

## 高效液相色谱-荧光检测法同时测定化妆品中的 $\alpha$ -熊果苷、 $\beta$ -熊果苷、氢醌和苯酚

简龙海,袁晓倩,郑荣,王柯

(上海市食品药品检验所 国家药品监督管理局化妆品监测评价重点实验室,上海 201203)

**摘要 目的:**建立同时测定化妆品中  $\alpha$ -熊果苷、 $\beta$ -熊果苷、氢醌和苯酚的高效液相色谱-荧光检测(HPLC-FLD)法。**方法:**样品用甲醇提取,提取液采用  $C_{18}$  柱(250 mm  $\times$  4.6 mm  $\times$  5  $\mu$ m)分离,以甲醇-水为流动相梯度洗脱,流速为 0.5 mL  $\cdot$  min<sup>-1</sup>,进样量 5  $\mu$ L,采用荧光检测器检测。**结果:** $\alpha$ -熊果苷、 $\beta$ -熊果苷、氢醌和苯酚质量浓度分别在 0.25~20、0.25~20、0.025~2 和 0.05~4  $\mu$ g  $\cdot$  mL<sup>-1</sup> 范围内线性关系良好,方法检出浓度分别为 2、2、0.1 和 0.2  $\mu$ g  $\cdot$  g<sup>-1</sup>。4 个待测物的方法回收率平均为 90.0%~96.7%,RSD( $n=6$ )为 1.3%~4.4%。测定了 54 批化妆品样品,均未检出氢醌和苯酚;17 批样品检出  $\beta$ -熊果苷,含量在 8~49 000  $\mu$ g  $\cdot$  g<sup>-1</sup> 之间;1 批样品检出  $\alpha$ -熊果苷,含量为 410  $\mu$ g  $\cdot$  g<sup>-1</sup>。**结论:**本方法准确、灵敏,可用于化妆品中  $\alpha$ -熊果苷、 $\beta$ -熊果苷、氢醌和苯酚的测定。**关键词:**高效液相色谱-荧光检测法;化妆品;熊果苷;氢醌;苯酚

中图分类号:R 917 文献标识码:A 文章编号:0254-1793(2020)02-0273-05

doi: 10.16155/j.0254-1793.2020.02.11

## Determination of $\alpha$ -arbutin, $\beta$ -arbutin, hydroquinone and phenol in cosmetics by high performance liquid chromatography-fluorescent detection

JIAN Long-hai, YUAN Xiao-qian, ZHENG Rong, WANG Ke

(Shanghai Institute for Food and Drug Control, NMPA Key Laboratory for Monitoring and Evaluation of Cosmetics, Shanghai 201203, China)

**Abstract Objective:** To establish a high performance liquid chromatography-fluorescent detection(HPLC-FLD) method for the simultaneous determination of  $\alpha$ -arbutin,  $\beta$ -arbutin, hydroquinone and phenol in cosmetics. **Methods:** Samples were extracted by methanol, then the extract was separated on a  $C_{18}$  column (250 mm  $\times$  4.6 mm  $\times$  5  $\mu$ m) with the mobile phase of methanol-water in gradient elution at a flow rate of 0.5 mL  $\cdot$  min<sup>-1</sup>. The injection was 5  $\mu$ L. The 4 analytes were finally detected by fluorescent detector. **Results:** The linear relationships of  $\alpha$ -arbutin,  $\beta$ -arbutin, hydroquinone and phenol all showed good in the range of 0.25~20  $\mu$ g  $\cdot$  mL<sup>-1</sup>, 0.25~20  $\mu$ g  $\cdot$  mL<sup>-1</sup>, 0.025~2  $\mu$ g  $\cdot$  mL<sup>-1</sup> and 0.05~4  $\mu$ g  $\cdot$  mL<sup>-1</sup>, respectively. The limits of detection were 2, 2, 0.1 and 0.2  $\mu$ g  $\cdot$  g<sup>-1</sup>, respectively. The average recoveries were in the range of 90.0%~96.7% with the RSDs of 1.3%~4.4% ( $n=6$ ). A number of fifty-four cosmetic samples were determined. No hydroquinone and phenol were detected.  $\beta$ -arbutin was found in seventeen cosmetic samples with the contents from 8  $\mu$ g  $\cdot$  g<sup>-1</sup> to 49 000  $\mu$ g  $\cdot$  g<sup>-1</sup>.  $\alpha$ -arbutin was detected in only one cosmetic sample with the content of 410  $\mu$ g  $\cdot$  g<sup>-1</sup>. **Conclusion:** The method is accurate and sensitive for the determination of  $\alpha$ -arbutin,  $\beta$ -arbutin, hydroquinone and phenol in cosmetics.

