

## A New Fingerprinting Method Using Safranin O for Adhesive Tapes and Non-Porous Papers

Young-Sam Kim<sup>1</sup>, In-Sun Oh<sup>1</sup>, Kwang-Sang Yoon<sup>2</sup>, Young-Joo Kim<sup>3</sup> and Yong-Bin Eom<sup>4,†</sup>

<sup>1</sup>Section of Crime Scene Investigation, Gyeonggi Provincial Police 2nd Agency, Gyeonggi-Do 480-847, Korea

<sup>2</sup>Crime Scene Investigation Team, Goyang Police Station, Gyeonggi-Do 412-703, Korea

<sup>3</sup>Division of Forensic Medicine, National Institute of Scientific Investigation, Seoul 158-707, Korea

<sup>4</sup>Department of Biomedical Laboratory Science, Korea Nazarene University, Cheonan 330-718, Korea

All citizens over 17 year old living in Korea have to be fingerprinted to obtain a certificate of resident registration. For this reason, human identification through fingerprints has been used actively in crime scene investigation. The fingerprint is so unique that it is one of the most certain ways to identify oneself and it can differentiate between genetically identical twins. Fingerprints gained in crime scene indicate a direction of criminal investigation in conjecturing a suspect. Fingerprints help a reunion of family got scattered for a long time and make it possible to get a personal identification for missing person who met with natural calamity. We developed a new fingerprinting method using safranin O, so as to develop fingerprints on the adhesive tapes and non-porous papers in various physical environments. Results were compared to the preexisting fingerprinting method, the minutiae numbers of fingerprints were greatly increased in our newly developed safranin O fingerprinting method. This newly developed safranin O method showed a quantity and quality comparable to the preexisting fingerprinting method routinely used in these days. In our hands, the safranin O fingerprinting method is another easy and obvious choice when the forensic case sample is available for fingerprints on the adhesive tapes and non-porous papers.

**Key Words:** safranin O, Fingerprint, Adhesive tapes, Non-porous papers

### 서 론

과학수사 발전과 더불어 지문에 대한 인식은 더욱 중요시 되어가고 있다. 지문은 표피와 진피 2층의 조직으로 구성되며, 진피의 작은 융기들이 표피 속으로 깊숙이 돌출되어 있는 것을 진피유두 (dermal papilla)라고 한다. 이러한 진피유두의 크기와 배열상태에 따라 피부 표면에는 이랑 (ridge)과 고랑 (groove)을 형성한다. 특히 털이 없는 손바닥과 발바닥에서 뚜렷하게 보이며 이것을 피문 (dermatoglyphics)이라고 하며 사람에서 지문 (fingerprint)의 형태로 나타난다 (Seo and Jeon, 1998). 지문은 사람마다 독특하여 개인 식별에 이용되며 유전인자에 의해 결

정된다. 사람의 지문은 모태 14주부터 실제로 생성되어 출산 후 성장함에 따라 그 형태가 분명히 나타난다 (Mulvihill and Smith, 1969). 일단 생성된 지문은 일생 동안 변화되지 않는 특성이 있어 지문감식이 세계적으로 개인식별 및 범인 신원 판명 등을 하는데 많이 활용되고 있다.

지문 분류방식에는 지문형과 지문값에 의한 방식이 있다. 지문의 융기선 배열상황에 따라 궁상문, 제상문, 와상문, 변태문과 기타 지문으로 구분하며 여기에 각각의 특정 값을 부여해 지문 값이 결정된다. 현재 경찰청 과학 수사과에서 사용 중인 지문자동검색시스템 (Automated Fingerprint Identification System, AFIS)의 특색은 지문의 특징점에 기반을 둔 알고리즘 구성으로 지문의 회전, 크기, 잡음에 강인하게 구성되어 있으며 지문고유의 특성인 융선의 방향을 고려할 수 있도록 알고리즘이 편성되어 있고 지문의 분류 및 매칭이 구분되어 있어 개별적으로 판단할 수 있으며 정확도 및 속도가 우수한 특징이 있다 (경찰청, 2002). 지문 원지 및 유류 지문의 특징점을 정확

\*접수일: 2010년 8월 10일 / 수정일: 2010년 9월 17일

채택일: 2010년 9월 18일

†Corresponding author: Yong-Bin Eom, Department of Biomedical Laboratory Science, Korea Nazarene University, 456 Ssangyong-Dong, Seobuk-Gu, Cheonan-City, Chung Nam 331-718, Korea.

