

蔬菜粉末荧光光谱测定及其在手印显现中的应用

代雪晶¹, 汤澄清², 王 猛², 佟林东¹

1. 中国刑事警察学院声像检验技术系, 辽宁 沈阳 110035

2. 中国刑事警察学院痕迹检验技术系, 辽宁 沈阳 110035

摘 要 对遗留在客体表面的手印进行提取和鉴定是侦破案件的重要依据。对在犯罪现场发现的手印进行固定提取时, 首先应该使用没有破坏性的光学无损检验技术。实践表明光学无损检验技术对于绝大部分光滑客体上的手印都能取得很大的反差和较好的纹线细节, 而对于光滑度较差的客体上的手印则需要使用有损的物理法和化学法对指印进行固定提取。其中粉末法和熏显法在手印显现中得到了广泛的应用, 但是常用的绝大部分粉末和熏显物质对长期从事手印显现的工作人员身体有较大的毒副作用。而且绝大部分常用的荧光粉末需要在紫外线的激发下产生荧光, 紫外线激发手印产生荧光的同时也常会激发承痕客体产生很强的背景荧光, 进而降低了手印与背景的反差。因此寻找一种成本低廉、无毒无害、操作简单和应用性广泛的手印显现方法是当务之急。研究了三种无毒无害、成本低廉的蔬菜粉末的荧光性能, 并且将其应用于手印显现中。首先通过荧光分光光度计测定西蓝花粉末、菠菜粉末和紫菜粉末的荧光激发光谱和荧光发射光谱。通过荧光测定发现, 西蓝花粉末的荧光比菠菜粉末和紫菜粉末的荧光强很多, 所以选择西蓝花粉末显现犯罪现场常见的疑难客体表面汗潜手印。实验结果表明: (1)西蓝花粉末、菠菜粉末和紫菜粉末都能发出荧光, 荧光激发光谱峰值都在 417 nm, 荧光发射光谱峰值都在 678 nm, 其中西蓝花粉末发出的荧光最强。(2)将西蓝花粉末用于多色图案干扰的非渗透性和渗透性客体上的汗潜手印的显现中, 在 415 nm 的紫光的照射下能够发出明亮的红色荧光。拍照荧光指印时在镜头前加上透过中心波长为 680 nm 左右的窄带通干涉滤光镜, 结果显示手印纹线与背景反差强烈, 纹线清晰连贯, 消除背景的干扰。(3)与传统的荧光粉末显现法相比, 该显现方法具有较高的显现灵敏度。(4)有些客体背景图案在 415 nm 的紫光的照射下也有发光, 但与西蓝花粉末的非常强的荧光相比, 背景的荧光弱得多, 所以使得手印与背景之间形成了较大的反差并且纹线的细节特征清晰。(5)粗糙客体上手印的显现也获得了很大的反差, 粗糙的背景没有对纹线形成干扰而形成了清晰连贯的纹线。(6)实验中使用的市售的西蓝花粉末具有颗粒细小、吸附能力强等特点, 能够促进手印物质与西蓝花粉末之间的选择性吸附, 进而进一步提高手印显现的灵敏度。

关键词 手印显现; 蔬菜粉末; 可见荧光; 潜在手印

中图分类号: DF794.1 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2022)01-0158-06

引 言

手印检验作为一种传统的人身识别方法, 一直以来在司法实践中得到广泛应用, 被誉为“物证之首”, 因此在现场勘查过程中对发现的手印进行显现提取并获得较大反差是非常重要的^[1-4]。首先应该使用没有破坏性的光学无损检验技术对手印进行固定^[5-6], 实践表明对于绝大部分光滑客体上的手印都能取得较好的效果, 而对于光滑度较差的客体上的手

印则需要使用物理法和化学法对手印进行固定提取^[7-8]。其中粉末显现法(包括金属粉、磁性粉和荧光粉)是利用手印中的汗液对粉末颗粒的物理吸附和静电吸附能力远大于背景的吸附能力, 因而粉末颗粒只附着在手印纹线上从而显现出手印。由于粉末显现法具有操作简便快捷的特点, 因而常用于手印显现中^[9-14]。但是目前使用的绝大部分荧光粉末需要在短波紫外线的激发下产生荧光, 紫外线激发手印产生荧光的同时也常会激发承痕客体产生很强的背景荧光, 进而降低了手印与背景的反差。此外, 这些粉末本身及激发荧光的短波