**Key words:** HPLC-FLD; cosmetics; arbutin; hydroquinone; phenol

第一作者 Tel (021) 38839900; E-mail: jian\_longhai@163.com

–熊果苷、–熊果苷具有良好的美白效果<sup>[1-2]</sup>,但目前我国缺乏相应的法定检测方法;氢醌和苯酚虽均具有美白效果,但因毒性较强,禁用于化妆品中<sup>[3]</sup>,其法定检测方法的检出浓度分别为7、2  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ,灵敏度较低<sup>[4]</sup>。–熊果苷、–熊果苷在一定条件下可降解产生氢醌<sup>[5-6]</sup>,欧盟消费者安全科学委员会(SCCS)建议,化妆品中由熊果苷降解产生的氢醌含量应小于1  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ <sup>[7-8]</sup>。文献中氢醌、苯酚的检测方法多数为高效液相色谱法<sup>[9-12]</sup>,但方法灵敏度不高;气相色谱法<sup>[13]</sup>和气相色谱–质谱法<sup>[14]</sup>测定氢醌时灵敏度较高,但熊果苷在气相进样口的高温中可降解产生氢醌<sup>[15]</sup>。

–熊果苷、–熊果苷为差向异构体,理化性质相近,但美白效果和价格差异较大,市售样品存在实际添加的熊果苷与标签标识不符的现象<sup>[16]</sup>,损害了消费者的利益。为准确、高效地监控化妆品中–熊果苷及–熊果苷的添加种类、浓度水平以及相关毒性物质氢醌、苯酚的含量水平,有必要对这4个化合物进行同时测定。但目前尚未见到相关文献报道。本研究采用高效液相色谱–荧光检测法同时测定以上4个化合物,可有效区分–熊果苷、–熊果苷,而且氢醌、苯酚的检测灵敏度较高,可满足检测需求。

## 1 仪器、试剂与材料

Agilent 1100 液相色谱仪,配荧光检测器(Agilent 公司), Milli-Q 超纯水器(Milli-Q 公司), MS3 涡旋振荡器(IKA 公司), 5810R 离心机(Eppendorf 公司), B9500S 超声处理器(上海 Branson 公司), 对照品–熊果苷(Toronto Research Chemicals 公司,批号 20-ABY-105-1 纯度 99.5%); –熊果苷(Fluka 公司,批号 BCBK9387V 纯度 98%);氢醌(Aldrich,批号 S19289-424,纯度 99.7%);苯酚(USP,批号 R019A0,纯度 99.7%);甲醇(色谱纯,Merck 公司),微孔滤膜(0.45  $\mu\text{m}$ ,天津腾公司)。

样品共 54 批,均为市售化妆品。

## 2 方法

### 2.1 溶液的制备

**2.1.1 对照品储备溶液** 分别称取–熊果苷、–熊果苷、氢醌和苯酚的对照品适量,用甲醇溶解并配成质量浓度分别为 1、1、0.1、0.2  $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$  的对照品储备溶液。

