

# Advance on Analytical Methods of Prohibited Substances in Cosmetics

Yi Zhang<sup>1\*</sup>, Xiujuan Xie<sup>2</sup>, Shaojing Wu<sup>1</sup>, Huajun Fan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Shenzhen Academy of Inspection and Quarantine, Shenzhen Guangdong

<sup>2</sup>Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou Guangdong

Email: \*sparkzy@163.com

Received: Jul. 27<sup>th</sup>, 2018; accepted: Aug. 15<sup>th</sup>, 2018; published: Aug. 22<sup>nd</sup>, 2018

---

## Abstract

Cosmetics are necessities in people's daily life. However, the security of cosmetic industry has been threatened by adding the prohibited substances unrestrainedly recently. Therefore, it's of great importance for the detection of the prohibited substances in them to maintain the safety of the cosmetics market. The main types of cosmetics include liquids, creams, powders and so on, which matrixes are complicated, so proper methods of pretreatment and detection are required for the trace target analytes. In this paper, some analytical methods for cosmetic samples are introduced, which may provide a technical instruction in analysis of cosmetic products.

## Keywords

Cosmetics, Prohibited Substances, Analytical Methods

---

# 化妆品中禁用物质分析方法的研究进展

张毅<sup>1\*</sup>, 谢秀娟<sup>2</sup>, 吴绍精<sup>1</sup>, 范华均<sup>2</sup>

<sup>1</sup>深圳市检验检疫科学研究院, 广东 深圳

<sup>2</sup>广东药科大学, 广东 广州

Email: \*sparkzy@163.com

收稿日期: 2018年7月27日; 录用日期: 2018年8月15日; 发布日期: 2018年8月22日

---

## 摘要

化妆品是人们日常生活中的必需品。近年来, 化妆品行业有滥用禁用物质的安全威胁, 因此检测其含有  
\*通讯作者。

的禁用物质,对保障化妆品市场的安全化具有重要意义。化妆品主要包括液剂、乳剂、乳膏剂和粉剂等,基质较为复杂,针对微量目标物的检测,合适的前处理方法与检测技术显得尤为关键。本文综述了近年来化妆品质量安全分析方法的研究进展,旨在为化妆品的检测提供技术参考。

## 关键词

化妆品, 禁用药物, 检测方法

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着社会经济的快速发展,人们越来越来追求精致美好的生活,因此化妆品的使用频率逐年上升。然而部分商家为增强产品疗效,常向化妆品中非法添加禁用物质,这就严重损害了消费者的合法权益以及身心健康。目前世界各国已相应出台了一系列有关化妆品的法律法规[1],但非法添加的现象仍然屡禁不止。因此,国内外研究者利用各种现代分析技术,已建立起多种分析方法,用于保障化妆品的质量安全,本文对近年来化妆品常用的前处理方法及禁用物质主要的检测技术进行了综述。

## 2. 前处理方法

由于化妆品基质复杂多样,有害物质层出不穷,因此开发高通量的样品前处理方法从源头上保证信息不遗漏,对化妆品的质量安全监管至关重要。目前化妆品中常用的前处理方法主要包括浊点萃取(Cloud-point extraction, CPE)、固相萃取(Solid-phase extraction, SPE)、超声辅助萃取(Ultrasound-assisted extraction, UAE)、微波辅助萃取(Microwave-assisted extraction, MAE)和分散液液微萃取(Dispersive liquid-liquid microextraction, DLLME)等。表1系统总结了化妆品中常见前处理方法的适用对象及其优缺点。

### 2.1. 浊点萃取法(CPE)

1976年,Watanabe首次在研究中介绍了CPE[2],其机理为:临界胶束浓度以上的表面活性剂水溶液经加热或加盐后会产生相的分离,形成表面活性剂相和水相,待测组分则被富集至表面活性剂相中。该方法可同时对样品进行提取净化,且耗时短、环保(较少或者不使用有机溶剂)[3],目前主要用作液体、乳剂和膏霜类化妆品的前处理,萃取对象包括抗氧化剂(没食子酸丙酯、丁基羟基茴香醚等)、重金属离子(砷、铅、镉等)和二乙醇胺等。Liu等[4]采用表面活性剂十二烷基聚氧乙烯醚形成的胶束萃取化妆品(洗面奶、润肤乳、爽肤水)中4种抗氧化剂,液相色谱法测定,回收率为90%~110%,该方法经济环保,样品前处理步骤简单。Li[5]等采用丹黄酰氯作为乳剂和膏霜类化妆品中二乙醇胺的衍生化试剂,衍生化产物经浊点法被萃取浓缩至表面活性剂相,液相色谱法分析,回收率范围为89.9%~96.4%,该方法在同一体系中同时实现了衍生化、萃取、浓缩三个步骤,具有简便、快速等特点。Altunay等[6][7]分别建立了浊点萃取法分离富集唇膏、洗发露等化妆品中的重金属元素,并结合光谱法、色谱法测定,该方法萃取效率好、富集倍数高,适用于多种不同基质化妆品的分析。

### 2.2. 固相萃取(SPE)

SPE作为色谱分析最常用的前处理方法之一,目前已广泛应用于水中痕量污染物[8]与果蔬中农药残

留的分析[9]等。该方法因操作简单、富集倍数高,近年来逐渐被应用于液体、乳剂及膏霜类化妆品的分析,萃取的对象主要有糖皮质激素(氢化可的松、泼尼松龙、地塞米松等)、中药有效成分(黄芩苷、生物碱等)和亚硝胺类物质等。根据目标物的性质,选择合适的固相萃取填料进行分离富集,其中常用的固相萃取柱一般为市售的 C18、PSA 和 HLB 等,部分研究则通过合成分子印迹聚合物进行固相萃取。近年来有关 SPE 在化妆品中的应用见表 2。

### 2.3. 超声辅助萃取(UAE)

UAE 是利用超声波辐射压强产生的强烈空化效应、机械振动、乳化、扩散等多级效应,增加溶剂穿透力,从而加速目标成分进入溶剂,促进提取的进行[18]。该方法快速、高效、适用性广,是样品前处理中最简单的一种技术手段,可作为不同基质化妆品(如:固体、液体、乳液及膏霜类)的前处理方法,防腐剂(对羟基苯甲酸酯、脱氢乙酸和苯甲酸等)、激素(糖皮质激素、甾体激素、性激素等)和抗生素等均可采用该提取技术进行分析。李艺璇等[19]采用甲醇超声提取祛痘乳样品中的 10 种防腐剂,液相色谱法分析,回收率为 71.89%~113.38%,RSD 小于 4.54%。Ma 等[20]以甲醇和水的混合溶液作为乳液、面霜等化妆品的提取溶剂,采用液质联用法测定样品中的 22 种香豆素类衍生物,结果测得有 3 批为阳性,样品的回收率均在 80.2%~93.1%之间,RSD 均小于 15%。杨德辉等[21]利用双频超声波萃取结合高效液相色谱法同时

