

The shelf life of 1,2-indandione/zinc and polyvinylpyrrolidone solutions used to develop latent fingerprints deposited on the surface of thermal paper

Sungwook Hong[★], Yujin Kim, Hyunjung Kim, Hyerim kim, Junchul Lee, and Seoungho Yu

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

(Received August 31, 2017; Revised October 27, 2017; Accepted November 1, 2017)

감열지에 부착된 잠재지문을 현출하는데 사용하는 1,2-indandione/ zinc와 polyvinylpyrrolidone 용액의 보존기한

홍성욱[★] · 김유진 · 김현정 · 김혜림 · 이준철 · 유승호

순천향대학교 법과학대학원

(2017. 8. 31. 접수, 2017. 10. 27. 수정, 2017. 11. 1. 승인)

Abstract: The shelf life of 1,2-indandione/zinc (1,2-IND/Zn) solution and polyvinylpyrrolidone (PVP) solution, which are known as reagents for developing latent fingerprints deposited on the surface of thermal paper, was studied. The standard latent fingerprints used for comparisons were artificial latent fingerprints printed on thermally sensitive and non-sensitive surfaces with the same intensity. Upon treatment of standard latent fingerprints with the pre-mixed 1,2-IND/Zn and PVP solutions, the fingerprints could be successfully developed until 3 days after the preparation of the mixture. However, from the third day after mixing the reagents, blackening was observed on the surface of the thermal paper, indicating deterioration of the reagent performance. The 1,2-IND/Zn and PVP solutions separately stored without mixing in advance were mixed immediately before use, and the development efficiency of the latent fingerprints deposited on the surface of thermal paper was observed. The performance of the PVP solution decreased after 20 days from the preparation of the reagent. It was also found that the shelf life of 1,2-IND/Zn and PVP mixture was determined by the PVP solution. The effect of oxygen and moisture on the degradation of PVP was investigated. It was found that the performance of the PVP solution deteriorated because of the influence of moisture, though it was not affected by oxygen.

요 약: 감열지에 부착된 잠재지문을 현출하는 시약으로 알려진 1,2-indandione/zinc (1,2-IND/Zn) 용액과 polyvinylpyrrolidone (PVP) 용액의 보존기한을 연구하였다. 감열지의 감열면과 비감열면에 출력세기가 동일한 인공잠재지문을 인쇄하여 이를 표준지문으로 사용하였다. 미리 혼합한 1,2-IND/Zn과 PVP 용액으로 표준지문을 처리한 결과, 혼합시약 제조 후 3 일까지는 감열지에 부착된 지문을 성공적으로 현출할 수 있었으나 3 일이 경과하면 감열지 표면에서 흑화현상이 나타나 시약의 성능이 저하되었다는 것을 알 수 있었다. 미리 혼합하지 않고 별도로 보관한 1,2-IND/Zn 및 PVP 용액을 사용직전에 혼합하여 표준지문에

[★] Corresponding author

Phone : +82-(0)41-530-4756 Fax : +82-(0)41-530-4755

E-mail : 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.

부착된 잠재지문을 현출한 결과, 시약 제조 후 20 일이 경과하면 시약의 성능이 저하되는 것을 알 수 있었다. 또한, 1,2-indandione/zinc 용액과 polyvinylpyrrolidone 혼합용액의 보존기한은 polyvinylpyrrolidone 용액에 의해 결정된다는 것을 알 수 있었다. 산소와 수분 중 어느 것이 PVP의 성능저하에 영향을 미치는지 조사한 결과, 산소의 영향은 받지 않으나 수분의 영향을 받아서 시약의 성능이 저하된다는 것을 알 수 있었다.

Key words: 1,2-indandione, polyvinylpyrrolidone, thermal paper, latent fingerprint, shelf life

1. 서 론

1968년 National Cash Register Company에서 처음 개발된 감열지 (thermal paper)¹는 빠르고 간편하게 인쇄할 수 있는 장점이 있기 때문에 편의점이나 ATM 기기의 영수증, 대중교통의 승차권, 택배 송장, 다양한 행사의 입장권 등을 인쇄하는데 널리 사용되고 있다. 이처럼 감열지가 널리 사용됨에 따라 범죠행장에서 감열지가 발견되는 경우가 증가하였고 따라서 감열지에서 잠재지문 (latent fingerprint)을 현출하는 것이 중요하게 되었다.²

