

四己基癸醇抗坏血酸酯

四己基癸醇抗坏血酸酯（TETRAHEXYLDECYL ASCORBATE，简称 THDC），属于油溶性维生素 C 衍生物，由抗坏血酸与四分子 2-己基癸酸经酯化反应制得。作为稳定性较好的 VC 前药类活性原料，凭借脂溶性以及良好透皮潜力，被广泛应用于功效型化妆品，已被多国化妆品法规收录，整体安全性认可度较高。

与传统水溶性维生素 C 衍生物不同，THDC 具备脂溶性“前药”透皮特点：依靠脂溶性烷基链更易穿透亲脂的角质层与细胞膜，进入皮肤细胞后，由胞内羧基酯酶 CES-2 水解，释放出活性 L-抗坏血酸，进而在皮肤深层发挥生物学作用。

配方容器体系内，THDC 相比原型 L-抗坏血酸拥有更佳的化学稳定性，可在较宽 pH 区间保持稳定。THDC 接触皮肤内单线态氧等氧化物质时会发生快速降解，建议配方中搭配乙酰姜油酮等抗氧化稳定剂使用，减少降解带来的潜在风险。

体外模型以及人体临床研究证实，THDC 为 L-抗坏血酸前药，生物学效应依赖胞内水解释放的游离 L-抗坏血酸发挥。THDC 水解产生活性 VC 可清除蓝光、紫外线诱导产生的活性氧，减轻氧化应激损伤；单独 THDC 体外试验无法显著上调 I 型胶原蛋白，与乙酰姜油酮复配条件下，可抑制 MMP 基质金属蛋白酶，提升胶原蛋白合成水平。3D 皮肤组织模型观察到黑色素生成下降，该效应为体系综合结果，；黑色素相关改善来自水解产物游离 VC 的生化作用、抗氧化清除 ROS、复配后改善皮肤屏障微环境等多条通路共同作用。在配合日间防晒的试验条件下，人体临床可观察到皮肤暗沉改善、肤色均匀度提升、光老化相关细纹改善等表现。

THDC 可与维生素 E、乙酰姜油酮进行配伍；其中 THDC 与乙酰姜油酮复配存在明确公开文献支持，二者可实现稳定原料、抗氧化、抗光老化的协同效果。

产品信息

商品	四己基癸醇抗坏血酸酯
INCI 名称	TETRAHEXYLDECYL ASCORBATE
CAS 号	183476-82-6
EC 编号	201-081-7
性状	无色至淡黄色液体
纯度	≥99%
溶解度	可溶于乙醇和油脂
使用水平和配方 pH 值	1% - 5%；pH 3.0 - 8.0
贮存	储存于阴凉、通风的库房，远离火种、热源，应与氧化剂、食用化学品等分开存放，切忌混储
监管	全球认可，已列入中国化妆品原料目录

人体皮肤耐受性

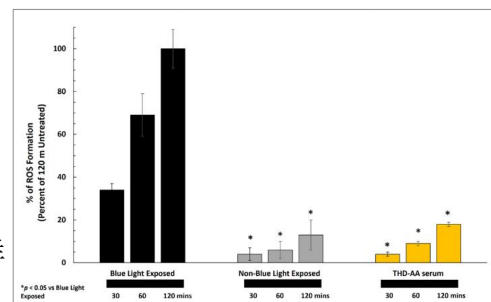
基于毒理学与临床安全评估数据，四己基癸醇抗坏血酸酯表现出优异的皮肤安全性与耐受性，适合各类肤质包括敏感肌长期使用。

基于安全边际 MOS 的安全评估：参照同大类 VC 衍生物横向对比，对比原型 L- 抗坏血酸、MAP（抗坏血酸磷酸镁），THDC 为脂溶性前药，可在接近生理 pH 条件发挥作用，在配方适配前提下局部刺激潜力低于酸性原型 L- 抗坏血酸。

用于评估破损皮肤刺激倾向的腔室划痕试验（0.5%、1.0% 凡士林基质）：在破损皮肤模型下，THDC 刺激性潜力较低；但体外 3D 重组人表皮模型提示 THDC 单独暴露可上调 I 型干扰素相关促炎基因。

