

염화아연(Zinc Chloride)과 액화질소를 사용한 닌히드린(Ninhydrin) 형광지문의 증강 효과 비교 및 실무적 사용을 위한 새로운 냉각방법에 관한 연구

전수연¹, 김창용¹, 김미소¹, 유제설^{2*}

¹순천향대학교 법과대학원 석사과정, ²순천향대학교 법과대학원 교수

Comparison of Enhancement Effect of Ninhydrin Fluorescent Fingerprints Using Zinc Chloride and Liquid Nitrogen and Introducing the New Cooling Method for Post Treatment of Ninhydrin

Su-Yeon Jeon¹, Chang-Yong Kim¹, Mi-So Kim¹, Je-Seol Yu^{2*}

¹Master's Course, Division of Forensic Science, Soonchunhyang University

²Professor, Division of Forensic Science, Soonchunhyang University

요약 법과학 분야에서 닐히드린(ninhydrin)은 다공성 표면 증거물에 남겨진 잠재지문을 현출하기 위해 사용하는 대표적인 시약이다. 하지만 지문 유류물의 양이 적은 잠재지문을 닐히드린으로 현출하면 개인식별을 하기에 충분하지 않은 지문이 현출될 가능성이 있다. 본 연구에서는, 이와 같이 품질이 낮은 닐히드린 현출 지문을 증강하기 위해 사용하는 염화아연과 액화질소의 효과를 알아보고, 쉽게 접하기 힘든 액화질소 외에 닐히드린/Zn 지문에 적용할 수 있는 또 다른 냉각방법이 있는지 찾아보고자 하였다. 동일한 수준의 지문을 제작하기 위해 인공 땀을 사용하였고, 각 기법으로 현출한 지문을 SWGFAST 기준을 통해 평가받아 평균과 표준편차를 비교하였다. 실험 결과, 닐히드린/Zn-액화질소는 3.2, 3.3 점의 평균점수를 받아 1,2-IND/Zn, DFO와 마찬가지로 개인식별이 가능한 수준의 증강 효과를 보였다. 또한, 닐히드린/Zn 지문을 증강하는 방법으로 액화질소 대신 드라이아이스를 사용한 실험에서는 3.0, 2.9점의 평균점수가 나와, 실무적으로 충분히 고려해볼 수 있는 냉각 방법이라는 것을 확인할 수 있었다.

주제어 : 법과학, 지문, 인공 땀, 닐히드린, 증강, 액화질소, 융합

Abstract We identify the enhancement effects of zinc chloride and liquid nitrogen on low quality ninhydrin-developed fingerprint and we wanted to find out another cooling methods available for ninhydrin/Zn fingerprint enhancement besides the liquid nitrogen, which is hard to access. Artificial sweat was used to make the same level of fingerprints, and fingerprints developed by each technique were evaluated by SWGFAST standard and compared the average score and standard deviation. As a result of the experiment, ninhydrin/Zn-liquid nitrogen got 3.2 and 3.3 as average scores that enough to identify an individual such as 1,2-IND/Zn or DFO. Also, experiments using dry ice instead of liquid nitrogen as a way of the ninhydrin/Zn-developed fingerprints enhancement resulted in 3.0 and 2.9 as average scores, therefore, it was confirmed that dry ice is also a sufficient cooling method to be considered in practice in the field of forensic science.

Key Words : Forensic Science, Fingerprint, Artificial Sweat, Ninhydrin, Enhancement, Liquid Nitrogen, Convergence

*This research was supported by Projects for Research and Development of Police science and Technology under Korean National Police Agency. (PA-B000001)

*Corresponding Author : Je-Seol Yu(haplf@naver.com)

Received April 1, 2020

Accepted June 20, 2020

Revised May 11, 2020

Published June 28, 2020

1. 서론

지문은 현장 또는 증거물 사이를 연결하는 중요한 물적 증거 중 하나로 대부분 육안으로 보이지 않는 잠재지문의 형태로 존재한다. 따라서 과학수사 요원은 증거물의 특성과 지문 유류물의 구성성분을 고려하여 적절한 기법으로 잠재지문을 현출해야 한다[1].

증거물의 표면은 크게 다공성, 반다공성, 비다공성 표면으로 나뉜다. 그 중 일상생활에서 흔히 사용되는 종이, 신문지, 택배상자와 같은 다공성 표면은 지문 유류물의 구성성분을 흡수하고 특히 아미노산과 강하게 결합한다[2]. 이러한 아미노산을 타겟으로 하는 잠재지문 현출 시약에는 대표적으로 다흐드린과 1,2-indanedione(1,2-IND), 1,8-diazafluoren-9-one(DFO)가 있다[3].

