

# 五味子果提取物在抗氧化、舒缓与控油功效的研究

丁爽, 刘慢慢, 李悦, 王初阳, 孙静霞, 黄虎\*, 李响\*

(珀莱雅化妆品股份有限公司, 浙江杭州, 310000)

DOI:10.61369/CDCST.2026010011

**摘 要:** 五味子果实中富含木脂素、黄酮等多种活性成分, 在抗氧化、舒缓、控油方面展现出潜在应用价值。本研究利用双水相技术开发了一种新型五味子果提取物 (SCP), 并对其活性成分及生物活性进行研究。细胞实验结果表明, SCP能够高效清除角质细胞中的活性氧 (ROS), 显著降低巨噬细胞中炎症介质 NO与促炎因子的释放, 还可以抑制皮脂腺细胞中脂质积累。综上所述, 本研究开发了一种具有抗氧化、舒缓和控油多维功效的五味子果提取物, 为头皮调节与皮肤护理配方提供了一种新颖的功效原料。

**关 键 词:** 五味子果提取物; 抗氧化; 舒缓; 控油功效; 皮肤护理; 头皮调节

**第一作者简介:** 丁爽, 硕士, 研究开发工程师。研究方向: 微生物发酵技术与植物提取, 化妆品原料开发。

E-mail: dingshuang@proya.com。

**\*通讯作者简介:** 黄虎, 珀莱雅首席科学官, 博士。研究方向: 化妆品新原料设计、开发及应用。E-mail: huanghu@proya.com。

李响, 高级工程师, 博士。研究方向: 化妆品新原料设计、开发及应用。E-mail: lixiang@proya.com。



丁爽

皮肤油脂分泌过旺, 也称皮脂溢出, 会导致皮肤油腻、细菌滋生, 还容易引发脂溢性皮炎等相关皮肤问题<sup>[1-3]</sup>。脂溢性皮炎是皮肤科学中常见的多发性慢性炎症疾病<sup>[4]</sup>, 多发于油脂分泌旺盛的头皮、面部、胸背等部位<sup>[5]</sup>; 当头皮发生脂溢性皮炎时, 还会导致毛囊萎缩, 逐渐演变成脂溢性脱发<sup>[6]</sup>。《2025中国头皮健康产业白皮书》披露的数据显示, 我国脱发人群已突破3.4亿人, 较2020年增长23%, 脱发年轻化趋势愈发显著<sup>[7]</sup>。

皮脂分泌增加会导致亚油酸浓度下降, 进而引起角质过度 and 皮肤屏障受损<sup>[8]</sup>。油脂过量积累容易引起细菌滋生, 影响正常的脂质代谢, 这些脂质代谢产物诱导角质形成细胞产生促炎细胞因子, 如白细胞介素1 $\alpha$  (IL-1 $\alpha$ )、白细胞介素6 (IL-6)、白细胞介素8 (IL-8) 和肿瘤坏死因子 $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ), 从而诱导炎症反应<sup>[9, 10]</sup>。此外, 细胞内活性氧 (ROS) 清除异常也会导致 ROS 过量积累, 加速脂质过氧化链式反应发生, 产生脂质过氧化物 (LOPs); LOPs作为中介体, 介导蛋白质的氧化损伤, 引发氧化应激与炎症形成恶性循环<sup>[11]</sup>。有研究显示, 18~24岁青年群体皮脂腺功能最为活跃, 是油性皮肤的高发人群, 占比达到60.4%<sup>[12]</sup>。当前, 控油舒缓类护肤品的市场需求呈快速增长态势; 依托天然植物提取物开发兼具控油舒缓双重功效的产品, 已成为化妆品行业的主流研发方向与热门选择<sup>[13, 14]</sup>。

五味子 (*Schisandra chinensis*) 是我国官方认定的药食

同源目录原料, 主要分布于我国东北地区<sup>[15]</sup>, 其果实中富含木脂素、黄酮、多酚、挥发油、多糖、有机酸等多种活性成分<sup>[16]</sup>。现代药理学研究发现, 联苯环辛烯类木脂素是五味子的特征性成分, 具有诸多药理活性, 例如抗氧化<sup>[17, 18]</sup>、抗炎和神经保护<sup>[19]</sup>等作用; 黄酮、多酚类成分则被报道能够调控脂质合成关键靶点或抑制脂代谢相关通路<sup>[20]</sup>。上述成分的协同作用赋予五味子天然的多元活性, 使其具备开发为兼备“抗氧-舒缓-控油”协同功效护肤原料的独特潜力。

五味子的抗炎、抗氧化活性已得到充分验证, 但其在控油功效方面的研究却较为匮乏。本研究开发一种天然水溶性五味子果提取物 (SCP), 代谢组学分析发现 SCP中富含木脂素、黄酮等活性物。根据细胞毒性结果, 对不同浓度 SCP进行功效表征, 结果显示 SCP能够显著抑制 ROS、NO和脂滴的生成, 并且上述抑制对 SCP呈剂量依赖性提升。研究结果表明, SCP的开发为头皮调节与皮肤护理配方提供了一种具有抗氧化、舒缓和控油多重功效的护肤原料。

