

# 金属离子/环糊精包合物在潜血指纹显现中的应用

刘瑾姝<sup>1,2</sup>, 吴若楠<sup>1</sup>, 师文钊<sup>1</sup>, 马晓燕<sup>2</sup>, 李有为<sup>1</sup>

(1. 西安工程大学 纺织科学与工程学院, 陕西 西安 710048;

2. 西北工业大学 化学与化工学院, 陕西 西安 710129)

**摘要:**为研发新型潜血指纹显现材料,分别采用重铬酸钾、硫酸亚铁与硫酸铜溶液模拟废水与 $\beta$ -环糊精复合,制备了3种金属离子/ $\beta$ -环糊精包合物,将其用于不同承载基材上潜血指纹显现,并研究不同光源下包合物对潜血指纹的显现效果。结果表明,当重铬酸钾、硫酸亚铁与硫酸铜溶液浓度不变时,所制备环糊精包合物对潜血指纹的显现效果随 $\beta$ -环糊精用量增加而变弱;在D65标准光源下进行显现时,摩尔比为1:1的重铬酸钾/ $\beta$ -环糊精包合物对载玻片上潜血印迹指纹的显现效果最好;在蓝色光源下进行显现观察时,摩尔比为1:2的硫酸铜/ $\beta$ -环糊精包合物对载玻片上潜血印迹显现效果最好。

**关键词:**金属离子;环糊精;包合物;潜血指纹

**中图分类号:**DF794.1/O644.16

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-0356(2021)03-0033-04

犯罪现场的血迹发现和提取对案件侦破至关重要,尤其是潜在血液手印、足印等印迹常常能成为破获案件的重要线索。由于人的指纹和足迹具有显著的个体特征,因此重大恶性案件中现场遗留下的血指印、足印等为案情的侦破提供有力证据。然而目前常见的案件现场会因清洗、破坏等,导致原本清晰的血迹消失或颜色减淡,成为肉眼看不到的潜血印迹。因此,对潜血印迹进行增强显现尤为重要<sup>[1]</sup>。

血液是由血浆和血细胞组成的,由于血液血红素中的二价亚铁可使过氧化氢分解产生初生态氧,可使部分化学染料变色,从而显现出潜血印迹;另外血液中的蛋白质可与着色剂、荧光剂或微纳米粒子通过次价键力相互结合,呈现出着色剂颜色或荧光效应,也可用于检测潜血印迹。其中物理吸附法利用粉体与潜血印迹中残留物质的物理吸附及静电吸附,使印迹显现成白色,且不需要使用多波段光源,能够增强和显现极浅的印迹。目前常用的是二氧化钛粉末,由于显现后印迹颜色为白色,因此,仅适合于深色背景表面的印迹<sup>[2]</sup>。印染废水中多种金属盐具有一定的色泽,若应用于潜血指纹的增强显现,可实现废水中金属离子回用,具有显著的绿色环保效益。

吸附法能够对废水中溶解性污染物进行处理,处理悬浮物的能力较差,常用的吸附剂有活性炭<sup>[3]</sup>、氧化铝<sup>[4]</sup>、沸石分子筛<sup>[5]</sup>等,但其大大增加生产成本。环糊精以天然高分子材料为制备原料,具有来源广泛、价格低廉、无污染且易分解等优点,广泛用于环境中污染物的处理等方面。

因此,选择重铬酸钾、硫酸亚铁与硫酸铜3种不同的金属盐配制溶液模拟废水与 $\beta$ -环糊精复合,制备3种金属离子/ $\beta$ -环糊精包合物,将其用于不同承载基材上潜血指纹显现,并研究不同光源下包合物对潜血指纹的显现效果。

## 1 试验部分

### 1.1 材料

$\beta$ -环糊精、无水乙醇(化学纯,国药集团化学试剂有限公司);重铬酸钾、硫酸铜、硫酸亚铁(分析纯,天津市恒兴化工试剂制造有限公司);羊血、脱脂棉、载玻片、钢化膜、光盘、金属钥匙、塑料卡片等指印载体;灰鼠毛手印刷、洗耳球及高清相机。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 潜血指纹样本制备

首先用脱脂棉蘸取少量无水乙醇将志愿者手指洗净擦干,用手指按取少量血液样本,并在白纸上捺印血手印,待自然光源下白纸上血指印几乎看不到时,再在客体上捺印,潜血指纹制备过程如图1所示,未经显现的潜血指纹在不同光源下的观察结果如图2所示。

