多维度量化评价体系在沉香修护霜中的应用研究

邓玮瑶[1#]，黄敏禹[1#]，孙亚涛[2]，张雪荣[2]，李鹏[2]，刘富英[2]，高永辉[3]，岑水斌[1*]
(1.广东轻工职业技术大学材料学院，广东广州，510300；
2.同康生命科学（广州）有限公司，广东广州，510700；
3.广东济世百草药业有限公司，广东广州，510730)
DOI:10.61369/CDCST.2026030006

摘　　要：为构建复配型修护类化妆品的功效评价体系，本文提出了一套覆盖多层面的功效评价方法，并以一款沉香修护霜为对象进行了系统检验，以解决修护类化妆品功效评价中指标单一、体内外数据脱节及宣称依据不足等问题。试验采用体外透明质酸酶抑制试验与28天人体自身前后对照相结合的双路径设计，对产品进行“体外量效筛选—人体功效评估—影像学辅助评价—安全监测”的全程评价。体外实验设置5% ~ 25%浓度梯度，结果显示体外透明质酸酶抑制率呈显著浓度依赖性（R^2=0.9953），在浓度25%的沉香修护霜中达76.30%。人体试验招募30名屏障受损受试者（TEWL＞15 g·m^{-2}·h^{-1}），连续使用28 d后，受试区TEWL下降37.62%、角质层含水量提升53.84%、红斑指数（EI）下降37.46%（均P＜0.001），空白对照区无显著变化；使用者满意度达96.67%，无不良反应。研究表明，该沉香修护焕颜霜发挥基质成分保护的同时，兼具屏障修护、抗炎舒缓及长效保湿的多重功效，文中“体外量效筛选—人体功效评估—影像学辅助评价—安全监测”的综合评价模型，可供植物源修护产品的功效验证与行业标准化工作借鉴。

关　键　词：化妆品功效评价；皮肤屏障修复；基质成分保护；沉香提取物


邓玮瑶


岑水斌

共同第一作者简介：邓玮瑶，现任粤港澳轻工日化检测认证中心实验员，具备扎实的理化分析基础。曾深度参与熟悉国家认监委CNAS认可全流程，擅长食品、化妆品及环境样品中有害物质的检测与分析。E-mail:2657271535@qq.com。

通讯作者简介：岑水斌，博士，广东轻工职业技术大学粤港澳轻工（日化）认证检测中心副主任，研究方向：分子印迹纳米技术，功效物质提取及评价。E-mail:simen cen@126.com。

随着对高质量生活的追求，当代人群对皮肤保养越来越重视，出现皮肤屏障受损、脸部皮肤敏感泛红、干燥脱屑等问题频率越来越高，随之出现了科学护肤的理念，寻找一款兼具保湿、舒缓、修护等多重功效的天然植物源护肤品成为了消费者和市场的关注热点。2021年1月1日施行的《化妆品监督管理条例》及国家药监局配套发布的《化妆品功效宣称评价规范》（2021年4月9日发布，5月1日起施行）明确规定，宣称“修护”功效的化妆品需通过人体功效评价试验完成功效验证[1-2]。

沉香作为一种中国特有的名贵中药材，含有丰富的倍半萜类化合物、芳香化合物和色酮类化合物等成分，具有极高的药用价值。相关研究表明，沉香具有抗炎、抗氧化及抑菌等作用[3-5]。陈慧[6]等发现沉香提取物的活性成分可通过干预NF-κB通路中磷酸化核因子的表达降低炎症因子分泌，改善皮肤泛红与敏感状态。廖建良等[7]在研究沉香植株不同部位提取物的抑菌活性时，发现其对细菌、霉菌均具有抗菌能力。Yadav等[8]研究显示沉香中的表桉叶油醇、沉香螺醇以及jinkoh-eremol与抗炎和激活免疫调节相关的受体结合较强，在佛波醇（TPA）诱导的小鼠耳炎模型中，能剂量依赖性的降低促炎因子（IL-1β、IL-6、TNF-α）的释放水平。但目前针对沉香提取物应用于修护类产品的体内外功效评价研究仍较为匮乏，尤其缺少覆盖多个层面的系统评价而多集中于沉香及其提取物。

