

# 辛酰甘氨酸在洗护产品中应用及功效性与安全性研究

吴丹清<sup>1</sup>, 张展堂<sup>2</sup>, 程建华<sup>2</sup>, 邓燕柠<sup>2\*</sup>

(1. 东莞巨微新材料科技有限公司, 广东东莞, 523000;

2. 华南协同创新研究院, 广东东莞, 523000)

**摘 要:** 以辛酰甘氨酸为研究对象, 结合皮脂腺的特点和皮肤油脂分泌机制, 通过实验室试验和人体功效评价试验探讨了其控油、防脱等功效及安全性。结果显示, 辛酰甘氨酸在一定浓度显著下调 SZ95 人皮脂腺细胞中 SRD5A1 基因的表达, 且有效抑制大鼠前列腺液中的 II 型 5 $\alpha$ -还原酶活性; 在人体功效试验中, 含辛酰甘氨酸的洗发水可见控制油脂分泌; 通过牛角膜浑浊与渗透性测试和重建人表皮试验研究辛酰甘氨酸的刺激性, 在检测浓度为 2% 时无明显的刺激性。辛酰甘氨酸作为一种安全有效的活性成分, 适合应用于洗护产品中, 特别是在开发针对头皮控油功效的产品时, 可以作为重要的头皮功效原料使用。

**关键词:** 辛酰甘氨酸; 5 $\alpha$ -还原酶; 控油; SZ95 人皮脂腺细胞

**作者简介:** 吴丹清, 东莞巨微新材料科技有限公司功效工程师, 研究方向为日用化学品功效检测。

E-mail: wudanqing@vast-v.cn。



受洗护产品、头皮化妆品及生活环境污染物影响, 越来越多的人们出现头皮油腻、头皮敏感等头皮问题, 消费者对洗护产品的功效需求也逐渐增大<sup>[1]</sup>。头皮油脂分泌旺盛可能会造成脱发、头皮敏感等头皮问题。皮脂腺过度分泌、皮脂组成失衡以及脂质过氧化被认为是油性皮肤产生肌肤问题的主要因素<sup>[3]</sup>。皮脂分泌与皮脂腺中 5 $\alpha$ -还原酶的活性相关, 5 $\alpha$ -还原酶可以将睾酮转化为二氢睾酮<sup>[2,4,6,7]</sup>, 二氢睾酮与受体 AR 结合, 使活跃的皮脂腺增多, 刺激皮脂腺分泌, 同时二氢睾酮在毛囊结合 AR, 触发了细胞进程, 减少了毛发循环周期的毛发生长初期, 使毛发过早进入了休止期, 影响毛囊发育, 导致脱发; 且皮脂分泌过多会使细胞间脂质分子结构排列紊乱, 改变角质层屏障功能; 脂质过氧化产生的过氧化角鲨烯具有炎症刺激性, 容易造成敏感头皮<sup>[3]</sup>。辛酰甘氨酸, 来源于亲脂性的辛酸和亲水性的甘氨酸, 通过甘氨酸酰化成辛烷基脂肪链而获得的辛酰甘氨酸, 对于肌肤具有良好的亲和性, 可以高效率地输送化妆品中的有效成分, 提高其它功效产品的使用效果。在 2020-2023 年含辛酰甘氨酸产品备案中, 控油是辛酰甘氨酸在产品备案中最热门的功效点, 辛酰甘氨酸可以通过调节皮脂的过度分泌, 下调 SRD5A1 基因表达, 减弱二氢睾酮对皮脂腺的影响达到控油效果。但是目前对应辛酰甘氨酸的功效机理探讨不清晰, 对于安全使用浓度的标准不明确。基于此, 本研究通过体外实验探讨了辛酰甘氨酸在控油和防脱发方面的作用机制, 并通过人体

功效评价试验验证了含有辛酰甘氨酸的洗发水在头皮控油方面的效果。同时, 研究还通过皮肤刺激性和眼刺激性实验评估了辛酰甘氨酸的安全性。这些研究结果为辛酰甘氨酸在化妆品中的应用提供了科学依据, 并有助于指导其在产品中的安全使用。

