

Comparison of aging fingerprint enhancement by pre-treatment of various initiator powders in the cyanoacrylate fuming method

Kyung-Soo Kim^{1, *}, Yoon-Jeong Lee¹, and Kyung-Suk Seo²

¹Department of Scientific Criminal Investigation, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

²Crime and Scientific Investigation Team, Chungnam Provincial Police Agency, Yesan 32416, Korea

(Received June 2, 2021; Revised July 15, 2021; Accepted September 27, 2021)

다양한 개시제(initiator)분말 전처리(pre-treatment)를 통한 노화된 지문의 Cyanoacrylate Fuming법 현출 증강 비교

김수경^{1, *} · 이윤정¹ · 서경숙²

¹충남대학교 과학수사학과, ²충청남도경찰청 과학수사과

(2021. 6. 2. 접수, 2021. 7. 15. 수정, 2021. 9. 27. 승인)

Abstract: We tested the pre-treatment of alumina, leucine, alumina mixed with leucine at ratios of 9:1 (Al-Leu (9:1)) and 5:1 (Al-Leu (5:1)), and alumina mixed with sodium lactate at a ratio of 5:1 (Al-Lac (5:1)) on aged fingerprints (1, 7, 14, and 30 days after natural fingerprinting) before cyanoacrylate (CA) fuming to improve the development efficacy. As a result of the experiment, fingerprints with pre-treatment of alumina, leucine, Al-Leu (9:1), Al-Leu (5:1), and Al-Lac (5:1) showed better development efficacy (area and minutiae) than fingerprints without pre-treatment. Therefore, this modified CA fuming method improved the development efficacy with five pretreatments.

요약: 본 연구는 alumina, leucine, alumina와 leucine을 9:1로 혼합한 분말(이하 Al-Leu (9:1)), alumina와 leucine을 5:1로 혼합한 분말(이하 Al-Leu (5:1)), alumina와 sodium lactate를 5:1로 혼합한 분말(이하 Al-Lac (5:1))을 자연상태 시료지문을 남긴 후 1, 7, 14, 30일로 노화시킨 잠재지문에 전처리한 후 cyanoacrylate fuming(이하 CA 훈증법)으로 현출 증강을 시도하였다. 전체적으로 미처리한 후 CA 훈증한 잠재지문보다 alumina, leucine, Al-Leu (9:1), Al-Leu (5:1), Al-Lac (5:1) 분말로 전처리한 잠재지문의 면적값과 특징점 개수가 향상되었다. 따라서 5종류의 개시제가 CA 훈증 시 현출 증강을 향상시키는 것을 확인하였다.

Key words: cyanoacrylate fuming (CA fuming) #1, initiator #2, latent fingerprint #3, aged fingerprint #4, pre-treatment #5

★ Corresponding author

Phone : ***-****-****

E-mail : ektmf7250@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

다양한 잠재지문 현출 방법 중 본 실험에서 이용한 cyanoacrylate fuming(이하 CA 혼증법)은 밀폐된 chamber내에서 cyanoacrylate(이하 CA)에 열을 가해주면 CA가 기화되어 CA 단량체가 된다.^{1,2} CA 단량체가 지문 용선에 존재하는 잔유물과 수분이 CA 단량체와 중합반응이 개시되면³ 흰색의 중합체가 지문 용선에 형성되어 잠재지문이 백색으로 가시화된다(Fig. 1).⁴

CA 단량체가 지문 용선에 존재하는 잔유물인 lactic acid, ammonia, acetic acid, amines, alcohols, amino acids, alkanes, proteins와 같은 개시제와 결합하면서 반응이 개시된다.⁵ 이외에도 Wargacki 연구에 따르면 에크린 땀의 구성 요소 중 sodium lactate의 carboxylate 작용기, amino acids의 carboxylate, amine 작용기가 CA 중합반응 개시의 주요 역할로 작용한다고 보고하였다.⁴

노화 지문은 외부 환경(온도, 습도, 광도 등), PH 및 시간경과에 따라⁶⁻⁸ 수분이 증발되고 지문현출에 필요한 개시제가 분해되어 현출정도가 떨어진다고 알려져 있다.⁹ Carly Nixon, J. G. Lim.의 연구에 따르면 노화된 지문은 어둡고 건조 환경에서 보관시 잘 보존되었으나¹⁰ 유류한 지문을 2, 4, 6, 8, 10일로 시간이 경과함에 따라 지문 용선의 면적값과 특징점 개수가 감소하는 경향을 보였다고 보고되었다.¹¹