Tel: +82-41-570-4166, Fax: +82-41-570-4258

e-mail: omnibin@kornu.ac.kr

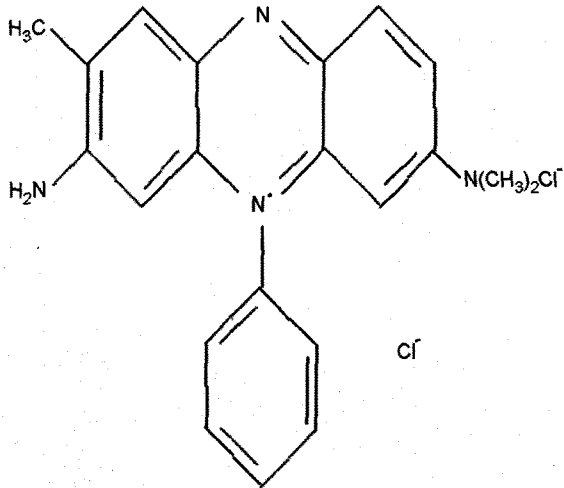


Fig. 1. Chemical structure of safranin O.

히 찾기 위해서는 지문 영상의 질을 향상시키는 것이 매우 중요하다. 강력 사건 현장에서 범행에 이용되는 접착 테이프나 명합과 같은 비다공성 지류에서의 지문 현출은 일반적인 지문 채취보다 훨씬 어려움이 많고 기존에 사용하고 있는 방법은 절차가 복잡하고 경제적으로 큰 부담을 준다.

사프라닌 O (safranin O) 염색물질은 염기성 염료로 화학적으로 전기적 양성을 띠는 물질이다. 인체에서 분비되는 체액 중 땀 성분은 여러 아미노산과 지방산으로 구성되어 있다. 이러한 땀 성분 중 전기적으로 음이온으로 하전되어 있는 성분과 사프라닌 O 염색물질의 양이온이 잘 결합하여 선명하게 착색이 되는 원리를 이용하여 지문 현출 방법에 있어 편리하고 경제적인 방법을 개발하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### safranin O 염료

사프라닌 O는 염기성 염료로서 분자량 350.84로  $C_{20}H_{19}ClN_4$ 의 화학적 구조식을 갖는 물질이다 (Fig. 1). 사프라닌 O는 수용액에서는 완전히 용해되어  $C_{20}H_{19}N_4^+$ 와  $Cl^-$ 로 유리된다 (Elmer et al., 1992). 유리된 양이온 (+)인  $C_{20}H_{19}N_4^+$  발색단이 유류된 지문의 음이온 (-) 땀 성분과 결합하여 붉은색의 형태로 현출된다.