## 1. 实验部分

### 1.1 主要试剂和仪器

材料: 辛酰甘氨酸 (东莞巨微新材料科技有限公司); DMEM 培养基 (Gibco); FBS (Merck); 磷酸盐缓冲液 (PBS) (SOLAR BIO); MTT (Merck); TRIzol 试剂 (BFB); 焦碳酸二乙酯 (DEPC) (Merck); 非那雄胺 (麦克林); 睾酮溶液 (Merck); NADPH 溶液 (默沙克生物); MEM 培养基 (环凯微生物); 荧光素钠溶液 (Merck); 十二烷基硫酸钠 (VETEC<sup>TM</sup>); 人皮脂腺细胞 (SZ95, 代数: P5, 上海青旗生物); SD 雄性大鼠 (体重 200-300g, 广州锐格生物科技有限公司); 牛眼 (广州屠宰场); Episkin 体外人造皮肤模型; Episkin 体外人造皮肤模型检测盒 (S1, 批号: 23ER060515S1)。

设备: 定量 PCR 仪 (ABI PRISM<sup>®</sup> 7500 Sequence Detection System, 美国应用生物系统公司); 多功能酶标仪 (imark, 美国伯乐 BIO-RAD); 高效液相色谱仪 (LC-20AT, SHIMADZU); 电子天平 (BSA-224S, Sartori-

us)；浊度仪 (Opacitometer 3.0, BASF)；皮肤油脂含量测试探头 (Sebumeter SM815, Courage and Khazaka)。

## 1.2 实验方法

### 1.2.1 控油 - 皮脂腺细胞 SRD5A1 基因表达测试

雄激素的外周代谢增加被认为是寻常型痤疮发生和发展的一个关键的机制。5 $\alpha$ -还原酶为参与雄激素外周代谢过程中的一个关键酶，可将睾酮转化为二氢睾酮。进入皮脂腺的睾酮被细胞内的 SRD5A1 转化为二氢睾酮，二氢睾酮与细胞质中的甾体蛋白结合进入细胞核，与染色质结合，通过上调激活 SREBP 通路来影响 DNA 转录，起到促进皮脂腺细胞增殖分化和分泌的作用<sup>[2,4,6,7]</sup>。本方法通过体外培养 SZ95 人皮脂腺细胞，研究辛酰甘氨酸是否能下调 SRD5A1 基因表达，从而评估其控油功效。

#### 1.2.1.1 细胞活性测试

待测样品组溶液的制备：用含 1%FBS 的 DMEM (无丙酮酸钠) 将样品溶液稀释至待测浓度。阴性对照：含 1%FBS 的 DMEM (无丙酮酸钠)。

将 SZ95 人皮脂腺细胞悬液接种于 96 孔板，于培养箱中培养 (24 $\pm$ 2) h 至细胞融合率为 80% 时，弃去原培养液，待测样品组分别加入 100  $\mu$ L 待测样品溶液，阴性对照组加入 100  $\mu$ L 含 1%FBS 的 DMEM (无丙酮酸钠)，培养 (24 $\pm$ 2) h。取出后加入 20  $\mu$ L MTT 溶液，继续培养 3-4 h。去除液体后分别加入 100  $\mu$ L DMSO，振荡 10-15 min，在酶标仪 570 nm 波长处测定吸光度。

#### 1.2.1.2 SRD5A1 基因表达测试

将 SZ95 人皮脂腺细胞悬液接种于 6 孔板中培养 (24 $\pm$ 2) h。弃去原培养液，分别加入待测样品组溶液和阴性对照，每组设置 3 个平行，暴露 24 小时。取细胞个数  $1 \times 10^6 - 5 \times 10^6$  移入离心管中，加入 1 mL Trizol，混匀静置。加入 0.2 mL 氯仿，振荡静置，离心取上清液。在上清液中加入 0.5 mL 异丙醇，混匀，静置离心，弃上清液后加入 1 mL 75% 乙醇，洗涤沉淀。离心弃上清液。晾干，加入 DEPC-H<sub>2</sub>O 溶解。

引物设计。逆转录合成 cDNA (总体系为 20  $\mu$ L)，qPCR (总体积为 20  $\mu$ L)：cDNA (5.0  $\mu$ L) + 上游引物 (0.5  $\mu$ L) + 下游引物 (0.5  $\mu$ L) + 2x SYBR Green qPCR SuperMix (10  $\mu$ L) + dH<sub>2</sub>O (4.0  $\mu$ L)。反应条件：95 $^{\circ}$ C 5min；95 $^{\circ}$ C 15s，60 $^{\circ}$ C 32s 读板，40 cycles；融解曲线分析：温度 60 $^{\circ}$ C - 95 $^{\circ}$ C。每个样重复 3 次。