일반 종이에 부착된 잠재지문은 ninhydrin이나 그 유사체 (analogues)를 이용하여 현출할 수 있다.³ 그러나 감열지의 경우 감열면에 leuco 염료가 발라져 있는데, 이 leuco염료 때문에 감열지는 일반 종이와는 다른 물리적, 화학적 성질을 갖는다.^{4,5} 즉, leuco 염료는 극성용매에 접촉하거나 70 °C 이상의 환경에 노출될 경우 흑화 (blackening) 되는 성질을 가지고 있다.² 반면 일반 종이에 부착된 잠재지문을 현출하는데 사용되는 대표적인 시약인 ninhydrin 및 그 유사체들은 극성용매에 녹여야 하고 이들 시약으로 종이를 처리한 후에는 다시 180 °C의 열처리를 해야 잠재지문이 가시화 (visualization)된다.^{2,5} 따라서 감열지에 부착된 잠재지문을 ninhydrin이나 그 유사체로 처리하여 가시화하려면 흑화현상을 피할 수 없고, 흑화현상이 나타나면 설령 감열지에 지문이 부착되어 있었어도 육안으로 식별할 수 없는 문제가 발생한다.⁶ 따라서 감열지에 유류된 잠재지문을 현출하기 위한 다양한 방법이 연구되어 왔다.^{2,3,7-12}

감열지에 부착된 잠재지문을 현출하는 대표적인 방법으로는 지문 현출시약을 녹이는 극성용매의 양을 조절하는 방법, ninhydrin의 분자구조를 바꾸어 비극성용매에 대한 용해도를 높이는 방법, 용매를 사용하지 않는 방법, 백화 (whitening) 용액을 이용하는 방법, 환원제인 polyvinylpyrrolidone (PVP)를 이용하여 산화

된 leuco 염료를 환원시키는 방법 등이 알려져 있다. 극성용매의 양을 조절하는 방법으로는 ninhydrin 혹은 그 유사체를 최소량의 극성용매로 녹인 후 비극성 용매인 HFE-7100에 섞어서 사용하는 방법이 알려져 있다.⁷ 그러나 HFE-7100은 가격이 비싸기 때문에 쉽게 사용할 수 없는 문제가 있다. Ninhydrin의 분자구조를 hemiketal 구조로 바꾸어 시판되는 Thermanin은 비극성용매에 대한 용해도가 ninhydrin보다 높기 때문에 시약을 제조할 때 사용되는 극성용매의 양을 줄일 수 있고 따라서 흑화현상을 어느 정도 방지할 수 있지만, 불안정하여 사용 직전에 제조해야 하고 ninhydrin보다 감도가 떨어지는 문제가 있다.^{7,8} 용매를 사용하지 않는 방법으로는 요오드 훈증법과 dimethylacetamide (DMAC)를 사용하는 방법이 있다. 이 중 요오드 훈증법은 감도가 낮고 부식성이 강하며 독성이 있다는 단점이 있다.^{2,3,9} 미리 DMAC 용액에 적신 후 건조시킨 두 장의 종이 사이에 감열지를 두고 방치하여 잠재지문을 증강시키는 DMAC 방법은 다투리 계열 시약을 사용하는 방법보다 감도가 낮고 용선이 끊어져 나타나는 단점이 있다.^{13,14} 백화용액을 이용하는 방법으로는 G3 (4-pyrrolidinopyridine, oenantholactam, 1-octyl-2-pyrrolidone, 1-cyclohexyl-2-pyrrolidone의 혼합용액) 용액이나 1,4-diazabicyclo[2.2.2]octane (DABCO) 용액을 이용하는 방법이 알려져 있다. 이들 용액을 사용하면 감열지에 있는 leuco 염료가 탈색되기 때문에 시약으로 현출된 잠재지문을 관찰할 수 있다. 하지만 이들 용액은 다루기 힘들고 검체를 용액에 장시간 담가 놓아야 하기 때문에 지문이 훼손될 수 있다고 보고되어 있다.^{7,11,12}

극성용매나 열의 영향을 받아 leuco 염료가 검게 산화된 감열지를 환원제인 PVP로 처리하면 leuco 염료가 다시 하얗게 환원되기 때문에 감열지에 부착된 잠재지문을 성공적으로 관찰할 수 있다고 알려져 있다.¹⁵⁻¹⁷ 최근 Hong¹⁷은 지문현출시약인 1,2-indandione/zinc chloride (1,2-IND/Zn)와 PVP 혼합용액을 이용하면

감열지의 감열면(thermally sensitive surface)과 비감열면(thermally non-sensitive surface) 모두에서 성공적으로 잠재지문을 현출할 수 있다는 것을 보인 바 있고, 이 방법은 기존에 발표되었던 ninhydrin과 PVP의 혼합용액을 사용하는 방법이나¹⁵ 1,8-diazafluoren-9-one과 PVP의 혼합용액을¹⁶ 사용하는 방법에 비해 잠재지문의 현출능력이 우수한 방법이라는 것을 밝힌 바 있다.

