

含5种表面活性剂与功能助剂的 氨基酸型洗面奶的制备研究

林继辉,周梦婷,苏杰,郭秀玲,戴玉梅
(闽南科技学院 生命科学与化学学院,福建 南安 362332)

摘要:制备了含有5种表面活性剂,并复配了积雪草苷、阿魏酸提取液以及沙漠复活糖苷作为功能助剂的氨基酸型洗面奶。在单因素实验的基础上,以泡沫高度作为清洁力指标,设计研究单一变量对泡沫高度的影响以及变量间的相互作用,并建立了多因素与泡沫高度的多元二次方程模型。通过清除羟基自由基法和DPPH自由基法测试该洗面奶的抗氧化性能,并采用牛津杯法进行抑菌性测试,最终获得氨基酸型洗面奶的最优配方。该款氨基酸型洗面奶表现出良好的抗氧化性,并且其羟自由基清除能力和DPPH清除能力分别在0.01~0.09和0.01~0.13 g/mL质量浓度范围内,随质量浓度增加而逐渐增强,IC₅₀分别为0.024和0.063 g/mL。此外,添加阿魏酸提取液和积雪草苷的洗面奶对大肠杆菌、枯草芽孢杆菌和金黄色葡萄球菌表现出良好的抑制作用,验证了阿魏酸和积雪草苷在化妆品中的应用潜力。

关键词:洗面奶;泡沫高度;积雪草苷;阿魏酸提取液

中图分类号:TQ658.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-8513(2025)02-0175-09

近年来,由于生活、工作和作息无规律等不健康的生活习惯,多数人出现皮肤敏感化、易衰老化等问题,这使得日常脸部清洁变得尤为重要。洗面奶作为传统毛巾擦拭的替代品,不仅避免了角质层变薄和皮肤敏感,还提供了更好的清洁效果,从而备受消费者欢迎。氨基酸型洗面奶以其温和无刺激和出色清洁力,解决了敏感肌肤人群的选择难题。随着社会经济的发展和人们对物质需求水平的提高,单一清洁作用的洗面奶已无法满足其日常的需求。人们开始追求天然且环保的日化产品,尤其是许多女性追求美白与护肤。将天然安全的中药成分,如积雪草苷(asiaticoside),添加至洗面奶中,以增强其抗氧化和美白效果^[1]。

积雪草苷和阿魏酸作为有效的天然提取物,广泛应用于抗高血压、抗抑郁、抗菌和抗氧化等领域^[2-3],尤其在抑制疤痕、加速伤口愈合^[4-6]和抑制黑色素沉积^[7]方面表现出色,逐渐应用于食品、医药和化妆品等领域^[8]。此外,阿魏酸具有抗氧化、抗病毒、抗紫外线及美白等功能^[9],展现出良好的市场应用前景。

本文以分别从积雪草和药川芎中提取得到的积雪草苷和阿魏酸提取液为功能性助剂,添加椰油酰基甘氨酸钠和沙漠复活糖苷等5种氨基酸制备温和型洗面奶。随后,探究表面活性剂的添加量对洗面奶清洁效果的影响,并评估其羟自由基清除能力、DPPH清除能力和抑菌能力。上述结果为洁面乳产业的发展提供理论参考,并为阿魏酸和积雪草苷在化妆品领域的应用提供依据。

1 实验部分

1.1 主要仪器及药品

TDL-40B离心机购自上海安亭科学仪器厂;2152改进型罗氏泡沫仪夹套量筒购自上海隆拓仪器设备有限公司;UV756CRT紫外可见分光光度计购自上海佑科仪器有限公司;YXQ-LS-7 5S II立式压力蒸汽灭

收稿日期:2024-01-27.

基金项目:福建省教育厅中青年教师教育科研项目(JT180826);福建省食品科学与工程省级教学团队项目(JXTD-2018-01).

作者简介:林继辉(1983-),男,硕士,副教授.主要从事天然物提取及应用研究.

通信作者:戴玉梅(1972-),女,博士,教授.主要从事配位化学及功能性食品化学研究.