化妆品原料来源广泛，可按其生产方式划分为有化学合成原料、天然来源原料、生物技术原料等多种类别。水杨酸、烟酰胺等合成成分虽应用广泛，但存在一定刺激性及长期耐受性风险[9-10]；维A酸作为处方药成分，因具有明确的皮肤刺激性及致畸风险，被列入《化妆品安全技术规范》（2015年版）禁用组分目录，不得作为化妆品原料使用[11]。

天然植物成分原料因其作用温和、作用靶点多元而受到关注。芽鳞茅膏菜和吊瓜树中的黄酮类化合物、环烯醚萜类化合物、皂苷和多酚类化合物等成分，可作用于环氧化酶（COX）、基质金属蛋白酶（MMPs）以及酪氨酸酶等多个皮肤关键靶点[12]。沉香的2-(2-苯乙基)色酮类和倍半萜类化合物被证实可抑制NO生成，下调一氧化氮合酶（iNOS）和COX表达[13]。加工过后的黄芩

基金项目：1.广东轻工职业技术大学2025年度校级科研项目支持（项目编号：KJ2025-22）；2.广东轻工职业技术大学2025年度乡村振兴与“双百行动”专项科研项目支持（项目编号：SBXD2025-03）；3.广东轻工职业技术大学横向项目支持（项目编号HX2025-207）。

中国日化科技26年2期第3卷第3期.indd 31　2026/9/29 15:32:28

提取物（PSGE）可以上调血红素氧合酶-1（HO-1）和NAD(P)H: quinone dehydrogenase 1 (NQO_1) 的表达[14]。多植物复配的协同修护策略已成为行业主流研发思路，本试验所用沉香修护焕颜霜以沉香提取物为核心成分，复配马齿苋提取物、透明质酸钠及多种植物活性组分。沉香（AQUILARIAE LIGNUM RESINATUM）提取物虽已列入《已使用化妆品原料目录》Ⅰ（2025年6月23日版）[15]，相关安全评估报告也对其可能由原料带入、生产过程中产生或带入的风险物质进行了系统评估[16]，但目前沉香类化妆品的功效评价仍缺少系统、规范的研究体系，缺乏从体外试验到人体功效验证的完整体系。本研究旨在创建一条人体内外双维度的评价方式，结合沉香修护焕颜霜的活性物质及其相关特性，系统评价该产品的实际效用，为同类产品的开发提供案例参考。

现有研究主要存在以下不足：多数研究功效评价较为单一，集中于保湿和皮肤局部炎症介质平衡的单点验证，对多层面指标的评估及机理分析不足；沉香复配修护成分的产品体内外联合研究稀缺；现有报道以单一成分的体外活性筛选为主，针对复配护肤品的人群临床研究极为有限，难以反映真实使用场景下的综合功效；体外实验与人体功效评价之间也缺乏有效关联，支撑证据不足，体外量效关系与人体暴露浓度之间缺乏换算依据[17]，导致从活性筛选到功效宣称的科学证据链条不完整，削弱了结论的可信度与备案合规性。针对上述问题，本文搭建“体外量效筛选—人体在体主要功效评估—影像学辅助评估—全程安全监测”综合评价模型，以沉香修护霜为例可以供行业发展参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料

受试样品：试验用沉香修护焕颜霜（同康生命科技（广州）有限公司提供，批号TK2025041001），其主要功效成分为沉香提取物、马齿苋提取物及牛油果树果脂。透明质酸酶（Sigma-Aldrich，美国）；透明质酸钠（华熙生物科技股份有限公司）；其他试剂均为分析纯。

1.2 实验和仪器

皮肤多功能分析仪（MCJY-162，含Tewameter TM 300经皮水分流失探头、Corneometer CM 825皮肤水分测试探头、Mexameter MX 18皮肤色素测试探头，Courage+Khazaka，德国）；VISIA 7面部图像分析系统（MCJY-161，Canfield，美国）；酶标仪（Multiskan FC，Thermo Fisher，美国）；精密电子天平（Sartorius，德国）；恒温水浴锅（上海精宏）。