## 1. 实验部分

### 1.1 主要材料、试剂与仪器

五味子果实, 盛实百草药业有限公司; 植物提取物酶, 诺维信 (中国) 生物技术有限公司; 地塞米松 (货

号: D137736-5g)、尼罗红(货号: N121291-1g), 上海阿拉丁生化科技股份有限公司; 掌叶防己碱(货号: B21646), 上海源叶生物科技有限公司; 二氢睾酮(货号: ID0310), 北京索莱宝科技有限公司; 一氧化氮检测试剂盒(货号: S0021S), 上海碧云天生物技术股份有限公司; 小鼠 *TNF- $\alpha$*  Elisa 试剂盒(货号: EK0527)、小鼠 *IL-6* Elisa 试剂盒(货号: EK0411), 武汉博士德生物工程有限公司; 人脂肪酸合成酶 Elisa 检测试剂盒(货号: CB11737-Hu)、人固醇调节元件结合蛋白-1C Elisa 检测试剂盒(货号: CB15481-Hu), 上海科艾博生物技术有限公司; RNA 快速纯化试剂盒(货号: RN001), 上海奕杉生物科技有限公司; 所有其他分析级化学品均来自西格玛奥德里奇(上海)贸易有限公司。

二氧化碳培养箱(Thermo Scientific, 美国), 漩涡混匀仪(精骐 VM-01U, 中国), 台式高速冷冻离心机(EPPENDORF 5430R, 德国), 高效液相色谱仪(ACQUITY UPLC I-Class, 美国), 高分辨液质联用质谱仪(Thermo-Orbitrap-QE HF, 美国), 荧光显微镜(Nikon AZ100, 日本), 酶标仪(TECAN SPARK, 奥地利)。

1.2 样品制备

- (1) 原料预处理: 将五味子果打粉过 50 目筛, 以 1:3 料液比加入纯水, 经胶体磨粉碎。
- (2) 酶解: 加入 0.6% 生药量植物提取物酶, 50℃ 酶解 50min。
- (3) 提取: 加入 7 倍生药量的 95% 乙醇, 70℃ 回流提取 3 h。
- (4) 双水相富集: 过滤, 向上清液中加入 9 倍生药量饱和盐溶液, 搅拌, 静置, 分层。
- (5) 水洗: 取双水相上相进行浓缩除醇, 获得浸膏。水洗两次, 保留水洗上清液。
- (6) 纯化: 使用 0.5 倍生药量 AB-8 树脂(蓝晓科技)进行纯化。水洗除杂, 30% 乙醇洗脱。洗脱速率, 3BV/h。
- (7) 后处理: 将洗脱液进行浓缩处理, 过滤去除不溶

物, 冷冻干燥, 打磨过筛, 获得五味子果提取物。

1.3 成分分析与测定

1.3.1 非靶向代谢组学分析

(1) 样品处理: 称取约 100 mg 样本加入 1 mL 75% 乙醇水(含混合内标, 2  $\mu\text{g/mL}$ ), 涡旋震荡。-40℃ 冰箱中预冷 2 min, 研磨; 冰水浴超声提取 60 min, 4℃ 离心。用 75% 乙醇水(含混合内标, 2  $\mu\text{g/mL}$ ) 稀释 5 倍, 取 200  $\mu\text{L}$  上清液装入带内衬管的 LC-MS 进样小瓶中进行分析。

(2) 液相色谱-质谱条件: 色谱柱, ACQUITY UPLC HSS T3 (100 mm  $\times$  2.1 mm, 1.8  $\mu\text{m}$ ; 柱温, 45℃; 流动相: A-水(含 0.1% 甲酸), B-乙腈; 流速: 0.35 mL/min; 进样体积: 2  $\mu\text{L}$ 。洗脱梯度信息见表 1。

表 1 洗脱梯度信息表

时间 /min	A/%	B/%
0.0	100.0	0.0
3.0	100.0	0.0
18.5	80.0	20.0
20.0	65.0	35.0
26.0	60.0	40.0
35.0	5.0	95.0
38.0	5.0	95.0
38.1	100.0	0.0
40.0	100.0	0.0

(3) 离子源: HESI; 样品质谱信号采集分别采用正负离子扫描模式; 数据采集模式: DDA; 扫描方式: Full MS/dd-MS2 (TOP 10)。质谱参数信息见表 2。

1.3.2 总多酚与总黄酮含量测定

总多酚含量测定参考 GB/T 8313-2018《茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法》<sup>[21]</sup>。

总黄酮含量测定参考《中华人民共和国药典: 2020 年版·一部》山楂叶中总黄酮含量测定<sup>[22]</sup>。

1.3.3 数据分析

实验数据使用 IBM SPSS 进行统计学分析, 单因素方差分析(ANOVA)比较组间差异, 每个组别选取 3 批次重复试验结果。数据用平均值  $\pm$  标准差表示, 在  $p < 0.05$  表明结果有统计学意义。

1.4 抗氧化功效评价

1.4.1 DPPH 清除测定

取五味子果提取物 SCP, 用水进行溶解, 作为样品

表 2 质谱参数信息表

	喷雾电压 /V	毛细管温度 /℃	辅助气体加热温度 /℃	鞘气流速 / Arb	辅助气流速 /Arb	S-lens 射频水平	质量范围 / $\text{m} \cdot \text{z}^{-1}$	全扫描分辨率	质谱分辨率	归一化碰撞能量 / 阶梯式 NCE
正离子	3800	320	350	35	8	50	100~1500	60000	15000	10, 20, 40
负离子	-3200	320	350	35	8	50	100~1500	60000	15000	10, 20, 40

