

## 膏泽酯香，魅力化学 ——膏霜类化妆品的制备梯度科普方案

潘宇凡<sup>†</sup>, 丁雪<sup>†</sup>, 林珈羽<sup>†</sup>, 吴海艇, 黄海容, 陈翠雪\*, 叶美玲\*

厦门大学化学化工学院, 福建 厦门 361005

**摘要:** 以膏霜类化妆品的制备为切入点, 针对不同知识背景的受众者, 创新开发梯度科普实验。通过原创视频、科普宣传单、PPT讲解和现场指导, 向中小学生、高中生、社会大众诠释乳化原理和化妆品相关知识, 介绍化妆品制备过程。对于面向大学生的科普方案, 则提升了实验的难度和深度; 使大学生独立完成化妆品的制备和性能表征。本科普实验在推广实践中获得一致好评, 有一定的实用意义和推广价值。

**关键词:** 化妆品; 制备; 科普; 乳化; 梯度

**中图分类号:** G64; O6

## Oil Cosmetics, Charming Chemistry: A Gradient Science Popularization Scheme for Cream Cosmetic Preparation

Yufan Pan <sup>†</sup>, Xue Ding <sup>†</sup>, Jiayu Lin <sup>†</sup>, Haiting Wu, Hairong Huang, Cuixue Chen <sup>\*</sup>, Meiling Ye <sup>\*</sup>

College of Chemistry and Chemical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, Fujian Province, China.

**Abstract:** This experiment focuses on the preparation of cream cosmetics and innovatively develops gradient science popularization activities tailored to audiences with varying knowledge backgrounds. Utilizing original videos, informative flyers, PPT presentations, and on-site guidance, the experiment elucidates the principles of emulsification and related cosmetic knowledge to primary and secondary school students, as well as the general public, while introducing the cosmetic preparation process. For programs targeting college students, the complexity and depth of the experiments are increased, allowing students to independently conduct the preparation and performance characterization of cosmetics. This popular science experiment has garnered unanimous praise in practice and possesses significant practical relevance and promotional value.

**Key Words:** Cosmetics; Preparation; Popularization of science; Emulsification; Gradient

化妆品是指擦、涂、散布于人体表面, 以达到清洁、护肤、美容和修饰目的的产品。作为日常生活的必需品, 化妆品在大众心中占据十分重要的作用; 其历史几乎可以追溯到人类存在开始。从古代的敷粉、胭脂、澡豆、天然香料到现代的口红、面膜、洗面奶、洗发水等等, 都离不开化学的发展。由于化妆品的制备工艺较繁杂, 对实验环境和实验条件要求较高, 以此主题进行科普推广的实验方案不多。本实验以膏霜类化妆品这种常见的化学用品为切入点, 针对不同知识背景的受众者, 创新开发梯度科普方案。实验以科学的眼光向大众展示其制作原理及流程, 将化学知识深度融入生活, 让大众体验化学给生活带来的便利和美好, 提升学习兴趣。

收稿: 2024-06-20; 录用: 2024-09-20; 网络发表: 2024-01-07

<sup>†</sup>共同第一作者, 对本文工作同等贡献

<sup>\*</sup>通讯作者, Emails: cxchen@xmu.edu.cn (陈翠雪); mlye@xmu.edu.cn (叶美玲)

基金资助: 2023年福建省大学生创新创业训练计划项目(FBJG20170277); 2024年教育部产学合作协同育人项目(231006655082219)

## 1 实验部分

### 1.1 实验原理

#### 1.1.1 化妆品的乳化反应

化妆品的油相与水相混合后, 会形成油包水型(W/O)与水包油型(O/W)乳液(见图1)。这时乳液中的有效物质无法均匀分布, 需要加入乳化剂稳定整个体系<sup>[1]</sup>。

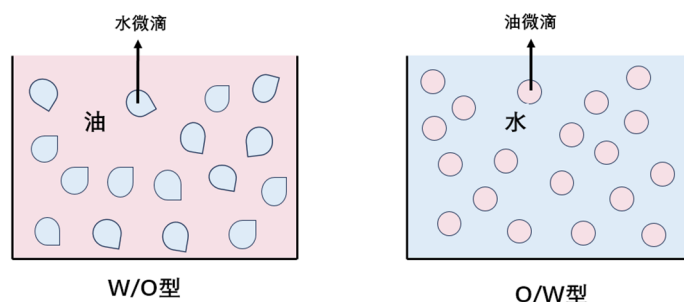


图1 油包水型与水包油型乳液

乳化剂是指能使两种互不相溶的液体混合时形成稳定乳状液需要加入的第三种物质。乳化剂分为离子乳化剂、表面活性剂和固体粉末乳化剂, 它的主要作用包括:

- (1) 使分散相液滴带电荷, 分散相液滴间相同电荷互相排斥。
- (2) 降低分散相与分散介质之间的界面张力。
- (3) 在界面形成具有一定机械强度的保护膜, 防止分散相液滴相互聚结, 保证乳状液稳定存在。

#### 1.1.2 黄瓜提取物、甲氧基肉桂酸乙基己酯的功效

黄瓜是一种具有美容效果的天然物质, 含有丰富的维生素A、维生素C等营养物质。在制备化妆品的过程中加入一定量的黄瓜提取物, 可以提升化妆品的保湿效果, 因而可用来制备保湿霜<sup>[2,3]</sup>。

甲氧基肉桂酸乙基己酯是UVB(紫外线)的良好吸收剂, 能有效阻止280–310 nm的紫外线, 且吸收率高。该物质对皮肤无刺激, 安全性能好, 是一种理想的防晒剂。在制备化妆品的过程中添加一定量的甲氧基肉桂酸乙基己酯, 可以提升化妆品的防晒性能, 故可用来制备防晒霜<sup>[2,4]</sup>。

## 1.2 实验仪器、试剂及材料

### 1.2.1 实验仪器

实验所用主要仪器见表1。

表1 实验仪器

仪器名称	仪器型号	生产厂家
鼓风干燥箱	DHG-9030A	上海精宏试验设备有限公司
多功能酶标仪	INFINITE 200 PRO	帝肯奥地利有限责任公司
电子天平	SQP	赛多利斯科学仪器(北京)有限公司
酸度计	FE28	梅特勒托利多科技(中国)有限公司
恒温水槽	BWS-5	上海一恒科学仪器有限公司

### 1.2.2 实验试剂

本实验中的试剂如表2所示, 实验用水均为去离子水。

### 1.2.3 实验材料

恒温加热杯垫、咖啡打泡器、陶瓷盒、贴纸、45 °C变色感温贴纸、裱花袋、热塑封口机、自封袋等, 以上材料均在电商平台购买。

表2 实验试剂

试剂名称	规格	生产厂家
硬脂酸	AR	国药集团化学试剂有限公司
白油	CP	国药集团化学试剂有限公司
十八醇	CP	国药集团化学试剂有限公司
甘油	AR	国药集团化学试剂有限公司
三乙醇胺	AR	国药集团化学试剂有限公司
乳酸薄荷醇酯	AR	广东昊皇贸易有限公司
香精	日用级	广州百香度香精香料有限公司
甲氧基肉桂酸乙基酯	AR	国药集团化学试剂有限公司
黄瓜提取物	化妆品级	广州佰宇生物科技有限公司
醋酸钾	AR	国药集团化学试剂有限公司
硫酸铵	AR	国药集团化学试剂有限公司
无水乙醇	AR	国药集团化学试剂有限公司

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 膏霜化妆品的制备

按表3、表4分别配制油相体系和水相体系，将裱花袋分装好的油相和水相分别倒入两个烧杯中，将水相置于加热搅拌器上进行加热搅拌。待测温贴纸由黑色变为蓝色(约45 °C)，继续加热搅拌；这时开始加热油相，待油相全部溶解后，关闭加热。接着将水相倒入油相，并用咖啡打泡器快速搅拌5 min，使产品充分乳化。

当温度降至45 °C左右，按表5配方加入香精和乳酸薄荷醇酯，搅拌均匀，取适量产品用试纸测试pH(酸碱值)。然后用裱花袋分装到小盒子中，即可完成化妆品制备，实验流程如图2所示<sup>[5,6]</sup>。

表3 油相配方		表4 水相配方		表5 创新配方	
原料	加入量/g	原料	加入量/g	原料	加入量
白油(液体石蜡)	3.0	甘油	5.0	中医药香精	2 滴
十八醇	0.8	三乙醇胺	0.5	乳酸薄荷醇酯	2.0 g
硬脂酸	5.5				