**2.1.2 混合对照品溶液** 分别精密量取–熊果苷、

–熊果苷、氢醌和苯酚的对照品储备溶液各 1 mL,置同一个 10 mL 量瓶中,用甲醇定容至刻度,配成质量浓度分别为 100、100、10 和 20  $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$  的混合对照品溶液。精密量取不同体积的混合对照品溶液,用甲醇逐级稀释成–熊果苷和–熊果苷质量浓度分别为 0.25、0.5、1、2、8、20  $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 、氢醌质量浓度为 0.025、0.05、0.1、0.2、0.8、2  $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$  和苯酚质量浓度为 0.05、0.1、0.2、0.4、1.6、4  $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$  的系列混合对照品溶液。

**2.1.3 供试品溶液** 称取样品 1.0 g,精密称定,置 10 mL 具塞刻度试管中,加甲醇至刻度,涡旋混匀,超声(800 W,40 kHz)20 min,静置至室温,取样品溶液约 1.5 mL 离心(14 000  $\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$ )5 min,取上清液经微孔滤膜过滤,取续滤液,即得。

### 2.2 色谱条件

色谱柱:Spursil  $\text{C}_{18}$ -EP 柱(250 mm  $\times$  4.6 mm  $\times$  5  $\mu\text{m}$ );流动相:水(A)–甲醇(B),梯度洗脱(0~21 min,5%B;21~22 min,5%B 45%B;22~43 min,45%B 50%B;43~48 min,50%B;48~48.1 min,50%B 100%B;48.1~50 min,100%B;50~50.1 min,100%B 5%B;50.1~60 min,5%B);流速:0.5  $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$ ;柱温:20  $^{\circ}\text{C}$ ;进样量:5  $\mu\text{L}$ ;检测波长:

–熊果苷、–熊果苷的激发波长及发射波长均分别为 292、337 nm,氢醌的激发波长及发射波长分别为 298、345 nm,苯酚的激发波长及发射波长分别为 280、318 nm。

## 3 方法学考察

### 3.1 方法特异性

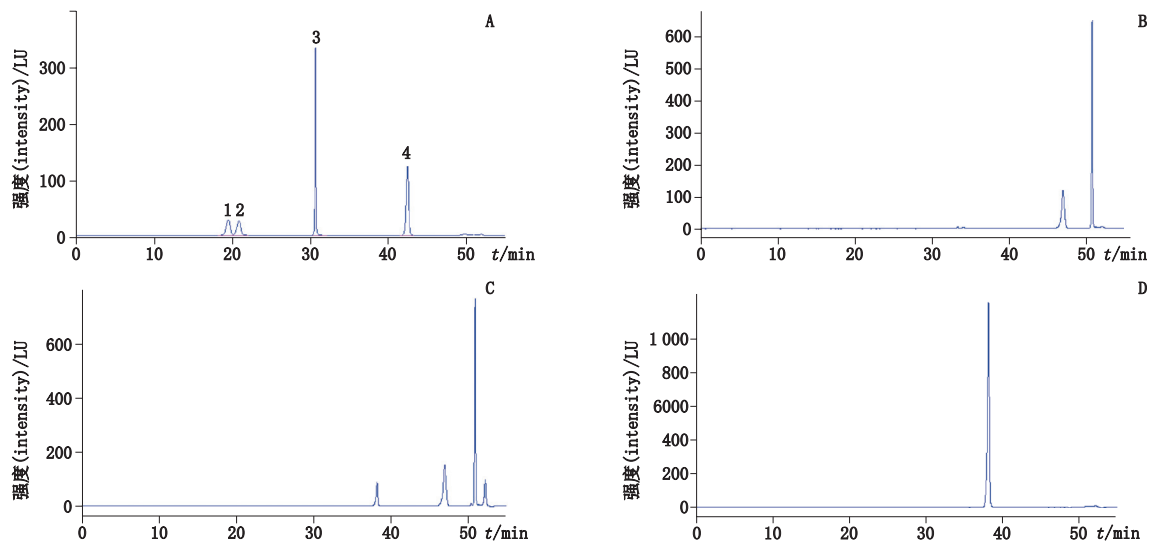
分别取液态水基类、凝胶类和膏霜类 3 种空白基质(均为市售化妆品,均未检出 4 个待测成分)的化妆品,按“2.1.3”项下方法制备供试溶液,按“2.2”项下条件进样测定,结果 3 种空白基质均无干扰(典型色谱图见图 1)。

