

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2025.03.012

王海燕, 汪东, 江鑫, 等. 骆驼油微胶囊的工艺优化及其面霜应用研究[J]. 粮油食品科技, 2025, 33(3): 131-137.

WANG H Y, WAN D, JIANG X, et al. Process optimization and application of camel oil microcapsules in facial cream[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2025, 33(3): 131-137.

骆驼油微胶囊的工艺优化及其面霜应用研究

王海燕¹, 汪东², 江鑫², 傅丽君²✉

(1. 莆田学院 公共科研服务平台, 福建 莆田 351100;

2. 莆田学院 环境与生物工程学院, 福建 莆田 351100)

摘要: 以包埋率为评价指标, 通过单因素和正交实验研究骆驼油微胶囊的最佳工艺条件, 并评价骆驼油微胶囊的理化性质、贮藏稳定性和面霜的感光指标。结果表明: (1) 骆驼油微胶囊的最佳制备工艺条件为壁芯体积比 3:4、乳化剂体积比 1:2、总壁材体积分数 2%、均质速度 30 000 rpm, 在此条件下制备的微胶囊包埋率为 92.67%。(2) 骆驼油被成功包埋在复合壁材内, 包埋过程中未发生化学变化; 骆驼油微胶囊呈圆球形, 形态均匀; 在低于 220 °C 时, 具有良好的热稳定性; 其氧化稳定性远优于骆驼油, 微胶囊化处理后能够延长贮藏时间。(3) 研制的骆驼油微胶囊面霜 pH 值 7.6, 感官评价为 21.6 分, 未出现分层、破乳现象, 稳定性良好。

关键词: 骆驼油; 微胶囊; 面霜; 贮藏稳定性; 理化性质

中图分类号: TS225.2 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2025)02-0131-07

网络首发时间: 2025-02-19 12:37:35

网络首发地址: <https://link.cnki.net/urlid/11.3863.ts.20250218.1538.004>

Process Optimization and Application of Camel Oil Microcapsules in Facial Cream

WANG Hai-yan¹, WANG Dong², JIANG Xin², FU Li-jun²✉

(1. Public Scientific Research Service platform, Putian University, Putian, Fujian 351100, China;

2. College of Environmental and Biological Engineering, Putian University, Putian, Fujian 351100, China)

Abstract: The optimal process conditions of Camel oil microcapsules were investigated using the encapsulation rate as the evaluation index, through single-factor and orthogonal experiments. The physicochemical properties, storage stability and photosensitivity indexes of Camel oil microcapsules were

收稿日期: 2024-10-08; 修回日期: 2024-11-04; 录用日期: 2024-11-06

基金项目: 莆田市科技局项目“鳄鱼油纳米脂质体化妆品制备工艺及应用研究”(2021G2001ptxy07); (2023) 年度福建省促进海洋与渔业产业高质量发展专项资金项目“水产品中过敏原的快速检测、致敏性评价与靶向消减技术体系的构建”(FJHYF-L-2023-26)

Supported by: Putian Science and Technology Bureau Project “Research on the Preparation Process and Application of Crocodile Oil Nano-liposomes in Cosmetics” (No. 2021G2001ptxy07); (2023) Special Fund Project for Promoting High-quality Development of Marine and Fishery Industry of Fujian Province “Rapid Detection of Allergens in Aquatic Products, Evaluation of Allergenicity and Construction of Targeted Reduction Technology System” (No. FJHYF-L-2023-26)

第一作者: 王海燕, 女, 1990 年出生, 硕士, 实验师, 研究方向为天然产物的开发利用, E-mail: Nomywang@163.com**通信作者:** 傅丽君, 女, 1975 年出生, 博士, 教授, 研究方向为生物质资源化开发利用, E-mail: lijun_fu@sina.com

also evaluated. The results showed that: (1) the optimal preparation conditions for Camel oil microcapsules were as follows: wall to core volume ratio of 3 : 4, emulsifier volume ratio of 1 : 2, total wall material volume fraction of 2%, and homogenization speed of 30 000 rpm, and the encapsulation rate of the prepared microcapsules was 92.67%; (2) Camel oil was successfully encapsulated in the composite wall material, with no chemical changes occurring during the encapsulation process; The microcapsules of Camel oil were spherical and uniform in shape. The microcapsule of Camel oil demonstrated good thermal stability when it is below 220 °C. The oxidation stability of Camel oil microcapsules was much better than that of unencapsulated Camel oil, significantly prolonging the storage time. (3) The pH value of Camel microcapsule face cream was 7.6, and the sensory evaluation scored 21.6 points, with no delamination or demulsification, showing good stability.

