

具有强效去污和吸油功效的手工咖啡渣活性炭冷制皂及其制备方法

李彤^{1*}, 魏佳瑶^{1#}, 代鹏锐¹, 余帆²
(1.天津商业大学生物技术与食品科学学院, 天津, 300134
2.天津商业大学公共管理学院, 天津, 300134)

摘 要: 文章研究了咖啡渣活性炭手工皂的制备及各种油脂配方的工艺流程, 通过实验测试比较了各种配方的皂体去污性能与除油性能, 结果显示添加了咖啡渣活性炭的磨砂皂在去污性能与除油性能明显优于传统肥皂, 同时明确了咖啡渣活性炭皂的生产工艺和各关键控制点的控制要领。利用咖啡渣的高值化为手工皂成为环保型皮肤清洁产品开辟了新领域。

关 键 词: 咖啡渣; 活性炭; 油脂; 配方; 去污; 除油

第一作者简介: 李彤, 天津商业大学生物技术与食品科学学院基础化学实验中心实验师, 研究方向: 化学合成方法的发展及具有生物活性、功能性化合物的设计与合成。E-mail: tongli@tjcu.edu.cn。

共同第一作者简介: 魏佳瑶, 天津商业大学生物技术与食品科学学院食品科学与工程专业学生, 主要承担实验开展以及数据整理方面的工作。



李彤



魏佳瑶

随着全球咖啡消费量的不断攀升, 咖啡渣的处理难题逐渐凸显。咖啡渣富含多酚类、咖啡因等具有生物活性的成分^[1], 这些成分展现出去污和抗氧化等特性, 为皮肤护理产品提供了天然的功能性素材。此外, 咖啡渣还能被转化为活性炭, 这种活性炭因其出色的吸附能力和表面活性, 进一步提升了其在皮肤护理领域的应用潜力。本研究项目致力于将咖啡渣转化为活性炭, 并将其融入皂基之中, 以开发出集抗菌、清洁与护肤功效于一体的多功能皮肤护理产品。

在日化行业, 咖啡渣已被应用于制造磨砂膏、护肤品等多种产品, 其天然的磨砂特性和抗氧化能力对于改善皮肤状况具有显著效果。在咖啡渣活性炭的制备工艺方面, 已有研究尝试了多种炭化和活化方法。其中, 水蒸气活化法与化学活化法在咖啡渣活性炭的制备过程中被广泛采纳, 这两种方法能够显著提升活性炭的比表面积并优化其孔隙结构。尽管已有相关研究将咖啡渣活性炭用于皮肤护理中, 但还未有相关报道将其与皂类产品相结合。因此, 本实验将聚焦于咖啡渣活性炭与皂基的结合, 旨在开发一种新型的多功能皮肤护理产品。首先采用水蒸气活化法制备咖啡渣活性炭, 然后优化皂基配方, 将咖啡渣活性炭与皂基有效结合, 并确定最佳配方比例, 接下来通过去污及去油能力评估咖啡渣活性炭皂的实际效果, 为后续开发环保型皮肤清洁产品提供了参考和依据。

1. 手工咖啡渣活性炭冷制皂的工艺

1.1 实验试剂与仪器

表1 化学试剂

试剂名称	化学式	纯度级别 /%	品牌或供应商
氢氧化钠	NaOH	99	上海阿拉丁生化科技
氯化镁	MgCl ₂	99	上海阿拉丁生化科技
氯化钙	CaCl ₂	99	上海阿拉丁生化科技
二丁基羟基甲苯	BHT	99	上海阿拉丁生化科技
乙二胺四乙酸	EDTA	99	上海阿拉丁生化科技
橄榄油	/	/	华硕香料油有限公司
棕榈油	/	/	华硕香料油有限公司
乳木果油	/	/	华硕香料油有限公司
玫瑰精油	/	/	华硕香料油有限公司
蓖麻油	/	/	华硕香料油有限公司

