

防晒啫喱透明度的研究与应用

李梦, 陆锦平, 杨洁, 曲向华, 元丰伟
(山东花物堂化妆品股份有限公司, 山东济南, 250101)
DOI:10.61369/CDCST.2026020009

摘 要: 本文从配方科学的角度, 探讨了影响防晒啫喱透明度的关键因素, 并重点阐述了多元醇、含硅聚合物(例如硅弹性体凝胶)以及油溶剂等的影响。通过其独特的折光指数(RI)匹配能力和成膜特性, 在构建高透明度防晒体系中的核心作用。通过设计对比实验, 验证了不同种类多元醇、含硅聚合物以及油溶剂对体系最终透明度、肤感及稳定性的积极影响, 为开发下一代高端防晒产品提供了理论依据和实践方向。

关键词: 防晒啫喱; 透明度; 含硅聚合物; 折光指数; 配方开发

作者简介: 李梦, 硕士研究生, 配方工程师, 主要从事化妆品研究开发工作。E-mail:16696658514@163.com。



李梦

防晒化妆品已成为日常护肤的必备步骤, 其剂型也从传统的乳液、膏霜向更多元化的形态发展^[1]。其中, 防晒啫喱以其清爽不油腻的肤感、愉悦的外观吸引了大量消费者, 尤其是油性肌肤和年轻消费群体^[2]。理想的高倍防晒啫喱(SPF45+以上)需添加足量的紫外线吸收剂。在常见的防晒剂中, 固体粉末颗粒(如二氧化钛、氧化锌等)^[3]、油性防晒剂(如胡莫柳酯、Tinosorb®S等)^[4-5]与基料间的折光指数存在差异, 对光线产生散射, 导致体系出现白化、浑浊或产生“白色残留”, 严重影响了产品的美观度和使用体验。因此, 如何在高防晒剂含量下, 依然保持啫喱体系的清澈透明, 是配方工程师面临的核心技术瓶颈。

很多工程师为了追求高透明, 选用单一的油性防晒剂, 或者单一的水溶性防晒剂, 此方法避免了乳化的过程的影响, 虽然能够达到高度透明的状态, 但是在防晒力上很难做到高倍, 还会带来昂贵的成本问题。而针对与乳化体系的透明度的影响因素有很多: 分散相的粒径大小、乳化剂的类型与用量、体系的组成以及折光率的匹配性。然而, 这些方法各有局限: 例如选择使用纳米级防晒颗粒来尽可能减少分散相粒径, 但纳米颗粒仍有聚集风险, 且消费者对其安全性存在疑虑; 非离子型乳化剂通常对透明度影响较小, 而离子性乳化剂可能因为电荷作用影响液滴分散; 许多能够溶解防晒剂的油性溶剂(如某些高极性酯类等)^[6]本身黏腻, 与啫喱追求的清爽感背道而驰。因此, 如何在使用水油两相的防晒剂以达到高倍防晒的基础上, 进而调节两相的折光率来达到最佳的透明度水平是目前需要探究的问题。

在乳化体系中, 要想做到完全透明, 需使水相混合物

与油相混合物的折光率尽可能的接近^[7]。常规油溶性的防晒剂折光率较高, 可达1.41~1.60左右, 例如甲氧基肉桂酸乙基己酯在室温条件下的折光率为1.452。而普通油脂的折光率通常在1.38~1.50左右。因此加入防晒剂之后的油相势必会产生更高的折光率。而针对水相: 水的折光率常温下为1.332, 与油相相差较大。想做到乳化体系透明的两种方法: 一是提高水相的折光率, 二是降低油相的折光率, 使两相的折光率尽可能的接近。本文重点探讨了水相折光率调节剂多元醇、油相折光率调节剂含硅聚合物、油性溶剂等因素对防晒啫喱体系的透明度的影响, 保证在提高产品透明度的基础上兼具稳定性和肤感要求^[8-10]。