닉히드린은 지문 유류물의 아미노산과 반응하여 Ruhemann's purple(RP)이라는 물질을 만들어 보라색 지문을 현출하는 시약이다[4]. 이러한 이유로 다흐드린으로 현출된 지문은 어두운 배경이나 복잡한 배경을 가진 표면에 사용할 경우에 잘 보이지 않는다 [5]. 또한 다흐드린은 1,2-IND/Zn, DFO에 비해 현출 감도가 낮다는 다양한 연구결과가 존재한다[6-8].

이러한 한계점을 가진 다흐드린을 사용하여 유류물의 양이 적은 잠재지문을 현출하면 그 단점이 더욱 명확해지고, 개인식별을 하기에 충분하지 않은 품질의 지문이 현출될 수 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 다흐드린으로 현출한 지문을 ZnCl 용액으로 금속염 후처리하여(닉히드린/Zn) Zinc-RP 착물을 만든 뒤, 액화질소(-196℃)를 사용하여 광냉광(photoluminescence)으로 관찰하는 방법이 있다[9]. 광냉광이란, 어떠한 물질이 빛을 받았을 때 그보다 낮은 파장의 빛을 방출하는 현상을 말한다. 특히 Zinc-RP 착물은 실온에서 분자의 운동이 활발한 반면, 낮은 온도에서는 분자의 움직임이 둔해지기 때문에 양자 수득률(quantum yield)¹⁾이 증가하여 형광의 세기가 강해진다[3,10].

Stoilovic 등은 ZnCl과 같은 금속염을 처리한 다흐드린 현출 지문을 흡광모드로 관찰하는 것보다 액화질소를 사용하여 저온에서 관찰할 때 광냉광의 세기가 증가하므로, 액화질소가 더 효과적인 증강 방법이라고 밝혔다[11]. Pounds 등은 하나의 지문을 이등분하여 한 쪽은 다흐드린 적용 후 ZnCl와 액화질소로 증강하고 다른 한

쪽은 DFO를 적용한 결과, 두 기법 간의 증강 효과가 비슷한 것을 관찰하였다[12]. Berdejo 등은 하나의 지문을 분할하여 다흐드린과 1,2-IND/Zn, DFO 등의 여러 아미노산 타겟 시약을 비교하였다[13]. 박은정 등은 인공 땀 지문을 사용하여 아미노산 농도에 따라 다흐드린과 1,2-IND/Zn을 반응시켜 시약에 대한 감도 비교를 하였으며, 그 결과 다흐드린보다 1,2-IND/Zn가 더 감도가 높은 것을 관찰하였다[14].

여러 선행연구들을 살펴본 결과, 액화질소로 증강한 다흐드린/Zn 형광지문(닉히드린/Zn-액화질소)은 DFO와 비슷한 세기를 지니는 것으로 알려져 있으므로, 다공성 표면에 유류된 잠재지문을 현출하는데 많이 사용되고 있는 형광 기법인 1,2-IND/Zn와 비슷한 수준의 형광 세기를 가질 것으로 예상된다. 따라서 본 연구에서는, 동일한 품질의 잠재지문을 유류할 수 있는 인공 땀 지문을 사용해[15] 육안으로 식별이 불가능할 정도의 품질의 잠재지문을 만들고 다흐드린/Zn-액화질소, 1,2-IND/Zn, DFO를 각각 적용하여 형광지문의 현출 및 증강 효과를 비교하였다. 이 실험을 통해 다흐드린으로 현출된 지문의 품질이 좋지 않아 개인식별에 사용되지 못하는 상황을 개선해보고자 하였고, 추가적으로, 쉽게 구하기 힘든 액화질소를 대체할 수 있는 냉각제를 찾아보고자 액화질소와 다양한 냉각 방법 간의 효과를 비교하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 재료 및 기기