表2 实验仪器和设备

仪器名称	仪器型号	生产厂家
万分位电子天平	ME104E 120g*0.1mg	梅特勒-托利多
电热鼓风干燥箱	DGG-101	天津市天宇实验仪器有限公司
电热真空干燥箱	ZK-40BS	天津市三水科学仪器有限公司
超声波清洗仪	KQ-200KDE	昆山市超声仪器有限公司
超纯水机	GenPure UV/UF	赛默飞世尔
管式炉	SK-G08123K	天津中环电炉股份有限公司

1.2 咖啡渣活性炭的制备及手工皂配方的优化

1.2.1 活性炭的制备

首先, 将干燥后的咖啡渣置于管式炉中, 在氮气保护氛围下进行程序升温炭化处理, 温度控制在 500 ~ 700℃ 范围内, 使有机组分充分热解形成稳定的炭化基质。其次, 切换至活化阶段, 由蒸汽发生器产生的高温水蒸气以恒定流速通入反应体系, 通过选择性氧化作用在炭骨架上刻蚀

出丰富的孔隙结构^[2]。此阶段需精确控制水蒸气流量和反应温度,以获得理想的比表面积和孔径分布。最后,待反应完全后自然冷却至室温,收集制得的活性炭产物。整个制备过程在密闭系统中连续完成,不仅保证了产物质量的一致性,还实现了生物质废料的高效转化与利用。

1.2.2 配方优化依据

作为手工冷制皂的核心成分,油脂的脂肪酸组成决定了产品的清洁力、泡沫性、硬度及肤感。棕榈油和橄榄油作为主体油脂(70%~90%)构建了温和的清洁基底^[3]。其中棕榈油(20%~30%)提供适度的清洁力和丰富泡沫,其含有的中链脂肪酸具有天然抗菌特性;橄榄油(50%~60%)则贡献优异的保湿性能,富含的角鲨烯和维生素E能有效保护皮肤屏障。这两种油脂的黄金配比既避免了过度清洁导致的肌肤干燥,又确保了基本的洗净需求,为后续功能性物质添加奠定了理想的配方基础^[3-5]。

在功能性物质的选择上,乳木果的加入(5%~10%)为配方注入了珍贵的三萜烯醇和维生素E等不皂化物,这些活性成分不仅能深层滋养肌肤、修复屏障,其中的硬脂酸还能有效提升皂体硬度^[6,7]。蓖麻油(3%~5%)则以其独特的蓖麻油酸结构发挥着关键作用,显著改善泡沫稳定性和乳化能力,同时赋予皂体独特的透明质感^[6]。玫瑰精油(1%~2%)中富含的香茅醇、香叶醇等活性物质,在提供优雅香气的同时,更发挥着抗炎、舒缓的重要功效^[8,9]。特别添加的咖啡渣活性炭(3%~5%)经过特殊活化处理,其发达的微孔结构展现出强大的吸附性能,能有效清除毛孔深处的油脂和污染物。适度的磨砂特性带来温和去角质效果,而其中保留的多酚类物质更赋予产品额外的抗氧化功能。

这一复合配方体系通过科学配比实现了多重功效的协同:椰子油保障基础清洁力,橄榄油与乳木果油维持肌肤水油平衡,蓖麻油优化泡沫结构,玫瑰精油提升使用体验,咖啡渣活性炭增强深层清洁。各成分的相互作用既保留了冷制皂的天然特性,又通过功能互补克服了单一油脂的局限性,为不同肤质量身定制了理想的清洁方案。

1.3 咖啡渣活性炭手工皂的制备工艺

首先,在原料准备阶段,精确称量氢氧化钠等基础原料,并配制适当浓度的碱液备用。其次,在油相制备环节,将橄榄油、棕榈油等基础油相加入不锈钢反应锅中,采用水浴加热法,精确调控温度至45~50℃区间,确保油相具有良好的流动性和混合均匀性。其次在进入皂化反应