**Table 1.** Applicable matrices, advantages and disadvantages of common pretreatment methods for cosmetic samples

**表 1.** 化妆品样品常见前处理方法的适用对象以及优缺点

Pretreatment method	Applicable matrix	Advantage	Disadvantage
浊点萃取法	液体、乳剂和膏霜类	经济环保,样品前处理步骤简单	耗时、易受温度影响
固相萃取	液体、乳剂及膏霜类	操作简单、富集倍数高	回收率高、成本高
超声辅助萃取	固体、液体、乳液及膏霜类等绝大多数样品	快速、高效、适用性广	样品基质较复杂,需经过进一步净化处理
分散液液微萃取	化妆水和洗发露等水溶性化妆品	该方法富集效率高,有机溶剂使用量少	稳定性差,易受环境温度影响
微波消解法	固体类化妆品	快速、高效、安全	耗时且操作繁琐

**Table 2.** SPE methods for pretreatment of cosmetics

**表 2.** 固相萃取在化妆品样品前处理中的应用

Sample	Target compound	Adsorbent	Recovery/%	RSD/%	Reference
面膜	53 种糖皮质激素	Oasis HLB、Cleanert PEP 和 Hyper Sep Retain PEP 固相萃取柱	66.8~106.3	3.9~13.2	[10]
化妆水、乳液、膏霜和粉剂	81 种糖皮质激素	C18 和 PSA 固相萃取柱	68.8~105.3	2.9~13.1	[11]
乳液,面霜和面膜	黄芩苷	Oasis Max 阴离子交换柱	81.3~101.6	<5.12	[12]
乳液、精油、化妆水和护发素等	三七皂甙	Oasis HLB 固相萃取柱	80.9~93.0	1.9~8.2	[13]
化妆水、保湿霜、护肤霜和沐浴露	生物碱和夹竹桃苷	C18 和 PSA 固相萃取柱	86.9~116.5	<8.8	[14]
面霜、唇膏	氧化性胆固醇	正压固相萃取仪	86~113	<10	[15]
洁面乳、睫毛膏、唇彩等	N-亚硝基乙二醇胺	Bond Elut AccuCAT 固相萃取柱	90.8~115.8	<11.1	[16]
护肤水、乳、美白霜、防晒霜和隔离霜	6 种紫外吸收剂	自制的石墨烯海绵	61.1~119.0	<1.0	[17]

测定乳霜类化妆品中 7 种甾体激素, 回收率为 86.0%~113.2%, 检出限为 20~50 ng/mL。Meng 等[22]采用超声辅助提取法, 从乳液和面霜化妆品中提取种 100 种非法添加物(抗生素、糖皮质激素、性激素), 结合高分辨质谱进行测定, 该方法灵敏度高、结果准确且可实现高通量筛查。

#### 2.4. 分散液液微萃取(DLLME)

Rezaee 等[23]于 2006 年首次提出了 DLLME 技术, 其基本原理是微量萃取剂在分散剂作用下形成分散的液滴, 均匀的分布于样品水溶液中并形成乳浊液, 经离心分层后, 目标物被萃取和富集至萃取剂中。该方法富集效率高, 有机溶剂使用量少, 多用于化妆水和洗发露等水溶性化妆品的分析, 萃取的目标物包括水溶性(甲醛、N-亚硝基二乙醇胺等)和脂溶性(防腐剂、维生素等)物质。Sharafi 等[24]采用丙酮、十一醇和二乙基二硫代磷酸形成的混合体系注入到经微波消解后的样品水相中, 并产生浑浊的分散液微萃取体系, 离心后目标物铅离子被萃取至萃取剂十一醇中, 经条件优化, 该方法测得口红和染发剂中目标物的回收率可达 90%~109.7%, RSD 小于 8.3%。Pilar 等[25]采用加压液体萃取法分离获得样品中的生育酚和生育三烯酚, 结合乙腈与四氯化碳形成的微萃取体系进行富集净化, 毛细管液相色谱进行分析, 目标物的回收率在 87%~105%之间, 相应的 RSD 小于 7.8%。Chisvert 等[26]将丙酮和水快速注入甲苯样品液中混合形成液相微萃取体系, 面霜、沐浴露中的 N-亚硝基二乙醇胺被萃取至水中, 液相色谱法测定, 回收率为 87%~117%, 该方法已成功用于乳膏和沐浴露等化妆品的分析, 且萃取过程不使用毒性大的有机氯溶剂, 绿色环保。Xue 等[27]建立了氯仿和异丙醇的分散体系用于萃取水剂和油状化妆品中的 7 种防腐剂, 高效毛细管电泳测定, 回收率为 71.1%~112.6%。

#### 2.5. 微波消解法

Abu-Samra 等[28]首次采用微波消解法处理生物样品, 其原理是通过分子极化和离子导电两个效应对物质直接加热, 促使固体样品表层快速破裂, 产生新的表面与溶剂作用, 该方法快速、高效、安全, 近年来常用于提取固体类化妆品中的重金属元素。陈文亮等[29]采用微波消解法检测固态化妆品中硒的含量, 回收率为 92.5%~103.6%, RSD 为 0.98%~2.53%。何霜等[30]建立了超级微波消解法测定乳剂、粉剂和霜膏等化妆品中 8 种重金属元素, 回收率为 88.5%~108.5%, RSD 均小于 3.89%。Alqadami 等[31]采用微波消解法提取美白类化妆品中的 6 种重金属, 回收率为 90%~105%, RSD 均小于 3%。Kim 等[32]同样采用微波消解法测定粉末类化妆品中 3 种有害元素, 并首次开发了用于粉末状化妆品方法验证和质量控制的参考物质, 可满足化妆品行业的监管需求。部分研究也采用微波消解法提取化妆品中的硼和硼酸盐[33]等。

### 3. 禁用物质的检测方法

合适的前处理方法可保证样品信息在源头上不发生遗漏, 但同时还应结合适当的检测方法对样品进行快速、高通量筛查。目前, 化妆品中最常添加的禁用药物包括激素、抗生素、雌激素等, 主要的检测方法有高效液相色谱法(High performance liquid chromatography, HPLC)、气相色谱法(Gas chromatography, GC)、液相色谱 - 质谱联用技术(Liquid chromatography-mass spectrometry, LC-MS)、气相色谱 - 质谱联用技术(Gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)和毛细管电泳技术(Capillary electrophoresis, CE)等。表 3 总结了几种常见分析方法的检测对象及其优缺点。