菌器购自上海博讯实业有限公司医疗设备厂;积雪草苷及川穹阿魏酸提取液由闽南科技学院天然药物结构研究所课题组实验室提供;十二烷基硫酸铵(K12A)、椰油基葡糖苷(APG0814)、椰油酰胺丙基甜菜碱(CAB-35)、月桂醇醚磺基琥珀酸单酯二钠盐(MES-30)、椰油酰基甘氨酸钠(GCS-11)、醇醚羧酸盐(AEC)、椰子油脂肪酸二乙醇酰胺(6501)、脂肪醇聚氧乙烯醚-1(JFC-1)、类固醇生成因子-1(SF-1)、丙二醇、沙漠复活糖苷、柠檬酸、牛肉膏、蛋白胨、琼脂均为化学纯;过氧化氢、水杨酸、硫酸亚铁、无水乙醇、维生素C、1,1-二苯基-2-三硝基苯肼均为分析纯。

大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌(以上3个菌种皆由闽南科技学院生物实验室提供)。

1.2 实验方法

1.2.1 表面活性剂的选择

K12A具有良好的去污力和耐硬水性,同时刺激性低、发泡性能出色,并能够与其他表面活性剂良好融合,广泛应用于各种个人护理产品,尤其适用于配制低pH(中性至弱酸性)产品;APG0814表现出强去污力、细腻泡沫和低刺激性,具备快速、彻底的生物降解性,且与各类表面活性剂能够协同作用,是洗发香波、沐浴露、洁面乳等日常用品中的主要成分;CAB-35为两性表面活性剂,具备良好的去污力和起泡能力,与其他表面活性剂相容性强,温和低刺激,泡沫稳固绵密,适用于香波、沐浴露、洁面乳等产品;MES-30具备洗涤、乳化、增溶等多种功能,能够通过与其他表面活性剂复配,使产品更加温和,显著改善产品性能,适用于温和型洗涤剂、浴液、洁面乳及化妆品^[10];GCS-11具备乳化、分散、渗透和发泡等特性,与其他成分配伍性佳并耐硬水,属于弱碱性、温和型表面活性剂。

1.2.2 积雪草苷及阿魏酸提取液的制备

积雪草苷提取按照以下步骤。准确称取100 g干积雪草于炖盅中,加入1 200 mL去离子水,熬煮约6 h。待液体减少至约400 mL,过滤并取滤液。将滤液在60 °C的烘箱中干燥60 h,得到黑色浸膏。按料液比1:20 g/mL,取适量的积雪草黑色浸膏及丙酮溶液于圆底烧瓶,在65 °C下水浴回流6 h,趁热过滤取滤饼,所得米白色物质即为积雪草苷粗提取物。

阿魏酸提取按照以下步骤。取2 g过120目筛的川穹粉末于圆底烧瓶中,按料液比1:75 g/mL加入乙醇溶液,在95 °C恒温水浴加热,回流35 min。反应产物过滤,滤液用旋转蒸发仪旋蒸浓缩至10 mL,然后以4 000 r/min离心15 min,实现固液分离。最后,将上清液真空冷冻为粉末。

1.2.3 洗面奶的制备方法

按总质量为100 g的配方,称取去离子水于烧杯中,加热至70 °C,加入GCS-11,不断搅拌至粉末全部溶解。随后,再加入K12A,搅拌至完全溶解。在持续搅拌下加入其他主要和辅助表面活性剂,反应1 h至完全混合均匀。将混合物在40 °C下水浴加热,加入积雪草苷、阿魏酸提取液及其他助剂,充分搅拌使其均匀。最后,用柠檬酸或氢氧化钠调节pH至日化用品标准范围,即得到洗面奶样品。

1.2.4 洗面奶配方的初步筛选

按照GB/T 29680—2013^[11],用3支10 mL具塞比色管装8 mL洗面奶样品,在(40 ± 1) °C进行热稳定性试验。试样放置1 d后取出,置于室温下,根据溶液是否分层进行筛选^[12]。

1.2.5 洗面奶发泡性能测试

取2.5 g洗面奶样品溶于100 mL硬度为1 500 mg/kg的硬水中,并加900 mL去离子水至1 L刻度线。根据2152改进罗氏泡沫测定法^[13]测试样品的发泡性能。每个样品进行3次平行测定,取平均值作为最终发泡高度结果。

1.2.6 洗面奶基础配方的设计与筛选

按1.2.3所述的制备方法与不同药品的配比制备5种配方试样的洗面奶。通过对试样外观、冷热稳定性和发泡性能的综合评价。

1.2.7 配方设计及单因素实验

通过对原配方的筛选,确定最佳基础配方为配方序号:10 g K12A、6 g CAB-35、6 g APG0814、2 g MES-30和1 g GCS-11。在最优配方的基础上,以泡沫高度为参考指标,研究K12A、CAB-35、APG0814、MES-30和GCS-11的添加量对泡沫高度的影响。通过数据分析,总结出影响泡沫高度的主要因素及其变化规律,并

确定各因素的最佳添加量.各因素的变化范围如下:K12A的添加量(8、10、12、14和16 g)、CAB-35的添加量(4、6、8、10和12 g)、APG0814的添加量(4、6、8、10和12 g)、MES-30的添加量(1、2、3、4和5 g)以及GCS-11的添加量(1、2、3、4和5 g).

