

初榨椰子油添加量对植脂稀奶油搅打前后品质的影响

黎明珠^{1,2}, 宋菲^{2,3}, 唐敏敏^{2,3}, 王挥^{2,3}, 阚金涛^{2,3}, 张玉锋^{2,3}

(1. 华中农业大学食品科学技术学院, 武汉 430000; 2. 中国热带农业科学院椰子研究所, 海南文昌 571339;

3. 海南省椰子深加工工程技术研究中心/椰子国家工程研究中心, 海南文昌 571339)

摘要:旨在解决植脂搅打稀奶油反式脂肪酸含量较高的问题,以初榨椰子油为油相制备零反式脂肪酸植脂搅打稀奶油,研究其添加量(28%~36%)对稀奶油搅打前后品质的影响,并与市售植脂稀奶油打发后的样品进行质构特性、裱花形态及感官品质方面的对比。结果表明,随着初榨椰子油添加量的增加,稀奶油搅打时间逐渐缩短,搅打起泡率和泡沫稳定性呈现先增大后减小的趋势,表观黏度增大,搅打稀奶油脂肪球体积平均粒径、脂肪部分聚结率增大。最适初榨椰子油添加量为32%,此时稀奶油搅打时间为122 s,搅打起泡率最高(95.86%),泡沫稳定性最佳(94.58%),搅打稀奶油质构特性(硬度、内聚性、弹性、胶黏性、咀嚼性)和感官得分与市售植脂稀奶油打发后的样品均无显著差异,搅打稀奶油裱花后具有锋利的边缘和坚挺的峰,25℃放置1 h后无乳清析出现象,且未检出反式脂肪酸。综上,以初榨椰子油为油相制备植脂搅打稀奶油,克服了传统植脂搅打稀奶油反式脂肪酸含量较高的问题,可满足消费者对营养和健康的追求。

关键词:初榨椰子油;搅打稀奶油;零反式脂肪酸;搅打性能

中图分类号:TS225.6;TS207.7 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2025)03-0116-08

Effect of virgin coconut oil dosage on the quality of vegetable-fat cream before and after whipping

LI Mingzhu^{1,2}, SONG Fei^{2,3}, TANG Minmin^{2,3}, WANG Hui^{2,3},
KAN Jintao^{2,3}, ZHANG Yufeng^{2,3}

(1. College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430000, China;

2. Coconut Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Wenchang

571339, Hainan, China; 3. Hainan Engineering Center of Coconut Further Processing/National

Engineering Research Center of Coconut, Wenchang 571339, Hainan, China)

Abstract: In order to solve the problem of high *trans* fatty acid content in vegetable-fat whipped cream, the whipped cream with zero *trans* fatty acid was prepared with virgin coconut oil as the oil phase. The effects of virgin coconut oil dosage (28%–36%) on the quality of the cream before and after whipping were studied, and the texture characteristics, decoration performance and sensory quality of the whipped cream were compared with those of the commercial vegetable-fat whipped cream. The results indicated that with the increase of virgin coconut oil dosage, the whipping time of the cream gradually shortened, the foaming rate and foam stability of the cream showed a trend of first increasing and then decreasing, and the apparent viscosity of the cream increased. The average particle size of the fat globules, and the

fat partial coalescence rate of the whipped cream both increased. The optimum virgin coconut oil dosage was 32%. At this time, the whipping time of the cream was 122 s, the whipping foaming rate of the cream was the highest (95.86%), the stability of foam was the best (94.58%), and there were no significant differences in textural

收稿日期:2023-09-23;修回日期:2024-10-12

基金项目:中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(1630152023008,1630152022002)

作者简介:黎明珠(1999),女,硕士研究生,研究方向为食品工程(E-mail)1678107196@qq.com。

通信作者:王挥,副研究员,硕士生导师(E-mail)wang-h0307@163.com。

properties (hardness, cohesiveness, elasticity, gumminess, chewiness) and sensory scores between the whipped cream and the commercial vegetable – fat whipped cream. The whipped cream had sharp edges and firm peaks, and there was no whey separation after being placed at 25 °C for 1 h. And no *trans* fatty acids were detected in the cream. In conclusion, preparing vegetable – fat whipped cream with virgin coconut oil as the oil phase overcomes the problem of high *trans* fatty acids content in traditional vegetable – fat whipped cream, which can satisfy the consumer's pursuit of nutrition and health.

Key words: virgin coconut oil; whipped cream; zero *trans* fatty acids; whipping performance

植脂搅打稀奶油通常是由植物油脂、亲水胶体、乳化剂、水等加工制成水包油(O/W)型乳浊液(植脂稀奶油),再经机械搅打后形成的具有复杂泡沫结构的产品^[1]。除水分外,油脂是植脂稀奶油中决定其搅打性能及品质的重要组分。但目前市售植脂稀奶油中油脂原料多为氢化植物油。虽然氢化油热稳定性和可塑性强,能够赋予搅打稀奶油产品所需的硬度和良好的稳定性,但氢化油(部分氢化)中含有大量反式脂肪酸,食用后不仅会影响婴幼儿生长发育,还会提高人类患心血管疾病、糖尿病以及癌症的几率,严重危害人体健康^[2-5]。因此,有研究将油脂进行酯交换等改性处理^[6]或极度氢化处理^[7],以期寻找可以代替氢化植物油的原料,但生产中这些改性处理存在反应时间长、设备利用率低、工艺复杂、成本高等诸多弊端^[8]。因此,研究开发高品质零反式脂肪酸植脂搅打稀奶油是顺应我国奶油行业发展需求,保障人类健康的必然发展趋势。

