

[Research Paper]

열에 노출된 종이에 유류된 잠재지문 현출에 관한 연구

김채원 · 김연지 · 서윤희 · 유제설[†]

순천향대학교 법과학대학원

Development of Fingerprints Deposited on Papers Found at a Fire Scene

Chae-Won Kim · Yeon-Ji Kim · Youn-Hee Seo · Je-Seol Yu[†]

Graduate School of Forensic Science, Soonchunhyang Univ

(Received April 12, 2018; Revised May 24, 2018; Accepted June 11, 2018)

요 약

화재현장에서 발견되는 종이 증거의 지문은 용의자 신원에 대한 단서를 찾을 수 있는 중요한 증거이다. 하지만 화재현장의 온도는 매우 높기 때문에 종이의 잠재지문이 손상될 가능성이 높아 지문 현출에 어려움이 따른다. 이에 따라 본 연구는 고온에 노출된 종이에 남겨진 잠재지문을 현출하기 위해 다공성 표면에 적용하는 시약인 닐히드린, 1,8 - Diazfluoren - 9 - One (DFO), 질산은을 사용하여 그 효과성을 비교하였다. 건열프레스기를 사용하여 종이 가 탄화되지 않을 정도의 온도조건인 200 °C에서 노출시간을 달리하여 종이에 열을 가하였다. 닐히드린은 모든 조건에서 현출력이 떨어졌으며 DFO는 노출시간이 길어질수록 감도가 좋지 않았다. 질산은은 모든 조건에서 용선 및 특징 점을 확인할 수 있는 상태의 지문이 현출되었다. 따라서 화재 현장에서 수집한 종이에서 지문을 현출하고자 할 때는 아미노산 반응 시약보다 염화물 반응 시약인 질산은을 사용했을 것을 권장한다.

ABSTRACT

Fingerprints deposited on paper found at a fire scene are important evidence for determining a suspect's identity. On the other hand, because the temperature at the fire scene is very high, there are many difficulties in developing fingerprints. This study compared the effectiveness of ninhydrin, DFO, and silver nitrate to develop fingerprints deposited on paper exposed to high temperatures. Using a dry heat press, heat was applied to the paper at 200 °C for various times. Silver nitrate was found to be superior to the others under all conditions. Ninhydrin developed fingerprints weakly compared to DFO and silver nitrate. In addition, the sensitivity of DFO decreased with increasing exposure time. Therefore, it is recommended silver nitrate be used to develop fingerprints deposited on paper found at a fire scene.

Keywords : Ninhydrin, DFO, Silver nitrate, Fire scene, Fingerprint

1. 서 론

국가 수사력의 낭비를 줄이기 위해서는 철저한 현장 조사가 전제되어야 한다. 특히 화재 현장의 경우 현장 조사를 통한 증거 수집이 제대로 이루어지지 않는다면 방화 범위를 인식하지 못하고 수사를 종결시킬 수 있고 반대로 자연적으로 발생한 화재를 방화 범위로 결론짓을 가능성이 있기 때문이다⁽¹⁾. 그러나 화재현장에서는 증거 대부분이 화염과 진화과정 등에 의하여 원래의 형태를 유지하지 못한 채로 발견되기 때문에 지문이나 DNA 등 신원을 확인할 수

있는 증거수집에 많은 어려움이 따른다. J. Deans는 화재현장에 입장한 대다수의 수사관들이 화재로 인하여 지문이 손상되었을 것이라는 생각 때문에 실제로 다른 범죄 사건보다 화재현장에서의 지문 채취를 철저하게 하지 않는 경우가 많다고 언급하였다⁽²⁾. 그러나 잠재적인 가해자의 신원에 대한 단서를 찾기 위해서는 현장에 남겨진 지문을 찾는 것이 필요하다. 따라서 열에 의해 훼손된 검체에 남아있는 부분 지문(partial fingermark)까지도 육안으로 식별 가능하게 하는 현출 기법을 모색하는 것은 매우 중요하다.

비다공성 표면은 다공성 표면에 비하여 열에 의해 크게

[†] Corresponding Author, E-Mail: haplf@naver.com, TEL: +82-41-530-4756, FAX: +82-41-530-4755

© 2018 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

훼손되지 않는다는 특성이 있다. 따라서 열에 노출된 비다공성 표면에 유류된 지문 현출과 관련된 연구는 비교적 많이 이루어져 왔는데, 실험에 사용된 비다공성 표면으로는 유리병, 플라스틱, 캔, 금속, 도자기, 세라믹 등이 있다^(2,4). 반면, 다공성 표면과 관련된 연구는 적다. 이 때, 불에 탄 다공성 표면이라면 잠재지문 현출이 불가능하지만 화재 현장에서 발견되는 다공성 표면의 증거 중에는 간접적인 열 노출에 의하여 탄화되기보다 구워지는 증거가 발견될 가능성이 있으므로 더 많은 연구가 필요하다.

