

DOI:10.16781/j.0258-879x.2021.01.0075

• 综述 •

单兵用防晒防护用品的需求分析及配方设计

张静如, 张 翮, 孙治国, 朱 敏, 鲁 莹*

海军军医大学(第二军医大学)药学系药剂学教研室, 上海 200433

[摘要] 日光照射对人体的伤害往往受到忽视,尤其是部队官兵的防晒知识有限,防晒用品使用率较低。随着我军战略转型的发展,军事训练逐渐多样化,作训官兵长期暴露在日光照射环境下严重影响了部队的战斗力,困扰着官兵工作、生活和学习,甚至导致非战斗减员。本文针对海军、驻高原部队的驻地环境、训练特点等分析了不同岗位官兵对防晒防护用品的需求,对我军单兵防晒防护用品的配方设计进行了综述,并对军用防晒防护用品的研究开发提出建议和设想。

[关键词] 单兵; 防晒剂; 护肤霜; 配方

[中图分类号] R 149.1

[文献标志码] A

[文章编号] 0258-879X(2021)01-0075-06

Demand analysis and composition design of sun protection products for individual soldiers

ZHANG Jing-ru, ZHANG He, SUN Zhi-guo, ZHU Min, LU Ying*

Department of Pharmaceutics, School of Pharmacy, Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China

[Abstract] The harm of sun exposure to human body is often neglected, especially due to the limited sun protection knowledge of military officers and soldiers and the low application rate of sun protection products. With the progression of the PLA strategic transformation, military training is becoming gradually diversified. The long-term sun exposure has seriously affected the combat capability of the army and disturbed their work, life and study and even led to non-combat depletion of strength. Based on the different resident environments and training characteristics of naval and plateau forces, this paper analyzes the demands of officers and soldiers in different positions for sun protection products, reviews the composition design of the sun protection products for individual soldiers, and puts forward suggestions and ideas for the research and development of military sun protection products.

[Key words] individual soldier; sunscreens; skin cream; ingredient

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2021, 42(1): 75-80]

皮肤癌是全球发病人数最多的癌症,2017年全球非黑素瘤皮肤癌患者数为766.4万例,是发病率排名第二的呼吸系统(气管、支气管和肺)癌症的3倍多^[1]。皮肤癌在我国虽然比较少见,但其病死率高。此外,近年来黑素瘤在我国的发病率逐年上升,每年新发病例近2万例^[2]。太阳中的紫外线辐射是造成皮肤癌的重大诱因之一。随着我军战略转型的发展,军事训练逐渐多样化,作训官兵长期的日光暴露等会造成日晒伤、日光性皮炎等各种皮肤伤病,甚至导致皮肤癌,严重影响了部队作训和战斗力提升,极大困扰着官兵的工作、生活和学

习,甚至导致非战斗减员。但是紫外线等日晒影响却往往被官兵忽视。由于部队所处环境特殊或日光照射时间超长,市售防晒防护用品不能完全满足作训单兵的防晒需求。因此,设计适合部队人员专用的防晒防护用品具有十分重要的现实意义。本文从处方分析角度出发,考虑不同岗位防晒需求,对单兵防晒防护用品的配方设计进行综述,并对军用防晒防护用品的研究开发提出建议和设想。

1 军用防晒防护用品的重要性及应用现状

随着我军军事训练的加强,军人已经成为日晒

[收稿日期] 2019-10-28 **[接受日期]** 2020-03-31

[基金项目] 国家科技重大专项(2018ZX09J18110-001)。Supported by National Major Science and Technology Project of China (2018ZX09J18110-001)。

[作者简介] 张静如, 硕士生. E-mail: 17826805417@163.com

*通信作者(Corresponding author). Tel: 021-81871290, E-mail: acuace@163.com

伤、日光性皮炎等相关疾病的高发人群,尤其是驻高原部队和海军部队(包括岛礁部队、水面舰艇部队等)^[3-4]。有关部队日晒伤的报道屡见不鲜,黄晓龙等^[5]对某新兵连战士在海拔2 800 m地区军训期间的伤病情况进行了流行病学调查,结果显示日光性皮炎发病率为21.79%,居伤病排名的第2位。刘鹏和蔡杨^[6]报道某部队参加海训官兵的日晒伤发病率达20.65%,居伤病排名第1位。根据本教研室对我校参加庆祝建国70周年阅兵方队训练人员的访谈调研结果,发现即使身处平原地区,但因训练时间长、强度大,平均入队训练1周即会出现不同程度的皮肤晒黑和晒伤情况,不仅影响了皮肤美观,而且日晒伤和日光性皮炎引起的皮肤刺痛、刺痒更对训练质量造成了负面影响。