初榨椰子油(Virgin coconut oil)是指从成熟新鲜椰肉中压榨制得的口感好、营养丰富,可直接食用的油脂。初榨椰子油不经脱色、脱臭等精炼工艺,具有椰香浓郁、易消化、易储藏、不易氧化变质等优点,在食品中应用广泛^[9]。初榨椰子油富含中链脂肪酸,如辛酸、癸酸、月桂酸,其中月桂酸占总脂肪酸含量的 44% ~ 54%^[10],具有抗菌、抗炎、抗糖尿病^[11-13]等作用。目前,已有研究将椰子油氢化或将椰子油与其他油脂复配以生产新型植脂稀奶油^[14],但尚未见关于将单一初榨椰子油作为搅打稀奶油油相的报道。因此,本文以初榨椰子油替代传统氢化植物油作为油脂来源,探究其添加量对稀奶油打发特性及搅打稀奶油品质的影响,以期为高品质零反式脂肪酸植脂搅打稀奶油的生产及应用提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 实验材料

初榨椰子油,中国热带农业科学院椰子研究所实验室自制;单甘酯(食品级),佳力士添加剂(海

安)有限公司;SE-11 蔗糖酯,杭州瑞霖化工有限公司;羧甲基纤维素钠,上海长光企业发展有限公司;麦芽糊精(食品级),山东西王糖业有限公司;市售植脂稀奶油,维益食品有限公司;油红-O,上海泛柯实业有限公司;石油醚(色谱级/ACS 级),萨恩化学技术(上海)有限公司;37 种脂肪酸甲酯混标,北京曼哈格生物科技有限公司。

AM-SP105 型手持混合器;MCR102e 型安东帕 Anton Paar 流变仪;8890 气相色谱仪,安捷伦科技(中国)有限公司;BT-9300S 激光粒度分析仪;AH-2010 均质机;Lambda265 紫外可见分光光度计,Perkin Elmer 股份有限公司;TMS-PRO 食品物性分析仪;Avanti J-26S 高速冷冻离心机,贝壳曼库尔特(美国)有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 搅打稀奶油的制备

将一定比例(28% ~ 36%)的初榨椰子油与单甘酯(0.25%)、蔗糖酯(0.05%)、麦芽糊精(2.00%)、羧甲基纤维素钠(0.20%)以及黄原胶(0.10%)混合均匀得油相,将去离子水加热至 85 °C 为水相。将水相缓缓加入到油相(油相与水相总质量占比为 100%)中,用手持混合器以最低转速(150 r/min)搅拌 1 min,使油相和水相充分混匀,在 85 °C 下水浴保温 5 min,乳化完成后将乳浊液在 10 MPa 下均质 2 次,随后快速冷却至 10 °C 左右,冷却后的样品于 4 °C 下冷藏老化 24 h,即得椰子油基稀奶油(简称“稀奶油”)。

取 200 mL 4 °C 的稀奶油于搅拌容器内,使用手持混合器以 150 r/min 进行搅打并计时,以能够形成坚挺的锥形产品为搅打终点,即得椰子油基搅打稀奶油(简称“搅打稀奶油”)。

1.2.2 搅打起泡率测定

参考王吉栋^[15]的方法,并作适当修改。将搅打稀奶油和稀奶油分别填充到同体积塑料皿中,使其完全充满塑料皿,并用刮刀将表面抹平,按式(1)计算搅打起泡率(Y),每个样品重复测定 3 次。

$$Y = (m_1 - m_2) / m_2 \times 100\% \quad (1)$$

式中： m_1 为同体积稀奶油的质量，g； m_2 为同体积搅打稀奶油的质量，g。

1.2.3 粒径分布测定

参考陈雨杭等^[16]的方法，并稍作修改。采用激光粒度分析仪分别测定稀奶油搅打前后的粒径分布和体积平均粒径($D_{[4,3]}$)。使用去离子水作为分散相，样品的吸收率和折射率分别设置为 0.001 和 1.449，连续相的折射率设置为 1.330，每个样品重复测定 3 次。

1.2.4 流变特性测定

利用流变仪测定稀奶油的流变特性。取 25 mL 稀奶油于直径 27 mm 的同心圆筒转子，测定剪切速率从 0.01 s^{-1} 增至 10 s^{-1} 过程中样品的表观黏度变化情况。

1.2.5 泡沫稳定性测定

参考王吉栋^[15]的方法，并作适当修改。取一定质量搅打稀奶油($m_{\text{泡沫}}$)置于筛网上，在 30°C 恒温培养箱中放置 1 h，记录滴下的乳清质量($m_{\text{乳清}}$)，按式(2)计算泡沫稳定性(W)，每个样品重复测定 3 次。

$$W = (m_{\text{泡沫}} - m_{\text{乳清}}) / m_{\text{泡沫}} \times 100\% \quad (2)$$

1.2.6 脂肪部分聚结率测定

参照袁佩佩等^[17]的方法，并作适当修改。精确称取 0.005 g 油红-O，加至 500 g 玉米油中，避光条件下以 100 r/min 搅拌 12 h 使其完全溶解，得油红-O 溶液。准确称取 12 g 搅打稀奶油样品和 4 g 油红-O 溶液于离心管中，混匀，10 000 r/min 离心 30 min，移取上层澄清透明的红色油液于比色皿中，在 520 nm 波长下测定吸光值。按式(3)计算脂肪部分聚结率(Φ_d)，每个样品重复测定 3 次。

$$\Phi_d = m_0 (A_1 / A_2 - 1) / (m_e \times \Phi) \quad (3)$$

式中： m_0 为油红-O 溶液的质量，g； A_1 为油红-O 溶液的吸光值； A_2 为上层澄清透明的红色油液的吸光值； m_e 为搅打稀奶油质量，g； Φ 为搅打稀奶油中脂肪质量分数(按照添加油脂的比例代入计算)。