본 실험에는 SIRCHIE®(USA)의 다흐드린, 1,2-Indanedione(1,2-IND), 1,8-diazafluoren-9-one(DFO)을 사용하였고, DAEJUNG(Korea)의 ethanol, ethyl acetate, acetic acid, petroleum ether, zinc chloride, methanol을 사용하여 시약을 제조하였다. 액화질소는 대명특수가스(Korea)의 제품을 사용하였고, 드라이아이스는 보아스제과상사(Korea)의 제품을 사용하였고, SF-1013 부분 순간 냉각제는 NABAKEM®(Korea)의 제품을 사용하였다. 열처리에는 Sienna®(USA)의 Sienna Empressa SSP-3208 Digital Steam Press를 사용하였다. 촬영에 사용된 카메라 본체는 Nikon(Japan)의 Nikon D5300, 렌즈는 LAOWA(China)의 Laowa 60mm f/2.8 2X Ultra-Macro를 사용하였다. 505 nm 광원은 Rofin(Australia)의 Polilight Flare Plus 2, 주

1) 빛의 흡수에 이어 일어나는 발광 또는 광전자 방출 등에서, 흡수한 광자의 수에 대하여 방출한 광자의 수 또는 광전자 수의 비율

황색 차폐 필터는 ALTLIGHT(Korea)의 LPF540를 사용하였으며, 레이저는 ALTLIGHT(Korea)의 BrightBeam® DUAL ULTRA Portable Forensic Laser System, 7W Blue and 7W Green를 사용하였다. 인공 땀 지문은 Adobe(USA)의 Adobe Photoshop CS5를 사용하여 제작하였으며, EPSON(Japan)의 EPSON L310을 사용하여 출력하였다.

2.1 방법

2.1.1 시약 제조 방법

실험에 사용한 ninhydrin, ninhydrin-ZnCl 후처리 용액, 1,2-IND/Zn, DFO는 Table 1과 같은 조성에 따라 제조하여 사용하였다[3,16].

Table 1. Formulation of fingerprint development reagents

Reagent	Formulations	
Ninhydrin	Ninhydrin	5 g
	Ethanol	45 mL
	Ethyl acetate	2 mL
	Acetic acid	5 mL
Ninhydrin-ZnCl posttreatment solution	Petroleum ether	1 L
	Zinc chloride	0.4 g
	Ethanol	15 mL
	Petroleum ether	235 mL
1,2-IND/Zn	Zinc chloride stock solution*	
	Zinc chloride	0.4 g
	Absolute ethanol	10 mL
	Ethyl acetate	1 mL
	Petroleum ether	190 mL
	Working solution	
	1,2-Indanedione	0.8 g
	Ethyl acetate	90 mL
	Glacial acetic acid	10 mL
	Zinc chloride stock solution*	80 mL
Petroleum ether	820 mL	
DFO	DFO	500 mg
	Methanol	100 mL
	Ethyl acetate	100 mL
	Acetic acid	20 mL
	Petroleum ether	780 mL

2.2.2 인공 땀 지문 제작 방법

본 실험에 사용된 인공지문은 Hong(2015)의 논문을 참고하여 Adobe Photoshop CS5를 사용해 Fig. 1과 같은 과정으로 master fingerprint pattern(MFP)을 제작하였다[15]. Master fingerprint pattern은 0부터 250까지 임의로 인공 땀의 레벨을 선택하여 제작할 수 있다. 본 실험에서 사용할 master fingerprint pattern의 레벨을 결정하기 위해 10단위로 총 26개를 제작한 후 A4 복사용지에 출력하여 ninhydrin으로 현출한 결과를 비교하였다. 200 레벨의 인공 땀 지문이 육안으로 식별이 불가능할 정도의 품질을 가진 지문이라고 결정하였으

며 본 실험에 200 레벨의 인공 땀 지문을 일괄적으로 사용하였다.

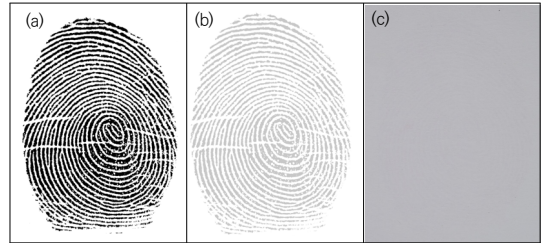


Fig. 1. Master fingerprint pattern (MFP) created with Adobe Photoshop CS5. (a) MFP, (b) Output level 200 MFP, (c) Ninhydrin-developed output level 200 MFP

2.2.3 실험 방법

가. 실험 1

1) ninhydrin

A4 복사용지에 출력한 200 레벨의 인공 땀 지문을 ninhydrin 용액에 완전히 담근 후 꺼내어 건조한 뒤 스티프레스로 180°C의 열을 10초 동안 적용하여 지문을 현출하였다.