#### 3.1. 气相色谱法(GC)

GC 法是利用物质的沸点、极性、吸附性质的差异来实现物质的分离, 因此主要用于测定热稳定性好、挥发性强的物质, 近年来常作为低粘度的膏霜类、乳液类和水类化妆品中酚类化合物、有机溶剂等禁用物质的分析方法。常用的检测器包括: 氢火焰离子化检测器(FID)、热导检测器(TCD)、电子捕获检测器

(ECD), 由于挥发性有机物在 FID 中几乎均有响应, 因此 FID 是目前 GC 法中使用最为广泛的检测器。刘芸等[34]建立了 GC- $\mu$ FID 法测定香水化妆品中的甲醇残留量, 回收率为 98.8%~103%, 甲醇的绝对检出限为 5 ng。王小兵等[35]采用顶空进样 - 毛细管柱 - 气相色谱法结合 FID 检测器测定化妆品中甲醇含量, 平均回收率为 99.7%, RSD 为 3.0%。刘迎春等[36]利用 GC- $\mu$ FID 同时测定化妆品中 7 种酚类化合物, 检出限为 0.59~1.45  $\mu$ g/mL, 回收率为 94.1%~110.0%。二噁烷[37]、香豆素类[38]等禁用物质也常用 GC 法进行测定。但 GC 法不能由色谱图直接给出未知物的定性结果, 而必须由已知的标准品作对照, 因此在一定程度上限制了 GC 法的发展。

### 3.2. 气相色谱 - 质谱联用法(GC-MS)

GC 法具备快速、简便的特点, 再结合 MS 高灵敏度、高选择性的优势, 因此 GC-MS 法更适于痕量物质的分析, 再利用标准数据库进行比对, GC-MS 法可对样品实现快速、高通量筛查, 相比 GC 法其应用范围大大增加。测定的目标物包括: 有机溶剂、杀菌剂、农药、氮芥和二噁烷等挥发性禁用物质, 具体见表 4。

**Table 3.** Target compound, advantages and disadvantages of common detection methods for cosmetic samples

**表 3.** 化妆品样品常见分析方法的检测对象以及优缺点

Detection method	Target compound	Advantage	Disadvantage
气相色谱法	酚类化合物、有机溶剂	可用于测定热稳定性好、挥发性强的物质	定性要求具备标准物质、不适用于测定难挥发的物质
气相色谱 - 质谱联用法	有机溶剂、杀菌剂、农药、氮芥和二噁烷等挥发性禁用物质	采用标准谱库可实现快速定性、适合痕量物质的分析	价格昂贵、价格昂贵、不适用于测定难挥发性物质
液相色谱法	抗生素、苯酚和蒽醌等非气态且具有紫外吸收的禁用物质	具有分析速度快、灵敏度高、重现性好等	基质干扰严重、易出现假阳性结果
液相色谱 - 质谱联用法	几乎所有的禁用物质	适用于复杂基质中的痕量和微量物质的分析	仪器操作复杂、维护成本高
毛细管电泳法	限用物质和防腐剂	简便、快速、可实现微量分析	重现性差、分离能力弱
拉曼光谱法	甲硝唑、二噁烷等	灵敏度高、分析速度快、稳定性好、无破坏无污染等特点	荧光散射现象会干扰检测结果

**Table 4.** Application of GC-MS for the analysis of cosmetics

**表 4.** 气相色谱 - 质谱联用技术在化妆品检测中的应用

Sample	Target compound	Result	Reference
水剂、乳液、膏霜类、粉类等	硫酸二甲酯、硫酸二乙酯	未检出	[39]
护肤霜、化妆水	亚硝胺类物质	1 批阳性样品	[40]
非水溶性霜类化妆品	亚硝胺类物质	无数据	[41]
洗面奶、营养水、保湿乳	挥发性有机溶剂	4 批阳性样品	[42]
洗发水、爽肤水、眼霜及指甲油等	挥发性有机溶剂	5 批阳性样品	[43]
水剂、乳液、膏霜剂	杀菌剂	未检出	[44]
乳液、水剂、膏霜剂	氮芥	未检出	[45] [46]
日霜、精华液、爽肤水和洁面乳	苯酚和氢醌	2 批阳性样品	[47]
按摩油类化妆品	多环芳烃	12 批阳性样品	[48]
育发类化妆品	斑蝥素	无数据	[49]
水剂、膏霜类	硝基咪唑类物质	1 批阳性样品	[50]
膏霜、乳剂类	增塑剂和麝香	4 批阳性样品	[51]

### 3.3. 液相色谱法(LC)

LC 具有分析速度快、灵敏度高、重现性好等特点,再加上不受目标物挥发性和热稳定性的影响,近年来已成为样品检测的主流方法,常用的检测器为紫外检测器,因此测定的目标物需含有共轭体系,目前该方法已广泛用于分析膏霜类、水剂类等基质稍简单的化妆品中抗生素、苯酚和蒽醌等非气态且具有紫外吸收的禁用物质。丁怡等[52]采用 LC 法测定水基类、凝胶类和膏霜类化妆品中的 7 种抗生素,回收率为 86.1%~110.0%, RSD 小于 6.9%。兰玉坤等[53]建立 RPLC 法同时测定 3 种不同基质(乳液、凝胶和霜类)化妆品中的 17 种抗生素,回收率为 68%~125%, RSD 小于 2.5%。陈沛金等[54]采用 HPLC 法测定油脂成分含量差异较大的两类化妆品中的苯酚和蒽醌,回收率为 87%~102%, RSD 小于 4%,该方法未测得样品中含有两种禁用组分。赵江丽等[55]利用 LC 法测定不同基质美白祛斑产品中的苯酚和氢醌,回收率为 98.4%~102.2%, RSD 为 0.3%~1.8%。化妆品中激素[56]、甲硝唑[57]、甲醛[58]和亚硝酸胺[26]等禁用物质也常采用 LC 法进行检测,通过比对保留时间和紫外吸收图谱即可对样品进行初步筛查,准确性大大提高。