Key words: camel oil; microcapsules; facial cream; storage stability; physicochemical properties

骆驼油含有棕榈酸、硬脂酸、亚油酸等脂肪酸, 且饱和脂肪酸高达 40%, 具有祛风消炎, 滋养润肤, 活血通络等作用, 广泛应用于在医学、化妆品等领域^[1], 但高含量的饱和和脂肪酸使得骆驼油氧化稳定性差, 不宜贮藏保存, 在一定程度上限制了它的应用。近年来, 微胶囊技术通过高分子材料或天然物质为壁材, 将稳定性差物质包埋为芯材, 形成微胶囊, 以改善功效成分的配伍性差、刺激性强等缺点^[2]。微胶囊化可避免芯材的功效成分与外界发生不良反应, 最大限度地保持芯材原有的生物活性与营养成分, 遮盖芯材的气味, 还可实现芯材功效成分缓释的目的。生物相容性良好的壳聚糖和海藻酸钠, 通过聚电解质络合原理, 其分子链上的氨基和羧基, 在一定条件下成聚电解质膜, 自发形成微胶囊^[3]。

目前, 国内外对骆驼油的研究主要集中在提取精炼和理化特性分析方面, 关于骆驼油微胶囊的研究及应用鲜有报道。因此, 本研究以壳聚糖、海藻酸钠为壁材, 通过复合凝聚法制备骆驼油微胶囊, 研究其表面结构、包埋效果、贮藏稳定性, 并研制骆驼油微胶囊面霜, 以提高骆驼油科技附加值, 促进其在化妆品行业的发展, 为骆驼油的进一步开发利用奠定理论基础和实践依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

骆驼油: 新疆天驼生物科技开发有限公司; 海藻酸钠: 上海源叶生物科技有限公司; 氯化钙: 国药集团化学试剂有限公司; 氢氧化钠: 山东西

亚化学工业有限公司; 壳聚糖、吐温 80、司班 80、尿囊素、聚二甲基硅氧烷、溴化钾试剂: 上海麦克林生化科技有限公司; 碘化钾: 合肥巴斯夫生物科技有限公司; 无水硫代硫酸钠: 天津市科密欧化学试剂有限公司; 1,2-丙二醇: 无锡市亚泰联合化工有限公司; 卡波姆 934: 东莞市博新化工科技有限公司; 辛酸甘油酯: 广州鸿易食品添加剂有限公司; 鲸蜡硬脂醇、氨基酸保湿剂、苯氧乙醇: 广州肌理生物科技有限公司; 甘油硬脂酸酯: 广州市瑞洋表面活性剂有限公司; 三乙醇胺: 上海阿拉丁生化科技股份有限公司; 以上试剂均为分析纯。

VS-35S 型手持式均质仪: 无锡沃信仪器制造有限公司; L550 高速离心机: 湖南湘仪实验室仪器开发有限公司; KQ-600KDE 高功率数控超声波清洗器: 昆山市超声仪器有限公司; SH21-2 型恒温磁力搅拌器: 上海梅颖浦仪器仪表制造有限公司; Sigma-360 场发射扫描电子显微镜: 德国蔡司公司; SCIENTZ-50F 型冷冻干燥机: 宁波新芝生物科技股份有限公司; DGG-9053A 型电热恒温鼓风干燥箱: 上海森信试验仪器有限公司; TENSOR27 型傅里叶红外光谱仪: 德国布鲁克公司; SDT650 型热重分析仪: 美国沃特斯公司; XRD-6100 型 X 射线衍射仪: 日本岛津公司。

1.2 骆驼油微胶囊的制备

参照文献[4]的方法, 在其基础上进行一定的优化。图 1 为骆驼油微胶囊制备示意图。配置 50 mL 质量分数为 1% 的乙酸, 加入 1 g 壳聚糖, 溶解 12 h;

