

## A study on the effectiveness of cyanoacrylate fuming after powder treatment in fingerprint identification

Yongin Kim and Sungwook Hong<sup>★</sup>

Graduate School of Forensic Science, Soonchunhyang University, Asan 31538, Korea

(Received January 20, 2025; Revised March 11, 2025; Accepted March 14, 2025)

### 지문 식별에서 분말 처리 후 cyanoacrylate (CA) 훈증법의 효과에 관한 연구

김용인 · 홍성욱<sup>★</sup>

순천향대학교 법과학대학원

(2025. 1. 20. 접수, 2025. 3. 11. 수정, 2025. 3. 14. 승인)

**Abstract:** Methods of developing a latent fingerprint deposited on non-porous surface include fingerprint powder, which physically develops a latent fingerprint, and cyanoacrylate (CA) fuming method, which chemically develops a latent fingerprint. Therefore, as chemically processible amino acids or proteins will be remained in fingerprint once processed with powder method, further enhancing effect is predicted to be obtained with additional CA fuming process. To confirm this, we compared latent fingerprints only processed with black powder and latent fingerprints processed again with CA fuming after processed with powder method. As a result, it was confirmed that quality of the fingerprint was improved in eccrine gland and natural fingerprint except sebaceous gland fingerprint, and this phenomenon was also observed even when the powder applied or surface, latent fingerprint deposited on, was changed. Also fluorescence was successfully obtained in the fingerprints processed with fluorescence dye like basic yellow 40 or rhodamine 6G after sequentially processed with powder method and CA fuming method.

**요약:** 비다공성 표면에 부착된 잠재지문을 증강하는 방법으로는 물리적으로 증강하는 방법인 분말법과 화학적으로 증강하는 방법인 cyanoacrylate (CA) 훈증 방법이 있다. 따라서 분말법으로 처리한 지문에는 화학적으로 다시 처리할 수 있는 아미노산이나 단백질이 남아있고, 이들을 CA 방법으로 다시 처리하면 추가 증강 효과가 얻어질 것이라고 예측하였다. 이를 확인하기 위해 한 지문을 흑색 분말만으로 증강한 결과와 분말 처리 후 다시 CA 훈증 처리한 결과를 비교하였다. 그 결과 sebaceous gland 지문을 제외한 eccrine gland 지문과 natural 지문에서 지문의 품질이 향상되는 것을 확인할 수 있었으며, 이런 현상은 분말의 종류나 표면의 종류를 바꾸어도 동일하게 관찰되었다. 또한 분말로 처리했던 지문을 CA로 다시 처리하고 이어서 BY 40이나 rhodamine 6G와 같은 형광염료로 처리해도 성공적으로 지문의 형광을 얻을 수 있었다.

**Key words:** fingerprint powder, cyanoacrylate fuming, sequential treatment, post-treatment with fluorescence dye

<sup>★</sup> Corresponding author

Phone : +82-(0)41-530-4758 Fax : +82-(0)41-530-4755

E-mail : [swhong524@naver.com](mailto:swhong524@naver.com)

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서 론

사건 현장에서 가장 중요한 개인식별(personal identification) 수단 중 하나인 잠재지문(latent fingerprint)을 찾고 증강하는 것은 지문을 통해 사건 용의자의 신원을 확인하는데 있어 매우 중요하다. 잠재지문은 눈에 보이지 않기 때문에 이를 시각적으로 가시화하기 위해 물리적, 화학적 기법을 적용해야 하며, 이 기법들은 잠재지문이 유류된 표면의 특성과 지문 유류물의 성분에 따라 달라진다. 따라서 잠재지문을 현출하기 위한 다양한 지문 증강 기법에 관한 연구들이 활발히 이루어져 왔다.<sup>1</sup> 그 중 분말법은 지문을 증강하는데 적은 비용과 시간이 소요되며, 특별한 장치가 필요하지 않기 때문에 실험실로 옮겨 처리하기 어려운 벽면이나 크기가 큰 비다공성 표면에 남겨진 잠재지문을 증강하는데 가장 적합한 방법 중 하나이다.<sup>2</sup> 하지만 분말법은 분말이 지문 유류물의 수분 또는 유분에 물리적으로 부착되는 성질을 이용하는 방법이기 때문에 오래 되어 건조된 지문은 잘 현출하지 못한다는 한계가 존재한다.<sup>3</sup>