1 实验材料和方法

1.1 实验试剂与仪器

实验试剂: 聚乙二醇-8, 陶氏化学(上海)有限公司; 甘油, 丰益油脂科技(东莞)有限公司; 双丙甘醇, SK picglobal Co., Ltd; 1, 3-丁二醇, DAICEL CORPORATION; 1, 3-丙二醇, Primient Covation LLC; 聚二甲基硅氧烷(下文简称 QF-200/5cst), 广东赛安特新材料有限公司; 环五聚二甲基硅氧烷(下文简称 QF-755), 广东赛安特新材料有限公司; 异十六烷, 北京卫优世纪科技有限公司; 辛酸/癸酸甘油酯, 丰益油脂科技(连云港)有限公司; C12-15 醇苯甲酸酯, 巴斯夫(中国)有限公司; 聚二甲基硅氧烷交联聚合物(下文简称 QFSIL-3931, QF-3661, QFSIL-3939), 广州市祺富精细化工有限公司; 聚二甲基硅氧烷交联聚合物(下文简称 CTT-12), 清远市睿新生物科技有限公司; 聚二甲基硅氧烷交联聚合物(下文简

称 QF-3641），广东赛安特新材料有限公司；苯基苯并咪唑磺酸，宜都市华阳化工有限责任公司；对苯二亚甲基二樟脑磺酸盐类，广州萨科贸易有限公司；氢氧化钠，西陇科学股份有限公司；1, 2- 己二醇，南京盛德创赢生物科技有限公司；苯氧乙醇，Galaxy Surfactants Ltd.；柠檬酸钠，西陇科学股份有限公司；β- 葡聚糖，巴斯夫（中国）有限公司；聚二甲基硅氧烷 PEG10/15 交联聚合物、聚二甲基硅氧烷、生育酚、双丙甘醇、柠檬酸钠（下文简称 KSG-210），信越有机硅国际贸易（上海）有限公司；PEG-10 聚二甲基硅氧烷，信越有机硅国际贸易（上海）有限公司；甲氧基肉桂酸乙基己酯，巴斯夫（中国）有限公司；聚硅氧烷 -15，DSM Nutritional Products Ltd.

实验仪器：阿贝折射仪，南京舜玛仪器设备有限公司，电子天平，赛多利斯科学仪器有限公司；恒温水浴锅，上海翼控机电有限公司；高速搅拌机，上海翼控机电有限公司；高速均质机，IKA T18 digital；BYK 透明雾影仪，德国 BYK 公司 - 毕克。

1.2 实验配方与工艺

表1 防晒啫喱的基础配方

相	原料名称	质量分数 /%
水相	苯基苯并咪唑磺酸	7.5
	对苯二亚甲基二樟脑磺酸盐类	5
	去离子水	补足
	聚乙二醇 -8	20
	氢氧化钠	1.1
	1, 2- 己二醇	0.3
	苯氧乙醇	0.35
	柠檬酸钠	0.3
	β- 葡聚糖	0.5
油相	QF-755	10
	QFSIL-3931	5
	KSG-210	3
	PEG-10 聚二甲基硅氧烷	0.4
	甲氧基肉桂酸乙基己酯	2
	聚硅氧烷 -15	1

具体配方工艺如下：准确称取水相成分苯基苯并咪唑磺酸和对苯二亚甲基二樟脑磺酸盐类，加入去离子水中搅拌，再加入氢氧化钠调节 pH ≥ 7.3，避免苯基苯并咪唑磺酸结晶析出。中和后水相溶液呈无色透明状态，加入剩余水相成分，可均质 4000~6000r/min，3~5min 至 β- 葡聚糖完全分散无团聚，水相呈无色透明澄清液体，备用。将油相的成分依次称取至烧杯中，均质 3000r/min，3~5min 分散均匀无团聚，油相呈现乳白色微透液体，备用。在低速搅拌下，将水相缓慢加到油相中，以液面能够