组。准备 DPPH 溶液, 测量其初始吸光度。加入待测样品, 混合后静置一段时间, 再次测量吸光度。按照 LIU 等<sup>[23]</sup>方法进行测量与计算。

#### 1.4.2 细胞毒性实验

细胞毒性实验统一参考陈登辉等<sup>[24]</sup>的方法。采用 MTT 法评估样品对不同细胞系的活力影响。样品组加入含 SCP 的培养基, 空白溶剂组和对照组均使用新鲜培养基, 测定 490 nm 处吸光度值 ( $A$ )。

细胞相对活力计算公式为:

$$\text{细胞相对活力} = [(A_{\text{样品组}} - A_{\text{空白组}}) / (A_{\text{对照组}} - A_{\text{空白组}})] \times 100\%$$

#### 1.4.3 ROS 含量测定

接种人永生化角质形成细胞 (HaCaT) 于 12 孔板中 ( $1 \times 10^5$  个/孔), 于 37℃, 5% CO<sub>2</sub> 条件下孵育 24 h。孵育结束后, 去除培养基, 用 D-Hanks 轻柔冲洗细胞。空白对照组和阴性对照组更换为新鲜培养基, 阳性对照组更换为含 N-乙酰-L-半胱氨酸的新鲜培养基, 样品组更换为含样品的新鲜培养基, 继续于 37℃, 5% CO<sub>2</sub> 条件下孵育 24 h。阴性对照组、阳性对照组和样品组采用 UVA 照射 (9 J/cm<sup>2</sup>) 同时将空白对照组置于暗处。活性氧检测试剂盒对细胞进行染色处理后, 荧光显微镜拍照, ImageJ 分析每组细胞荧光强度 ( $S$ ), 根据公式计算 ROS 清除率。

$$\text{清除率} = (S_{\text{阴性对照组}} - S_{\text{样品组}}) / S_{\text{阴性对照组}} \times 100\%$$

#### 1.4.4 CAT、SOD 活力与 GSH 测定

接种人永生化角质形成细胞 (HaCaT) 于 6 孔板中 ( $6 \times 10^5$  个/孔), 于 37℃, 5% CO<sub>2</sub> 条件下孵育 24 h。孵育结束后, 去除培养基, 用 D-Hanks 冲洗细胞; 每孔加入 1 mL D-Hanks, 使之浸没细胞。对各组进行 UVB (120 mJ/cm<sup>2</sup>) 造模。造模结束后, 立即去除 D-Hanks, 空白对照组和阴性对照组更换为新鲜培养基, 阳性对照组更换为含 0.03% N-乙酰-L-半胱氨酸的新鲜培养基, 样品组更换为含样品的新鲜培养基, 继续于 37℃, 5% CO<sub>2</sub> 条件下孵育 24 h。孵育结束后, 收集细胞, 按照试剂盒说明书进行后续过氧化氢酶 (CAT)、超氧化物歧化酶 (SOD) 活力和谷胱甘肽 (GSH) 含量测定。

### 1.5 舒缓功效评价

#### 1.5.1 小鼠单核巨噬细胞 (RAW264.7) 中 NO 积累的测定

接种 RAW264.7 于 6 孔板中 ( $3 \times 10^5$  个/孔), 37℃, 5% CO<sub>2</sub> 条件下孵育 24 h。孵育结束后, 去除培养基, 使用 D-Hanks 清洗, 空白对照组更换为新鲜培养基, 阴性对

照组更换为含细菌脂多糖 (LPS, 0.5 μg/mL) 的新鲜培养基, 样品组更换为含有相应浓度的样品和 LPS 的新鲜培养基, 阳性对照组更换为含有地塞米松 (0.01%) 和 LPS 的新鲜培养基, 继续于 37℃, 5% CO<sub>2</sub> 孵育 24 h。孵育结束后, 各实验组收集上清, 利用试剂盒检测 NO 含量。

$$\text{抑制率} = (Q_{\text{阴性对照组}} - Q_{\text{样品组}}) / Q_{\text{阴性对照组}} \times 100\% \quad (Q: \text{NO 含量})。$$

#### 1.5.2 肿瘤坏死因子 $\alpha$ (TNF- $\alpha$ )、白细胞介素 6 (IL-6) 表达测定

RT-qPCR 检测 RAW264.7 细胞中 TNF- $\alpha$  和 IL-6 基因表达量。细胞培养方法参考 1.5.1。收集细胞提取各实验组总 RNA, 合成 cDNA, 利用 qPCR 检测  $\beta$ -actin 和目的基因的基因表达。用  $\beta$ -actin 作为基因表达的内参, 依据相对定量法 ( $2^{-\Delta\Delta Ct}$ ) 法分别计算基因相对表达量<sup>[25, 26]</sup>, 引物序列见表 3。

表 3 引物序列

引物名称	引物序列
M- $\beta$ -actin -F	GTGACGTTGACATCCGTAAAGA
M- $\beta$ -actin -R	GCCGGACTCATCGTACTCC
M-TNF- $\alpha$ -F	CAGGCGGTGCCTATGTCTC
M-TNF- $\alpha$ -R	CGATCACCCGAAGTTCAGTAG
M-IL-6-F	CTGCAAGAGACTTCCATCCAG
M-IL-6-R	AGTGGTATAGACAGGTCTGTTGG