### 3.4. 液相色谱 - 质谱联用法(LC-MS)

采用 LC 法分析时存在分离时间长、基质干扰严重的情况,且对被测物质的结构具有一定要求,质谱的出现则很好地解决了上述问题,LC-MS 法快速准确、选择性好、灵敏度高,克服了无紫外吸收目标物的测定问题,尤其适用于复杂基质中的痕量和微量物质的分析。随着质谱技术的发展,LC-MS 法已成为膏霜剂、乳剂类化妆品中的禁用物质的首选检测方法。近年来 LC-MS 法测定化妆品中禁用物质的示例见表 5。

### 3.5. 毛细管电泳法(CE)

CE 是以高压电场为驱动力,毛细管为分离通道,根据样品组分间的淌度和分配行为上不同而实现分离的一项技术,主要用于无机离子和生物大分子的检测,该方法具有简便、快速、可实现微量分析等特点,在化妆品禁用物质的检测方面也有一定的应用。李疆等[73]采用毛细管区带电泳(CZE)测定化妆品中的

**Table 5.** Application of LC-MS for the analysis of cosmetics

**表 5.** 液相色谱 - 质谱联用技术在化妆品检测中的应用

Sample	Target compound	Result	Reference
化妆水、膏霜、香波和散粉类	香豆素及其衍生物	未检出	[59]
乳膏、粉剂、胶囊剂	6 种糖皮质激素	1 批阳性样品	[60]
乳液、面霜、粉剂、水剂、凝胶剂	43 种糖皮质激素	23 批阳性样品	[61]
凝胶剂、膏剂	10 种皮质类固醇	未检出	[62]
化妆水、精华乳	3 种激素	无数据	[63]
膏霜类	11 种皮质类固醇	无数据	[64]
水剂、乳剂、膏霜、粉剂	16 种抗生素和硝基咪唑	无数据	[65]
乳液、凝胶	15 种雄激素	未检出	[66]
水剂、乳液、霜剂	25 种喹诺酮类药物	无数据	[67]
膏霜剂、洗液	11 种抗生素	3 批阳性样品	[68]
水剂、乳液、霜剂、面膜	保泰松与氨基比林	未检出	[69]
膏霜剂、粉剂、乳液等	14 种着色剂	16 批阳性样品	[70]
水剂、乳剂、卸妆油	21 种性激素	3 批阳性样品	[71]
膏霜剂、乳液、水剂	15 种性激素	1 批阳性样品	[72]

米诺地尔, 回收率在 93.4%~95.9%之间, RSD 为 3.3%~3.7%, 采用该方法测定 4 批育发样品, 结果均呈阴性。郭成方等[74]采用大体积进样-非匀强电场扫集微乳毛细管电动色谱法测定化妆品中的糖皮质激素, 在最优条件下, 目标物的富集倍数高达 800 以上。该方法适于不同基质化妆品中禁用物质的分析, 但由于重现性较差, 因此主要用于测定化妆品中的限用物质[75][76]和防腐剂[77][78]等, 对于禁用物质的检测, 该方法还需做进一步的改进。

### 3.6. 拉曼光谱法

拉曼散射效应[79]是指光照射到物质上时, 散射光与入射光的频率和传播方向均产生了改变的一种非弹性散射, 该现象首先由印度物理学家 C.V. Roman 发现。拉曼光谱法具有极高的灵敏度, 可对痕量物质进行分析, 其中显微拉曼光谱因灵敏度高、分析速度快、稳定性好、无破坏无污染等特点, 因此特别适用于现场检测, 其光路图如图 1 所示, 即将外界激光光源通过拉曼探头, 经由双光路切换器耦合进入显微镜系统, 并聚焦于样品位置处, 实现对物体的拉曼激发, 随后滤光片对被激发点所返回的光进行过滤, 透过狭缝后经光栅进行分光, 最后利用微型光谱仪对接收到的拉曼光及荧光进行采谱及分析。李革等[80]采用拉曼光谱快速筛查化妆品中的甲硝唑, 检出浓度可低至 0.1%左右。张慧敏等[81]利用显微激光拉曼光谱仪测定了乳剂、水剂、膏霜剂、粉剂等化妆品的真伪及质量, 该方法简便快捷, 有望成为化妆品行业实时监控和质量管理的工具。陈宇宇等[82]以金纳米粒子作为表面增强拉曼散射基底, 采用显微激光拉曼光谱仪测定儿童化妆品中的二噁烷, 并取得了满意的测定结果。

### 3.7. 其他方法

除上述 6 种检测方法外, 化妆品中的禁用物质还采用离子迁移谱法(Ionmobility spectrometry, IMS) [83][84]、X 射线衍射仪 - 偏光显微镜联用法[85]等进行测定。

## 4. 结论与展望

随着化妆品行业的快速发展, 其安全性也越来越受到人们的关注, 由于化妆品基质复杂, 对于微量目标物的分析, 需选用合适的前处理方法及适当的检测手段。微波辅助萃取作为一种传统的前处理方法, 主要用于化妆品中重金属的分离提取。超声辅助萃取法由于操作简便、提取效率高而被广泛使用, 但对目标物的萃取选择性低, 基质干扰较严重, 再加上有机溶剂的使用量大, 因此近年来相继出现了浊点萃取、固相萃取、分散液 - 液微萃取等绿色环保的前处理技术。但上述方法对目标物的提取均不具有广谱性, 由于化妆品中检测对象繁多, 因此开发高通量、高选择性、高灵敏度的前处理方法一直是该研究领

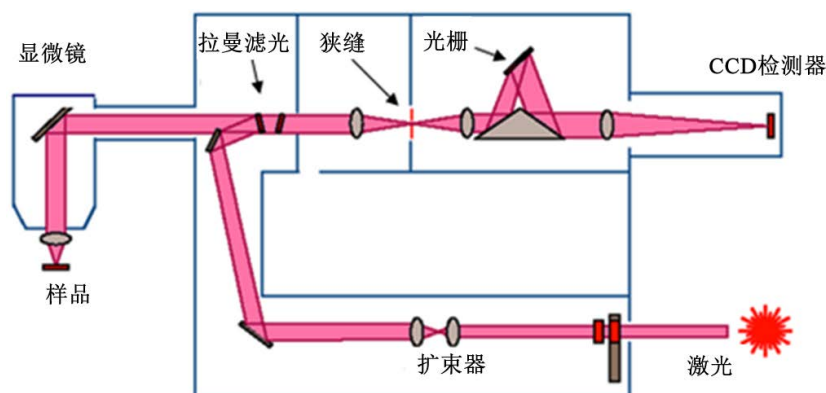


Figure 1. Schematic of the laser micro-Raman spectrometry  
图 1. 激光显微拉曼光谱仪的示意图

域的热点。对于目标物的检测,毛细管电泳法因分析速度快、有机试剂的使用量少,近年来逐渐应用于化妆品的分析,但重现性差一直是该方法所要解决的关键问题;色谱法因操作简单、灵敏度高等特点而被广泛使用,但易出现假阳性的结果,因此无法对阳性样品进行最终确证;液质联用法准确性高、灵敏度好,是鉴别化妆品中禁用药物的首选方法,但操作复杂、维修费用高;拉曼光谱法作为一种新兴技术,具有灵敏度高、分析速度快等优点,但其最大的一个缺点是荧光散射现象会对拉曼光谱分析产生干扰,由于拉曼散射光较弱,若样品基质存在荧光吸收,拉曼光谱将会被荧光所淹没,因此该方法还有待进一步的发展。由此可见,开发快速简便、准确性高、重现性好且成本较低的检测技术是未来的发展趋势。