翻滚为准。随着水相的加入烧杯中样品稠度逐渐提高，可增加搅拌速度，水相全部加完后适当均质至样品稠度达到 8000~10000mPa ·s，得到试验样品，备用。

1.3 实验设计

本次实验为了探究多元醇、油相溶剂、硅弹体凝胶等因素对防晒啫喱乳化体系的透明度的影响，分别设置三组对比实验。保持三组配方的防晒剂种类和总添加量完全一致（实现 SPF45+）。并通过控制变量法进行单一因素的替换比较。为确保替换前后的可比性，所有替换均遵循配方架构基本维持和关键功能相似的原则，具体替换规则如下：对比组 A（多元醇替换）：在保持基础配方中除聚乙二醇 -8 外的其余组分及含量不变的前提下，分别使用甘油、双丙甘醇、1, 3- 丁二醇、1, 3- 丙二醇等其他多元醇进行等质量替换。该组旨在比较具有不同类型的多元醇对体系透明度及稳定性的影响。对比组 B（油相溶剂替换）：在维持基础配方中除 QF-755 外的其余组分不变的基础上，分别选用其他常见油相溶剂——包括 QF-200/5cst、异十六烷、辛酸 / 癸酸甘油三酯、C12-15 醇苯甲酸酯进行等质量替换。选取这些低黏度、高铺展性、与防晒剂相容性良好的轻质油脂，从而在控制油相总含量一致的条件下，考察不同极性、折光率的油相对最终体系透明度的影响。对比组 C（有机硅弹性体替换）：在基础配方中除特定硅弹体凝胶（QFSIL-3931）外的其他成分及用量均不变条件下，分别换用其他具有相似流变调节功能的有机硅弹性体产品（包括 CTT-12、QF-3641、QF-3661、QFSIL-3939）。替换时参考各弹性体有效物含量，确保有效物的添加量一致，以比较不同交联结构、粒径及表面处理的硅弹体在相同防晒体系中对透明度、肤感及稳定性的作用。通过以上替换原则，可在最大程度上确保各组内样品的配方结构、性能目标保持一致，从而使透明度差异主要归因于所考察的具体原料特性，提高实验结果的科学性与可比性。

1.4 测试与评估方法

1.4.1 SPF 值人体测试方法

按照《化妆品安全技术规范》（2015 年版）第八章人体功效评价检验方法 2 防晒化妆品防晒指数 SPF 值测定方法的具体要求进行检验，受试者取其背部进行照射。检验前 24 小时预测受试者皮肤对紫外线照射的最小红斑量（MED 值），根据预测结果调整紫外线照射剂量，用于检验被测物。检验当天首先在受试者背部选择一个 35cm² 的正常皮肤区域按照（2.00 ± 0.05）mg/cm² 的用量将待测样品

和对照品均匀涂抹在区域内，对照品为 SPF（16.1±2.4）。按照规范要求选择照射剂量，分三种情况进行照射：①受试者皮肤不涂被测物；②涂对照品；③涂被测物。24小时后观察实验，结果分别记录三种情况下的 MED 值。SPF 值计算方法：被测物或对照品防护单个受试者的 SPF 值用下式表示：

$$SPFi=\frac{\text{防护皮肤的MED值}}{\text{未防护皮肤的MED值}}$$

1.4.2 水油两相折光率测定方法

使用阿贝折射仪测定样品的折光率。开启仪器，等待光源稳定（约5min），开启循环水，保持温度恒定在20℃。使用标准折射液蒸馏水，20℃折射率未1.333进行校准，确保读数准确。按照1.3的实验设计配置成相应的水油两相溶液。转动棱镜锁紧手柄打开棱镜，用脱脂棉将棱镜面轻轻擦拭干净，在照明棱镜的磨砂面滴上一两滴待测液体（0.08~0.1mL），旋紧棱镜锁紧手柄，使液膜均匀无气泡并充满视场，然后调节照射光源，使镜头内视野明亮。旋转手轮使镜筒视野可以观察到明暗分界线上移动。旋转色散调节旋钮使视场中除黑白两色外，无其他颜色，将分界线对准十字交叉丝的中心。点击 n_D 和 READ 按钮，在显示屏上得到读数即为待测样品的折光率，重复操作三次，得到三组数据，取平均值，保留五位有效数字，记录下来。

1.4.3 样品透明度表征方法

雾度是指光线穿过透明或半透明材料，由于材料内部或表面微观散射而引起的散射光强度与总投射光强度之比。雾度反映了材料对光线的散射程度，雾度越大，散射越强，材料的透明性越差。雾度越低，透明度越好。检测方法为：称量2g待测样品于透明卡纸前段，用2μm刮膜棒将样品均匀铺展于透明卡上形成薄膜。将薄膜静置5min后，用雾度仪测定雾度透度值，每个样品平行测量三次取平均值，并记录为 H 。

2 实验结果与讨论

2.1 稳定性与安全性讨论

根据执行标准 GB/T 29665-2013 护肤乳液 油包水型（Ⅱ）对样品进行稳定性测试。将所有样品各取80g装入PET塑料瓶子中，旋紧瓶盖，分别放入45℃、-15℃、循环变温的条件下，观察8周，如实记录各温度下的样品状态。