### 접착테이프 및 비다공성 지류에서 지문 현출

사프라닌 O 염료 1 g을 증류수 1 L에 넣고 교반기에서 완전히 용해시킨다. 충분히 용해된 용액에 지문이 전

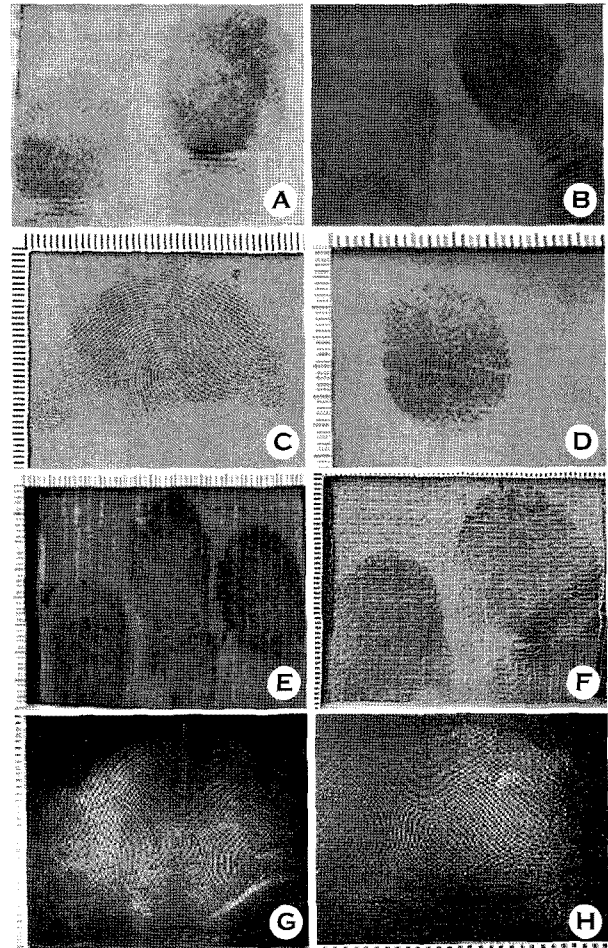


Fig. 2. The comparison of fingerprints obtained on the various attachment tapes using safranin O. A, B, transparent attachment tape; C, D, yellow attachment tape; E, F, blue attachment tape; G, H, black attachment tape.

사된 접착테이프 또는 비다공성 지류를 담근다. 지문을 현출하는 시간은 비다공성 지류의 경우 30초에서 1분 가량이 소요되며 접착테이프는 30분에서 1시간 가량 경과 하면 선명한 지문을 얻을 수 있다. 흐르는 수돗물에 세척한 후 잘 건조시킨 후 사진 촬영하여 지문자동검색시스템 (AFIS)에 입력한다.

## 결 과

### safranin O 염료를 이용한 염색결과

투명테이프에 사프라닌 O를 적용한 결과 뚜렷한 붉은색의 지문 용선을 얻을 수 있었으며 투명테이프 재질에 따라 염색 강도의 차이가 나타남을 동시에 확인할 수 있었다 (Fig. 2. A, B). 또한 투명테이프는 염색의 시간이 오래될수록 지문이 강하게 나타나는 장점이 있지만 그 반

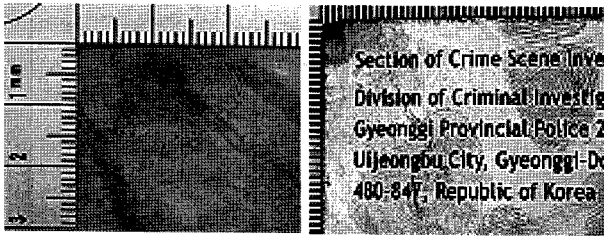


Fig. 3. The fingerprints obtained on the non-porous paper using safranin O.

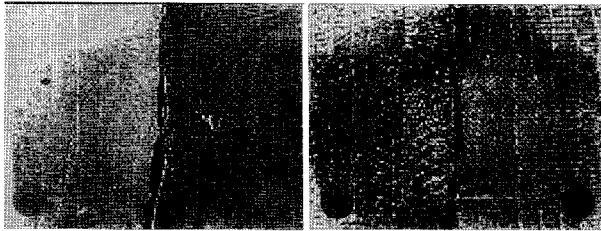


Fig. 4. The comparison of fingerprints obtained on the blue attachment tapes using safranin O and crystal violet. S, safranin O; C, crystal violet.

면에 테이프 자체에 염색액이 스며들어 배경 색상이 붉어짐을 확인할 수 있었다. 노란색테이프 (Fig. 2. C, D), 청색테이프 (Fig. 2. E, F), 검정색테이프 (Fig. 2. G, H)에 사프란인 O를 적용한 결과 역시 뚜렷한 붉은색의 지문 용선을 얻을 수 있었으며, 염색의 시간과는 무관하게 지문 외에 테이프 접착면에 염색액이 스며드는 현상은 찾아볼 수 없었다. 검정색테이프의 경우 검은색상의 바탕에 붉은색의 지문 용선을 육안으로 확인할 수 있었고, 사진상으로 나타낼 때는 빛의 보정을 이용하여 밝은 색으로 용선을 나타내게 하여 선명한 지문 현출을 확인할 수 있었다.