대표적인 다공성 표면인 종이에 대한 지문 구성성분 중에서도 에크린 선에서 분비되는 수용성 분비물이 빠르게 흡수된다. 수용성 분비물은 아미노산, 단백질, 젖산 등과 같은 유기 물질과 금속 이온, 염화물 등과 같은 무기 물질로 이루어져 있다⁽⁵⁾. 종이에 유류된 지문을 현출할 때는 지문의 아미노산 성분과 반응하는 시약을 주로 사용하지만, DeHaan의 연구에 따르면 지문 구성성분에 포함된 단백질이 고온에서 변성될 경우 더 이상 단백질 타겟 시약과 반응하지 않을 수 있음을 밝혀냈다⁽⁶⁾. Giorgia De Paoli는 지문 구성성분 중 요소, 젖산, 7가지 아미노산을 광분해, 열분해 시켜보았다. 100 °C에서 상당한 아미노산의 분해가 있었고 150 °C 노출에서 아미노산의 추가 분해가 있었다⁽⁷⁾. 아울러, 영국 내무성(Home Office)에서 수행한 연구에 따르면 150 °C 이상의 열에 지문이 노출될 경우 아미노산 성분이 분해되므로 다투드린이나 1,8-diazafluoren-9-one (DFO)를 처리하는 것이 바람직하지 않다고 밝혔다⁽⁸⁾. 따라서 열에 노출된 다공성 표면에서 지문을 현출하기 위해서는 아미노산 타겟 시약보다는 다른 시약이나 기법의 사용을 고려해야 한다.

몇몇 연구자들은 별도의 시약을 처리하기보다는 열에 노출된 종이에 특정 파장의 광원을 조사(照射)하여 비파괴적으로 지문의 자연형광(natural fluorescence)을 관찰하는 방법을 이용하였다. Brown은 지문이 유류된 종이를 220~300 °C 범위에서 빠르게 건식 가열한 후, 자외선을 조사하여 지문의 자연형광을 관찰한 바 있다⁽⁹⁾. Dominick은 150 °C로 열처리한 검체에 478-534 nm 대역의 녹색광을 조사하고 549 nm 필터를 사용하여 지문의 자연형광을 관찰하였다⁽¹⁰⁾. 그러나 이 방법은 일정 온도 이상의 열이 가해진 검체에서는 자연형광을 관찰할 수 없다는 단점을 갖고 있다.

영국 내무성(Home Office)에서 수행한 연구에 따르면 다공성 표면에 유류된 지문이 화재 현장과 같이 극한 조건에 노출되어도 화학적 기법을 통한 현출이 가능했다⁽¹¹⁾. Dominick 외는 종이에 지문을 유류한 뒤, 오븐을 사용하여 50 °C, 100 °C, 150 °C, 200 °C의 열을 검체에 가한 다음 다투드린, DFO, Physical Developer (PD)를 처리하였다. 최대 100 °C의 열에 노출된 검체에서는 DFO의 효과가 우수하였으나, 그 이상의 열에 노출된 검체에서는 PD가 효과적이었다⁽⁵⁾.

기존의 선행연구에서는 연구자마다 자연형광을 관찰하기 위한 광원의 파장이 달랐고, 검체에 열을 처리하기 위한

발열체의 효과성을 각기 다르게 주장하고 있다. 또한 PD 시약은 효과가 매우 우수하나 현장에서 사용하기에는 제조 방법과 적용방법이 까다롭다는 단점이 존재한다. 이에 본 실험의 연구자들은 예비 실험을 통해 발열체로 건열프레스기를 선정하였고, 이를 사용하여 종이에 고른 열이 전달되도록 하였다. 또한 지문의 구성성분 중 염화물은 높은 열에 견딜 수 있다는 Richmond의 연구⁽¹¹⁾를 토대로, 염화물을 타겟으로 하는 질산은(silver nitrate)과 아미노산을 타겟으로 하는 다투드린, DFO를 각각 적용한 지문의 이미지를 비교하여 열에 노출된 종이에 유류된 지문을 현출하기 위한 최적의 기법을 제시하고자 하였다.