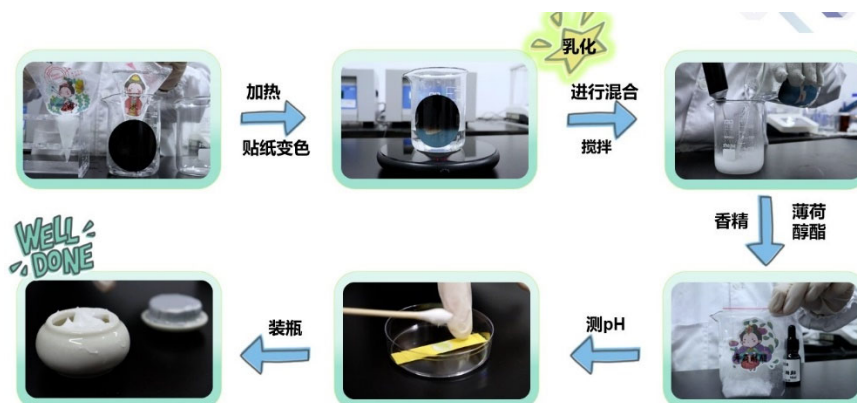


图2 膏霜类化妆品制备步骤

### 1.3.2 保湿霜的制备

按1.3.1步骤制作膏霜类化妆品，搅拌降温至45 °C，加入香精、乳酸薄荷醇酯，加入10.0 g黄瓜提取物，即制得保湿霜。

### 1.3.3 防晒霜的制备

按1.3.1步骤制作膏霜类化妆品，搅拌降温至45 °C，加入香精、乳酸薄荷醇酯，加入0.6 g甲氧基肉桂酸乙基乙酯，即可制得防晒霜。

### 1.3.4 pH测试

化妆品的pH变动很大，其数值不仅取决于原料的来源、品种和配方，而存放时微生物的参与、空气氧化及防腐剂的失效等作用，也会导致有机物的腐败而影响pH。化妆品的pH过酸或过碱性，不仅影响化妆品功效的正常发挥，还可能造成刺激性皮炎、斑疹毛发损伤，故化妆品的pH都有具体限量的要求。国家标准规定膏霜类化妆品的pH范围为4.0–9.0。本实验采用精密pH试纸或酸度计来测试化妆品的pH<sup>[7]</sup>。

### 1.3.5 保湿效果测试

化妆品保湿性的测试须在选定的恒温恒湿的环境下进行，在玻璃干燥器中放置醋酸钾和硫酸铵的饱和水溶液，用干湿球温度计测量它们的相对湿度。称取一定量的样品放置于干燥器中，控制44% ± 5%与80% ± 5%湿度，将样品分别置于其中1.5 h、4 h。由实验前后试样的质量，计算出试样的保湿率<sup>[8]</sup>。

根据公式：保湿率 =  $M_1/M_0 \times 100\%$  ( $M_0$ 为试样干燥前质量， $M_1$ 为试样干燥后质量)

### 1.3.6 防晒效果测试

按QB/T 2410–1998规定的防晒化妆品UVB区防晒效果的评价方法进行操作。

产品的防晒功效主要根据吸光值测定。实验取防晒霜试样各10 mg于样品瓶中，分别加入无水乙醇50 mL，搅拌使其充分溶解，分别取200 μL溶液于96孔板中，设置检测波长为280 nm–320 nm，无水乙醇为空白溶液，使用酶标仪测试样品的吸光值，每隔2 nm测一次<sup>[4,9,10]</sup>。

使用酶标仪作为紫外光源测定样品在UVB区(280–320 nm)的紫外吸光度 $A$ 值，通过比较样品吸光度的大小判断样品对UVB的防护效果，如表6所示<sup>[9–13]</sup>。

根据公式：

$$A_{280i} = A_{测(280)} - A_{溶剂(280)}$$

$$A_i = (A_{280i} + A_{290i} + A_{300i} + A_{310i} + A_{320i})/5$$

$$A_{样} = \sum_{i=1}^{n=5} A_i / 5$$

计算防晒霜在所测波长的平均吸光度 $A$ 。

表6 防晒效果评价

吸光度 $A$	防晒效果	使用条件
< 0.5	无防晒效果	—
0.5–1.0	最小防护紫外线照射	冬日阳光、阴天
1.0–1.5	中等防护紫外线照射	中等强度阳光照射
1.5–2.0	高效防护紫外线照射	夏日强烈阳光照射
> 2.0	完全防护紫外线照射	户外工作

## 2 科普展示和互动方案

### 2.1 科普方案思路

由于实验设备和精细化工要求的限制，化妆品的制备过程难以脱离实验室向社会大众展示。同

时公众对“绿色、纯天然”的过度追求，也是人们对化妆品制备工艺认识受限的重要原因。我们通过精简实验步骤，使实验简单易操作；通过改进实验设备，用贴近生活的器皿和材料替代实验室的仪器和材料，使科普实验贴近生活。本实验简单易操作，可根据中小學生、大学生及社会大众等不同知识储备的人群，设计不同的互动方案，实现梯度科普，如图3所示<sup>[14]</sup>。