收稿日期: 2020-12-02, 修订日期: 2021-03-15

基金项目: 国家自然科学基金项目(21205139), 法庭科学湖北省重点实验室开放基金项目(2014KFKT005), 公安部科技强警基础工作专项项目(2016GABJC06)资助

作者简介: 代雪晶, 1970年生, 中国刑事警察学院声像资料检验技术系教授 e-mail: 1210724331@qq.com

紫外线对人体有害，所以对于长期从事这项工作的技术人员的身心健康构成了重大威胁^[15]。植物花粉中的松树花粉在手印显现中取得了较好的效果，虽然无毒无害，但是受其昂贵的价格的制约而不能被广泛使用。所以寻找无毒无害、成本低廉和具有较好的反差的手印显现剂是手印显现工作中的重中之重。本文研究了三种蔬菜粉末即西蓝花粉末、菠菜粉末和紫菜粉末的荧光性能，发现西蓝花的荧光最强。最终将西蓝花粉末用于手印显现中，为显现犯罪现场常见的疑难客体上的汗潜手印提供一种新型、无毒、无害、可靠的检验方法。

1 实验部分

1.1 三种蔬菜粉末的荧光光谱测定

实验所使用的三种蔬菜粉末即西蓝花粉末、菠菜粉末和紫菜粉末为市售的食用产品。这些粉末颗粒细小均匀，具有良好的单分散性能，完全可以满足手印显现的需要。实验中采用 LS-55 型荧光分光光度计(FS, 美国 Perkin Elmer 公司)检测三种蔬菜粉末的荧光光谱。

1.2 手印显现

将手洗干净后自然晾干，在客体表面按捺数枚新鲜的汗潜手印，待用。用毛刷蘸取少量蔬菜粉末，沿着客体表面手印部位轻轻扫动，当发现手印纹线后弹掉毛刷上的粉末，再次顺着纹线的流向刷显至纹线清晰为止。将显出的手印样品置于多波段光源的 415 nm 的紫光下，戴上橙红色护目镜观察，拍照时在镜头前加上透过中心波长为 680 nm 左右的窄带通干涉滤光镜来记录显现的荧光指印。

2 结果与讨论

2.1 三种蔬菜粉末的荧光光谱测定

三种蔬菜粉末即西蓝花粉末、菠菜粉末和紫菜粉末的荧光激发光谱和荧光发射光谱如图 1 所示。谱图 1(a)是三种蔬菜粉末在 678 nm 发射波长监控下的激发光谱图，激发光谱在

350~550 nm 范围内均存在一个峰值位于 417 nm 的宽而强的吸收带。谱图 1(b)是在 417 nm 激发下的发射光谱图，三种蔬菜粉末的发射光谱峰值均位于 678 nm。通过三种粉末的光谱比较可以看出，西蓝花粉末荧光强度最强，菠菜粉末次之，而紫菜粉末最弱。所以在手印显现实验中，选择西蓝花粉末来显现手印。

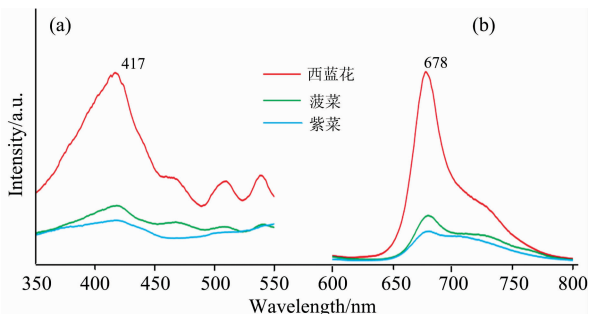


图 1 三种蔬菜粉末的激发光谱(a)和发射光谱(b)

Fig. 1 Excitation spectrum (a), and emission spectrum (b) of three kinds of vegetable powders

2.2 西蓝花粉末用于手印显现

粉末显现法是利用汗液、油脂等手印遗留物质与粉末之间的吸附力，使手印遗留物质上吸附粉末，实现潜在手印的显现。采用西蓝花粉末显现手印，产生的强烈红色荧光增强了手印和客体背景之间的反差，进而在很大程度上提高手印显现的灵敏度。另外，西蓝花粉末具有颗粒细小、吸附能力强等特点，能够促进手印物质与西蓝花粉末之间的选择性吸附，进而进一步提高手印显现的灵敏度。