2. 실험재료

2.1 다투드린

닌히드린은 다공성 표면에서 지문 현출을 위한 가장 보편적인 기술 중 하나이다⁽¹²⁾. 다투드린은 1910년 영국의 화학자 Siegfried Ruhemann에 의해서 처음 합성되어 아미노산과 반응하는 것으로 알려졌으며⁽¹³⁾, 지문 검출 시약으로 다투드린을 사용한 것은 1954년 Odén and von Hofsten에 의해 처음 제안되었다⁽¹⁴⁾. 종이와 같은 다공성 표면은 육안으로는 보이지 않지만 지문의 용선보다 촘촘한 구멍을 가진 표면이기 때문에 액체를 흡수하는 특성이 있다. 이러한 특성으로 종이에 지문이 남겨졌을 때 지문의 수용성 분비물에 해당하는 아미노산이 흡수되어 남아있게 된다. 다투드린은 종이에 남겨져있는 지문의 아미노산 성분과 반응하여 루히만퍼플(Ruhemann's purple)이라고 불리는 핑크계열의 보라색을 띠게 된다. 지문의 아미노산 성분과 종이의 셀룰로오스는 건조한 종이 기질에서는 아미노산이 이동하지 않고 매우 견고한 결합을 하여 지문의 용선 모양을 보존한다. 이 결합은 종이가 젖거나 과도한 습도에 노출되지 않는 한 매우 강하다⁽¹²⁾. 다투드린은 담금법이나 스프레이법을 통해 적용하며 다투드린과 아미노산의 반응속도를 촉진시키기 위해 열을 가한다. 다투드린으로 처리된 지문은 보라색을 띠므로 밝은 표면에서 큰 대조비를 보이기 때문에 별도의 광원 없이 관찰이 가능하다. 반면 어둡거나 복잡한 배경에서는 보라색의 다투드린 처리지문은 대조비가 좋지 않아 시각화하는 것에 어려움이 있다. 본 실험에서는 6 g의 다투드린 분말(SIRCHE)을 Ethyl alcohol anhydrous, 99.9% (DAEJUNG) 50 mL에 완전히 녹인 후 Petroleum ether, 90.0% (SAMCHUN) 950 mL를 첨가하여 다투드린 용액을 제조하였다.

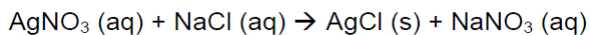
2.2 1,8-Diazafluoren-9-One (DFO)

다공성 표면에서의 효과적인 지문현출 시약인 다투드린의 발견 이후, 법과학자들은 다투드린과 유사한 구조를 가진 것으로 알려진 다양한 분자들을 연구하였고 그 중 1,8-diazafluorene-9-one (DFO)이 효과적인 다투드린 유사체

로 주목받았다. 1950 년 Druey와 Schmidt에 의해 처음 합성되었으며⁽¹⁵⁾, 1990년 Grigg과 Pounds에 의해 잠재지문 현출 시약으로 소개되었다^(16,17). DFO는 이중 목적 시약(dual purpose reagent)으로, 아미노산과 반응하여 상온에서 옅은 핑크-퍼플 색의 정색반응과 470 nm의 자극광에서 570 nm의 방출광을 내는 형광반응물을 형성한다⁽¹⁸⁾. 아미노산과 결합한 DFO는 백색광 하에서는 다투드린보다 연한 색을 나타내지만, 2차적인 금속염 처리 없이도 형광 반응을 관찰할 수 있다⁽¹⁹⁾. 본 실험에서는 DFO 500 mg을 메탄올 100 mL에 완전히 녹인 후 ethyl acetate (DAEJUNG) 100 mL와 acetic acid, glacial (DAEJUNG) 20 mL를 넣고 Petroleum ether, 90.0% (SAMCHUN) 780 ml를 첨가하여 DFO를 제조하였다.

2.3 질산은

질산은은 1891년 초에 처음 사용되어 다투드린이 사용되기 전까지 요오드와 함께 다공성 표면에 유류된 지문을 현출하는데 가장 많이 사용된 시약이다. 질산은이 지문을 현출시키는 반응 매커니즘은 다음과 같다. 잠재지문의 염화물 이온과 질산은이 반응하여 염화은(silver chloride)이라는 불용성 염을 형성한다⁽⁸⁾.



이 염화은은 결합이 약하기 때문에 단파장의 자외선을 비춰주면 염화은이 metallic silver로 바뀌어 어두운 색깔의 지문으로 현출된다⁽⁵⁾. 현출된 지문은 시간이 지남에 따라 배경이 어두워져 현출 즉시 촬영해야 하며 처리된 잠재지문은 암실에서 보관해야 한다. 질산은은 아미노산을 타겟으로 하지 않기 때문에 다공성 검체에서 아미노산을 타겟으로 하는 다투드린이나 DFO와 같은 시약을 적용한 후에 질산은을 순차적으로 적용하면 추가적인 지문이 현출될 수 있다⁽¹²⁾. 또한 질산은은 파괴적인 기법이기 때문에 마지막으로 사용하는 것이 좋다. 본 실험에서는 30 g의 silver nitrate 분말을 증류수 100 mL에 완전히 녹인 후 Ethyl alcohol anhydrous, 99.9% (DAEJUNG) 1000 mL을 첨가하여 질산은 용액을 제조하였다.

3. 실험방법

3.1 지문유류

실험에 사용된 검체는 백색 A4 사무용지(더블레이 A4 복사용지, Thailand)를 사용하였으며, 지문 유류 전에 손을 세척하고 자연건조한 후 라텍스장갑을 30분 가량 착용한 뒤 유류하였다. 사용된 지문은 만 25세 남성의 우수 무지, 좌수 무지로, A4용지에 땀지문을 연속적으로 6번 유류하였다. 세 가지 시약의 효과성을 비교하기 위하여 지문을 유류한 다음 Figure 1과 같이 3등분 하여 각 시약을 적용하였다.