1.3 受试者信息

本实验于2025年6—7月在广东省广州市内招募30名健康志愿者（女性21名，男性9名）。纳入标准：(1)年龄18~60岁；(2)皮肤经表皮水分流失率（TEWL）> 15 g·m^{-2}·h^{-1}；(3)无严重系统性疾病及过敏史；(4)试验期间同意不使用其他任何护肤及药物产品；(5)签署书面知情同意书。排除标准：(1)怀孕、哺乳期妇女或近期有备孕计划者；(2)有银屑病、湿疹、异位性皮炎等现患皮肤病史者；(3)近一个月内口服或外用过皮质类固醇激素等抗炎药物者；(4)目前或近三个月参加其他临床试验者；(5)对化妆品成分已知过敏者。30名受试者年龄范围20~56岁，平均（35.7 ± 10.8）岁，全部完成28天试验。

伦理审查与试验注册：本研究方案已通过第三方检测机构伦理审查，所有受试者均签署书面知情同意书。所有试验过程遵循《赫尔辛基宣言》原则。本次人体功效试验及修复试验由同康生命科技（广州）有限公司委托广东微化检验科技有限公司（第三方检测机构）依据标准操作规程（SOP）完成第三方检测报告，并委托论文作者团队负责实验的数据汇总分析与论文撰写。

1.4 试验方法

1.4.1 体外透明质酸酶抑制实验

采用Elson-Morgan改良法[18]。将样品用PBS稀释至5%、10%、15%、20%、25%五个浓度梯度。反应体系包含透明质酸酶液（100 U/mL）、不同浓度样品溶液、透明质酸钠底物（0.5 mg/mL）。37 ℃水浴30 min后，加入乙酰丙酮溶液显色，沸水浴15 min，冷却后加入Ehrlich试剂，于530 nm处测定吸光度，计算透明质酸酶抑制率。实验重复3次。阳性对照为地塞米松（1 mmol/L）。

1.4.2 人体临床功效评价

采用自身前后对照试验设计。受试者在恒温恒湿环境（温度20 ~ 22 ℃，相对湿度40% ~ 60%）中静坐至少30 min后，由经培训合格的测试人员使用同一仪器检测受试者面部TEWL、角质层含水量及皮肤血红素含量作为基线值（D0）。随后将受试样品分发给受试者，指导其每日早晚洁面爽肤后，取适量产品均匀涂抹于全面部，轻柔按摩至吸收，连续使用28天。于使用后第28天（D28）返回实验室，在相同环境条件下进行回访测试和评估。试验期间，受试者需填写《日常试用情况表》记录使用情况及身体状况变化，试验机构在回访日回收。

1.4.3 客观仪器检测

(1) 经皮水分流失率[19]（TEWL）：使用Tewameter

中国日化科技26年2期第3卷第3期.indd 32 2026/9/29 15:32:28

TM 300探头，基于菲克扩散定律测量皮肤角质层水分散失量，单位 g·m⁻²·h⁻¹，在受试区重复测量3次取平均值，数值越低表示屏障功能越好。

(2) 角质层含水量：使用 Corneometer CM 825探头，基于电容法测量皮肤角质层水分含量，单位 a.u.，重复测量3次取平均值，数值越高表示皮肤水合状态越好。

(3) 红斑指数：使用 Mexameter MX 18探头，基于光谱吸收原理测定皮肤红斑指数，单位 a.u.，重复测量3次取平均值；同时使用 VISIA 7面部图像分析系统在标准光源下拍摄面部正视图、左视图和右视图，分析红色区特征。数值越低表示皮肤真皮层血管充血反应越少。

注：VISIA 7系统在本研究中主要用于面颊整体泛红面积的客观测量及红色区特征的可视化评估，未涉及皱纹、纹理等皮肤老化相关参数的系统分析。

1.4.4 主观自我评估与安全性评估

受试者于第28天填写自评问卷，内容包括产品喜好度、气味、吸收效果、光滑度及锁水效果、减少水分流失效果、舒适感、退红情况、有无红肿现象、有无刺痛感及产品回购意愿，共10项指标，采用5级评分（1分为“非常不满意”，5分为“非常满意”）。满意度 =（满意 + 非常满意）人数 / 总人数 ×100%。每次回访时，由皮肤科医生评估受试者皮肤有无红斑、水肿、丘疹、瘙痒等不良反应。