表 1 引物设计

名称	序列
F-SRD5A1	5' GTTGGCGCAATCAGTCTAGA
R-SRD5A1	5' GTGTGGTGGTACTGTTGTTTCA
18s-F	5' CCTGGATACCGCAGCTAGGA
18s-R	5' GCGGCGCAATACGAATGCCCC

### 1.2.2 控油防脱 - II 型 5- $\alpha$ 还原酶活性测试

雄性激素源性脱发 (AGA) 是由于睾酮在 5 $\alpha$ -还原酶的作用下转化为活性更强的二氢睾酮，其对毛囊敏感，影响毛囊发育，导致脱发。通过分析受试物是否能够抑制 5 $\alpha$ -还原酶，从而抑制二氢睾酮的生成，可以作为判断是否具有防脱育发功效的依据之一<sup>[8]</sup>。

#### 1.2.2.1 5 $\alpha$ -还原酶活性测试

2 mL 反应体系中含有：PBS 缓冲液 0.25 mL，酶提取物 0.70 mL，睾酮溶液 0.10 mL，NADPH 溶液 0.35 mL，(完全反应组为 10% 乙醇，阳性组为非那雄胺，样品组为样品溶液) 0.60 mL。空白对照组将酶提取物替换为 PBS 缓冲液，并加入 2.0 mL 二氯甲烷终止反应；完全反应组、阳性组和样品组在 37 $^{\circ}$ C 下反应 30 min，反应结束后加入 2.0 mL 二氯甲烷使反应停止，震荡后离心。去除上层水相，移出有机相 1.0 mL 并蒸干，残留物溶于 1.0 mL 甲醇，采用高效液相色谱法测定睾酮峰面积 (T)。每个反应设 3 个平行管。

$$\text{数据处理：抑制率 (\%)} = \frac{T_{\text{样品管}} - T_{\text{反应管}}}{T_{\text{空白管}} - T_{\text{反应管}}} \times 100$$

### 1.2.3 人体功效评价 - 控油测试

选择年龄 20-30 岁头发长度在 20 cm 内的健康女性，入组筛选条件为：头顶部头皮油脂含量不低于 130  $\mu$ g/cm<sup>2</sup><sup>[9]</sup>。

工作人员按随机分布表分发测试样品，并保证所有受试者明确使用方式：每位受试者各获得 1 款测试样品，每两天全头使用 1 次，并保证在回访 (68 $\pm$ 4) 小时前不得进行洗头、造型、美发等行为。检测人员通过皮肤油脂含量测试探头测量头皮油脂含量，在使用前、使用后 72 小时、使用后 2 周、使用后 4 周进行回访测试。

样品制备工艺：A 相中的粉料洒入去离子水中，边搅拌边加热至 65-70 $^{\circ}$ C，至完全溶解均匀，再加热至 82-85 $^{\circ}$ C，保温 10-15 分钟至完全溶解，备用。依次加入 B 相，搅拌至完全溶解均匀，保温 15 min，开始降温。当主锅温度降至 65 $^{\circ}$ C 左右，依次加入 C 相各组分，搅拌至完全溶解均匀，加入预混 D 相，搅拌均匀。当主锅温度降至