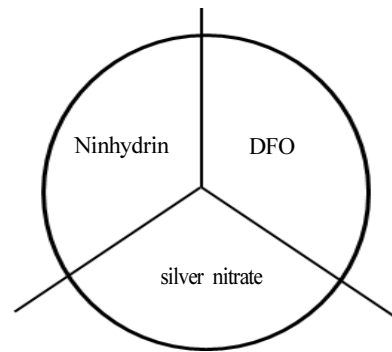


Figure 1. Fingerprint split method and application location of reagents.

3.2 열적용 방법

3.2.1 발열체 선정 및 노출온도와 시간 설정

먼저 선행연구를 기반으로 하여 지문이 유류된 종이를 가열할 발열체를 선정하였다. 선행연구에서는 주로 온도를 설정할 수 있는 오븐, 다리미, 건열프레스기를 발열체로 선정하였다. 오븐의 경우 열이 검체에 고루 전달되지 않고, 검체를 올려놓는 오븐 트레이의 소재 특성상 설정한 온도보다 높아져 온도 조절이 어려웠다. 또한, 예비 실험에서 사용한 오븐은 최대 210 °C까지만 설정할 수 있어 검체에 더 높은 온도를 가할 수 없었다. 다리미의 경우 열선이 존재하는 곳만 열이 가해지고 그렇지 않은 부분에는 열전달이 되지 않아 고른 열처리가 어려웠다. 건열 프레스기도 열선 방식을 채택하고 있으나, 다리미에 비하여 열판이 두꺼워 열전도가 우수하여 검체에 고른 열전달이 가능하다. 또한, 400 °C까지 온도 조절이 가능하여 높은 온도를 검체에 적용할 수 있다는 특징이 있다.

발열체를 사용하여 180 °C부터 400 °C까지의 열을 검체에 처리한 결과, 270 °C에서는 아미노산이 탄화되어 시약의 효과를 비교하기에 적합하지 않았으며 같은 온도에서 노출시간을 길게 적용하면 종이 탄화되어 지문을 관찰할 수 없었다. 따라서 본 연구에서는 지문이 유류된 종이를 건열프레스기(알트라이트, HP3838)를 사용하여 아미노산과 종이 탄화되지 않는 적정온도인 200 °C에서 노출 시간을 100초, 200초, 300초로 달리하여 열처리를 하였다.

3.3 시약 적용 및 관찰 방법

본 실험에서는 다투드린, DFO, 질산은 용액을 담금법으로 적용하였다. 다투드린과 DFO를 처리한 검체는 충분히 말린 후 잠재지문 현출 속도를 높이기 위해 Digital Steam Press (Sienna, SSP-3208, USA) 사용하여 열처리 하였다. 질산은을 처리한 검체에 자외선 광원(UV Panther, 254 nm, SIRCHIE, USA)을 약 1 분간 조사하였다.

촬영 시 사용한 카메라는 NIKON D90이며, AF-S MICRO NIKKOR 105 mm 1:2.8 G ED (Nikon, Japan) 렌즈를 장착시

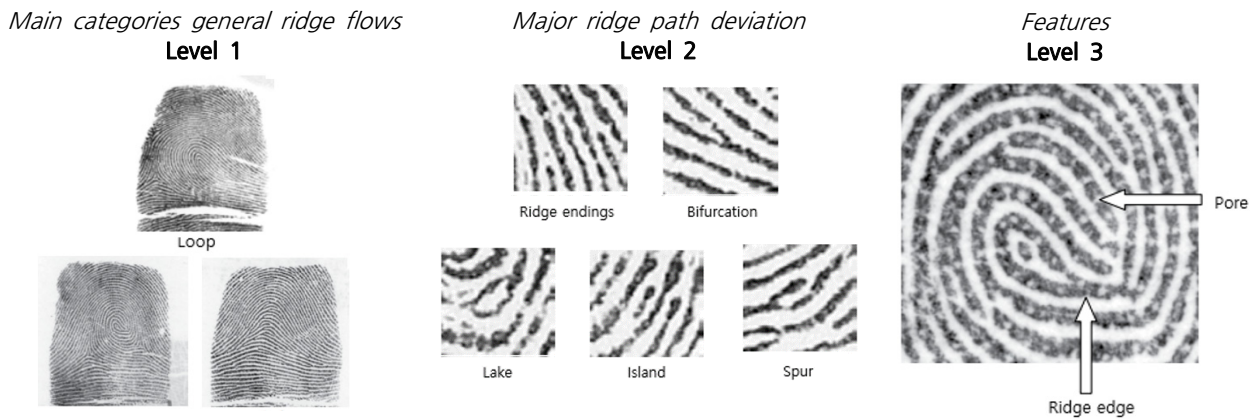


Figure 2. Illustration of the three levels of details⁽²¹⁾.