1.2.7 质构特性及裱花形态测定

质构特性：将搅打稀奶油置于测定容器中，采用食品物性分析仪测定搅打稀奶油及市售植脂稀奶油打发后样品的硬度、内聚性、弹性、胶黏性、咀嚼性。测定条件：感应元附件为 250 N，探头回升到样品表面上方的高度 70 mm，形变量 30%，检测速度 30 mm/min，起始力 0.2 N。每个样品重复测定 3 次。

裱花形态：将搅打稀奶油及市售植脂稀奶油打发后的样品置于裱花枪中，选择相同的花嘴裱花塑形，观察裱花后的奶油形态，并在 25°C 放置 1 h 后，

观察奶油表面的光泽、纹路清晰程度以及析水情况。

1.2.8 感官品质测定

根据搅打稀奶油感官评价表(表 1)，由经过培训的 10 名非实验人员组成评价小组，分别对不同初榨椰子油添加量搅打稀奶油及市售植脂稀奶油打发后样品的口感、光泽、组织状态等进行评鉴并打分。

表 1 搅打稀奶油感官评价

Table 1 Sensory scoring for the whipped cream

感官指标	程度分级	评分
入口即化感 (25 分)	入口即化	17 ~ 25
	入口融化较慢	8 ~ 16
	入口难融	1 ~ 7
口感 (20 分)	口感清爽	15 ~ 20
	口感略微发腻	7 ~ 14
	口感较腻	1 ~ 6
回味 (15 分)	回味清甜，且持续时间较久	11 ~ 15
	回味香气浅淡，持续时间短	6 ~ 10
	回味无香气	1 ~ 5
组织状态 (25 分)	组织细腻均匀，裱花纹路清晰	15 ~ 25
	质地较软或较硬，裱花模糊或粗糙	1 ~ 14
光泽 (15 分)	乳白色，色泽均一，有光泽	11 ~ 15
	存在细小颗粒，光泽较差	6 ~ 10
	存在较大粉质颗粒，无光泽	1 ~ 5

1.2.9 反式脂肪酸的测定

参考 GB 5009.168—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定》测定样品中反式脂肪酸含量。

1.2.10 数据分析

采用 Origin 2019b 软件进行绘图。采用 SPSS18.0 统计分析软件对实验结果进行方差分析， $p < 0.05$ 为差异显著。

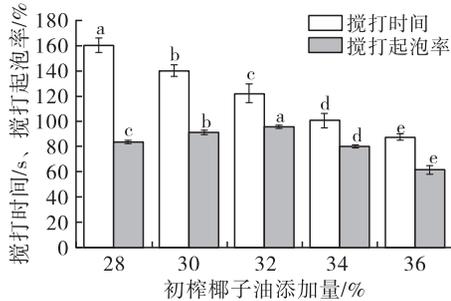
2 结果与分析

2.1 初榨椰子油添加量对稀奶油品质的影响

2.1.1 对搅打时间和搅打起泡率的影响

初榨椰子油添加量对稀奶油搅打时间及搅打起泡率的影响如图 1 所示。由图 1 可知，不同初榨椰子油添加量下稀奶油搅打时间在 87 ~ 160 s，在市售植脂稀奶油搅打时间(79 ~ 258 s)范围内。随着初榨椰子油添加量的增加，稀奶油形成稳定泡沫结构所需的搅打时间显著缩短($p < 0.05$)，这可能与脂肪球的部分聚结有关^[18]。当初榨椰子油添加量为 28% ~ 30% 时，稀奶油搅打时间在 140 ~ 160 s，此时脂肪球部分聚结速率慢，聚结程度低，因此需要较长的搅打时间以形成稳定的充气结构。当初榨椰子油添加量为 32% 时，稀奶油搅打时间为 122 s，而初榨

椰子添加量增加至36%时,稀奶油搅打时间显著缩短87 s,这主要是因为油脂含量增加后,稀奶油体系内脂肪球数量增多,此时吸附在脂肪球界面的小分子乳化剂数量减少,界面膜强度减弱,因此脂肪球的耐搅打能力下降,在剪切作用下更易发生部分聚结,从而缩短了搅打时间^[19]。



注:同一指标不同字母代表差异显著($p < 0.05$)。下同

Note: Different letters for the same indicator represent significant differences ($p < 0.05$). The same below

图1 初榨椰子油添加量对稀奶油搅打时间及搅打起泡率的影响

Fig. 1 Effect of virgin coconut oil dosage on whipped time and whipped foaming rate of cream

搅打起泡率是衡量稀奶油搅打后体积变化的重要指标,与稀奶油的配方、工艺及内部结构有关^[20]。搅打起泡率高则搅打稀奶油泡沫丰富,口感绵密,具有更高的经济价值^[15]。由图1可知,随着初榨椰子油添加量的增加,稀奶油的搅打起泡率呈现先增大后减小的趋势,在初榨椰子油添加量为32%时达到最大(95.86%),但仍低于市售植脂稀奶油(213%~328%)和市售乳脂稀奶油(92%~228%)^[16,21-22]的,在初榨椰子油添加量为36%时,稀奶油搅打起泡率降至最低(61.54%)。这可能是因为增加油脂含量,稀奶油体系内脂肪球数量增加,脂肪球部分聚结形成聚结体的数量也相应增加,促进了泡沫结构的形成;但过量增加油脂含量,会导致稀奶油表观黏度持续增大,阻碍气体的进入。这与刘莹等^[23]研究得出的随着花生油体用量的提高,稀奶油搅打起泡率先升高后降低的结果一致。