长时间、高强度日晒对官兵健康的影响并不仅是晒伤,目前国内外军队对此均缺乏充分重视。根据纽约皮肤癌基金会的数据显示,驻伊拉克期间美军士兵认为自己穿了长袖衣服而不涂抹防晒产品,忽视了裸露的脸部、耳朵和脖子区域,而这些裸露区域正是人体皮肤癌的高发部位^[7]。Riemenschneider等^[8]报道了美国军队皮肤癌高发的情况,调查结果表明受访士兵定期使用防晒霜的占比不足30%,并且皮肤可能在超过70%的时间内未受到保护。北美知名的健康与个人护理研发团队针对此现象研制了美军专用广谱防晒乳液[日光防护系数(sun protection factor, SPF)为30+],为军队人员提供防晒保护^[9]。我国军队从20世纪90年代起即为驻艰苦地区高原部队研制配发了高原防护霜,调研数据^[10-11]表明,虽然该产品防晒伤、防冻裂效果显著,但仍有相当比例的官兵因其质地较为厚重、防晒黑效果不足或单纯怕麻烦等原因不用或未定期使用。开发适用于不同作战岗位的防晒防护用品对提高我军卫勤保障水平具有重要意义。

2 军用防晒防护用品的需求分析

对于军事防晒,早在二战期间就有相关的防晒剂“Red Vet Pet”列装部队^[12]。不同地区的部队官兵由于身处训练环境和工作岗位不同,防晒需求也大不相同。

2.1 海军部队 皮肤长时间浸泡于高盐分的海水后更容易被紫外线穿透,从而加重日光灼伤。刘鹏和蔡杨^[6]的研究显示某特种部队海训期间伤病总发病

率为59.31%,其中发病率排名居前的伤病分别为日晒伤、皮肤癣疾、皮肤外伤、上呼吸道感染、软组织伤和水母蜇伤。王伟新等^[13]针对海训研发了一款防晒制剂,并对其防护效果进行了考察,发现其对预防官兵海训时日晒伤效果较好。

岛礁地区自然环境恶劣,具有高温、高湿、高盐、强紫外辐射等特点^[14],因此对制剂的防晒能力有较高的要求。此外,岛礁地区极易滋生细菌、真菌感染,故还可在制剂中添加抗菌成分,达到多效防护的目的。

据报道,水面舰艇部队夏季真菌性、细菌性皮肤病多发,而从事枪炮工作的官兵易患日光性皮炎和冻疮^[15],因此军队特需防晒用品可考虑加入抗菌药物,还可适当添加抗过敏药物和保湿剂。

此外,在野外特殊环境如海岛、雨林等,军用防晒制剂除了应具备防晒性能外还要求具备防水、防虫等特性。

2.2 驻高原部队 高原地区因空气稀薄,尘埃及水蒸汽含量少,大气透明度比平原地区高,太阳辐射透过率大。张瑛等^[16]报道高原驻训官兵皮肤病发病率为66.37%,皮肤干燥(瘙痒或皲裂)、慢性唇炎、日光性皮炎、日晒伤、冻疮等发病率也较高,因此针对高原的防晒制剂除了满足基本的防晒要求外,还需具备保湿、防裂、抗冻、稳定性好等特性。我军目前列装的高原护肤霜具有防晒、防冻、防裂等功效^[17]。

3 军用防晒防护制剂配方设计原则

3.1 剂型选择 防晒制品有乳液、膏霜、油、棒、凝胶、气雾剂等多种形式。防晒产品经常需要应用于身体大面积范围,防晒喷雾因其可以快速大面积使用,受到使用者的青睐^[18],MINTEL全球新产品数据库显示,2010年以来全球防晒喷雾在防晒产品发布数目中的占比已位列前三^[19]。喷雾产品使用方便、快捷,可用于单兵防晒的后期补涂,但在高温环境下可能存在高压气体泄露问题且难以均匀涂敷,常导致薄膜不均匀。

