

抗坏血酸磷酸酯钠

抗坏血酸磷酸酯钠（SAP，L-抗坏血酸-2-磷酸三钠盐），是水溶性维生素 C 衍生物，通过对 L- 抗坏血酸进行磷酸基团修饰，结合钠离子获得高化学稳定性，在全球多国化妆品法规中允许使用。具备体外美白抑黑、抗氧化、体外促胶原、体外抑制痤疮丙酸杆菌活性；稳定性显著优于游离原型 VC。原料水溶液呈碱性，配方适宜稳定 pH 区间 6.5- 7.0。刺激性较低，适合水相配方，可应用于精华、面膜、乳液、防晒、祛痘凝胶等水相类产品；敏感肌、痘肌需结合配方 pH 与浓度评估使用耐受性，医美术后使用建议做皮肤预测试。

SAP 与 MAP（抗坏血酸磷酸酯镁）同属磷酸酯化维生素 C 衍生物，进入皮肤后均可被皮肤磷酸酶水解释放 L- 抗坏血酸。体外试验证实 SAP（1% 浓度）可抑制痤疮丙酸杆菌增殖，有助于改善炎性痤疮相关炎症；二者复配可同时利用两种盐型的配方特性，协同实现抗氧化、抑黑、舒缓炎症色沉；二者功效差异主要来自盐离子带来的 pH、溶解特性差异。

产品信息

商品	抗坏血酸磷酸酯钠
INCI 名称	SODIUM ASCORBYL PHOSPHATE
CAS 号	66170-10-3
EC 编号	425-180-1
性状	白色至类白色粉末
纯度	≥99%
溶解度	可溶于水
使用水平和配方 pH 值	日常抗氧化：0.5%–2%；亮肤淡斑：3% – 5%；祛痘专项：3% – 5%；6.5-7.0
贮存	在阴凉干燥环境下储存在原始密封容器中；避光、避热、防潮
监管	欧盟、中国、美国、日本化妆品原料名录收录，可用于护肤、防晒、洗护

人体皮肤耐受性（依据人体斑贴试验、急性毒理试验数据）

急性口服毒性：大鼠经口 $LD_{50} > 5000\text{mg/kg}$ ，属实际无毒级，无全身毒性风险。

皮肤刺激性测试（对照 MAP 体系）：0.5%/1%/3%/5% SAP 中性水溶液人体重复开放斑贴：无原发性刺激、无皮肤致敏；10%浓度 24h 封闭斑贴无红肿、刺痛、瘙痒反应。

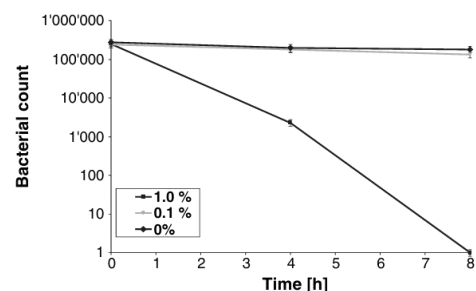
破损皮肤划痕刺激试验：1%凡士林基质SAP与生理盐水对照组无显著刺激差异，医美术后、屏障受损肌可用。

MOS安全评分：1% SAP面部使用MOS值 >480 ，远高于安全阈值100；对比1%曲酸 MOS=88，温和度显著优于酸性美白成分。

敏感肌/痘肌适配性：SAP 无游离 VC 的强酸性，配方 pH 控制合适条件下刺激性较低；玫瑰痤疮、湿疹肤质长期使用无加重泛红案例。

杀菌（痤疮丙酸杆菌）试验

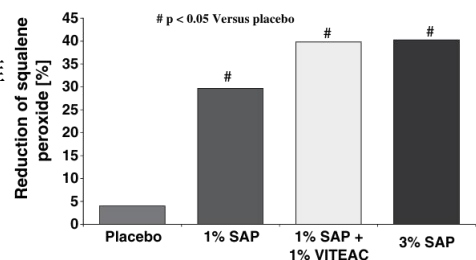
- 测试部位 - 体外厌氧培养体系
- 测试样品 - 0% SAP 空白对照组、0.1% SAP、1.0% SAP 测试液；维持生理 pH
- 使用方法 - 将不同浓度 SAP 加入痤疮丙酸杆菌菌液，厌氧培养；分别于 0h、4h、8h 取样
- 评价指标 - 平板菌落计数，细菌数量（CFU，对数级）
- 纵坐标 - 细菌计数（对数坐标）；横坐标：时间 h



