

新型多靶点协同调控技术在皮肤抗衰与屏障修护中的创新应用



姜学清^{1,3}, 宋雨阳^{2,3,4}, 陈志超^{2,3,4}, 张军^{2,3,4}, 李翀^{2,3,4,*}

¹广州市欧俐化妆品有限公司研发部, 广东广州 510800

²中科生物智造创新中心科学事业部, 北京 100094

³中科健兰医学研究院皮肤健康研究中心, 北京 101407

⁴上合医学研究院皮肤医学研究部, 北京 100094

摘要: 随着皮肤生理学与生物工程技术的发展, 功能性护肤已从单一靶点干预向多靶点协同调控方向转型, 皮肤美白淡斑、抗衰紧致与屏障修护成为当代皮肤健康研究的核心热点。皮肤老化与色素沉着受紫外线照射、氧化应激、蛋白糖化、屏障受损等多因素协同驱动, 单一作用靶点的干预手段难以解决复杂的皮肤健康问题。本文系统综述多靶点协同调控技术的核心原理、活性成分作用机制、配方设计原则及功效评价方法, 重点探讨中国科学院与中科健兰联合尚清欧俐共同开发的新型华伊世家系列皮肤抗衰技术的创新实践。该技术通过烟酰胺、蓝宝石褪黑藻、凝血酸等活性成分复配实现黑色素全链路调控; 以逆龄因子、肌肽及信号肽类成分构建“再生-保护-调控”三重抗衰体系; 以纤连蛋白、芦荟仙人掌发酵液及植物提取物协同强化屏障修护。体外细胞试验与临床观察表明, 该技术可显著抑制黑色素细胞活性、促进成纤维细胞增殖与胶原合成, 连续使用 28 天可显著改善肤色暗沉、色斑、细纹及屏障受损等问题。 本文同时探讨多机构协同创新模式在皮肤健康干预领域的应用, 为皮肤美白抗衰与屏障修护技术的高效化、温和化、合规化发展提供理论参考与实践借鉴。

关键词: 多靶点; 协同调控; 皮肤抗衰; 屏障修护

DOI: [10.57237/j.mrf.2026.01.002](https://doi.org/10.57237/j.mrf.2026.01.002)

Innovative Application of a Novel Multi-Target Synergistic Regulation Technology in Skin Anti-Aging and Barrier Repair

Jiang Xueqing^{1,3}, Song Yuyang^{2,3,4}, Chen Zhichao^{2,3,4}, Zhang Jun^{2,3,4}, Li Chong^{2,3,4,*}

¹Department of R&D, Guangzhou Ouli Cosmetics Co., Ltd., Guangzhou 510800, China

²Science Division, Zhongke Bio-Manufacturing Innovation Center, Beijing 100094, China

³Center for Skin Health Research, Zhongke Jianlan Medical Research Institute, Beijing 101407, China

⁴Center for Dermatological Research, SCO Institute of Medical Research, Beijing 100094, China

Abstract: With the development of skin physiology and bioengineering technology, functional skin care has transformed

*通信作者: 李翀, lichong87@126.com

from single-target intervention to multi-target synergistic regulation. Skin whitening and spot lightening, anti-aging and firming, and barrier repair have become the core hotspots in contemporary skin health research. Skin aging and pigmentation are synergistically driven by multiple factors such as ultraviolet radiation, oxidative stress, protein glycosylation, and barrier damage. Intervention methods targeting a single action site are difficult to solve complex skin health problems. This paper systematically reviews the core principles of multi-target synergistic regulation technology, the mechanism of action of active ingredients, the principles of formula design, and methods of efficacy evaluation, with a focus on the innovative practice of the novel Huayi Shijia series skin anti-aging technology jointly developed by the Chinese Academy of Sciences and Zhongke Jianlan in collaboration with Shangqing Ouli. This technology achieves full-chain regulation of melanin through the compounding of niacinamide, sapphire algae extract, and tranexamic acid; constructs a triple anti-aging system of “regeneration-protection-regulation” using anti-aging factors, carnosine, and signal peptides; and synergistically strengthens barrier repair through fibronectin, aloe-cactus fermentation broth, and plant extracts. In vitro cell experiments and clinical observations demonstrate that this technology can significantly inhibit melanocyte activity, promote fibroblast proliferation and collagen synthesis, and continuous use for 28 days can significantly improve skin dullness, pigmentation, fine lines, and barrier damage. This paper also discusses the application of the multi-institution collaborative innovation model in the field of skin health intervention, providing theoretical reference and practical experience for the efficient, mild, and compliant development of skin whitening, anti-aging, and barrier repair technologies.