防晒油是最古老的防晒制剂形式,其优点是制备工艺简单、防水性好、易涂抹,缺点是油膜较薄且不连续,难以达到较高的防晒效果^[20]。防晒棒在防晒油的基础上加入了一些固体蜡类成分,承载能力更强,可用于有限区域的保护,如嘴唇、鼻子

或眼睛周围,缺点是粘腻感强。

防晒乳液/膏霜是目前主流的防晒剂型,该剂型以乳化体为载体,其特点是(1)有较好的铺展性;(2)有较好的保湿性能,防止皮肤皴裂;(3)对皮肤无刺激性,可安全使用;(4)各种营养添加剂能有效地渗透皮肤角质层;(5)产品在使用中和使用后具有悦人的肤感及香气等^[21]。

其中O/W(水包油)剂型防晒产品肤感比较清爽,涂抹于肌肤后水分可直接渗透入肌肤,油分也可迅速被肌肤吸收,可有效改善皮肤干燥问题,适合驻高原地区部队使用。目前大多数防晒剂为油溶性,在我国现行化妆品安全技术规范(2015版)的27种准用防晒剂中水溶性的仅有5种。以水相为主的O/W剂型防晒产品受限于油相比例,较难达到高倍防晒效果,且该基质容易被水洗脱,防水性能差。W/O(油包水)剂型防晒产品外相为油相,防水效果好,可添加多种油溶性防晒剂,同时达到较高的SPF和长波紫外线防护指数(protection factor of ultraviolet A, PFA)^[22]。W/O剂型基质的肤感和稳定性较O/W剂型略差,可以通过增加硅油含量和采用合适的油脂复配改善肤感,适合海训、高湿环境的部队使用。

本文以防晒乳液/膏霜类为例,讨论防晒剂和基质的选择与配伍原则。

3.2 防晒剂的选择 防晒剂是防晒化妆品配方的核心,对防晒产品的性能具有决定性影响。防晒剂分为物理防晒剂和化学防晒剂。化学防晒剂通过吸收高能紫外线并以低能射线的方式释放能量,从而阻止皮肤损伤;物理防晒剂通过反射和散射紫外线对皮肤起保护作用。根据我国法规规定,化学防晒剂的准用量一般不超过10%,物理防晒剂不超过25%^[23]。防晒剂选用原则如下:

(1)安全、无致敏性、稳定。尽量选择一些比较安全(一般相对分子质量500以上认为难被吸收,故较为安全^[24])、温和且光稳定性好的防晒剂,避免一些争议性和潜在致敏的防晒剂。二苯酮类是广谱油溶性防晒剂,光热稳定性好,但其相对分子质量较小,可以透过皮肤吸收进入人体血液循环^[25];对氨基苯甲酸(PABA)是早期使用的中波紫外线(ultraviolet B, UVB)防晒剂,对pH敏感,在空气中容易氧化变色,易致敏^[26];丁基甲氧基二苯甲酰基甲烷(BMDM)光稳定性差,容易降解失去

效力^[27]。因此,以上这些防晒剂应慎重使用。

(2)强化长波紫外线(ultraviolet A, UVA)防护。日光中的UV是波长为200~400 nm的电磁辐射,其中UVA(波长为315~400 nm)和UVB(波长为280~315 nm)会穿透皮肤对人体造成伤害^[28]。UVB比UVA具有更多能量且更加强烈,是皮肤发红和晒伤的主要原因,以往的防晒产品大多数只强调UVB区段的防护^[29],但UVA具有极强的穿透力,对织物、玻璃、水及皮肤的穿透力远远超过UVB,可造成皮肤松弛,发生光老化,甚至引发皮肤癌^[30]。随着人们对UVA危害认识的逐渐加深,为了保障单兵作战能力,具有UVA防护效果或广谱防晒效果的产品成为我军对日光防护的必需要求。

BMDM是一种高效的UVA区段防晒剂,它经济实惠且波长范围能很好地覆盖UVA-1(波长为340~400 nm)区域。然而,如前所述,BMDM在实际使用条件下对光不稳定。改善BMDM光稳定性的常用方法是添加其他防晒剂以保护BMDM。已经发现奥克立林(octocrilene, OCR)是稳定BMDM最有效的UVB防晒剂,尽管其稳定机制尚未阐明^[31-32]。

