有的相关研究主要集中于蛋白质与小分子乳化剂复配后对植脂奶油稳定性和油脂结晶性质影响的研究^[12-13]。作为天然的乳化剂, β -环糊精和大豆卵磷脂具有来源广泛、绿色安全等优点,其中 β -环糊精已被应用于 Pickering 乳液的制备中^[14],且 β -环糊精的成本较低,因此其可以在一定程度上代替蛋白质来制备植脂奶油。另外, β -环糊精与大豆卵磷脂可以形成包合物^[15],从而在一定程度上有利于改善乳液界面特性,但有关二者作为复配乳化剂对植脂奶油制备及其体系稳定

性的影响尚缺少相关的研究。

本研究以椰子油与葵花籽油的混合油为基料油, β -环糊精与大豆卵磷脂为复合乳化剂,采用物理复配法制备植脂奶油,采用单因素试验探究水分含量、 β -环糊精与大豆卵磷脂添加量对植脂奶油持水性、持油性、稳定性的影响,并采用响应面试验进行工艺条件优化,以期为椰子油、葵花籽油等植物油应用于制备营养健康型及感官与风味均良好的植脂奶油提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 原料与试剂

椰子油,购于海南文昌农贸市场;葵花籽油,上海佳格食品有限公司; β -环糊精、大豆卵磷脂,阿拉丁试剂(上海)有限公司。

1.1.2 仪器与设备

电子分析天平,奥豪斯仪器有限公司;XHF-DY 高速分散器,宁波新芝生物科技股份有限公司;Turbisan Lab 多重光散射仪,法国 Formulacion 公司;H1750R 高速台式冷冻离心机,湖南湘仪实验室仪器开发有限公司;DHP-9052B 电热恒温培养箱,上海一恒科学仪器有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 植脂奶油的制备

称取一定质量的 β -环糊精溶于 80℃ 水中作为水相,将椰子油与葵花籽油按质量比 1:1 混合后搅拌加热至 110℃,加入一定量大豆卵磷脂溶于其中作为油相,待大豆卵磷脂完全熔化后,按照一定的油水相质量比将油相缓慢加入水相,并在 80℃ 下使用高速分散器在 6 000 r/min 下高速剪切 3 min,置于 4℃ 熟化 24 h 后,得到植脂奶油。

1.2.2 植脂奶油持油性与持水性的测定

参考 Yi 等^[16]的方法测定植脂奶油的持水性和持油性。取 8 mL 于 25℃ 培养箱中储藏 2 d 的植脂奶油样品于已称质量的 10 mL 离心管中,称其质量。然后在 25℃ 下以 9 167 × g 离心 15 min,静置吸取析出的油(水)并称取离心管和剩余样品质量,按式(1)计算持油性(持水性)。

$$x = \frac{m_c - m_a}{m_b - m_a} \times 100\% \quad (1)$$

式中: x 为持油性(持水性); m_a 为空离心管的质量,g; m_b 为离心管和植脂奶油样品总质量,g; m_c 为水(油)排出后离心管和植脂奶油样品总质量,g。

1.2.3 植脂奶油稳定性分析

将植脂奶油加入多重光散射仪配套样品瓶后,

将样品瓶放入分析仪中,在 25 ℃ 下测试,每 25 s 扫描 1 次,共扫描 3 h,测试植脂奶油体系的稳定性动力学指数(TSI),并对分析具有代表性体系的光散射强度随样品高度变化的图谱,以分析不同条件下植脂奶油体系内微观特征的变化和发生不稳定的原因。考虑到样品不透光,只分析样品的背散射光强度变化(Δ BS)图谱。

1.2.4 数据处理

使用 SPSS Statistics 23 软件进行数据分析,采用 Origin 2018 作图,使用 Design - Expert V8.0.6 软件进行响应面分析。每个试验重复 3 次。