45℃以下,依次加入E相、F相各组分,搅拌至完全溶解均匀。取样测试 pH值,粘度,气味,外观,合格后,过滤出料。

表2 洗发水配方

组分	INCI名称	配比 / %			
		洗发水基质	洗发水(含0.2%辛酰甘氨酸)	洗发水(含0.4%辛酰甘氨酸)	洗发水(含0.8%辛酰甘氨酸)
	水	TO 100	TO 100	TO 100	TO 100
A	瓜儿胶羟丙基三甲基氯化铵	0.10	0.10	0.10	0.10
	聚季铵盐-10	0.20	0.20	0.20	0.20
	EDTA-2Na	0.05	0.05	0.05	0.05
	柠檬酸	0.05	0.05	0.05	0.05
B	月桂醇聚醚硫酸酯钠	13.00	13.00	13.00	13.00
	月桂醇硫酸酯铵	2.00	2.00	2.00	2.00
	月桂酰两性基乙酸钠	3.00	3.00	3.00	3.00
	椰油酰胺 MEA	1.50	1.50	1.50	1.50
	椰油酰水解燕麦蛋白钾	2.00	2.00	2.00	2.00
	辛酰甘氨酸	0.00	0.20	0.40	0.80
	PPG-3 辛基醚	0.40	0.40	0.40	0.40
C	PEG-7 椰油酸甘油酯	0.50	0.50	0.50	0.50
	水、蓖麻醇酸酰胺丙基三甲基氯化铵、甘油	1.00	1.00	1.00	1.00
	氯化淀粉水解物	0.50	0.50	0.50	0.50
D	水	1.00	1.00	1.00	1.00
E	氢氧化钠	0.30	0.30	0.30	0.30
F	香精	0.50	0.50	0.50	0.50
	苯氧乙醇, 乙基己基甘油	0.60	0.60	0.60	0.60
	氯化钠	0.50	0.50	0.50	0.50

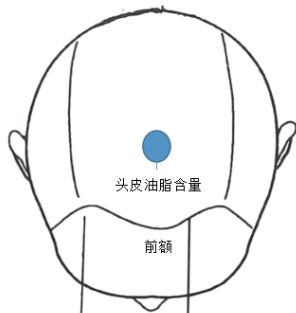


图1 测试部位示意图

#### 1.2.4 安全性评估 - 牛角膜浑浊与渗透性测试

选择角膜剪下,用预热的无酚红 MEM培养基填满,

放置于培养箱中平衡1~2 h。平衡结束后取出角膜,更换新鲜无酚红 MEM培养基,用浊度仪测定角膜基础浊度值,每组使用3个平行角膜。移除夹持器前室液体,于角膜上皮侧加入0.75 mL试验样品,并放置于培养箱中暴露10 min。暴露结束后,将前室中的试验样品用含酚红 MEM培养基清洗至样品无残留。前室用预热的无酚红 MEM培养基填满,放置于培养箱中平衡2 h。更换新鲜无酚红 MEM培养基,再次用浊度仪测定角膜的浊度值。

**吸光度测试:** 移除前室培养基并加入1.0 mL 4mg/mL 荧光素钠溶液,放回培养箱中孵育(90±5) min后,收集后室中的培养基并转移到96孔板中,在490 nm下测定吸光度值。

**数据处理:** 计算各试验组的浊度值和 OD值,并通过阴性对照组进行校正。按以下公式计算体外评分:

$$\text{体外评分} = \text{平均校正浊度值} + 15 \times \text{平均校正 OD值}$$

#### 1.2.5 体外皮肤刺激: 重建人表皮试验

将Episkin 皮肤模型转移至含培养基的12孔板中。阴性对照组加入10 μL DPBS, 阳性对照组加入10 μL 5% SDS, 样品组加入10 μL 浓度为2%的待测样品。均匀涂抹皮肤模型表面,室温放置15min后,用DPBS彻底冲洗样品至无残留,然后置于含新鲜维持培养液的孔中进行孵育42h。每组设置3个平行。

将皮肤模型放入含2 mL 0.3 mg/mL MTT溶液的孔中,放入培养箱培养3h。MTT反应结束后,取下表皮组织,移至EP离心管中,加入盐酸异丙醇,充分混匀后室温避光放置过夜。每管取200 μL溶液于96孔板中,在570nm处读取 OD值。以盐酸异丙醇为空白对照。

**数据处理:** 以盐酸异丙醇为空白对照,以阴性对照组组织活力为100%,计算样品组和阳性对照组的组织活力。

$$\text{组织活力}(\%) = \frac{OD_{TA/PC} - OD_{Blank}}{OD_{NC} - OD_{Blank}} \times 100\%$$

## 2. 结果与讨论

### 2.1 控油 - 皮脂腺细胞 SRD5A1 基因表达测试

#### 2.1.1 细胞活性分析

当细胞活性不小于90%时,可认为待测样品有较高的细胞安全性,在此次检测中,在辛酰甘氨酸检测浓度不大于0.050%时,待测样品具有较高的细胞安全性,因此,选择0.0500%、0.0250%及0.0125%作为后续SRD5A1基因表达测试浓度。

表3 各组细胞相对活性 (Mean ± SD)