1.5 统计分析

采用 SPSS 26.0软件进行数据分析。计量资料以均值 ± 标准差（x ± s）表示，首先进行正态分布检验。自身前后比较采用配对 t 检验（数据符合正态分布时）或两个相关样本秩和检验（数据不符合正态分布时）；受试区与空白对照区之间比较采用独立样本 t 检验或秩和检验。显著性水平均为 $P < 0.05$。样本量估算：基于文献和预试验中TEWL的预期变化（效应量 $d = 0.8$），取 $\alpha = 0.05$，把握度（$1-\beta$）= 0.80，计算每组至少需24例，考虑20%脱落，纳入30例，实际完成为30例，无任一脱落。

2结果与分析

2.1 抑制透明质酸酶

抑制透明质酸酶是衡量基质保护潜力的重要指标[20]，通过观察透明质酸酶抑制率，反映透明质酸的抑制情况，减少透明质酸介导的炎症反应，从而发挥其抗炎舒缓、抗光老化和基质保护等潜力。试验对不同浓度的沉香修护焕颜霜进行透明质酸酶抑制试验，结果呈现明确的浓度依赖性（表1）。在5%至25%的测试浓度范围内，随着测试浓度的增加，透明质酸酶抑制率从27.40%上升至76.30%。当样品浓度达到25%时，其抑制率已接近阳性对照地塞米松（1 mmol/L）的80.15%，展示出产品含有能干扰透明质酸酶活性的成分以及具有较强的抗炎调节倾向，这与文献报道的沉香提取物抑制 NF-κB 通路的作用一致[6]。透明质酸酶抑制率与样品浓度之间呈良好的线性关系（$R^2 = 0.9953$），将进一步进行 IC_{50} 值的计算。

表1 透明质酸酶抑制率结果对比表

浓度（%）	样品吸光值	透明质酸酶抑制率（%）
5	0.079	27.40
10	0.096	40.67
15	0.108	53.71
20	0.121	65.30
25	0.132	76.30

注：$n = 3$；阳性对照（地塞米松 1 mmol/L）抑制率为 80.15%。

2.2 人体临床功效验证

2.2.1 皮肤屏障功能与保湿功效

表2汇总了受试者 TEWL 及角质层含水量的变化。与基线值（D0）相比，连续使用产品28天后，受试区 TEWL 从（22.93 ± 0.95）g·m⁻²·h⁻¹ 显著下降至（14.30 ± 0.72）g·m⁻²·h⁻¹，降幅达37.62%（$P < 0.001$），表明皮肤屏障功能得到有效修复。空白对照区 TEWL 变化则无统计学意义 [（22.67 ± 0.81）vs.（22.41 ± 0.80）g·m⁻²·h⁻¹，P=0.566]，进一步验证了产品对屏障修护的特异性。角质层含水量从（151.47 ± 10.80）a.u. 显著提升至（233.02 ± 8.85）a.u.，增幅达53.84%（$P < 0.001$），显示出良好的补水与锁水能力。空白对照区含水量变化无统计学意义 [（153.13 ± 8.97）vs.（156.22 ± 7.95）a.u.，$P = 0.349$]。

表2 经表皮失水率测试数据分析表

检测指标	测试区域	D0（$\bar{x} \pm s$）	D28（$\bar{x} \pm s$）	变化率（%）	P值
TEWL（g·m⁻²·h⁻¹）	受试区	22.93 ± 0.95	14.30 ± 0.72	−37.62	< 0.001
角质层含水量 (a.u.)	空白对照区	22.67 ± 0.81	22.41 ± 0.80	−1.15	0.566
	受试区	151.47 ± 10.80	233.02 ± 8.85	+53.84	< 0.001
	空白对照区	153.13 ± 8.97	156.22 ± 7.95	+2.02	0.349

2.2.2 皮肤泛红程度

皮肤红斑指数（血红素值）是表征皮肤泛红程度的核心客观指标。结果显示，受试区红斑指数随使用时间延长呈持续性下降（表3）。使用28天后，红斑指数从（15.91 ± 0.77）a.u. 下降至（9.95 ± 0.67）a.u.，降幅高达37.46%（$P < 0.001$）。同时，VISIA 7的红色区特征也可见明显改

中国日化科技26年2期第3卷第3期.indd 33 2026/9/29 15:32:28

善。空白对照区红斑指数变化无统计学意义[（15.61 ± 0.95）vs.（15.82 ± 0.73）a.u.，P = 0.484]。结果表明，该产品使用后能减轻真皮浅层血红素（含氧血红蛋白）介导的充血反应，抑制皮肤泛红情况。

