

一款美白身体乳的应用与功效研究

张璐嘉, 叶进明, 刘海军, 曲向华, 亓丰伟
(山东花物堂化妆品股份有限公司, 山东济南, 250101)
DOI:10.61369/CDCST.2026020004

摘 要: 皮肤泛黄与胡萝卜素摄入、角质堆积及肌肤内部糖化反应与氧化应激等因素相关。为此, 我们研发了一款美白提亮身体乳。体外实验表明, 该产品具有优异的抗糖化与抗氧化活性。3D 皮肤模型测试进一步证实其可有效降低 b^* 值、提升 L^* 值, 改善肤色。人体试验结果显示, 连续使用数周后, 受试者肌肤黄色指数显著下降, 肤色更均匀透亮。综上, 该身体乳通过多靶点作用, 安全有效地实现美白功效, 为改善皮肤暗黄提供了理想解决方案。

关 键 词: 美白; 抗糖化; 抗氧化; 身体乳

作者简介: 张璐嘉, 硕士, 就职于山东花物堂化妆品股份有限公司, 工程师, 主要从事身体护理产品设计与开发。E-mail: zhanglujia@huawutang.com。



张璐嘉

在东亚文化的审美体系中, “肤若凝脂, 白里透红” 历来是评价肌肤美感的重要标准之一。然而, “皮肤黄气” 作为一种常见的肌肤问题, 已成为许多人实现理想肤色的主要障碍。该状态表现为整体性、弥漫性的肤色暗沉与泛黄, 并伴随肌肤通透感与光泽度的下降。尽管不属于临床皮肤病学范畴, 皮肤黄气仍显著影响个体的视觉外观与心理感受。

皮肤黄度与氧化蛋白质(如羰基化蛋白质与糖基化蛋白质)以及胡萝卜素等相关, 高级糖基化终末产物(AGEs)与羰基化蛋白(CPs)均呈现黄至暗色调, 因此它们在导致皮肤暗沉泛黄中起着关键作用^[1]。紫外线照射可诱发氧化应激, 进而促进皮肤中蛋白质的糖化反应, 生成 AGEs; 而 AGEs 的积累又会进一步加剧氧化应激, 导致活性氧自由基(ROS)大量产生^[2]。另一方面是 CPs, 由蛋白质中的氨基与 ROS 诱发的脂质过氧化产物—活性醛类物质反应生成。因此光老化、氧化应激与糖化反应三者之间相互影响、相互促进, 最终引发肤色泛黄、暗沉及色素沉着等皮肤问题。

在抗氧化策略方面, 烟酰胺、玫瑰花水与羧甲基 β -葡聚糖共同构建了协同防护体系。烟酰胺可增强皮肤自身的抗氧化能力, 有效中和自由基^[3-4]; 玫瑰花水中富含多酚类成分, 能够直接清除由紫外线与环境污染产生的氧化自由基, 从而预防肤色暗沉; 羧甲基 β -葡聚糖则具有激活皮肤免疫反应、修复氧化损伤的功能, 并可通过形成保湿膜以巩固肌肤屏障^[5]。在抗糖化方面, 白睡莲花提取物发挥关键作用, 能够有效抑制 AGEs 的生成, 从源头阻断导致皮肤弹性丧失、泛黄及衰老的糖化反应。上述四种成分相互协同, 构建了一个由内而外、多靶点应对皮肤黄气与老化的综合防护体系。

基于此, 本研究旨在通过体外实验与临床试验, 系统评估一款采用抗糖化-抗氧化-抗光老化复合配方的产品在

改善健康成人皮肤黄气方面的实际功效, 以期对相关产品的研发提供科学依据, 并为消费者的合理选择提供参考。

1 材料与方法

1.1 样品制备

把水相和油相分别加热至 85°C, 保持在该温度下, 水相先搅拌均质 3~5min, 然后将油相加到水相中, 搅拌均质 5~10min, 均质结束后搅拌降温, 降温至 40~45°C, 加入防腐剂, 香精和其他功效成分, 搅拌均匀后过滤出料。