ELISA 检测 TNF- $\alpha$  和 IL-6 含量。细胞培养与上述相同。收集各实验组细胞裂解液, 利用试剂盒检测 TNF- $\alpha$  和 IL-6 含量。

$$\text{抑制率} = (Q_{\text{阴性对照组}} - Q_{\text{样品组}}) / Q_{\text{阴性对照组}} \times 100\% \quad (Q: \text{TNF-}\alpha \text{ 和 IL-6 含量})。$$

### 1.6 控油功效评价

#### 1.6.1 人皮脂腺细胞脂质积累的测定

人皮脂腺细胞脂质积累检测实验参考陈登辉等<sup>[24]</sup>的方法。阴性对照组采用含 0.0188 μM 二氢睾酮 (DHT) 的培养基进行造模, 阳性对照组选用 50 μg/mL 掌叶防己碱, 样品组加入相应浓度的 SCP。尼罗红染色, 荧光显微镜拍照, Image J 分析每组平均荧光强度 ( $A$ )。

脂质抑制率的计算公式为:

$$\text{脂质抑制率} = (A_{\text{阴性对照组}} - A_{\text{样品组}}) / A_{\text{阴性对照组}}$$

#### 1.6.2 固醇调节元件结合蛋白-1C (SREBP-1C)、脂肪酸合成酶 (FAS) 表达测定

RT-qPCR 检测人皮脂腺细胞内 SREBP-1C 和 FAS 基因表达量。细胞培养与目的基因表达定量方法参考 1.5.2, 阴性对照组更换为二氢睾酮, 阳性对照组采用 0.5 mg/kg 克拉

司酮，引物序列见表4。

表4引物序列

引物名称	引物序列
$\beta$ -actin-F	CATGTACGTTGCTATCCAGGC
$\beta$ -actin-R	CTCCTTAATGTCACGCACGAT
SREBP-1c-F	GGAGCCATGGATTGCACTTT
SREBP-1c-R	TCAAATAGGCCAGGGAAGTCA
FAS-F	GACCGCTTCCGAGATTCC
FAS-R	GATGGCAGTCAGGCTCAC

ELISA检测 SREBP-1C和 FAS 含量。细胞培养与上述相同。收集各实验组细胞裂解液，利用试剂盒检测 SREBP-1C 含量和 FAS 含量。

抑制率 =  $(Q_{\text{阴性对照组}} - Q_{\text{样品组}}) / Q_{\text{阴性对照组}} \times 100\%$   
(Q: SREBP-1C和 FAS 含量)。

2. 结果与讨论

2.1 物质成分分析

对五味子果提取物 SCP 进行非靶向代谢组学分析，经 LC-MS 成分鉴定，共鉴定出 1025 个化合物成分。如图 1 所示，样本中相对峰面积排名前 20 的化合物中，木脂素类化合物有 6 种，分别是五味子醇甲、五味子醇乙、当归酰戈米辛 H、顺芷酰戈米辛 P、当归酰基戈米辛 Q 和顺酯酰戈米辛 H；黄酮与多酚类化合物主要包括儿茶素、3-O-对香豆酰基奎宁酸、原花清素 B3、芦丁、3-O-对羟基肉桂酰奎宁酸和 3,5,7,2',6'-五羟基黄酮醇。

成分分类中，苯丙素类化合物、糖及糖苷类化合物和黄酮类化合物的相对峰面积比值居高，分别达到 32.45%、14.87%和 11.05%；其中，木脂素类化合物相对峰面积占苯丙素类化合物的 80.71%，占总峰面积的 26.19%；酚类化合物的相对峰面积占比也达到 3.90%。此外，SCP 中还富含有机酸、萜类、氨基酸及多肽等多种活性物质。对五味子果提取物 SCP 进行总多酚与总黄酮含量测定，检测结果显示，总多酚含量达到 15.22%，总黄酮含量达到 10.69%。

研究表明，联苯环辛烯类木脂素是五味子属植物重要活性化合物，具有抗氧化、舒缓等生物活性<sup>[27]</sup>；黄酮类化合物与多酚类物质通过抑制皮脂腺细胞中 SREBP-1C 和 FAS 等脂质合成关键靶点的表达，减少脂质积累，从而发挥控油功效<sup>[20]</sup>。因此，本研究将从生化与细胞层面对 SCP 的抗氧化、舒缓、控油功效进行深入探究。