首先将西蓝花粉末与市售的红色紫外荧光粉末进行对比，比较两种粉末显现手印的灵敏度。如图 2(a, a')所示，使用市售的红色紫外荧光粉末对玻璃客体表面的汗潜手印进行显现，并通过 254 nm 短波紫外灯照射并拍照，手印乳突纹线部位产生了红色荧光，但部分纹线不连续，使得手印纹线与背景反差较小，手印显现的灵敏度较低。如图 2(b, b')所示，使用西蓝花粉末对玻璃客体表面的汗潜手印进行显现，

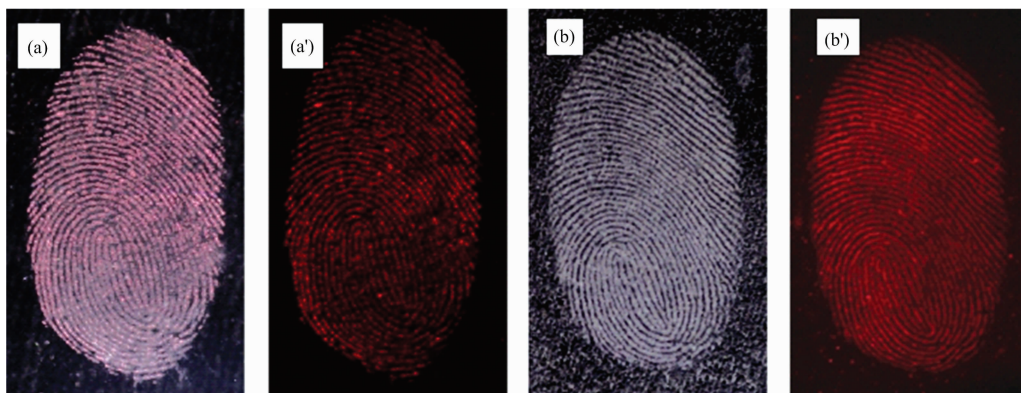


图 2 西蓝花粉末和传统荧光粉末显现玻璃上汗潜指印的荧光比较

(a, a')：传统荧光粉末；(b, b')：西蓝花粉末

Fig. 2 Fluorescence comparison of latent fingerprints on glass developed with broccoli powders and conventional luminescent powders