2 结果与讨论

2.1 植脂奶油制备单因素试验

2.1.1 水分含量对植脂奶油制备的影响

在 β -环糊精添加量 6% (以体系总质量计)、大豆磷脂添加量 1% (以体系总质量计) 条件下,研究水分含量对植脂奶油制备的影响。

2.1.1.1 对持油性和持水性的影响

表 1 为不同水分含量(乳化体系中水的质量占比)下植脂奶油的持油性和持水性。

表 1 不同水分含量下植脂奶油的持油性和持水性

水分含量/%	持油性/%	持水性/%
16	29.8 ± 0.9 ^a	39.9 ± 0.7 ^a
24	84.6 ± 0.6 ^d	80.4 ± 0.4 ^d
32	88.8 ± 0.3 ^e	85.4 ± 0.7 ^e
40	80.8 ± 0.6 ^e	63.8 ± 0.4 ^e
48	80.2 ± 0.6 ^b	55.4 ± 0.9 ^b

注:同列不同字母表示差异显著($p < 0.05$)。下同

持油性和持水性是评价植脂奶油宏观性质的重要指标,持油性和持水性越高,体系的结构越稳定。由表 1 可知,随着水分含量的增加,植脂奶油的持油性和持水性均呈现先增大后减小的趋势,在水分含量为 32% 时持油性和持水性均最高,分别为 88.8% 和 85.4%。这是因为水分含量较小时,不足以与油相发生乳化形成稳定的乳液体系,造成体系的持油性与持水性均较低;水分含量过大时, β -环糊精在高水分含量下所形成的乳液体系容纳水相的能力较弱^[17],乳液稳定性较差,造成植脂奶油的持油性与持水性下降。

2.1.1.2 对稳定性的影响

图 1 为不同水分含量下植脂奶油的 TSI。

TSI 越低,说明乳液越稳定,反之乳液稳定性越差^[18-19]。由图 1 可知,随着水分含量的增加,TSI 呈现先下降后上升的趋势,当水分含量为 32% 时,TSI 最低,表明此时体系的稳定性最好,这与持油性

和持水性的研究结果一致。

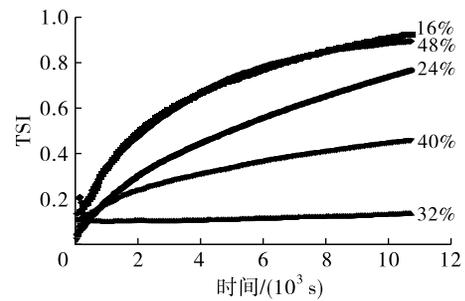
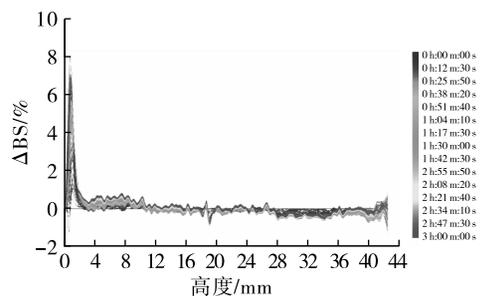
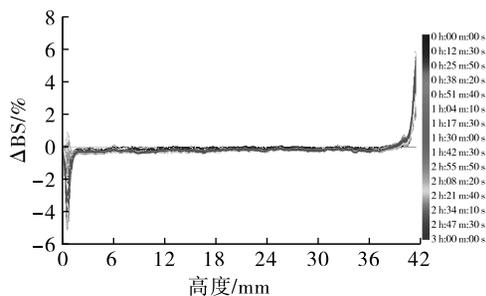