이에 대하여 노화된 잠재지문의 현출 저하를 보완하고자 하는 Y S. Ok, M. J. Kang, D. E. Lee.의 선행 연구에 따르면¹²⁻¹⁴ CA 혼증법 개시제는 친핵체(-OH, -COO⁻, -NH₂ 등)의 작용기를 포함하고 있으며, sodium lactate는 에크린 땀에 풍부하며 친핵체(-COO⁻)의 작용기로 개시 반응을 하며, 수분의 존재 하에 용매화된 이온쌍의 형태로 존재하여 CA 중합체의 형성이 가능하다고 주장하였다.^{2,6} 이로 인하여 14일, 30일 경과한 잠재지문에 silica gel과 sodium lactate를 3:1의 비율로 혼합한 분말로 전 처리한 후 CA 혼증한 지문과 CA 혼증만한 지문을 비교하였을 때 혼합한 분말로 전 처리한 지문의 면적값 및 특징점 개수가 높았다.¹² 또한 잠재지문 잔류물 중 아미노산은 -COO⁻, -NH₂ 작용

기를 포함하고 있어 개시 반응에 효과적인 것으로 알려져 있다. 연구에 사용한 leucine은 소수성 가지를 가진 지용성 아미노산으로 땀 성분 소량 포함 되어 있으며 개시제로서의 역할을 하였다. 또한 노화된 잠재지문에 4가지 아미노산을 전처리한 후 CA 혼증법을 실시한 결과 지용성 아미노산인 leucine 분말로 전처리하고 CA 혼증한 지문이 비교적 우수한 현출결과를 나타냈다.¹³ 이외에도 Dana Algaier.은 종이에 유류된 신선한 지문과 노화된 지문은 알부민의 안정성으로 현출향상을 나타냈다고 보고하였다. 따라서 아미노산은 시간이 지남에 따라 비교적 안정적으로 개시제 역할을 하여 노화된 지문의 현출을 향상시킨다고 간주된다.⁶ 또한 3, 14, 30일 경과한 노화된 잠재지문은 CA 혼증만한 지문보다 alumina와 sodium lactate를 5:1의 비율로 혼합한 분말로 전처리한 후 CA 혼증한 지문의 면적값과 특징점 개수가 증가되었으며, 지문 현출의 증강 효과는 노화된 지문(3일<14일<30일)에서 개시제가 크게 작용하였다고 발표되었다.¹⁴

따라서 본 연구에서는 1, 7, 14, 30일로 노화시킨 자연상태의 지문에서 현출 증강법을 찾기 위해 alumina, leucine, alumina와 leucine을 9:1로 혼합한 분말(이하 Al-Leu (9:1)), alumina와 leucine을 5:1로 혼합한 분말(이하 Al-Leu (5:1)), alumina와 sodium lactate를 5:1로 혼합한 분말(이하 Al-Lac (5:1))을 제조하여 CA 혼증 시 전처리를 통하여 잠재지문의 현출 증강을 비교하고자 하였다. 또한 선행연구에서 노화된 잠재지문의 현출을 향상시킨 분말의 효과성 및 개시제의 양과 개시제 분말에 따른 차이를 비교하고자 하였다.

현출된 잠재지문 평가 및 비교 방법으로 3가지로 알려져 있다. 두 개의 현출된 전체지문을 양옆에 두고 육안으로 선명도를 비교하거나 AFIS는 지문의 특징점 수를 비교하는 방법으로 지문의 동일 여부를 판단한다. 이 방법은 주로 경찰청에서 이용하고 있으며 일반 사람들은 접근이 어렵고 사용에 제한이 있다. 반지문을 각각 다른 방법을 통하여 가시화하여 두 개를 붙여 육안으로 비교평가 하는 방법, 평가자의 육안으로 관찰한 후 지문 용선에 점수를 부여하여 평가하는 방

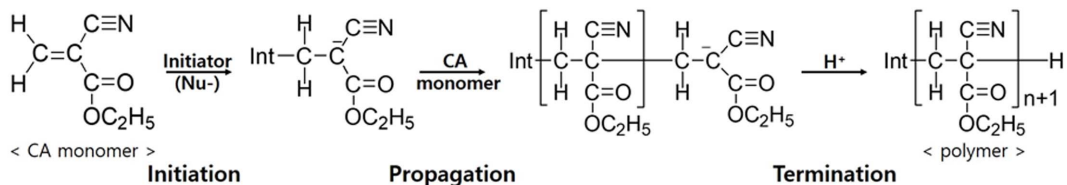


Fig. 1. Mechanism of Cyanoacrylate fuming method.