2.1.2 对粒径的影响

粒径可反映稀奶油的稳定性,通常来说粒径越小,稀奶油越稳定,其发生部分聚结的可能性越低^[24]。初榨椰子油添加量对稀奶油粒径分布的影响如图2所示。由图2可知,稀奶油的粒径分布由一个粒径较小的主峰和一个粒径较大的肩峰组成,且随着初榨椰子油添加量的增加,其肩峰所占面积也逐渐增加。当初榨椰子油添加量在28%~32%

范围内时,稀奶油的 $D_{[4,3]}$ (2.02~2.29 μm)相差不多,在市售冷藏型乳脂稀奶油产品 $D_{[4,3]}$ (1.34~3.56 μm)范围内,大于市售植脂稀奶油产品 $D_{[4,3]}$ (0.1~1.0 μm)^[16]。当初榨椰子油添加量增加至36%时,稀奶油粒径明显增大,其 $D_{[4,3]}$ 为3.14 μm 。这主要是因为油脂含量较多时,稀奶油体系内脂肪球数量较多,从而其表面吸附的乳化剂数量减少,此时虽然界面面积增大,但界面膜强度减弱,因此脂肪球之间易发生碰撞导致聚合形成大脂肪球,从而较大粒径所占的比例增加^[25]。

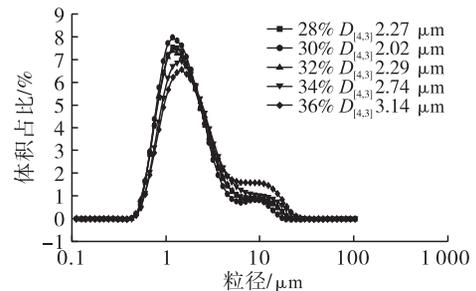


图2 初榨椰子油添加量对稀奶油粒径分布的影响

Fig. 2 Effect of virgin coconut oil dosage on particle size distribution of cream

2.1.3 对流变特性的影响

表观黏度与食品的风味及加工特性密切相关^[23],其在一定程度上还可反映稀奶油在搅打过程中脂肪球的聚集程度。稀奶油表观黏度越大,搅打时带来的阻力越大,从而导致体系内脂肪球的迁移速率下降,降低了由脂肪球聚集而产生的分层失稳现象,有利于稀奶油的保存,但不利于搅打^[26]。初榨椰子油添加量对稀奶油表观黏度的影响如图3所示。

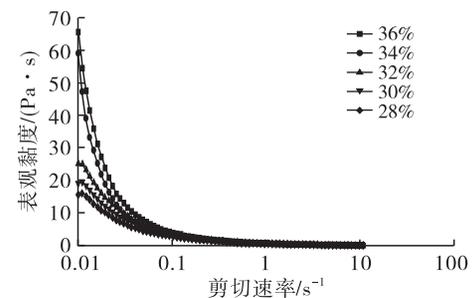


图3 初榨椰子油添加量对稀奶油表观黏度的影响

Fig. 3 Effect of virgin coconut oil dosage on apparent viscosity of cream

由图3可知,不同初榨椰子油添加量的稀奶油的表观黏度均随着剪切速率的增大而减小,呈现剪切稀化的性质,且初榨椰子油添加量越高,稀奶油表观黏度越大。初榨椰子油添加量在28%~32%范围时,稀奶油初始表观黏度为15.69~24.95 $\text{Pa}\cdot\text{s}$,

而当初榨椰子油添加量为 34% 时,稀奶油初始表观黏度显著增加至 58.92 Pa·s。这主要是因为油脂含量增加后,体系内脂肪球数量增加,体系流动阻力增大,且脂肪球数量增加会导致部分聚结形成的晶体网络结构更加稳固,在剪切力作用下脂肪球不易变形,导致稀奶油体系的表观黏度增大^[27]。

2.2 初榨椰子油添加量对搅打稀奶油品质的影响

2.2.1 对粒径的影响

初榨椰子油添加量对搅打稀奶油粒径分布的影响如图 4 所示。

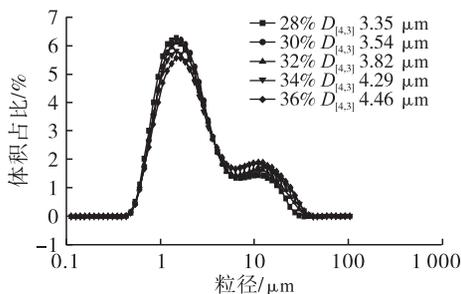


图 4 初榨椰子油添加量对搅打稀奶油粒径分布的影响

Fig. 4 Effect of virgin coconut oil dosage on particle size distribution of whipped cream

由图 4 可知,与稀奶油(图 2)相比,搅打稀奶油粒径分布向更大尺寸倾斜,其肩峰所占比例显著增加,且初榨椰子油添加量越高,其 $D_{[4,3]}$ 越大,表明大量脂肪球进一步聚结,当初榨椰子油添加量为 32% 时,搅打稀奶油的 $D_{[4,3]}$ 为 3.82 μm 。

2.2.2 对泡沫稳定性的影响

稀奶油搅打后,部分聚结的脂肪球、稳定剂在其内部会形成一个稳定的网络结构,包裹着稀奶油泡沫中的气体^[15]。但脂肪球内的脂肪结晶体会在外界影响下熔化,继而在重力作用下排出,导致稀奶油泡沫不稳定^[23]。初榨椰子油添加量对搅打稀奶油泡沫稳定性的影响如图 5 所示。