图 1 不同水分含量下植脂奶油的 TSI

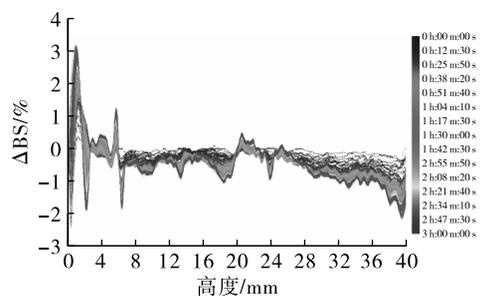
水分含量为 24%、32% 和 40% 植脂奶油的 Δ BS 图谱见图 2。



a) 水分含量 24%



b) 水分含量 32%



c) 水分含量 40%

图 2 不同水分含量下植脂奶油的 Δ BS 图谱

Δ BS 绝对值越小,乳液越稳定。由图 2 可知,在水分含量为 24% 时,样品底部的 Δ BS 较大,表明样品中出现了沉淀絮凝现象,这可能是由于水分含量较少,乳液体系易于在底部出现油滴的聚集而导致沉淀絮凝现象。水分含量为 32% 时,体系的 Δ BS 较小且稳定,表明该条件下植脂奶油的稳定性较好。水分含量为 40% 时,体系的 Δ BS 波动较大,乳液呈现出不稳定的现象,样品底部 Δ BS 增大,且样品负

峰宽度变大,表明此时乳液体系有较为明显的沉淀絮凝现象。

2.1.2 β -环糊精添加量对植脂奶油制备的影响

在水分含量 32%、大豆卵磷脂添加量 1% 条件下,研究 β -环糊精添加量对植脂奶油制备的影响。

2.1.2.1 对持油性和持水性的影响

表 2 为不同 β -环糊精添加量下植脂奶油的持油性和持水性。

表 2 不同 β -环糊精添加量下植脂奶油的持油性和持水性

β -环糊精添加量/%	持油性/%	持水性/%
3	64.5 ± 0.9 ^a	57.9 ± 0.8 ^a
4	72.8 ± 0.9 ^b	65.6 ± 0.6 ^{ab}
5	81.8 ± 1.2 ^c	71.3 ± 0.6 ^c
6	88.5 ± 0.3 ^c	85.0 ± 0.7 ^c
7	86.7 ± 0.8 ^d	76.6 ± 1.0 ^d

由表 2 可知,随着 β -环糊精添加量的增加,植脂奶油的持油性和持水性均呈现先增大后减小的趋势,在 β -环糊精添加量为 6% 时持油性和持水性均达到最大值,分别为 88.5% 和 85.0%。当 β -环糊精添加量过少时,因没有足够的 β -环糊精吸附于油-水界面上形成黏弹性界面膜以维持植脂奶油体系的稳定^[20],导致体系的持油性和持水性降低;但当 β -环糊精添加量超过 6% 时,过量的 β -环糊精分子在水相中发生自组装聚集而形成较大的聚集体颗粒^[21],使其不利于界面吸附,同时也可能会在局部形成絮凝聚集,使得体系的持油性和持水性降低。

2.1.2.2 对稳定性的影响

图 3 为不同 β -环糊精添加量下植脂奶油的 TSI。

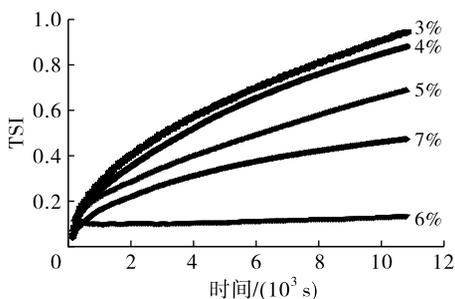


图 3 不同 β -环糊精添加量下植脂奶油的 TSI

由图 3 可知,随着 β -环糊精添加量的增加,植脂奶油的 TSI 呈现先下降后上升的趋势,当 β -环糊精添加量为 6% 时,TSI 最低,表明此时体系的稳定性最好,这与持油性和持水性的研究结果一致。