结果显示所有样品在测试条件下未出现分层，析出，变色等问题，表明样品稳定性良好。按照《化妆品安全技术规范》（2015年版）第七章，人体皮肤斑贴试验的要求，招募30名符合要求的志愿者，将受试物置于斑试器内，敷于受试者前臂曲侧，24小时后去除受试物，按照皮肤反应分级标准记录皮肤反应结果。结果见表2。封闭性斑贴显示基础配方对人体皮肤无任何不良反应，符合化妆品安全技术规范。

表2 防晒啫喱的人体皮肤斑贴实验结果

组别	受试人数 / 人	观察时间 / h	斑贴试验不同皮肤反应人数				
			0	1	2	3	4
受试物	30	0.5	30	0	0	0	0
		24	30	0	0	0	0
		48	30	0	0	0	0
		0.5	30	0	0	0	0
对照	30	24	30	0	0	0	0
		48	30	0	0	0	0

2.2 SPF 人体测试结果

从表3中可以看到，对照品 SPF 值为 14.2~17.9，平均值为 15.3，标准差为 1.6，95%CI 为 13.3~17.3。被测物的 SPF 值为 44.5~50.5，平均值为 47.9，标准差为 3.0，95%CI 为 44.3~51.7。人体测试结果表明，利用基础配方所制备的防晒啫喱样品具备高倍防晒的功效，SPF 达47。

表3 对照物及被测物的 SPF 值

编号	性别	年龄	皮肤类型	对照品 SPF 值	被测物 SPF 值
1	女	55	Ⅲ	14.2	50.0
4	女	55	Ⅲ	14.2	50.0
5	女	26	Ⅲ	14.2	44.5
6	女	31	Ⅲ	16.0	45.0
8	女	59	Ⅱ	17.9	50.4
平均值	/	45.2	/	15.3	47.9
标准差	/	15.4	/	1.6	3.0
标准误	/	6.9	/	0.7	1.3
95%CI	/	/	/	13.3~17.3	44.3~51.7

2.3 多元醇对体系的影响

对比组 A 旨在研究不同多元醇的加入对水相折光率的影响，进而影响最终乳化体系的透明度。按照表1的基础配方得到的样品记为 A1，将其中聚乙二醇-8分别用甘油、1,3-丙二醇、双丙甘醇、1,3-丁二醇、等代替得到同组的 A2, A3, A4, A5 样品。

2.3.1 不同多元醇对水相折光率的影响

将 A1、A2、A3、A4、A5 的水相溶液进行20℃的折光率测试，详细数据见表4。从表3中能够清晰的看到水相折光率的大小：A1 > A2 > A4 > A5 > A3。聚乙二醇-8对于提升水相的折光率影响最大；1,3-丙二醇对于提升折

光率的影响最小。聚乙二醇-8作为高分子聚合物，随着聚合链的增长，羟基数量增多，电子密度和极化率显著高于普通多元醇，致使其A1的折光率显著提升，甘油含有三个羟基，折光率紧随其后。

表4 对比组 A的水相折光率及样品雾度测定数据

	n_{D1}	n_{D2}	n_{D3}	n_{Davg}	$H/\%$
A1	1.4133	1.4135	1.4134	1.4134	10.10
A2	1.4110	1.4111	1.4112	1.4111	11.90
A3	1.4045	1.4045	1.4047	1.4046	14.90
A4	1.4090	1.4092	1.4092	1.4091	13.80
A5	1.4065	1.4066	1.4065	1.4065	14.20

注： n_{Davg} 代表三次折射率的平均值， $n_{Davg} = \frac{n_1 + n_2 + n_3}{3}$ 。

2.3.2 不同多元醇对体系透明度的影响

将表1的基础配方的油相按照工艺配制完成后进行折光率测定。得到的折光率分别为1.4142、1.4141、1.4143，平均折光率 n_{Davg} 为1.4142。按照工艺将A组样品的水相A1-A5与油相混合搅拌均匀后，得到防晒啫喱样品。取相同重量的样品在勺柄处观察防晒啫喱样品的透明度。如图1A所示。A1-A5样品的雾度值大小见表4。从图表中清晰的看到A1样品的透明度最高，雾度值最低，A3样品的透明度最低，雾度值最高。这与其水相的折光率大小呈现出相同的趋势。A1样品的水相折光率最大，与油相折光率（1.4142）相差最小，所以A1样品透明度最高。由此可见样品的透明度与水油两相折光率的接近程度相关，折光率差值越小，透明度越高。聚乙二醇-8在调节水相折光率，及样品的透明度中表现最好。