지문 유류물은 단일 물질이 아니라 아미노산, 지질, 젖산 등 다양한 물질로 구성되어 있다.<sup>4</sup> 그런데 대부분의 지문 현출 시약은 유류물에 포함된 특정 성분과만 반응하고 나머지 성분과는 반응하지 않는 경우가 대부분이다(예: amino acid target 시약은 amino acid와만 반응함). 따라서 법과학자들은 특정 성분과 반응하는 시약으로 처리한 후 다른 성분과 반응하는 시약으로 다시 처리하여 지문의 현출 감도를 높이는 방법을 연구해 왔다. 그 예로 다공성 표면에 부착된 지문을 1,8-Diazafluoren-9-one (DFO)나 ninhydrin으로 처리한 이후 physical developer로 처리하여 지문의 현출 감도를 높인 결과가 보고되어 있다.<sup>5</sup> 또한 비다공성 표면에 유류된 잠재지문을 cyanoacrylate (CA) 훈증 또는 vacuum metal deposition (VMD) 방법으로 처리한 후 분말법이나 powder suspension 방법으로 다시 처리하여 현출 감도를 높인 결과가 보고되어 있다.<sup>5</sup>

분말법은 지문 유류물에 미세한 분말을 물리적으로 부착시켜 지문을 현출하는 방법이다. 반면 CA 훈증 방법은 지문 유류물에 포함된 젖산, 아미노산, 피지 등의 성분과 CA 단량체가 화학적으로 반응하는 것을 이용하여 지문을 현출하는 방법이라고 알려져 있다.<sup>6,7</sup> 따라서 지문분말로 지문을 현출했어도 지문 유류물에는 CA와 반응할 수 있는 물질이 여전히 남아있을 수 있기 때문에 지문분말로 처리한 지문을 CA로 다시 처리하면

검출 감도를 높일 가능성이 있다고 기대되지만 이 방법에 대해서는 보고되어 있지 않다.<sup>5,8</sup> 따라서 본 연구에서는 분말법으로 증강한 지문을 CA 방법으로 다시 처리했을 때의 증강 개선 효과를 확인하고자 하였다.

## 2. 실 험

### 2.1. 시약 및 재료

지문을 남긴 표면으로 polyethylene terephthalate (PET) 판(마하공구, Korea), polyvinyl chloride (PVC) 판(마하공구, Korea), 알루미늄 판(호야재료사, Korea), 스테인리스 스틸 판(호야재료사, Korea), 황동 판(호야재료사, Korea)과 슬라이드 글라스(Marienfeld, Germany)를 사용하였다. 저울은 WA-41D (CAS, Korea)을 사용하였다. 향은 건조기는 C-IND3 (Chang Shin Science, Korea) 제품을 사용하였다. 지문 분말은 흑색 S 분말(Neidi powder Cosmetics, Korea), 형광분말은 Green Escent (Sirchie, USA), 자성분말은 Regular Black (Sirchie, USA)을 사용하였다. 지문 현출용 붓으로 황세 깃털 붓 (Sirchie, USA)과 유리섬유 붓(Altlight, Korea)을 사용하였다. 자석봉은 Megawand Magnetic Powder Applicator (Sirchie, USA)를 사용하였다. 순간접착제는 Loctite 401 (Loctie, Germany)을 사용하였다. CA chamber는 Megafume M61 (Attestor Forensics, Germany)를 사용하였다. CA 후처리 시약은 Basic Yellow 40 (BVDA, Netherlands)과 rhodamine 6G (BVDA, Netherlands)를 사용하였다. 백색 범광원은 Polilight Flare Plus 2 (Rofin, Australia)를 사용하였다.

### 2.2. 지문의 수집

8명의 20대 남녀로부터 지문을 수집하였다. 실험 참가자들에게 손을 비누로 씻은 후 10분 동안 비닐장갑을 착용하여 eccrine 땀샘 땀을 내게 한 뒤 표면을 만지도록 요청하였고 이 지문을 eccrine gland 지문이라고 하였다.<sup>9</sup> 이후 동일한 참가자들에게 이마나 코를 손가락으로 문지른 뒤 손가락을 맞대어 문질러 손가락 표면에 피지 성분이 고르게 퍼지도록 하고 표면을 만지도록 요청하였고 이 지문을 sebaceous gland 지문이라고 하였다. 또한 natural 지문은 참가자들에게 손을 씻지 않고 1시간 동안 자유롭게 활동하게 한 뒤 표면을 만지도록 요청하여 만들었다.