법이다. 전체적인 현출이 좋으면 4점, 연속적으로 2/3의 용선의 좋으면 3점, 연속적으로 1/3이 좋으면 2점, 용선의 형상은 현출 되었지만 용선이 전체적으로 연속적이지 않다면 1점, 지문 용선의 현출이 미 현출 시 0점을 부여하는 점수화적인 방법이다.¹⁵ 이 외에도 농도계 이미지 분석 방법은 전기영동으로 분리된 각 밴드의 농도의 세기에 의거한 반 정량적 분석방법으로 지문용선의 화상 농도에 대한 측정을 통해 배경과 구분되는 선명한 지문일수록 높은 면적값을 보여 배경에 대한 지문 현출 결과에 대해 객관적으로 평가가 가능한 것으로 선행연구에서 보고되었다.¹⁶⁻¹⁸

따라서 현출된 지문의 평가 및 방법은 농도계 이미지 분석 방법에 대한 최근 연구에 따르면 현출된 지문의 특징점 개수가 많을수록 이미지 분석 결과값을 나타내는 면적이 크게 나타나 용선 이미지 면적값의 비교를 통한 가시화된 지문에 대한 상호비교 가능성을 보였다.^{15,18}

2. 재료와 방법

2.1. 잠재지문 유류 및 노화

실험에서 사용한 지문은 20대 여성의 오른손 엄지

로 자연상태에서 특징점 개수 비교를 하기 위해 전체지문(whole fingerprint)으로 한 시간에 한 번씩 로드셀 전기식 저울(Kern KB1200-2, Germany)을 사용하여 0.2 kg.f의 압력으로 3초간 슬라이드 글라스(Marienfeld, Germany)에 유류하였다. 서류 케이스(300×358×334 mm)에 1, 7, 14, 30일 동안 상온에서 보관한 후 실험은 10회 반복하였다.

2.2. 개시제의 분말 제조 및 현출 방법

개시제는 분말인 Alumina oxide activated basic (Sigma-Aldrich, USA), L-Leucine 99% (Daejung, Korea)와 액체인 60% (w/w) Sodium DL-lactate solution syrup (Sigma-Aldrich, USA)로 Al-Leu(9:1), Al-Leu(5:1), Al-Lac(5:1)으로 혼합하여 분말을 제조하였다. CA 훈증법 적용 시 습도는 듀얼채널 온습도계(Dual channel, China)로 70~75%를 유지하였으며, cyanoacrylate (Wonjun)는 6방울을 사용하여 cyanoacrylate fuming chamber (280×280×260 mm) 내에서 약 10분간 현출하였다. 현출된 지문은 CA 중합체를 경화시키기 위하여 약 2시간 동안 상온에 둔 후 흑색분말(Sirchie, USA)과 황색깃털 브러쉬(Sirchie, USA)로 재처리하여 지문을 가시화하였으며, A4용지를 배경으로 DSLR 카