시간이 경과하면 잠재지문 현출시약의 성능이 저하될 수 있고, 성능이 저하된 시약으로 잠재지문을 현출할 경우 잠재지문이 희미하게 현출되거나 아예 현출되지 않는 상황이 벌어질 수 있다.¹⁸ 이런 현상이 벌어지면 중요한 증거물의 증거가치가 훼손될 수 있기 때문에 잠재지문 현출시약을 사용할 때에는 그 시약의 보존기한을 알아야 한다. 일반 종이에 부착된 잠재지문을 현출하는데 사용하는 1,2-IND/Zn 용액은 제조 후 3 개월까지 사용할 수 있다고 알려져 있다.¹⁸ 그러나 Hong¹⁷이 제안한 1,2-IND/Zn과 PVP 혼합용액의 보존기한은 알려져 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 Hong¹⁷이 제안한 조성으로 시약을 제조했을 때의 보존기한을 조사하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 시약 및 기구

1,2-IND는 Sirchie (USA) 제품을, ZnCl₂는 Merck (Germany) 제품을, PVP (MW=40,000 g/mol)는 대정화금 (Korea) 제품을 사용하였다. L-serine, glycine, DL-alanine, L-leucine, L-threonine, L-histidine, L-valine, L-(+)-asparagin, L-lysine, sodium chloride, calcium chloride, magnesium chloride, zinc chloride는 Sigma-Aldrich (UK) 제품을 사용하였다. 감열지는 한솔감열지 (한솔제지, Korea)를 사용하였다.

스캐너는 CanoScan LiDE 110 (Canon, Japan)을 사용하였고, inkjet printer는 Epson K100 (Epson, Japan)을 사용하였다. heating press는 SSP-3208 (Sienna, USA)를 사용하였다. 505 nm 광원은 Polilight Flare Plus 2 (Rofin, Australia)를, DSLR 카메라는 D5000 (Nikon, Japan)을, 접사렌즈는 AF-S Micro Nikkor 105 mm (Nikon, Japan)을 사용하였다.

2.2. 시약 제조

Ethanol 200 mL에 ZnCl₂ 8 g을 첨가하여 Zn 용액을 제조하였다. 1,2-IND 분말 0.125 g을 ethyl acetate

Table 1. Formulation of artificial sweat solution²¹

Constituents	Concentration (mM)
Serine	9.3
Glycine	7.8
Alanine	3.3
Lysine	2.7
Threonine	1.2
Asparagin acid	1.1
Histidine	0.9
Valine	0.8
Leucine	0.7
Sodium chloride	113
Magnesium chloride	0.4
Calcium chloride	1.4
Zinc chloride	0.14

60 mL, dichloromethane 20 mL와 acetic acid 10 mL에 용해시키고 앞서 제조한 ZnCl₂ 용액 4 mL를 첨가한 후 petroleum ether 900 mL를 첨가하여 1,2-IND/Zn 용액을 제조하였다. Ethanol 500 mL에 PVP 분말 31.56 g을 녹여 8% PVP 용액을 제조하였다.¹⁷ 인공땀은 Table 1에 보인 조성에 따라 탈이온수에 녹여 제조하였다. 모든 시약은 제조 후 차광이 되는 공간에 보관하였다.