모든 실험은 3회 반복되었으며, ninhydrin으로 현출한 지문에 대하여 지문 평가자에게 얻은 점수로 반복 실험당 평균을 구하여 200 레벨의 인공 땀 지문이 육안으로 식별이 불가능한 수준의 지문에 적합한지 확인하였다. 또한, 반복 실험 마다 인공 땀 지문이 동일한 품질을 가지는지 확인하기 위해 반복 실험의 평균 간 표준편차를 알아보았다.

나. 실험 2

ninhydrin 현출 지문을 ninhydrin-ZnCl 후처리 용액과 액화질소를 사용하여 얼마나 효과적으로 증강할 수 있는지 알아보기 위해 동일한 200 레벨의 인공 땀 지문에 ninhydrin/Zn-액화질소와 1,2-IND/Zn, DFO를 적용하여 현출 및 증강된 형광지문의 품질을 비교하였다.

1) ZnCl 용액과 액화질소를 통한 ninhydrin 지문의 증강 '가' 방법을 통하여 ninhydrin으로 현출한 지문을 ninhydrin-ZnCl 후처리 용액에 완전히 담근 후 꺼내어 건조하였다. ninhydrin 지문을 ninhydrin-ZnCl 후처리 용액에 적용한 지문(ninhydrin/Zn 지문)을 스티로폼 상자 안에 넣은 뒤 금속 막대로 고정하고 30 ml의 액화질소를 부은 후 즉시 형광으로 촬영하였다.

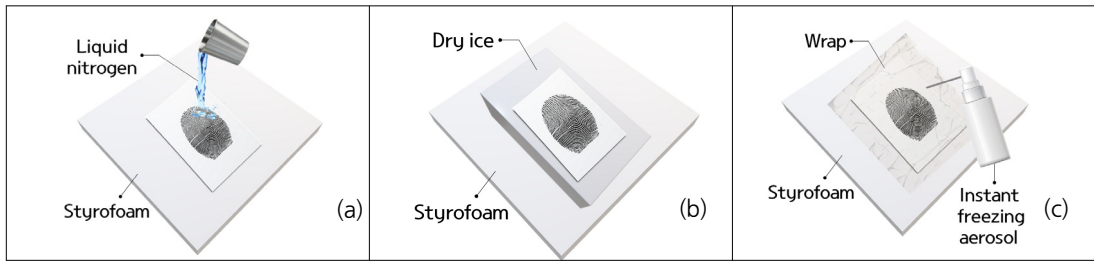


Fig. 2. Cooling methods to enhance ninhydrin/Zn-developed fingerprint in 'Experiment 3.'
 (a) liquid nitrogen, (b) dry ice, (c) instant freezing aerosol

2) 1,2-IND/Zn 와 DFO

A4 복사용지에 출력한 200 레벨의 인공 땀 지문을 각각 1,2-IND/Zn와 DFO 용액에 완전히 담근 후 꺼내어 건조한 뒤 Digital Steam Press로 180°C의 열을 10초간 적용하여 지문을 현출하였다.

다. 실험 3

액화질소 이외의 냉각제인 드라이아이스와 부분 순간 냉각제를 Fig. 2와 같은 방법으로 각각 적용하여 실험을 진행하였다.

1) 액화질소를 사용한 냉각제인 드라이아이스의 증강 '나-1)' 방법과 동일하게 진행하였다.

2) 드라이아이스를 사용한 냉각제인 드라이아이스(-78.5°C)에 올리고 또 다른 드라이아이스로 덮어 10분간 유지하였다. 10분이 지난 뒤 덮어놓았던 드라이아이스를 제거하고 즉시 사진을 촬영하였다.

3) SF-1013 부분 순간 냉각제를 사용한 냉각제인 드라이아이스의 증강

종이 검체가 젖는 것을 방지하기 위해 냉각제인 드라이아이스 지문을 랩으로 덮어 밀착시킨 후 금속 막대로 고정하였다. SF-1013 부분 순간 냉각제(-50°C)를 랩으로 덮은 지문 위에 적용하는 동시에 사진을 촬영하였다.

2.2.4 촬영 방법

냉각제인 드라이아이스 지문은 백색광 아래에서 M모드로 조리개 f/2.8, 셔터스피드 1/5초, ISO 400으로 설정하여 촬영하였다. 냉각제인 드라이아이스 지문을 제외한 모든 형광지문은 505 nm 파장의 초록색 광원과 주황색 차폐 필터를 사용하여 M모드로 조리개 f/2.8, 셔터스피드 1/1.6초, ISO 400으로

로 설정하여 촬영하였다.