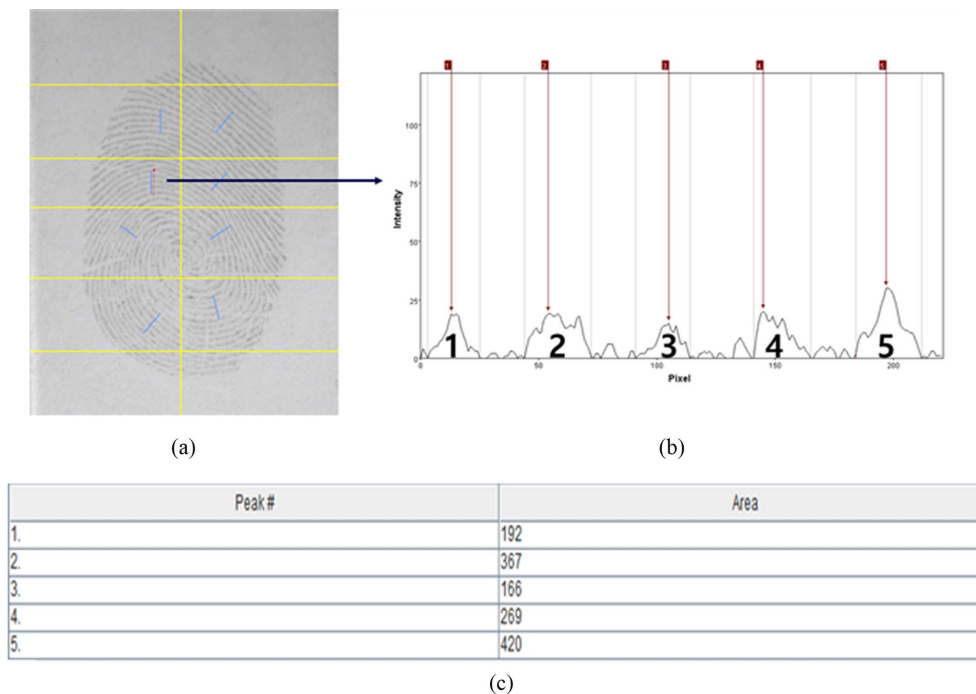


Fig. 2. Developed fingerprints take 5 ridges (a), select the peaks of 5 ridges (b) and analysis results (c) from densitometric image analysis by CP Atlas 2.0.

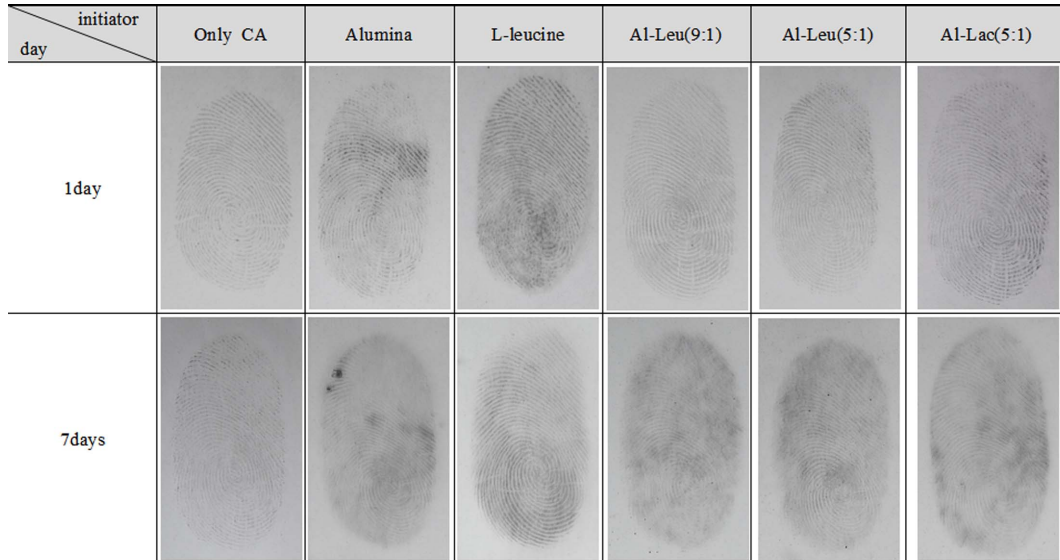


Fig. 3. Images of untreated and alumina, L-leucine, Al-Leu (9:1), Al-Leu (5:1), Al-Lac (5:1) powder treated fingerprints prior to development with CA method.

메라(Nikon D5300), 마이크로 렌즈(AF-S Micro Nikkor 60 mm f/2.8D, Japan)를 이용하여 촬영(1/60 sec, F/9, ISO 1600)하였다.

2.3. 현출된 지문 분석방법

농도계 이미지 분석 프로그램(CP Atlas 2.0, Lazar softwar, USA)을 이용하여 지문 용선의 바탕표면대비 면적값을 도출하기 위하여 동일 선상에 있는 용선을 취하고자 adobe photoshop CS6 프로그램을 이용하여 모든 지문에 동일하게 지문의 중심에 있는 코어를 중심으로 8부분으로 나누고 지문의 용선을 5 개를 선택하여 용선의 면적값에 대한 평균을 비교하였다. 농도계 이미지 분석 프로그램을 이용하여 지문을 분석할 때 “dark on light”를 설정하였다. 그 다음 zoom은 100%, channel 은 gray로 맞춘 후 adobe photoshop CS6 프로그램에서 설정한 지문 용선 5개에 맞추어 lane을 설정하고 baseline을 지정한 후 용선의 peak를 5개 선택하여 면적값을 도출한 후 평균을 비교하였다(Fig. 2). 특징점 개수는 지문자동인식시스템(Automatic Fingerprint Identification System, 이하 AFIS)을 이용하여 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 개시제로 전처리한 지문의 현출 증강 결과

1, 7, 14, 30일로 노화시킨 잠재지문에 5 종류의 개

시제인 alumina, leucine, Al-Leu (9:1), Al-Leu (5:1), Al-Lac(5:1)로 전처리한 후 CA 혼증한 잠재지문과 미처리한 후 CA 혼증한 잠재지문의 현출 결과를 Fig. 3, Fig. 4에 제시하였다. 육안으로 확인 시 14일, 30일 미처리한 후 CA 혼증한 잠재지문에서 용선이 약하게 가시화 되었지만 개시제 5종류로 전처리한 후 CA 혼증한 잠재지문이 상대적으로 현출 결과가 우수하게 확인되었다.