### 2.3. 지문의 증강

분말법으로 증강할 때에는 지문 분말을 묻힌 현출

용 붓으로 지문을 4~5번 가볍게 문질러 지문을 증강하였다. 이때 흑색 S 분말은 황세 깃털 재질의 붓을, 형광 분말은 유리 섬유 재질의 붓을 사용하였으며, 자성분말은 자석봉을 사용하였다. CA 법으로 증강할 때에는 상대습도 80%, 가열온도 150°C, saturation 시간 10분, 훈증 시간 20분으로 조절된 훈증 chamber에 순간접착제 0.4 g과 함께 검체를 넣고 훈증하였다.<sup>10</sup>

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 지문 분말 처리 이후 CA 훈증의 효과

##### 3.1.1. 유류된 지문 성분의 영향

흑색 S 분말로 처리했던 지문을 CA로 다시 처리하면 추가적인 증강 효과가 있는지 확인하기 위해 7명의 donor에게 슬라이드 글라스 위에 eccrine gland 지문, sebaceous gland 지문 및 natural 지문을 만들어 달라고 요청하였다. 지문을 만들 때는 슬라이드 글라스 두 장을 나란히 두고 그 가운데를 손가락으로 만지도록 하였다. 지문을 문힌 슬라이드 글라스를 실내에서 빛을 가린 채 4주동안 보관한 후 흑색 S 분말로 처리하였고, 그 중 오른쪽 절반은 CA로 다시 훈증하였고, 그 결과를 Fig. 1에 보였다. Fig. 1을 보면 eccrine gland 지문의 경우에는 왼쪽 절반에서는 지문이 현출되지 않았지만 오른쪽 절반에서 지문 융선이 뚜렷하게 현출되었고 이는 CA로 처리했을 때 추가 증강 효과가 있다는 것을 의미한다. 반면 sebaceous gland 지문의 경우에는 왼쪽 절반에서 지문이 잘 현출되었고, 오른쪽 절반에서는 별다른 추가 증강 효과가 관찰되지 않았다. Natural 지문의 경우에는 왼쪽 절반에 비해 오른쪽 절

반이 진하게 현출된 것을 볼 수 있다. 이상의 결과를 통해 흑색 S 분말로 처리했던 지문을 CA 방법으로 다시 처리하면 eccrine gland 지문과 natural 지문에서 추가 증강 효과가 나타난다는 것을 알 수 있다.

땀은 수분이 주성분이고 미량의 아미노산, 젖산 및 단백질 등이 포함된 물질이다. 그리고 젖산이나 단백질은 물 보다 끓는점이 높기 때문에<sup>4</sup> eccrine gland 지문이 부착된 후 4주의 시간이 경과하면 표면에 있는 수분은 증발하여 사라지고 아미노산, 젖산, 단백질 등만 남아있을 수 있다. 그리고 분말은 유분에 부착된다고 알려져 있기 때문에, 이런 표면을 분말로 처리하면 증강 효과가 나타나지 않는 것이 정상이다(Fig. 1A의 좌측). 이 표면을 CA로 다시 훈증하면 표면에 남아있던 아미노산이나 젖산과 같은 친핵성 물질들이 CA 중합반응의 개시제로 작용하여<sup>6,7</sup> 융선이 나타난 것이라고 판단된다(Fig. 1A의 우측).

Sebaceous gland 지문은 분말이 잘 부착되는 유분이 주성분인 반면 CA 중합반응의 개시제로 작용할 수 있는 아미노산, 젖산 및 단백질이 거의 포함되어 있지 않다. 따라서 sebaceous gland 지문의 경우에는 분말로 처리한 왼쪽 절반에서는 지문이 잘 현출된 반면, CA로 추가 처리한 오른쪽 절반에서는 추가 증강 효과가 나타나지 않은 것이라고 생각된다. Natural 지문에는 eccrine gland 지문 성분과 sebaceous gland 지문 성분이 모두 포함되어 있기 때문에 분말에 의한 증강 효과와 CA 훈증에 의한 추가 증강 효과가 모두 나타났다고 생각된다.

##### 3.1.2. 분말에 포함된 물질의 영향

3.1.1항의 실험은 흑색분말로만 처리한 결과이다.