在 50 mL 水中加入 0.2 g 海藻酸钠, 溶解 12 h; 将 0.65 mL 的骆油、吐温 80、司班 80 各 0.5 mL (复配乳化剂) 加入溶解后的海藻酸钠中, 搅拌均匀得乳液, 将其在 10 000 rpm 下缓慢滴加到壳聚糖溶液中, 用 NaOH 溶液调节体系 pH 值至 6.0, 凝聚 20 min 后, 移至冷水浴搅拌。随后, 边搅拌边缓慢滴加 1% 的氯化钙溶液, 制得湿态骆油微胶囊。固化后, 高速离心洗涤取沉淀进行冷冻干燥得到骆油微胶囊。

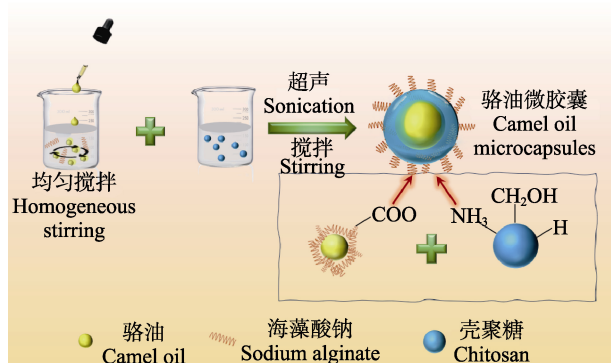


图 1 骆油微胶囊制备示意图

Fig.1 Preparation diagram of camel oil microcapsules

1.3 骆油微胶囊面霜的制备

将相关仪器设备、用具等经过酒精消毒, 取油相 (鲸蜡硬脂醇、卡波姆、辛酸甘油酯和骆油微胶囊等) 在 70 °C 溶解完全且搅匀, 将水相 (甘油、蒸馏水) 加热至 70 °C 后两相混匀, 冷却至室温后将其均质形成骆油微胶囊。面霜其配方见表 1。

表 1 骆油微胶囊面霜配方表

Table 1 Cream recipe sheet of camel oil microcapsules

序号	名称	配方中比例/%
1	鲸蜡硬脂醇	2.0
2	聚二甲基硅氧烷	2.0
3	辛酸甘油酯	3.0
4	氨基酸保湿剂	3.0
5	甘油硬脂酸酯	1.0
6	苯氧乙醇	0.5
7	三乙醇胺	0.2
8	尿囊素	0.2
9	丙二醇	4.0
10	聚丙烯酸 (“卡波 934”)	0.5/0.6/0.7/0.8/0.9
11	骆油微胶囊	2.5/4.0/5.5/7.0/8.5
12	甘油	5.0
13	维生素 E	5.0

1.4 骆油微胶囊包埋率的测定

称取骆油微胶囊 2 g 于烧杯中, 用 10 mL 石油醚浸提 1 min 后, 用漏斗过滤, 再用少许石油醚洗涤滤渣, 用烘干至恒重的平底烧杯收集滤液, 60 °C 烘干至恒重, 通过计算烘干前后烧杯质量差, 即可得到表面含油量。

参照食品安全国家标准 GB 5009.168—2016 《食品安全国家标准食品中脂肪酸的测定》, 选用酸水解法, 并参考文献[5]的方法来测定骆油微胶囊总油量检测。称取 2 g 骆油微胶囊样品, 加入 10 mL 盐酸溶液混匀后, 在 70~80 °C 水浴中水解 40 min, 每隔 10 min 振荡一次; 冷却至室温后加入 10 mL 95% 乙醇进行混匀并过滤, 再使用石油醚和乙醚的混合液 (石油醚和乙醚体积比 1:1) 冲洗^[5], 静置分层, 旋转蒸干的最终残留物的量即为微胶囊中总油量。每个样品进行 3 次平行实验。按照式 (1) 计算包埋率:

$$\text{包埋率} = \frac{M_2 - M_1}{M_2} \times 100\% \quad \text{式 (1)}$$

式中 M_1 为表面含油量; M_2 为总油量。

1.5 单因素实验

在骆油微胶囊制备方法的基础上, 基本工艺参数: 芯壁体积比为 2:3, 乳化剂体积比为 1:1, 均质速度为 20 000 r/min, 总壁材质量分数 2.1%。在其他因素不变的情况下, 分别考察芯壁体积比 (1:2、2:3、3:4、4:5)、乳化剂体积比 (吐温: 司班为 1:2、2:3、1:1、2:1)、均质速度 (10 000、20 000、30 000、40 000 r/min 下均质乳化 3 min) 和总壁材体积分数 (1.2%、1.5%、2%、3%) 对包埋率的影响。