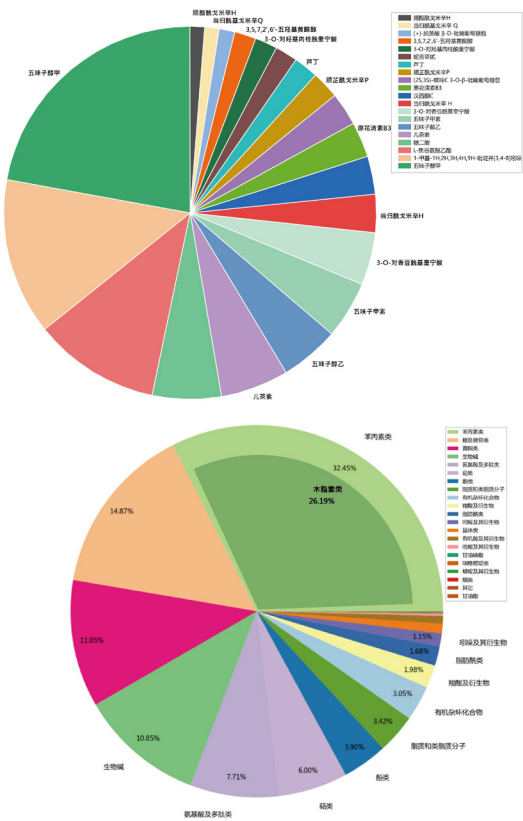


图 1 五味子果提取物 SCP 非靶向代谢组学成分分析

2.2 五味子果提取物 (SCP) 的抗氧化功效评价

2.2.1 SCP 的 DPPH 清除能力

有研究表明，五味子茎叶化学成分具有抗炎、抗氧化活性<sup>[28]</sup>。本研究通过自由基清除实验对五味子果提取物的抗氧化能力进行评价。结果如图 2 所示，五味子果提取物 SCP 对 DPPH 自由基的清除率呈浓度依赖性，IC<sub>50</sub> 为 0.0034%。在 0.02% 浓度下，SCP 的 DPPH 清除率达到 90% 以上，与 0.0025% 浓度的 VC 相当。该结果表明，提取物 SCP 具有极强的 DPPH 清除能力。

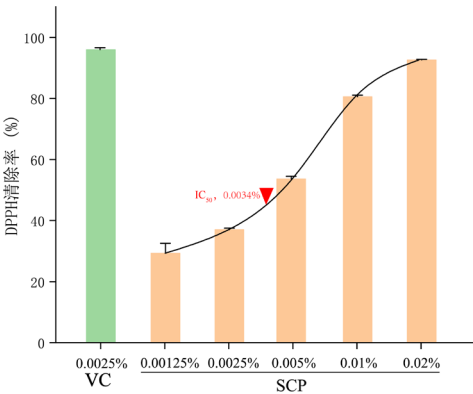


图 2 五味子果提取物 SCP 的 DPPH 自由基清除率

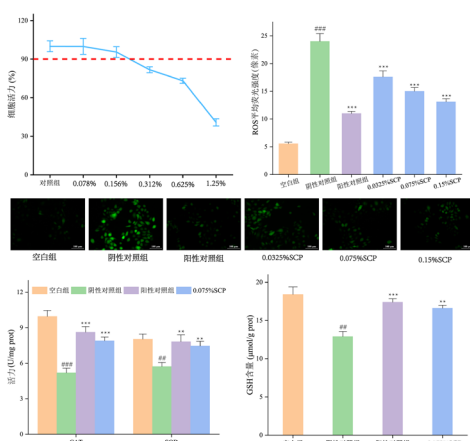
2.2.2 不同浓度 SCP 对 HaCaT 细胞活力影响及其抗氧化活性

ROS 与氧化应激呈浓度依赖的关联关系，ROS 过量时，机体抗氧化系统无法及时清除，便会引发氧化应激

并损伤细胞<sup>[29]</sup>。本研究在细胞层面对 SCP 的抗氧化活性进行进一步的探究。采用 MTT 法评价不同浓度的 SCP 对 HaCaT 细胞活力的影响 (图 3)。与空白组相比, 0.312% 浓度 SCP 干预下, HaCaT 细胞活力显著降低; 0.156% 浓度下细胞活力与空白组无显著差异, 说明 0.156% 范围内 SCP 对 HaCaT 的细胞活力无显著影响。

UVA 照射可以使细胞中的显色基团和光敏剂相互作用, 产生大量 ROS<sup>[30]</sup>。荧光结果表明, 与阴性对照组相比, SCP 干预可以使 ROS 含量显著下降。如图 3 所示, SCP 对 ROS 的清除率呈浓度依赖性: 0.0325%、0.075% 和 0.15% 浓度下, ROS 清除率分别达到 27%、38% 和 45%。

超氧化物歧化酶 SOD 和过氧化氢酶 CAT 可通过接力清除机制协同清除 ROS<sup>[31]</sup>。谷胱甘肽 (GSH) 则是主要的非酶促抗氧化剂。因此, 为进一步评估 SCP 的抗氧化活性, 本研究对细胞中 CAT、SOD 活力以及 GSH 含量进行检测。结果如图 3 所示, 0.075% SCP 干预下, HaCaT 细胞中 CAT 和 SOD 活力分别提高 56% 和 30%, GSH 含量提高 29%。



注: 与空白组相比, <sup>##</sup> $p < 0.01$ , <sup>###</sup> $p < 0.001$ ; 与阴性对照组相比, <sup>\*</sup> $p < 0.01$ , <sup>\*\*\*</sup> $p < 0.001$ 。

图 3 不同浓度 SCP 对 HaCaT 细胞活力影响及其抗氧化活性

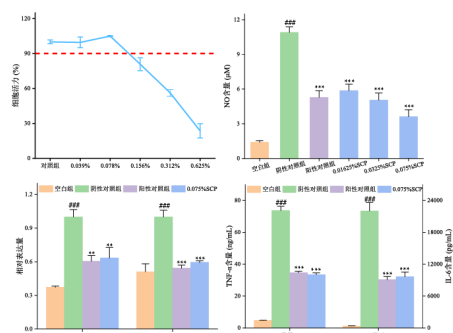
### 2.3 五味子果提取物 (SCP) 的舒缓功效评价

LPS 与巨噬细胞表面抗原识别受体相结合, 诱导巨噬细胞释放 NO 等炎症介质和促炎细胞因子, 如 *TNF- $\alpha$* 、*IL-6*、*IL-1 $\alpha$*  等<sup>[32, 33]</sup>。因此, 本研究通过测定 LPS 刺激下的 RAW264.7 细胞中 NO 含量变化和 *TNF- $\alpha$* 、*IL-6* 的表达情况, 评价五味子果提取物 SCP 的舒缓效果。