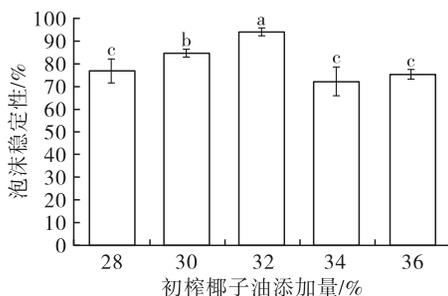


图 5 初榨椰子油添加量对搅打稀奶油泡沫稳定性的影响

Fig. 5 Effect of virgin coconut oil dosage on the foam stability of whipped cream

由图 5 可知,搅打稀奶油泡沫稳定性随初榨椰

子油添加量的增加总体呈现先增加后减小的趋势。其中初榨椰子油添加量为 32% 时搅打稀奶油泡沫稳定性最高(94.58%),不仅显著高于其他初榨椰子油添加量的($p < 0.05$),且与市售植脂稀奶油打发后样品的泡沫稳定性(96%~100%)和市售乳脂稀奶油打发后样品的泡沫稳定性(95%~100%)差距较小^[22,28]。当初榨椰子油添加量超过 32% 时,搅打稀奶油泡沫稳定性显著降低,在初榨椰子油添加量为 34% 时,泡沫稳定性最低,为 72.09%,这与脂肪的部分聚结有关^[23]。当油脂含量较低时,稀奶油体系内游离脂肪含量相对较少,部分聚结的脂肪球与气泡形成的网络结构强度较低,气泡易破裂,从而降低搅打稀奶油的泡沫稳定性^[25];而油脂含量过高时,稀奶油体系内脂肪球数量较多,在搅打机械力作用下脂肪球内液体脂肪与结晶脂肪被挤出,扩散在气泡表面,引起气泡破裂,不利于泡沫的稳定^[29]。

2.2.3 对脂肪部分聚结率的影响

稀奶油在搅打过程中引入气泡并聚集脂肪球,最终形成填充空间的三维网络结构,连接分散在水相中的相邻气泡,形成具有搅打特性的稀奶油产品^[30],因此脂肪球在气泡表面的吸附和部分聚结是形成搅打稀奶油泡沫结构的关键步骤^[31],同时也是评价搅打稀奶油稳定性及品质的重要指标。初榨椰子油添加量对搅打稀奶油脂肪部分聚结率的影响如图 6 所示。

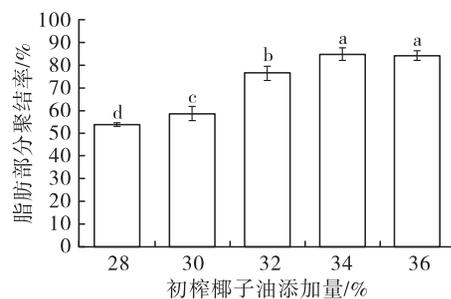


图 6 初榨椰子油添加量对搅打稀奶油脂肪部分聚结率的影响

Fig. 6 Effect of virgin coconut oil dosage on the fat partial coalescence rate of whipped cream

由图 6 可知,随着初榨椰子油添加量的增加,搅打稀奶油的脂肪部分聚结率显著增加($p < 0.05$)。这主要是由于油脂含量增加,体系中脂肪球数量随之增加,搅打过程中相邻脂肪球更易接近,从而脂肪球内部结晶更易刺破脂肪球界面膜形成桥联,促进部分聚结的发生^[25]。当初榨椰子油添加量为 32% 时,脂肪部分聚结率达到 73.79%,此时能形成稳定的脂肪网络结构。继续增加初榨椰子油添加量,脂肪部分聚结率超过 80%,此时聚结率较高,易

产生过度聚结形成粗大脂肪晶体,并导致搅打稀奶油泡沫稳定性降低且影响产品的感官品质^[32]。

2.2.4 对质构特性及裱花形态的影响

质构特性与裱花形态对搅打稀奶油的加工性能及食用品质至关重要。其中,硬度是评价搅打稀奶油品质及裱花可塑性的重要指标^[15],硬度过高其涂

抹性差,硬度过低则容易塌陷,硬度较好的样品,裱花后应具有锋利的边缘和坚挺的峰^[24]。表2与图7分别为不同初榨椰子油添加量的搅打稀奶油的质构特性与裱花形态及与市售植脂稀奶油打发后样品的对比。

表2 不同初榨椰子油添加量的搅打稀奶油质构特性及与市售植脂稀奶油打发后样品的对比
Table 2 Texture characteristics of whipped cream with different virgin coconut oil dosage and comparison with commercial vegetable-fat whipped cream

样品	硬度/N	内聚性	弹性/mm	胶黏性/N	咀嚼性/mJ
搅打稀奶油					
28% 椰子油	1.79 ± 0.04 ^c	0.97 ± 0.06 ^a	11.89 ± 0.42 ^a	1.61 ± 0.12 ^c	19.18 ± 1.87 ^c
30% 椰子油	2.04 ± 0.09 ^{bc}	0.84 ± 0.07 ^{ab}	12.01 ± 0.44 ^a	1.92 ± 0.18 ^{bc}	21.90 ± 1.66 ^{bc}
32% 椰子油	2.46 ± 0.06 ^b	0.80 ± 0.05 ^b	12.24 ± 0.58 ^a	2.27 ± 0.31 ^b	24.13 ± 2.30 ^{bc}
34% 椰子油	4.77 ± 0.21 ^a	0.66 ± 0.04 ^c	10.62 ± 0.53 ^b	3.17 ± 0.14 ^a	33.69 ± 2.60 ^a
36% 椰子油	4.45 ± 0.27 ^a	0.73 ± 0.02 ^{bc}	11.50 ± 0.44 ^{ab}	2.98 ± 0.16 ^a	34.46 ± 2.27 ^a
市售植脂稀奶油	2.23 ± 0.15 ^b	0.81 ± 0.03 ^b	11.98 ± 0.28 ^a	1.97 ± 0.21 ^{bc}	22.00 ± 1.66 ^{bc}