β -环糊精添加量为 5%、6% 和 7% 时植脂奶油的 Δ BS 图谱见图 4。

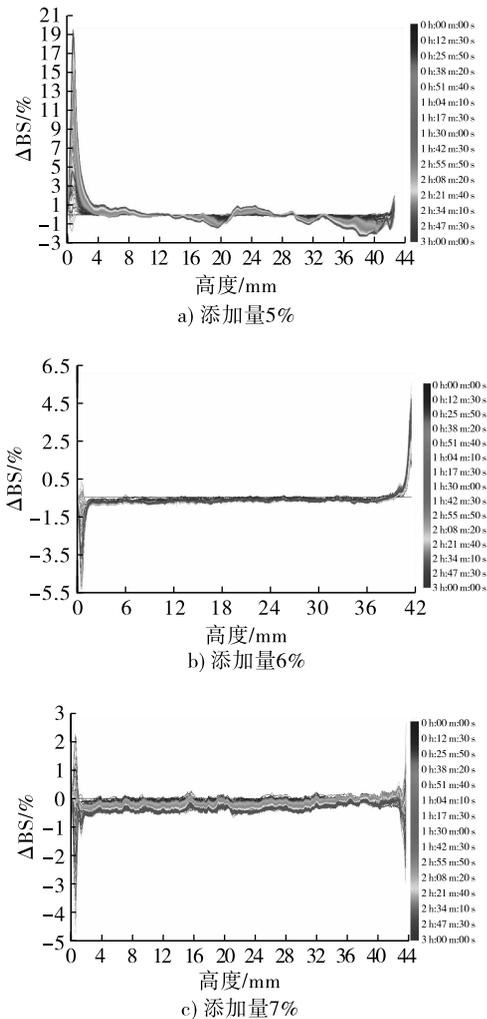


图 4 不同 β -环糊精添加量下植脂奶油的 Δ BS 图谱

由图 4 可知: β -环糊精添加量为 5% 时,样品在底部出现了强度较大的正峰,顶部附近出现了较宽范围的负峰,表明样品底部浓度上升而顶部浓度下降,可能是因为 β -环糊精添加量较少未能形成稳定的乳液体系,导致样品出现了析油与絮凝沉淀现象; β -环糊精添加量为 6% 时,样品只在底部和顶部出现强度较弱的峰,表明适量的 β -环糊精可以使样品的絮凝沉淀和析油状况得到缓解; β -环糊精添加量为 7% 时,样品顶部的峰强度增大且中部的峰形有一定波动,表明过量的 β -环糊精会促进植脂奶油中出现沉淀絮凝和析油等不稳定现象,这可能与过量未吸附至界面的 β -环糊精所导致的乳液损耗絮凝现象有关^[22]。

2.1.3 大豆卵磷脂添加量对植脂奶油制备的影响

在水分含量 32%、 β -环糊精添加量 6% 条件下,研究大豆卵磷脂添加量对植脂奶油制备的影响。

2.1.3.1 对持油性和持水性的影响

表 3 为不同大豆卵磷脂添加量下植脂奶油的持油性和持水性。

表3 不同大豆卵磷脂添加量下植脂奶油的持油性和持水性

大豆卵磷脂添加量/%	持油性/%	持水性/%
0	89.3 ± 0.3 ^d	84.8 ± 0.7 ^b
1	90.6 ± 0.4 ^{de}	88.5 ± 1.0 ^c
2	93.3 ± 0.7 ^e	90.4 ± 0.4 ^c
3	85.3 ± 0.8 ^c	84.8 ± 1.5 ^b
4	72.1 ± 0.5 ^b	81.7 ± 1.9 ^b
5	65.3 ± 0.8 ^a	73.6 ± 0.7 ^a

由表3可知,随着大豆卵磷脂添加量的增加,植脂奶油的持油性和持水性均先增大后降低,当大豆卵磷脂添加量为2%时持油性和持水性均最大。这是因为大豆卵磷脂具有较好的表面活性,能够快速吸附到油-水界面以降低界面压力^[23-24],从而使乳液稳定性增加,体系持油性和持水性增加;而大豆卵磷脂添加量过大时,其在油-水界面所形成的吸附层因不具有弹性而容易出现聚合现象,降低了界面黏弹特性,从而使植脂奶油的持油性和持水性降低^[25]。