阶段时,依次向油相中加入抗氧化剂BHT、螯合剂EDTA以及各类功能性成分,包括乳木果油、玫瑰精油和蓖麻油等。在此过程中,持续搅拌直至混合体系达到关键的Trace状态,这一状态表现为黏稠的乳化状,且搅拌痕迹不易消除(图1,图2)。

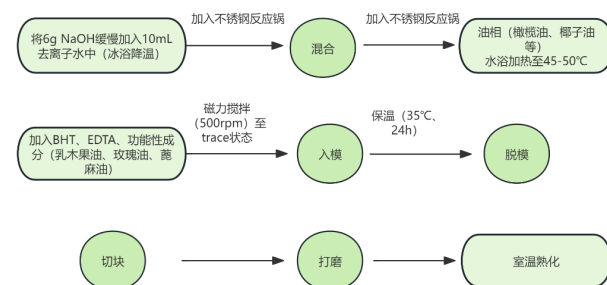


图1 手工皂流程图^[5]

接着,在成型固化阶段,将已达到Trace状态的皂液小心倒入预先准备好的模具中。随后将模具置于35℃的恒温环境中保温24小时,这一步骤对促进皂化反应的完全进行至关重要。待保温完成后进行脱模操作,并将成型皂块切割成规定尺寸,通过打磨使产品表面更加光滑美观(图3)。



图2 皂化阶段各状态



图3 固化脱模阶段

最后,在熟化阶段,将成型后的皂块置于室温环境下进行为期1~2个月的熟化处理。这个看似简单却极为重要的过程,不仅能使皂体中的水分缓慢蒸发,更能显著提升产品的硬度和使用稳定性(图4)。



图4 多种形状咖啡渣活性炭手工皂

2. 实验结果与分析

2.1 去污实验

2.1.1 硬水配制及去污能力测试方法

(1) 250mg/kg 硬水的配制

称取 1.670g 氯化钙和 2.0378g 氯化镁，用去离子水溶解并定容至 1000mL，得到 2500mg/kg 的硬水储备液。使用时，取 100mL 储备液稀释至 1000mL，即得 250mg/kg 的测试用硬水^[10]。

(2) 墨水污染布的制备

使用移液枪准确吸取 0.5mL 蓝色墨水，均匀滴加在 3cm × 5cm 的白布上，制成污染布样。

(3) 去污实验步骤

取 250mL 硬水于 500mL 烧杯中，加入 5 g 复合皂样品，加热至 30℃ 使复合皂完全溶解。将墨水污染布浸入皂液中，开启磁力搅拌器（120r/min），反应 10min。取出污染布，放入清水中，以相同转速漂洗 1min。取出漂洗后的布样，手动挤干水分，重复漂洗和挤干步骤 2 次，完成去污测试。

复合皂分别是咖啡渣手工皂和咖啡渣活性炭手工皂。其两者的配方均以橄榄油 40g，棕榈油 20g 加玫瑰果油 10g 为基础，分别添加 0.06g 咖啡渣和 0.06g 咖啡渣活性炭。

2.1.2 实验结果

去污测试结果显示，在 250 mg/kg 硬水条件下，添加咖啡渣活性炭的手工皂对蓝色墨水污染布的去污效果显著。经过 30℃、10 min 的磁力搅拌处理后，污染布表面的墨水残留明显减少，去污率较传统皂类明显提升。经三次漂洗后，布样基本恢复洁净状态，表明该活性炭皂具有优异的物理吸附和化学去污协同作用。证实其对墨水等小分子污染物具有快速吸附和高效去除能力（图 5）。