## 基金项目

深圳市科技计划项目(JCYJ20160530190156590)资助。

## 参考文献

- [1] 于晓瑾, 穆同娜. 国内外化妆品禁限用物质检测方法相关法规和标准综述[J]. 日用化学工业, 2013, 43(6): 463-468.
- [2] Mitira, J., Ishii, H. and Watanabe, H. (1976) Extraction and Separation of Nickel Chelate of 1-(2-Thiazolylazo)-2-Naphthol in Nonionic Surfactant Solution. *Japan Analyst*, **25**, 808-809. <https://doi.org/10.2116/bunsekikagaku.25.808>
- [3] Pytlakowska, K., Kozik, V. and Dabioch, M. (2013) Complex-Forming Organic Ligands in Cloud-Point Extraction of Metal Ions: A Review. *Talanta*, **110**, 202-228. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2013.02.037>
- [4] Liu, C., Wang, J. and Yang, Y.L. (2014) High-Performance Liquid Chromatography Determination of Antioxidants in Cosmetics after Cloud Point Extraction Using Dodecylpolyoxyethylene Ether. *Analytical Methods*, **6**, 6038-6043. <https://doi.org/10.1039/C4AY01007H>
- [5] Li, X.W., Shi, J.J., Chen, L.G. and Liu, Y.Q. (2016) Determination of Diethanolamine in Cosmetics Based on Micellar Extraction *in Situ* Derivatization Coupled with High Performance Liquid Chromatography. *Analytical Methods*, **8**, 2915-2922. <https://doi.org/10.1039/C6AY00217J>
- [6] Altunay, N. and Gürkan, R. (2016) Determination of Low Levels of Cd(II) in Cosmetic Products by Spectrophotometry after Separation/Preconcentration with Cloud Point Extraction. *Analytical Methods*, **8**, 2673-2683. <https://doi.org/10.1039/C5AY03330F>
- [7] Altunay, N. and Gürkan, R. (2016) A Simple and Efficient Approach for Preconcentration of Some Heavy Metals in Cosmetic Products before Their Determinations by Flame Atomic Absorption Spectrometry. *Turkish Journal of Chemistry*, **40**, 988-1001. <https://doi.org/10.3906/kim-1604-76>
- [8] 嵇青倩, 程晓东, 曹晓磊, 李本高. 固相萃取技术对水中痕量有机物分析进展[J]. 广东化工, 2017, 44(2): 77-78.
- [9] 张仟春, 肖小华, 李攻科. 样品前处理-色谱在线分析农药残留的研究进展[J]. 分析科学学报, 2013, 29(4): 573-578.
- [10] 罗辉泰, 黄晓兰, 吴惠勤, 朱志鑫, 黄芳, 林晓珊, 马叶芬, 邓欣, 周培才, 张秋炎, 简艳婷. 固相萃取/液相色谱-串联质谱法同时测定面膜类化妆品中非法添加的 53 种糖皮质激素[J]. 分析测试学报, 2016, 35(2): 119-126.
- [11] 罗辉泰, 黄晓兰, 吴惠勤, 张秋炎, 朱志鑫, 黄芳, 林晓珊, 马叶芬, 邓欣. 分散固相萃取-液相色谱-串联质谱法同时快速测定化妆品中 81 种糖皮质激素[J]. 色谱, 2017, 35(8): 816-825.
- [12] Gu, Y.X., Yu, C.H. and Zhou, Z.L. (2016) Determination of Baicalin in Cosmetics and Toothpaste by Solid-Phase Extraction and High-Performance Liquid Chromatography. *Instrumentation Science & Technology*, **44**, 593-602. <https://doi.org/10.1080/10739149.2016.1177541>
- [13] Peng, Y., Wu, Z.J., Huo, Y.P., Chen, Y.W., Lu, F.H., Peng, Q. and Liang, Y.Y. (2017) Simultaneous Determination of Ginsenosides Rg1, Re, and Rb1 and Notoginsenoside R1 by Solid Phase Extraction Followed by UHPLC-MS/MS and Investigation of Their Concentrations in Various Kinds of Cosmetics. *Analytical Methods*, **9**, 5441-5448. <https://doi.org/10.1039/C7AY01651D>
- [14] Xun, Z., Liu, D., Huang, R., He, S., Hu, D., Guo, X. and Xian, Y. (2017) Simultaneous Determination of Eight Alkaloids and Oleandrin in Herbal Cosmetics by Dispersive Solid-Phase Extraction Coupled with Ultra High Performance Liquid Chromatography and Tandem Mass Spectrometry. *Journal of Separation Science*, **40**, 1966-1973. <https://doi.org/10.1002/jssc.201601427>