Table 1. Fingerprint Evaluation Table According to SWGFAST Standard

	Quality
High (4 points)	Level 1 is Distinct; Level 2 Details are Distinct; There are Abundant Distinct Level 3 Details.
Medium High (3 points)	Level 1 is Distinct; Most of the Level 2 Details are Distinct; There are Minimal Distinct Level 3 Details.
Medium Low (2 points)	Level 1 is Distinct; Few of the Level 2 Details are Distinct; There are Minimal Distinct Level 3 Details.
Low (1 point)	Level 1 may not be Distinct; Most of the Level 2 Details are Indistinct; There are no Distinct Level 3 Details.

켰다. 다투드린과 질산은을 적용한 지문은 백색광 하에서 촬영하였고 DFO를 적용한 지문은 암실에서 polilight Flare Plus 2 505 nm 광원(Rofin, Australia)과 진한 주황색 차폐필터(Altlight, Korea)를 사용하여 촬영하였다.

3.4 평가방법

평가를 위해 법과학 교육을 받은 22명을 평가자로 선정하였다. 지문 전문가 모임인 Scientific Working Group on Friction ridge Analysis, Study and Technology (SWGFAST)는 지문의 질적·양적인 면을 모두 평가하는 총체적 접근방법(holistic approach)을 따라 권고안을 제시하였는데⁽²⁰⁾, 그 내용은 Figure 2와 같다. Level 1 detail에서는 지문의 일반적인 용선의 형태를 관찰하고, Level 2 detail에서는 끝점, 분기점 등 특징점으로 알려져 있는 주요 용선들의 경로변화를 확인하게 된다. Level 3 detail에서는 개별적인 용선의 형태, 용기된 모양이나 방향, 고랑의 형태나 위치, 땀구멍 등 세부적인 사항을 파악한다.

각 기법을 통해 현출된 지문사진을 보여준 후 어떻게 관찰되는지 아래의 Table 1을 기준으로 평가하도록 하였다.

Table 1은 Figure 2를 참고하여 설정한 점수 기준이다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 노출시간에 따른 시약의 효과성 비교

Figure 3은 비교를 위한 대조군(control)으로 지문이 유류된 종이에 열처리를 하지 않고 바로 시약을 적용한 결과이다. Figure 4는 평가자들이 평가한 지문의 점수를 합산한 평균을 그래프로 나타낸 것이다. 대조군에서는 DFO가 평균 3.50점으로 가장 우수한 현출력을 보였으며, 다투드린은 평균 1.63점으로 가장 떨어지는 현출력을 보였다.

200 °C, 100초간 열처리한 결과에서도 DFO는 평균 2.23점을 얻어 가장 좋은 현출력을 보였으나 노출시간이 200초 이상 지속되면 형광의 세기가 급격하게 약해지는 것을 알 수 있다. 다투드린 또한 노출시간이 길어질수록 현출력이 점점 감소하였으며 200초 이상 노출시킨 검체에서는 용선이 거의 관찰되지 않았다. 반면 질산은을 적용한 경우 다른 시약을 적용한 지문과는 달리 노출 시간이 길어지더라도 고루 약 2점을 얻어 식별 가능한 용선의 형태가 유지됨을

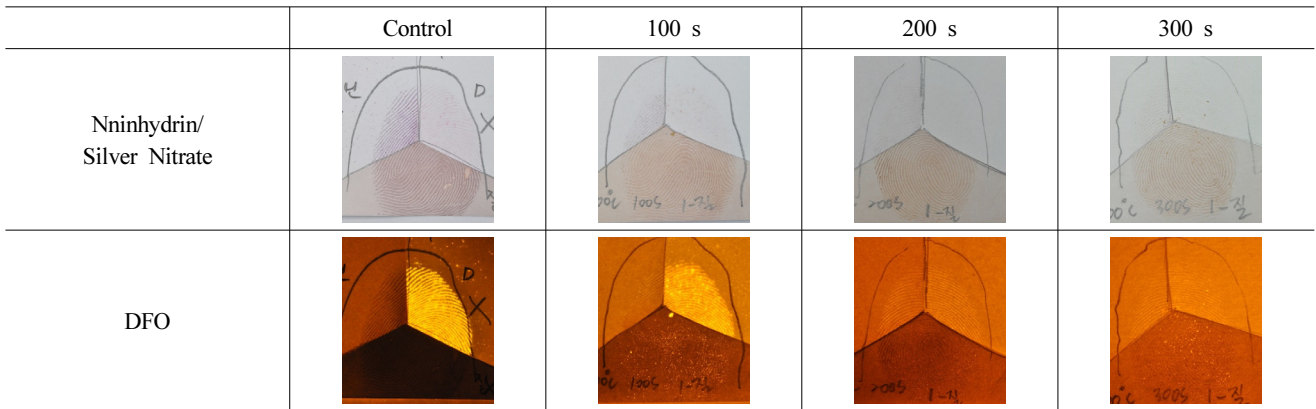


Figure 3. Fingerprint of applying ninhydrin, silver nitrate, DFO with different exposure time.