随着UVA防晒剂的发展,二乙氨基羟苯甲酰基苯甲酸己酯(DHBB)作为代表性的新型UVA防晒剂,已于2005年在欧洲获得批准,其化学结构仿照经典的二苯酮类设计,在UVA范围内高吸收(354 nm处的峰值)并且具有良好的光稳定性,据报道,它在用量很少时即可达到强效的防紫外线效果,如3%的DHBB的PFA值为6.8,远大于相同用量BMDM的PFA值(3.6),成为BMDM的最佳替代品^[33-35]。

(3)重视防晒剂之间的配伍。在防晒化妆品的产品配方中,复合使用防晒剂是当今防晒市场的发展趋势,但是目前还很难找到集安全性、广谱性、抗水性和经济性于一体的理想防晒剂^[36]。

根据文献^[37-39]和实际经验,防晒产品多采用3~4种防晒剂复配使用。UVB防晒剂通常与其他防晒剂联合使用,以增加广谱性或达到其他效果,如甲氧基肉桂酸乙基己酯(OMC; UVB防晒剂)与BMDM(UVA防晒剂)、OCR(弱UVB防晒剂)配伍可以补偿OCR UVB区段的防护作用,增加防晒体系的广谱性^[28]。一些防晒剂配伍具有良好的协同增效效果,如固体防晒剂和液体防晒剂的

配伍。准用防晒剂中,许多防晒能力强或经常使用的防晒剂在常温下是固体,如高效UVB防晒剂乙基己基三嗪酮(EHT)、广谱防晒剂双-乙基己氧苯酚甲氧苯基三嗪(BEMT)和高效稳定的新型UVA防晒剂DHHB均是油溶性固体原料。在配方设计时,可以用液体油脂类防晒剂如OMC和水杨酸乙基己酯(OS)与之搭配,既能作为溶解剂溶解固体防晒剂又能起到协同增效的作用^[24]。此外,有文献报道无机防晒剂和有机防晒剂配伍可以加强紫外线在皮肤上的散射、折射等,增加紫外线被有机防晒剂吸收的概率^[24]。

3.3 基质的选择

3.3.1 油相原料 由于紫外吸收剂的分子极性一般都较高,根据相似相容原理应当选择中高极性油相原料,使有机紫外吸收剂更加稳定地存在于体系中,如高原护肤霜中的二甲硅油、硬脂酸等;海训用防晒乳霜的抗水处方多为W/O剂型,油相占比大,可选择加入挥发性或黏度低的油相基质,使配方更加清爽,易于铺展,如环戊硅氧烷(D5)、聚二甲基硅氧烷、异十二烷等。市售的日本ANNESA防晒霜添加的是聚二甲基硅氧烷,而法国AVENE防晒霜选用的是环戊硅氧烷。

3.3.2 乳化体系 制备高质量的乳液/膏霜最重要的是从数千种表面活性剂中选择适用于该体系的乳化剂,通常采用亲水亲油平衡(hydrophilic-lipophile balance, HLB)法等理论方法尝试^[40]。优先选择安全性较高的非离子型乳化剂,一般乳化能力强的乳化剂相对分子质量偏大,亲水和亲油基团都大,使用后肤感厚重;相对分子质量小的乳化剂乳化能力和稳定性会弱些,但用后肤感会清爽些。因此选用乳化能力强的和乳化能力偏弱的复配,以兼顾肤感和稳定性。如鲸蜡基聚乙二醇/聚丙二醇-10/1聚二甲基硅氧烷(cetyl PEG/PPG-10/1 dimethicone)与PEG30-聚羟基硬脂酸酯复配,可用于同时含硅油和碳氢油脂的配方^[24],是兼具肤感适宜和稳定性好的乳化体系。

3.3.3 附加剂 在防晒制剂中可加入蜡类作为增稠剂,对防晒效果有促进作用^[41]。纳米二氧化钛既是物理防晒剂,又可以抵消基质的油腻感,肤感更加干爽。成膜剂一般可以提高防晒油膜的均匀度、稳定性和抗水性,而且有助于提升防晒指数^[42]。

此外,军队特需制剂结合部队特殊需求可添

加相应成分,如在高原地区使用,可在防晒制剂中添加补水和保湿剂如透明质酸、甘油等成分,舒敏剂如红没药醇,还可添加抗过敏药物马来酸氯苯那敏、抗组胺类药物苯海拉明等,这样可以在防晒伤的同时尽量缓解官兵的高原敏感症状。如中山大学孙逸仙医院研制的苯海拉明外用软膏制剂具有抗过敏、止痒、消炎消肿等作用^[43]。