2.1.3.2 对稳定性的影响

图5为不同大豆卵磷脂添加量下植脂奶油的TSI。

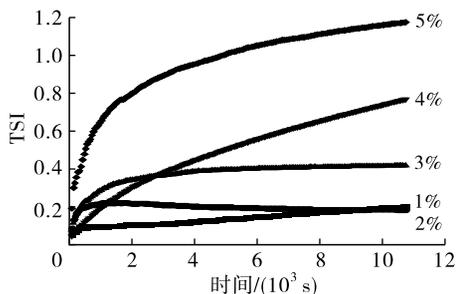


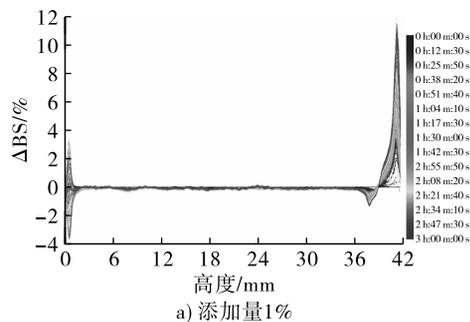
图5 不同大豆卵磷脂添加量下植脂奶油的TSI

由图5可知,当大豆卵磷脂添加量为1%和2%时,TSI较低,体系的稳定性较好,而随着大豆卵磷脂添加量的增加,TSI降低,体系的稳定性下降。

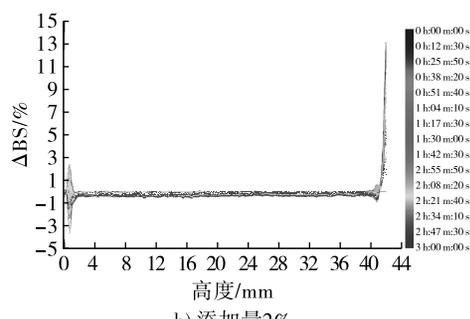
大豆卵磷脂添加量为1%、2%和3%时植脂奶油的 Δ BS图谱见图6。

由图6可知:大豆卵磷脂添加量为1%时,体系顶部峰的分布范围较宽,且 Δ BS较大;当大豆卵磷脂添加量为2%时,只是在体系底部与顶部出现较窄的峰,这可能是由于大豆卵磷脂添加量增大,大豆卵磷脂可以优先吸附于油-水界面,从而防止乳液发生絮凝和聚结现象,起到稳定乳液的作用;大豆卵磷脂添加量为3%时,体系底部与顶部出现较明显的分布范围较宽的峰,且中部也出现了轻微强度的正峰,表明此时的体系稳定性较差,

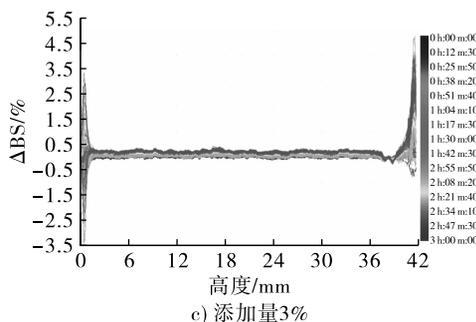
出现了絮凝沉淀和析油现象,这也说明大豆卵磷脂在较高浓度下与 β -环糊精在油-水界面处可能存在一定的竞争性吸附关系,不利于维持体系的稳定。



a) 添加量1%



b) 添加量2%



c) 添加量3%

图6 不同大豆卵磷脂添加量下植脂奶油的 Δ BS图谱

2.2 植脂奶油制备响应面试验优化

2.2.1 响应面试验结果

在单因素试验的基础上,以 β -环糊精添加量(A)、大豆卵磷脂添加量(B)、水分含量(C)为自变量,持油性(Y_1)和持水性(Y_2)为响应值进行三因素三水平响应面试验。响应面试验因素水平见表4,响应面试验设计与结果见表5,持油性和持水性方差分析分别见表6和表7。