1.6 正交实验设计

在单因素实验的基础上, 以包埋率为指标, 进行 4 因素 3 水平正交实验, 探讨骆油微胶囊最佳制备工艺。正交实验设计表见表 2。

表 2 正交实验设计表

Table 2 Orthogonal test design table

水平	因素			
	A 芯壁体积比	B 乳化剂体积比	C 总壁材体积分数/%	D 均质速度/rpm
1	1:2	1:2	1.2	10 000
2	2:3	2:3	1.5	20 000
3	3:4	1:1	2.0	30 000

1.7 骆驼微胶囊理化性质分析

1.7.1 扫描电镜表征

在铜网上滴加稀释后的骆驼微胶囊悬浮液，进行干燥后喷金，在电压 5.0 kV 下观察骆驼微胶囊的表面形貌。

1.7.2 X 射线衍射分析

将等质量的海藻酸钠与壳聚糖充分混合后，制备成海藻酸钠与壳聚糖复合物，再分别将该复合物和骆驼微胶囊按压平整。室温条件下，扫描速率 5°/min、衍射角范围 10~90°、电压 40 kV 和电流 30 mA 采集样品的 X 射线衍射图。

1.7.3 热重分析

取适量的骆驼微胶囊放置在坩埚内，并使用一个空的坩埚作为参照。设定的温度从 30 ℃逐

渐升高至 500 ℃，升温速率为 10 ℃/min，并以气体流量为 20 mL/min 的氮气作为保护气体。

1.7.4 贮藏稳定性分析

取 100 g 的骆驼油和骆驼微胶囊分别置于烧杯中，随后放入 (60±1) ℃ 的恒温箱中 7 d。采用 Schaal 法^[6]，每隔 1 d 分别测定一次骆驼油和骆驼微胶囊的过氧化值。参考 GB 5009.227—2016《食品中过氧化值的测定》中的滴定法测定过氧化值。

1.8 面霜的质量评价

骆驼微胶囊面霜按样品：蒸馏水=1：9 的比例进行稀释后进行 pH 值的测定，理论值为 4.5~8.5。采用模糊评价的方法，对制成的乳液进行感官评价，通过外观观察、气味、保湿性和涂抹性对骆驼微胶囊面霜进行打分评价，综合评价表见表 3。

表 3 综合评价表
Table 3 Comprehensive evaluation table

气味（10 分）	保湿性（10 分）	涂抹性（10 分）
清香不刺鼻、无异味（8~10 分）	涂抹后有湿润感、不干燥（8~10 分）	涂抹性好，易被皮肤吸收，湿润（8~10 分）
不刺鼻、有点异味（5~8 分）	涂抹后略微干燥（5~8 分）	涂抹性较好，较难吸收，比较湿润（5~8 分）
刺鼻、有异味（5 分以下）	涂抹后皮肤紧绷、干燥（5 分以下）	涂抹性差，不易被皮肤吸收，具有油腻感（5 分以下）

1.9 数据处理

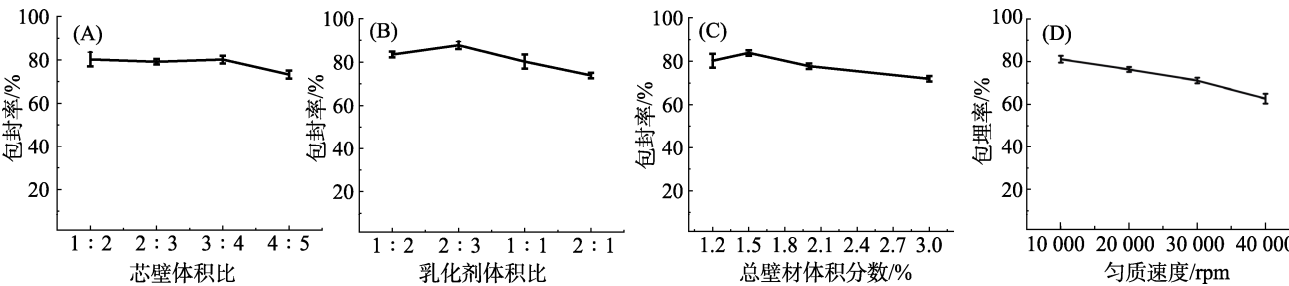
数据分析和图表绘制使用 SPSS 23.0 和 Origin 9.0 软件进行。所有实验均重复 3 次，结果以平均值±标准偏差的形式呈现。