(a, a')：Conventional fluorescent powders；(b, b')：Broccoli powders

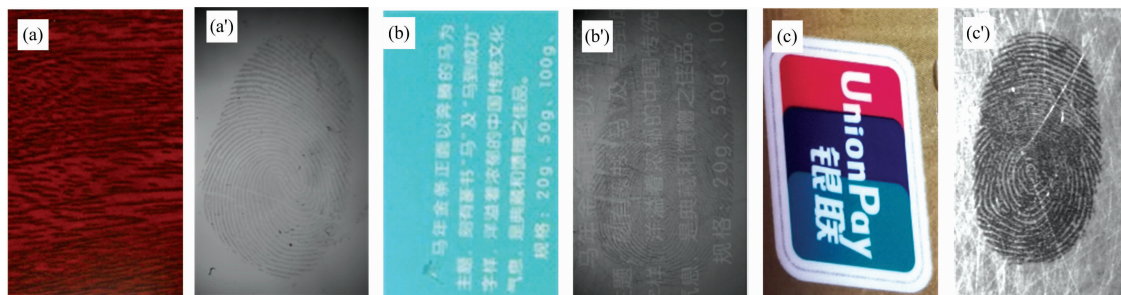


图 3 光学显现法拍摄潜在指印

(a, a'): 光滑地板; (b, b'): 半光滑卡片; (c, c'): 银行卡

Fig. 3 Latent fingerprints photographed with optical methods

(a, a'): Smooth floor; (b, b'): Semi-smooth card; (c, c'): Bank card

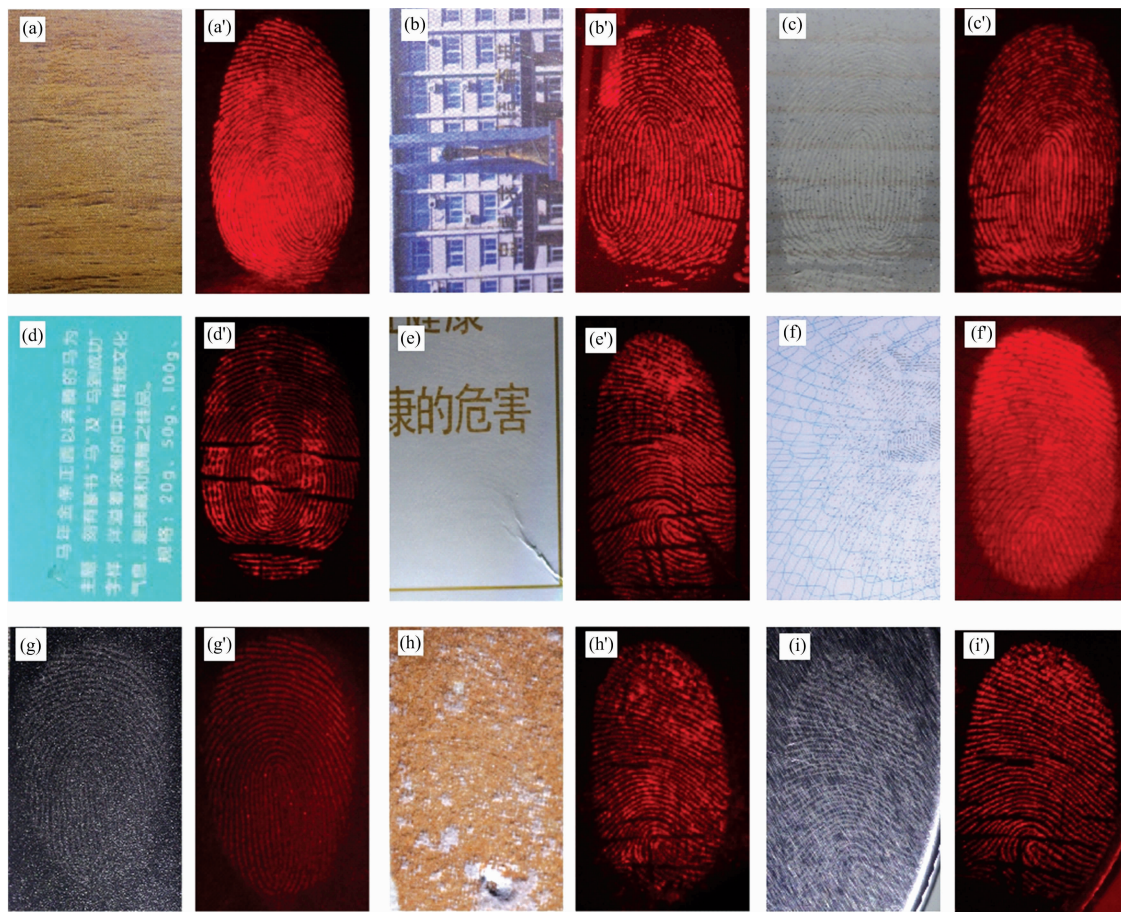


图 4 西蓝花粉未显现非渗透性客体上潜在指印

(a, a'): 地板; (b, b'): 校园卡; (c, c'): 锡纸; (d, d'): 塑料卡片; (e, e'): 烟盒;

(f, f'): 身份证; (g, g'): 充电器; (h, h'): 瓷砖; (i, i'): 塑料瓶盖

Fig. 4 Latent fingerprints developed with broccoli powders on non porous substrates

(a, a'): Wood floor; (b, b'): Campus card; (c, c'): Aluminum foils; (d, d'): Plastic card; (e, e'): Cigarette case;

(f, f'): ID card; (g, g'): Charger surface; (h, h'): Ceramic tiles; (i, i'): Plastic bottle cap

并通过多波段光源的 415 nm 的紫光照射,戴上橙红色护目镜观察,相机镜头前加上透过中心波长为 680 nm 的窄带通干涉滤光镜来记录显现的荧光指印。乳突纹线部位产生了明亮的红色荧光,而且纹线清晰连贯、细节特征明显,手印纹