图3 膏霜类化妆品的制备梯度科普方案

考虑到化妆品的制备与油脂的清洗等流程都是涉及贴近生活的乳化反应，为了让大众更好地理解其反应原理，我们特意制作了生动有趣的科普动画，部分视频截图如图4所示。

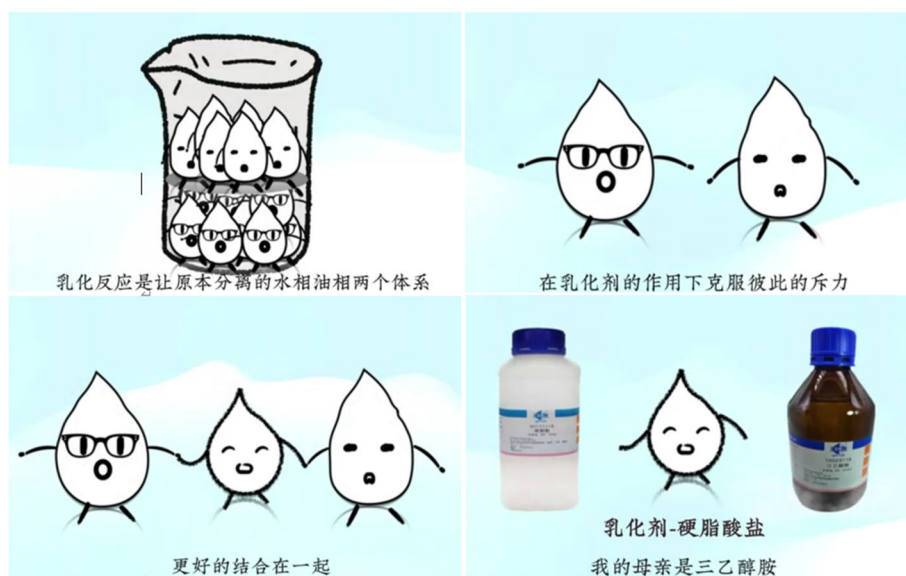


图4 科普动画截图(部分帧图)

此外，我们还设计制作了科普宣传单，印刷分发给大众，方便公众深入了解科普理论与实践操作，宣传单如图5所示。

## 2.2 科普展示与互动方案

本实验用于科普展示和互动的方案包括以下六类：化妆品的现场制作及各类香精的认识与添加、pH的原理讲解及动手测试、黄瓜及芦荟苷的功效性添加、利用酶标仪测试产品UVB吸光度、化妆品的保湿能力测试、探究不同乳化剂的乳化效果。



图5 化妆品的制备科普实验宣传页

## 2.3 梯度科普方案

### 2.3.1 面向中小學生——DIY护手霜科普实验

理论(PPT讲解+原创视频播放+宣传单)+实验(护手霜的制备+pH测试)

场所：社区科普角

意义：利用社区科普等活动，深入中小學生群体，采用生动有趣的互动使學生了解膏霜类化妆品的制备原理及工艺，激发他们对科学的思考与兴趣，见图6a。

具体过程：

- (1) 准备实验所需材料，包括常见的生活用品如加热杯垫、咖啡打泡器等。
- (2) 用精心准备的原创视频、PPT、宣传画册介绍乳化反应的原理、香料的选择、护手霜的制备方法，以及pH原理及测试。
- (3) 引导学生动手参与实验，DIY制作护手霜，测试产品pH。



图6 膏霜类化妆品DIY科普活动现场图

(a) 中小學生；(b) 高中生；(c) 大学生；(d) 社会大众

### 2.3.2 面向高中生——DIY保湿霜科普实验

理论(PPT讲解+原创视频播放+宣传单)+实验(保湿霜的制备+pH测试+保湿效果测试)

场所: 高中校园、高中生夏令营场所

意义: 提升高中生对化妆品的认识和了解, 鼓励高中生动手做实验, 体验化学反应的神奇, 感受化学之趣、化学之美。

具体过程:

- (1) 准备实验所需仪器及材料(材料以常见的生活用品为主)。
- (2) 介绍化妆品发展的历史及现状, 提升学习兴趣。
- (3) 用精心准备的原创视频、PPT、宣传画册介绍乳化反应的原理、香料的选择、保湿霜的制备方法, pH原理及测试方法, 了解保湿测试方法。
- (4) 引导学生动手参与实验, 制作保湿霜, 测试保湿霜pH及保湿率(见图6b)。

### 2.3.3 面向大学生——DIY防晒霜科普实验

理论(PPT讲解)+实验(防晒霜的制备+pH测试+保湿效果测试+防晒效果测试)