2 结果与讨论

2.1 单因素实验结果

由图 2 可知，当芯壁体积比在 1：2~3：4 范围时，包埋率无明显变化，而随着芯材比例的持续增加，包埋率呈下降的趋势，故选取芯壁体积

比为 1：2~3：4。复配乳化剂的使用，司班和吐温相互产生协同效应等，可增强乳化效果。吐温：司班体积比为 1：2~2：3 时，包埋率相近，比值 2：3 的包埋率要稍高，为 (87.78±1.74) %，但在复配乳化剂配比中，司班含量过多，乳化液的粘度也随之增大，O/W 体系形成速度减慢，影响芯材的包裹，从而降低微胶囊包埋率。因此，选取吐温：司班体积比应选择 2：3。微胶囊包埋率随着总壁材体积分数的增加呈先升后降趋势。总壁材体积分数为 1.2% 时，所形成的微胶囊外壳过薄，



注：(A) 芯壁体积比；(B) 乳化剂体积比；(C) 总壁材体积分数；(D) 均质速度。
Note: (A) effects of core wall volume ratio; (B) emulsifier volume ratio; (C) total wall material volume fraction; (D) homogenization rate.

图 2 四因素对骆驼微胶囊包埋率的影响

Fig.2 Influence of four factors on the encapsulation rate of camel oil microcapsules

容易造成芯材的泄露,使得包埋率减小。总壁材体积分数适当增加到 1.5%,包埋率最大。总壁材体积分数持续增大,体系粘度过大使得壁材相互粘连,包埋率下降,故选取总壁材体积分数为 1.5%。均质速度为 10 000 rpm 时,微胶囊包埋率达到最大,故选取乳化速度为 10 000 rpm。

2.2 正交实验结果

如表 4 所示,制备骆驼油微胶囊最佳工艺条件为 C3B2A3D3,即芯壁体积比 3:4、乳化剂体积比 1:2、总壁材体积分数 2%、均质速度 30 000 rpm,且 A、B、C、D 四组因素影响极显著,见表 5。此外,经 3 次重复实验验证,得出最优条件下制备骆驼油微胶囊包埋率达 92.67%。

表 4 正交实验设计与结果
Table 4 Orthogonal experiment design and results

序号	A 芯壁 体积比	B 乳化剂 体积比	C 总壁材 体积分数/%	D 均质 速度/rpm	包埋率/%
1	1	1	1	1	58.33
2	1	2	3	2	69.33
3	1	3	2	3	89.00
4	2	1	3	3	61.50
5	2	2	2	1	90.64
6	2	3	1	2	51.25
7	3	1	2	2	92.00
8	3	2	1	3	91.11
9	3	3	3	1	56.89
K1	2.17	2.12	2.01	2.06	
K2	2.03	2.51	1.88	2.13	
K3	2.40	1.97	2.72	2.42	
k1	0.72	0.71	0.67	0.69	
k2	0.68	0.84	0.63	0.71	
k3	0.80	0.66	0.91	0.81	
R	0.37	0.54	0.84	0.36	

表 5 方差分析结果
Table 5 Results of variance analysis

方差来源	Ⅲ类平方和	自由度	均方	F 值	显著性
A	0.070 5	2	0.035 2	132.125 0	**
B	0.157 1	2	0.078 5	294.500 0	**
C	0.419 3	2	0.209 6	786.125 0	**
D	0.070 1	2	0.035 0	131.375 0	**
误差	0.004 8	8	0.000 2		
总计	15.197 7	27			

注: *表示显著 $P<0.05$, **表示极显著 $P<0.01$ 。

Note: * means significant $P<0.05$, ** means extremely significant $P<0.01$.