### 3.2 线性关系考察

取系列混合对照品溶液进行测定,以待测物的浓度( $X$ ,  $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ )为横坐标,测得的峰面积( $Y$ )为纵坐标绘制标准曲线,结果 4 个待测物在“2.1.2”项下的浓度范围内线性关系良好,结果见表 1。

### 3.3 回收率试验

分别称取液态水基类、凝胶类和膏霜类 3 种基质的样品(均为市售化妆品,均未检出 4 个待测成分)1.0 g 于 10 mL 比色管中,精密加入对照品储备溶液



1. -熊果苷( -arbutin) 2. -熊果苷( -arbutin) 3. 氢醌(hydroquinone) 4. 苯酚(phenol)  
 A 对照品(standard solution) B 空白液态水基类样品(blank water-based sample) C 空白凝胶类样品(blank gel sample) D 空白霜类样品(blank cream sample)

图1 HPLC图

Fig. 1 HPLC chromatograms

表1 线性范围、回归方程及相关系数

Tab. 1 Results of linear ranges, regression equations and correlation coefficients

待测物 (analytes)	线性范围 (linear range)/( $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ )	回归方程 (regression equation)	相关系数 (correlation coefficient)
-熊果苷( -arbutin)	0.25~20	$Y=50.43 X-0.257 5$	0.999 4
-熊果苷( -arbutin)	0.25~20	$Y=46.51 X+0.504 2$	0.999 9
氢醌(hydroquinone)	0.025~2	$Y=140.0 X-0.719 1$	0.999 8
苯酚(phenol)	0.05~4	$Y=143.9 X+0.103 9$	0.999 9

或混合对照品溶液适量,涡旋混匀,制成2个浓度水平(-熊果苷、-熊果苷:4、180  $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ;氢醌:0.4、18  $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ;苯酚:0.8、36  $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ),每个浓度水平

各6份的加标样品,按“2.1.3”项下方法处理,依法进行分析,结果(见表2)表明,方法的准确度和精密度均较好。

表2 回收率试验及其精密度结果(n=6)

Tab. 2 Results of recoveries and its RSDs

待测物质 (analytes)	加标水平 (added)/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )	液态水基类(water-based)		凝胶类(gel)		膏霜类(cream)	
		平均回收率(average recovery)/%	RSD/%	平均回收率(average recovery)/%	RSD/%	平均回收率(average recovery)/%	RSD/%
-熊果苷( -arbutin)	4~180	94.5	3.5	92.2	3.9	93.4	2.9
-熊果苷( -arbutin)	4~180	93.3	3.2	93.0	3.3	93.2	3.1
氢醌(hydroquinone)	0.4~18	92.6	3.3	91.8	3.3	92.4	3.3
苯酚(phenol)	0.8~36	95.7	3.1	94.2	2.9	92.3	2.8

3.4 稳定性试验

取对照品储备溶液,分别用3种空白基质溶液

配制2组溶液,第1组溶液中-熊果苷、-熊果苷、氢醌和苯酚的浓度分别为0.4、0.4、0.04和0.08

$\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ ,第2组溶液中的浓度分别为18、18、1.8和 $3.6 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。取该2组溶液,在室温下分别放置0、5、10、15、20、24、36、48、60和72 h后,进样分析,计算测得浓度的准确度及其RSD,结果准确度在94.2%~103.7%之间,RSD在0.9%~3.2%之间,表明4个待测物质的3种空白基质溶液在72 h内基本保持稳定。