4 军用防晒防护用品的研究展望

4.1 开发更加安全、广谱、高效的防晒制剂 2016年我国发布了《防晒化妆品防晒效果标识管理要求》的公告(2016年第107号),中国防晒护肤产品标识由SPF30、防晒指标(protection grade of UVA, PA)++调整为SPF50+、PA+++ ,对我国防晒用品的防晒性能提出了新的要求,然而近年来我国批准的防晒类产品大多只注重UVB区段的防护,具有UVA防护的产品不足4.5%^[44]。驻高原、海军部队官兵长时间在日光直射环境下执勤与训练,广谱、高效的防晒防护用品对提高官兵作训能力具有重要影响^[45]。天然防晒剂具有安全有效、成本低、来源广的优点,十分符合军事领域中对防治日晒伤的要求,已有研究表明许多植物提取物如葡萄籽和芦荟提取物具有抗氧化或抗自由基作用,能间接减轻紫外线对皮肤的伤害^[46]。

4.2 根据不同需求开发多效防晒制剂 不同部队所处环境复杂,工作岗位不尽相同,可针对多种需求研制兼具防晒和其他功效的制剂。如在相关专利中,将防晒霜作为防水母成分的载体开发具有水母蜇伤防护功能的多效防护霜^[47-49]。Stewart等^[50]制备了兼具防晒和驱虫作用的防水型防晒乳液,供美国军方在高湿环境作战中使用,SPF达50,可长效驱蚊80 min。

总之,随着现代科学技术的进步、原料的不断更新,单兵防晒防护用品的开发和应用具有广阔的前景。目前我军配备的个人防护用品种类和功效均比较单一,远不能满足各兵种、各岗位的需求,研制出适合不同兵种、不同岗位使用的安全、高效、稳定的防晒防护用品,对预防和治疗部队官兵日晒伤等疾病、保障军事作业能力具有重要意义。

[参考文献]