表3 皮肤红斑指数变化分析表

检测指标	测试区域	D0（$\bar{x}\pm s$）	D28（$\bar{x}\pm s$）	变化率（%）	P值
红斑指数(a.u.)	受试区	15.91 ± 0.77	9.95 ± 0.67	−37.46	< 0.001
	空白对照区	15.61 ± 0.95	15.82 ± 0.73	+1.34	0.484

2.2.3 受试者主观评估与安全性

28天试用后，受试者主观评价问卷结果见表4。整体喜好度（满意+非常满意）达到96.67%，吸收效果满意度100%，减少水分流失效果满意度100%，退红情况满意度96.67%，无红肿现象和无刺痛感均达100%。在为期28天的试验中，所有30名受试者均未出现红斑、水肿、瘙痒、灼痛等任何即时或迟发性不良反应，证实产品具有良好的皮肤耐受性与安全性。

表4 受试者自我评估统计表

评价指标	总人数	评分≥4分人数	满意度占比（%）
喜好度	30	29	96.67
气味	30	28	93.33
吸收效果	30	30	100.00
光滑度、锁水	30	29	96.67
减少水分流失	30	30	100.00
舒适感	30	28	93.33
退红情况	30	29	96.67
无红肿现象	30	30	100.00
无刺痛感	30	30	100.00
产品回购意愿	30	29	96.67

注：评价采用5级评分制：1分为“非常不满意”，5分为“非常满意”；满意度=（评分≥4分人数/总人数）×100%。

3 结果与讨论

3.1 产品多靶点协同修护作用机理

本产品以沉香提取物为核心，复配马齿苋提取物及多种植物活性成分，推测其发挥作用涉及局部微环境调节、抗氧化及屏障修复等环节，各环节相互配合、彼此促进。

基于相关文献证明，产品中的沉香提取物、马齿苋提取物等对皮肤局部稳态发挥了积极的调节作用，增强了皮肤对环境因素刺激以及体内激素刺激下的应激反应抗性。沉香中的倍半萜化合物和色酮类组分可干预炎症信号NF-κB通路，抑制促炎症因子的释放；马齿苋亦可协同抑制体内组胺成分的分泌[21]。在本次透明质酸酶抑制实验中，产品使用后透明质酸酶抑制率最高达到76.30%，同时受试区皮表红斑指数下降了37.46%，以上结果整体呈现出产品在皮肤局部炎症相关介质及真皮浅层血管反应方面的优化趋势。由于未直接检测IL-1β、TNF-α、PGE_2等炎症相关因子，关于作用机制的讨论主要依据文献证据，相关机制判断仍需后续实验进一步支持。

在抗衰老和延缓衰老方面，已有研究说明皮肤老化与氧化应激、炎症失衡密切相关[22]。沉香中的倍半萜类成分：白木香醇可发挥抑制NF-κB/IκBα信号通路的作用，下调促炎因子的表达，同时激活Nrf2-ARE抗氧化通路[23]，通过调节过氧化氢酶（CAT）及HO-1等抗氧化基因水平发挥抗光老化潜力[24]。沉香挥发油亦可减少氧化应激，当中的有效成分能增强超氧化物歧化酶（SOD）和谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px）的活性，降低丙二醛（MDA）含量[25]。Cen等[26-27]在天然产物抗衰老领域亦有系列研究积累，系统阐释了天然活性成分经多途径干预氧化应激、炎症及代谢通路的潜力。产品存在体外抗氧化抗衰老潜力，后续研究可以围绕分子生物水平，开展人体相关肤质老化改善效果实验，通过Western blot、ELISA等实验进一步验证有效成分的作用机制，增加皮肤弹性、皱纹深度等特异性指标表征测试。在强化屏障与保湿方面，复配成分中的牛油果树果脂可补充表皮脂质，促进角质层修复[28]；透明质酸钠与甘油配合，兼顾补水与锁水[29]。在实验结果中，人体TEWL下降37.62%、含水量提升53.84%，说明产品对皮肤的屏障修护与保湿起到了显著作用，从数据层面印证了产品的屏障修复与保湿功效。