1.2.8 洗面奶配方响应面实验

基于单因素实验结果的基础,以K12A(A)、APG0814(B)、CAB-35(C)、MES-30(D)为自变量,洗面奶的泡沫高度为设计优化的响应值,进行4因素3水平的实验设计,共需29组实验,响应面分析因素和水平见表1.

表1 洗面奶分析因素和水平

水平	不同氨基酸型表面活性剂添加量/g			
	K12A(A)	APG0814(B)	CAB-35(C)	MES-30(D)
-1	12.0	6.0	6.0	2.0
0	14.0	8.0	8.0	3.0
1	16.0	10.0	10.0	4.0

1.2.9 理化性能测试

1) 感官检测

取适量洗面奶样品置于试管中,放置于避开阳光直射但光线充足的环境下,进行目测观察,检查样品是否存在分层或杂质.观察后,通过嗅觉检测,检查洗面奶样品是否有异味^[13].

2) pH检测

依据国家标准 GB/T 34857—2017中的规定方法,准确称取1.0 g新制备的洗面奶,加入9 mL去离子水,加热至40 °C,搅拌混合均匀.冷却后,测定pH值,以确保pH符合标准规定范围^[11].

3) 抗氧化性能测定

采用水杨酸法测定羟基自由基清除率^[14],将洗面奶样品和维生素C配制成0.01、0.03、0.05、0.07、0.09、0.11和0.13 g/mL的待测液.取2 mL待测液置于7支不同编号的试管中,分别加入2 mL 6 mmol/L的硫酸亚铁溶液和过氧化氢溶液.在暗室中静置20 min后,再加入2 mL 6 mmol/L的水杨酸溶液,再静置30 min后于510 nm波长下测定其吸光度,记为 A_i ;用相同方法以2 mL去离子水代替硫酸亚铁,测得吸光度为 A_j ;最后以去离子水代替待测液,按相同方法测得吸光度为 A_0 ^[15-16].以维生素C为阳性对照根据公式(1),计算羟基自由基清除率 I_{OH} .

$$I_{OH} = \left(1 - \frac{A_i - A_j}{A_0}\right) \times 100\%. \quad (1)$$

采用清除DPPH法,用无水乙醇配制浓度为4 mmol/L的DPPH溶液,避光保存待用.将洗面奶样品和维生素C分别配制成0.01、0.03、0.05、0.07、0.09、0.11和0.13 g/mL的待测液,待用.取2 mL上述待测液分别放入7支不同编号的试管中,再取2 mL 4 mmol/L的DPPH溶液于比色管,摇匀,避光静置30 min,以无水乙醇为参比,在517 nm波长处测定吸光度 A'_i ^[17],以相同方法取2 mL无水乙醇代替DPPH溶液,其余加入溶液不变,测得吸光度记为 A'_j .最后,取2 mL DPPH溶液及2 mL无水乙醇以相同方法且相同条件下测得吸光度 A'_0 ;以维生素C为阳性对照,按公式(2)计算待测液对DPPH自由基清除率 I_{DPPH} .

$$I_{DPPH} = \left(1 - \frac{A'_i - A'_j}{A'_0}\right) \times 100\%. \quad (2)$$

4) 洗面奶的抑菌性能测试

细菌溶液配制:将大肠杆菌、金黄色葡萄球菌和枯草芽孢杆菌分别在37 °C下培养1 d,备用.准确称量1.00 g未加提取物的洗面奶,稀释100倍,作为洗面奶空白样,编号为①.称取1.00 g含有2种提取物的洗面奶样品,稀释100倍,编号为②.

牛津杯法测定抑菌效果:采用牛津杯法^[18],取20 mL培养液倒入无菌平板,待培养基冷却凝固后,取0.03 mL细菌培养液涂于培养基表面.将无菌牛津杯呈三角形布置于各培养基上,并依次编号.空白对照组仅加入0.2 mL无菌生理盐水,另两组则分别加入0.2 mL待测样品洗面奶①和②.每组细菌抑菌试验平行测

量3次,通过测量抑菌圈直径 d 来评估样品的抑菌效果^[19].

2 结果分析

2.1 洗面奶基本配方设计表

表2是洗面奶基本配方列表,其中列出了主要表面活性剂及主要药品,其它辅助表面活性剂未写出.