线与背景反差较大。实验结果表明,西蓝花粉未产生的红色荧光显著增强了手印纹线与背景的反差,说明了使用西蓝花粉未显现手印在灵敏度上具有优势。

通常将手印承痕客体按照表面光滑程度可以分为光滑表

面、半光滑表面及粗糙表面，其中光滑表面上的指印通常可以用光学无损检验方法直接拍摄而获得较好的反差效果。对于光滑且有复杂背景干扰的地板上的指印，使用定向反射摄影法形成的光斑覆盖住了由于内反射而形成的背景图案，使手印与背景之间形成了较大的反差，例如光滑地板上的汗潜指印拍摄效果如图 3(a, a')所示。但是对于半光滑表面上的指印，由于没有形成足够亮的定向反射光斑而不能消除背景的干扰，例如半光滑卡片上的汗潜指印拍摄效果如图 3(b, b')所示。如果半光滑表面上涂有一层无色耐磨层物质，可以利用 254 nm 的短波紫外线进行紫外反射摄影拍摄提取，由于短波紫外线穿透能力较弱，不能穿透耐磨层，因而承痕体的背景图案不能形成内反射从而消除了背景图案的干扰，例如银行卡表面的汗潜指印的拍摄效果如图 3(c, c')所示。

对于没有涂透明耐磨层的非光滑表面的指印通常需要用物理或化学显现法。用物理或化学显现法显现手印时，由于客体的渗透程度不同而使用的显现方法亦不同，因而通常将客体分为非渗透性客体和渗透性客体。粉末显现法通常对于非渗透性客体上潜在指印能获得较好的显现效果。实验中首先选择了非渗透性非光滑客体的潜在手印，用西蓝花粉末进行刷粉显现，通过多波段光源的 415 nm 的紫光照射，戴上橙红色护目镜观察，相机镜头前加上透过中心波长为 680 nm 的窄带通干涉滤光镜来记录显现的荧光指印。亚光地板[图 4(a, a')]、校园卡[图 4(b, b')]和铝箔纸[图 4(c, c')]表面汗潜手印显现的结果显示，纹线清晰连贯、细节特征明

显、反差强烈，且显现效果没有受到背景花纹图案的干扰。塑料卡[图 4(d, d')]、烟盒[图 4(e, e')]及身份证[图 4(f, f')]表面汗潜手印显现的结果显示，虽然背景图案也有发光，但与西蓝花粉末的非常强的荧光相比，背景的荧光弱得多，所以使得手印与背景之间形成了较大的反差而保证了手印显现的高灵敏度。粗糙充电器[图 4(g, g')]、复杂花纹的粗糙瓷砖[图 4(h, h')]以及粗糙的塑料瓶盖[图 4(i, i')]表面汗潜手印显现的结果显示，粗糙的背景没有对纹线形成干扰而形成了清晰连贯的纹线，保证了手印显现的高灵敏度。以上结果说明西蓝花粉末荧光强度足够强，可以克服复杂背景花纹图案及粗糙表面所带来的干扰。

最后将西蓝花粉末应用于某些渗透性非光滑客体表面汗潜手印的显现，考查西蓝花粉末显现渗透性客体表面汗潜手印手印的效果，通过多波段光源的 415 nm 的紫光照射，戴上橙红色护目镜观察，相机镜头前加上透过中心波长为 680 nm 的窄带通干涉滤光镜来记录显现的荧光指印。实验结果显示，使用西蓝花粉末对具有图案颜色的 50 元人民币[图 5(a, a')]、药盒包装纸[图 5(b, b')]、A4 纸[图 5(c, c')]和杂志[图 5(d, d')]表面汗潜手印进行显现，其显现效果较为理想。说明西蓝花粉末对于某些渗透性客体表面新鲜汗潜手印的显现具备一定优势。综上所述，西蓝花粉末可以应用于某些不光滑非渗透性客体以及某些渗透性客体表面汗潜手印的显现，具有使用范围广泛的优点。