2.3. 인공잠재지문(artificial latent fingermark)의 출력

시약의 보존기간을 연구하려면 동일한 세기로 찍힌 다수의 잠재지문을 제조시기가 다른 여러 시약으로 처리하여 지문이 현출되는 정도를 관찰해야 한다. 그러나 지문은 찍는 시기나 방법에 따라 세기가 달라지기 때문에 세기가 동일한 다수의 지문을 실제지문으로 얻는 것은 불가능하다.^{19,20} Hong²¹은 잉크 대신 인공땀을 채운 잉크젯 프린터로 지문 이미지를 출력하면 세기가 일정한 다수의 잠재지문을 얻을 수 있다고 보고하였다. 따라서 저자들은 Hong²¹이 제시한 것과 동일한 방법으로 인공잠재지문을 출력하여 시약의 보존기간을 실험하였다. 먼저 손가락 끝에 검은색 잉크를 묻힌 후 하얀 종이에 지문을 찍고, 이 지문을 scanner로 scan하였다. 이후 Hong²¹이 제시한 방법에 따라 지문 이미지의 여백과 용선 사이의 공간을 투명하게 처리하여 Fig. 1과 같은 이미지를 만들었고, 이 이미지를 인공땀이 채워진 잉크젯 카트리지가 장착된 잉크젯 프린터로 출력하여 표준 잠재지문으로 사용하였다. 인공땀은 Hong²¹이 제시한 방법에 따라 Table 1과 같은 조성으로 조제하였다.



Fig. 1. Digital image of inked fingerprint used for the artificial latent fingerprint creation. The empty spaces between the ridges of the scanned image were pre-converted into a transparent format using Adobe Photoshop.

2.4. 지문의 증강

감열지를 지문현출용액에 5 초간 담갔다 꺼낸 후 통풍이 잘되는 곳에서 완전히 건조시켰다. 건조된 감열지는 heating press를 이용하여 180 °C로 10 초 동안 열처리 하였다. 현출된 지문은 505 nm 광원을 비추며 주황색 필터를 통해 관찰하였다. 증강된 지문은 암실에서 505 nm 광원을 비추며 주황색 필터를 사용하여 촬영하였다. 카메라는 aperture-priority mode (A 모드), F/11, ISO 200, 노출값 -2 조건으로 설정하였다. 모든 시험은 2 회 반복실험하였다.

Table 2. Grading scheme for assessment of developed fingerprints

Grade	Level of contrast
0	Marks cannot be seen against background.
1	Poor contrast between mark and background.
2	Reasonable contrast between mark and background.
3	Good contrast between mark and background.
4	Excellent contrast between mark and background.

2.5. 실험실 환경

본 실험을 수행할 당시 실험실의 평균온도는 24 °C (최저 23 °C, 최고 26 °C), 평균상대습도는 68.8 % (최저 64 %, 최고 86 %)로 유지되었다.

2.6. 결과의 평가

법과학을 1년 이상 공부하면서 지문의 grading에 대해 학습한 학생 5 명이 Table 2에 보인 기준에 의해 지문의 등급을 평가하고, 22 5 명의 평가결과를 평균하여 지문의 등급을 정했다. 그리고 평가점수가 2.5점 미만인 경우 시약이 변질되어 사용할 수 없게 되었다고 판단하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 1,2-IND/Zn와 PVP 혼합용액의 보존기한

Hong은 혈흔증강시약²³ 혹은 지문증강시약¹⁷을 이용하여 감열지에 부착된 혈흔이나 지문을 증강할 경우 감열면과 비감열면에서 시약의 감도가 다르게 나타난

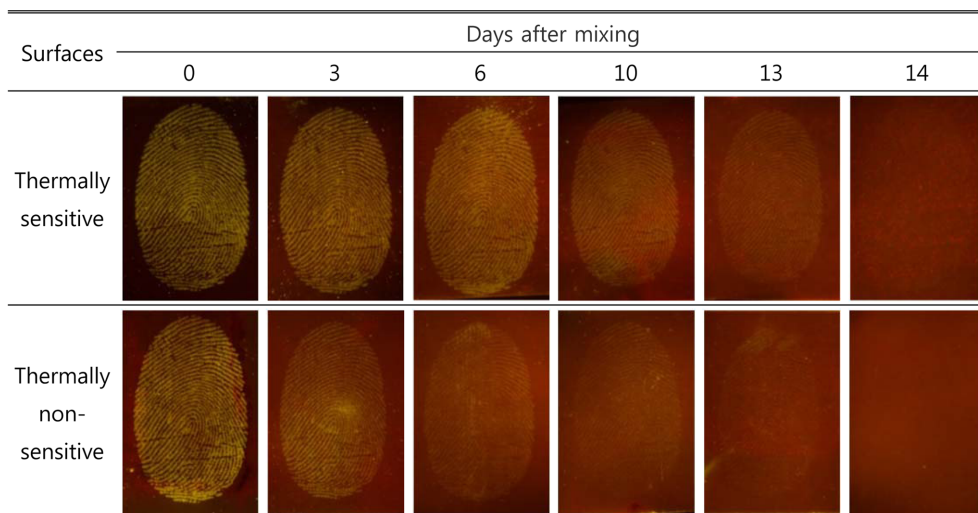


Fig. 2. Development results of artificial latent fingerprints printed on thermal papers using the mixture of with 1,2-IND/Zn solution and 8 % PVP solution (1.0 : 0.4) mixed 1 ~ 16 days ago.