액화질소를 사용해 증강한 냉각제인 드라이아이스 지문은 액화질소를 적용 시 발생하는 연기로 인해 지문의 해상도가 낮아질 수 있기 때문에 연기가 사라질 때 촬영을 시작하여 형광의 세기가 줄어들기 전까지 여러 번 촬영하였다. 505 nm 파장의 광원은 Polilight Flare Plus 2(LED)와 레이저의 한 종류인 BrightBeam®을 동일한 출력으로 설정하여 형광지문의 품질을 비교하였다.

2.2.5 평가 방법

각 인공 땀 지문의 현출 및 증강 효과는 법과학 전공자 26명이 참여하여 Table 2에 나타난 SWGFAST 표준 [17]을 기준으로 평가하도록 하였다.

Table 2. Standards for examining fingerprints recommended by SWGFAST

Quality	
High (4)	Level 1 is distinct; Level 2 details are distinct; There are abundant distinct Level 3 details.
Medium high (3)	Level 1 is distinct; Most of the Level 2 details are distinct; There are minimal distinct Level 3 details.
Medium low (2)	Level 1 is distinct; Few of the Level 2 details are distinct; There are minimal distinct Level 3 details.
Low (1)	Level 1 may not be distinct; Most of the Level 2 details are indistinct; There are no distinct Level 3 details.

3. 결과

3.1 실험 1

냉각제인 드라이아이스 지문인 Fig. 3을 평가한 결과, 3회의 반복 실험에서 평균이 모두 0.5로 나타났다. 따라서 200 레벨의 지문은 냉각제인 드라이아이스 지문으로 현출하였을 때 개인식

별이 불가능한 지문임을 알 수 있었다. 반복 실험의 평균 간 표준편차는 0.0으로 3번의 모든 반복 실험에서 인공 땀 지문이 모두 동일한 품질을 가지는 것을 확인하였으므로, 실험 2와 실험 3에서는 전체 평균을 사용하여 기법 및 광원 간 비교를 진행하였다.

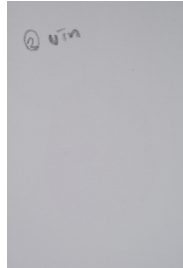


Fig. 3. Result of the output level 200 master fingerprint pattern developed with ninhydrin

3.2 실험 2

동일한 200 레벨의 인공 땀 지문에 닌히드린/Zn-액화질소, 1,2-IND/Zn, DFO를 적용하여 현출 및 증강된 형광지문을 505 nm의 Flare Plus 2와 레이저로 관찰한 결과를 Fig. 4에 나타내었다.

Light source	Ninhydrin/Zn-liquid nitrogen	1,2-IND/Zn	DFO
Flare Plus 2			
Laser			

Fig. 4. Artificial sweat fingerprints developed using ninhydrin, ninhydrin/Zn-liquid nitrogen, 1,2-IND/Zn, and DFO: Ninhydrin-developed fingerprint was observed under white light; the others were illuminated by 505 nm Flare Plus 2 or a laser and observed through an orange barrier filter.

각 지문의 품질을 평가한 결과, Flare Plus 2로 관찰한 닌히드린/Zn-액화질소 지문의 전체 평균은 3.2, 1,2-IND/Zn는 3.1, DFO는 3.0으로 나타났다. 레이저로 관찰했을 때의 전체 평균은 닌히드린/Zn-액화질소에서 3.3, 1,2-IND/Zn에서 3.0, DFO에서는 3.2로 나타났다. 기법 및 광원별 전체 평균을 비교한 결과는 Fig. 5와 같다.

닌히드린 현출 지문을 닌히드린-ZnCl 후처리 용액과 액화질소로 증강한 결과 평균 점수가 0.5에서 3.0 이상으로 증가하였다. 또한, 사용한 기법의 전체 평균을 비교해 보았을 때 닌히드린/Zn-액화질소로 현출 및 증강한 지문이 1,2-IND/Zn, DFO로 현출한 지문만큼 개인식별하기에 충분한 3.0 이상의 품질을 가진다는 것을 확인하였다. Flare Plus 2와 레이저를 전체 평균으로 비교한 결과 세 가지 기법 모두에서 유의한 차이가 나지 않았다.