현출된 지문을 객관적으로 비교하기 위해 농도계 이미지 분석 프로그램의 결과 전체적으로 개시제 5종류로 전처리한 후 CA 혼증한 잠재지문의 면적값이 증가하였다(Fig. 5). 30일차 잠재지문의 현출결과 alumina와 Al-Lac (5:1)로 전처리한 후 CA 혼증한 잠재지문이 미처리한 후 CA 혼증한 잠재지문보다 약 2.5배, Al-Leu (5:1), Al-Leu (9:1), leucine로 전처리한 후 CA 혼증한 잠재지문이 미처리한 후 CA 혼증한 잠재지문보다 약 2.2-2.4배로 면적값이 향상되었다. AFIS로 분석한 결과 전체적으로 개시제 5종류로 전처리한 후 CA 혼증한 잠재지문의 특징점 개수가 증가하였다(Fig. 6). 30일차 잠재지문의 현출결과 Al-Lac (5:1)로 전처리한 후 CA 혼증한 잠재지문이 미처리한 후 CA 혼증한 잠재지문보다 약 2.75 배, leucine은 약 2.65 배, Al-Leu (5:1), Al-Leu (9:1), alumina는 1.28-1.7 배로 특징점 개수가 증가하였다.

이는 alumina는 PH 10으로 염기성을 띄며 수소 이

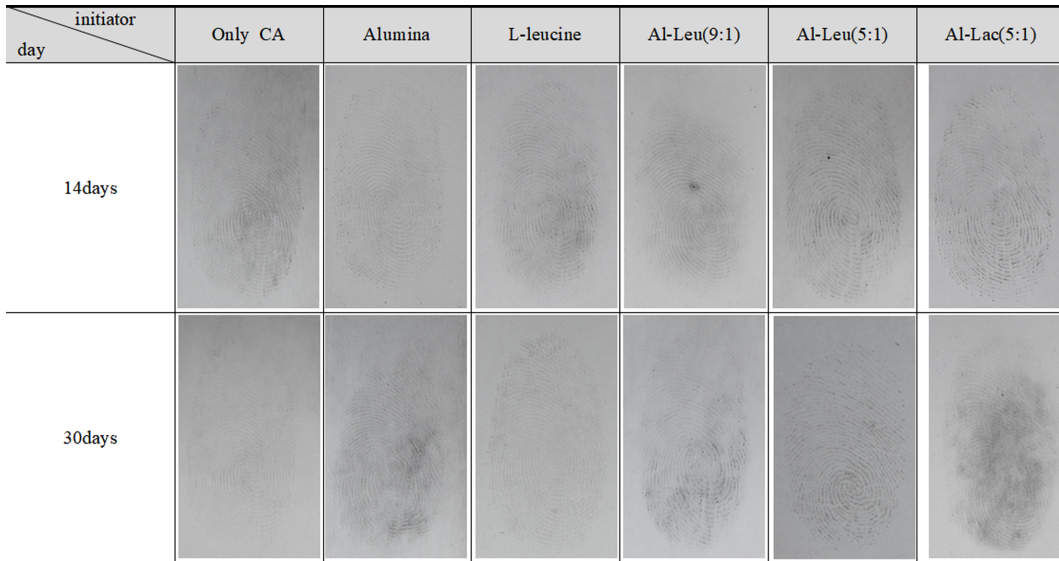


Fig. 4. Images of untreated and alumina, L-leucine, Al-Leu (9:1), Al-Leu (5:1), Al-Lac (5:1) powder treated fingerprints prior to development with CA method.

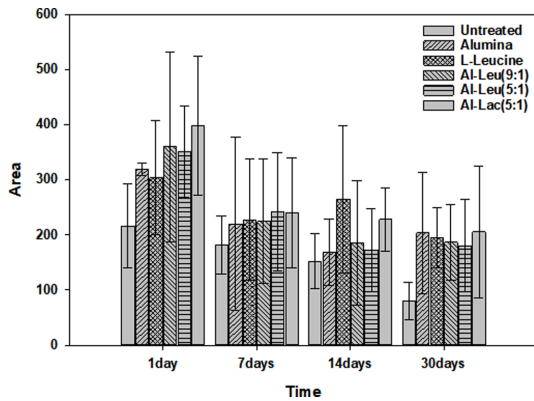


Fig. 5. The comparison of the mean of peak areas for ridges from alumina, leucine, Al-Leu (9:1), Al-Leu (5:1), Al-Lac (5:1) powder pre-treated and untreated fingerprint aged for 1, 7, 14, 30 days analyzed by CP Atlas 2.0.