表1 身体乳基础配方

相别	组分	含量 /%	作用
水相	水	至 100	溶剂
	甘油	5	保湿
	尿囊素	0.2	保湿
	卡波姆	0.18	增稠剂
	对羟基苯乙醇	0.5	抗氧化剂
	透明质酸钠	0.02	保湿
油相	甘油硬脂酸酯、PEG-100 硬脂酸酯	2	乳化
	牛油果树果脂	5	润肤剂
	辛酸 / 癩酸甘油三酯	3	润肤剂
	聚二甲基硅氧烷	3	润肤剂
	鲸蜡硬脂醇	2	助乳化
其它	烟酰胺	5	美白剂
	玫瑰花水	2	皮肤调理剂
	羧甲基 β 葡糖苷钠	0.5	皮肤调理剂
	白睡莲花	0.5	皮肤调理剂
	氢氧化钠	0.03	调节 pH
	苯氧乙醇	0.4	防腐剂
	乙基己基甘油	0.1	防腐剂
	香精	0.3	芳香剂

1.2 主要实验试剂

DMEM培养液 (Gibco)、PBS (索莱宝)、氨基胍硫酸盐 (Sigma)、甲基乙二醛 (Sigma)、羧甲基赖氨酸抗体 (Abcam)、多聚甲醛 (Biosharp)、EpiGrowth培养液 (广东博溪生物)、维生素 E (VE, Sigma)、ROS 试剂盒 (碧云天)、DCFH-DA 探针 (碧云天)、MTT (Sigma)、DMSO (Sigma)、维生素 E (VE, 中检院)、MMP-1 抗体 (Abcam)。

1.3 主要实验设备

CO₂ 培养箱 (Thermo, 150I)、超净工作台 (苏净安泰, SW-CJ-1F)、倒置显微镜 (Olympus, CKX53)、酶标仪 (BioTek, Epoch)、荧光显微镜 (Olympus, BX43)、UVB 辐照仪 (飞利浦)、面部图像分析仪 VISIA, 分光测色计 CM-26d (日本), 皮肤 3D 成像分析系统 Antera 3D (爱尔兰)。

1.4 实验方法

1.4.1 体外抗光老化测试

本测试分为两个部分。第一部分基于成纤维细胞, 开展细胞毒性测试, 确认样品在成纤维细胞上的给药浓度, 经验测, 发现样品在 0.0625% 的浓度内, 未表现出明显的细胞毒性。第二部分采用 UVA (30 J/cm²) 刺激成纤维细胞, 通过检测 MMP-1 含量的变化, 评价待测样品的抗光老化作用。阴性对照 (NC) 组每孔加入 1 mL 培养液, 阳性对照 (PC) 组每孔加入 1 mL 含 0.05% VE 培养液, 样品组每孔加入 1 mL 含有待测样品的培养液。

表 2 体外抗光老化测试分组

组别	样品名称	给药浓度	刺激条件	检测模型	检测指标	检测方法
空白对照 (BC)	-	-	-			
阴性对照 (NC)	-	-				
阳性对照 (PC)	VE	0.05%	UVA (30 J/cm ²)	成纤维细胞	MMP-1	免疫荧光
样品组	样品	0.0625% (V/V)				

1.4.2 体外抗氧化测试

本测试采用 UVB 辐照 3D 表皮皮肤模型 (EpiKutis), 通过检测活性氧 (ROS) 含量的变化, 评价待测样品的抗氧化作用。空白对照 (BC) 组、NC 组、样品组每孔添加 0.9 mL 模型培养液, PC 组每孔添加 0.9 mL 含 7μg/mL 有 VE 的模型培养液。样品组将样品原样均匀涂抹于模型表面。辐照: 除 BC 组外, 其余组均置于 UVB 辐照仪下辐照 (600 mJ/cm²)。

表 3 体外抗氧化测试分组

组别	样品名称	给药浓度	刺激条件	检测模型	检测指标	检测方法
空白对照 (BC)	-	-	-			
阴性对照 (NC)	-	-				荧光
阳性对照 (PC)	VE	7μg/mL	UVB (600 mJ/cm ²)	EpiKutis	ROS	显色法
样品组	样品	原液				