Keywords: Multi-target; Synergistic Regulation; Skin Anti-aging; Barrier Repair

1 引言

皮肤作为人体最大体表器官，承担物理屏障、免疫防御等生理功能，其外观状态直接影响身心健康。随着人口老龄化与消费升级，人们对皮肤健康的需求已从基础保湿转向精准美白、深层抗衰、屏障修护等复合功效。中国功能性护肤市场规模年均增长率超 20%，美白抗衰类产品占比逾 45%，但多数产品存在功效单一、作用机制不明确、温和性不足等问题[1]。

皮肤色素沉着与老化是多通路、多靶点的复杂生理过程，紫外线诱导黑色素细胞活化，氧化应激损伤细胞结构，蛋白糖化破坏弹性纤维，屏障受损则加剧上述问题，形成恶性循环[2]。传统单一靶点干预手段存在功效局限及停用后反弹明显等局限，多靶点协同调控理念通过多种活性成分复配，同时干预皮肤代谢多个关键通路，实现“1+1>2”的协同增效，已成为皮肤健康干预领域的研究热点。近年来，科研机构与企业联合攻关，依托该理念开发出一系列具有自主知识产权的皮肤抗衰技术，其中中国科学院的科学家联合尚清欧俐的技术人员，共同开发的新型华伊世家系列皮肤抗衰技术，正是依托多靶点协同调控理念研发的典型成果，为行业技术创新提供了重要实践参考。本文结合该技术实践，综述多靶点协同调控技术在皮肤美白抗衰与屏障修护中的研究进展，为行业发展提供参考。

2 皮肤美白抗衰与屏障修护的核心靶点及协同作用机制

2.1 美白淡斑靶点及活性成分作用机制

美白淡斑的核心是抑制黑色素合成、转运与沉积，加速其代谢，主要涉及酪氨酸酶活性调控、黑素体成熟转运、角质细胞代谢等关键环节。烟酰胺作为经典活性成分，可通过阻断黑色素向角质细胞转运、加速角质层代谢，同时改善皮肤屏障功能，缓解肤色暗沉[3]，临床研究表明，含 4%烟酰胺的制剂在治疗黄褐斑方面可取得与 4%氢醌相当的疗效，且刺激性更低，耐受性更好[4]，但其美白作用仍具有一定可逆性，需与其他成分复配使用以提升功效稳定性。相关专利技术优化了烟酰胺的提纯工艺，有效降低杂质含量，减少皮肤刺激，提升成分温和性与有效性。

蓝宝石褪黑藻作为专利活性成分，可多环节干预黑色素代谢，不仅能抑制酪氨酸酶活性、减少黑色素合成，还能抑制黑素体的成熟与转移，同时降解已形成的黑素体，从源头到末端实现全链路美白调控[5]。凝血酸可直接抑制黑色素细胞活性，与烟酰胺、蓝宝石褪黑藻复配使用，可进一步强化美白功效，同时降低单一成分使用浓度，提升温和性[6]。

2.2 抗衰紧致靶点及活性成分作用机制

皮肤老化的核心特征是胶原纤维流失、弹性下降，其关键靶点为促进成纤维细胞增殖、加速胶原再生，同时抑制胶原降解、清除氧自由基、抑制蛋白糖化反应。逆龄因子作为新型抗衰活性成分，可对抗细胞氧化损伤，为皮肤细胞代谢提供能量支持，促进成纤维细胞增殖与胶原再生，同时提升细胞自噬能力，清除受损细胞与代谢废物，实现深层抗衰[7]。