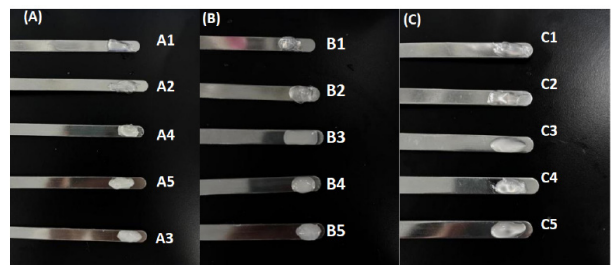


图1 A、B、C组防晒啫喱透明度对比

2.4 油性溶剂对体系的影响

对比组B旨在研究不同油溶剂的加入对油相折光率的影响，进而影响最终乳化体系的透明度。按照表1的基础配方得到的样品记为B1，将其中QF-755分别用QF-200/5cst、异十六烷、辛酸/癸酸甘油三酯、C12-15醇苯甲酸酯等代替得到同组的B2、B3、B4、B5样品。

2.4.1 油性溶剂对油相折光率的影响

将所制得的B1-B5油相溶液混合均匀，进行折光率

的测定，得到数据列于表5中。折光率大小为，B2 < B1 < B3 < B4 < B5。QF-755、QF-200/5cst和异构十六烷作为非极性油脂，使得油相折光率较低，这与油脂的理化性质相关。折光率是光在真空中的速度与在介质中的速度之比，它本质上反映了介质中电子云被光波电场极化的难易程度。电子云越容易被极化，光速在介质中降低得越多，折光率就越高。所以辛酸/癸酸甘油三酯、C12-15醇苯甲酸酯两种极性油脂导致油相的折光率升高。

表5 对比组 B的油相折光率及样品雾度测定数据

	n_{D1}	n_{D2}	n_{D3}	n_{Davg}	$H/\%$
B1	1.4142	1.4141	1.4143	1.4142	10.10
B2	1.4126	1.4124	1.4125	1.4125	10.90
B3	1.4268	1.4270	1.4270	1.4270	16.30
B4	1.4422	1.4423	1.4424	1.4423	18.50
B5	1.4615	1.4616	1.4615	1.4616	20.50

注： n_{Davg} 代表三次折射率的平均值， $n_{Davg} = \frac{n_1 + n_2 + n_3}{3}$ 。

2.4.2 油性溶剂对体系透明度的影响

按照工艺将B1-B5油相样品与基础配方的水相即A1的水相混合搅拌均匀后，得到防晒啫喱样品。取相同重量的样品在勺柄处观察防晒啫喱样品的透明度。如图1B所示。雾度值结果列于表5中，雾度值大小依次为B1 < B2 < B3 < B4 < B5。从图中清晰的看到B1样品的透明度最高，雾度值最小，而B3-B5的样品呈现出明显的乳白色，透明度降低，雾度值也依次增大。油相的折光率本身比水相高，所以我们通过不同的油性溶剂来调节油相折光率，使其尽可能降低，与水相的折光率接近。需要注意的是，虽然在前文的折光率测得B2油相的折光率最低，B1样品的折光率稍高于B2样品，但是B1的油相与水相的折光率1.4134差值最小，所以透明度最好。所以，QF-200/5cst对于降低油相折光率最明显，但是环五聚二甲基硅氧烷对提高体系的透明度影响最明显。

2.5 硅弹体凝胶对体系的影响

对比组C旨在研究不同硅弹体凝胶的加入对油相折光率的影响，进而影响最终乳化体系的透明度。按照表1的基础配方得到的样品记为C1，将其中QFSIL-3931分别用CTT-12、QF-3641、QF-3661、QFSIL-3939等代替得到同组的C2、C3、C4、C5样品。