- [15] Schrack, S., Hohl, C. and Schwack, W. (2016) Oxysterols in Cosmetics-Determination by Planar Solid Phase Extraction and Gas Chromatography-Mass Spectrometry. *Journal of Chromatography A*, **1473**, 10-18. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2016.10.056>
- [16] Joo, K.M., Shin, M.S., Jung, J.H., Kim, B.M., Lee, J.W., Jeong, H.J. and Lim, K.M. (2015) Determination of N-nitrosodiethanolamine, NDELA in Cosmetic Ingredients and Products by Mixed Mode Solid Phase Extraction and UPLC-Tandem Mass Spectrometry with Porous Graphitic Carbon Column through Systemic Sample Pre-Cleanup Procedure. *Talanta*, **137**, 109-119. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2015.01.019>
- [17] 王雪梅, 王娟, 杜彤彤, 马晓敏, 卢小泉. 基于石墨烯海绵的固相萃取液相色谱法测定化妆品中 6 种紫外吸收剂[J]. 色谱, 2018, 36(3): 190-194.
- [18] 谢振伟, 但德忠, 赵燕, 周娜. 超声波辅助萃取技术在样品预处理中的应用[J]. 化学通报: 网络版, 2005, 68(1): 1-11.
- [19] 李艺璇, 罗敏, 邓媛媛, 李楠, 朱军, 张晓玲. 超声辅助萃取-高效液相色谱法同时检测化妆品中 10 种防腐剂[J]. 南京医科大学学报: 自然科学版, 2018, 38(1): 49-53.
- [20] Ma, Q., Xi, H.W., Ma, H.J., Meng, X.S., Wang, Z.M., Bai, H., Li, W.T. and Wang, C. (2015) Simultaneous Separation and Determination of 22 Coumarin Derivatives in Cosmetics by UPLC-MS/MS. *Chromatographia*, **78**, 241-249. <https://doi.org/10.1007/s10337-014-2841-3>
- [21] 杨德辉, 林蔚梅, 戴学良, 王兵. 双频超声波萃取前处理及高效液相色谱法同时测定化妆品中七种甾体激素[J]. 香料香精化妆品, 2015(1): 45-47.
- [22] Meng, X.S., Bai, H., Guo, T., Niu, Z.Y. and Ma, Q. (2017) Broad Screening of Illicit Ingredients in Cosmetics Using Ultra-High-Performance Liquid Chromatography-Hybrid Quadrupole-Orbitrap Mass Spectrometry with Customized Accurate-Mass Database and Mass Spectral Library. *Journal of Chromatography A*, **1528**, 61-74. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2017.11.004>
- [23] Rezaee, M., Assadi, Y., Hosseini, M.M., Aghaee, E., Ahmadi, F. and Berijani, S. (2006) Determination of Organic Compounds in Water Using Dispersive Liquid-Liquid Microextraction. *Journal of Chromatography A*, **1116**, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2006.03.007>
- [24] Sharafi, K., Fattahi, N., Pirsaeheb, M., Yarmohamadi, H. and Fazlzadeh, D.M. (2015) Trace Determination of Lead in Lipsticks and Hair Dyes Using Microwave-assisted Dispersive Liquid-liquid Microextraction and Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry. *International Journal of Cosmetic Science*, **37**, 489-495. <https://doi.org/10.1111/ics.12221>
- [25] Viñas, P., Pastor-Belda, M., Campillo, N., Bravo-Bravo, M. and Hernández-Córdoba, M.J. (2014) Capillary Liquid Chromatography Combined with Pressurized Liquid Extraction and Dispersive Liquid-Liquid Microextraction for the Determination of Vitamin E in Cosmetic Products. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, **94**, 173-179.
- [26] Chisvert, A., Benedé, J.L., Peiró, M., Pedrón, I. and Salvador, A. (2017) Determination of N-nitrosodiethanolamine in Cosmetic Products by Reversed-Phase Dispersive Liquid-Liquid Microextraction Followed by Liquid Chromatography. *Talanta*, **166**, 81-86. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2017.01.037>
- [27] Xue, Y., Chen, N., Luo, C., Wang, X. and Sun, C. (2013) Simultaneous Determination of Seven Preservatives in Cosmetics by Dispersive Liquid-Liquid Microextraction Coupled with High Performance Capillary Electrophoresis. *Analytical Methods*, **5**, 2391-2397. <https://doi.org/10.1039/c3ay00069a>
- [28] Abusamra, A., Morris, J.S. and Koirtiyohann, S.R. (1975) Wet Ashing of Some Biological Samples in a Microwave Oven. *Analytical Chemistry*, **47**, 1475-1477. <https://doi.org/10.1021/ac60358a013>
- [29] 陈文亮, 陈晓燕, 郑红林. 微波消解-ICP-OES 法测定化妆品中硒含量[J]. 广东化工, 2016, 43(24): 139-140.
- [30] 何霜, 寻知庆, 黄少漫, 李琼, 吴楚森, 叶嘉荣. 超级微波消解-ICP-MS 法快速测定不同基质化妆品中 8 种重金属元素[J]. 日用化学工业, 2017, 47(10): 593-597.
- [31] Alqadmi, A.A., Naushad, M., Abulhassan Abdalla, M., Khan, M.R., Alothman, Z.A., Wabaidur, S.M. and Ghfar, A.A. (2017) Determination of Heavy Metals in Skin-Whitening Cosmetics Using Microwave Digestion and Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry. *IET Nanobiotechnology*, **11**, 597-603. <https://doi.org/10.1049/iet-nbt.2016.0212>
- [32] Kim, S.H., Lim, Y., Hwang, E. and Yim, Y.H. (2016) Development of an ID ICP-MS Reference Method for Determination of Cd, Hg and Pb in Cosmetic Powder Certified Reference Material. *Analytical Methods*, **8**, 796-804. <https://doi.org/10.1039/C5AY02040A>
- [33] 郝春慧, 冷桃花. 微波消解 - 电感耦合等离子体质谱法测定化妆品中硼及硼酸盐含量[J]. 香料香精化妆品, 2016(3): 44-46.
- [34] 刘芸, 李志全, 何蔓. 气相色谱 - 氢火焰离子化检测法测定香水样品中痕量甲醇[J]. 分析科学学报, 2018, 34(1): 116-118.