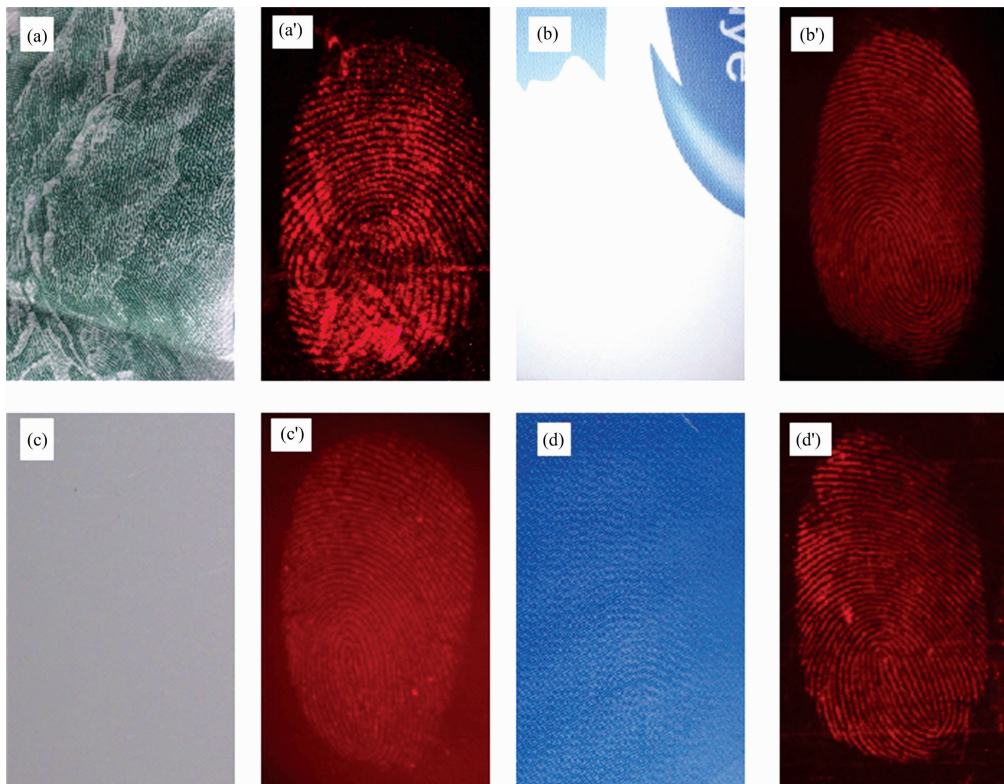


图 5 西蓝花粉末显现渗透性客体上潜在指印

(a, a')：50 元人民币；(b, b')：包装纸；(c, c')：A4 打印纸；(d, d')：杂志

Fig. 5 Latent fingerprints developed with broccoli powders on porous substrates

(a, a')：RMB；(b, b')：Wrapping paper；(c, c')：A4 paper；(d, d')：Paper magazine

3 结 论

市售的三种粉末即西蓝花粉末、菠菜粉末和紫菜粉末都具有荧光特性, 荧光激发光谱峰值都在 417 nm, 荧光发射光谱峰值都在 678 nm, 其中西蓝花粉末发出的荧光最强, 因此本文选择了西蓝花粉末对汗潜手印进行显现。将西蓝花粉末

用于犯罪现场常见的疑难的不光滑非渗透性客体以及某些渗透性客体表面汗潜手印的粉末法显现。实验结果表明, 使用西蓝花粉末显现出的手印具有纹线清晰连贯、细节特征明显、反差强烈、背景干扰较低等优点, 能够实现手印显现的高灵敏度。因此, 西蓝花粉末作为无毒无害且成本低廉的新型手印荧光显现剂, 在公安一线现场手印显现中具有广阔的应用前景。

References

- [1] Romain Steiner, Sebastien Moret, et al. *Forensic Sci. Int.*, 2020, 314: 110411.
- [2] Barros Hélio L, Stefani Valter. *Forensic Sci. Int.*, 2016, 263: 83.
- [3] Jo Dawkins, Lata Gautam, et al. *Forensic Sci. Int.*, 2020, 309: 110186.
- [4] Keith L Monson, Maria Antonia Roberts, et al. *Forensic Sci. Int.*, 2019, 297: 111.
- [5] Alfonso Bentolila, Ira Hartman, et al. *Forensic Sci. Int.*, 2017, 278: 374.
- [6] Annemieke van Dam, Maurice C G Aalders, et al. *Forensic Sci. Int.*, 2016, 258: 19.
- [7] Alicia Khuu, Xanthe Spindler, et al. *Forensic Sci. Int.*, 2020, 309: 110185.
- [8] Saif M, Shebl M, Nabeel A, et al. *Sensor and Actuators B: Chemical*, 2015, 220: 162.
- [9] Ran X, Wang Z Z, Zhang Z J, et al. *Chem. Commun.*, 2016, 52: 557.
- [10] YU Ao-yang, YANG Rui-qin, WANG Meng(于遨洋, 杨瑞琴, 王 猛). *Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析)*, 2018, 38(1): 144.
- [11] Roberto S P King, Peter M Hallett, et al. *Forensic Sci. Int.*, 2016, 262: e28.
- [12] Maralee Tapps, Laurence McMullen, et al. *Forensic Sci. Int.*, 2019, 300: e9.
- [13] Wightman G F, Emery F, et al. *Forensic Sci. Int.*, 2015, 249: 241.
- [14] Florine Hallez, Pierre Ledroit, et al. *Forensic Sci. Int.*, 2019, 298: 20.
- [15] King R S P, Hallett P M, Foster D. *Forensic Sci. Int.*, 2015, 249: e21.