Group(%)	Viability(%)
阴性对照	100.00 ± 6.27
0.5000	0.38 ± 0.37
0.1582	40.06 ± 2.71
0.0500	98.27 ± 5.53
0.0158	95.72 ± 4.10
0.0050	98.95 ± 7.32
0.0016	94.60 ± 6.32
0.0005	95.52 ± 5.29
0.0002	93.67 ± 4.04

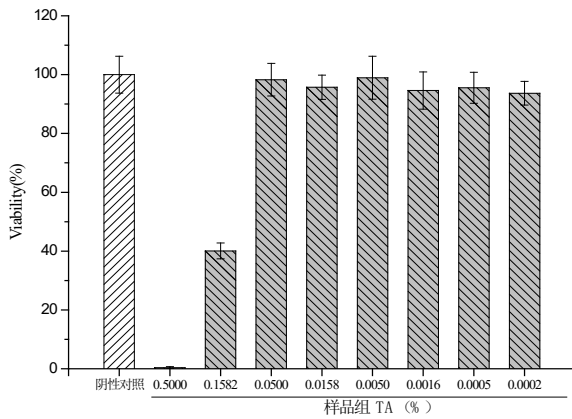


图2 各组细胞相对活性

### 2.1.2 SRD5A1 基因表达测试

表4 各组 mRNA 相对表达量 (Mean ± SD)

分组	相对表达量 (Mean ± SD)	显著性分析结果	
阴性对照组 (NT)	/	1.01 ± 0.07	-
	0.0500%	0.34 ± 0.11	*
样品组 (TA)	0.0250%	0.37 ± 0.03	*
	0.0125%	0.40 ± 0.02	*

注：\*表示与阴性对照组 (NT) 进行对比，差异具有统计学意义 (P<0.05)；

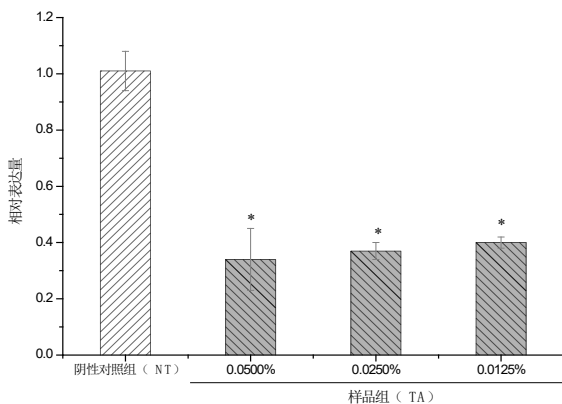


图3 各组 mRNA 相对表达量

与阴性对照组相比，辛酰甘氨酸在0.0500%、0.025%及0.0125%测试浓度下 SRD5A1 表达水平显著降低，且差异

具有统计学意义 (P<0.05)，表明其具有控油功效。

### 2.2 控油防脱 -II型5-α 还原酶活性测试

II型5-α-还原酶主要分布于动物前列腺中，将睾酮转化为更高活性的二氢睾酮，试验系统中睾酮平均峰面积越高，表明睾酮含量越高，二氢睾酮转化率越低，即SD雄性大鼠前列腺提取液中II型5-α-还原酶活性或含量越低，以此试验可检验待测样品对II型5-α-还原酶活性的抑制能力。

经统计学分析，与完全反应组对比，阳性组睾酮平均峰面积升高，对II型5-α-还原酶活性抑制率为87.38%，具有统计学差异 (P<0.05)，表明本次试验系统有效。

辛酰甘氨酸在0.2%、0.4%和0.8%浓度下睾酮平均峰面积升高，对II型5-α-还原酶活性抑制率分别为23.38%，69.11%和55.22%，具有统计学差异 (P<0.05)，因此辛酰甘氨酸在0.2%、0.4%和0.8%浓度下可显著抑制II型5-α-还原酶活性，具有防脱功效。

表5 各组平均峰面积和抑制率结果

组别	平均峰面积	抑制率 (%)	
空白对照组	/	646959 ± 14000	/
完全反应组	/	361138 ± 12578	0.00 ± 6.93
阳性组 PC (μM)	1	610901 ± 5178*	87.38 ± 1.81*
	0.2	427969 ± 18004*	23.38 ± 6.30*
样品组 TA (%)	0.4	558666 ± 4106*	69.11 ± 1.44*
	0.8	518902 ± 15892*	55.20 ± 5.56*