MTT 法细胞活力测试结果表明 (图 4), 五味子果提取物 SCP 在 0.078% 浓度范围内对细胞活力没有显著影响。选取 0.01625%、0.0325% 和 0.075% 三个浓度进行 NO 含量测定, 检测结果如图 4 所示: LPS 刺激下, RAW264.7 细胞产生大量 NO; 在 0.01625% 浓度 SCP 介导下, NO 含量

显著降低 46%, 且 NO 抑制率随 SCP 浓度呈剂量依赖性提升, 0.075% 浓度下 NO 抑制率提升至 67%。

在 0.075% 浓度下, 探究 SCP 干预对 RAW264.7 细胞 *TNF- $\alpha$* 、*IL-6* 的表达变化。转录水平上, RT-qPCR 结果表明, *TNF- $\alpha$* 、*IL-6* 的相对表达量受到显著抑制, 分别下调 37% 和 41%; 翻译水平上, 检测结果与 RT-qPCR 结果显示一致, RAW264.7 细胞中 *TNF- $\alpha$* 、*IL-6* 的含量显著降低 55% 和 56%。该结果表明五味子果提取物 SCP 可以显著抑制促炎因子 *TNF- $\alpha$*  和 *IL-6* 的表达。



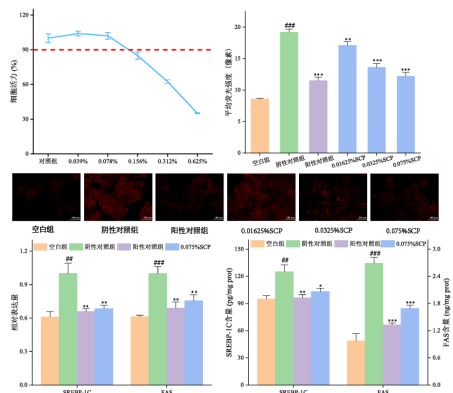
注: 与空白组相比, <sup>###</sup> $p < 0.001$ ; 与阴性对照组相比, <sup>\*</sup> $p < 0.01$ , <sup>\*\*\*</sup> $p < 0.001$ 。

图 4 五味子果提取物 SCP 的舒缓功效评价

### 2.4 五味子果提取物 (SCP) 的控油功效评价

皮脂腺细胞在分裂迁移时会形成小脂滴, 腺细胞解体时, 脂滴一起排出形成皮脂<sup>[34]</sup>。皮脂腺细胞中, 脂质的合成受到多重因素调控, 例如二氢睾酮 (DHT) 作为一种雄激素可以诱发皮脂腺过度分泌皮脂<sup>[35]</sup>。本研究通过 DHT 造模人皮脂腺细胞促进皮脂分泌, 并以此验证五味子果提取物 SCP 干预下的控油功效。

如图 5 所示, 0.078% 浓度范围内, SCP 对人皮脂腺细胞无细胞毒性。通过尼罗红染色法检测人皮脂腺细胞中脂



注: 与空白组相比, <sup>##</sup> $p < 0.01$ , <sup>###</sup> $p < 0.001$ ; 与阴性对照组相比, <sup>\*</sup> $p < 0.05$ , <sup>\*\*</sup> $p < 0.01$ , <sup>\*\*\*</sup> $p < 0.001$ 。

图 5 五味子果提取物 SCP 的控油功效评价

质的积累。结果表明,样品组中不同浓度 SCP 干预下,脂滴染色荧光强度相较于阴性对照组显著降低;且随着 SCP 浓度提高,脂滴染色荧光强度逐渐降低。这表明 SCP 对脂滴合成的抑制水平随浓度提高逐渐增强。

为进一步探究 SCP 的控油功效,对控油靶点 SREBP-1C 和 FAS 的表达进行检测。结果显示,0.075% 浓度 SCP 在转录水平与蛋白表达水平对两个靶点的产生不同水平的抑制。其中,SREBP-1C 在转录水平受到 SCP 的抑制较强,抑制率为 31%;FAS 在翻译水平受到抑制较强,蛋白含量降低 37%。

### 3. 结论与展望

本研究利用双水相提取技术制备了一种五味子果提取物 SCP,通过非靶向代谢组学发现,SCP 中富含木脂素、黄酮、多酚等活性物,并通过 DPPH 清除实验验证了其高抗氧化活性。

为系统性探究 SCP 的生物活性,本研究从细胞层面展开深入探索,进一步从基因与蛋白水平对其抗氧化、舒缓、控油功效进行表征。实验结果显示,0.075% 浓度下,SCP 能够使角质细胞中 GSH 含量以及 CAT、SOD 活力分别提高 29%、56% 和 30%,进而高效清除细胞中 ROS 自由基;该浓度下,SCP 对 LPS 诱导的巨噬细胞中炎症介质 NO 和促炎细胞因子 *TNF- $\alpha$* 、*IL-6* 的释放具有显著抑制作用,且抑制率均超过 50%;此外,0.075% SCP 对皮脂腺细胞中脂质积累的抑制率达到 36%,该抑制率效果与阳性对照组中 0.5mg/kg 克拉司酮相当。