1.0% SAP 作用 4 h，细菌 log 降低 2；8 h log 降低 5，几乎全部杀灭。SAP 靶向抑制痤疮丙酸杆菌。

过氧化抑制试验

- 测试部位 - 人体部皮肤
- 测试样品 - 安慰剂基质、1% SAP 乳液、1% SAP+1% 维生素 E 醋酸酯乳液、3% SAP 乳液
- 使用方法 - 涂抹剂量 2mg/cm^2 ，每日 2 次，连续 7 天；给药结束后给予 $\text{UVA } 10\text{J/cm}^2$ 辐照
- 评价指标 - HPLC 检测皮肤皮脂角鲨烯氢过氧化物含量
计算角烯过氧化物相对降低百分比， $P < 0.05$ 代表与安慰剂有统计学差异



1% SAP 可降低皮脂过氧化水平 30%；3% SAP 可降低 40%；1% SAP 复配 1% 维生素 E 醋酸酯同样达到 40% 的抑制效果；SAP 经皮肤磷酸酶水解转化为 L- 抗坏血酸，实现人体在体抗氧化，抑制 UVA 诱导的脂质过氧化损伤。

治疗痤疮临床研究

- 志愿者 - 45 名泰国受试者（亚洲人种）；纳入为 II- III 级寻常痤疮，面部存在 10- 50 个炎性皮损
- 研究周期 - 总共 8 周；评估访视点：基线 W0、第 4 周 W4、第 8 周 W8
- 测试部位 - 5% SAP 乳液；
0.2% 视黄醇乳膏；
5% SAP 乳液 + 0.2% 视黄醇乳膏复配组
- 使用方法 - SAP 组：5% SAP 乳液，早晚每日 2 次涂抹全脸；
视黄醇组：0.2% 视黄醇乳膏，每晚使用 1 次；
复配组：5% SAP 早晚 2 次，0.2% 视黄醇每晚 1 次；
总试验周期 8 周。每组 n=10
- 评价指标 - 面部炎性痤疮皮损计数；计算皮损减少百分比；
单因素 ANOVA 统计分析；
同时记录皮肤不良反应（干燥、脱屑、皮肤油腻度主观反馈）



Figure 1 Representative subject from the group treated with 5% sodium ascorbyl phosphate.

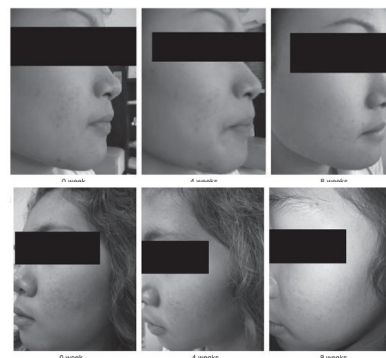


Figure 3 Representative subject from the group treated with the combination of 5% sodium ascorbyl phosphate and 0.2% retinol.

5% SAP 组：4 周炎性皮损下降 20.14%，8 周下降 48.82 %

0.2% 视黄醇组：4 周炎性皮损下降 21.79%，8 周下降 49.50 %

SAP + 视黄醇复配组：4 周下降 29.28%，8 周下降 63.10 %

单独 SAP 与单独视黄醇两组疗效无统计学差异；复配组显著优于两个单药组 ($P < 0.05$)；视黄醇促使角质层剥脱，提高 SAP 透皮吸收，产生抗炎、抗氧化协同效果。

SAP 影响黑色素生成的多种途径

酪氨酸酶抑制

SAP 为前药，在皮肤细胞外被表皮磷酸酶脱磷酸，释放出活性 L- 抗坏血酸；游离 VC 再发挥生物学效应，并非 SAP 完整分子进入黑素细胞。游离 VC 体外条件下可通过还原多巴醌、影响酪氨酸酶催化过程抑制黑色素生成；体外生化体系酪氨酸酶最适 pH 约 6.8，酸性环境可抑制酶活性；现有文献未证实 SAP 会调控 TYR、MITF、Pmel17 蛋白表达水平。