注：\*：与完全反应组相比，差异具有统计学意义 (p<0.05)。

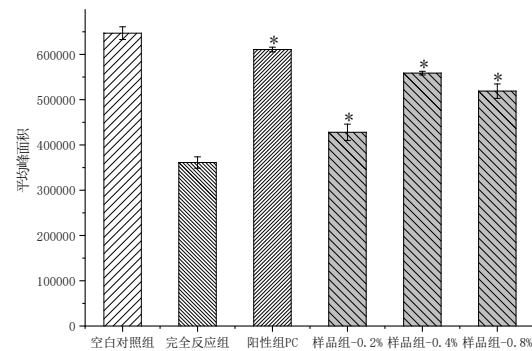


图4 各组平均峰面积

### 2.3 人体功效评价 -控油测试

#### 2.3.1 头皮油脂含量 -72小时

受试者单次使用测试样品，并在使用后72小时回访，回访时检测头皮油脂含量。与使用前相比，头皮油脂含量减少程度越高，短时控油效果越好。

在单次使用洗发水 (含0.2%辛酰甘氨酸)、洗发水 (含0.4%辛酰甘氨酸)、洗发水 (含0.8%辛酰甘氨酸) 72小时后，头皮油脂含量与使用前相比减少20.84%、

23.09%、16.99%。从头皮油脂含量减少程度评价，洗发水（含0.4%辛酰甘氨酸）短时控油效果最优。

表6 头皮油脂含量 - 短时数据

头皮油脂含量 ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ )	平均值		差值	变化率
	使用前	使用后72小时		
洗发水基质	146.00	129.20	-16.80	-11.51%
洗发水 (含0.2% 辛酰甘氨酸)	152.10	120.40	-31.70	-20.84%
洗发水 (含0.4% 辛酰甘氨酸)	151.60	116.60	-35.00	-23.09%
洗发水 (含0.8% 辛酰甘氨酸)	147.88	122.75	-25.13	-16.99%

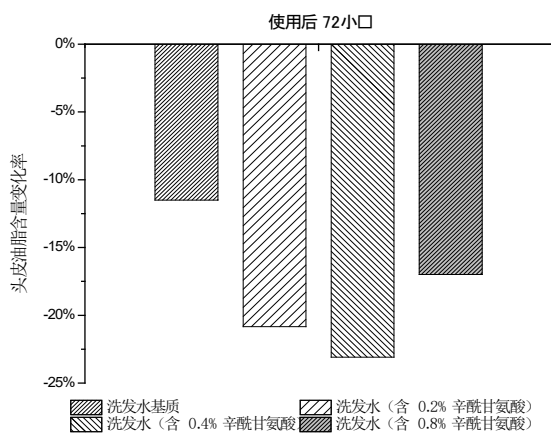


图5 使用样品后72小时头皮油脂含量变化率

### 2.3.2 头皮油脂含量 - 4周

受试者持续使用测试样品4周后测量头皮油脂含量，评估长期使用样品后的控油效果。

与使用前相比，使用洗发水（含0.2%辛酰甘氨酸）、洗发水（含0.4%辛酰甘氨酸）、洗发水（含0.8%辛酰甘氨酸）4周后，头皮油脂含量与使用前相比减少36.95%、38.52%、23.25%。从头皮油脂含量减少程度评价，洗发水（含0.4%辛酰甘氨酸）长效控油效果最优。

表7 头皮油脂含量 - 长效数据

头皮油脂含量 ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ )	平均值		差值 (VS使用前)		变化率 (VS使用前)		
	使用前	使用后	使用后	使用后	使用后	使用后	
		2周	4周	2周	4周	2周	4周
洗发水基质	146.00	126.40	124.10	-19.60	-21.90	-13.42%	-15.00%
洗发水 (含 0.2%辛酰甘 氨酸)	152.10	113.90	95.90	-38.20	-56.20	-25.12%	-36.95%
洗发水 (含 0.4%辛酰甘 氨酸)	151.60	106.40	93.20	-45.20	-58.40	-29.82%	-38.52%
洗发水 (含 0.8%辛酰甘 氨酸)	147.88	112.38	113.50	-35.50	-34.38	-24.01%	-23.25%