### 3.5 方法灵敏度

分别称取液态水基类、凝胶类和膏霜类3种基质的空白样品1.0 g,准确加入-熊果苷、-熊果苷、氢醌和苯酚混合对照品溶液(浓度分别为20、20、2和 $4 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ )100  $\mu\text{L}$ ,涡旋混匀,按“2.1.3”项下方法处理,按拟定的方法进行测定,计算信噪比,以信噪比为3时的浓度作为方法检出浓度。结果-熊果苷、-熊果苷、氢醌和苯酚的方法检出浓度分别为2、2、0.1、0.2  $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ,表明方法的灵敏度较高,可满足检测需求。

## 4 样品测定

取54批市售化妆品(其中30批未标示含有熊果苷,24批标示含有熊果苷)按本文方法测定,结果所有样品均未检出氢醌和苯酚,17批样品检出-熊果苷,含量在8~49 000  $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 之间,1批样品检出-熊果苷,含量为410  $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 。经与标签核对,结果5批标示含“熊果苷”的样品未检出-熊果苷和-熊果苷,2批标示含“-熊果苷”的样品中,1批只检出-熊果苷,另1批均未检出-熊果苷和-熊果苷。因此本方法可为标签标识的规范化管理和含熊果苷化妆品的质量控制提供技术支持。

## 5 讨论

### 5.1 检测波长的选择

取4个待测物的混合对照品溶液进样测定,在线扫描激发波长和发射波长图谱,为提高方法的灵敏度,选择各自的最大激发波长和最大发射波长作为测定波长,其中-熊果苷的最大激发波长和最大发射波长与-熊果苷相同。在色谱工作站中通过分段设置波长可达到同时测定的目的。

### 5.2 流动相及其流速的选择

流动相及其流速的摸索是本研究的一个关键点。-熊果苷、-熊果苷为1对极性差向异构体,较难在普通 $\text{C}_{18}$ 柱上完全分离<sup>[16]</sup>。研究中采用利于极性化合物分离的甲醇-水(5:95)为初始流动相,再以 $\text{C}_{18}$ 柱(250 mm  $\times$  4.6 mm  $\times$  5  $\mu\text{m}$ )普遍采用的流速

1.0、0.8  $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$ 进行分析;结果发现在这2种流速下,2个熊果苷的分离度较差,但随着流速的降低,分离度得到改善;因此,将流速改为0.5  $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$ ,结果2个熊果苷的分离度和峰形均良好。若将流速减少为0.3  $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$ ,分离度有所改善,但不利于同时测定氢醌、苯酚。

### 5.3 色谱柱的选择

为增强方法的耐用性,本研究考察了以下色谱柱的分离效果:TechMate  $\text{C}_{18}$ -ST柱(250 mm  $\times$  4.6 mm  $\times$  5  $\mu\text{m}$ )、Spursil  $\text{C}_{18}$ -EP柱(250 mm  $\times$  4.6 mm  $\times$  5  $\mu\text{m}$ )、Ultimate AQ- $\text{C}_{18}$ 柱(250 mm  $\times$  4.6 mm  $\times$  5  $\mu\text{m}$ )、Synergi Hydro-RP柱(250 mm  $\times$  4.6 mm  $\times$  4  $\mu\text{m}$ )、Capcell PAK  $\text{C}_{18}$  MG S5柱(250 mm  $\times$  4.6 mm  $\times$  5  $\mu\text{m}$ )。结果在流速为0.5  $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$ 时,4个待测物均可在上述色谱柱上达到基线分离。其中以Spursil  $\text{C}_{18}$ -EP柱分析实际样品时,化妆品中的其他组分与4个待测物的分离度较高,故最终采用Spursil  $\text{C}_{18}$ -EP柱进行分析。