1.4.3 体外抗糖作用测试

本测试分为两个部分。第一部分基于成纤维细胞, 开展细胞毒性测试, 确认样品在成纤维细胞上的给药浓度, 经验测, 发现样品在 0.0625% 的浓度内, 未表现出明显的细胞毒性。第二部分采用甲基乙二醛刺激成纤维细胞, 通过检测糖基化终产物 (羧甲基赖氨酸) 含量的变化, 评价待测样品的抗糖化作用。NC 组每孔加入 1 mL 含 0.3 mmol/L 甲基乙二醛培养液, PC 组每孔加入 1 mL 含 0.3 mmol/L 甲基乙二醛阳性对照工作液 (0.75 mmol/L 的氨基胍硫酸盐培养液), 样品组每孔加入 1 mL 含 0.3 mmol/L 甲基乙二醛的待测样品 (0.0625%, v/v) 的培养液。

表 4 体外抗糖化测试分组

组别	样品名称	给药浓度	刺激条件	检测模型	检测指标	检测方法
空白对照 (BC)	-	-	-			
阴性对照 (NC)	-	-				
阳性对照 (PC)	氨基胍硫酸盐	0.75 mmol/L	甲基乙二醛 (0.3 mmol/L)	成纤维细胞	羧甲基赖氨酸	免疫荧光
样品组	样品	0.0625% (V/V)				

1.4.4 3D 皮肤模型

本测试采用 UVB 辐照 3D 黑色素模型 (MelaKutis), 通过检测 *b**值、*L**变化来评价样品的祛黄功效。自模型接收当天 (Day0) 起, 阴性对照 (NC), 阳性对照 (PC) 以及样品组每天进行 UVB 辐照处理 (50 mJ/cm²) 阳性对照组 (曲酸 500μg/mL、2μL) 和样品组在 Day3, Day5 分别两次给药, 给药方式为表面给药。样品组给药体积为 2μL、4μL。模型连续培养 7 天, 收样, 待测。

表 5 3D 皮肤模型测试分组

组别	样品名称	给药浓度	刺激条件	检测模型	检测指标	检测方法
空白对照 (BC)	-	-	-			
阴性对照 (NC)	-	-	UVB (50 mJ/cm ²)	MelaKutis	表观亮度 <i>b</i> *值、 <i>L</i> *值	色度仪检测
阳性对照 (PC)	曲酸	500μg/mL				
样品组	样品	原样				

1.4.5 人体功效测试

1.4.5.1 研究对象

本次选用年龄为18~60岁的手部有色斑的人群，入组15名受试者，编号为RD0010、RD0013的受试者因个人原因退出试验，最终统计13名女性受试者，平均年龄为 (49.15 ± 2.23) 岁。

1.4.5.2 纳入及排除标准

(1) 纳入标准：

- 1) 健康人群，年龄在18~60岁；
- 2) 受试者上臂皮肤均匀；
- 3) 能很好配合试验者，在研究期间能保持生活的规律性；
- 4) 能够阅读和理解知情同意书的所有内容，并自愿签署知情同意书；

5) 试验期间同意不使用任何对结果有影响的化妆品、药物和保健品。

(2) 排除标准：

- 1) 受试部位有皮肤疾病而可能影响对试验结果判断者；
- 2) 有高度过敏体质者；
- 3) 妊娠、哺乳或在试验期间打算怀孕的女性者；
- 4) 有严重心、肝、肾功能损害及严重免疫功能低下者；
- 5) 有精神疾病、严重内分泌疾病者以及口服避孕药者；
- 6) 30天内参加药物临床试验者或其它试验者，或近1周内用系统用对试验结果有影响的药物者；
- 7) 2周内口服和外用可能对试验结果有影响的美容产品者；
- 8) 不能配合试验者；
- 9) 研究者认为不适于参加本研究者；

1.4.5.3 测试环境

测试环境处于恒温恒湿，温度20~22℃，湿度为40%~60%。

1.4.5.4 测试方法

本测试按照化妆品祛斑美白功效测试方法第一法进行测试。D-1：受试者到访，筛选受试者，预估MED1照射；D-2：受试者回访，预估MED1读点评估，按0.75MED照射上臂部位，共5个点位；D-3~D-5：0.75MED照射同一个上臂部位；D-6 (D0)：上臂涂抹对应产品，2次涂抹间隔