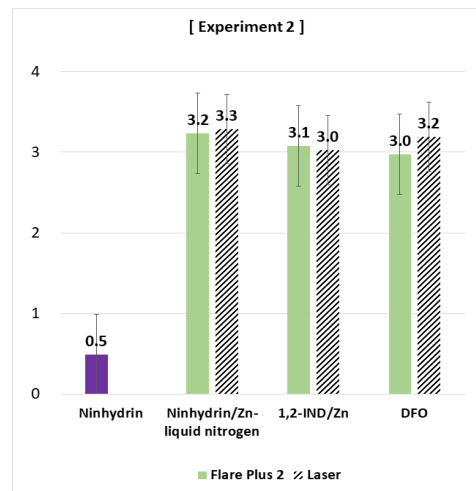


Fig. 5. The average quality scores of the artificial sweat fingerprints developed with ninhydrin, ninhydrin/Zn-liquid nitrogen, 1,2-IND/Zn and DFO, which were assessed based on SWGFAST standard

3.3 실험 3

닌히드린/Zn 지문에 액화질소, 드라이아이스, 부분 순간 냉각제를 각각 적용하여 증강된 형광지문을 505 nm의 Flare Plus 2와 레이저로 관찰한 결과를 Fig. 6에 나타내었다.

Flare Plus 2로 관찰하여 세 가지 냉각 방법으로 증강한 지문의 품질을 평가한 결과, 닌히드린/Zn-액화질소 지문의 전체 평균은 3.2, 드라이아이스는 3.0, 부분 순간

냉각제는 2.6으로 나타났다. 레이저로 관찰했을 때의 전체 평균은 다투드린/Zn-액화질소에서 3.3, 드라이아이스에서 2.9, 부분 순간 냉각제에서는 2.6으로 나타났다. 기법 및 광원별 전체 평균을 비교한 결과는 Fig. 7과 같다.

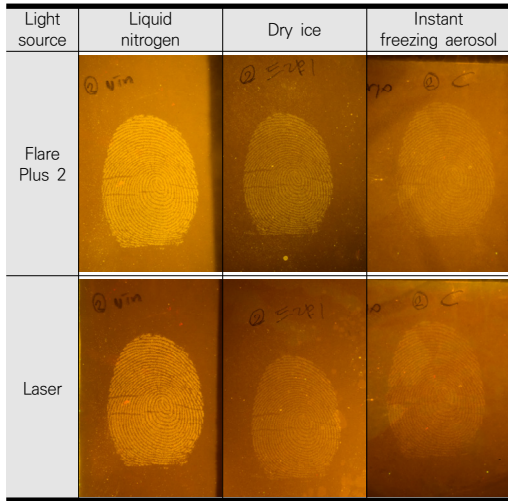


Fig. 6. Ninhydrin/Zn-developed artificial sweat fingerprints enhanced with liquid nitrogen, dry ice, and instant freezing aerosol, which were observed using 505 nm Flare Plus 2, laser and orange barrier filter.

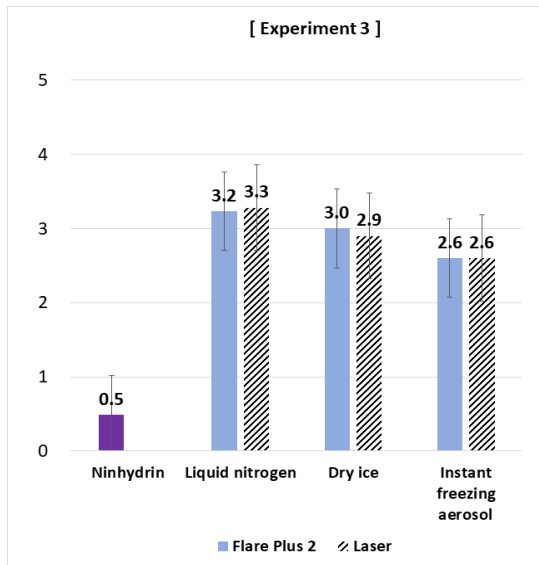


Fig. 7. The average quality scores of the ninhydrin/Zn-developed artificial sweat fingerprints enhanced with liquid nitrogen, dry ice, and instant freezing aerosol, which were assessed based on SWGFAST standard

닌히드린/Zn 현출 지문을 세 가지 냉각 방법으로 증강한 결과, 액화질소, 드라이아이스, 부분 순간 냉각제 순으로 지문의 품질이 우수한 것으로 나타났다. 부분 순간 냉각제는 Flare Plus 2, 레이저로 관찰한 것 모두 전체 평균이 2.6으로 3.0을 넘지 못하였지만, 드라이아이스는 Flare Plus 2는 3.0, 레이저는 2.9로 3.0에 근접한 점수를 얻었다. Flare Plus 2와 레이저를 전체 평균으로 비교한 결과 세 가지 냉각 방법 모두에서 유의한 차이가 나지 않았다.