Table 3. Grading results of artificial latent fingerprints printed on thermal papers using the mixture of with 1,2-IND/Zn solution and 8 % PVP solution (1.0 : 0.4) mixed 1 ~ 16 days ago

Surfaces	Days after mixing					
	0	3	6	10	13	14
Thermally sensitive	4.0	4.0	3.4	2.4	1.4	0.0
Thermally non-sensitive	3.8	2.6	1.8	1.4	0.6	0.0

다고 지적한 바 있다. 따라서 본 연구에서도 감열면과 비감열면에 찍힌 지문을 이용하여 보존기한을 연구하였다. 먼저 Hong²¹이 제안한 방법에 따라 세기가 동일한 인공잠재지문을 감열지의 감열면과 비감열면에 각각 출력하였다. 또한 Hong¹⁷이 제안한 방법에 따라 1,2-IND/Zn 용액과 8 % PVP 혼합용액을 1.0 : 0.4의 비율로 혼합하여 0 ~ 14 일 동안 보관한 후 그 용액으로 인공잠재지문이 출력된 감열지를 처리하여 인공잠재지문을 현출하여, 현출한 결과를 Fig. 2에 보였다. 또한 이 결과를 Table 2에 나타낸 기준에 의해 평가하여 Table 3에 보였다. Fig. 2 및 Table 3을 보면 제조 후 0 ~ 3 일 경과한 혼합용액으로 처리한 경우에는 감열지의 감열면과 비감열면 모두에서 형광세기가 우수하고 배경과의 대조비가 좋아 평가결과가 높은 지문을 현출할 수 있다는 것을 알 수 있다. 그러나 6일 이상이 경과한 혼합용액을 사용하면 비감열면에서, 10 일 이상이 경과한 혼합용액을 사용하면 감열면에서

지문의 지문의 형광이 약해지고 바탕면과의 대조비가 떨어지고 평가점수도 2.5점 미만으로 나타났다. 13 일 이 경과한 혼합용액을 사용하면 감열지가 완전히 백화되지 않았고 감열면과 비감열면 모두에서 지문의 용선을 육안으로 관찰하기 힘들었으며, 14 일이 경과한 혼합용액으로 처리한 경우에는 지문의 흔적을 관찰할 수 없었다. 이런 점으로 보아 1,2-IND/Zn 용액과 8 % PVP 용액을 미리 혼합한 경우에는 3 일 이내에 사용해야 한다는 것을 알 수 있었다.

3.2. 1,2-IND/Zn 용액과 PVP 용액을 별도로 보관한 경우의 보존기한

먼저 감열지의 감열면과 비감열면에 세기가 동일한 인공잠재지문을 출력하였다. 또한 1,2-IND/Zn 용액과 8 % PVP 용액을 제조한 후 혼합하지 않고 0 ~ 35일 동안 상온에서 보관하다, 사용 직전에 1.0 : 0.4의 비율로 혼합하고 이 용액으로 인공잠재지문을 처리하여 지문을 현출하였고, 그 결과를 Fig. 3에 보였다. 또한 이 결과를 Table 2에 나타낸 기준에 의해 평가하여 Table 4에 보였다. 제조한 후 0 ~ 17 일이 경과한 1,2-IND/Zn 및 8 % PVP 용액을 혼합하여 감열지를 처리한 경우에는 감열면과 비감열면 모두에서 형광세기가 우수하고 배경과의 대조비가 좋은 지문을 현출할 수 있었다. 그러나 Fig. 3 및 Table 4에서 보이듯이 제조 후 20 일 이상 경과한 용액을 혼합하여 사용한 경우에는 감열면에 부착된 지문의 형광이 약해지고 바탕