2.3 微胶囊表面结构分析

根据图 3 所示,骆驼油微胶囊呈规整的球形,粒径均一,表面圆滑,无明显凹陷或缺口,其粒径约在 300 nm。李宏英等^[7]通过复合凝聚法制备薄荷油微胶囊形态良好,为完整规则的圆球形;Yan Shi 等^[8]利用不同壁材制备的牡丹籽油微胶囊呈球形,表面光滑。由于采用的包埋方法和材料不同,微胶囊常为球形也可以为菱形、粒状和块状等^[9]。

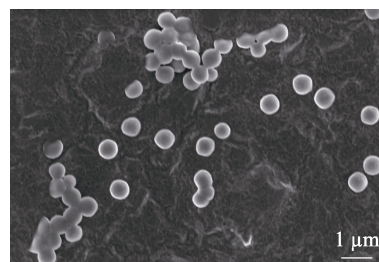


图 3 骆驼油微胶囊悬浮液扫描电镜图
Fig.3 Scanning electron microscope image of camel oil microcapsules

2.4 X 射线衍射分析

根据图 4 可知,海藻酸钠和壳聚糖复合物在 2θ 为 20° 有较强衍射峰,表明天然多糖的无定形性质^[10],骆驼油微胶囊在 2θ 为 20° 也出现较强衍射峰,说明骆驼油微胶囊制备工艺为物理包埋,骆驼油在包埋过程中没有形成新的物质。同时,骆驼油微胶囊的该衍射峰强度有所降低,且出现宽化现象。晶体衍射峰强度有所降低,这可能是由于壁材的无定型结构影响,以及存在小晶粒尺寸,则形成较低的衍射峰强度^[11]。根据 Debye-Scherrer 公式,衍射峰宽化表明颗粒尺寸有所降低,这与骆驼油微胶囊的纳米级尺寸结论相符。此外,骆驼油微胶囊在 2θ 为 32° 、 45° 、 56° 和 75° 等也出现衍射峰,这是因为骆驼油作为芯材被壁材成功包裹,形成了与壁材晶型明显不同的晶体^[12]。此外,特征峰越窄样品结晶度越高,说明被包裹骆驼油后的微胶囊结晶强度增加。

2.5 热重分析

热重法可用于测定样品的热解温度和速率,通过不同的热降解阶段来评价材料的热稳定性。根据图 5 所示,当温度达到 115°C 时,骆驼油微胶

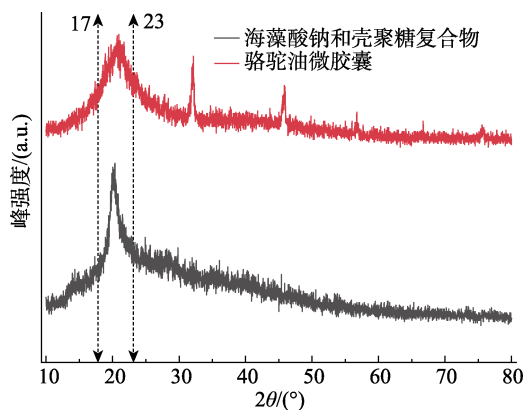


图 4 海藻酸钠和壳聚糖复合物、骆驼油微胶囊 X 射线衍射图

Fig.4 X-ray diffraction of sodium alginate and chitosan complex and camel oil microcapsules

囊质量损失约为 8% 左右,这是由于其表面的少许水分和油的蒸发。在温度为 115~220 °C 时,骆驼油微胶囊的质量并没有明显的变化,因为微囊化的骆驼油表面包裹着一层由海藻酸钠和壳聚糖形成的复合团聚体,由于它们自身就具有良好的热稳定性。当温度为 220~425 °C 时,微胶囊开始分解,质量损失明显,其原因是破坏了海藻酸钠和壳聚糖原本之间因为静电吸引形成的共价键。在最后阶段 425~500 °C 时,质量损失变的缓慢,芯材已完全释放,壁材开始分解,其中有机质的炭化是质量下降开始变得缓慢的主要原因^[13]。综上,骆驼油微胶囊在低于 220 °C 时,质量较稳定,具有良好的热稳定性。这与王文璐^[14]制备的紫苏籽油微胶囊结果相似。