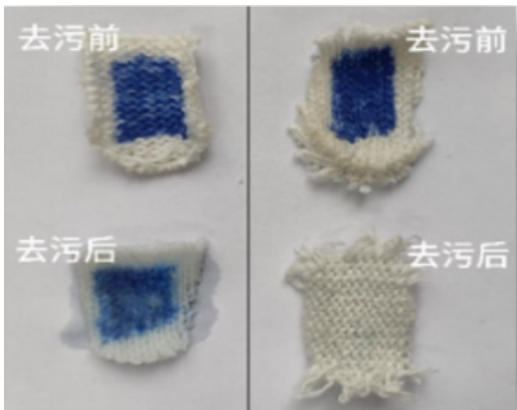


图 5 咖啡渣手工皂与咖啡渣活性炭手工皂的去污效果对比图

2.2 吸附油脂实验

2.2.1 吸附性速率测试

图 6 实验表明，活化的咖啡渣（AC）比普通咖啡渣（CAC）吸收蓝色油滴的速率快，且效果显著。AC 在 5min ~ 10min 之间，蓝色油滴的颜色越来越淡，但 CAC 的颜色无明显变化；在 15min ~ 25min 之间，蓝色油滴逐渐被 AC 吸收完全，但 CAC 的颜色与 0min 时的并无显著区别。因此，AC 对于油滴的吸附效率比 CAC 的吸附效率高。

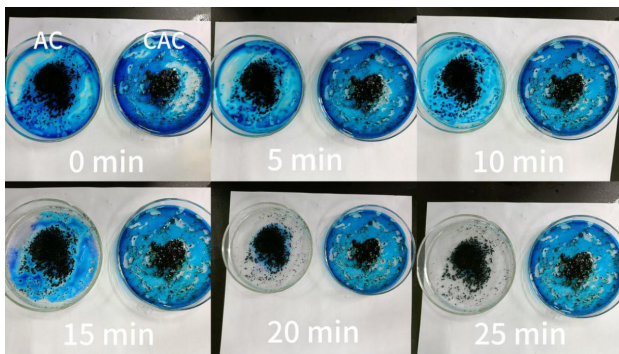


图 6 AC 与 CAC 的吸附速率对比

2.3 吸油性测试

实验表明 AC 吸油后成黏稠状，油滴均被吸收；CAC 吸油效果不明显，仍有大量油滴在上层。AC 比 CAC 吸油效果更显著（图 7）。

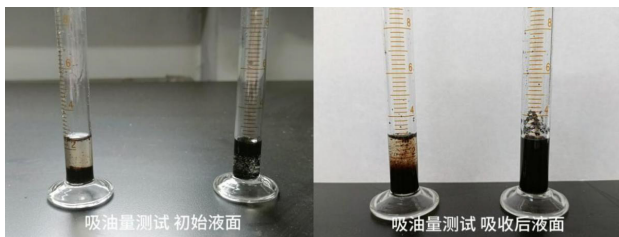


图 7 AC 与 CAC 的吸油量测试前后对比

2.4 各种油脂配方的性能对比

表 3 各种油脂的主要成分成分（含量）和功效

油脂名称	主要成分	功效
橄榄油	油酸（55% ~ 83%）	深层滋润，增强皮肤屏障； 抗氧化延缓衰老温和清洁， 适合敏感肌
	亚油酸（3.5% ~ 21%）	
	棕榈酸（7% ~ 20%）	
	多酚类抗氧化物质	
棕榈油	油酸（40%）、硬脂酸（5%）	提高硬度，增加保湿效果， 具有抗氧化作用
	亚油酸（10%）、α-亚麻酸（0.4%）	
乳木果油	油酸（40% ~ 55%）	深层保湿，修复干燥皴裂； 抗炎舒缓；提升皂体滋润度
	硬脂酸（35% ~ 45%）	
	三萜烯醇、维生素 E	
玫瑰精油	香茅醇（30% ~ 40%）	调节肌肤水油平衡；舒缓情绪； 天然芳香，提升使用体验
	牻牛儿醇（15% ~ 25%）	

续表 3 各种油脂的主要成分成分（含量）和功效

油脂名称	主要成分	功效
蓖麻油	蓖麻油酸（85% ~ 95%）	促进拉丝质地，增强泡沫稳定性；温和卸妆；修复受损发质
	油酸（3% ~ 6%）	
	亚油酸（2% ~ 5%）	
咖啡渣活性炭	多孔碳结构（比表面积 ≥ 500 m²/g）	强效吸附油脂和毛孔污垢；物理去角质；抗菌（大肠杆菌杀灭率 ≥ 99.9%）
	咖啡因、天然矿物质（钾、镁等）	