注:同列不同字母表示具有显著差异($p < 0.05$)。下同

Note: Different letters in the same column indicate significant differences ($p < 0.05$). The same below

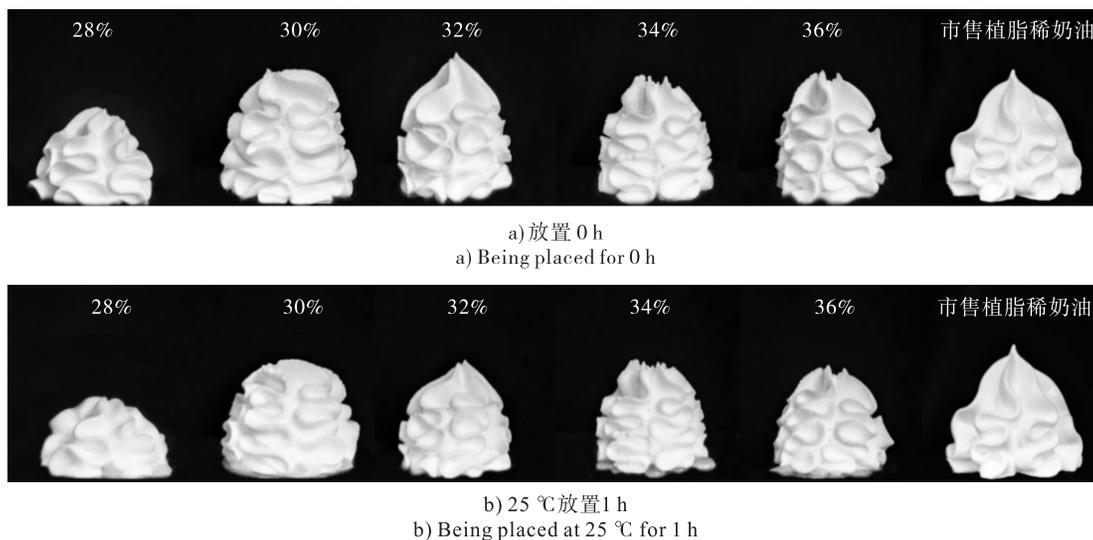


图7 不同初榨椰子油添加量的搅打稀奶油的裱花形态及与市售植脂稀奶油打发后样品的对比

Fig. 7 Decoration performance of whipped cream with different virgin coconut oil dosage and comparison with commercial vegetable-fat whipped cream

从表2可以看出,当初榨椰子油添加量为28%时,搅打稀奶油硬度最低,观察图7可知,在此添加量下搅打稀奶油裱花后较软,塑形能力较差,25 °C放置1 h后出现明显塌陷现象。而当初榨椰子油添加量在30%~32%范围时,其搅打稀奶油质构特性测定结果与市售植脂稀奶油打发后的样品无显著差异($p > 0.05$),且裱花后组织细腻、纹路清晰,特别是当初榨椰子油添加量为32%时,搅打稀奶油硬度适中,其裱花具有挺立的尖峰,25 °C放置1 h后无乳清析出现象。而当初榨椰子油添加量大于32%时,其搅打稀奶油硬度显著高

于其他初榨椰子油添加量的($p < 0.05$),且裱花后表面粗糙,不能形成挺立的尖峰,25 °C放置1 h后可观察到明显的乳清析出现象,裱花形态差于市售植脂稀奶油打发后样品的。这与2.2.3中脂肪部分聚结率的测定结果相关,即当初榨椰子油添加量为34%~36%时,搅打稀奶油部分聚结程度较高,此时搅打稀奶油内部能形成更加牢固的网络结构,从而增大硬度,影响裱花形态。由表2还可知,当初榨椰子油添加量为32%时,搅打稀奶油弹性最大,为12.24 mm,优于市售植脂稀奶油打发后样品的,这表明在该添加量下搅打稀奶油泡

沫受到外力作用后可恢复的程度最大,品质最佳,此时搅打稀奶油还具有适中的内聚性、胶黏性和咀嚼性。

2.2.5 对感官品质的影响

不同初榨椰子油添加量的搅打稀奶油与市售植脂稀奶油打发后样品的感官评价结果如表3所示。

表3 不同初榨椰子油添加量的搅打稀奶油与市售植脂稀奶油打发后样品的感官品质

Table 3 Sensory qualities of whipped cream with different coconut oil dosage and commercial vegetable-fat whipped cream

样品	得分					总分
	入口即化感	口感	回味	组织状态	光泽	
搅打稀奶油						
28% 椰子油	21.30 ± 1.26 ^{ab}	15.70 ± 0.96 ^a	12.30 ± 0.50 ^{cd}	11.20 ± 0.96 ^d	12.30 ± 0.96 ^b	72.80 ± 4.64 ^c
30% 椰子油	19.00 ± 2.16 ^{bc}	14.80 ± 0.95 ^a	13.00 ± 0.82 ^{bc}	18.20 ± 1.26 ^b	13.40 ± 0.96 ^{ab}	78.40 ± 6.15 ^{bc}
32% 椰子油	18.70 ± 1.50 ^{bc}	14.30 ± 0.96 ^a	13.30 ± 0.96 ^b	23.80 ± 0.95 ^a	14.20 ± 0.82 ^a	84.30 ± 5.14 ^{ab}
34% 椰子油	15.80 ± 0.96 ^c	8.30 ± 0.89 ^b	11.70 ± 0.50 ^d	13.30 ± 1.25 ^c	11.00 ± 0.50 ^c	60.10 ± 4.15 ^d
36% 椰子油	15.00 ± 0.82 ^c	4.00 ± 0.82 ^c	11.20 ± 0.50 ^d	8.70 ± 0.86 ^c	9.30 ± 0.86 ^d	48.20 ± 3.86 ^c
市售植脂稀奶油	23.50 ± 1.50 ^a	15.83 ± 1.76 ^a	14.80 ± 1.11 ^a	24.00 ± 1.32 ^a	14.67 ± 0.58 ^a	90.87 ± 1.50 ^a