### 5.4 柱温的选择

考察了柱温在15、20、25、30、35  $^{\circ}\text{C}$ 时的分离效果。结果柱温越高,保留时间越短;柱温在30、35  $^{\circ}\text{C}$ 时,2个熊果苷的分离度变差;柱温在20  $^{\circ}\text{C}$ 时,2个熊果苷的分离度最好,故将柱温定为20  $^{\circ}\text{C}$ 。

### 5.5 提取溶剂的选择

4个待测物的极性差异较大,溶剂提取法比较适合4个待测物的同时提取。本研究考察了10%、20%、50%和100%甲醇的提取效果,结果提取溶剂为10%、20%和50%甲醇时,提取的溶液比较黏稠,离心后未分层或溶液不澄清,难以过滤。提取溶剂为100%甲醇时,则不存在以上问题。因此将提取溶剂定为甲醇。

### 5.6 进样量的选择

由于提取溶剂为甲醇,初始流动相为5%甲醇溶液,在进样量为10  $\mu\text{L}$ 时,2个熊果苷的峰形因溶剂效应产生变形,分离度差;当进样量改为5  $\mu\text{L}$ 后,峰形和分离度均得到改善,因此将进样量定为5  $\mu\text{L}$ 。

## 6 结论

本文建立的方法灵敏度高,可同时测定-熊果苷、-熊果苷、氢醌和苯酚,满足化妆品检测需求,可为标签标识的规范化管理和美白类化妆品的质量控制提供技术支持。



## 参考文献

- [ 1 ] 张凤兰 吴景 王钢力 等.  $\alpha$ -熊果苷和脱氧熊果苷美白作用机制及安全性评价研究进展[ J ]. 环境与健康杂志 ,2018 ,35( 4 ) : 370  
ZHANG FL ,WU J ,WANG GL ,*et al.* Whitening effect of  $\alpha$ -arbutin and deoxyarbutin and safety evaluation :a review of recent studies[ J ]. J Environ Health ,2018 ,35( 4 ) :370
- [ 2 ] FUNAYAMA M ,ARAKAWA H ,YAMAMOTO R ,*et al.* Effects of  $\alpha$ -and  $\beta$ -arbutin on activity of tyrosinases from mushroom and mouse melanoma[ J ]. Biosci Biotech Bioch ,1995 ,59( 1 ) :143
- [ 3 ] 张凤兰 苏哲 吴景 等.  $\beta$ -熊果苷和氢醌安全性评价及化妆品法规管理现状[ J ]. 环境与健康杂志 ,2017 ,34( 11 ) :1017  
ZHANG FL ,SU Z ,WU J ,*et al.* Safety assessment of  $\beta$ -arbutin and hydroquinone and current situation of cosmetics regulation management[ J ]. J Environ Health ,2017 ,34( 11 ) :1017
- [ 4 ] 化妆品安全技术规范 2015 年版[ S ]. 2015 :302  
Safety and Technical Standards for Cosmetics 2015[ S ]. 2015 :302
- [ 5 ] 房军 杨艳伟 张伟 等. 化妆品中  $\beta$ -熊果苷稳定性研究[ J ]. 卫生研究 ,2009 ,38( 2 ) :214  
FANG J ,YANG YW ,ZHANG W ,*et al.* Study on the stability of  $\beta$ -arbutin in cosmetics[ J ]. J Hyg Res ,2009 ,38( 2 ) :214
- [ 6 ] 秦良 刘有停 陈毅明 等. 基础环境因素对  $\beta$ -熊果苷和  $\alpha$ -熊果苷稳定性的影响[ J ]. 日用化学工业 ,2014 ,44( 10 ) :580  
QIN L ,LIU YT ,CHEN YM ,*et al.* Effect of basic environmental factors on stability of  $\beta$ -arbutin and  $\alpha$ -arbutin[ J ]. China Surfact Deterg Cosmet ,2014 ,44( 10 ) :580
- [ 7 ] SCCS ,DEGEN GH. Opinion of the Scientific Committee on Consumer Safety ( SCCS )—Opinion on the safety of the use of  $\beta$ -arbutin in cosmetic products[ J ]. Regul Toxicol Pharmacol ,2015 ,73( 3 ) :866