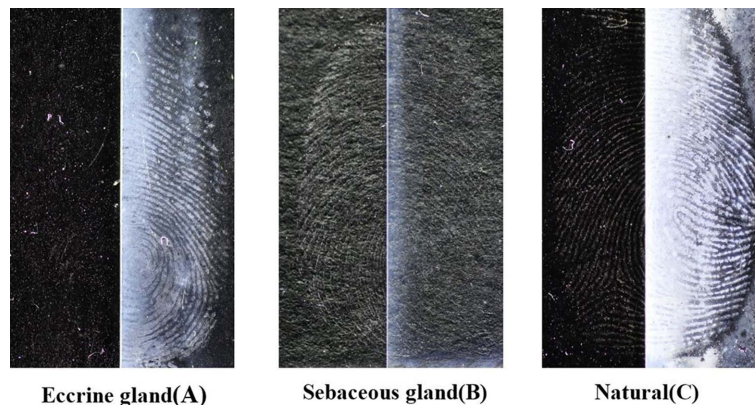


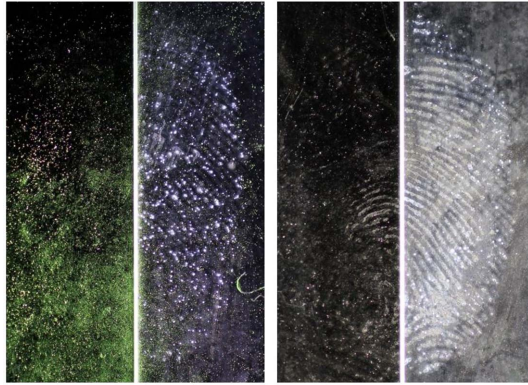
Fig. 1. Processed results of 4 weeks aged eccrine gland (A), sebaceous gland (B), and natural (C) fingerprint.

Left halves: processed with black S powder

Right halves: processed again with CA fuming after processing with black S powder.

지문분말은 용도에 따라 표면이 화학물질로 코팅되어 있거나 형광물질이 포함되어 있기도 하고, 그리고 이런 성분들은 CA 중합반응을 방해할 가능성이 있다. 이런

가능성이 있는지 확인하기 위해 흑색분말과 성분이 다른 형광분말 및 자성분말로 *eccrine gland* 지문을 처리한 이후 CA로 다시 혼증하여 그 결과를 관찰하였다. 그 결과 Fig. 2에 보인 것처럼 형광분말 및 자성분말로 처리한 후 CA로 혼증해도 흑색분말로 처리했을 경우와 마찬가지로 추가 증강 효과가 나타났다. 이를 통해 흑색분말 이외의 분말로 지문을 처리한 후 CA로 다시 처리해도 추가 증강 효과가 나타난다는 것을 알 수 있다.

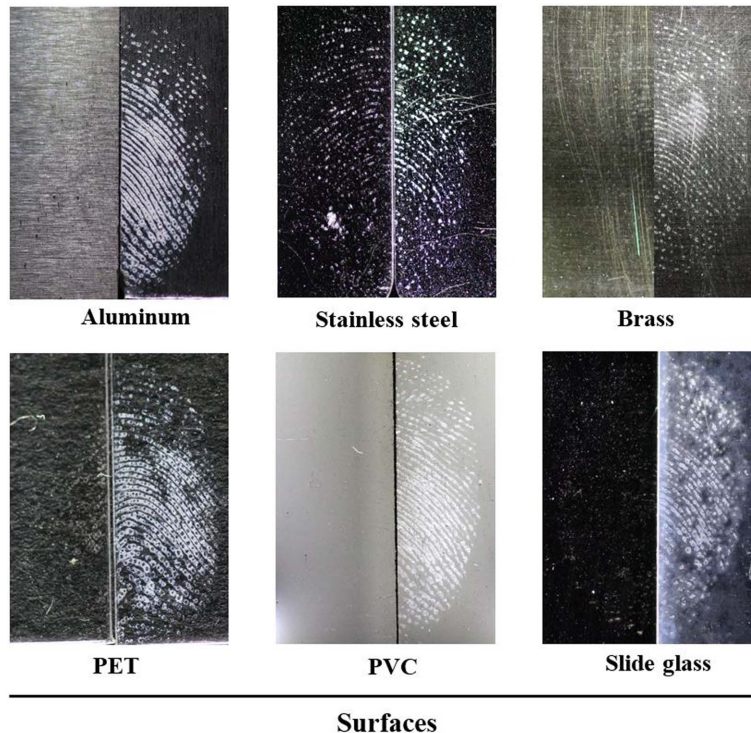


**Fluorescent powder(A)      Magnetic powder(B)**

Fig. 2. Processed ecclrine gland fingerprints developed with fluorescent powder (A) and magnetic powder (B) each. Left halves: processed with fingerprint powder. Right halves: processed again with CA fuming after processing with fingerprint powder