表2 洗面奶基本配方列表

配方序号	不同药品的质量/g										
	AEC	MES-30	6501	JFC-1	SF-1	K12A	CAB-35	GCS-11	APG0814	肉豆蔻酸	月桂酸
①	10	8	6	0.6	0.3	0	0	0	0	0	0
②	10	8	4	0.4	0	0	0	0	0	8	4
③	10	6	4	0.2	0	0	0	1	0	6	4
④	0	2	0	0	0	6	2	1	2	0	0
⑤	0	2	0	0	0	10	6	1	6	0	0

2.2 洗面奶表面活性剂筛选及结果分析

对不同的洗面奶样品的外观进行了分析,并对其冷热稳定性进行了试验.在无分层的情况下,可初步判定为较为稳定的配方^[12].从表3结果可以看出,配方②不具备可行性,而配方①、③、④和⑤具有可行性.通过对这4种配方的外观和泡沫高度的对比观察,确定配方⑤为最优方案.

表3 表面活性剂筛选结果

洗面奶样品配方	实验结果			
	外观	热稳定性	冷稳定性	泡沫高度/mm
①	透明稀状	不分层	不分层	80
②	白色膏体	分层	分层	86
③	白色膏体	不分层	不分层	92
④	透明稠状	不分层	不分层	103
⑤	透明稠状	不分层	不分层	124

2.3 洗面奶表面活性剂的单因素设计及结果分析

图1为5种主表面活性剂对洗面奶发泡性能影响.采用1.2.5的方法测量泡沫高度.由图1a~d可知,洗面奶的发泡性能总体上随着表面活性剂添加量的增加而提升.当表面活性剂K12A、APG0814、CAB-35、MES-30添加量分别为14、8、8和3g时,泡沫高度分别高达139、142、145和141mm的最大值,这表明K12A、APG0814、CAB-35、MES-30的最佳添加量分别为14、8、8和3g.图1e为GCS-11添加量对泡沫高度的影响.随着GCS-11添加量的增加,洗面奶泡沫高度却有明显下降的趋势.结合各表面活性剂的特性分析,这可能是由于K12A,即十二烷基硫酸铵的亲水基 NH_4^+ 在水溶液中发生水解,释放 H^+ 离子,与GCS-11,即椰油酰基甘氨酸钠的亲水基甘氨酸钠基团发生反应,导致椰油酰基甘氨酸钠的亲水性降低,从而增加表面活性剂的表面张力并减弱其发泡性.这一现象表明GCS-11与其他几种表面活性剂的配伍性较差.

2.4 洗面奶配方响应面实验结果及优化分析

2.4.1 响应面试验结果

按表1设计要求,得到以洗面奶泡沫高度为响应值的29组实验,实验结果见表4.

2.4.2 二次项数学模型的可行性分析

对结果进行多元回归拟合,得到泡沫高度(Y)与K12A(A)、APG0814(B)、CAB-35(C)、MES-30(D)的多元回归曲线方程为 $Y=147.40+1.23A+2.07B-2.00C+1.50D+1.20AB-3.25AC-0.25AD+3.50BC-1.50BD+1.75CD-5.01A^2-6.01B^2-8.61C^2-3.86D^2$.