- [ 8 ] SCCS ,DEGEN GH. Opinion of the Scientific Committee on Consumer safety ( SCCS )—Opinion on the safety of the use of  $\alpha$ -arbutin in cosmetic products[ J ]. Regul Toxicol Pharmacol ,2016 ,74 :75
- [ 9 ] 朱杰民 胡静 杜达安. 高效液相色谱法多波长测定祛斑类化妆品中氢醌和苯酚[ J ]. 环境与健康杂志 ,2000 ,17( 2 ) :109  
ZHU JM ,HU J ,DU DA. Determination of hydroquinone and phenol in freckl-removing cosmetics with multi-wavelength HPLC[ J ]. J Environ Health ,2000 ,17( 2 ) :109
- [ 10 ] 赵江丽 张敏 张西茹 等. 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  
ZHAO JL ,ZHANG M ,ZHANG XR ,*et al.* Improvement on determination of hydroquinone and phenol in whitening cosmetics by HPLC[ J ]. Chin J Pharm Anal ,2017 ,37( 3 ) :508
- [ 11 ] 张瑾 王瑾 杨英超 等. 高效液相色谱法测定螨变原注射液中防腐剂苯酚含量[ J ]. 药物分析杂志 ,2014 ,34( 8 ) :1486  
ZHANG J ,WANG J ,YANG YC ,*et al.* Determination of preservative phenol in mite allergens preparation injection by HPLC[ J ]. Chin J Pharm Anal ,2014 ,34( 8 ) :1486
- [ 12 ] 简龙海 陈丹丹 茹歌 等. 高效液相色谱法同时测定化妆品中 12 种美白成分[ J ]. 香料香精化妆品 ,2016( 6 ) :29  
JIAN LH ,CHEN DD ,RU G ,*et al.* Simultaneous determination of twelve kinds of whitening ingredients in cosmetics by high performance liquid chromatography[ J ]. Flavour Fragr Cosmet ,2016( 6 ) :29
- [ 13 ] 张卫国 郭华 林野. 化妆品中苯酚和氢醌的气相色谱测定法[ J ]. 职业与健康 ,2010 ,26( 1 ) :38  
ZHANG WG ,GUO H ,LIN Y. Determination of phenol and hydroquinone in cosmetics by gas chromatography[ J ]. Occup Health ,2010 ,26( 1 ) :38
- [ 14 ] 陈少波 蒲云月 余雯静 等. 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  
CHEN SB ,PU YY ,YU WJ ,*et al.* Determination of phenol and hydroquinone in cosmetics by gas chromatography-mass spectrometry[ J ]. Anal Test Technol Instrum ,2017 ,23( 3 ) :176
- [ 15 ] 蒋珍娟 陈志涛.  $\beta$ -熊果苷对 GC-MS 检测化妆品中氢醌的影响[ J ]. 日用化学工业 ,2017 ,47( 2 ) :118  
JIANG ZJ ,CHEN ZT. Influence of  $\beta$ -arbutin on analysis result of hydroquinone in cosmetics by GC-MS[ J ]. China Surfact Deterg Cosmet ,2017 ,47( 2 ) :118
- [ 16 ] 简龙海 茹歌 陈丹丹 等. 亲水作用液相色谱法同时测定美白化妆品中的  $\beta$ -熊果苷和  $\alpha$ -熊果苷[ J ]. 香料香精化妆品 ,2017( 6 ) :35  
JIAN LH ,RU G ,CHEN DD ,*et al.* Simultaneous determination of  $\beta$ -arbutin and  $\alpha$ -arbutin in whitening cosmetics by hydrophilic interaction liquid chromatography[ J ]. Flavour Fragr Cosmet ,2017( 6 ) :35

( 本文于 2019 年 2 月 25 日修改回 )