비다공성 지류인 명함에 사프란인 O를 적용한 결과 역시 뚜렷한 붉은색의 지문 용선을 얻을 수 있었고, 지류라는 특성을 감안하여 시간을 30초에서 1분 정도로 짧게 염색을 실시하여 선명한 지문 현출을 확인할 수 있었다 (Fig. 3).

본 연구에서 새롭게 사용한 사프란인 O와 현장에서 이용되고 있는 기존의 염색액인 크리스탈 바이올렛 (crystal violet)을 한사람의 똑 같은 지문이 현출된 접착테이프에 적용한 결과, 청색테이프의 배경색에서도 사프란인 O 방법이 보다 선명한 지문을 현출하는 것으로 확인되었다 (Fig. 4).

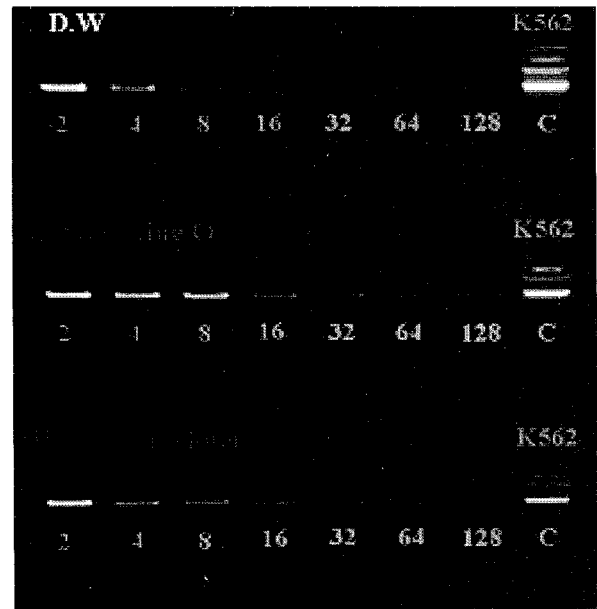


Fig. 5. Agarose gel electrophoresis results of DNA isolated from blood. I, Distilled water with blood; II, Safranin O with blood; III, Crystal violet with blood.

#### safranin O 염료가 DNA에 미치는 영향

신원확인에 있어서 지문이 뛰어나지만 지문이 현출되지 않을 시 그곳에 인체의 세포가 유류되어 있다면 DNA를 확보하는 것이 중요한 사항이 되었다. 지문 현출에 이용되는 시약으로 인해 DNA에 손상을 가해 유전자분석 결과에 영향을 미칠 수 있기 때문에, 접착테이프에서의 지문 현출에 가장 많이 이용되는 크리스탈 바이올렛 시약과 본 연구에서 사용한 사프란인 O 시약이 과연 DNA 검출에 어떠한 영향을 미치는지 확인해 보았다. 혈액 10  $\mu$ l를 각각 증류수, 사프란인 O, 크리스탈 바이올렛 시약으로 1:2에서 1:128까지 연속 희석한 뒤 DNA를 추출하여 아가로스 겔에 전기영동하여 확인한 결과 모든 시약에서 DNA가 손상 없이 검출되는 것을 확인할 수 있었다 (Fig. 5).

#### 고 찰

범죄 현장에서 범행도구로 사용된 접착테이프는 강력한 증거물이 된다. 직접 테이프를 사용하기 위해서는 손에 장갑을 끼고 범행을 하는 것은 무척 불편한 상황이기 때문에 그만큼 지문의 노출이 빈번하다. 지문의 현출은 사람의 땀샘에서 분비되는 여러 화학적 물질의 특성을 통해서 나타난다. 개체마다 분포하는 화학물질의 양은

다르지만 대다수 땀으로 배출되는 지방산은 palmitic acid, palmitoleic acid, oleic acid, stearic acid, tetradecanoic acid, lauric acid, pentadecanoic acid, linoleic acid, linolelaidic acid, arachidic acid, lignoceric acid, myristoleic acid, pentadecenoic acid, henecicosanoic acid과 erucic acid 등이 있으며, 땀 중 아미노산의 경우 serine, glycine과 threonine 등이 있다 (Choi et al., 2007).