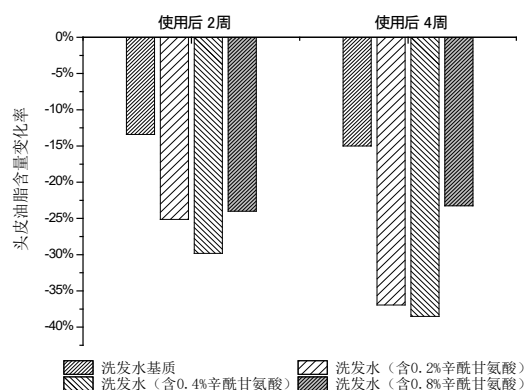


图6 使用样品后4周头皮油脂含量变化率

## 2.4 安全性评估 - 牛角膜浑浊与渗透性测试

牛角膜浑浊和渗透性试验是通过牛角膜浑浊度和对荧光素的通透性改变，定量检测受试物暴露所致的损伤类型，测量眼刺激性的动物替代方法，是OECD认可的眼刺激试验的替代方法之一，可对无刺激性（不分类）和严重刺激性（I类）的物质进行准确分类<sup>[10]</sup>。

表8 预测模型眼刺激 / 腐蚀性分级

IVIS	GHS分类	眼刺激 / 腐蚀性分级
$\leq 3$	不分类	无刺激性
$>3, \leq 55$	无法预测	无法预测
$>55$	分类 I	腐蚀或严重刺激性

根据OECD TG 437(2020)牛角膜浑浊与渗透性测试方法，辛酰甘氨酸在检测浓度为2%条件下，检测结果为GHS分类为不分类，属于无刺激性。

表9 试验结果 (Mean  $\pm$  SD)

组别	平均校正 浊度值	平均校正 OD值	体外评分	UN GHS 分类	刺激性分级
NC	-0.2637 $\pm 0.1183$	0.0798 $\pm 0.0058$	0.9328 $\pm 0.1589$	不分类	无刺激性
PC	41.7149 $\pm 4.2661$	1.1366 $\pm 0.0931$	58.7644 $\pm 5.5530$	分类 I	腐蚀或严重 刺激性
SC	-0.2065 $\pm 0.3383$	-0.0174 $\pm 0.0006$	-0.4680 $\pm 0.3387$	不分类	无刺激性
TA	1.5672 $\pm 0.5384$	0.0745 $\pm 0.0431$	2.6852 $\pm 1.0346$	不分类	无刺激性

注: NC: 阴性对照; PC: 阳性对照; SC: 溶剂对照; TA: 测试样品。

## 2.5 体外皮肤刺激: 重建人表皮试验

重建人表皮试验通过应用重组人表皮模型，在实验室建立体外皮肤刺激性试验方法，为毒理学体外替代试验方法的应用提供依据。通过检测Episkin皮肤模型与MTT反应的甲瓩生成量，计算人表皮模型的组织活力，如果组织活力低至临界值（ $\leq 50\%$ ）则判断为刺激性化合物，组织活力高于临界值（ $> 50\%$ ）为非刺激性化合物。

表 10 基于皮肤刺激性判定和 GHS 分类的预测模型

平均组织活力 (%)	皮肤刺激性	GHS 分类
>50	不具有皮肤刺激性	不分类
≤ 50	具有皮肤刺激性	分类 1 或分类 2

根据 OECD TG 439 (2021)《体外皮肤刺激：重建人表皮试验方法》，辛酰甘氨酸在检测浓度为 2% 条件下，检测结果为 GHS 分类为不分类，属于不具有皮肤刺激性。

表 11 试验结果 (Mean ± SD)

分组	平均 OD 值	平均组织活力 (%)	GHS 分类	刺激性分级
NC	1.3172 ± 0.0669	100.00 ± 5.08	不分类	不具有皮肤刺激性
PC	0.0634 ± 0.0067	4.82 ± 0.51	分类 1 或分类 2	具有皮肤刺激性
TA	1.2132 ± 0.0259	92.11 ± 1.96	不分类	不具有皮肤刺激性

注：NC：阴性对照；PC：阳性对照；TA：测试样品。

### 3. 结论

辛酰甘氨酸可显著下调 SZ95 人皮脂腺细胞中 SRD5A1 基因的表达，明显抑制 II 型 5 $\alpha$ -还原酶活性，表明其可能通过调节 5 $\alpha$ -还原酶来减少皮脂分泌。