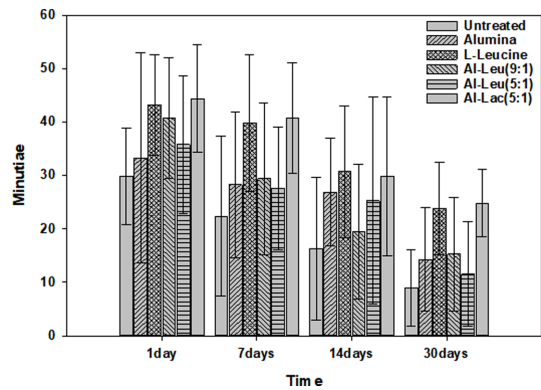


Fig. 6. The comparison of average minutiae numbers in alumina, leucine, Al-Leu (9:1), Al-Leu (5:1), Al-Lac (5:1) powder pre-treated and untreated fingerprint aged for 1, 7, 14, 30 days analyzed by AFIS.

온의 농도를 낮추어 반응을 지속시키고 더 많은 양의 중합체를 형성시킨다고 보고되었다.² 최근 연구에서 alumina는 독성이 없으며 다양한 다공성 및 비 다공성 표면에 대한 가시성을 제공할 뿐 만아니라 희미한 잠재 지문을 식별할 수 있다고 발표하였다.¹⁹ CA 훈증법 현출원리에서 개시제는 친핵체인 -OH, -COO⁻, -NH₂ 등의 작용기를 포함하고 있으며, sodium lactate는 에크린 땀에 풍부하며 친핵체인 -COO⁻의 작용성으로 개시 반응을 하며,^{2,6} 아미노산은 -COO⁻, -NH₂기를 포함하고 있어 개시 반응에 효과적인 것으로 알려져 있다. Leucine은

소수성 가치를 가진 지용성 아미노산으로 땀 성분에서 소량 포함되어 있으며 개시제로서의 역할을 하였다.¹³

3.2. 5 종류의 개시제의 현출비교

3.2.1. Leucine, Al-Leu (9:1), Al-Leu (5:1)의 현출 비교
노화된 7일, 14일 30일차 잠재지문에서 leucine (100%)로 전처리한 후 CA 훈증한 잠재지문의 면적값과 특징점이 Al-Leu (9:1), Al-Leu (5:1)로 전처리한 후 CA 훈증한 잠재지문에 비하여 증강된 것을 확인할 수 있었다(Fig. 7, Fig. 8). leucine의 함량비율을 보면

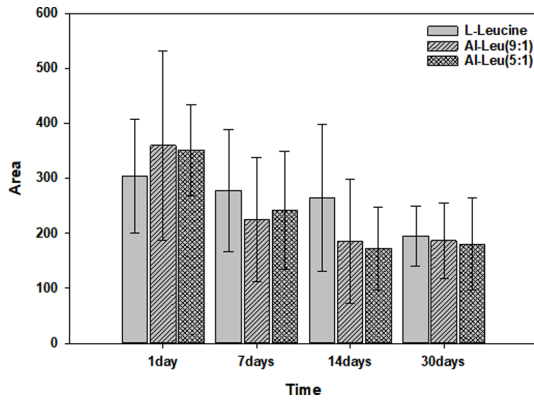


Fig. 7. The comparison of the mean of peak areas for ridges from leucine, Al-Leu (9:1), Al-Leu (5:1) powder pre-treated and untreated fingerprint aged for 1, 7, 14, 30 days analyzed by CP Atlas 2.0.

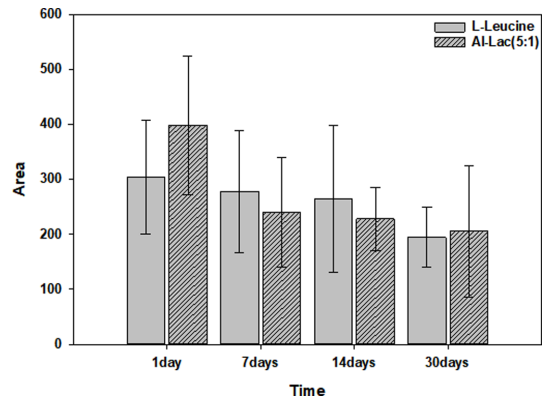


Fig. 9. The comparison of the mean of peak areas for ridges from leucine, Al-Lac (5:1) powder pre-treated and untreated fingerprint aged for 1, 7, 14, 30 days analyzed by CP Atlas 2.0.