抗氧化清除光损伤 ROS

SAP 经皮肤酶解产生活性 VC，清除 UVA 诱导的活性氧；人体试验证实 3% SAP 可抑制 UVA 诱导皮脂脂质过氧化，减轻氧化应激，减少氧化相关损伤。

还原黑素中间体阻断黑色素合成

游离 VC 可将多巴醌还原为无色左旋多巴，打断黑色素氧化合成链条；该效应主要来自体外生化试验。

抑制痤疮丙酸杆菌、抗炎抗氧化

体外 1% SAP 对痤疮丙酸杆菌具备显著杀灭效果；人体试验可降低 UVA 诱导皮脂过氧化，减轻炎症介质；进而有助于减少炎症驱动色沉。

SAP 推荐的增效剂/添加剂，用于改善皮肤美白/均匀肤色效果

增效剂/添加剂	基本原理/机制	使用级别
烟酰胺 (VB3) INCI: NIACINAMIDE	SAP 抑制黑素生成+烟酰胺阻断黑素小体向角质细胞转运，双通路淡痘印、匀肤色；同时修护屏障缓解刺激	1% - 2%
还原型谷胱甘肽 GSH INCI: GLUTATHIONE	双重抗氧化，协同还原黑素中间体，改善熬夜、糖化暗沉，提亮肤色	2% - 3%
维生素 E 醋酸酯 INCI: TOCOPHERYL A CETATE	水油双抗氧化体系，再生 VC 活性，强化光防护，减少光老化暗沉	0.5% - 1%

SAP：稳定型维 C 多功能祛痘抗氧化亮肤活性成分

温和型磷酸酯类维 C 衍生物护肤原料

- 化妆品全球合规使用历史，水溶性磷酸修饰维 C 前体；原料水溶液呈碱性，配方适宜稳定 pH 区间 6.5- 7.0，相比游离原型 VC 抗氧化体系更稳定；部分境外地区可用于膳食补充剂。
- 人体临床试验证实：5% 浓度 SAP 外用可显著降低面部 II- III 级痤疮的炎性皮损；对油痘肌可同时抑制痤疮丙酸杆菌、减少 UVA 诱导皮脂过氧化；提亮改善痘印更多为体外机制结合痤疮受试者的衍生观察；改善顽固深层色斑。
- 适合油痘肌、油脂易氧化肤质；屏障受损、炎症敏感肤质需结合配方 pH 做皮肤预测试。

皮肤保护

- 经皮肤表层磷酸酶水解释放活性 L-抗坏血酸，清除 UVA 诱导产生 ROS；人体在体试验证实可抑制角鲨烯脂质过氧化，减轻紫外线带来的皮脂氧化损伤。
- 通过释放活性维 C 发挥自由基清除能力，降低皮肤氧化应激；减少氧化驱动的炎症反应，间接改善氧化相关炎症色沉。
- 抑制痤疮丙酸杆菌增殖，减少皮脂氧化诱因，从源头减轻痤疮相关炎症刺激。

抗衰老功效

- 体外成纤维细胞试验证实：可促进人真皮成纤维细胞合成 I、III 型胶原蛋白；同等效应下 SAP 钠盐所需浓度显著高于 MAP 镁盐。

美白匀肤（体外为主功效）

- 属于皮肤前药：SAP 大分子不会直接进入黑素细胞；先在表皮被磷酸酶水解释放游离 L-抗坏血酸；游离 VC 体外生化条件下还原多巴醌黑素中间体，打断黑色素生化合成链条。
- 体外生化体系中酸性条件可抑制酪氨酸酶催化活性。
- 依靠抗氧化、抑制炎症，辅助改善炎症后痘印、肤色不均。

主要刊物

CKLOCK J, IKENO H, OHMORI K, et al. Sodium ascorbyl phosphate shows in vitro and in vivo efficacy in the prevention and treatment of acne vulgaris[J]. International Journal of Cosmetic Science, 2005, 27(4):171- 176.

RUAMRAK C, LOURITH N, NATAKANKITKUL S. Comparison of clinical efficacies of sodium ascorbyl phosphate, retinol and their combination in acne treatment[J]. International Journal of Cosmetic Science, 2009, 31(1):41- 46.

WOOLERY- LLOYD H, BAUMANN L, IKENO H. Sodium L- ascorbyl- 2- phosphate 5% lotion for the treatment of acne vulgaris: a randomized, double- blind, controlled trial[J]. Journal of Cosmetic Dermatology, 2010,9(1):22- 27.

GEESIN J C, GORDON J S, BERG R A. Regulation of collagen synthesis in human dermal fibroblasts by the sodium and magnesium salts of ascorbyl-2-phosphate[J]. Skin Pharmacology, 1993,6(1):65- 71.

B IKENO H, OHMORI K, NAYAMA S, et al. Protective Effects of Sodium- L- ascorbyl- 2- Phosphate on the Development of UVB- Induced Damage in Cultured Mouse Skin[J]. Biological & Pharmaceutical Bulletin, 1999, 22(12):1301- 1305.

FOCO A, GASPERLIN M, KRISTL J. Investigation of liposomes as carriers of sodium ascorbyl phosphate for cutaneous photoprotection[J]. International Journal of Pharmaceutics, 2005,291(1- 2):21- 29.