ROS 清除试验

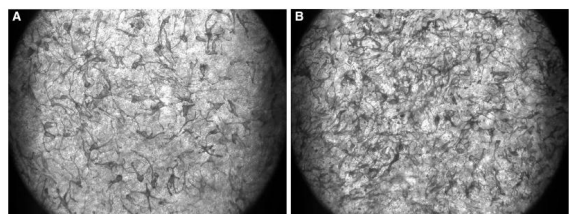
- 测试样品 - 30% THDC 血清；Trolox 阳性对照；未处理阴性对照
- 使用方法 - 加载 CM- H₂ DCFDA 探针；450 nm 蓝光照射 30/60/120 min；
- 检测荧光 - RFU 将不同浓度 SAP 加入痤疮丙酸杆菌菌液，厌氧培养；分别于 0h、4h、8h 取样
- 评价指标 - ROS 生成百分比；统计学 P 值



30 min ROS 降低 88%；60 min 87%；120 min 82%，显著抵抗蓝光氧化损伤（ $P < 0.05$ ）。

3D 黑素皮肤 MelanoDerm 黑色素抑制试验

- 测试样品 - 30% THDC 血清；生理盐水阴性对照
 - 使用方法 - 每 24h 换样品，37°C、5% CO₂，连续培养 14 天；显微镜观察、定量黑色素含量 4h
 - 评价指标 - 组织黑色素 μg ；黑色素下降百分比
- 代表性的显微照片显示，在第 14 天以 100× 拍摄时，(A)U 和(B) 未处理样本的黑色素生成显著减少（ $p < 0.001$ ）



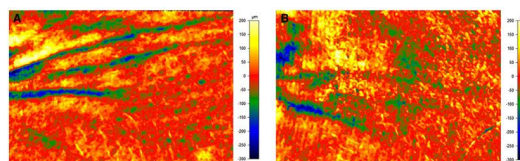
处理组黑色素 22.5 μg ，对照组 29.5 μg ，黑色素下降 24%（ $P < 0.001$ ）。

人体随机双盲对照临床研究

- 志愿者人数 – 共 62 名完成试验，试验组 31 名，对照组 31 名
- 人种 / 肤质 – 女性，年龄 35- 60 岁；主要 Fitzpatrick II-IV 型（光老化、面部轻中度皱纹、色斑 / 色素不均）
- 研究周期 – 12 周；访视节点：基线、第 4 周、第 8 周、第 12 周
- 测试部位 – 全脸面部皮肤
- 测试样品 – 试验组：含 30% 四己基癸醇抗坏血酸酯抗氧化血清；
对照组：30% 己基癸醇保湿乳；
- 使用方法 – 早晚洁面后全脸涂抹测试样品
- 效果评价指标 – 研究者改良 Griffith 10 分量表：
细纹皱纹、离散 / 斑驳色素、肤色均匀度、光泽度、紧致度、皮肤光滑度；
仪器成像：VISIA- CR 面部拍照、
Antera 3D（黑色素、血红蛋白、皱纹体积、皱纹深度）；
耐受性安全性：客观（红斑、水肿、脱屑）；主观（灼热、刺痛、瘙痒）。



一位代表性受试者，57 岁，Fitzpatrick III 型肤质，分别显示在 (A) 基线和 (B) 使用交叉偏振光的 VISIA-CR 图像下的 12 周情况

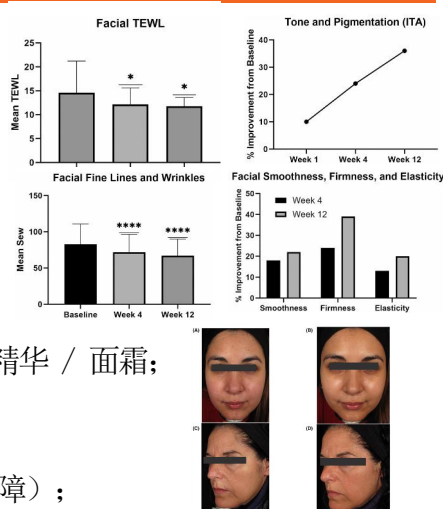


通过 PRIMOS lite 测量，皱纹体积和深度减少。照片拍摄于鱼尾纹区域：(A) 基线，(B) 第 12 周。

经过 12 周的使用，试验组 88% 受试者出现黑色素指标改善，印证四己基癸醇抗坏血酸酯的提亮抑黑素功效。同时 87% 受试者的细纹得到改善，皱纹体积平均下降 10%，体现原料抗光老化、促进胶原修护的作用。