注：1.咖啡渣活性炭需与基础油预混合（比例 5% ~ 10%），避免皂体颗粒过强。2.精油类添加量控制在 0.5% ~ 2%，避免刺激。3.油脂酸值需符合 ISO 标准，确保皂化反应完全。

我们选定棕榈油与橄榄油作为核心油脂成分，以此打造温和型清洁基底（配方 1）。其中，棕榈油可增强皂体硬度、提升保湿性能并发挥抗氧化功效，而橄榄油则具备深层滋养、强化皮肤屏障、抗氧化延缓衰老以及温和清洁的特性，尤其适用于敏感肌肤。在配方 1 的基础上，我们融入具有深层保湿、修复干燥开裂、抗炎舒缓及提升皂体滋润度功效的乳木果油，形成配方 2。同时，基于配方方案 1 添加具备调节肌肤水油平衡、舒缓情绪及散发天然芳香的玫瑰油，构建出配方方案 3；另以配方 1 为基础，加入促进拉丝质地形成、增强泡沫稳定性的蓖麻油，形成配方方案 4。

表 4 不同成分的皂基配方

配方	橄榄油 /g	棕榈油 /g	乳木果油 /g	玫瑰油 /g	蓖麻油 /g	咖啡渣活性炭 /g	NaOH /g	水 /mL	BHT /g	EDTA /g
1	41.60	20.40	-	-	-	-	6	10	0.09	0.01
2	40.00	20.11	10.02	-	-	-	6	10	0.09	0.01
3	40.00	20.52	-	10.10	-	-	6	10	0.08	0.01
4	40.67	20.04	-	-	10.01	-	6	10	0.08	0.01
5	40.20	20.11	-	10.00	-	0.06	6	10	0.08	0.01

表 5 手工皂理化性质对比

	氢氧化钠皂化价 /mgKOH·g ⁻¹	硬度	清洁力 /%	滋润度 /%	起泡度 /%	INS 值	pH 值
配方 1	136	80	50	69	57	121	9.86
配方 2	135	83	70	72	83	120	9.67
配方 3	137	81	73	74	84	123	9.99
配方 4	135	79	75	70	91	117	9.92
配方 5	136	83	99	77	88	123	9.99

经对手工皂硬度、清洁力、滋润度、起泡性^[1]等理化特性进行系统测试，结果显示，配方 2 因添加乳木果油导致起泡程度显著降低，配方 4 虽起泡性能更优，但需多次冲洗且滋润效果略有下降。配方 3 因添加玫瑰油，不仅赋予手工皂淡雅玫瑰香气、营造愉悦使用体验，更在滋润度

测试中表现最佳，起泡量适中且清洁效果显著。最终，我们在配方 3 基础上添加活化的咖啡渣（配方 5），经测试发现配方 5 手工皂硬度得以提升，有效克服了传统手工皂易软化的问题，清洁力度显著增强，去污效果近乎完美。

3. 产品的质量指标

按照国家轻工行业标准（QB/T2485-2023 香皂）的总游离碱和游离苛性碱的测试标准对咖啡渣活性炭手工皂进行了检测，平行测定 2 次的结果如表 7 所示，总游离碱的结果分别为 0.097% 和 0.092%，游离性苛性碱的结果分别为 0.062% 和 0.066%，测试结果均满足行业的标准。

表 6 行业标准的香皂的理化性指标

项目	I 型	II 型
总游离碱（以 NaOH 计）/%	0.10	0.30
游离苛性碱（以 NaOH 计）/%	0.10	0.10

备注：

1.皂基型 (以 I 型表示): 仅含脂肪酸盐、助剂的产品。标记为“QB/T2485I 型” 2.复合型 (以 II 型表示): 含脂肪酸盐和 / 或其他表面活性剂、功能性添加剂、助剂的产品标记为“QB/T 2485 型”