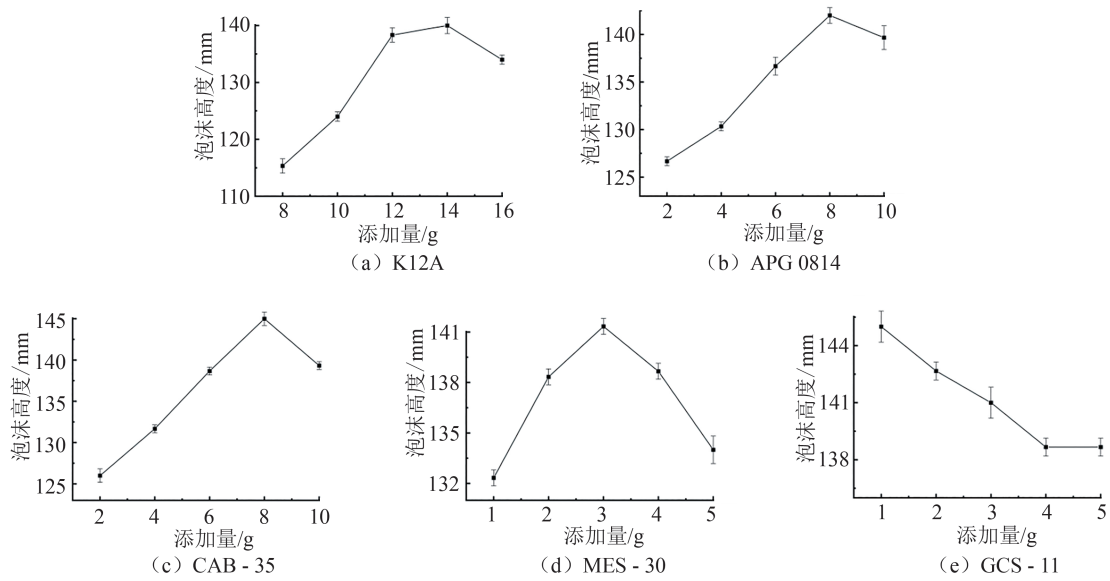


图 1 不同表面活性剂添加量对洗面奶泡沫高度的影响

表 4 洗面奶响应面试验结果

序号	不同表面活性剂添加量/g				泡沫高度/mm
	K12A	APG0814	CAB-35	MES-30	
1	14	8	8	3	147
2	14	8	8	3	149
3	14	8	10	4	137
4	14	10	8	4	140
5	12	8	8	4	138
6	16	10	8	3	139
7	14	8	8	3	146
8	14	8	6	2	136
9	14	6	10	3	124
10	12	10	8	3	135
11	14	8	10	2	129
12	16	8	8	2	139
13	12	6	8	3	135
14	12	8	8	2	136
15	14	8	8	3	147
16	14	10	8	2	140
17	16	6	8	3	135
18	14	8	6	4	137
19	14	10	6	3	134
20	12	8	6	3	134
21	14	8	8	3	148
22	12	8	6	3	132
23	16	8	10	3	130
24	14	10	10	3	137
25	14	6	8	4	139
26	14	6	6	3	135
27	16	8	8	4	140
28	16	8	6	3	141
29	14	8	8	2	133

由表 5 可见,回归模型具有高度显著性($P < 0.0001$),表明各因素与响应值之间的非线性方程关系显著,即该实验方法是可靠的.失拟项($P > 0.05$),说明非试验因素对试验结果的影响较小^[20].决定系数 $R^2 = 0.9775$,说明该模型能很好地拟合响应值,准确度高;而校正决定系数 R^2_{Adj} 为 0.9549,与 R^2 相近,表明模型具有很好的精度和通用性^[21].因此,在试验范围内,该模型方程用于预测洗面奶各个主表面活性剂的添加量对泡沫高度的影响.

根据表 5 中的 F 值及一次项系数的绝对值^[22],各因素对洗面奶泡沫高度的影响程度顺序为 $K12A < MES - 30 < APG0814 = CAB - 35$. A、B、C、D、AC、BC、BD、CD、 A^2 、 B^2 、 C^2 、 D^2 均响应显著($P < 0.05$),即 AC (K12A 与 CAB - 35)、BC (APG0814 与 CAB - 35)、BD (APG0814 与 MES - 30)、CD (CAB - 35 与 MES - 30) 具有显著的交互作用.而 AB (K12A 与 APG0814)、AD (K12A 与 MES - 30),无显著的交互作用^[23].

表 5 方差分析表

来源	自由度	平方和	均方	F 值	P 值	显著性
模型	931.95	14.00	66.57	48.12	< 0.000 1	**
A	18.25	1	18.25	13.20	0.002 7	**
B	51.25	1	51.25	37.05	< 0.000 1	**
C	48	1	48	34.70	< 0.000 1	**
D	27	1	27	19.52	0.000 6	**
AB	5.76	1	5.76	4.16	0.060 6	—
AC	42.25	1	42.25	30.54	< 0.000 1	**
AD	0.25	1	0.25	0.18	0.677 2	—
BC	49	1	49	35.42	< 0.000 1	**
BD	9	1	9	6.51	0.023 1	*
CD	12.25	1	12.25	8.86	0.010 0	*
A^2	162.70	1	162.70	117.62	< 0.000 1	**
B^2	234.16	1	234.16	169.27	< 0.000 1	**
C^2	480.67	1	480.67	347.47	< 0.000 1	**
D^2	96.56	1	95.56	69.80	< 0.000 1	**
残差	19.37	14	1.38	—	—	—
失拟项	14.17	10	1.42	1.09	0.509 4	不显著
绝对误差	5.2	4	1.3	—	—	—
总误差	951.32	28	—	—	—	—

注:**表示差异极显著, $P < 0.01$; *表示差异显著, $P < 0.05$; $P > 0.05$ 为不显著.