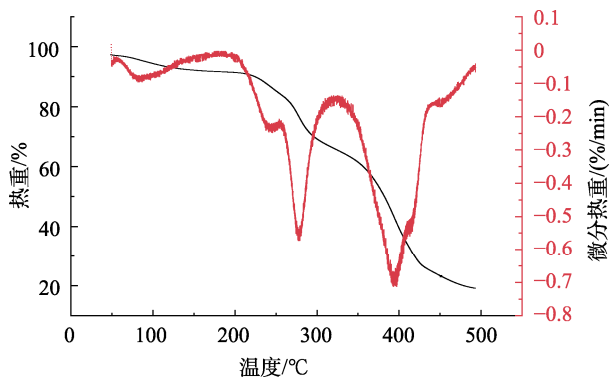


图 5 骆驼油微胶囊热重分析曲线

Fig.5 Thermogravimetric analysis curve of camel oil microcapsules

2.6 贮藏稳定性分析

由图 6 可知,在储存期间,骆驼油和骆驼油微胶囊的过氧化值都呈现持续上升趋势,但是骆驼

油微胶囊的过氧化值总体上升速率明显低于骆驼油。实验进行到第 7 d 时,骆驼油的过氧化值达到 10.38 mmol/kg,而骆驼油微胶囊的过氧化值仅为 3.86 mmol/kg。这说明微胶囊壁能够阻挡氧气并具有一定的隔热作用,隔绝了芯材与周围环境接触的机会,降低油脂的氧化速率。

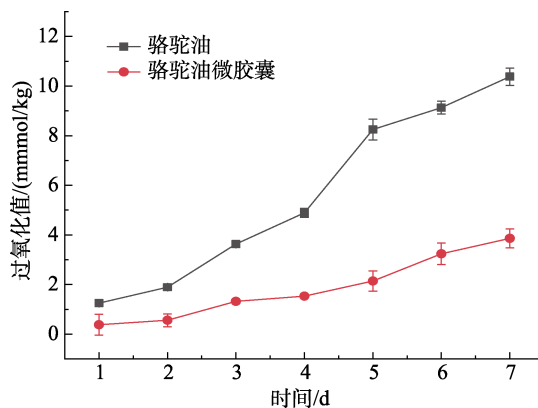


图 6 骆驼油和骆驼油微胶囊贮藏稳定性分析图

Fig.6 Analysis of storage stability of camel oil and camel oil microcapsules

2.7 面霜的配方及质量评价

根据表 6 可知,驼油微胶囊面霜稳定性随着卡波 934 添加量的增加呈现先增大后减小趋势,0.5% 添加量时稳定性最好。因此,确定面霜中卡波 934 的添加量为 0.5%。驼油微胶囊在 2.5%~8.5% 添加范围内,随着添加量的增加,稳定性越差;故加设一组 3.25%,发现相比 2.5% 和 4.0% 稳定性好,且外观均为乳白,无气泡、流动性好、无析出物现象。

表 6 卡波 934 添加量和驼油微胶囊添加量对面霜稳定性的影响

Table 6 Effects of addition amount of carbo 934 and camel oil microcapsules on the stability of face cream

因素	结果					
卡波 934 用量/%	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
稳定性分值	36	38	36	35	32	30
驼油微胶囊添加量/%	2.5	3.25	4.0	5.5	7.0	8.5
稳定性分值	37	38	36	36	36	37

随机抽取 10 名志愿者进行试用,无人出现过敏反应。通过测定驼油微胶囊面霜的 pH 值在 4.5~8.5,平均为 7.6;由气味、保湿性、涂抹性为打分项目,满分为 30 分,可得驼油微胶囊面霜

21.6分,试用者反馈均为较满意。根据感官评价,驼油微胶囊面霜呈乳白色膏状,质地均匀细腻,分散性好、皮肤吸收迅速,其感官指标和pH均符合QB/T 1857—2013《润肤膏霜》的标准。

3 结论

驼油微胶囊的最佳制备工艺条件为:芯壁体积比3:4、乳化剂体积比1:2、总壁材体积分数2%、均质速度30 000 rpm,包埋率为92.67%。驼油被成功包埋在复合壁材内,包埋过程中未发生化学变化,但微胶囊结晶强度增加;驼油微胶囊呈圆球状,粒径均一,表面光滑,在220℃下结构稳定,具有较好的耐受高温能力,且微胶囊化处理后能够有效的防止氧化延长贮藏时间;添加0.5%的卡波934和3.25%的驼油微胶囊,制备的驼油微胶囊面霜具有良好稳定性,其感官指标和pH均符合化妆品标准。

参考文献:

- [1] KADIM I T, MAHGOUB O, PURCHAS R W. A review of the growth, and of the carcass and meat quality characteristics of the one-humped camel (*Camelus dromedaries*)[J]. *Meat Science*, 2008, 80(3): 555.
- [2] 郝咏,王长运,樊建茹,等.常用化妆品成型技术(II)——控释利器:微胶囊[J].*日用化学工业*, 2022, 52(8): 805-811.
HAO Y, WANG C Y, FAN J R, et al. Common cosmetic preparation technologies (II) powerful controlled release tool: microencapsulation[J]. *China Surfactant Detergent & Cosmetics*, 2022, 52(8): 805-811.
- [3] 王传芬,蒋文强.壳聚糖的生产及其在食品工业中的应用[J].*粮油食品科技*, 2005, (5): 48-50.
WANG C F, JIANG W Q. The preparation of chitosan and its applications in food industry[J]. *Science and Technology of Cereals, Oils and Foods*, 2005, (5): 48-50.
- [4] 王肖肖.复合凝聚法制备柑橘精油微胶囊及其抑菌性能研究[D].上海:上海应用技术大学,2020.
WANG X X. Study on the preparation of citrus essential oil microcapsule and its bacteriostatic properties by compound condensation method[D]. Shanghai: Shanghai Institute of Technology, 2020.
- [5] 岳昊,邱斌,张文龙,等.功能油脂微胶囊的工艺优化及稳定性研究[J].*食品研究与开发*, 2020, 41(15): 51-57.
YUE H, QIU B, ZHANG W L, et al. Process optimization and stability study of functional oil microcapsules[J]. *Food Research and Development*, 2020, 41(15): 51-57.
- [6] 钟先锋,张继如,黄建锋,等.法夫酵母虾青素对油脂氧化稳定性的影响[J].*粮油食品科技*, 2015, 23(2): 31-34.
ZHONG X F, ZHANG J R, HUANG J F, et al. Effects of astaxanthin from *phaffia rhodozyma* on the oxidative stability of oil[J]. *Science and Technology of Cereals, Oils and Foods*, 2015, 23(2): 31-34.
- [7] 李宏英,王鸿博,傅佳佳,等.明胶-海藻酸钠制备薄荷油微胶囊的工艺优化[J].*高分子材料科学与工程*, 2019, 35(9): 142-149.
LI H Y, WANG H B, FU J J, et al. Optimization of preparation technology of peppermint oil microcapsules in gelatin-sodium alginate[J]. *Polymer Materials Science & Engineering*, 2019, 35(9): 142-149.
- [8] SHI Y, WANG S J, TU Z C, et al. Quality evaluation of peony seed oil spray-dried in different combinations of wall materials during encapsulation and storage[J]. *Journal of Food Science & Technology*, 2016, 53(6): 2597-2605.
- [9] 张丽红,黄梦,王桂瑛,等.木姜子精油微胶囊制备工艺优化及其品质分析[J].*食品工业科技*, 2022, 43(2): 157-165.
ZHANG L H, HUANG M, WANG G Y, et al. Preparation process optimization and quality analysis of *litsea pungens* hemsl essential oil microcapsules[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2022, 43(2): 157-165.
- [10] 郑秀梅,杜鑫,柳培忠,等.虾青素复合纳米颗粒Pickering乳液的制备及评价[J/OL].*华侨大学学报(自然科学版)*, 1-10[2024-09-29].
ZHANG X M, DU X, LIU P Z, et al. Preparation and evaluation of astaxanthin composite nanoparticles pickering emulsion[J/OL]. *Journal of Huaqiao University (Natural Science)*, 1-10 [2024-09-29].
- [11] LIU H, CHAUDHARY D, YUSA S I, et al. Glycerol/starch/Na⁺-montmorillonite nanocomposites: a XRD, FTIR, DSC and ¹H NMR study[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2011, 83(4): 1591-1597.
- [12] XUN X M, ZHANG Z A, YUAN Z X, et al. Novel caffeic acid grafted chitosan-sodium alginate microcapsules generated by microfluidic technique for the encapsulation of bioactive peptides from silkworm pupae[J]. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 2023, 32: 100974.
- [13] DUHORANIMANA E, KARANGWA E, LAI L, et al. Effect of sodium carboxymethyl cellulose on complex coacervates formation with gelatin: coacervates characterization, stabilization and formation mechanism[J]. *Food Hydrocolloids*, 2017, 69: 111-120.
- [14] 王文璐.紫苏籽油降血脂作用研究及其微胶囊的制备[D].长春:吉林农业大学,2022.
WANG W L. Study on hypidemic effect of perilla seed oil and preparation of micropsule[D]. Changchun: Jilin Agricultural University, 2022. ❷

备注: 本文的彩色图表可从本刊官网 (<http://lyspkj.ijournal.cn>)、中国知网、万方、维普、超星等数据库下载获取。