由表3可知,随着初榨椰子油添加量的增加,搅打稀奶油的入口即化感明显变差,口感也愈发油腻。这主要是由于油脂用量增加后,体系内游离脂肪含量增加,而游离脂肪熔点高于乳化脂肪,因此搅打稀奶油油腻口感增强^[23]。当初榨椰子油添加量为32%时,搅打稀奶油口感、组织状态、光泽与市售植脂稀奶油打发后样品无显著差异($p > 0.05$),且未检出反式脂肪酸,但入口即化感与回味较市售植脂稀奶油打发后样品稍差,还可进一步改善,此时搅打稀奶油感官评分达到最高,为84.30分。因此,综合感官品质考虑,初榨椰子油最佳添加量为32%。

3 结论

采用初榨椰子油代替氢化植物油制作零反式脂肪酸搅打稀奶油,考察了不同初榨椰子油添加量对稀奶油搅打前后品质的影响,并比较其与市售植脂稀奶油打发后的样品在质构特性、裱花形态及感官品质方面的差异。结果表明,随初榨椰子油添加量的增加,稀奶油搅打时间逐渐缩短,搅打起泡率与泡沫稳定性均呈先增后减的趋势,均在初榨椰子油添加量为32%时达到最佳;在初榨椰子油添加量为32%时,稀奶油表观黏度为24.95 Pa·s,搅打稀奶油 $D_{[4,3]}$ 为3.82 μm ,硬度适中,裱花边缘清晰且有挺立的尖峰,感官评分与市售植脂稀奶油打发后的样品无显著差异。本研究为新型零反式脂肪酸植脂搅打稀奶油的制备提供了一定的理论参考,同时扩大了初榨椰子油在食品领域的应用。

参考文献:

[1] 赵强忠. 搅打稀奶油的搅打性能和品质的变化规律及其机理研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2006.
 [2] 金燕. 乳化剂对棕榈仁油基搅打奶油品质改善及机理探究[D]. 江苏 无锡: 江南大学, 2018.
 [3] OTENG A B, KERSTEN S. Mechanisms of action of *trans*

fatty acids[J]. *Adv Nutr*, 2020, 11(3): 697-708.
 [4] SALMERÓN J, HU F B, MANSON J E, et al. Dietary fat intake and risk of type 2 diabetes in women[J]. *Am J Clin Nutr*, 2001, 73(6): 1019-1026.
 [5] ISLAM M A, AMIN M N, SIDDIQUI S A, et al. *Trans* fatty acids and lipid profile: A serious risk factor to cardiovascular disease, cancer and diabetes[J]. *Diabetes Metab Syndr*, 2019, 13(2): 1643-1647.
 [6] 阮霞. 茶油基酶促酯交换制取零反式人造奶油的研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2013.
 [7] 于昕琪. 零反式脂肪酸粉末植脂奶油的制备及表征[D]. 江苏 无锡: 江南大学, 2017.
 [8] 于殿宇, 齐晓芬, 张如春, 等. 超临界 CO₂ 条件下大豆油极度氢化的研究[J]. *中国食品学报*, 2016, 16(12): 162-168.
 [9] 沈晓君, 李瑞, 邓福明, 等. 初榨椰子油在烘焙食品中的应用[J]. *中国油脂*, 2019, 44(8): 147-149.
 [10] 雷昌贵, 孟宇竹, 陈锦屏, 等. 初榨椰子油的营养成分和功效作用研究进展[J]. *中国油料作物学报*, 2023, 45(3): 454-461.
 [11] 梁准成, 杨继国, 刘冬蕲, 等. 月桂酸衍生物的合成与抑菌性的比较研究[J]. *现代食品科技*, 2015, 31(3): 84-90.
 [12] VARMA S R, SIVAPRAKASAM T O, ARUMUGAM I, et al. *In vitro* anti-inflammatory and skin protective properties of virgin coconut oil[J]. *J Tradit Complement Med*, 2019, 9(1): 5-14.
 [13] ĐURAŠEVIĆ S, JASNIĆ N, PROKIĆ M, et al. The protective role of virgin coconut oil on the alloxan-induced oxidative stress in the liver, kidneys and heart of diabetic rats[J]. *Food Funct*, 2019, 10(4): 2114-2124.
 [14] 王青松, 王会强, 张燕鹏, 等. 采用复合乳化剂制备椰子油-葵花籽油基植脂奶油的研究[J]. *中国油脂*, 2024, 49(5): 107-113.
 [15] 王吉栋. 加工工艺及添加剂对 UHT 搅打稀奶油品质的