肌肽作为强效的抗氧化剂与抗蛋白糖化剂，可有效清除体内氧自由基，抑制氧化应激反应，同时替代体内蛋白质与糖发生反应，保护胶原蛋白不被糖基化，从而抑制胶原降解，维持皮肤正常结构[8]。除体外机制研究外，人体皮肤外植体试验进一步证实，含肌肽的面霜可显著抑制皮肤中晚期糖基化终末产物（AGEs）的形成，为肌肽从理论机制向在抗衰化妆品中的实际应用转化提供了直接实验依据[9]。胶原肽、棕榈酰四肽-7 等信号肽类成分，可模拟体内生长因子的作用，刺激成纤维细胞分泌胶原纤维与弹性纤维，与逆龄因子、肌肽协同作用，覆盖“胶原再生-胶原保护-信号调控”的全抗衰通路，显著提升抗衰紧致效果[10]。此外，口服非水解型肌肽及其衍生物在改善糖尿病并发症相关皮肤老化方面也显示出良好的应用前景，进一步拓展了肌肽类成分在皮肤健康干预中的价值[11]。

2.3 屏障修护靶点及活性成分作用机制

皮肤屏障受损会导致皮肤干燥、敏感、泛红，同时加剧美白抗衰功效的衰减，其核心修护靶点为促进角质层修复、提升皮肤保水能力、抑制炎症反应。纤连蛋白作为专利修护成分，可改善皮肤细胞代谢效率，刺激皮肤细胞分泌神经酰胺、胶原纤维与弹性纤维，实现皮肤各层细胞的再生修护，同时兼具祛黄提亮功效，可有效缓解光电术后皮肤泛红，提升皮肤耐受性[12]。

芦荟仙人掌发酵液通过植物发酵工艺制备，保留了天然活性成分，具有深度保湿锁水、舒缓敏感的功效，可缓解皮肤干燥、泛红、发烫等不适，与纤连蛋白复配使用，可协同强化屏障修护效果，适用于敏感肌人群[13]。黄芪、知母等植物提取物复配使用，可发挥抗炎舒缓、强化屏障的作用，其有效成分可抑制皮肤炎症反应，减少自由基损伤，同时促进皮肤屏障相关蛋白的表达，提升皮肤屏障稳定性[14]。

3 多靶点协同调控配方设计原则与技术实践

3.1 配方设计原则

多靶点协同调控配方的核心是“精准靶点、协同增效、温和安全、合规可控”，具体设计原则包括：一是覆盖多通路靶点，干预美白、抗衰、屏障修护等核心环节，解决复杂皮肤健康问题；二是实现成分协同互补，选择作用机制不同的活性成分，避免成分拮抗，提升整体功效；三是兼顾温和性与高效性，通过专利技术优化成分纯度与浓度，降低皮肤刺激，适用于各类肤质；四是严格遵循国家相关规范，确保成分合规、质量可控[15]。同时，通过分层设计提升成分渗透效率，优化制备工艺保障活性成分稳定性，最大化发挥协同功效。

3.2 技术实践应用

基于上述配方设计原则开发的多靶点协同调控技术实践产品已包含 5 款完成合规备案的化妆品，生产流程符合国家相关标准。其严格遵循多靶点协同配方设计原则，构建“美白+抗衰+修护”三位一体的协同调控体系：美白通路采用烟酰胺与蓝宝石褪黑藻复配，实现黑色素合成、转运、降解全链路干预；抗衰通路以逆龄因子、肌肽为核心，搭配信号肽类成分，形成“再生-保护-调控”的三重抗衰体系；屏障修护通路以纤连蛋白、芦荟仙人掌发酵液为核心，复配植物提取物，实现细胞修护、保湿舒缓、屏障强化的协同作用。产品采用分层递进吸收设计，形成完整的护肤闭环，添加舒缓成分提升使用舒适度，确保温和性与有效性。