[1] Global Burden of Disease Cancer Collaboration; FITZMAURICE

- C, ABATE D, ABBASI N, ABBASTABAR H, ABD-ALLAH F, ABDEL-RAHMAN O, et al. Global, regional, and national cancer incidence, mortality, years of life lost, years lived with disability, and disability-adjusted life-years for 29 cancer groups, 1990 to 2017: a systematic analysis for the global burden of disease study[J]. *JAMA Oncol*, 2019, 5: 1749-1768.
- [2] BRAY F, FERLAY J, SOERJOMATARAM I, SIEGEL R L, TORRE L A, JEMAL A. Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. *CA Cancer J Clin*, 2018, 68: 394-424.
- [3] 张书松. 驻海岛部队官兵常见病、多发病的防治[J]. *解放军健康*, 2012(3): 8-9.
- [4] 肖青林, 常开齐, 刘苏辰, 王晓莉, 王懿. 高原紫外线辐射对执勤官兵皮肤损伤的调查[J]. *中华皮肤科杂志*, 2008, 41: 211-213.
- [5] 黄晓龙, 陈丹燕, 许民辉. 高海拔地区新兵军训期伤病特点及防治对策[J]. *职业与健康*, 2014, 30: 509-511.
- [6] 刘鹏, 蔡杨. 某特种部队海训期间伤病情况分析及对策[J]. *海军医学杂志*, 2016, 37: 296-298.
- [7] 3rd Sustainment Command Public Affairs. Soldiers protect themselves from skin cancer[EB/OL]. (2019-09-12)[2019-10-26]. https://www.army.mil/article/17601/soldiers_protect_themselves_from_skin_cancer.
- [8] RIEMENSCHNEIDER K, LIU J, POWERS J G. Skin cancer in the military: a systematic review of melanoma and non-melanoma skin cancer incidence, prevention, and screening among active duty and veteran personnel[J]. *J Am Acad Dermatol*, 2018, 78: 1185-1192.
- [9] Military sunscreen lotion SPF30+ for armed forces use[EB/OL]. [2019-10-26]. <http://www.caplock.com/Sunscreen.htm>.
- [10] 刘玮萍. 基于跨理论模型的动机性访谈对高原基层官兵防晒行为的影响研究[D]. 银川: 宁夏医科大学, 2018.
- [11] 周剑峰, 陈洋华, 任金波, 周树勇, 杨蓉娅. 海军陆战队某部官兵强日晒环境下光损伤性皮肤病调查与分析[J]. *实用皮肤病学杂志*, 2018, 11: 211-213.
- [12] MACEACHERN W N, JILLSON O F. A practical sunscreen—"Red Vet Pet"[J]. *Arch Dermatol*, 1964, 89: 147-150.
- [13] 王伟新, 王玉梅, 平安, 于晓华, 冯军, 吴鑫, 等. 海上训练防晒霜的研制与效果评价[J]. *解放军药学报*, 2004, 20: 40-42.
- [14] 李晓荟, 刘平, 杨颖, 陈汝雪, 韩巧君. 某岛礁驻岛官兵疾病谱调查分析[J]. *海军医学杂志*, 2019, 40: 218-220.
- [15] 赵明, 汪月强, 漆军. 某部水面舰艇官兵皮肤病发病情况调查分析[J]. *人民军医*, 2013, 56: 371-373.
- [16] 张瑛, 胡玮, 褚兰德. 夏季高原野外驻训官兵皮肤病发病及防护的调查[J]. *实用皮肤病学杂志*, 2018, 11: 14-15.
- [17] 钟延强, 蒋雪涛, 孙其荣, 张川, 柳正良. 高原护肤霜的制备及抗紫外线作用研究[J]. *第二军医大学学报*, 1999, 20: 649-650.
- ZHONG Y Q, JIANG X T, SUN Q R, ZHANG C, LIU Z L. Preparation of Gaoyuan skin care cream and its antiultraviolet effect[J]. *Acad J Sec Mil Med Univ*, 1999, 20: 649-650.
- [18] TEPLITZ R W, GLAZER A M, SVOBODA R M, RIGEL D S. Trends in US sunscreen formulations: impact of increasing spray usage[J]. *J Am Acad Dermatol*, 2018, 78: 187-189.
- [19] Mintel Group Ltd. UK suncare market report[R/OL]. (2017-12-01)[2019-10-26]. <http://store.mintel.com/uk-suncare-market-report>.
- [20] 鲍方, 安冬, 鲍熹珺, 郭芳. 儿童防晒化妆品开发要点[J]. *日用化学品科学*, 2018, 41: 67-70.
- [21] 张婉萍, 蒋诚. 《化妆品配方与工艺技术》第三讲 护肤乳液、膏霜(续完)[J]. *日用化学品科学*, 2019, 42: 49-52.
- [22] ROSO A, AMALRIC C, MICHEL N, BOITEUX J P, TABACCHI G, MILIUS A. Emulsifying compositions based on fatty alcohol and alkylpolyglycosides: 7651691[P]. 2010-01-26.
- [23] 国家食品药品监督管理总局. 化妆品安全技术规范[S]. 北京, 中国标准出版社, 2015: 120-122.
- [24] 李洪海, 张云岭. 如何开发清爽的高SPF防晒配方[J]. *日用化学品科学*, 2018, 41: 60-65.
- [25] LIU Y S, YING G G, SHAREEF A, KOOKANA R S. Photostability of the UV filter benzophenone-3 and its effect on the photodegradation of benzotriazole in water[J]. *Environ Chem*, 2011, 8: 581-588.
- [26] KAWAKAMI C M, MÁXIMO L N C, FONTANEZI B B, DA SILVA R S, GASPAR L R. Diethylamino hydroxybenzoyl hexyl benzoate (DHHB) as additive to the UV filter avobenzone in cosmetic sunscreen formulations—evaluation of the photochemical behavior and photostabilizing effect[J]. *Eur J Pharm Sci*, 2017, 99: 299-309.
- [27] LAZÓ PULOS S Q, SVARC F, SAGRERA G, DICELO L. Absorption and photo-stability of substituted dibenzoylmethanes and chalcones as UVA filters[J/OL]. *Cosmetics*, 2018, 5: 33. DOI: 10.3390/cosmetics5020033.
- [28] SAKAMOTO K, LOCHHEAD R Y, MAIBACH H I, YAMASHITA Y. *Cosmetic science and technology: theoretical principles and applications*[M]. Chiba: Elsevier, 2017: 587-599.
- [29] GILBERT E, PIROT F, BERTHOLLE V, ROUSSEL L, FALSON F, PADOIS K. Commonly used UV filter toxicity on biological functions: review of last decade