大于4小时；阳性对照组涂抹7%抗坏血酸（维生素C），样品组涂抹样品，空白组不涂任何样品；受试者上臂数据采集：实验室技术员操作分光测色计KONICACM-26dG对受试者的受试部位进行相关指标的测定。

受试者每天采用适量样品涂抹于上臂造模处，每天两次，两次间隔时间不低于4h。使用周期为(28+7)天。研究者在第0天、第一周、第二周和第四周与每位受试者在实验室对其皮肤特性进行评估，测量皮肤 b^* 值、ITA°值。

1.5 统计分析

采用 t -test方法进行统计分析。与BC组相比，显著性以#表示， $P < 0.05$ 表示为#， $P < 0.01$ 表示为##；与NC组相比，显著性以*表示， $P < 0.05$ 表示为*， $P < 0.01$ 表示为**。

2 结果与讨论

2.1 抗光老化

如图1所示，在0.0625% (v/v) 浓度下，样品能显著抑制UVA辐照引起的成纤维细胞MMP-1表达，抑制率高达72.51%。这一发现除了明确其抗光老化功效外，也为阐释样品改善皮肤黄变提供了新的机制见解。紫外线是诱发肤色泛黄的关键环境因素，其部分机制正是通过显著上调MMP-1等基质金属蛋白酶，导致真皮胶原蛋白网络被过度降解；这种结构破坏会使皮肤纹理紊乱、光散射特性改变，同时，被降解的胶原片段更易发生非酶糖化形成发黄的糖基化终产物(AGEs)，从而加剧皮肤暗黄与无光泽感^[6-7]。因此，本品通过高效抑制MMP-1，能够维持真皮基质的完整性，间接减少因胶原降解衍生的黄变物质积累，为改善光老化性肤色黄化提供了双重保障。

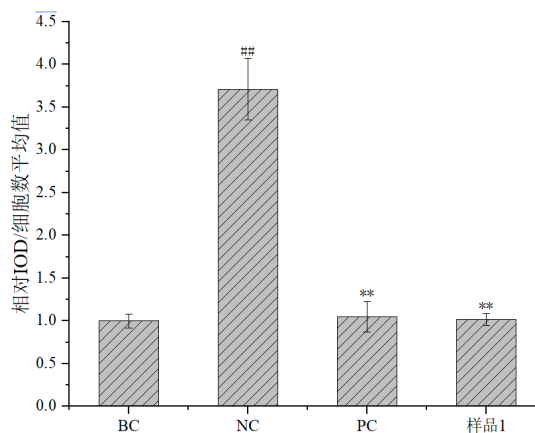


图1 MMP-1相对积分光密度(IOD)/细胞数值柱状图

2.2 抗氧化

如图2所示,样品处理能显著下调细胞内 ROS 水平,下调率达43.52% (VS NC组),证实了其具有显著的抗氧化能力。细胞内过量的活性氧 (ROS) 不仅是氧化应激的直接诱因,更能驱动脂质过氧化及蛋白质 (包括胶原蛋白) 的氧化损伤,这些氧化产物本身即可形成内源性发色团,导致肤色暗沉、泛黄。因此,样品通过有效清除自由基、缓解氧化应激,能够从关键通路上减少导致肤色黄变的氧化源性色素生成^[8]。

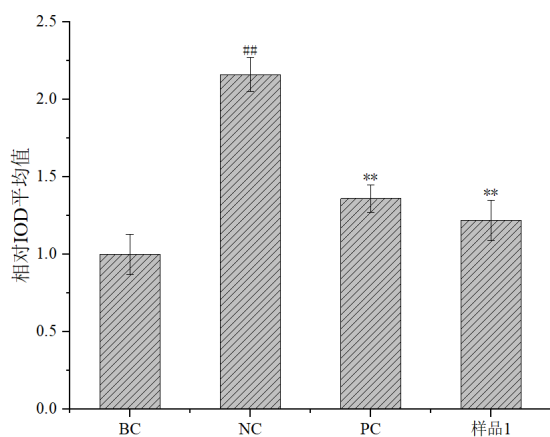


图2 ROS积分密度 (IOD) 值柱状图

2.3 抗糖化

如图3所示,在0.0625% (v/v) 的低浓度下,样品对糖基化终产物 (AGEs) 的生成表现出高达78.86%的显著抑制率 (VS NC组)。这一发现提示了其在改善皮肤黄变方面的应用潜力。皮肤中的 AGEs 作为内源性黄褐色发色团,其累积被证实是导致肤色泛黄和暗沉的关键因素。因此,本产品所展现出的强效抗糖化活性,意味着它能够通过干预非酶糖基化这一核心通路,从源头上减少致黄 AGEs 的生成^[9]。