2.4.3 等高线图、三维曲线图分析

响应面曲面越陡峭,表明洗面奶的泡沫高度愈高.等高线图则反映因素之间的交互作用,越圆说明交互不显著^[16].由图 2a 可见,APG0814 比 K12A 陡峭,表明 APG0814 对泡沫高度的影响较大,且等高线稀疏,呈椭圆.根据表 5, K12A 与 APG0814 之间存在交互但不明显;由图 2b 可见, CAB - 35 较 K12A 陡峭,且等高线密集呈椭圆,表明 K12A 和 CAB - 35 间交互显著且影响较大. K12A 陡峭而 MES - 30 平缓,等高线呈圆形,表明两者交互不明显(图 2c).由图 2d 可见, APG0814 与 CAB - 35 均比较陡峭,且等高线密集呈椭圆,说明 APG0814 与 CAB - 35 对泡沫高度的影响均显著,与方差分析表结果一致^[24-25].由图 2e 可见, APG0814 比较陡峭, MES - 30 比较平缓,表明 APG0814 对泡沫高度的影响比较明显,等高线密集呈椭圆.结合表 5, APG0814 与 MES - 30 之间存在交互且影响较大.由图 2f 可见, CAB - 35 比 MES - 30 更陡峭,表明 CAB - 35 对泡沫高度的影响较大,且与 MES - 30 存在显著交互作用.

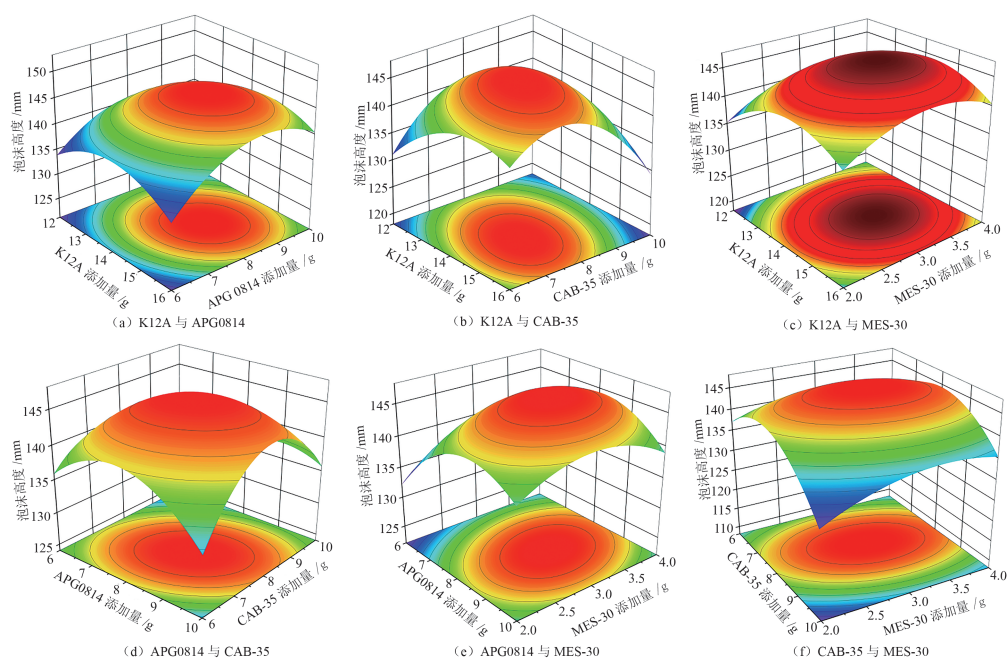


图 2 表面活性剂添加量对泡沫高度交互作用的响应面分析

2.5 洗面奶理化性能评定表

对新制备的样品进行理化性能评定^[23],其中①为只添加表面活性剂的空白样,②为最终成品的洗面奶样品,结果见表 6. 洗面奶在各项指标上均表现良好,且在颜色、pH 值、稳定性等方面与空白样品相比无显著不良变化,表明最终产品的理化性能符合预期,可以作为皮肤清洁产品进行使用.

表 6 理化性能评定表

样品名称	色泽	香味	状态	pH	眼睛刺激性	离心分离	耐热	耐寒	泡沫稳定性
①	透明无色	淡雅	均匀、细腻	6.5	无	未分离	无差异	无差异	稳定
②	黄棕色	淡雅	均匀、细腻	6.2	无	未分离	无差异	无差异	稳定

2.6 洗面奶抗氧化性能分析

如图 3a 所示,洗面奶样品具有一定的 DPPH 去除能力,并且洗面奶样品的质量浓度为 0.01 ~ 0.13 g/mL,与清除率成正相关. 洗面奶样品质量浓度为 0.13 g/mL 时,对应的清除率为 85.32%, IC_{50} 值为 0.06 g/mL. 在相同质量浓度下,洗面奶的 DPPH 的清除能力比维生素 C 的清除率要低. 从图 3b 可知,洗面奶样品的质量浓度增加提高了其羟自由基清除能力. 当洗面奶样品质量浓度为 0.09 g/mL 时,对应的清除率为 93.77%;超过该质量浓度后,清除率趋于平缓. 在相同质量浓度下,维生素 C 的羟基自由基清除能力比洗面奶样品高.