Study on the Fluorescence Spectral Characteristics of Vegetable Powders and Their Application in Development of Latent Fingerprints

DAI Xue-jing¹, TANG Cheng-qing², WANG Meng², TONG Lin-dong¹

1. Department of Audio and Video Examination, Criminal Investigation Police University of China, Shenyang 110035, China

2. Department of Trace Examination, Criminal Investigation Police University of China, Shenyang 110035, China

Abstract It is an important basis for detecting cases to develop the latent fingerprints left on the substrates and make individual identification. Optical examination techniques which are nondestructive should be applied first when developing the latent fingerprints found at crime scenes. The practice shows that high contrast and fine ridge detail can be obtained when applying optical examination techniques to develop the fingerprints on the most smooth substrates, while the physical and chemical methods are needed to develop the fingerprints on substrates of poor smoothness. Among them, the methods of powder dusting and fuming have been widely applied in the development of latent fingerprints. However, the long-term health of forensic technicians has been damaged seriously by most fluorescent powders and fuming materials. In addition, the most commonly employed fingerprint luminescent powders can fluoresce when excited with ultraviolet light. At the same time, the backgrounds can also fluoresce under the excitation of ultraviolet light, which results in low contrast between fingerprint and background. Therefore, it is an urgent task to find a low-cost, non-toxic, easy-to-operate, and widely used method for developing fingerprints. In this paper, the fluorescence characteristics of three non-toxic and inexpensive vegetable powders were studied to apply them to the development of fingerprints. Firstly, the fluorescence excitation spectrum and emission spectrum of three kinds of vegetable powders (broccoli powder, spinach powder and nori powder) were measured through fluorescence spectroscopy (FS). It was found that the fluorescence of broccoli powder was much stronger than that of spinach and nori powder by fluorescence measurement. Therefore, the broccoli powder was chosen to develop the latent fingerprints on trouble some substrates commonly encountered at crime scenes. The experiment results showed that: (1) All the three kinds of powders could

fluoresce, and their peak fluorescence excitation wavelengths were all 417 nm, and the peak fluorescence emission wavelengths were all 678 nm. Among the three kinds of powders, the emission intensity of broccoli powder was the highest. (2) In developing latent fingerprints on a range of highly patterned, colored non-porous and porous substrates, the broccoli powders could emit bright red fluorescence under violet 415 nm illumination. A narrow bandpass interference filter with a central wavelength of around 680 nm was used in front of the lens when photographing the fluorescent prints, and the results showed a high contrast between the fingerprint and the background with fine ridge detail and less interference. (3) Compared with the conventional luminescent powders, broccoli powder had higher development sensitivity. (4) Some backgrounds under violet 415 nm illumination could also fluoresce, but the background fluorescence was weak compared with the strong fluorescence of broccoli powders, revealing high contrast fingerprints with excellent ridge detail. (5) The fluorescence of the fingerprints on rough backgrounds created a sharp contrast, and the rough backgrounds did not interfere with fingerprint ridge, which was clear and coherent. (6) The commercially available broccoli powders used in the experiment had the characteristics of fine particles and strong adsorption ability, which could invoke favoured adhesion characteristics upon contact with fingerprint ridge residues, improving the sensitivity of fingerprint development.

Keywords Fingerprint development; Vegetable powders; Visible fluorescence; Latent fingerprints

(Received Dec. 2, 2020; accepted Mar. 15, 2021)