收稿日期:2020-10-27

基金项目:中国纺织工业联合会科技指导性项目(2019040);陕西省教育厅科学研究计划项目(19JK0362);国家级大学生创新创业训练计划项目(201910709045);省级大学生创新创业训练计划项目(S202010709098)

作者简介:刘瑾姝(1985-),工程师,博士在读,主要从事天然提取物染色性能研究,E-mail:liujinshu322@163.com。

由图1、图2可以看出带血指印在白纸上捺印4次后,在D65标准光源、蓝色光源下观察不到明显的指纹印迹,满足模拟潜血印迹的效果要求,因此后续试验中以带血手指捺印4次后在不同载体上再次捺印的指纹样品为潜血指纹样品。

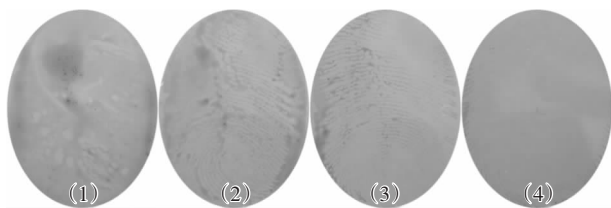
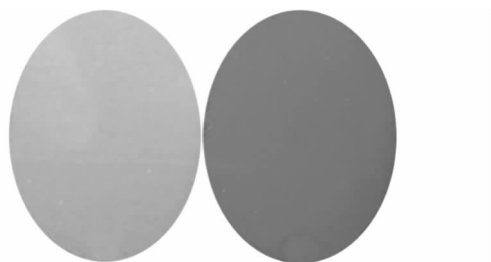


图1 潜血指纹制备过程



(a)D65 标准光源 (b)蓝色光源

图2 未经显现的潜血指纹在D65标准光源、蓝色光源下的观察情况

### 1.2.2 金属离子/ $\beta$ -环糊精包合物的制备

将重铬酸钾、硫酸亚铁、硫酸铜分别配置成0.25 mol/L溶液,以摩尔比为2:1、1:1、1:2的 $\beta$ -环糊精加入到上述3种金属离子溶液中,充分搅拌至环糊精与金属离子吸附饱和,形成稳定的包合物溶液,离心过滤干燥并研磨制得包合物粉末。所制备包合物粉末样品如图3所示。

### 1.2.3 潜血指纹显现

在各类客体上分别捺印相同的样本,采用不同金属离子/ $\beta$ -环糊精包合物粉末作为显现剂对潜血指纹进行显现。

刷显时用新的灰鼠毛手印刷分别蘸取少量重铬酸钾/ $\beta$ -环糊精包合物粉末、硫酸亚铁/ $\beta$ -环糊精包合物粉末及硫酸铜/ $\beta$ -环糊精包合物粉末,然后对不同客体表面的潜血指纹进行刷显,为避免外力对潜血指纹的破坏,顺着纹线的方向刷显,之后在不同光源下对不同粉末样品的潜血指纹显现效果进行对比。

## 2 结果与讨论

### 2.1 D65光源下包合物粉末显现效果对比

按照1.2.3中的方法,采用图3中所制备9种粉

末样品对载玻片客体上潜血指纹进行显现,并在D65光源下拍照记录显现效果,显现效果如图4所示。



(编号10—12:重铬酸钾/ $\beta$ -环糊精摩尔比为2:1、1:1、1:2所制备包合物粉末;编号13—15:硫酸亚铁/ $\beta$ -环糊精摩尔比为2:1、1:1、1:2所制备包合物粉末;编号16—18:硫酸铜/ $\beta$ -环糊精摩尔比为2:1、1:1、1:2所制备包合物粉末)

图3 不同金属离子/ $\beta$ -环糊精包合物粉末样品



图4 不同金属离子/ $\beta$ -环糊精包合物粉末在D65光源下对载玻片上潜血指纹显现效果对比

由图4可以看出,重铬酸钾与 $\beta$ -环糊精形成的3种包合物粉末中,在D65光源下摩尔比为2:1的粉末样品对潜血指印进行显现时,指纹纹线上粉末与载玻片客体背景对比度不高,但对指纹部分细节有较好的显现效果;摩尔比为1:1的粉末样品对载玻片上潜血指印的显现效果最好,指纹在客体载玻片上的对比度高,指纹轮廓清晰,细节明显;而摩尔比为1:2的粉末