目前,针对五味子控油功效及其潜在分子机制的研究较为匮乏。本研究对皮脂腺细胞中控油靶点进行探究,结果显示,SCP 能够在转录水平和蛋白水平显著抑制 SREBP-1C 和 FAS 的表达。SREBP-1C 是脂质合成的核心调控因子,通过激活脂肪酸合成相关基因促进脂质合成<sup>[36]</sup>;FAS 在还原型辅酶 II (NADPH) 存在下催化乙酰辅酶 A (Acetyl-CoA) 和丙二酰辅酶 A (Malonyl-CoA) 转化为长链饱和脂肪酸,是脂肪酸合成的关键酶<sup>[37]</sup>。因此,SCP 可能是通过抑制 SREBP-1C 和 FAS 的表达,降低脂质合成能力,减少油脂分泌,这可能是其发挥控油功效的核心机制之一。本研究为五味子控油功效的分子机制解析提供了新的探索方向与实验依据。

综上所述,五味子果提取物 SCP 的开发为化妆品配方

提供了一种兼具抗氧化、舒缓和控油能力的高活性、多功效原料,在头皮健康调节与面部皮肤护理领域具有广阔的应用前景。

### 参考文献

- [1] Sakuma Thais H, Maibach Howard I. Oily skin: an overview [J]. *Skin pharmacology and physiology*, 2012, 25(5): 227.
- [2] Maia Campos Patricia M B G, Melo Maisa O, Mercurio Daiane G. Use of Advanced Imaging Techniques for the Characterization of Oily Skin [J]. *Frontiers in physiology*, 2020, 11: 602226.
- [3] 谭绮雯, 林烁芬, 蒋煌, 等. 吡罗克酮乙醇胺盐对头皮脂溢性皮炎的影响 [J]. *广东化工*, 2025, 52(05): 70.
- [4] 林文君, 吕书影, 曲保全, 等. 钙基抗菌多肽复合物凝胶治疗头皮脂溢性皮炎的疗效观察 [J]. *中国现代医学杂志*, 2021, 31(23): 96.
- [5] Clark Gary W, Pope Sara M, Jaboori Khalid A. Diagnosis and treatment of seborrheic dermatitis [J]. *American family physician*, 2015, 91(3): 185.
- [6] 李天浩, 邹大涛, 张蕾, 等. 头皮脂溢性皮炎中医外治进展 [J]. *云南中医中药杂志*, 2019, 40(02): 81.
- [7] 李晨琰. 年轻人开始面临脱发困扰? [N]. 2025-10-22.
- [8] Mary Ellen Stewart, Marcia Owen Grahek, Linda S. Cambier, et al. Dilutional Effect of Increased Sebaceous Gland Activity on the Proportion of Linoleic Acid in Sebaceous Wax Esters and in Epidermal Acylceramides [J]. *Journal of Investigative Dermatology*, 1986, 87(6): 733.
- [9] Schwartz James R, Messenger Andrew G, Tosti Antonella, et al. A comprehensive pathophysiology of dandruff and seborrheic dermatitis - towards a more precise definition of scalp health [J]. *Acta dermatovenereologica*, 2013, 93(2): 131.
- [10] 祝行行, 蒋文静, 朱威. 脂溢性皮炎病因机制的研究进展 [J]. *实用皮肤病学杂志*, 2017, 10(01): 41.
- [11] Tahar Hajri, Khadija Ouguerram, Thomas V. Fungwe. Impact of Lipid Oxidation Products on Inflammation and Insulin Resistance: A Focus on Mechanisms of Action [J]. *Cell Biochemistry and Biophysics*, 2025, (prepublish): 1.
- [12] 职蕾蕾, 邵逸琦, 王改香. 白茶发酵物改善油性敏感性皮肤的功效研究 [J]. *中国日化科技*, 2025, 2(2): 101.
- [13] Fu Yongping, Liu Ruming, Xiao Jianhui. Progress on Anti-inflammatory Activities of Plant-derived Natural Products [J]. *HERALD OF MEDICINE*, 2020, 39(5): 666.
- [14] 袁道欢, 黄嘉敏, 林霁, 等. 青蒿提取物舒缓与控油祛痘功效研究 [J]. *日用化学品科学*, 2024, 47(08): 42.
- [15] 李焯, 徐乐加, 郑丹微, 等. 五味子上市药品研究进展 [J]. *中草药*, 2025, 56(04): 1467.
- [16] Zhou Yuan, Men Lihui, Sun Yunxia, et al. Pharmacodynamic effects and molecular mechanisms of lignans from *Schisandra chinensis* Turcz. (Baill.), a current review [J]. *European Journal of Pharmacology*, 2021, 892: 173796.