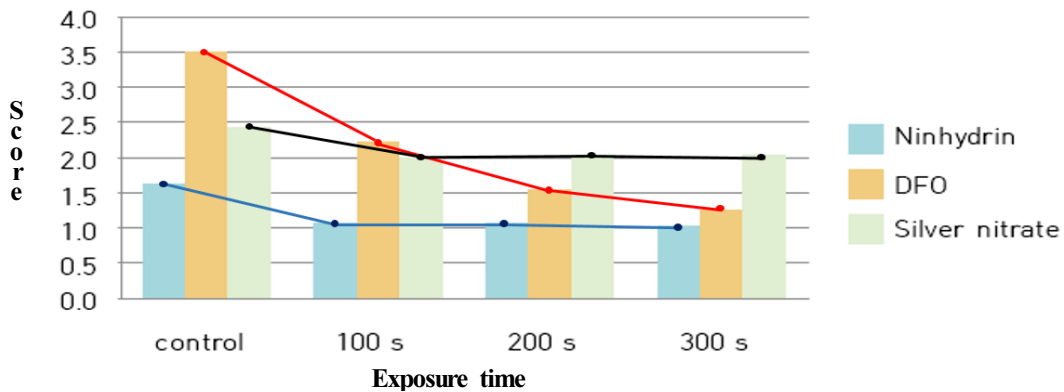


Figure 4. Score for each technique (ninhydrin, DFO, silver nitrate) according to heat exposure time.

확인하였다. 이는 각 시약의 타겟 물질이 다르고 타겟 물질의 열분해 성질에 의한 것이라고 생각된다. 질산은의 타겟 물질인 염화물은 열에 강하다고 알려져 있는데, 화재 시 발생할 수 있는 가장 높은 온도는 1350 °C로 염화물의 끓는 점인 1413 °C 보다 낮다⁽²⁾. 때문에 고온에 노출된 다공성 검체에서 지문을 현출할 때는 염화물을 타겟으로 하는 질산은을 사용하면 아미노산을 타겟으로 하는 시약보다 지문을 증강할 가능성이 높아진다.

4.2 200 °C, 100초에 노출된 결과

200 °C 의 열을 100초간 가한 후 각각의 시약을 사용하여 현출한 결과, DFO를 사용했을 때 가장 대조비가 좋은 지문이 현출되었으며 지문평가 결과 2.23점으로 가장 높은 점수를 얻었다. 가장 감도가 좋지 않은 시약은 닌히드린으로 가장 낮은 평가 점수를 얻었다.

4.3 200 °C, 200초에 노출된 결과 / 200 °C, 300초에 노출된 결과

지문이 유류된 종이를 200 °C에서 200초간 노출시킨 후 시약을 적용한 결과는 Figure 5, Figure 6과 같다. 닌히드린은 1번 지문에서만 용선의 흐름이 아주 미세하게 보일 정

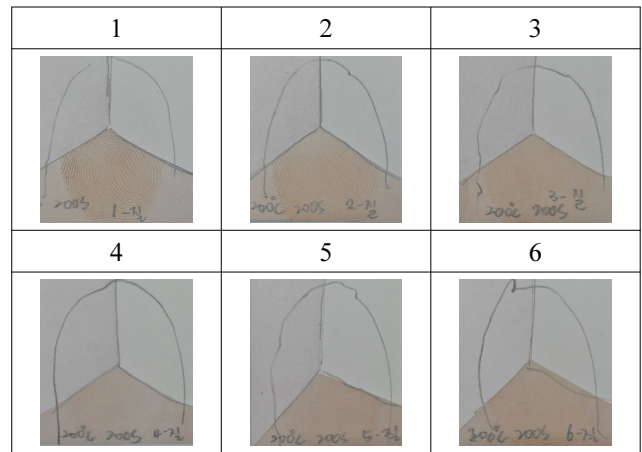


Figure 5. Depletion series of fingerprints applied with ninhydrin and silver nitrate after exposure to heat for 200 s and 200 °C.

도로 현출되었으며, 100초간 열처리된 검체에서 높은 감도를 보였던 DFO의 감도가 확연하게 떨어진 것을 확인할 수 있다. 반면 질산은은 5번 지문까지 대조비가 좋은 지문이 현출되었고 6번 지문에서도 진하지 않지만 식별이 가능한 용선이 현출되었다. 또한, Figure 7, Figure 8에서 볼 수 있

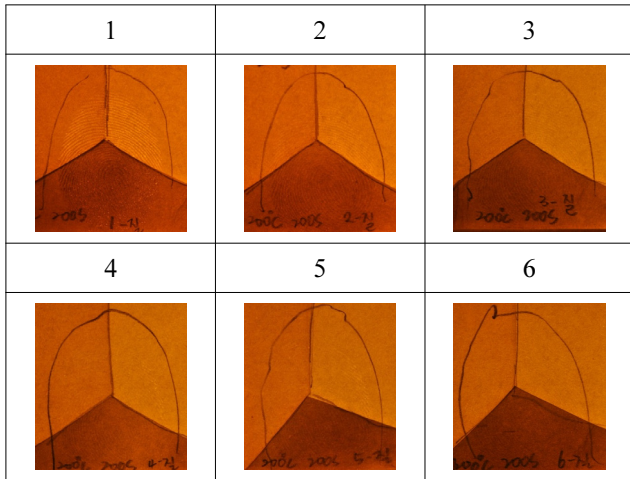


Figure 6. Depletion series of fingerprints applied with ninhydrin and silver nitrate after exposure to heat for 200 s and 200 °C (505 nm, orange barrier filter).