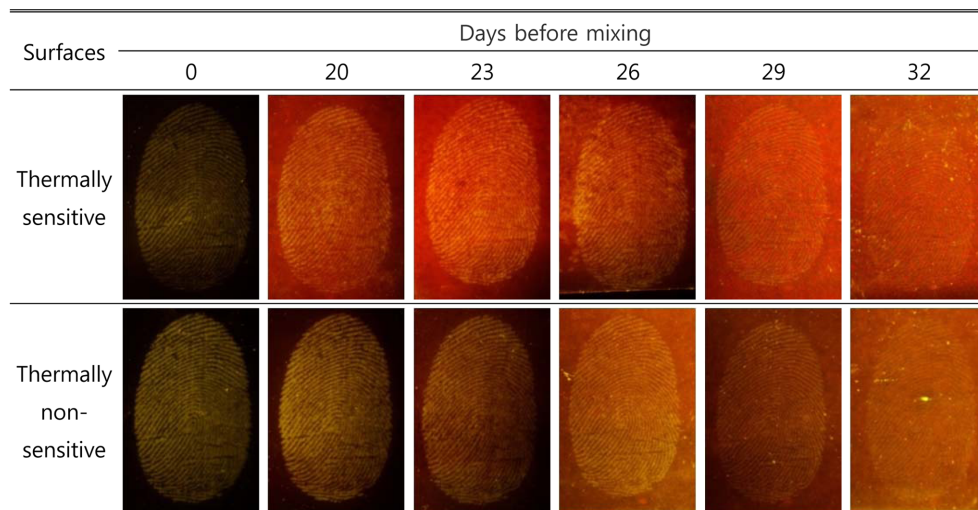


Fig. 3. Development results of artificial latent fingerprints printed on thermal papers using the mixture of 1,2-IND/Zn and 8 % PVP solutions (1.0 : 0.4) mixed immediately before use.

Table 4. Grading results of artificial latent fingerprints printed on thermal papers using the mixture of 1,2-IND/Zn and 8% PVP solutions (1.0 : 0.4) mixed immediately before use.

Surfaces	Days before mixing					
	0	20	23	26	29	32
Thermally sensitive	4.0	2.6	2.2	1.8	1.2	0.4
Thermally non-sensitive	4.0	4.0	3.8	2.2	1.6	0.4

면과의 대조비가 떨어지는 현상이 관찰되었다. 또한 26 일 이상 경과한 용액을 혼합하여 사용한 경우에는 비감열면에 부착된 지문의 평가점수가 2.5점 미만으로 나타나 사용할 수 없는 용액이라고 판정할 수 있었다. 이런 결과를 통해 1,2-IND/Zn 용액과 8% PVP 용액을 별도의 용기에 담아 보관하고, 사용 직전에 혼합해 사용할 경우에는 제조 후 20 일까지 상온에서 보관할 수 있다는 점을 알 수 있었다.

1,2-IND/Zn 용액은 제조 후 3 개월까지는 성능이 저하되지 않는다고 알려져 있다.¹⁸ 반면 1,2-IND/Zn 용액과 PVP 용액을 별도의 용기에 담아 보관하고 사용 직전에 혼합해 사용할 경우에는 20 일이 경과하면 시약의 성능이 저하되는 점으로 보아 제조 후 20 일이 경과하면 PVP 용액의 성능이 저하된다는 것을 알 수 있다.

3.3. PVP의 보존기한에 미치는 요인

3.2 항의 실험결과를 통해 8% PVP 용액은 제조 후 20 일이 경과하면 성능이 저하된다는 것을 알 수 있었다. PVP 용액의 성능을 저하시키는 요인으로는 빛, 수분 및 산소가 있을 수 있다. 그러나 PVP 용액을 차광이 되는 공간에 보관했기 때문에 빛의 영향은 배제할 수 있다. 따라서 수분과 산소 중 어느 것의 영향을 받아서 PVP의 성능이 저하되었는지 관찰하였다.

3.3.1. 수분의 영향

새로 제조한 8% PVP 용액 200 mL를 2 개의 500 mL 들이 갈색병에 100 mL씩 나누어 담았다. 물 200 mL 가 채워진 다른 용기 안에 8% PVP 용액이 채워진 갈색병 두 개를 밀부분만 잠기도록 넣고, 하나는 밀봉 보관하여 수분의 영향을 받지 않은 8% PVP 용액을 준비하고 다른 하나는 마개를 열고 보관하여 수분의 영향을 받은 8% PVP 용액을 준비하였다. 5 일 후, 새로 제조한 1,2-IND/Zn 용액을 두 개의 8% PVP 용액과 각각 1.0 : 0.4 비율로 혼합하였다. 1,2-IND/Zn 용액과 수분의 영향을 받은 8% PVP 용액을 1.0 :