4. 고찰 및 결론

닌히드린은 1,2-IND/Zn와 DFO 보다 감도가 떨어짐에도 불구하고[7,13] 현재도 많이 사용되고 있는 지문 현출 기법이다. 범죤현장에서 발견된 다공성 표면의 증거물을 다투드린으로 처리했을 경우 육안으로 식별이 불가능할 정도의 품질을 가진 지문이 현출될 가능성이 크기 때문에 개인식별에 사용되지 못하는 결과로 이어질 수 있다. 따라서 본 연구에서는 인공 땀 지문으로 품질이 좋지 않은 다투드린 현출 지문을 제작하여 다투드린-ZnCl 후 처리 용액과 액화질소를 통해 얼마나 효과적으로 증강할 수 있는지 알아보고, 액화질소 외에 다투드린/Zn 지문에 적용할 수 있는 또 다른 냉각방법이 있는지 찾아보고자 하였다.

Pounds[12]와 McComiskey 등[18]이 다투드린의 흡광모드의 지문과 DFO의 형광지문을 단순 비교를 통해서 DFO가 더 효과적인 방법임을 밝힌 것에 반해서 본 연구는 2차적인 금속염 처리 후에 냉각 상태에서 관찰한 다투드린 형광지문의 품질이 DFO와 1,2-IND/Zn로 현출한 형광지문의 품질만큼 뛰어나다는 것을 보여주고 있다. 또한 Kobus[9]와 Almog 등[19]의 연구에서와 같이 상온에서는 약하게 나타나는 다투드린/Zn 형광을 액화질소를 사용해서 강하게 증강시키는 방법은 지금까지 다투드린 현출 지문에서 형광을 구현하는 최적실무로 인식되었다. 본 연구에서는 액화질소에 비해 접근성과 편리성이 뛰어난 드라이아이스를 사용하여 증강했을 때 액화질소로 증강한 형광지문과 같이 개인식별 하기에 충분한 품질의 지문을 얻을 수 있었다.

다만, 본 연구에서는 인공 땀 지문을 제작하여 실험에 사용하였으므로 실제 사람의 손가락으로 유류한 지문으로 실험하여 결과를 살펴볼 필요가 있다. 또한, 다투드린/Zn 지문에 드라이아이스를 냉각방법으로 사용하여 개

인식별이 가능한 수준의 증강 효과를 얻을 수 있었지만 드라이아이스를 적용하는 다양한 방법에 대한 비교가 이루어지지 않았으므로 최적의 적용 방법에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

REFERENCES

[1] Henry C. Lee, Timothy M. Palmbach & Marilyn T. Miller. (2014). *Henry Lee's Crime Scene Handbook*. Seoul : BOOKSHILL.

[2] R. Jelly, E. L. Patton, C. Lennard, S. W. Lewis & K. F. Lim. (2009). The detection of latent fingerprints on porous surfaces using amino acid sensitive reagents: A review. *Analytica Chimica Acta*, 652(1-2), 128-142. DOI : 10.1016/j.aca.2009.06.023

[3] R. S. Ramotowski. (2013). *Advances in Fingerprint Technology Third Edition*. Boca Raton : CRC Press.

[4] S. Ruhemann. (1911). CLXX.—Triketohydrindene hydrate. Part V. The analogues of uramil and purpuric acid. *Journal of the Chemical Society, Transactions*, 99, 1486-1492. DOI : 10.1039/ct9119901486

[5] C. Kim, H. W. Cho, H. S. Koh & J. S. Yu. (2016). A Study on Application and Comparison of Effectiveness of Ninhydrin Reagents on Special Paper Surfaces. *The Journal of Korea Contents Associations*, 16(9), 247-253. DOI : 10.5392/jkca.2016.16.09.247

[6] S. J. Gardner & D. F. Hewlett. (2003). Optimization and initial evaluation of 1, 2-indandione as a reagent for fingerprint detection. *Journal of forensic sciences*, 48(6), 1288-1292. DOI : 10.1520/jfs2000381

[7] M. Stoilovic. (1993). Improved method for DFO development of latent fingerprints. *Forensic science international*, 60(3), 141-153. DOI : 10.1016/0379-0738(93)90233-z