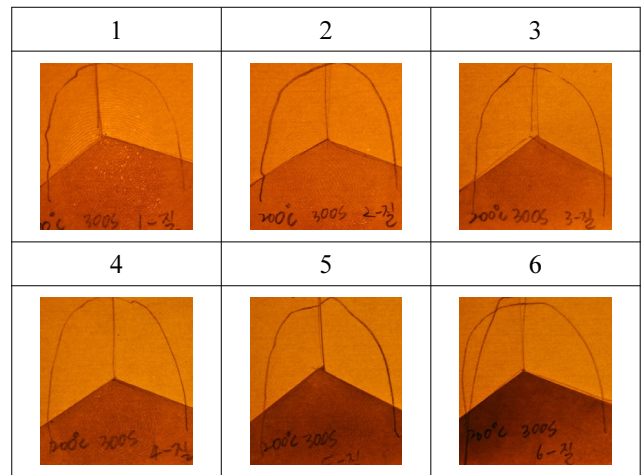


Figure 8. Depletion series of fingerprints applied with ninhydrin and silver nitrate after exposure to heat for 300 s and 200 °C (505 nm, orange barrier filter).

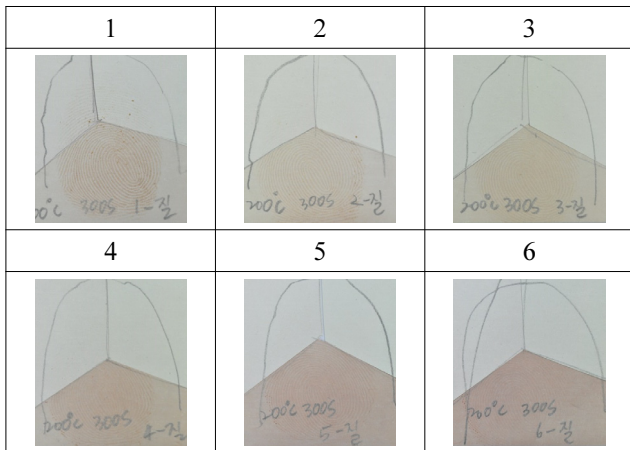


Figure 7. Depletion series of fingerprints applied with ninhydrin and silver nitrate after exposure to heat for 300 s and 200 °C.

듯이 열에 300초 동안 노출된 지문에 각 시약을 처리한 결과에서도 질산은 처리지문에서 가장 뚜렷한 융선 디테일을 확인할 수 있었고, 닌히드린과 DFO는 매우 낮은 지문 현출력을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 아미노산이 오랫동안 열을 받으면 아미노산의 구조가 변한다는 Ingrid M. Weiss의 연구 결과와도 일치한다⁽²²⁾.

5. 결 론

본 연구에서는 열에 노출된 종이에 유류되어있던 잠재지문을 현출하기 위해 닌히드린, DFO, 질산은의 효과성을 비교하였다. 그 결과 종이가 오랜 시간 열에 노출되어도 질산은이 다른 시약에 비해 근소하게 우수한 지문 현출 결과를 보였다. 아미노산은 높은 온도 또는 열에 오랜 시간 노출될 경우 열분해가 일어나 아미노산의 구조가 변형된다.

이러한 이유 때문에 아미노산을 타겟으로 하는 닌히드린과 DFO의 감도가 낮았다. 따라서 열에 노출된 종이에 유류된 잠재지문 현출을 위해서는 아미노산을 타겟으로 하는 시약 보다는 NaCl과 같이 지문에 존재하는 염화물을 타겟으로 하는 질산은 시약을 고려하는 것이 옳다고 생각된다. 그러나 본 연구에서 노출 온도와 시간 조건을 다양하게 설정하지 못한 점과 일상생활에서 흔히 찾아볼 수 있는 다양한 종이류 표면에 대한 실험을 수행하지 못한 점이 아쉬움으로 남는다. 화재 현장에서는 다양한 형태의 종이류 증거가 수집될 수 있으므로 이와 관련한 후속 연구들이 필요할 것으로 생각된다.

과학수사요원, 화재조사관이 화재현장에서 수집한 종이 가 탄화되지 않은 상태라면, 본 연구 결과가 시사하는 바와 같이 질산은을 우선적으로 사용해볼 것을 권장한다.

후 기

이 논문은 2018학년도 순천향대학교 학술연구비 지원을 받아 수행된 연구임.