表 7 咖啡渣活性炭手工皂的指标测试结果

项目	测试 1	测试 2
总游离碱（以 NaOH 计）/%	0.097	0.092
游离苛性碱（以 NaOH 计）/%	0.062	0.066

4. 总结

实验结果表明，所制备的手工咖啡渣活性炭冷制皂在 250 mg/kg 硬水条件下对蓝色墨水污染布的去污效果理想，几乎达到了完全的去除。与此同时该产品展现出优异的油脂吸附能力，表现出良好的清洁功效。且此产品 pH 值稳定在 9.5 ± 0.5，更适合油性肤质使用。基于咖啡渣活性炭手工皂的研究，为开发环保型多功能皮肤清洁产品奠定了技术基础。这些成果不仅降低了传统表面活性剂的环境负荷，更推动了日化产品向绿色化、功能化方向发展，具有显著的经济效益和生态价值。未来可通过活性炭孔隙结构调控和配方优化等进一步提升去污性能，拓展其在个人护理领域的应用前景。

参考文献

[1] 任杰,万力,陈楠纬,等.咖啡渣活性炭的制备、表征及其对Cr(VI)的吸附机制研究[J].生物质化学工程,2020,54(04):1-8.

[2] 夏铭.咖啡渣活性炭的制备及其吸油与抗菌性能研究[D].东华大学,2019.

[3] 余慧芬,唐李,袁梦,等.手工皂制皂原料及其制皂方法[J].吉林医药学院学报,2019,40(06):452-454.

[4] Y.H.Yui. 贝雷. 油脂化学与工艺学 第二卷 [M]. 北京: 中国轻工业出版社,2001.

[5] 张育新.橄榄油冷制香皂的研制[J].中国洗涤用品工业,2017,(10):31-35.

[6] 马晓原,赵永红,刘慧民.天然植物油在防晒化妆品中的功效研

究进展[J].中国油脂 2021,46.(01):71-75.

[7] 李一峰,许仰锦,戴伟杰,等.加纳和马里乳木果油的营养成分评价[J].中国食品工业,2024,(19):116-118.

[8] 李姗姗,侯刚强,支云龙,等.玫瑰抗氧化纯天然植物口红制备工艺研究[J].广州化工,2024,52(19):35-37.

[9] 古丽菲热·伊力哈木,阿塔吾拉·铁木尔,伊力塔尔·穆哈塔尔,等.和田玫瑰精油提取工艺优化及其抗氧化和美白活性研究[J].天然产物研究与开发,2024,36(11):1855-1862.

[10] 蒿芳,李瀚,刘梦瑶,等.金银花提取物对复合皂理化性质与抑菌作用的影响[J].新乡学院学报,2022,39(09):22-27.

[11] 田文妮,梁钻好,曾丽萍,等.不同植物油脂对冷制皂入皂特性的影响[J].日用化学工业,2018,48(03):144-150.

Handmade Coffee Ground Activated Carbon Cold-Process Soap with Strong Detergency and Oil Absorption Efficacy and Its Preparation Method

Li Tong^{1*}, Wei Jia-yao^{1#}, Dai Peng-rui¹, Yu Fan²

(1.College of Biotechnology and Food Science, Tianjin University of Commerce, Tianjin,300134

2.College of Public Management, Tianjin University of Commerce, Tianjin, 300134)

Abstract : This paper investigates the preparation process of coffee-ground-based activated carbon handmade soap and the technological procedures for various oil-formula blends. Through experimental testing, the decontamination (dirt-removing) and oil-removing performances of different soap formulas were compared. The results indicate that the coffee-ground-based activated carbon scrub soap formulated with activated carbon significantly outperforms traditional soaps in terms of decontamination and oil-removing capabilities. Furthermore, the production process of coffee-ground-based activated carbon soap and the key control points for each stage have been clarified. The high-value utilization of coffee grounds in the creation of handmade soap has opened up a new frontier for eco-friendly skin cleansing products.

Keywords : coffee grounds; activated carbon; oil formulation; detergency; deoiling