在一项为期四周的人体功效评价试验中，使用含有辛酰甘氨酸的洗发水能够显著减少头皮油脂含量。然而，当洗发水中辛酰甘氨酸的浓度超过 0.4% 时，观察到头皮控油效果有所减弱，猜测与头皮过度干燥出现反油现象有关，具体原因有待进一步研究。

在安全性方面，通过角膜浑浊与渗透性测试和重建

人表皮试验，辛酰甘氨酸 2% 及以下浓度属于无眼刺激性和不具有皮肤刺激性，具有较高安全性。

因此辛酰甘氨酸可作为安全的活性成分应用于洗护产品中，控制头皮油脂过度分泌。

### 参考文献

- [1] 练英铎, 吴文伟, 邱志勇等. 一款控油洗发水的头皮控油功效评价 [J]. 广东化工, 2021, 48(13): 74+56.
- [2] 陈默, 赵亚. 油性皮肤和皮脂分泌的调节 [J]. 日用化学品科学, 2013, 36(11): 32-34.
- [3] 魏娟. 油性皮肤调控研究进展 [J]. 日用化学品科学, 2022, 45(10):50-54.
- [4] 潘继升, 王永晨, 蔡丽敏. 5 $\alpha$  还原酶在相关疾病中的作用 [J]. 医学综述, 2011, 17(17): 2571-2573
- [5] 蔡丽敏, 李晓庆, 陈翠, 杨晶, 张金芝, 王燕华, 刘静. SRD5A1 基因多态性与寻常型痤疮易感性关系的研究 [J]. 哈尔滨医科大学学报, 2017,51(02):148-152.
- [6] 鞠强, 赵建斌, 夏隆庆. 盐酸小聚碱和黄芩苷对 SZ95 人皮脂腺细胞内 I 型 5 $\alpha$ -还原酶 mRNA 表达的影响 [J]. 中国麻风皮肤病杂志, 2009,25(12):868-870.
- [7] Jun Yin, In Hyoek Hwang, Min Won Lee. Anti-acne vulgaris effect including skin barrier improvement and 5 $\alpha$ -reductase inhibition by tellimagrandin I from *Carpinus tschonoskii* [J]. BMC Complementary and Alternative Medicine, 2019,19(233):1-9.
- [8] 刘小赞. 中药来源的 II 型 5 $\alpha$ -还原酶抑制剂筛选及女贞子醇提取物促毛发生长作用研究 [D]. 广东药科大学, 2020.
- [9] 李妍, 涂平, 朱学骏. 头皮屑和头皮脂溢性皮炎患者头皮脂类水平及马拉色菌数量的检测 [J]. 中国麻风皮肤病杂志, 2007, 23(9):3.
- [10] 谢珍, 陈舒怀, 刘璐等. 角膜浑浊和渗透性试验方法结合组织病理学对化妆品眼刺激性的预测价值 [J]. 中国医药导报, 2021,18(04):14-17.

## Research on the Application, Efficacy, and Safety of Capryloyl Glycine in Cleansing and Care Products

Wu Dan-qing<sup>1</sup>, Zhang Zhan-tang<sup>2</sup>, Cheng Jian-hua<sup>2</sup>, Deng Yan-ning<sup>2\*</sup>

(1. Dongguan Juwei New Material Technology Co., Ltd. Dongguan, Guangdong, 523000;

2. South China Institute of Collaboration Innovation, Dongguan, Guangdong, 523000)

**Abstract :** Relying on characteristics of sebaceous glands and skin oil secretion mechanism, this work explores the properties of capryloyl glycine like oil control, anti-hair loss and other functions as well as safety concern through laboratory tests and human efficacy evaluation tests. The results showed that capryloyl glycine can downregulate the expression of SRD5A1 gene in SZ95 human sebaceous gland cells. and effectively inhibit type II 5 $\alpha$ -reductase activity in rat prostate fluid. In the human efficacy evaluation tests, shampoos containing capryloyl glycine can control scalp oil secretion. The irritation of capryloyl glycine was studied through bovine corneal opacity and permeability testing as well as reconstructed human epidermis experiments. No significant irritation was observed at a concentration of 2%. Therefore, capryloyl glycine is considered as a safe and effective active ingredient. It can be used as an important scalp efficacy ingredient for applications in hair care products, especially in the development of products targeting scalp oil control.

**Keywords :** Capryloyl glycine; 5 $\alpha$ -reductase; oil control; SZ95 human sebaceous gland cells