2.5.1 硅弹体凝胶对油相折光率的影响

将所制得的C1-C5油相溶液混合均匀，进行折光率的测定，得到数据列于表6中。可以看出，除了C1样品的油相折光率较低外，其余四个样品的折光率相差不大。根据

资料显示，QFSIL-3931 采用立方体状硅粉与分散相硅油混合而成，而另外硅弹体凝胶例如 QF-3661 等则采用球状硅粉与硅油混合而成。立体状结构的硅粉由于表面棱角多，形状不规则，光线在通过其表面时被散射程度不如照射球状颗粒时程度大，虽然 QFSIL-3931 材料显得不如 QF-3661 透明，但对于降低折光率却有积极影响。

表6 对比组 C 的油相折光率和样品雾度值测定数据

	n_{D1}	n_{D2}	n_{D3}	n_{Davg}	$H/\%$
C1	1.4142	1.4141	1.4143	1.4142	10.10
C2	1.4159	1.4161	1.4160	1.4160	11.70
C3	1.4167	1.4168	1.4168	1.4168	12.00
C4	1.4164	1.4166	1.4165	1.4165	11.90
C5	1.4170	1.4171	1.4169	1.4169	12.20

注： n_{Davg} 代表三次折射率的平均值， $n_{Davg} = \frac{n_1 + n_2 + n_3}{3}$ 。

2.5.2 硅弹体凝胶对体系透明度的影响

按照工艺将 C1-C5 油相样品与基础配方的水相即 A1 的水相混合搅拌均匀后，得到防晒啫喱样品。取相同重量的样品在匀柄处观察防晒啫喱样品的透明度。如图 1C 所示。测试样品雾度值列于表 6 中，C1 样品的雾度值最小，透明度最高，并且轻泛蓝光，这也恰恰证明 C1 样品的透明度最高。C3 和 C5 样品的雾度最大，透明度最低。与上文折光率的测定结果一致。通过折光率测得 C1 油相的折光率最低，C1 的油相与水相的折光率差值最小，所以透明度最好。硅弹体凝胶 QFSIL-3931 对提高体系的透明度积极影响最明显。

2.6 肤感测试评价

从上述三组实验结果可知，不同多元醇、油相溶剂及硅弹体凝胶对防晒啫喱体系的透明度和最终成品有显著影响。为综合评价这些理化差异对实际使用体验的影响，特此设计了消费者感官评价实验。鉴于每组（A、B、C 组）内部包含多个变量样品，为避免因测试样品过多导致评价疲劳和结果混淆，本研究从每组中遴选出在该组变量下表现最佳（即透明度最高且体系稳定）的两个代表性配方，A1/B1/C1 相同，同为基础配方，记为 O 样品，再选择 A2、B2、C2 记为 X、Y、Z 共计 4 个最终样品。用于本次消费者肤感对比测试。此举旨在聚焦核心变量对终产品体验的宏观影响。共招募 30 名符合目标消费者画像的健康成年志愿者（女性，年龄 25~40 岁，中性至混合性肌肤，有日常使用防晒产品习惯）。采用完全随机、单盲的设计原则。每个评价环节，评价者同时获得样品 O、X、Y、Z

（均已随机编码），在手臂内侧划定区域，由研究员等量、同手法依次涂抹三种样品。在涂抹后即时及模拟日常活动 15 分钟后，评价者依据预设标准，对以下四个维度进行评分（1=非常不满意，7=非常满意）：视觉透明度：观察涂抹后皮肤表面是否存在明显白浊或残留膜感。清爽/油腻感：评估皮肤触感是否清爽、有无黏腻或油光感。抗搓泥性：模拟后续轻拍或涂抹动作，评估是否易产生絮状物或“搓泥”。温和无刺激：评价涂抹时及短期停留后，皮肤有无刺、痒、闷等不适感。每个评价者在一个独立时段内完成对所有 4 个样品的评价与打分，以消除因不同使用时期、皮肤状态变化带来的干扰。收集所有评分后，对每个样品在四个维度的得分进行统计（计算平均值与标准差），分数越高代表越喜欢越满意，取所有测试者的平均值。结果如下表 7 所示。三组样品中透明度最高的 O 组样品，即基础配方样品，在各个维度的得分均优于其他样品，表明采用基础配方制备的样品能够满足消费者的需求。