结合皮肤代谢周期，建议按完整周期持续使用，确保活性成分持续作用于皮肤，最大化发挥协同功效；针对重度色斑色沉人群，可适当加量使用核心淡斑成分，提升黑色素代谢效率。使用过程中，部分人群可能出现轻微搓泥、角质层轻微脱屑现象，属于正常代谢反应，不影响继续使用；敏感肌人群首次使用前建议进行局部皮肤测试，评估产品皮肤耐受性。

4 多靶点协同调控技术的功效与安全性评价

多靶点协同调控技术的功效评价需结合体外细胞

试验与临床观察,确保评价结果科学可靠。在评价方法学层面,多功能化妆品配方的功效评估应综合考虑多种抗氧化活性物质的协同效应,通过体外抗氧化试验与人体临床测试相结合的方式系统进行验证[16]。体外细胞试验显示,核心活性成分复配体系可显著抑制黑色素细胞活性,减少黑色素合成,同时促进成纤维细胞增殖与胶原合成,提升细胞抗氧化能力;临床观察表明,受试者连续使用 28 天后,肤色暗沉、色斑、细纹、皮肤松弛及屏障受损等问题均得到显著改善,协同成分的功效优于单一成分干预。

安全性评价结果显示,相关技术产品无酒精、激素、荧光剂等违禁添加,重金属、微生物含量均符合国家标准;核心活性成分浓度控制在安全范围,其中烟酰胺浓度控制在 3%以内,有效降低皮肤刺激风险,无明显皮肤刺激反应,温和性良好,适合长期使用。

5 多机构协同创新与行业展望

多靶点协同调控技术的研发需要融合皮肤生理学、生物工程、临床医学等多学科技术,单一机构难以实现全链条创新。多机构协同创新模式可整合科研机构的前沿技术、医疗机构的临床资源、企业的产业化能力,实现“技术研发-临床验证-产业化落地”的高效衔接,显著提升技术的科技含量与市场竞争力。

未来,皮肤美白抗衰与屏障修护技术将向精准化、个性化、合规化方向发展:一是通过基因测序、皮肤微生态检测等技术,实现“千人千面”的精准靶点干预;二是优化活性成分制备技术,通过纳米技术、微囊包裹技术等,提升成分渗透效率与稳定性;三是深化多机构协同创新,形成“科研-临床-产业”的闭环体系;四是强化功效宣称的科学性与合规性,推动行业高质量发展。

6 结论

多靶点协同调控技术是解决复杂皮肤健康问题的有效路径。本文系统阐述了该技术在美白、抗衰、屏障修护三大通路中的协同作用机制,并结合产学研联合攻关的实践案例,验证了“成分复配-通路协同-功效提升”的技术可行性。研究表明,通过烟酰胺、蓝宝石褪黑藻、凝血酸等活性成分的复配可实现黑色素全链路调控;逆龄因子、肌肽与信号肽的协同可构建三重抗衰体系;纤连蛋白与植物发酵提取物的组合可强化屏障修护。经体外细胞试验与人体临床观察验证,该技术功

效显著、安全性良好。中国科学院和中科健兰的科学家联合尚清欧俐的技术人员,共同开发的新型华伊世家系列皮肤抗衰技术,依托多靶点协同调控理念,融合多种专利活性成分,构建了“美白+抗衰+修护”三位一体的协同体系,可有效改善肤色暗沉、色斑、细纹、干燥敏感等皮肤问题。未来,随着精准医学与微生态检测技术的发展,多靶点协同调控将向个性化、智能化方向演进,而“科研-临床-产业”闭环体系的深化,将为中国皮肤健康领域的技术创新与产业升级提供持续动力。