THDC+AZ 精华临床研究

- 志愿者 – 35 名，男女，年龄 21-55 岁；覆盖全部 Fitzpatrick I - VI 皮肤分型，存在面部细纹皱纹；
- 研究周期 – 12 周；访视节点：基线、第 1 周、第 4 周、第 12 周；
检测环境恒温 22-24℃，湿度 45-50%
- 测试样品 – 含 20% 四己基癸醇抗坏血酸酯 + 乙酰姜油酮 (AZ) 测试精华液；
允许日常洁面产品，统一使用防晒
- 使用方法 – 每日取 3-5 滴，全脸涂抹，不叠加其他功效类精华 / 面霜；
避免刻意日晒美黑
- 效果评价指标 – Chromameter: ITA 角度（色素改善）；
Tewameter: TEWL 经皮水分流失（皮肤屏障）；
Visioscan VC20plus: Sew 皱纹指数、Sesm 皮肤光滑度指数；
Cutometer: R0 皮肤紧致度、R7 皮肤弹性；
安全性：全程记录所有不良事件。



本临床采用四己基癸醇抗坏血酸酯搭配乙酰姜油酮 (AZ) 复配配方，12 周临床结果显示受试者肤色色素整体改善 36%，细纹指标改善 19%，皮肤光滑度提升 22%，皮肤紧致度提升 39%，弹性提升 20%。TEWL 经皮水分流失出现显著下降，说明皮肤屏障完整性得到提升。Cutometer 弹性、紧致度数据的显著提升，反映真皮层细胞外基质得到改善，复配体系一方面促进胶原蛋白合成，另一方面抑制 MMP 酶对胶原的分解，双向作用实现皮肤弹性与紧致的提升。

THDC 影响黑色素生成的多种途径

酪氨酸酶抑制

THDC 属于脂溶性 VC 前药，在皮肤细胞内被 CES- 2 羧基酯酶水解，释放活性 L- 抗坏血酸；发挥效应的是水解生成的游离 VC，并非完整 THDC 分子直接作用黑素细胞。游离 VC 在体外生化体系可通过螯合酪氨酸酶活性中心铜离子、还原多巴醌，干扰酪氨酸酶催化黑色素合成过程。

抗氧化清除光损伤 ROS

THDC 经皮肤内酶解释放活性 L- 抗坏血酸，清除 UVA、蓝光（HEV）诱导产生的活性氧。体外 EpiDerm 表皮模型蓝光暴露试验，THDC 配方在 30- 120 min 可降低 82% - 88% ROS 生成；光环境下 ROS 可激活黑素合成相关信号通路，清除 ROS 能够减弱氧化应激驱动的黑素过度生成。12 周人体临床观察到光损伤相关色素不均改善，该试验全程配合防晒，ROS 清除是其改善光致色沉的上游重要机制。

还原黑素中间体阻断黑色素合成

完整 THDC 分子不具备还原多巴醌活性；经皮肤酯酶水解释放的游离 L- 抗坏血酸，可将黑色素合成关键中间体多巴醌还原为无色左旋多巴，打断黑色素氧化聚合链条。

减轻氧化- 炎症介导的色素沉着

THDC 单独作用时，在体外重组人表皮的氧化环境下易发生降解，可诱导 I 型干扰素相关促炎基因上调；与乙酰姜油酮（AZ）复配可抑制 THDC 降解，消除该体外观察到的潜在促炎信号。THDC+AZ 复配体系能够降低氧化应激带来的炎症介质释放，缓解氧化- 炎症级联反应；炎症是炎症后色素沉着（PIH）的重要驱动因素，通过减轻皮肤氧化- 炎症压力，间接减少炎症诱发黑色素异常沉积。