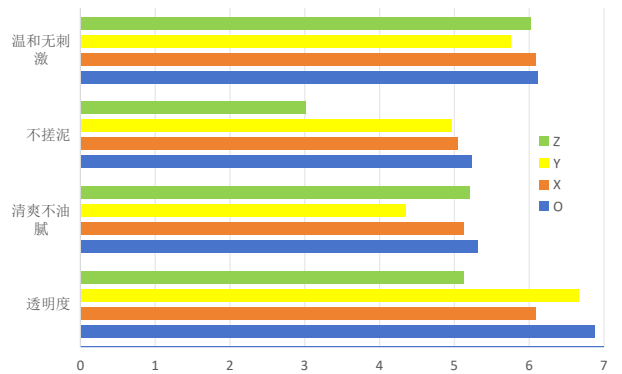


图7 肤感试验评分

3 结论

实验结果充分证明，要想做到透明乳化体系，就必须使水油两相的折光率尽可能的接近。而作为高倍防晒啫喱样品，其油性防晒剂的加入使得油相折光率远高于水相的折光率。通过加入高折光率的多元醇例如聚乙二醇-8 来提高水相的折光率；加入非极性低折光率的油性溶剂例如低黏硅油来降低油相的折光率；通过加入硅弹体凝胶，尤其是以球状硅粉为组分制得的硅弹体凝胶能更好的降低油相的折光率。这些方法能从物理化学层面根本性地改善防晒啫喱的透明度。也为以后高透明度防晒产品的开发提供了可参考的依据。

参考文献

- [1] 张云哲, 肖鹏宇, 慕昱杰, 等. 我国防晒化妆品市场现状及趋势分析 [J]. 中国化妆品, 2022(11): 45–49.
- [2] 王飞飞, 马骁, 莫隽颖, 等. 从感官分析和消费者调研角度研究不同剂型防晒产品特征 [J]. 2018, 4(2): 69–75.
- [3] 郑晓阳, 孟祥璟, 李敏, 等. 防晒剂及其包覆技术研究进展 [J]. 日用化学科学, 2023, 46(3): 42–46.
- [4] 塔娜, 张凤兰, 王钢力, 等. 浅谈防晒剂胡莫柳酯的安全性评估及各国监管情况 [J]. 香料香精化妆品, 2023, 6(3): 1–6.
- [5] 陈郁璇, 杨允芸. 防晒剂 BEMT 和 MBBT 的协同增效作用及机理研究 [J]. 日用化学科学, 2021, 4(9): 25–30.
- [6] ABOU-DAHECH M, SCHAEFER A, LAM-PHAURE L, et al. Effect of solvents on the in vitro sun protection factor and broad-spectrum protection of three organic uv filters [J]. Journal of Society Cosmetic Chemistry, 2020, 71(3): 149–165.
- [7] 许晓煌, 周小桥, 许晓容, 等. 防晒啫喱: CN116115523A[P]. 2023–05–16.
- [8] 张家齐, 苏晋峰, 王寅力, 等. 底妆防晒产品配方开发浅析 [J]. 2025, 48(7): 71–75.
- [9] 肖雄, 周德勉, 陈志辉. 防晒产品的配方设计 – 防晒剂的选择 [J]. 广东化工, 2021(7): 21–24.
- [10] 吴碧芝, 刘静华, 周伟, 等. 化学防晒剂的光稳定性研究进展 [J]. 日用化学科学, 2025, 48(05): 72–75.

Research and Application of Transparency in Sunscreen Gel

Li Meng, Lu Jin-ping, Yang Jie, Qu Xiang-hua, Qi Feng-wei
(Shandong Huawutang Cosmetic Co., Ltd., Jinan, Shandong 250101, China)

Abstract : From the perspective of formulation science, this article explores the key factors affecting the transparency of sunscreen gels, with a focus on the influence of polyols, silicon-based polymers (such as silicone elastomer gels), and oil-soluble solvents. By leveraging their unique refractive index (RI) matching capabilities and film-forming properties, these components play a critical role in constructing high-transparency sunscreen systems. Through carefully designed comparative experiments, the positive effects of different types of polyols, silicon-based polymers, and oil-soluble solvents on the final transparency and stability of the system were validated, providing a theoretical foundation and practical direction for the development of next-generation high-end sunscreen products.

Keywords : sunscreen gels; transparency; silicon-based polymers; refractive index; formulation development