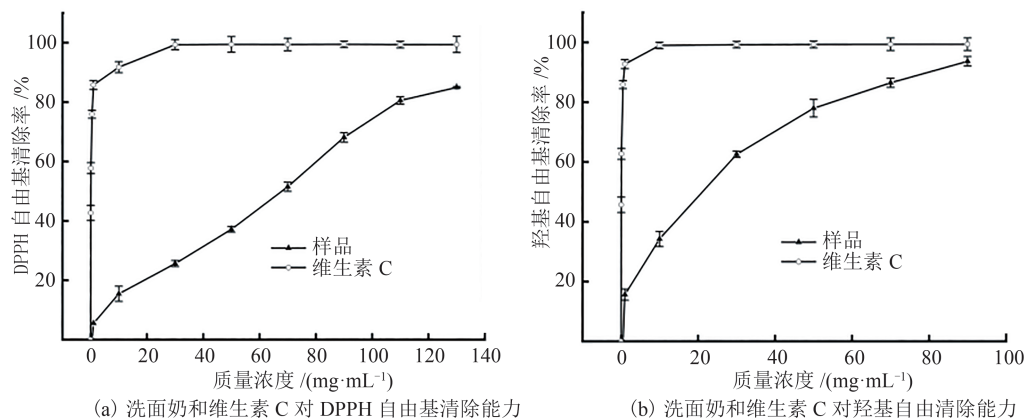


图 3 洗面奶抗氧化性能分析

2.7 洗面奶抑菌性能分析

由表7可知,未加提取物的洗面奶对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌具有一定的抑制作用;而添加提取物的洗面奶对3种细菌的抑菌作用显著强于未添加提取物的洗面奶。

表7 洗面奶的抑菌效果

样品名称	抑菌圈直径/mm			
	对照	大肠杆菌	金黄色葡萄球菌	枯草芽孢杆菌
①	6.00	11 ± 0.5	10 ± 0.5	12 ± 1
②		17 ± 0.5	14 ± 0.5	14 ± 0.5

3 结语

通过响应面优化,确定了含5种表面活性剂与功能助剂的氨基酸型洗面奶的最优配方,其中包括14 g K12A、8 g APG0814、8 g CAB-35、3 g MES-30、1.0 g GCS-11。通过冷热性实验,将该洗面奶放置24 h,未出现分层或变色等现象,表明其配方的稳定性良好。洗面奶的抗氧化性能评估结果显示,在0.13 g/mL的质量浓度下,羟基自由基和DPPH自由基的清除率分别为95.27%和85.32%,表明其具有良好的抗氧化性能和自由基清除能力。在抑菌性实验结果表明,该氨基酸型洗面奶可以有效抑制大肠杆菌、金黄色葡萄球菌和枯草芽孢杆菌等细菌的生长。此外,该产品中添加了积雪草苷与阿魏酸提取液以及沙漠复合草葡糖苷,这有助于皮肤保湿、美白、抗氧化等功效,且增加了阿魏酸提取液的应用价值。

参考文献:

- [1] 史帝夫,刘江虹,韩美子,等.一种复配氨基酸蒲公英洗面奶的制备[J].山东化工,2021,50(6):18-22.
- [2] 韩美子,徐宁忆,咸恩婷,等.白芷洗面奶的制备及性能评价[J].山东化工,2021,50(6):42-45.
- [3] RAZALI N N M, NG C T, FONG L Y. Cardiovascular protective effects of *Centella asiatica* and its triterpenes: a review[J]. *Planta Medica*, 2019,85:1203-1215.
- [4] KIM O T, JIN M L, LEE D Y, et al. Characterization of the asiatic acid glucosyltransferase, UGT73AH1, involved in asiaticoside biosynthesis in *Centella asiatica* (L.) Urban[J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2017,18(12):2622-2630.
- [5] BYLKA W, AWIZEN P Z, SROKA E S, et al. *Centella asiatica* in dermatology: an overview[J]. *Phytotherapy Research*, 2014,28(8):1117-1124.
- [6] AHMED A S, TAHER M, MANDAL U K, et al. Pharmacological properties of *Centella asiatica* hydrogel in accelerating wound healing in rabbits[J]. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 2019,19(1):210-213.
- [7] KWON J K, BAE S, KIM K, et al. Asiaticoside, a component of *Centella asiatica*, inhibits melanogenesis in B16F10 mouse melanoma[J]. *Molecular Medicine Reports*, 2014,10(1):503-507.
- [8] 张欣,高增平.阿魏酸的研究进展[J].中国现代中药,2020,22(1):138-147.
- [9] DOMENICO D F, PERLUIGI M, FOPPOLI C, et al. Protective effect of ferulic acid ethyl ester against oxidative stress mediated by UVB irradiation in human epidermal melanocytes[J]. *Free Radical Research*, 2009,43(4):365-375.
- [10] 吴靖.醇(醚)型磺基琥珀酸单酯二钠盐的应用[J].牙膏工业,2003(4):34-36.
- [11] 中国轻工联合会. GB/T 29680—2013,洗面奶、洗面膏[S].北京:中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会,2013:1-8.
- [12] 林继辉,洪燕华,苏丽丽,等.橄榄油洗发露的研制[J].云南民族大学学报(自然科学版),2016,25(3):219-224.
- [13] 中国轻工联合会. GB/T 13173—2008,表面活性剂洗涤剂实验方法,洗涤剂发泡力的测定[S].北京:中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局、中国国家标准化管理委员会,2017:1-40.
- [14] 王彦兵,王晓媛,肖兵,等.小粒咖啡果皮总黄酮提取工艺优化及其体外抗氧化活性分析[J].南方农业学报,2020,51(2):385-393.
- [15] 李侠,臧学丽,徐祎博,等. AB-8大孔树脂纯化绿豆皮黄酮工艺优化及纯化前后抗氧化能力比较[J].食品科学,2018,39(10):283-290.
- [16] 林继辉,陈莎莎,陈梓婷,等.余甘子果超氧化物歧化酶提取工艺优化及抗氧化性研究[J].云南民族大学学报(自然科学版),2023,32(3):1-15.