表4 响应面试验因素水平

水平	A β -环糊精添加量/%	B 大豆卵磷脂添加量/%	C 水分含量/%
-1	5	1	24
0	6	2	32
1	7	3	40

表5 响应面试验设计与结果

试验号	A	B	C	$Y_1/\%$	$Y_2/\%$
1	-1	-1	0	63.3	75.8
2	0	1	1	52.1	51.3
3	0	0	0	92.3	88.5
4	0	0	0	93.7	90.4
5	-1	0	-1	61.2	74.9
6	-1	0	1	50.6	50.1
7	1	0	-1	76.2	81.9
8	0	0	0	88.8	89.1
9	0	0	0	91.8	88.2
10	0	-1	1	57.7	52.2
11	1	-1	0	82.1	79.2
12	0	-1	-1	79.0	80.6
13	-1	1	0	53.2	69.3
14	0	1	-1	70.2	72.4
15	1	0	1	60.1	61.1
16	0	0	0	89.6	87.9
17	1	1	0	65.1	73.2

采用 Design Expert 软件对表5 数据进行多元回归拟合,可得植脂奶油持油性和持水性的二次多元回归拟合方程: $Y_1 = 519.36 + 130.19A + 64.22B + 9.22C + 4.24AB + 0.51AC + 0.22BC - 10.80A^2 - 12.57B^2 - 0.21C^2 (R_{Adj}^2 = 0.9675)$; $Y_2 = 88.82 + 3.16A - 2.70B - 11.89C + 0.12AB + 1.00AC + 1.82BC - 5.79A^2 - 8.66B^2 - 16.04C^2 (R_{Adj}^2 = 0.9835)$ 。

表6 持油性方差分析

方差来源	平方和	自由度	均方	F	p
模型	3 764.66	9	418.30	47.83	<0.000 1**
A	382.68	1	382.68	43.76	0.000 3**
B	213.93	1	213.93	24.46	0.001 7**
C	544.50	1	544.50	62.26	<0.000 1**
AB	12.11	1	12.11	1.38	0.277 7
AC	7.81	1	7.81	0.89	0.376 1
BC	2.36	1	2.36	0.27	0.619 7
A ²	826.27	1	826.27	94.49	<0.000 1**
B ²	534.65	1	534.65	61.14	0.000 1**
C ²	971.65	1	971.65	111.11	<0.000 1**
残差	61.21	7	8.74		
失拟项	45.27	3	15.09	3.79	0.115 6
纯误差	15.95	4	3.99		
总离差	3 825.87	16			

注: * 为差异显著 ($p < 0.05$); ** 为差异极显著 ($p < 0.01$)。下同

由表6 可知,模型 $p < 0.01$, 差异极显著,模型失拟项 $p > 0.05$, 不显著,说明回归模型拟合程度较好。一次项 A、B、C 及二次项 A²、B²、C² 差异极显著 ($p < 0.01$)。由 F 值可知,各因素对植脂奶油持油

性影响程度大小为水分含量 (C) > β -环糊精添加量 (A) > 大豆卵磷脂添加量 (B)。

表7 持水性方差分析

方差来源	平方和	自由度	均方	F	p
模型	2 967.15	9	329.68	107.01	<0.000 1**
A	80.01	1	80.01	25.97	0.001 4**
B	58.32	1	58.32	18.93	0.003 4**
C	1 130.50	1	1 130.50	366.95	<0.000 1**
AB	0.06	1	0.06	0.02	0.890 8
AC	4.00	1	4.00	1.30	0.292 0
BC	13.32	1	13.32	4.32	0.076 1
A ²	140.91	1	140.91	45.74	0.000 3**
B ²	315.77	1	315.77	102.50	<0.000 1**
C ²	1 082.62	1	1 082.62	351.41	<0.000 1**
残差	21.57	7	3.08		
失拟项	17.66	3	5.89	6.02	0.057 7
纯误差	3.91	4	0.98		
总离差	2 988.71	16			