References

1. S. H. Lee, "Fire Science", DongHwa Technology, Korea pp. 5-13 (2017).
2. J. Deans, "Recovery of Fingerprints from Fire Scenes and Associated Evidence", Science & Justice: Journal of the Forensic Science Society, Vol. 46, No. 3, pp. 153-168 (2006).
3. W. W. Harper, "Latent Fingerprints at High Temperatures.", Journal of Criminal Law and Criminology, Vol. 29, No. 4, pp. 580-583 (1938).

4. J. Deans, M. Cox and S. Bleay, "The Effect of Different Types of Fire Extinguisher on the Recovery of Fingerprints", *Fingerprint Whorld*, Vol. 33, No. 128, pp. 164-179 (2006).
5. R. Ramotowski, "Lee and Gaensslen's Advances in Fingerprint Technology", CRC Press, Boca Raton, U.S. (2006).
6. J. D. DeHaan and P. L. Kirk, "Kirk's Fire Investigation", 6th Edition, Pearson Education, U.S., p. 458 (2006).
7. G. D. Paoli, S. A. Lewis, E. L. Schuette, L. A. Lewis, R. A. Connatser and T. Farkas, "Photo- and Thermal-Degradation Studies of Select Eccrine Fingerprint Constituents", *Journal of Forensic Sciences*, Vol. 55, No. 4, pp. 962-969 (2010).
8. S. M. Bleay, V. G. Sears, H. L. Bandey, A. P. Gibson, V. J. Bowman, R. Downham, L. Fitzgerald, T. Ciuksza, et al., "Fingerprint source book", Home Office Center for Applied Science Technology, Centre for Applied Science and Technology, UK (2012).
9. A. G. Brown, D. Sommerville, B. J. Reedy, R. G. Shimmon and M. Tahtouh, "Revisiting the Thermal Development of Latent Fingerprints on Porous Surfaces: New Aspects and Refinements", *Journal of Forensic Sciences*, Vol. 54, No. 1, pp. 114-121 (2009).
10. A. J. Dominick, N. N. Daeid and S. M. Bleay, "The Recoverability of Fingerprints on Paper Exposed to Elevated Temperatures-Part 1: Comparison of Enhancement Techniques", *Journal of Forensic Identification*, Vol. 59, No. 3, pp. 325-339 (2010).
11. A. Richmond-Aylor, S. Bell, P. Callery and K. Morris, "Thermal Egradation Analysis of Amino Acids in Fingerprint Residue by Pyrolysis GC-MS to Develop New Latent Fingerprint Developing Reagents", *Journal of Forensic Sciences*, Vol. 52, No. 2, pp. 380-382 (2007).
12. C. Champod, C. Lennard, P. Margot and M. Stoilovic, "Fingerprints and Other Ridge Skin Impressions", CRC Press, Boca Raton, U.S. (2004).
13. S. Ruhemann, "CXXXII.—Cyclic di- and tri-ketones", *Journal of the Chemical Society, Transactions*, Vol. 97, pp. 1438-1449 (1910).
14. S. Odén and B. V. Hofsten, "Detection of Fingerprints by the Ninhydrin Reaction", *Nature*, Vol. 173, No. 4401, p. 449 (1954).
15. J. Druuey and P. Schmidt, "Phenanthrolinechinone und Diazafluorene", *Helvetica Chimica Acta*, Vol. 33, No. 4, pp. 1080-1087 (1950).
16. C.A. Pounds, R. Grigg and T. Mongkolaussavaratana, "The Use of 1,8-Diazafluoren-9-one (DFO) for the Fluorescent Detection of Latent Fingerprints on Paper. A Preliminary Evaluation", *Journal of Forensic Sciences*, Vol. 35, No.1, pp. 169-175 (1990).
17. R. Grigg, T. Mongkolaussavaratana, C. A. Pounds and S. Sivagnanam, "1,8-Diazafluorenone and Related Compounds. A New Reagent for the Detection of Alpha Amino Acids and Latent Fingerprints", *Tetrahedron Letters*, Vol. 31, No. 49, pp. 7215-7218 (1990).
18. M. Stoilovic, "Improved Method for DFO Development of Latent Fingerprints" *Forensic Science International*, Vol. 60, No. 3, pp. 141-153 (1993).
19. C. Conn, G. Ramsay, C. Roux and C. Lennard, "The Effect of Metal Salt Treatment on the Photoluminescence of DFO-treated Fingerprints", *Forensic Science International*, Vol. 116, No. 2-3, pp. 117-123 (2001).
20. SWGFAST, "Document #10: Standards for Examining Friction Ridge Impressions and Resulting Conclusions (Latent/Tenprint)", SWGFAST, Ver.2.1 (2013).
21. J. Fraser and R. Willians, "Handbook of Forensic Science", Willan Publishing, UK, p. 58 (2009).
22. I. M. Weiss, C. Muth, R. Drumm and H. O. K. Kirchner, "Thermal Decomposition of the Amino Acids Glycine, Cysteine, Aspartic Acid, Asparagine, Glutamic Acid, Glutamine, Arginine and Histidine", *BMC Biophysics*, Vol. 11, No. 1, p. 2 (2018).