样品不但粉末与客体背景对比度不高,且对指纹细节显现效果较差。

硫酸亚铁与 $\beta$ -环糊精形成的3种包合物粉末中,在D65光源下对潜血指纹进行显现时显现效果均不明显,指纹纹路不清晰,粉末与客体背景对比度较低,指纹细节特征不清晰。

硫酸铜与 $\beta$ -环糊精形成的3种包合物粉末中,摩尔比为1:1的粉末样品对潜血指纹细节特征显现效果较好。

在D65光源下,9种金属离子/ $\beta$ -环糊精包合物粉末均可对潜血指纹进行显现,以摩尔比为1:1重铬酸钾/ $\beta$ -环糊精包合物粉末显现效果最好。

## 2.2 蓝色光源下包合物粉末显现效果对比

按照1.2.3中的方法,采用图3中所制备9种粉末样品对载玻片客体上潜血指纹进行显现,并在蓝色光源下拍照记录显现效果,显现效果如图5所示。

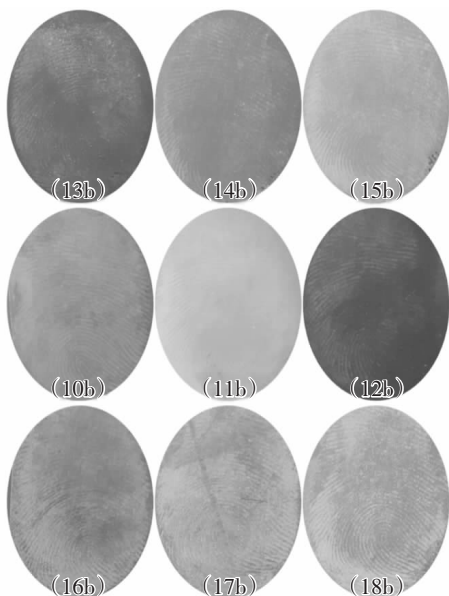


图5 不同金属离子/ $\beta$ -环糊精包合物粉末在蓝色光源下对载玻片上潜血指纹显现效果对比

由图5可以看出,重铬酸钾与 $\beta$ -环糊精形成的3种包合物粉末在蓝色光源下对潜血指纹进行显现时,指纹轮廓不清晰,细节特征不明显。

硫酸亚铁与 $\beta$ -环糊精共混复合的粉末在蓝色光源下对潜血指纹显现效果较差,指纹纹路不清晰,粉末与客体背景对比不明显。

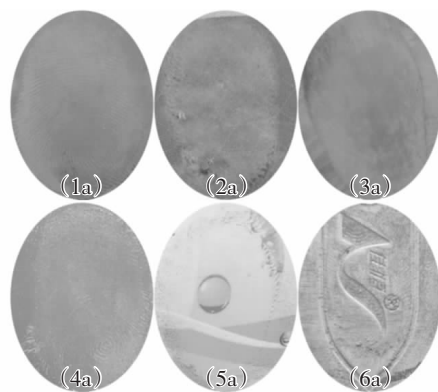
硫酸铜与 $\beta$ -环糊精形成的3种包合物粉末中,摩尔比为1:2的粉末样品对潜血指纹细节特征显现效果较好,局部细节特征显现明显,粉末与客体背景对比

度高,但细节间有黏连。

在蓝色光源下,9种金属离子/ $\beta$ -环糊精包合物粉末中,硫酸铜与 $\beta$ -环糊精以摩尔比1:2形成的包合物粉末显现效果最好。

## 2.3 D65光源下不同载体潜血指纹显现效果对比

按照1.2.3中的方法,采用摩尔比为1:1重铬酸钾/ $\beta$ -环糊精包合物粉末对不同客体上潜血指纹进行显现,并在D65光源下拍照记录显现效果,显现效果如图6所示。



(1-6 客体分别为载玻片、光盘粗糙面、光盘光滑面、钢化膜、卡片和钥匙)

图6 D65光源下不同客体上潜血指纹显现效果对比

如图6所示,在载玻片、CD表面、钢化膜表面,摩尔比为1:1重铬酸钾/ $\beta$ -环糊精包合物粉末对潜血指纹均可显现出部分指纹,但对指纹的细节表征不清晰,而在其他客体表面的显现效果较差,对指纹一类别特征反映不明显。