현재 테이프 등 접착면의 지문 현출을 위해 사용하고 있는 시약 및 방법 등을 살펴보면, 가장 대표적인 방법으로 널리 알려진 스티키 사이드 파우더 (sticky-side power), 사삼산화철 (emulsion black), 테이프글로 (TapeGlo™), 크리스탈 바이올렛 (crystal violet) 방법 등이 있다.

스티키 사이드 파우더 방법은 미국 Lightning Powder 회사에서 개발한 접착면 지문 현출을 위한 약품으로 청색테이프와 라벨 등 접착성이 강한 테이프류에 효과적인 것으로 알려져 있다 (Yang, 2004). 그러나 진처리로서 혼합액을 만들어야 하며 그 혼합액의 거품을 잘 이용해야만 지문이 현출될 수 있고 처리하는데 방법이 까다롭고 혼합액을 장시간 보관하면 지문 현출 성능이 현저히 떨어지는 단점이 있다.

사삼산화철 방법은 산화철과 계면활성제를 섞어 용액을 만들고 접착테이프 면에 붓으로 직접 발라 지문 현출을 하는 방법으로서 널리 사용되고 있다. 하지만 용액을 잘 섞어 사용하지 않을 시에는 산화철이 침적되는 문제와 산화철은 산화반응에 민감하여 보관 시에 어려움이 있다.

테이프글로법은 이미 용액이 만들어져 있는 것을 접착 테이프 면에 도포 후 물로 세척한 후 건조하여 지문을 현출하는 방법이다. 값이 비싸고 가변광원을 2차적으로 이용해서 지문을 현출해야 하는 단점이 있다.

크리스탈 바이올렛 방법은 기존 분말이 테이프의 끈끈한 전체 면에 점착되어 잠재지문을 현출할 수 없었던 것을 보완하는 것으로 대부분의 접착테이프 접착면을 처리

하는데 사용한다. 그렇지만 색상이 보라색을 나타내어 증거물의 배경색이 시약의 현출색과 같거나 어두우면 현출이 잘 안 되는 단점이 있고 또한 찾고자 하는 잠재지문 주변까지 염색이 되어 선명한 지문을 현출하지 못하는 문제점이 있다.

본 연구에서는 다양한 접착테이프와 비다공성 지류인 명함에 남은 지문을 사프라닌 O 시약을 이용한 현출법을 개발 적용하여 기존의 방법보다 절차가 간편하고 보다 뚜렷한 윤선과 특징점을 확인할 수 있었다.

시약액 1 L 제조에 사프라닌 O 시약 1 g 정도 양이 소요되어 소량의 시약으로 선명한 지문 현출을 얻을 수 있어 경제적 면에서 경쟁력을 가지고 있다. 앞으로 본 연구에서 개발한 사프라닌 O 신기법이 다양한 환경에서의 여러 추가적인 실험을 통해 더욱 완벽한 증례를 갖추어 사프라닌 O 활용 지문 현출법이 기존 방법보다 훨씬 간단하고 경제적인 방법으로서 과학수사 업무에 도움이 될 수 있으리라 사료된다.

#### 감사의 글

본 연구는 2010년도 경찰청 연구비 지원에 의해 경기 지방경찰청 제2청 과학수사계 과제로 수행되었습니다.

#### REFERENCES

- 경찰청, 과학수사. 2002. p86-87. 경찰청.
- 서영석, 전용혁. 최신인체해부학. 1998. p229. 청구문화사.
- 양태규. 과학수사론. 2004. p322. 대왕사.
- Choi MJ, Ha JH, Yoo S, Park SW. Study on individual characterization of sweat components. Analytical Science & Technology. 2007. 20: 434-441.
- Elmer WK, Stephen DA, William MJ, Paul CS, Washington CW. Diagnostic Microbiology. 1992. p9. J.B. Lippincott Company.
- Mulvihill JJ, Smith DW. The genesis of dermatoglyphics. J Pediatr. 1969. 75: 579-589.