- studies[J]. *Int J Cosmet Sci*, 2013, 35: 208-219.
- [30] ADITHI P, KHAN A B, ROOPESH S K. Broad spectrum UVA & UVB photoprotectants: an overview[J]. *J Pharm Res*, 2017, 16: 143-147.
- [31] MENDROK-EDINGER C, SMITH K, JANSSEN A, VOLLHARDT J. The quest for avobenzone stabilizers and sunscreen photostability[J]. *Cosmetics and toiletries*, 2009, 124: 289-302.
- [32] SCALIA S, MEZZENA M. Incorporation in lipid microparticles of the UVA filter, butyl methoxydibenzoylmethane combined with the UVB filter, octocrylene: effect on photostability[J]. *AAPS Pharm Sci Tech*, 2009, 10: 384-390.
- [33] 孟潇,许锐林,陈庆生,龚盛昭. 基于BASF Sunscreen Simulator初步评价17种常用化学防晒剂[J]. *当代化工研究*, 2017(5): 116-118.
- [34] FREITAS J V, LOPES N P, GASPAR L R. Photostability evaluation of five UV-filters, trans-resveratrol and beta-carotene in sunscreens[J]. *Eur J Pharm Sci*, 2015, 78: 79-89.
- [35] SHAMOTO Y, YAGI M, OGUCHI-FUJIYAMA N, MIYAZAWA K, KIKUCHI A. Photophysical properties of hexyl diethylaminohydroxybenzoylbenzoate (Uvinul A Plus), a UV-A absorber[J]. *Photochem Photobiol Sci*, 2017, 16: 1449-1457.
- [36] 丁怡. 2007年—2015年防晒类化妆品中防晒剂的使用情况变化[J]. *中国卫生检验杂志*, 2016, 26: 882-884.
- [37] 张卓娜,张卫强,杨艳伟. 化妆品中防晒剂的使用情况分析[J]. *中国卫生检验杂志*, 2017, 27: 902-904, 908.
- [38] 刘清霞,徐梦漪,温子敏,朱永闯,龚盛昭,张勇. 纳米结构脂质载体制备方法及其在化妆品中的应用研究进展[J]. *日用化学工业*, 2019, 49: 681-687.
- [39] 赵小敏,陈志华,李亚男,瞿欣. 防晒剂的配伍性及其影响因素分析[J]. *中国美容医学*, 2015, 24: 78-82.
- [40] MARTIN M J, TRUJILLO L A, GARCIA M C, ALFARO M C, MUÑOZ J. Effect of emulsifier HLB and stabilizer addition on the physical stability of thyme essential oil emulsions[J]. *J Disper Sci Technol*, 2018, 39: 1627-1634.
- [41] GASPAR L R, CAMPOS P M. Rheological behavior and the SPF of sunscreens[J]. *Int J Pharm*, 2003, 250: 35-44.
- [42] HEWITT J P. Sunscreen formulation: optimising aesthetic elements for twenty-first-century consumers[M]//WANG S Q, LIM H W. Principles and practice of photoprotection. Durham: Springer International Publishing, 2016: 289-302.
- [43] 余晓霞,施玉旋,朱桦. 苯海拉明软膏中盐酸苯海拉明的含量测定[J]. *中国实用医药*, 2014, 9: 3-4.
- [44] 林银花,宋洪涛. 防晒制剂的研究进展及在军事领域的应用展望[J]. *解放军药学学报*, 2009, 25: 241-244.
- [45] 樊豫萍. 防晒化妆品功效性评价与发展趋势[J]. *香料香精化妆品*, 2013(4): 49-54.
- [46] 刘慧民. 植物提取物的防晒性能研究及其在防晒乳液中的应用[D]. 太原: 中国日用化学工业研究院, 2019.
- [47] JOSE G G, DAVID P C, MAR R G, LAIA C S, JORDI V T, SONIA M D. Anti-jellyfish compositions: 2363135A1[P]. 2011-07-09.
- [48] JOSE G G, DAVID P C, REMEI C E, LAIA C S, SILVIA G P. Anti-jellyfish combinations: 2380577A1 [P]. 2011-10-26.
- [49] LOTAN A. Methods for inhibiting nematocyst discharge: 6406709[P]. 2002-06-18.
- [50] STEWART E G. Water resistant sunscreen and insect repellent composition: 6159452[P]. 2000-12-12.

[本文编辑] 尹茶