- [17] 郝晓华,曹丽蓉,罗淑政,等. 响应面优化超声波法提取薄荷多糖的研究[J]. 中国饲料,2021,(21):26-31.
- [18] 李永建,韦明杰,张胤. 29株淡水真菌固体发酵提取物的抑菌活性研究[J]. 昆明理工大学学报(自然科学版),2021,46(4):137-146.
- [19] 王金亭. 紫荆花红色素抑菌和体内抗氧化活性的研究[J]. 食品科技,2011,36(9):238-241.
- [20] 程旺开,许月明,张冬冬. 响应面优化黄秋葵叶多糖的提取工艺及其抗氧化活性考察[J]. 中国实验方剂学杂志,2017,23(4):38-42.
- [21] 高岳,尹帅,袁孝瑞,等. 响应面法优化花椒叶多酚提取工艺及其抗氧化活性[J]. 食品研究与开发,2022,43(6):68-74.
- [22] 林继辉,陈琳榕,冯庆玲,等. 沙棘果总黄酮提取工艺及抗氧化性研究[J]. 云南民族大学学报(自然科学版),2024,33(2):178-185.
- [23] 杜玉兰,张冉冉,范培浩,等. 响应曲面法优化泡沫洗面奶的发泡能力[J]. 日用化学品科学,2020,43(6):36-42.
- [24] 李斌,雷月,孟宪军,等. 响应面试验优化超声波辅助提取蓝靛果多酚工艺及其抗氧化活性[J]. 食品科学,2015,36(22):33-39.
- [25] 李玢洁,彭煌用,王雪梅. 温和泡沫洁面乳的制备及其性能研究[J]. 安徽大学学报(自然科学版),2014,38(3):86-93.

Study on the preparation of amino acid – based facial cleanser with five surfactants and functional additives

LIN Ji-hui, ZHOU Meng-ting, SU Jie, GUO Xiu-ling, DAI Yu-mei

(School of Life Science and Chemistry, Minnan Science and Technology Institute, Nan'an 362332, China)

Abstract: Amino acid – based facial cleanser was prepared with five surfactants, supplemented with functional additives including *Centella asiatica* extract, ferulic acid extract, and desert resurrection glycosides. Based on single – factor experiments, the foam height was used as an indicator of cleaning performance. The study was designed to investigate the influence of single variables and the interactions among variables on foam height, leading to the establishment of a multivariate quadratic model correlating multiple factors with foam height. The antioxidant properties of the facial cleanser were evaluated by using hydroxyl radical scavenging and DPPH radical scavenging assays, while its antibacterial activity was assessed using the Oxford cup method. The optimal formulation of the amino acid – based facial cleanser was obtained through this study. The cleanser demonstrated excellent antioxidant properties, with hydroxyl radical scavenging and DPPH radical scavenging abilities increasing with concentration in the ranges of 0.01 – 0.09 and 0.01 – 0.13 g/mL, respectively, and IC₅₀ values of 0.024 and 0.063 g/mL. Additionally, the facial cleanser with added ferulic acid extract and *Centella asiatica* glycosides exhibited strong inhibitory effects against *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, and *Staphylococcus aureus*, confirming the potential application of ferulic acid and *Centella asiatica* glycosides in cosmetics.

Key words: facial cleanser; foam height; asiaticoside; ferulic acid extract

(责任编辑 韩冬)