### 3.2. 표면의 영향

Bandey는 19개의 다른 표면에 지문을 남긴 후 CA 혼증의 결과를 비교하였고, 그 결과 표면에 따라 CA 중합 반응이 일어나는 속도가 다르다고 보고하였다.<sup>11</sup> 또한 Kinsella는 지문이 부착된 금속의 종류에 따라서 CA 혼증 결과가 다르게 나타났다고 보고하였다.<sup>12</sup> 이처럼 CA 혼증 효과는 표면에 따라 달라질 수 있기 때문에 유리 표면에서 관찰했던 결과(3.1항 참조)가 다른 표면에서도 나타나는지 확인할 필요가 있었다. 그래서 1명의 자원자에게 알루미늄, 스테인리스 스틸,



**Surfaces**

Fig. 3. Processed ecclrine gland fingerprints deposited on 6 surfaces of aluminum, stainless steel, brass, PET, PVC, slide glass each. Left halves: processed with black S powder. Right halves: processed again with CA fuming after processing with black S powder

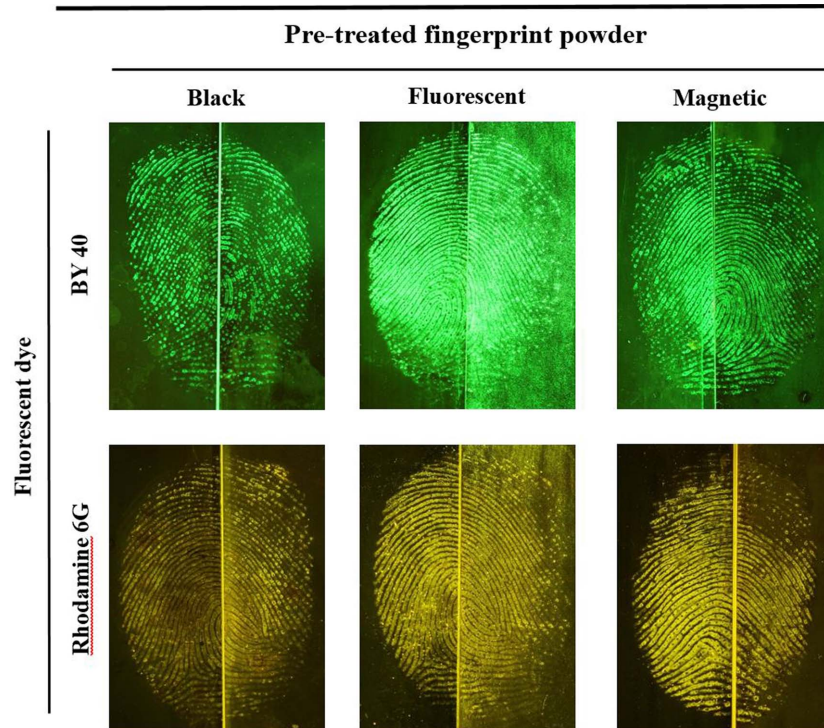


Fig. 4. Results of fingerprints stained with BY 40 and rhodamine 6G after developed with CA fuming and fingerprint powders. Left halves: processed with fingerprint powder  
Right halves: processed again with CA fuming after processing with fingerprint powder

황동, PET, PVC, 슬라이드 글라스의 6가지 표면에 eccrine gland 지문을 남겨 달라고 요청하였다. 이렇게 수집한 지문을 항온기에서 60 °C로 3시간 동안 건조시킨 후 흑색분말로 처리한 후 이 지문의 오른쪽 절반을 CA 방법으로 다시 처리하였다. Fig. 3은 그 결과를 보인 것으로서 각 지문들의 오른쪽 절반은 왼쪽 절반에 비해 지문의 융선이 더 뚜렷하게 보이는 것을 알 수 있다. 이를 통해 표면의 종류에 상관없이 분말법으로 처리한 후 CA로 후처리 하는 방법은 지문의 가시성을 좋게 하는 방법이라는 것을 확인할 수 있었다.