- [35] 王小兵, 李俊婕, 田晨颖, 刘莹, 蒋亚奇, 郑静. 顶空进样 - 毛细管柱 - 气相色谱法测定化妆品中甲醇的方法改进[J]. 香料香精化妆品, 2017(5): 33-36.
- [36] 刘迎春, 吉华贵, 陈杰, 罗霞. 毛细管气相色谱法同时测定化妆品中 7 种酚类化合物[J]. 中国卫生检验杂志, 2015, 25(20): 3448-3450.
- [37] Fernandezalvarez, M., Lamas, J.P., Sanchez-prado, L., Llompart, M., Garcia-Jares, C. and Lores, M. (2010) Development of a Solid-Phase Microextraction Gas Chromatography with Microelectron-Capture Detection Method for the Determination of 5-Bromo-5-nitro-1,3-dioxane in Rinse-Off Cosmetics. *Journal of Chromatography A*, **1217**, 6634-6639. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2010.04.027>
- [38] 郑晨阳, 顾华, 余肖峰, 邵超英. 气相色谱法同时测定化妆品中 7 种香豆素类化合物[J]. 香料香精化妆品, 2016(4): 28-32.
- [39] 吴楚森, 王斌, 王莉, 刘冬虹, 吴玉奎, 侯向昶, 洗燕萍. 气相色谱 - 质谱联用测定化妆品中硫酸二甲酯与硫酸二乙酯[J]. 分析测试学报, 2018, 37(1): 70-75.
- [40] Dong, H., Guo, X.D., Xian, Y.P., Luo, H., Wan, B. and Wu, Y.L. (2015) A Salting Out-Acetonitrile Homogeneous Extraction Coupled with Gas Chromatography-Mass Spectrometry Method for the Simultaneous Determination of Thirteen N-Nitrosamines in Skin Care Cosmetics. *Journal of Chromatography A*, **1422**, 82-88. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2015.10.044>
- [41] Choi, N.R., Kim, Y.P., Ji, W.H., Hwang, G.S. and Ahn, Y.G. (2016) Identification and Quantification of Seven Volatile N-Nitrosamines in Cosmetics Using Gas Chromatography/Chemical Ionization-Mass Spectrometry Coupled with Head Space-Solid Phase Microextraction. *Talanta*, **148**, 69-74. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2015.10.045>
- [42] 车文军, 沈珺, 王燕芹, 王小丹, 浦婕. 静态顶空/气相色谱 - 质谱法同时测定化妆品中 22 种有毒挥发性有机溶剂残留[J]. 分析测试学报, 2017, 36(5): 697-700.
- [43] 达晶, 黄湘鹭, 王钢力, 曹进, 张庆生. 化妆品中挥发性有机溶剂的通用检测方法[J]. 色谱, 2014, 32(11): 1251-1259.
- [44] 孟宪双, 李晶瑞, 马强, 白桦, 张庆, 吕庆, 郭项雨. 分散固相萃取净化/气相色谱 - 质谱联用法同时测定祛痘类化妆品中的 3 种禁用杀菌剂[J]. 分析测试学报, 2015, 34(8): 944-948.
- [45] 任睿, 李坤丽, 汪瑾彦, 康威, 苏进, 杨淑珍, 张园园. 气相色谱 - 质谱法测定育发类化妆品中氮芥、斑蝥素的含量[J]. 香料香精化妆品, 2016(5): 40-43.
- [46] 刘运明, 周长美, 吴健. 气相色谱 - 质谱联用法测定乳液类化妆品中的氮芥[J]. 中国卫生检验杂志, 2015, 25(4): 477-479.
- [47] 陈少波, 蒲云月, 余雯静, 徐振东. 气相色谱 - 质谱法测定化妆品中苯酚和氢醌[J]. 分析测试技术与仪器, 2017, 23(3): 176-179.
- [48] 谢建军, 王璐, 李菊, 丁博, 曾广丰, 王志元, 陈文锐. 分子印迹固相萃取 - 气相色谱 - 质谱联用法检测按摩油类化妆品中 16 种多环芳烃[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(8): 3134-3139.
- [49] 刘运明, 姜新. QuEChERS-气相色谱 - 质谱联用法测定育发类化妆品中的斑蝥素[J]. 江苏预防医学, 2016, 27(5): 534-536.
- [50] 何东, 李秀英, 洗燕萍, 方军, 郭新东. 气相色谱 - 质谱法测定祛痘化妆品中 4 种硝基咪唑类化合物[J]. 分析测试学报, 2015, 34(8): 911-916.
- [51] Llompart, M., Celeiro, M., Pablo, L.J., Sanchez-Prado, L., Lores, M. and Garcia-Jares, C. (2013) Analysis of Plasticizers and Synthetic Musks in Cosmetic and Personal Care Products by Matrix Solid-Phase Dispersion Gas Chromatography-Mass Spectrometry. *Journal of Chromatography A*, **1293**, 10-19. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2013.03.067>
- [52] 丁怡, 张静. 高效液相色谱法同时测定化妆品中 7 种抗生素和 12 种防腐剂[J]. 中国卫生检验杂志, 2017, 27(1): 18-21.
- [53] 兰玉坤, 赵欣欣, 白亚敏, 秦剑. 化妆品中 17 种抗生素的测定方法[J]. 中国卫生检验杂志, 2016, 26(2): 169-171.
- [54] 陈沛金, 梁宏, 肖锋, 林黎, 涂小珂. 高效液相色谱法同时测定化妆品中的 10 种美白活性成分及 2 种禁用成分[J]. 分析测试学报, 2017, 36(3): 403-408.
- [55] 赵江丽, 张敏, 张西茹, 孙茜, 宋更申, 贾东升. 测定美白类化妆品中氢醌和苯酚的高效液相色谱法改进研究[J]. 药物分析杂志, 2017, 37(3): 508-513.
- [56] Guo, P., Xu, X., Xian, L., Ge, Y., Luo, Z., Du, W., Jing, W., Zeng, A., Chang, C. and Fu, Q. (2016) Development of Molecularly Imprinted Column-On Line-Two Dimensional Liquid Chromatography for Rapidly and Selectively Monitoring Estradiol in Cosmetics. *Talanta*, **161**, 830-837. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2016.09.041>