THDC 推荐的增效剂/添加剂

增效剂/添加剂	基本原理/机制	使用级别
烟酰胺（VB3） INCI:NIACINAMIDE	THDC 抑制黑素生成 + 烟酰胺阻断黑素小体从黑素细胞向角质细胞转运，双通路协同淡斑、匀肤色	2% - 5%
维生素 E（生育酚） INCI:TOCOPHEROL	二者协同构成抗氧化循环网络，VC-IP 再生氧化型维 E，共同清除自由基、增强光保护作用	0.5% - 2%
乙酰姜油酮（AZ） INCI: ACETYL ZINGERONE	体外螯合铜离子辅助抑制酪氨酸酶，同时稳定 VC-IP 防止氧化降解，抗氧化协同增效	0.5% - 1%
传明酸 INCI: TRANEXAMIC ACID	THDC 抑制黑素合成 + 传明酸阻断炎症介导的色素沉着通路，协同改善黄褐斑、炎症后色沉	2% - 3%
阿魏酸 INCI: FERULIC ACID	增强 THDC 抗氧化稳定性，协同清除自由基，提升光保护功效	0.5% - 1%
视黄醇/视黄醇衍生物 INCI:RETINOL	THDC 抗氧化提亮 + 视黄醇促胶原抗老，互补作用通路；建议分时使用或低浓度起步建立耐受	0.1%-0.5%

THDC：油溶性稳定型维 C 多功能亮肤修护活性成分

高效渗透型经典维 C 衍生物亮肤原料

- 获得全球多国化妆品法规收录，列入中国化妆品已使用化妆品原料目录，长期化妆品应用历史，安全性认可度较高。
- 独特脂溶性结构，相比水溶性维生素 C 拥有更优透皮潜力；依靠脂溶性烷基链穿透角质层，进入细胞后被胞内酯酶 CES- 2 水解，释放活性 L- 抗坏血酸发挥生物学效应。
- 体外 3D 皮肤模型证实可改善 UV 诱导的色素相关表现。

皮肤保护

- 作为前药，入胞经 CES-2 酶解释放活性维生素 C，清除 UV 诱导活性氧 ROS，减轻紫外线带来的氧化损伤。
- THDC 单独体外重组表皮模型会出现 I 型干扰素通路相关促炎基因上调；搭配乙酰姜油酮后该体外潜在促炎信号被抑制。
- 人体观察到的皮肤屏障改善、TEWL 下降，来自 THDC + 乙酰姜油酮复配配方临床试验结果。

抗衰老功效

- THDC 单独体外成纤维细胞试验，无法显著提升 I 型胶原蛋白；在与乙酰姜油酮复配条件下，体外可抑制 MMP 基质金属蛋白酶，提升 I 型胶原蛋白表达。
- 复配配方人体长期使用，可改善光老化带来的肤色暗沉、皮肤粗糙与细纹外观；所有人体功效观察均配合日间防晒。

美白匀肤（核心功效）

- 脂溶性前药具备良好透皮潜力，进入皮肤细胞内由酯酶水解释放活性 L- 抗坏血酸，多重通路干预黑色素合成链条。
- THDC 完整分子无酪氨酸酶抑制活性；水解后释放的游离 L- 抗坏血酸，体外生化条件下具备抑制酪氨酸酶、还原多巴醌黑素中间体的生化能力；3D 共培养皮肤模型观测黑色素下降，为多因素综合体系效应。
- 通过水解产物抗氧化清除氧化应激，复配体系下减轻氧化- 炎症压力，间接减少氧化- 炎症驱动的继发性色素沉着，辅助改善日晒色斑、肤色不均；改善痘印主要为间接辅助效果。

主要刊物

Swindell W R, et al. Tetrahexyldecyl Ascorbate (THDC) Degrades Rapidly under Oxidative Stress but Can Be Stabilized by Acetyl Zingerone to Enhance Collagen Production and Antioxidant Effects[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2021,22(16):8756.

MALONEY M E, HALL M, KELM R C, et al. Hydroquinone- Free, Tetrahexyldecyl Ascorbate Antioxidant Serum for Hyperpigmented and Photodamaged Skin to Achieve Skin Health[J]. Journal of Cosmetic Dermatology, 2026, 25: e70826.

MIN M, PÉREZ DAMONTE S H, SIVAMANI R K. Open- label topical application of tetrahexyldecyl ascorbate and acetyl zingerone containing serum improves the appearance of photoaging and uneven pigmentation[J]. Journal of Cosmetic Dermatology, 2024, 23(8): 2628- 2635.

Safety Assessment of Ethers and Esters of Ascorbic Acid as Used in Cosmetics. International Journal of Toxicology, 2022, 41(3_suppl): 5S- 33S.