3.2 评价体系优势与方法学反思

本文采用的“体外量效筛选—人体功效评估—影像学辅助评价—安全监测”综合评价模型，符合《化妆品功效宣称评价规范》中对受试者和评价材料的要求，本团队在保湿、屏障修护、抗炎舒缓的传统评价方案的基础上，引入了VISIA 7影像学分析技术作为客观辅助评估手段。但以下方法学局限需要正视：试验设计为受试者自身前后对照，未设阴性对照组或基质对照组，无法排除安慰剂效应及保湿基质的非特异性影响带来的正向反馈；受试者样本量不够丰富，仅有30例，同时，受试者含21名女性和9名男性，存在性别比例不均衡的情况，导致实验结果代表性受限；试验周期仅28天，无法评价长期（12周以上）使用效果。

3.3 行业标准化建议

基于本研究的实践经验，提出以下建议：修护类产品

中国日化科技26年2期第3卷第3期.indd 34 2026/9/29 15:32:28

的功效评价应建立从体外到人体的完整证据链，体外实验与人体试验的指标应尽可能对应，以增强数据的可解释性；应鼓励建立植物提取物的化学标准化指纹图谱（如HPLC/UPLC-Q-TOF-MS），明确关键功效成分的含量范围，提升不同批次产品和不同研究之间结果的可比性；未来研究可纳入皮肤微生态分析、角质层脂质组学或经皮吸收动力学等前沿指标，进一步完善评价维度。

3.4 研究局限与展望

本研究仍存在一定局限：试验仅设置D0和D28两个检测时间点，缺乏中间时间点D7、D14的节点数据，无法系统评价试验期间的关键节点信息，以判断时间动态上的效果特性，后续可以增设纵向时间监测点，构建出一条时间-效用的动态曲线。机制讨论方面，本文依赖文献的综合推理，未检测得到相应的实测依据，如炎症因子、抗氧化酶活性等分子水平指标，今后可结合非侵入性角质层检测、皮肤微生态分析或生物标志物（如角质层SCCA2、IL-1ra等）检测，深入阐释沉香复配组分的作用机制，完善该部分数据的缺失。体外实验浓度（5% ~ 25%稀释液）与人体实际暴露浓度之间也缺乏定量关联，体外量效关系对人体功效的预测价值有待进一步验证。样本量方面，30例虽经功效计算，但仍偏小，且为单中心试验，缺乏多中心、大样本的外部验证，后续可考虑增大样本量，采用随机、双盲、基质对照等设计，提升证据等级。

4 结论

本文建立并应用了一套针对修护类化妆品的综合功效评价体系。通过体外透明质酸酶抑制实验与为期28天的人体自身前后对照试验，系统检验了沉香修护焕颜霜具备以下主要功效：抗炎舒缓。能显著抑制透明质酸酶活性（25%浓度抑制率达76.30%）并有效降低面部红斑指数（下降37.46%，$P < 0.001$）；屏障修复与长效保湿。显著降低经皮水分流失率（下降37.62%，$P < 0.001$）并提升角质层含水量（上升53.84%，$P < 0.001$），促进皮肤稳态回归。以上结果均共同佐证了产品对皮肤局部炎症相关介质及真皮浅层血管反应有一定的调控倾向。同时，本文讨论了沉香提取物的抗氧化性及其作用机制带来的抗衰老潜力，但强调其抗衰老功效尚需更长期（12周以上）、包含皮肤弹性与皱纹定量指标的验证性试验。所采用的“体外量效筛选—人体功效评估—影像学辅助评价—安全监测”多维度评价模型科学、系统、可靠，同类植物修护化妆品的功效验证及行业标准化工作均可从中借鉴。

致谢：同康生命科学（广州）有限公司。

参考文献

[1] 中华人民共和国国务院.化妆品监督管理条例：中华人民共和国国务院令第727号[EB/OL].(2020-06-29)[2026-07-30].https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-06/29/content_5522593.htm

[2] 国家药品监督管理局.国家药监局关于发布《化妆品功效宣称评价规范》的公告：2021年第50号[EB/OL].(2021-04-09)[2026-07-30].https://www.nmpa.gov.cn/xxgk/ggtg/hzhpggtg/jm-hzhptg/20210409160321110.html.