- [57] Liu, M., Li, X.Y., Li, J.J., Su, X.M., Wu, Z.Y., Li, P.F., Lei, F.H., Tan, X.C. and Shi, Z.W. (2015) Synthesis of Magnetic Molecularly Imprinted Polymers for the Selective Separation and Determination of Metronidazole in Cosmetic Samples. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, **407**, 3875-3880. <https://doi.org/10.1007/s00216-015-8592-7>
- [58] Miralles, P., Chisvert, A., Alonso, M.J., Hernandorena, S. and Salvador, A. (2018) Determination of Free Formaldehyde in Cosmetics Containing Formaldehyde-Releasing Preservatives by Reversed-Phase Dispersive Liquid-Liquid Microextraction and Liquid Chromatography with Post-Column Derivatization. *Journal of Chromatography A*, **1543**, 34-39. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2018.02.031>
- [59] 孟宪双, 马强, 袁汉成, 白桦, 张庆, 郭项雨. 化妆品中致敏原香豆素及其衍生物的高效液相色谱法测定及质谱确证[J]. 分析测试学报, 2016, 35(7): 799-804.
- [60] Fiori, J. and Andrisano, V. (2014) LC-MS Method for the Simultaneous Determination of Six Glucocorticoids in Pharmaceutical Formulations and Counterfeit Cosmetic Products. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, **91**, 185-192. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2013.12.026>
- [61] Kim, N.S., Yoo, G.J., Lee, J.H., Park, H.J., Cho, S., Shin, D.W., Kim, Y. and Baek, S.Y. (2017) Determination of 43 Prohibited Glucocorticoids in Cosmetic Products Using a Simultaneous LC-MS/MS Method. *Analytical Methods*, **9**, 2104-2115. <https://doi.org/10.1039/C6AY03065C>
- [62] Giaccone, V., Polizzotto, G., Macaluso, A., Cammilleri, G. and Ferrantelli, V. (2017) Determination of Ten Corticosteroids in Illegal Cosmetic Products by a Simple, Rapid, and High-Performance LC-MS/MS Method. *International Journal of Analytical Chemistry*, **2017**, Article ID: 3531649. <https://doi.org/10.1155/2017/3531649>
- [63] Shi, C.X., Chen, Z.P., Chen, Y. and Yu, R.Q. (2015) Quantitative Analysis of Hormones in Cosmetics by LC-MS/MS Combined with an Advanced Calibration Model. *Analytical Methods*, **7**, 6804-6809. <https://doi.org/10.1039/C5AY01437A>
- [64] Golubović, J.B., Otašević, B.M., Protić, A.D., Stanković, A.M. and Zečević, M.L. (2015) Liquid Chromatography/Tandem Mass Spectrometry for Simultaneous Determination of Undeclared Corticosteroids in Cosmetic Creams. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, **29**, 2319-2327. <https://doi.org/10.1002/rcm.7403>
- [65] 孟茜, 郑荣, 王柯. 高效液相色谱-串联质谱法测定化妆品中 16 种抗真菌类和硝基咪唑类化合物[J]. 中国卫生检验杂志, 2016, 26(6): 784-788.
- [66] 李晶瑞, 马强, 孟宪双, 陈云霞, 马会娟, 张庆, 白桦. 超高效液相色谱-串联质谱法同时测定祛痘化妆品中的 15 种禁用雄激素[J]. 分析测试学报, 2015, 34(1): 43-49.
- [67] 林黎, 张毅, 涂小珂, 谢丽琪, 岳振峰, 康海宁, 吴卫东, 罗耀. 液相色谱-串联质谱法同时测定化妆品中的 25 种喹诺酮类药物[J]. 色谱, 2015, 33(3): 275-281.
- [68] 邵明媛, 王浩, 史海良, 杨红梅. 基于 QuEChERS 提取的液相色谱-串联质谱法测定化妆品中 11 种抗真菌药物残留[J]. 分析试验室, 2016, 35(4): 430-434.
- [69] 熊爽, 刘成雁, 王志嘉, 李红, 任雪冬, 王璐, 田福林, 赵海波. 超高效液相色谱-串联质谱法同时测定祛痘类化妆品中保泰松与氨基比林的研究[J]. 分析测试学报, 2017, 36(8): 980-985.
- [70] 姜子波, 任国杰, 毛希琴, 李春玲, 张国翠, 王灵芝. 高效液相色谱-串联质谱法同时测定化妆品中 14 种禁用着色剂[J]. 分析测试学报, 2016, 35(7): 792-798.
- [71] 张燕惠, 李玲玲, 王红梅. 高效液相色谱-串联质谱法测定化妆品中 10 种抗生素[J]. 中国卫生检验杂志, 2017, 27(18): 2600-2602.
- [72] 周智明, 罗卓雅. 液相色谱-串联质谱法测定化妆品中 15 种性激素[J]. 理化检验: 化学分册, 2018, 54(2): 161-166.
- [73] 李疆, 宋佳, 赵珊, 杨屹, 丁晓静. 化妆品中米诺地尔的毛细管区带电泳测定法[J]. 环境与健康杂志, 2017, 34(8): 701-703.
- [74] 郭成方, 商少明, 刘俊康, 沈洁, 孙雪婷, 何胜俊. 大体积进样-非匀强电场扫集微乳毛细管电动色谱法测定化妆品中糖皮质激素[J]. 分析测试学报, 2016, 35(6): 686-691.
- [75] Liu, P.Y., Lin, Y.H., Feng, C.H. and Chen, Y.L. (2012) Determination of Hydroxy Acids in Cosmetics by Chemometric Experimental Design and Cyclodextrin-Modified Capillary Electrophoresis. *Electrophoresis*, **33**, 3079-3086. <https://doi.org/10.1002/elps.201200213>
- [76] Xie, N., Ding, X., Wang, X., Wang, P., Zhao, S. and Wang, Z. (2014) Determination of Thioglycolic Acid in Cosmetics by Capillary Electrophoresis. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, **88**, 509-512. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2013.10.003>
- [77] Uysal, U.D. and Güray, T. (2008) Determination of Parabens in Pharmaceutical and Cosmetic Products by Capillary Electrophoresis. *Journal of Analytical Chemistry*, **63**, 982-986. <https://doi.org/10.1134/S1061934808100109>

- [78] 徐媛, 凌邦瓚, 姚冬, 张琳, 王彦, 阎超. 全自动定量胶束电动毛细管色谱检测化妆品中 5 种防腐剂[J]. 分析测试学报, 2015, 34(6): 676-680.
- [79] Jayaraman, A. and Ramdas, A.K. (1988) Chandrasekhara Venkata Raman. *Physics Today*, **41**, 56-64.  
<https://doi.org/10.1063/1.881128>
- [80] 李革, 李菁. 化妆品中非法添加甲硝唑的拉曼光谱快速筛查研究[J]. 中国药事, 2016, 30(4): 303-305.
- [81] 张慧敏, 马书荣, 王娜, 张衍亮. 拉曼光谱法快速检测化妆品[J]. 分析仪器, 2016(1): 33-37.
- [82] 陈宇宇, 陈来成, 彭俊璞, 温文忠, 余贵萍, 卢静霞, 胡建强. 应用表面增强拉曼光谱检测儿童化妆品中二噁烷的研究[J]. 广东化工, 2015, 42(3): 114-115.
- [83] 闫萌萌, 郭项雨, 孟宪双, 白桦, 雷海民, 马强. 原位采样离子化-离子迁移谱法测定化妆品中 5 种禁用香豆素类化合物[J]. 日用化学工业, 2017, 47(9): 536-540.
- [84] 孟宪双, 马强, 马龙华, 陈丽华, 韩超, 白桦, 吴青. 萃取纳升喷雾-离子迁移谱法现场快速筛查化妆品中 8 种禁用抗生素[J]. 色谱, 2016, 34(6): 596-601.
- [85] 王海瑞, 李伟亮. 粉末化妆品中石棉的测定[J]. 理化检验: 物理分册, 2017, 53(4): 255-259.

#### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2163-1557, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [aac@hanspub.org](mailto:aac@hanspub.org)