- [17]Kopustinskiene Dalia M, Bernatoniene Jurga. Antioxidant Effects of Schisandra chinensis Fruits and Their Active Constituents [J]. Antioxidants, 2021, 10(4): 620.
- [18]Wu Ying, Li Zhengcai, Yao Liqing, et al. Schisandrin B alleviates acute oxidative stress via modulation of the Nrf2/Keap1-mediated antioxidant pathway [J]. Appl Physiol Nutr Metab, 2019, 44(1): 1.
- [19]Yang Bingyou, Han Wei, Han Hua, et al. Lignans from Schisandra chinensis rattan stems suppresses primary A $\beta$ <sub>1-42</sub>-induced microglia activation via NF- $\kappa$ B/MAPK signaling pathway [J]. Natural product research, 2019, 33(18): 2726.
- [20]宋莹莹, 孙懿, 张聪, 等. 表没食子儿茶素没食子酸酯通过 AKT/SREBP-1/FASN 信号通路调节 HepG2 细胞脂代谢的作用 [J]. 中国现代应用药学, 2021, 38(18): 2200.
- [21]国家市场监督管理总局, 中国国家标准化管理委员会. 茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法: GB/T 8313-2018: [S]. 北京: 2018.
- [22]国家药典委员会. 《中华人民共和国药典》: 一部 [M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020.
- [23]Liu Dandan, Guo Yiting, Wu Ping, et al. The necessity of walnut proteolysis based on evaluation after in vitro simulated digestion: ACE inhibition and DPPH radical-scavenging activities [J]. Food Chemistry, 2020, 311: 125960.
- [24]陈登辉, 郭佳颖, 刘慢慢, 等. 藜麦发酵液的控油与舒缓功效研究 [J]. CDCST, 2025, 2(3).
- [25]卢伊娜, 王光寅, 谢红, 等. 三皮素对抗痤疮的功效研究 [J]. 日用化学工业, 2019, 49(01): 29.
- [26]卢伊娜, 杨雅迪, 谢智勇, 等. 墨藻胶对皮肤水合及屏障功能的促进作用研究 [J]. 日用化学工业, 2017, 47(12): 709.
- [27]卜潇, 程静, 陈瑞兵, 等. 五味子联苯环烯类木脂素药理活性及生物合成研究进展 [J/OL]. 天然产物研究与开发, 1-14[2026-01-25]. <https://link.cnki.net/urlid/51.1335.Q.20250627.1330.002>.
- [28]孙金, 徐国玮, 许行, 等. 五味子茎叶化学成分及其抗炎、抗氧化活性研究 [J]. 中药材, 2024, 47(05): 1153.
- [29]Muhammad Ansar Farooq, Adnan Khan Niazi, Javaid Akhtar, et al. Acquiring control: The evolution of ROS-Induced oxidative stress and redox signaling pathways in plant stress responses [J]. Plant Physiology and Biochemistry, 2019, 141: 353-369.
- [30]Bernerd Françoise, Passeron Thierry, Castiel Isabelle, et al. The Damaging Effects of Long UVA (UVA1) Rays: A Major Challenge to Preserve Skin Health and Integrity [J]. International journal of molecular sciences, 2022, 23(15): 8243.
- [31]Liang Mengxiao, Wang Qian, Zhang Song, et al. Polypyridiniums with Inherent Autophagy-Inducing Activity for Atherosclerosis Treatment by Intracellularly Co-Delivering Two Antioxidant Enzymes [J]. Advanced materials (Deerfield Beach, Fla), 2024, 36(46): e2409015.
- [32]Anna Ciesielska, Marta Matyjek, Katarzyna Kwiatkowska. TLR4 and CD14 trafficking and its influence on LPS-induced pro-inflammatory signaling [J]. Cellular and Molecular Life Sciences, 2020, 78(4): 1.
- [33]Zheng Wenwen., Xuexing. Zheng, Shue. Liu, et al. TNF $\alpha$  and IL-1 $\beta$  are mediated by both TLR4 and Nod1 pathways in the cultured HAPI cells stimulated by LPS [J]. Biochem Biophys Res Commun, 2012, 420(4): 762.
- [34]Picardo Mauro, Ottaviani Monica, Camera Emanuela, et al. Sebaceous gland lipids [J]. Dermato-endocrinology, 2009, 1(2): 68.
- [35]Inoue Takayoshi, Miki Yasuhiro, Kakuo Shingo, et al. Expression of steroidogenic enzymes in human sebaceous glands [J]. The Journal of endocrinology, 2014, 222(3): 301.
- [36]Rosignoli C, Nicolas J C, Jomard A, et al. Involvement of the SREBP pathway in the mode of action of androgens in sebaceous glands in vivo [J]. Experimental dermatology, 2003, 12(4): 480.
- [37]杨荣武. 生物化学原理 (第3版) [M]. 北京: 高等教育出版社, 2018: 286.

## Antioxidation, Soothing and Sebum-Regulating Efficacy of *Schisandra chinensis* Fruit Extract

Ding Shuang, Liu Man-man, Li Yue, Wang Chu-yang, Sun Jing-xia, Huang Hu\*, Li Xiang\*  
(Proya Cosmetics Co. Ltd, Hangzhou, Zhejiang 310000)

**Abstract :** *Schisandra chinensis* fruit is rich in various bioactive components such as lignans and flavonoids, demonstrating potential applications value in soothing and sebum control. In this study, an innovative *Schisandra chinensis* fruit extract (SCP) was developed via the aqueous two-phase extraction technique, and its bioactive components as well as biological activities were investigated. In vitro cell assays demonstrated that SCP could efficiently scavenged intracellular reactive oxygen species (ROS) in keratinocytes, significantly reduced the release of inflammatory mediator nitric oxide (NO) and proinflammatory factors in macrophages, and inhibit lipid accumulation in sebocytes. Collectively, these findings indicate that the developed *Schisandra chinensis* fruit extract exhibits notable antioxidant, soothing and sebum-regulating properties, providing a novel functional ingredient for scalp regulation and skincare formulations.

**Keywords :** *schisandra chinensis* extract; antioxidant; soothing; oil control efficacy; skin care; scalp regulation