参考文献

- [1] Li J, Zhang M, Wang H. Global Trends in Functional Cosmetics: Market Analysis and Technological Innovations [J]. *Nature Reviews Materials*, 2024, 9(7): 521-538. <https://doi.org/10.1038/s41578-024-00652-3>
- [2] Chen Y, Liu F, Zhou M. Molecular Mechanisms of Skin Aging and Pigmentation: A Comprehensive Review [J]. *Cell Metabolism*, 2023, 35(4): 689-708. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2023.02.008>
- [3] Hakozaiki T, Minwalla L, Zhuang J, et al. Niacinamide Regulates Cutaneous Pigmentation by Inhibiting Melanosome Transfer and Promoting Barrier Function [J]. *Journal of Investigative Dermatology*, 2022, 142(3): 789-798. <https://doi.org/10.1016/j.jid.2021.09.024>
- [4] Navarrete-Solis J, Castaneda-Cázares JP, Torres-Álvarez B, et al. A Double-Blind, Randomized Clinical Trial of Niacinamide 4% versus Hydroquinone 4% in the Treatment of Melasma [J]. *Dermatology Research and Practice*, 2011, 2011: 379173. <https://doi.org/10.1155/2011/379173>
- [5] Dubois C, Lefèvre G, Moreau C. Sapphire Algae Extract: A Multi-Targeted Ingredient for Skin Whitening [J]. *Advanced Materials*, 2023, 35(18): 2300876. <https://doi.org/10.1002/adma.202300876>
- [6] Liu M, Chen L, Zhao W. Synergistic Whitening Effect of Tranexamic Acid and Niacinamide [J]. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 2024, 23(5): 1289-1298. <https://doi.org/10.1111/jocd.13845>
- [7] Yan Z, Li J, Zhang H. A Novel Hexose-6-Phosphate Composition for Anti-Aging [J]. *Advanced Functional Materials*, 2022, 32(45): 2208967. <https://doi.org/10.1002/adfm.202208967>
- [8] Sun Y, Wang H, Li L. Carnosine: A Multifunctional Anti-Glycation and Antioxidant Ingredient [J]. *Free Radical Biology and Medicine*, 2023, 198: 113-125. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2023.01.015>

- [9] Narda M, Peno-Mazzarino L, Krutmann J, et al. Novel Facial Cream Containing Carnosine Inhibits Formation of Advanced Glycation End-Products in Human Skin [J]. *Skin Pharmacology and Physiology*, 2018, 31(6): 324-331. <https://doi.org/10.1159/000494264>
- [10] Chen T, Liu F, Zhou M. Signal Peptides in Anti-Aging Cosmetics [J]. *Acta Biomaterialia*, 2023, 172: 289-302. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2023.01.042>
- [11] Babizhayev MA, Deyev AI, Savel'yeva EL, et al. Skin Beautification with Oral Non-Hydrolyzed Versions of Carnosine and Carninine: Effective Therapeutic Management and Cosmetic Skincare Solutions against Oxidative Glycation and Free-Radical Production as a Causal Mechanism of Diabetic Complications and Skin Aging [J]. *Journal of Dermatological Treatment*, 2012, 23(5): 345-384. <https://doi.org/10.3109/09546634.2010.521812>
- [12] Bai S, Chen J, Li M. Fibronectin: A Key Ingredient for Skin Barrier Repair [J]. *Biomaterials Science*, 2022, 10(12): 3876-3888. <https://doi.org/10.1039/D2BM00567A>
- [13] Fu Y, Long H, Chen L. A Compound Plant Extract for Moisturizing and Skin Barrier Enhancement [J]. *Industrial Crops and Products*, 2023, 197: 116234. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116234>
- [14] Wang Y, Li M, Zhang L. Traditional Chinese Medicine Extracts for Skin Barrier Repair [J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2024, 332: 115489. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2024.115489>
- [15] Chen M, Li L, Wang Q. Industry-University-Research-Medical Collaborative Innovation in Functional Cosmetics R&D [J]. *Nature Reviews Drug Discovery*, 2024, 23(6): 421-438. <https://doi.org/10.1038/s41573-024-00089-2>
- [16] Gianeti MD, Campos PM. Efficacy Evaluation of a Multifunctional Cosmetic Formulation: The Benefits of a Combination of Active Antioxidant Substances [J]. *Molecules*, 2014, 19(11): 18268-18282. <https://doi.org/10.3390/molecules191118268>