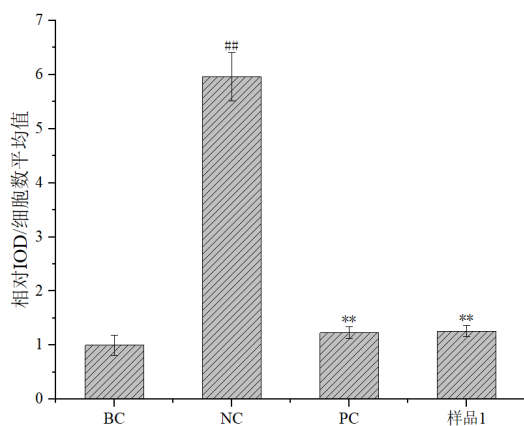
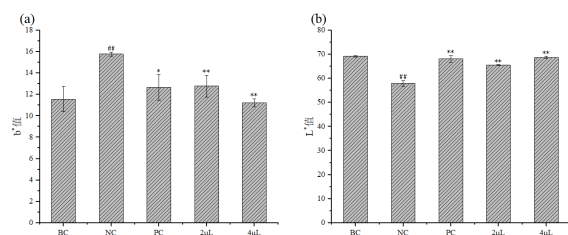


图3 羧甲基赖氨酸相对积分光密度 (IOD) / 细胞数值柱状图

2.4 3D 皮肤模型黄度 (b^* 值、 L^* 值) 改善

b^* 值代表皮肤在黄蓝色方向上的值,代表皮肤在黄蓝之间的色彩偏向。 b^* 值越大,表示肤色越偏向黄色;反之, b^* 值越小,则肤色的黄色值越低。表观亮度 (L^*) 是通过色度仪对模型色度进行检测,对比不同实验组作用后黑色素表面亮度评价待测样品的提亮作用, L^* 越大,皮肤颜色越亮。以3D黑色素模型为测试工具,采用表面给药的方式,通过给药后模型检测 b^* 值、 L^* 值的变化,评估待测样品的减黄提亮功效。结果显示 (图4),与对照组 (NC组) 相比,产品在给药体积4 μ L下, b^* 值显著降低,下降率为27.50%,具有改善皮肤黄度的功效;与对照组相比,产品在给药体积2 μ L、4 μ L下,样品组的 L^* 均显著上升,提升率分别为13.28%、18.76%,说明在相应的给药体积下,能够提升 L^* 值,具有提亮作用。



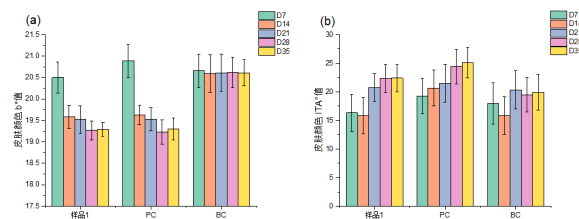
注: (a) b^* 值; (b) L^* 值。

图4 3D皮肤模型黄度

2.5 人体功效测试 - 皮肤颜色 b^* 值 ITA° 值

与基础值相比,在上臂造模处连续使用试验样品7天 (图5),皮肤颜色 b^* 值下降率为4.44%;连续使用14天,皮肤颜色 b^* 值下降率为4.78%;连续使用28天,皮肤颜色 b^* 值下降率为6.00%;停用产品7天,皮肤颜色 b^* 值与造模后7天相比有所下降,下降率为5.90%。

在上臂造模处连续使用试验产品14天,皮肤颜色 ITA° 值与造模后7天相比有所下降,下降率为3.12%;连续使用28天,皮肤颜色 ITA° 值与造模后7天相比有所上升,上升率为36.74%;连续使用连续使用产品28天,停用产品7天,皮肤颜色 ITA° 值与造模后7天相比有所上升,上升率为37.05%,且与停用前相比仍有上升,上升率为0.22%。