[8] C. Roux, N. Jones, C. Lennard & M. Stoilovic. (2000). Evaluation of 1, 2-indanedione and 5, 6-dimethoxy-1, 2-indanedione for the detection of latent fingerprints on porous surfaces. *Journal of Forensic Science*, 45(4), 761-769. DOI : 10.1520/jfs14768j

[9] H. J. Kobus, M. Stoilovic & R. N. Warrener. (1983). A simple luminescent post-ninhydrin treatment for the improved visualisation of fingerprints on documents in cases where ninhydrin alone gives poor results. *Forensic Science International*, 22(2-3), 161-170. DOI : 10.1016/0379-0738(83)90009-9

[10] C. Rampton. (2014). *Fingermark Visualization Manual*. London : Home Office CAST.

[11] M. Stoilovic, H. J. Kobus, P. Margot & R. N. Warrener. (1986). Improved enhancement of ninhydrin developed fingerprints by cadmium complexation using low temperature photoluminescence techniques. *Journal of Forensic Science*, 31(2), 432-445. DOI : 10.1520/jfs12273j

[12] A. C. Pounds, R. Grigg & T. Mongkolaussavaratana. (1990). The use of 1, 8-diazafluoren-9-one (DFO) for the fluorescent detection of latent fingerprints on paper. A preliminary evaluation. *Journal of Forensic Science*, 35(1), 169-175. DOI : 10.1520/jfs12813j

[13] S. Berdejo, M. Rowe & J. W. Bond. (2012). Latent Fingermark Development on a Range of Porous Substrates Using Ninhydrin Analogs—A Comparison with Ninhydrin and 1, 8-Diazafluoren. *Journal of forensic sciences*, 57(2), 509-514. DOI : 10.1111/j.1556-4029.2011.01972.x

[14] E. J. Park, Y. E. Kong, W. Y. Lee & D. H. Kim. (2019). A Study on the Reactivity of Ninhydrin and 1,2-indandione/zinc(1,2-IND/Zn) Depending on the Concentration of Artificial Sweat. *Criminal Investigation Studies*, 5(1), 115-125.

[15] S. W. Hong, I. G. Hong, A. L. Han, J. Y. Seo & J. Namgung. (2015). A new method of artificial latent fingerprint creation using artificial sweat and inkjet printer. *Forensic Science International*, 257, 403-408. DOI : 10.1016/j.forsciint.2015.10.005

[16] M. Stoilovic & C. Lennard. (2012). *Fingerprint Manual*. Bruce : National Centre for Forensic Studies.

[17] SWGFAST. (2013). *Document #10: Standards for Examining Friction Ridge Impressions and Resulting Conclusions (Latent/Tenprint)*. Gaithersburg : SWGFAST.

[18] P. McComiskey. (1990). DFO—A simple and quick method for the development of latent fingerprints. *Fingerprint Whorld*, 16, 64-65.

[19] J. Almog, G. Levinton-Shamuilov, Y. Cohen & M. Azoury. (2007). Fingerprint reagents with dual action: Color and fluorescence. *Journal of forensic sciences*, 52(2), 330-334. DOI : 10.1111/j.1556-4029.2007.00383.x

전 수 연(Su-Yeon Jeon)

[학생회원]



- 2018년 2월 : 순천향대학교 생명시스템학과(이학사)
- 2018년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 법과학대학원 석사과정
- 관심분야 : 법과학, 지문
- E-Mail : tn0277@naver.com

김 창 용(Chang-Yong Kim)

[학생회원]



- 2018년 2월 : 김천대학교 간호학과(간호학사)
- 2018년 9월 ~ 현재 : 순천향대학교 법과학대학원 석사과정
- 관심분야 : 법과학, 지문
- E-Mail : gkid1229@naver.com

김 미 소(Mi-So Kim)

[학생회원]



- 2014년 2월 : 강원대학교 생물공학과(공학사)
- 2018년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 법과학대학원 석사과정
- 관심분야 : 법과학, 지문, 족적
- E-Mail : miso5998@gmail.com

유 제 설(Je-Seol Yu)

[정회원]



- 1998년 2월 : 경찰대학 법학과(법학사)
- 2007년 2월 : 경북대학교 과학수사학(과학수사학석사)
- 2015년 2월 : 경기대학교 범죄학(범죄학박사)
- 2009년 ~ 2011년 : 경찰대학 경찰학과 교수
- 2012년 1월 ~ 현재 : 순천향대학교 법과학대학원 교수
- 관심분야 : 법과학, 지문
- E-Mail : haplf@naver.com