[3] 姚诚,钟芙蓉,廖海浪,等.沉香挥发油化学成分及药理活性研究进展[J].天然产物研究与开发,2020,32(11):1943-1953.

[4] 王灿红,彭求贤,刘洋洋等.沉香的化学成分及其药理活性的研究进展[J].中国现代应用药学,2021,38(3):358-364.

[5] 王云云,侯文成,魏建和,等,沉香中倍半萜类化合物与生物活性研究进展及其质量标志物测分析[J].中草药,2022,53(4):1191-1209

[6] 陈慧,苏志恒,梁永红,等.沉香提取物通过调控NF-κB通路改善HaCaT细胞银屑病样炎症[J].广西医科大学学报,2025,42(2):247-254.

[7]廖建良,吴国祥,曾令达,等.沉香提取物的抑菌活性[J].江苏农业科学,2013,41(6):285-287.

[8] YADAV D K, MUDGAL V, AGRAWAL J, et al. Molecular docking and ADME studies of natural compounds of agarwood oil for topical anti-inflammatory activity[J]. Current Computer-Aided Drug Design, 2013, 9(3): 360-370.

[9] MADAN R K, LEVITT J. A review of toxicity from topical salicylic acid preparations[J]. Journal of the American Academy of Dermatology, 2014, 70(4): 788-792.

[10] 唐颖, 赵华. 含烟酰胺化妆品并非人人适用[N]. 中国医药报, 2021-01-19(008).

[11] 食品药品监管总局. 国家食品药品监督管理总局关于发布化妆品安全技术规范（2015年版）的公告（2015年第268号）[EB/OL].(2015-12-23) [2026-08-23].https://www.nmpa.gov.cn/hzhp/hzhpf-gwj/hzhpgzwj/20151223120001986.html

[12] VITALONE A, D’ANDREA L, DI SOTTO A, et al. Officinal plants as new frontiers of cosmetic ingredients[J]. Cosmetics, 2025, 12(4): 140.

[13] ZHANG M M, WEN T, CUI M W,et al. Anti-inflammatory properties of agarwood (Aquilaria spp.): an integrated review of phytochemistry, molecular mechanisms, and therapeutic applications[J]. Drug Design, Development and Therapy, 2026, 20: 559380.

中国日化科技26年2期第3卷第3期.indd 35 2026/9/29 15:32:28

[14] ZHU L Y, LI M S, WEI D W, et al. Plant-derived bioactive compounds: antioxidation, autophagy, and translational applications in skin protection[J]. Current Issues in Molecular Biology, 2026, 48(4): 377.

[15] 国家药品监督管理局 . 关于《已使用化妆品原料目录》管理有关事项的公告（2025年第61号）[EB/OL].(2025-06-23)[2026-08-23]. https://www.nmpa.gov.cn/xxgk/ggtg/hzhpggtg/jmhzhptg/20250624153604180.html

[16] 国家药品监督管理局 . 关于发布《化妆品安全评估技术导则（2021年版）》的公告（2021年第51号）[EB/OL]. (2021-04-09)[2026-08-26]. https://www.nmpa.gov.cn/xxgk/ggtg/hzhpggtg/jmhzhptg/20210419163037171.html.

[17] 张茜 , 曹力化 , 赵华 . 新法规下化妆品安全与功效宣称评价 [J]. 日用化学品科学 ,2021,44(7):11-14.

[18] TAKAHASHI T, IKEGAMI-KAWAI M, OKAMOTO R, et al. A fluorimetric Morgan-Elson assay method forhyaluronidase activity[J] Analytical Biochemistry,2003, 322 (2) : 257-263.

[19] Rogiers V. EEMCO guidance for the assessment of transepidermal water loss in cosmetic sciences [J]. Skin Pharmacology and Applied Skin Physiology,2001,14(2):117-128.

[20] 顾宇翔 , 周羽 . 护肤类化妆品功效评价理化试验方法的现状和分析 [J]. 日用化学品科学 ,2024,47(6):14-20.

[21] 唐湘毅 , 黄光伟 , 孟赫诚 , 等 . 马齿苋抗炎止痒物的提取及功能验证 [J]. 农产品加工 ,2026(13):71-76.