### 3.3. 형광염료의 영향

CA 혼증한 다음 BY40 또는 rhodamine 6G 등의 형광염료로 다시 처리하여 지문의 형광을 관찰하는 경우가 많다.<sup>13,14</sup> 따라서 본 경우처럼 지문 분말로 먼저 처리한 후 CA로 처리한 경우에도 형광염료로 처리하여 지문의 형광을 관찰할 수 있는지 확인할 필요가 있다. 이를 위해 natural 지문을 수집하여 각각 흑색분말, 형광분말 혹은 자성분말로 처리한 뒤 다시 CA로 혼

증하고, 이어서 BY40 혹은 rhodamine 6G로 염색하였다. Fig. 4는 그 결과를 보인 것으로서 지문의 왼쪽 절반은 분말 처리를 하지 않고 CA 혼증만 한 후 형광염료로 처리한 결과이고, 오른쪽 절반은 지문분말로 처리한 후 CA로 혼증하고 다시 BY40이나 rhodamine 6G로 처리한 결과이다. 이 그림을 보면 왼쪽과 오른쪽의 형광 세기가 동일하게 나타난 것을 알 수 있고, 이를 통해 분말로 처리하는 과정은 CA 후 염색시약으로 처리하는 과정에 영향을 미치지 않는다는 것을 알 수 있다.

## 4. 결 론

흑색분말로 처리했던 지문을 CA 방법으로 다시 처리하면, eccrine gland 지문 및 natural 지문에서는 추가 증강 효과가 나타났다. 반면 sebaceous gland 지문에서는 추가 증강 효과가 나타나지 않았다. 이런 현상은 분말의 종류(흑색분말, 형광분말 및 자성분말)나 표면의 종류(유리, 스테인리스 스틸, PVC 등)이 바뀌어도 동일하게 나타났다. 또한 지문을 분말로 처리한 후 이어

서 CA로 처리하고 다시 형광염료(BY40 및 rhodamine 6G)로 처리해도 지문분말은 형광에 영향을 미치지 않았다.

### 감사의 글

본 연구는 순천향대학교의 학술연구비 지원으로 수행하였음.

### References

1. S. H. James, J. J. Nordby, S. Bell, and L. J. Williams, In 'Forensic Science: An Introduction to Scientific and Investigative Techniques', 4th Ed., p337-344, CRC Press, Boca Raton, 2014.
2. R. M. Gardner and D. R. Krouskup, D., In 'Practical Crime Scene Processing and Investigation', 3rd Ed., p219-222, CRC Press, Boca Raton, 2018.
3. G. L. Thomas, *J. Phys. E*, **11**(8), 722 (1978). <https://doi.org/10.1088/0022-3735/11/8/002>
4. A. Girod, R. Ramotowski, and C. Weyermann, *Forensic Sci. Int.*, **223**(1-3), 10-24 (2012). <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2012.05.018>
5. V. G. Sears, C. P. Butcher, and L. A. Fitzgerald, *J. Forensic Identif.*, **55**(6), 741 (2005).
6. H. C. Lee and R. E. Gaensslen, *J. Forensic Identif.*, **65**(4), 446-459 (2015).
7. D. T. Burns, J. K. Brown, A. Dinsmore, and K. K. Harvey, *Anal. Chim. Acta*, **362**(2-3), 171-176 (1998). [https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(98\)00070-1](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(98)00070-1)
8. L. A. Lewis, R. W. Smithwick III, G. L. Devault, B. Bolinger, and S. A. Lewis Sr, *J. Forensic Sci.*, **46**(2), 241-246 (2001). <https://doi.org/10.1520/JFS14956J>
9. V. G. Sears, S. M. Bleay, H. L. Bandey, and V. J. Bowman, *Sci. Justice*, **52**(3), 145-160 (2012). <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2011.10.006>
10. T. Kent, In 'Manual of Fingerprint Development Techniques', 1st Ed., p271, U.K. Home Office, Police Scientific Development Branch, Sandridge, U.K., 1986.
11. H. Bandey and T. Kent, In 'Superglue Treatment of Crime Scenes: A Trial of the Effectiveness of the Mason Vactron SUPERfume Process', Home Office, Police Scientific Development Branch, 2003.
12. A. Chan and H. Kinsella, *Ident. Canada*, **25**(3), 9-12 (2002).
13. E. R. Menzel, J. A. Burt, T. W. Sinor, W. B. Tubach-Ley, and K. J. Jordan, *J. Forensic Sci.*, **28**(2), 307-317 (1983). <https://doi.org/10.1520/JFS11511J>
14. Z. Jian and G. Dao-An, *Forensic Sci. Int.*, **52**(1), 31-34 (1991). [https://doi.org/10.1016/0379-0738\(91\)90094-Y](https://doi.org/10.1016/0379-0738(91)90094-Y)