- 影响研究[D]. 上海:上海海洋大学, 2022.
- [16] 陈雨杭, 谢朋凯, 范沁源, 等. 搅打稀奶油的乳液特征和打发性能研究[J]. 中国油脂, 2021, 46(12): 32-38.
- [17] 袁佩佩, 王文琼, 周吉阳, 等. 二次均质工艺中一次均质压力对黄油基搅打稀奶油品质的影响[J]. 现代食品科技, 2021, 37(10): 180-187.
- [18] NGUYEN V, DUONGC T M, VU V. Effect of thermal treatment on physical properties and stability of whipping and whipped cream[J]. J Food Eng, 2015, 163: 32-36.
- [19] 宋志鑫. 复配乳化剂对黄油基搅打稀奶油品质影响机制的研究及其应用[D]. 江苏扬州:扬州大学, 2023.
- [20] SOFJAN R P, HARTEL R W. Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream[J]. Int Dairy J, 2004, 14(3): 255-262.
- [21] 苏奕, 柴秀航, 韩宛君, 等. 油脂组成和结晶特性对奶油品质和搅打性能的影响[J]. 食品科学, 2024, 45(4): 50-59.
- [22] 魏雪丽. 乳脂基搅打稀奶油的品质稳定性研究[D]. 郑州:河南工业大学, 2023.
- [23] 刘莹, 赵路苹, 杨旭凤, 等. 花生油体对植脂搅打稀奶油性质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2023, 49(12): 113-119.
- [24] CAO Z, LIU Z, ZHANG H, et al. Protein particles ameliorate the mechanical properties of highly polyunsaturated oil-based whipped cream: A possible mode of action[J/OL]. Food Hydrocolloid, 2020, 99: 105350[2023-09-23]. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105350>.
- [25] 赵强忠, 龙肇, 苏国万, 等. 油脂用量对搅打稀奶油的搅打性能和品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2009, 35(5): 170-176.
- [26] 刘建华, 杜启伟, 丁玉庭. 两性离子型乳化剂对高能量乳液稳定性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(7): 88-94.
- [27] FUHRMANN P L, KALISVAART L C M, SALA G, et al. Clustering of oil droplets in O/W emulsions enhances perception of oil-related sensory attributes[J/OL]. Food Hydrocolloid, 2019, 97: 105215[2023-09-23]. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105215>.
- [28] 刘莹. 花生油体在搅打稀奶油中的应用研究[D]. 山东泰安:山东农业大学, 2022.
- [29] LIU P, HUANG L, LIU T, et al. Whipping properties and stability of whipping cream: The impact of fatty acid composition and crystallization properties[J/OL]. Food Chem, 2021, 347: 128997[2023-09-23]. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128997>.
- [30] ANDRADE J, ROUSSEAU D. Whipping properties of recombined, additive-free creams[J]. J Dairy Sci, 2021, 104(6): 6487-6495.
- [31] BÖRJESSON J, DEJMEK P, LÖFGREN R, et al. The influence of serum phase on the whipping time of unhomogenised cream[J]. Int Dairy J, 2015, 49: 56-61.
- [32] 余权, 赵强忠, 赵谋明, 等. 乳化剂 HLB 值对含大豆蛋白搅打稀奶油的搅打性能及质构特性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2010, 36(10): 11-14.
- 因素[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(13): 4328-4334.
- [17] 李跃凡, 王媛媛, 马改琴, 等. 角鲨烯来源、提取及功能特性研究进展[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2022, 43(6): 19-29.
- [18] 王天西. 食品中反式脂肪酸的来源、健康风险和管控措施研究[J]. 市场监管与质量技术研究, 2023(1): 57-61.
- [19] 沈梦瑜. 煎炸薯条的大豆油中四种多环芳烃的化学转化和物理迁移机制研究[D]. 江苏扬州:扬州大学, 2022.
- [20] JIN X, HUA Q, LIU Y, et al. Organ and tissue-specific distribution of selected polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in ApoE-KO mouse[J/OL]. Environ Pollut, 2021, 286: 117219[2023-09-18]. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117219>.
- [21] WEI T, CAO N, HAN T, et al. Lipidomics analysis explores the mechanism of renal injury in rat induced by 3-MCPD[J/OL]. Toxics, 2023, 11(6): 479[2023-09-18]. <https://doi.org/10.3390/toxics11060479>.
- [22] APPEL K E, ABRAHAM K, BERGER-PREISS E, et al. Relative oral bioavailability of glycidol from glycidyl fatty acid esters in rats[J]. Arch Toxicol, 2013, 87(9): 1649-1659.
- (上接第 115 页)
- [9] 顾强, 王慧君, 雷春妮, 等. 基于维生素 E 组成的植物油掺棕榈油鉴别研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(16): 5345-5350.
- [10] 吴轲, 孙涵潇, 祝捷, 等. 常见食用植物油中维生素 E 异构体含量调查研究[J]. 中国油脂, 2019, 44(10): 95-99.
- [11] 王贤. 小麦胚芽油的浸提和维生素 E 的浓缩研究[D]. 北京:中国农业大学, 2001.
- [12] PLAT J, BAUMGARTNER S, VANMIERLO T, et al. Plant-based sterols and stanols in health & disease: "Consequences of human development in a plant-based environment?"[J]. Prog Lipid Res, 2019, 74: 87-102.
- [13] 尚嘉毅, 初柏君, 赵文君, 等. 市售牛油果油和葡萄籽油品质研究[J]. 中国油脂, 2023, 48(6): 119-125, 152.
- [14] 白歌. 玉米油精炼过程中植物甾醇迁移变化及其转化机理[D]. 郑州:河南工业大学, 2022.
- [15] MICERA M, BOTTO A, GEDDO F, et al. Squalene: More than a step toward sterols[J/OL]. Antioxidants (Basel), 2020, 9(8): E688[2023-09-18]. <https://doi.org/10.3390/antiox9080688>.
- [16] 徐雄, 周训会, 陈芳, 等. 植物油角鲨烯含量及其影响