注: (a) b^* 值; (b) ITA° 值。

图5 人体功效测试

3 结论

本研究证实,肌肤内在的糖化反应、氧化应激及外在环境侵袭是导致皮肤泛黄、暗沉的关键因素。为应对这一问题,我们创新性地复配了以烟酰胺、玫瑰花水、羧甲基 β -葡聚糖和白睡莲花提取物为核心的功效成分体系。该配方通过多靶点、多通路作用,旨在同步实现抗糖化、抗氧化及屏障修护。体外功效实验结果表明,该复合体系能有效清除自由基并显著抑制 AGEs 的生成。随后的人体功效评测数据进一步验证,持续使用可显著降低肌肤的黄色指数,改善暗沉肤质。本研究的主要局限在于样本量较小($n=13$),可能影响对肤色参数(L^* 、 b^* 值)细微变化的检测能力,并增加个体波动对结果的影响,因此结论应视为初步趋势。研究通过自身对照、纵向测量及问卷验证增强了内部可靠性。未来需扩大样本量、延长观察周期并结合体外实验进一步验证。综上所述,本研究开发的配方为解决皮肤黄化问题提供了一种科学有效、功效确切的解决方案。

参考文献

- [1]李国林,印大中. 蛋白质羰基化与衰老[J]. 中国老年学杂志, 2008, (20): 2070-3.
- [2]MORI Y, AKI K, KUGE K, et al. UV B-irradiation enhances the racemization and isomerization of aspartyl residues and production of N ϵ -carboxymethyl lysine (CML) in keratin of skin[J]. Journal of Chromatography B, 2011, 879(29): 3303-9.
- [3]KHMALADZE I, ÖSTERLUND C, SMILJANIC S, et al. A novel multifunctional skin care formulation with a unique blend of antipollution, brightening and antiaging active complexes[J]. Journal of Cosmetic Dermatology, 2019, 19(6): 1415-25.
- [4]BISSETT D L, OBLONG J E, BERGE C A. Niacinamide: A B Vitamin that Improves Aging Facial Skin Appearance[J]. Dermatologic Surgery, 2006, 31: 860-6.
- [5]王婧,程超,盛文军,等. 葡萄酒泥酵母 β -葡聚糖及其羧甲基化衍生物体外抗氧化[J]. 食品与生物技术学报, 2018, 37(06): 595-602.
- [6]鞠薇薇. 氧自由基与心血管系统疾病的研究进展[J]. 黑龙江科技信息, 2008, (11): 171.
- [7]李勇,孔令青,高洪,等. 自由基与疾病研究进展[J]. 动物医学进展, 2008, (04): 85-8.
- [8]王雅琴,杜一杰,许艳勇,等. 皮肤泛黄机理及影响因素研究进展[J]. 日用化学品科学, 2018, 41(12): 36-9.
- [9]李汇柯,冯楠,王闻博,等. 皮肤糖化反应发生机制、影响因素及抗糖化在化妆品行业中的发展现状[J]. 日用化学工业, 2021, 51(02): 153-60.

Study on the Application and Efficacy of a Whitening Body Lotion

Zhang Lu-jia, Ye Jin-ming, Liu Hai-jun, Qu Xiang-hua, Qi Feng-wei
(Shandong Huawutang Cosmetics Co., Ltd., Jinan, Shandong, 250101)

Abstract : Skin yellowness is associated with factors such as carotenoid intake, stratum corneum accumulation, as well as endogenous glycation reactions and oxidative stress. To address this, we have developed a body lotion designed to brighten and whiten the skin. In vitro studies demonstrated that the product exhibits excellent anti-glycation and antioxidant activities. Tests using a 3D skin model further confirmed its efficacy in reducing the b^* value and increasing the L^* value, thereby improving skin tone. Clinical trial results showed that after several weeks of continuous use, subjects exhibited a significant reduction in the skin yellowness index, along with more even-toned and radiant skin. In conclusion, this body lotion safely and effectively achieves skin whitening benefits through a multi-targeted approach, offering an ideal solution for improving dull and yellowish skin.

Keywords : brightening; anti-glycation; anti-oxidation; body lotion