由表7 可知,模型 $p < 0.01$, 失拟项 $p > 0.05$, 说明回归模型拟合程度较好。一次项 A、B、C 和二次项 A²、B²、C² 影响极显著 ($p < 0.01$)。由 F 值可知,各因素对植脂奶油持水性影响程度大小为水分含量 (C) > β -环糊精添加量 (A) > 大豆卵磷脂添加量 (B)。

2.2.2 最优工艺条件确定和验证

根据所建立的持油性响应面回归模型可得植脂奶油持油性最高时的最优条件工艺条件为 β -环糊精添加量 6.0%、大豆卵磷脂添加量 1.1%、水分含量 38.0%, 在此条件下持油性的理论值为 100%。为验证模型的可靠性,在最优工艺条件下进行 3 次验证试验,持油性平均值为 98.9%, 与理论预测值之间相对误差在 $\pm 5\%$ 之内,说明该模型可用于实际值预测,此时的持水性为 93.8%。

根据所建立的持水性响应面回归模型可得植脂奶油持水性最高时的最优工艺条件为 β -环糊精添加量 6.44%、大豆卵磷脂添加量 2.09%、水分含量 28.44%, 在此条件下持水性的理论值为 90.6%。为验证模型的可靠性,在最优工艺条件下进行 3 次验证试验,持水性平均值为 89.5%, 与理论预测值之间相对误差在 $\pm 5\%$ 之内,说明该模型可用于实际值预测,此时的持油性为 89.3%。

综上所述,确定植脂奶油最优制备工艺条件为 β -环糊精添加量 6.0%、大豆卵磷脂添加量 1.1%、水分含量 38.0%, 在此条件下体系的持油性和持水性分别达到 98.9% 和 93.8%。

3 结论

以椰子油和葵花籽油混合油(质量比 1:1)作为基料油,以 β -环糊精和大豆卵磷脂为复合乳化剂制备植脂奶油,通过单因素试验考察了 β -环糊精添加量、大豆卵磷脂添加量、水分含量对植脂奶油持油性、持水性和稳定性的影响。在此基础上,以持油性和持水性为响应值,通过响应面试验对制备工艺条件进行优化,得到植脂奶油最优制备工艺条件为 β -环糊精添加量 6.0%、大豆卵磷脂添加量 1.1%、水分含量 38.0%,在此条件下体系的持油性和持水性分别达到 98.9% 和 93.8%。本研究所制备的植脂奶油是一种潜在的营养健康植脂奶油。

参考文献:

- [1] 李双双, 刘晓见, 李艳娜. 中国人造奶油的现状与发展趋势[J]. 中国油脂, 2004, 29(5): 14-16.
- [2] 罗帅, 张震, 张宁, 等. 大豆油与极度氢化棕榈油填充床酯交换法制备人造奶油基料油的中试研究[J]. 中国油脂, 2018, 43(5): 1-6.
- [3] SANTOS L A T, CRUZ R, CASAL S. *Trans* fatty acids in commercial cookies and biscuits: An update of Portuguese market[J]. Food Contr, 2015, 47: 141-146.
- [4] HWANG H S, SINGH M, BAKOTA E L, et al. Margarine from organogels of plant wax and soybean oil[J]. J Am Oil Chem Soc, 2013, 90(11): 1705-1712.
- [5] 王一川, 邓梓萌, 毛立科. 基于蜂蜡油凝胶的植物奶油制备与性质表征[J]. 食品科学, 2022, 43(10): 43-50.
- [6] 王冲, 王俏君, 马国丽, 等. 油凝胶替代固体脂肪在食品中应用研究进展[J]. 粮食与油脂, 2023, 36(1): 12-16.
- [7] 温小荣, 周二晓, 袁媛, 等. 工业酶法和化学法酯交换在油脂改性应用中的比较[J]. 中国油脂, 2020, 45(5): 78-81.
- [8] SIVAKANTHAN S, MADHURITH T. Current trends in applications of enzymatic interesterification of fats and oils: A review[J/OL]. LWT - Food Sci Technol, 2020, 132: 109880[2023-03-21]. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109880>.
- [9] 李瑞, 李枚秋, 夏秋瑜, 等. 原生态椰子油的功能性质及应用[J]. 中国油脂, 2007, 32(10): 10-13.
- [10] 袁向华, 李琳, 李冰, 等. 利用酯交换法改进棕榈油硬脂的加工性能[J]. 中国油脂, 2007, 32(1): 32-34.
- [11] 唐文婷, 蒲传奋. 葵花籽油的氧化稳定性研究[J]. 粮油食品科技, 2011, 19(6): 19-22.
- [12] 黎永豪, 廖滔, 蔡勇建, 等. 不同亲水基团的亲油性乳化剂对混合油脂结晶及淡奶油稳定性的影响[J]. 食品科学, 2023, 44(22): 1-8.
- [13] 李扬, 李妍, 李栋, 等. 搅打稀奶油品质及其影响因素的研究进展[J]. 食品科学, 2022, 43(15): 327-335.
- [14] TIAN Y, YUAN C, CUI B, et al. Pickering emulsions stabilized by β -cyclodextrin and cinnamaldehyde essential oil/ β -cyclodextrin composite: A comparison study [J/OL]. Food Chem, 2022, 377: 131995[2023-03-21]. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131995>.
- [15] WANG X, LUO Z, XIAO Z. Preparation, characterization, and thermal stability of β -cyclodextrin/soybean lecithin inclusion complex[J]. Carbohydr Polym, 2014, 101: 1027-1032.
- [16] YI B, KIM M J, LEE S Y, et al. Physicochemical properties and oxidative stability of oleogels made of carnauba wax with canola oil or beeswax with grapeseed oil [J]. Food Sci Biotechnol, 2017, 26(1): 79-87.
- [17] 李学红, 陆勇, 郝晓萍, 等. 环糊精稳定紫苏籽油 Pickering 乳液的制备及其稳定性[J]. 中国粮油学报, 2019, 34(12): 59-64.
- [18] 冯建国, 郁倩瑶, 史雅丽, 等. Turbiscan Lab 分散稳定性分析仪研究异丙甲草胺水乳剂物理稳定性[J]. 中国农业大学学报, 2015, 20(6): 152-159.
- [19] 朱巧梅, 韩湘, 郇金龙, 等. 乳化剂与内水相镁盐浓度对油包水乳液稳定性的影响[J]. 农业机械学报, 2015, 46(8): 217-223.
- [20] 朱凯, 徐雪姣, 杨会成, 等. β -环糊精稳定南极磷虾油 Pickering 乳液的制备及其稳定性的研究[J]. 水产学报, 2022, 46(3): 466-474.
- [21] HU Y, QIU C, JIN Z, et al. Pickering emulsions with enhanced storage stabilities by using hybrid β -cyclodextrin/short linear glucan nanoparticles as stabilizers [J/OL]. Carbohydr Polym, 2020, 229: 115418[2023-03-21]. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115418>.
- [22] ESLAMI P, DAVARPANAH L, VAHABZADEH F. Encapsulating role of β -cyclodextrin in formation of Pickering water-in-oil-in-water (W1/O/W2) double emulsions containing *Lactobacillus delbrueckii*[J]. Food Hydrocolloid, 2017, 64: 133-148.
- [23] YANG Y, LESER M E, SHER A A, et al. Formation and stability of emulsions using a natural small molecule surfactant: *Quillaja* saponin (Q-Naturale®)[J]. Food Hydrocolloid, 2013, 30(2): 589-596.
- [24] GARCÍA-MORENO P J, FRISENFELDT HORN A, JACOBSEN C. Influence of casein-phospholipid combinations as emulsifier on the physical and oxidative stability of fish oil-in-water emulsions[J]. J Agric Food Chem, 2014, 62(5): 1142-1152.
- [25] DAMMAK I, DO AMARAL SOBRAL P J. Investigation into the physicochemical stability and rheological properties of rutin emulsions stabilized by chitosan and lecithin[J]. J Food Eng, 2018, 229: 12-20.