[22] WLASCHEK M, MAITY P, KOROMA A K, et al. Imbalanced redox dynamics induce fibroblast senescence leading to impaired stem cell pools and skin aging[J]. Free Radical Biology and Medicine, 2025, 233: 292-301.

[23] Chen Y, Chen N, Wang J, et al. Effects of Baimuxinol on the inflammation and oxidative stress of LPS-induced RAW264.7 macrophages via regulating the NF-κB/IκBα and Nrf2/ARE signaling pathway [J]. Acta Biochimica Polonica,2023,70(1):77-82.

[24] HSEU Y C, KORIVI M, LIN F Y, et al. Trans-cinnamic acid attenuates UVA-induced photoaging through inhibition of AP-1 activation and induction of Nrf2-mediated antioxidant genes in human skin fibroblasts[J]. Journal of Dermatological Science, 2018, 90(2): 123-134.

[25] 熊礼燕 , 李丽月 , 林励 , 等 . 沉香挥发油对 H_2O_2 致 PC12 细胞氧化损伤的保护作用 [J]. 中药新药与临床药理 ,2014,25(1):28-32.

[26] CEN S, LI J, REILLY J, et al. The therapeutic potential of gypenosides for age-related macular degeneration[J]. Frontiers in Nutrition,2026,13:1773391.

[27] CEN S, XIE S, IBRAHIM K S, et al. Modified Zhujing pill regulates RPE cholesterol metabolism and gut microbiota[J]. Frontiers in Cellular and Infection Microbiology,2025,15:1691360.

[28] 仲少敏 , 那君 , 冯雪娇 , 等 . 含牛油果树果脂等植物成分的保湿产品改善皮肤干燥的安全性及有效性评价 [J]. 临床皮肤科杂志 ,2022,51(3):142-146.

[29] 郭文姣 , 招敏聪 , 刘裕娇 , 等 . 天然多糖与多元醇复配临床保湿应用研究 [J]. 广东化工 ,2021,48(8):93-95.

Application of Multidimensional Quantitative Evaluation System to Agarwood Repair Cream

Deng Wei-yao[1#], Huang Min-yu[1#], Sun Ya-tao[2], Zhang Xue-rong[2], Li Peng[2], Liu Fu-ying[2], Gao Yong-hui[3], Cen Shui-bin[1*]

(1.School of Materials, Guangdong Industry Polytechnic, Guangzhou, Guangdong 510300;
2. Tongkang Life Science (Guangzhou) Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510700;
3.Guangdong Jishibaicao Pharmaceutical Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 528225)

Abstract : To establish an efficacy evaluation system for repairing cosmetics, this study established a multi-aspect efficacy evaluation framework and systematically assessed its performance using an agarwood skin-repairing cream as a model product, aiming to address the common issues of single indicators, disconnection between in vitro and in vivo data, and insufficient support for efficacy claims. A dual-path design combining in vitro hyaluronidase inhibition assay with a 28-day human self-controlled trial was adopted, covering the whole process of "in vitro dose-effect screening — human efficacy evaluation — imaging-assisted assessment — safety monitoring". The in vitro Hyaluronidase inhibition assay with concentration gradients ranging from 5% to 25% demonstrated significant concentration-dependent (R^2=0.9953), reaching 76.30% at 25% agarwood repair cream. In the human trial, 30 volunteers with compromised skin barriers (TEWL > 15 $g \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}$) were enrolled. After 28 days of continuous application, TEWL in the test area decreased by 37.62%, stratum corneum hydration increased by 53.84%, and erythema index (EI) decreased by 37.46% (all $P < 0.001$), while no significant changes were observed in the blank control area. The overall user satisfaction rate was 96.67%, and no adverse reactions were reported. The findings demonstrate that the agarwood repairing cream plays a protective role in maintaining matrix components while simultaneously achieving multiple efficacies, including barrier repair, anti-inflammatory, soothing and long-lasting hydration. The comprehensive evaluation model of "in vitro dose-effect screening — human efficacy evaluation — imaging-assisted assessment — safety monitoring" presented in this article may serve as a reference for the efficacy verification and industry standardization of plant-derived repairing products.

Keywords : **cosmetic efficacy evaluation; skin barrier repair; matrix component protection; agarwood extract**

中国日化科技26年2期第3卷第3期.indd 36 2026/9/29 15:32:28