在D65光源下,摩尔比为1:1重铬酸钾/ $\beta$ -环糊精包合物粉末在光滑表面的显现效果较好。

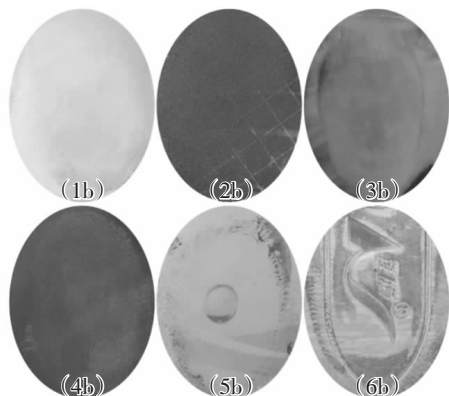
## 2.4 蓝色光源下不同载体潜血指纹显现效果对比

按照1.2.3中的方法,采用摩尔比为1:2硫酸铜/ $\beta$ -环糊精包合物粉末对不同客体上潜血指纹进行显现,并在蓝色光源下拍照记录显现效果,显现效果如图7所示。

由图7可知,在载玻片表面,摩尔比为1:1硫酸铜/ $\beta$ -环糊精包合物粉末对潜血指纹均可显现出部分指纹,但在其他表面对指纹一类别特征反映不明显,显现效果较差。

## 3 结论

(1)不同金属离子与环糊精形成的包合物粉末对载玻片光滑表面潜血指纹具有非常理想的显现效果,



(1—6 客体分别为载玻片、光盘粗糙面、光盘光滑面、钢化膜、卡片和钥匙)

图7 蓝色光源下不同客体上潜血指纹显现效果对比

细节特征明显。

(2)在 D65 光源下,摩尔比为 1 : 1 的重铬酸钾/ $\beta$ -环糊精包合物粉末对 6 种不同客体表面潜血指纹均有显现效果,在光滑表面的显现效果较好。

(3)在蓝色光源下,摩尔比为 1 : 2 的硫酸铜/ $\beta$ -环糊精包合物粉末在载玻片表面的显现效果较好,在其他客体表面显现效果较差。

#### 参考文献:

- [1] LEE H C, GAENSSLEN R E. Advances in fingerprint technology[M]. Boca Raton: CRC Press, 2012.
- [2] BERGERON J. Development of bloody prints on dark surfaces with titanium dioxide and methanol[J]. Journal of Forensic Identification, 2003, 53(2):149—161.
- [3] BALI M, TLILI H. Removal of heavy metals from wastewater using infiltration-percolation process and adsorption on activated carbon [J]. International Journal of Environmental Science and Technology, 2019,16(1):249—258.
- [4] BARBOSA A S, RODRIGUES M G F. Contaminants removal in wastewater using membrane adsorbents zeolite Y/ $\alpha$ -alumina[J]. Materials Science Forum, 2018, 912: 12—15.
- [5] GABRUS E, WITKIEWICZ K, NASTAJ J. Modeling of regeneration stage of 3A and 4A zeolite molecular sieves in TSA process used for dewatering of aliphatic alcohols [J]. Chemical Engineering Journal, 2018, 337: 416—427.

## Application of Metal Ion/Cyclodextrin Inclusion Compound in Latent Blood Fingerprint Manifesting

LIU Jin-shu<sup>1,2</sup>, WU Ruo-nan<sup>1</sup>, SHI Wen-zhao<sup>1</sup>, MA Xiao-yan<sup>2</sup>, LI You-wei<sup>1</sup>

(1. College of Textile Science and Engineering, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China;

2. School of Chemistry and Chemical Engineering, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710129, China)

**Abstract:** Three kinds of metal ion/ $\beta$ -cyclodextrin inclusion compounds were prepared by using potassium dichromate, ferrous sulfate and copper sulfate solution respectively. The inclusion compounds were used for latent blood fingerprint manifesting on the surface of different substrates, and the manifesting effect of inclusion compounds on latent blood fingerprints under different light sources was studied. The results showed that when the concentration of potassium dichromate, ferrous sulfate and copper sulfate was constant, the manifesting effect of the prepared cyclodextrin inclusion compound on latent blood fingerprint was weakened with the increase of  $\beta$ -cyclodextrin. When manifesting under D65 standard light source, potassium dichromate/ $\beta$ -cyclodextrin inclusion compound with molar ratio of 1 : 1 showed the best manifesting effect on latent blood fingerprint on slides. When manifesting under blue light source, copper sulfate/ $\beta$ -cyclodextrin inclusion compound with molar ratio of 1 : 2 showed the best manifesting effect on latent blood fingerprint on slides.

**Key words:** metal ion; cyclodextrin; inclusion compound; latent blood fingerprint

节能减排,大有可为,功在当代,利在千秋