0.4의 비율로 혼합한 결과 두 용액이 완전히 섞이지 않는 현상이 관찰되었고, 이 용액으로 감열지를 처리한 결과 감열면의 경우 완전히 백화되지 않아 지문의 형광 식별이 어려웠다. 비감열면의 경우 감열면의 흑화된 부분이 비쳐서 배경과의 대조비가 다소 감소되었으나 지문의 형광은 감열면 보다 우수했다. 반면, 1,2-IND/Zn 용액과 수분의 영향을 받지 않은 8% PVP 용액을 1.0 : 0.4의 비율로 혼합한 경우 두 용액이 완전히 섞였고, 이 용액으로 감열지를 처리한 결과 형광세기가 우수하고 배경과의 대조비가 좋은 지문을 현출할 수 있었다(Fig. 4). 이러한 결과를 통해 PVP ethanol 용액은 수분의 영향을 받으면 성능이 저하된다고 추정할 수 있다. 그러나 PVP는 수분의 영향을 받아도 분해되지 않는다고 보고되어 있으므로²⁴ 수분의 영향을 받았을 때 PVP 용액의 성능이 저하되는 이유를 밝히려면 추가 연구가 필요하다고 생각된다.

PVP는 조해성이 있는 물질이기 때문에²⁵ PVP의 무게를 다는 과정에서 대기 중의 수분이 녹아들어가 수 있고, 용매로 사용한 ethanol에도 미량의 수분이 포함되어 있다. 따라서 일반 실험실 환경에서 PVP 용액을 조제한 후 밀봉하여 보관하여도 수분의 영향을 피할 수는 없고 그 결과 ethanol에 녹인 8% PVP 용액의 보존기한이 20 일 이내로 나타난 것으로 추정된다.

3.3.2. 산소의 영향

새로 제조한 8% PVP 용액 200 mL를 2 개의 500 mL 들이 갈색병에 100 mL씩 나누어 담아 하나는 질소로 충전하고 다른 하나는 산소로 충전하여 실온에 보관하

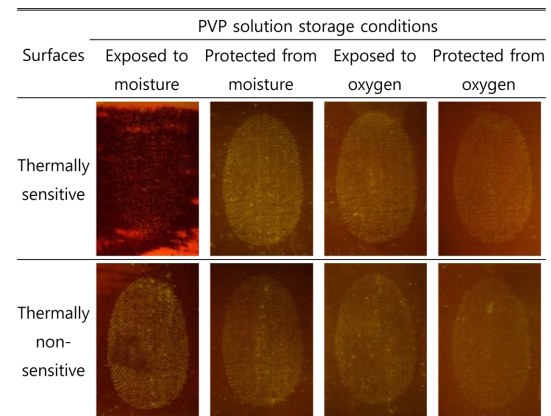


Fig. 4. Development results of artificial latent fingerprints printed on thermal papers with mixture of 1,2-IND/Zn and 8% PVP solutions (1.0 : 0.4) stored in various conditions.

였다. 5 일 후, 1,2-IND/Zn 용액을 새로 제조하여 두 병에 담겨져 있던 8% PVP 용액과 각각 1.0 : 0.4 비율로 혼합하였다. 이 용액으로 지문을 현출한 결과, Fig. 4에서 보이듯이 어느 경우에도 감열지를 백화시키는 능력의 변화를 나타내지 않았다. 이를 통해 산소는 PVP의 성능에 영향을 미치지 않는다는 것을 알 수 있었다.