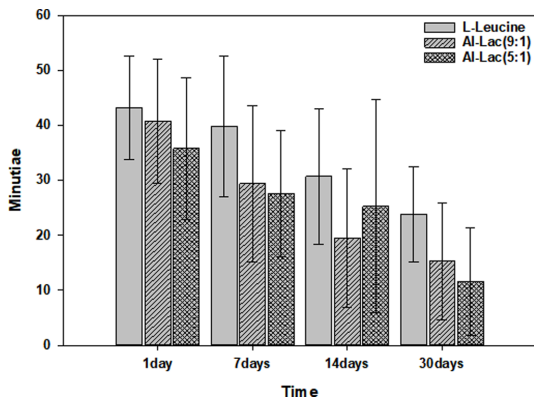


Fig. 8. The comparison of average minutiae numbers in leucine, Al-Leu (9:1), Al-Leu (5:1) powder pre-treated and untreated fingerprint aged for 1, 7, 14, 30 days analyzed by AFIS.

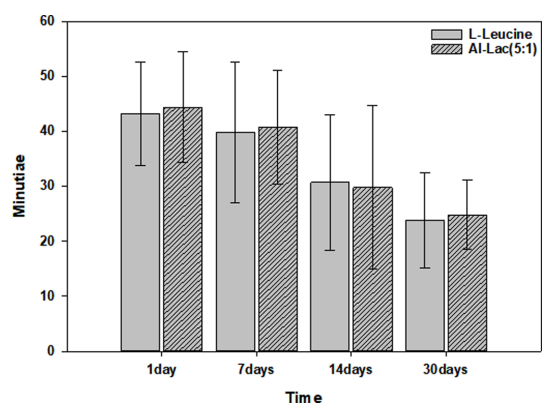


Fig. 10. The comparison of average minutiae numbers in leucine, Al-Lac (5:1) powder pre-treated and untreated fingerprint aged for 1, 7, 14, 30 days analyzed by AFIS.

leucine > Al-Leu (5:1) > Al-Leu (9:1)의 순서이지만 면적값의 결과를 보면 leucine과 혼합분말의 비율에 따른 일정한 경향을 보이지 않았다. 이는 Al-Leu (5:1), Al-Leu (9:1)의 비율에 대한 차이가 적어서 나타난 결과로 추후 연구에서는 비율 차이를 높게 하여 혼합분말을 제조할 필요가 있다고 생각된다.

3.2.2. Leucine, Al-Lac (5:1)의 현출 비교

선행실험에서 얼굴 기름으로 유류된 잠재지문에 개시제인 leucine, Al-Lac (5:1)로 전처리한 후 CA 혼증한 지문 현출이 우수한 결과를 토대로¹³⁻¹⁴ 자연상태에서 유류된 잠재지문의 현출을 향상시키는 개시제를 찾기 위하여 leucine과 Al-Lac (5:1)분말을 비교하였다.

14일차 잠재지문에서 leucine으로 전처리한 후 CA 혼증한 잠재지문의 면적값과 특징점 개수가, 1, 7, 30일차 잠재지문에서 Al-Lac (5:1)로 전처리한 후 CA 혼증한 잠재지문의 면적값과 특징점 개수가 증가되었다. 또한 노화가 상당히 진행된 30일의 잠재지문에서 Al-Lac (5:1)로 전처리한 후 CA 혼증한 잠재지문이 leucine보다 면적값과 특징점 개수가 상승하여 노화된 잠재지문의 현출 저하를 개선시키는 개시제로서 Al-Lac (5:1)의 효과가 더욱 우수한 것으로 간주된다(Fig. 9, Fig. 10).