场所: 化学实验室

意义: 通过开展科普实验活动, 提高动手实践能力, 培养学生的创新精神, 缩短了课堂教学与科学研究的距离。

具体过程:

- (1) 准备实验所需仪器及材料。
- (2) 用PPT介绍化妆品发展的历史及现状, 了解防晒霜的制备方法。
- (3) 了解保湿效果及防晒效果测试方法, 了解酸度计的原理及测试方法, 了解酶标仪的原理及其在化妆品防晒测试中的应用。
- (4) 引导学生动手参与实验, 制作防晒霜, 评价产品的pH、保湿效果及防晒效果(见图6c)。

### 2.3.4 面向社会大众——感受化学之美+拍摄及剪辑视频科普

理论(PPT讲解+原创视频播放+宣传单)+实验及产品展示

场所: 社区科普角、互联网平台

意义: 消除大众对于化妆品的负面印象, 助力公众树立科学理念。

具体过程:

- (1) 展示实验室制备的化妆品, 激发参与者的学习兴趣。
- (2) 分发精心设计印刷的科普宣传单, 方便参与者了解科普内容。
- (3) 播放原创科普视频普及介绍化妆品的原理及制备流程, 引导社会大众DIY制作护手霜(见图6d)。
- (4) 将制作好的视频放到抖音、B站、公众号等平台, 进一步提升科普宣传的深度和广度(见图7)。



图7 科普视频截图(抖音、B站)

### 3 特点/特色/创新声明

(1) 梯度科普: 针对不同的科普人群设计不同的、有层次的科普方案, 在不同的场景和平台开展科普, 拓展科普的深度和广度。

(2) 实验优化: 配方绿色安全, 实验操作简单。在面向中小學生和社会大众的科普中, 改进实验设备, 用贴近生活的材料替代实验室仪器和材料, 使科普贴近日常生活, 拉近科学与生活的距离。

(3) 美育思政: 通过制作原创趣味视频、科普宣传页, 传播化学之美, 激发学习热情。

### 4 结语

本实验以膏霜类化妆品为切入点, 向公众科普化妆品的制备原理。树立科学理念, 消除社会大众对化学的误解。本科普实验简便、绿色、有趣, 将复杂的原料及步骤创新性地转化为可视性强、操作简单的实验, 将实验室带到大众生活之中, 适合各类人群参与。同时, 我们以有趣的原创视频、通俗易懂的语言、合理设计的宣传册诠释科学概念, 揭开化妆品的神秘面纱, 并设计梯度科普和互动环节, 多方位展现化学的美丽与魅力, 助力公众树立科学理念, 激发青少年学习化学的热情和兴趣。本科普实验于2023年获第四届厦门大学化学实验创新设计竞赛一等奖。

### 参 考 文 献

- [1] 张军, 詹结纺. 科学技术创新, **2018**, No. 21, 26.
- [2] 章苏宁, 张健, 宋晓秋, 叶琳, 苏畅, 陈琛. 上海应用技术学院学报(自然科学版), **2010**, 2 (10), 83.
- [3] 郑庚修, 王秋芬, 张传景. 山东化工, **1994**, No. 1, 7.
- [4] Ashish, A.; Kalra, M.; Rout, A. *Pharm. Lett.* **2013**, 5 (1), 83.
- [5] 李梅. 化学实验与生活. 北京: 化学工业出版社, 2009: 94-95.
- [6] 李丽, 董银卯, 郑立波. 化妆品配方设计与制备工艺. 北京: 化学工业出版社, 2018: 81-111.
- [7] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 13531.1-2008 化妆品通用试验方法pH值的测定. 北京: 中国标准出版社, 2009: 1-2.
- [8] 杜小豪, 徐卫, 杜雪洁. 日用化学工业, **2000**, No. 3, 47.
- [9] Cole, C. *Photodermatol. Photo.* **2001**, 7, 2.
- [10] Ferrero, L.; Pissavini, M.; Marguerie, S.; Zastrow, L. *Int. J. Cosmet. Sci.* **2002**, 24, 63.
- [11] 曹智, 张治军. 日用化学工业, **2009**, No. 3, 196.
- [12] 曹小华, 肖铎. 光谱学与光谱分析, **2013**, 11 (33), 3099.
- [13] 国家轻工业局. QB/T 2410-1998 防晒化妆品UVB区防晒效果评价方法紫外吸光度法. 北京: 中国轻工业出版社, 1998: 1-4.
- [14] 童新阳, 葛子健, 刘煜超, 姚奇志, 李玲玲. 大学化学, **2022**, 37 (5), 2109082.