4. 결 론

감열지에 부착된 잠재지문을 현출하는 시약으로 사용되는 1,2-indandione/zinc 용액과 8% polyvinylpyrrolidone 용액을 1.0 : 0.4의 비율로 미리 혼합하여 평균온도 24 °C (최고온도는 26 °C, 최저온도 23 °C), 평균상대습도 68.8% (최저 64%, 최고 86%)에서 보관한 경우, 제조 후 3 일 이상이 경과하면 비감열면에서, 6 일 이상이 경과하면 감열면에서 지문현출능력이 저하되는 현상이 관찰되었다. 따라서 두 용액을 일단 혼합하면 보존기한은 3 일 이내라는 것을 알 수 있었다. 1,2-indandione/zinc 용액과 8% polyvinylpyrrolidone 용액을 혼합하지 않고 별도로 보관하다가 사용 직전에 혼합한 경우에는, 제조 후 20일이 경과하면 감열면에서, 26일이 경과하면 비감열면에서 지문현출능력이 저하되는 현상이 관찰되었다. 이 결과를 통해 두 용액을 혼합하지 않고 별도로 보관하더라도 보존기한은 20 일 이내라는 것을 알 수 있었다. 또한, 1,2-indandione/zinc 용액과 polyvinylpyrrolidone 혼합용액의 보존기한은 polyvinylpyrrolidone 용액에 의해 결정된다는 것을 알 수 있었다. 수분과 산소 중 어느 것이 polyvinylpyrrolidone의 성능에 영향을 미치는지 조사한 결과 산소는 영향을 미치지 않았으나 수분의 영향을 받아 polyvinylpyrrolidone 용액의 성능이 저하되는 것을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 순천향대학교 학술연구비 지원으로 수행하였음.

참고문헌

1. NCR, Swiss Patent, **406**, 257 (1969).
2. O. P. Jasuja and G. Singh, *Forensic Sci. Int.*, **192**, 11-16 (2009).
3. S. Bleay, V. G. Sears, H. Bandey, A. Gibson, V. Bowman, R. Downham and C. Selway, "Fingerprint Source

- Book", Home Office, UK, 2012.
4. R. Muthyala, "Chemistry and Application of Leuco Dyes", Kluwer Academic Publishers, New York, 2002.
5. L. Schwarz, *Kriminalistik*, **57**, 246-249 (2003).
6. L. Schwarz and I. Klenke, *J. Forensic Sci.*, **52**(3) (2007).
7. T. Fitz, R. Fisher, S. Moret and A. Bécue, *J. Forensic Ident.*, **64**, 329-350 (2014).
8. Y. S. Ok, G. Y. Ko, S. M. Jeong and J. S. Yu, *Korean Police Studies Review*, **13**(2), 171-188 (2014).
9. M. Stoilovic and C. Lennard, "Fingerprint Detection & Enhancement", 4th Ed., National Centre for Forensic Studies, Canberra, 2010.
10. J. Brennan, S. Bramble, S. Crabtree and G. Wright, *J. Forensic Ident.*, **45**, 373-380 (1995).
11. R. Ramotowski, "Lee and Gaensslen's Advances in Fingerprint Technology", 3rd Ed. CRC Press, 2012.
12. Home Office, "Fingerprint Visualization Manual", 1st ed., Home Office CAST, Sandridge, UK, January, 2014.
13. J. L. Lee, S. M. Bleay, V. G. Sears, S. Mehmet and R. Croxton, *J. Forensic Ident.*, **59**(5), 545-568 (2009).
14. J. S. Yu, A. R. Kim and S. Lim, *Korean Police Studies Review*, **11**(3), 171-184 (2012).
15. L. Schwarz, P. Nat and I. Klenke, *J. Forensic Sci.*, **55**, 1076-1079 (2010).
16. Y. P. Luo, Y. B. Zhao and S. Liu, *Forensic Sci. Int.*, **229**, 75-79 (2013).
17. S. W. Hong, M. S. Kim, S. H. Yu, *J. Forensic Sci.*, first published: 26 June 2017, doi: 10.1111/1556-4029.13585.
18. V. D'Elia, S. Materazzi, G. Iuliano and L. Niola, *Forensic Sci. Int.*, **254**, 205-214 (2015).
19. S. W. Hong, I. G. Hong, A. I. Han, J. Y. Seo and J. Y. Namgung, *Forensic Sci. Int.*, **257**, 403-408 (2015).
20. V. G. Sears, S. M. Bleay, H. L. Bandey and V. J. Bowman, *Sci. Justice.*, **52**, 145-160 (2012).
21. O. P. Jasuja, M. A. Toofany, G. Singh and G. S. Sodhi, *Sci. Justice.*, **49**, 8-11 (2009).
22. J. Moore, S. Bleay, J. Deans and N. NicDaeid, *J. Forensic Ident.*, **58**(1), 83-108 (2008).
23. S. Hong and J. Y. Seo, *Forensic Sci. Int.*, **257**, 379-384 (2015).
24. http://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_EN_CB4209342.htm, Assessed 26 Nov 2017.
25. <http://www.sciencelab.com/msds.php?msdsId=9926650>, Assessed 17 may 2017.