4. 결 론

노화된 잠재지문을 현출 시 CA 중합반응의 개시제로

alumina, leucine, Al-Leu (9:1), Al-Leu (5:1), Al-Lac (5:1) 분말로 전처리한 후 CA 혼증한 지문과 미처리한 후 CA 혼증한 지문과의 현출 효과 및 개시제의 양과 개시제 분말에 따른 차이를 비교한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 전체적으로 alumina, leucine, Al-Leu (9:1), Al-Leu (5:1), Al-Lac (5:1)으로 전처리한 후 CA 혼증한 지문 용선의 면적값, 특징점 개수가 향상되었다.
2. 전체적으로 alumina, leucine, Al-Leu (9:1), Al-Leu (5:1), Al-Lac (5:1)으로 전처리한 후 CA 혼증한 잠재지문의 현출 증강 효과는 노화된 지문(30일차)에서 더욱 크게 나타났다.
3. 노화가 상당히 진행된 30일차 지문에서 Al-Lac (5:1)로 전처리한 후 CA 혼증한 잠재지문이 더욱 우수한 결과를 보이므로 노화 잠재지문의 현출 저하를 개선시키는 개시제로서 Al-Lac (5:1) 분말의 효과가 우수하였다.
4. 본 실험의 결과 alumina, leucine, Al-Leu (9:1), Al-Leu (5:1), Al-Lac (5:1)으로 전처리한 후 CA 혼증한 잠재지문이 미처리한 후 CA 혼증한 잠재지문보다 증강된 결과를 보였으나 사건 현장에서 사용하기 위해서는 보관환경, 다양한 대상물질의 표면, 다양한 종류의 개시제, 캐리어분말 및 혼합비율 등을 다르게 하여 추후 지속적인 연구가 필요하다.

References

1. M. Stokes and J. Brennan, *Forensic Sci. Int.*, **71**(3), 181-190 (1995).
2. S. P. Wargacki, L. A. Lewis and M. D. Dadmun, *J. Forensic Sci.*, **52**(5), 1057-1062 (2007).
3. H. C. Lee and R. E. Gaensslen, *J. Forensic Identif.*, **65**(4), 446-459 (2015).
4. S. P. Wargacki, 'Understanding and Controlling the Molecular Level Processes Involved in the Development of Latent Fingerprints Using the Cyanoacrylate Fuming Method' Philosophy Doctor., University of Tennessee, Knoxville, 2005.
5. G. S. Bumbrah, *J. Egypt. Forensic Sci.*, **7**(1), 1-8 (2017).
6. D. Algaier, D. Baskaran and M. Dadmun, *React. Funct. Polym.*, **71**(8), 809-819 (2011).
7. S. P. Wargacki, L. A. Lewis and M. D. Dadmun, *J. Forensic Sci.*, **53**(5), 1138-1144 (2008).
8. M. D. Dadmun, 'Cultivating methods to enhance the

quality of aged fingerprints developed by cyanoacrylate fuming' Philosophy Doctor, University of Tennessee, Knoxville, 2010.

9. L. A. Lewis, R. W. Smithwick III, G. L. Devault, B. Bolinger and S.A. Lewis Sr., *J. Forensic Sci.*, **46**(2), 214-246 (2001).
10. C. Nixon, M. J. Almond, J. V. Baum and J. W. Bond, *J. Forensic Sci.*, **58**(2), 508-512 (2013).
11. J. G. Lim, 'A study on the priority estimation of fingerprint development from two surfaces based on the differences of visualization by day using cyanoacrylate fuming method', Master's degree, Chungnam National University, Daejeon, 2019.
12. Y. S. Ok, 'Improved development of the aged latent fingerprints with sodium lactate in silica gel powder treatment before cyanoacrylate fuming: a preliminary study', Master's degree, Chungnam National University, Daejeon, 2018.
13. M. J. Kang, 'Improved development of latent fingerprints with four amino acid powder treatment before cyanoacrylate fuming: a comparative study', Master's degree, Chungnam National University, Daejeon, 2018.
14. D. E. Lee, 'A study on the improved development of aged latent fingerprints on glass using cyanoacrylate fuming method after the application of sodium lactate-basic alumina powder', Master's degree, Chungnam National University, Daejeon, 2019.
15. E. M. Kim, B. R. Heo, Y. S. Ok, J. K. Kim, I. N. Joung and S. W. Choi, *Anal. Sci. Technol.*, **29**(6), 283-292 (2016).
16. C. Heussen and E. B. Dowdle, *Anal. Biochem.*, **102**(1), 196-202 (1980).
17. D. Csupor, K. Boros, A. Hunyadi, K. Veres and J. Hohmann, *JPC-Modern TLC.*, **25**(6), 571-574 (2012).
18. J. H. Cho, H. W. Kim, M. S. Kim and S. W. Choi, *Anal. Sci. Technol.*, **29**(3), 142-153 (2016).
19. V. Prasad, S. Lukose, P. Agarwal and L. Prasad, *Forensic Sci. Int.*, **65**(5), 27-34 (2020).

Authors' Position

Kyung-Soo Kim : Graduate Student
 Yoon-Jeong Lee : Graduate Student
 Kyung-Suk Seo : Graduate Student