

잠재지문 현출효율 평가에 대한 연구

김만기 · 박성우 · Yusuke Ohgami¹ ★

충남대학교 과학수사학과, ¹Dept. of Pharmaceutical Sciences

(2009. 1. 21. 접수, 2009. 4. 8. 승인)

Evaluation of developing efficiency on latent fingerprint

Man-Ki Kim, Sung-Woo Park and Yusuke Ohgami¹ ★

Dept. of Scientific Criminal Investigation, Chungnam National University, Daejeon, 305-764, Korea

¹Dept. of Pharmaceutical Sciences, College of Pharmacy,

Washington State University, Pullman, WA 99164-6534, USA

(Received January 21, 2009; Accepted April 8, 2009)

요 약: 잠재지문 현출방법 중 분말법을 이용한 현출법은 현장에서 간편하게 감식하여 개인식별이 가능한 장점으로 선호하는 현출법이다. 따라서 분말형태로의 현출제 개발은 지속적으로 연구되고 있으며 개발분말의 평가법으로는 유류된 지문이나 장문에 비교되는 현출제와 비교하고자 하는 현출제를 1/2씩 현출한 후 대조화면으로 제시하여 저자의 주관적인 방법으로 표현하는 것이 일반적이다. 이에 본 연구에서는 잠재지문 분말현출제의 효율 평가법을 객관화하기 위한 방법을 제시하고자 하였으며 ① 지문의 동일한 영역에서의 특징점 수 확인 ② 현출제와 흠착정도(scattering) ③ 현출지문의 contrast 등을 제안하여 현출효율을 보다 객관적으로 평가할 수 있는 방법임을 확인하였다.

Abstract: Powder method is simple and very effective method for developing latent finger and palm print in crime scene. This technique has been actively studied to enhance effectiveness. In general, the evaluation for developing powder is mainly performed by the subjective opinion of researcher from comparison of the results obtained with existing and new one to develop finger and palm deposition. The purpose of this work is to present objective method of powder-treated latent fingerprint for evaluating method by developing efficiency. We indicated three evaluating methods of objective developing efficiency, which are measuring the number of minutiae in same sections on print, scattering level of developing reagent and contrast between developing reagent and background materials.

Key words : latent fingerprint, developing reagent, evaluating methods

1. 서 론

지문감식은 현장조사에 있어서 용의자 및 피의자의 개인식별법으로 가장 빠르고 정확하게 수행될 수 있

는 방법이며 땀으로 배출되는 성분이 대상물질에 유류되어 육안으로 확인되지 않는 잠재지문을 현출하는 방법으로는 대상물질과 대비되는 색상을 보유한 분말로 확인하는 물리적방법과 땀 성분 중 아미노산 및

★ Corresponding author

Phone : +82-(0)509-335-5767, +82(0)42-821-5240 Fax : +82-(0)509-335-5902, +82-(0)42-821-5236

E-mail : ohgami@wsu.edu, swpark05@cnu.ac.kr

지방성분과 선택적으로 결합하여 발색을 띄게 하는 화학적 방법과¹ 지문에 X-ray를 조사하여 Cl^- , Na^+ , K^+ 등의 무기이온 방출에너지를 이미지화하여 지문영상을 얻어내는 MXRF (Micro X-Ray Fluorescence)법, ATR-FT-IR spectroscopic imaging system을 이용한 방법도 제시되고 있다.^{2,3} 대상물질의 특성 및 지문의 오염상태 등에 따라 적합한 방법을 선택하거나 연속적인 중복처리에 의해 현출효율을 높이는 등 잠재지문 현출법과 효과적인 현출제에 대한 연구는 활발하다.⁴

현재 새로운 잠재지문 현출제를 개발하고 이를 평가하는 방법으로는 첫째 지문 특징점의 상대적 위치와 기하학적 특징을 디지털 코드화하여 현출지문의 특징점 수를 확인 할 수 있는 자동지문인식시스템인 AFIS (automated fingerprint identification system)를 이용하여 특징점을 비교한다. 그러나 AFIS는 사용된 지문영상의 정보이탈이 있을 경우 이를 인식하지 못하거나 특징점이 아닌 것을 포함하는 등⁵ 개선하여야 하는 많은 문제점이 있는 것으로 평가되고 있다. 둘째 분말 현출제 효율을 평가하는 방법으로는 유류된 지문이나 장문을 1/2씩 나누어 비교되는 현출제와 비교하고자 하는 현출제로 현출 후 대조화면(Fig. 1)으로^{6,7} 제시하고 저자의 주관적 방법으로 excellent print quality, clear ridge detail로 우수한 현출의 질 또는 선명한 용선 제시 등으로 표현하고 있으며 형광분말의 경우에는 형광세기를 측정하여 추가적인 자료로 제시하고 있다.⁸⁻¹⁰ 또한 화학적인 방법에서도 분말현출제와 동일하게 비교되는 현출제와 비교하고자 하는 현출제로 현출시킨 후 발색정도를 비교대조하는 방법으로 지문이랑과 고랑부분의 contrast를 측정하여 현출제의 효율을 평가하는 방법을 제시하고 있기도 하다.⁵

이에 본 연구에서는 잠재지문 현출제의 효율평가에 대한 기준설정이 요구되고 있어 분말현출제의 현출효율 평가법을 제시하고자 기존 상용중인 silver powder (flake, 10~80 μm)를 비교되는 현출제로 사용하고 비교하고자하는 현출제로는 개발한 nAg (rod, 0.9 μm), μAg (rod, 10~20 μm)분말을 사용하여¹¹ 현출효율을 비교할 수 있는 방법을 제안하고자 하였다.

2. 실험

2.1. 기구 및 시약

일정한 압력으로 유류되는 잠재지문 시료를 획득하기 위해 로드셀(CAS, Korea)을 이용하였고, 잠재지문 현출분말로는 상용 silver powder (flake, 10~80 μm , Sirchie, U.S.A)와 선행연구에서 개발한 nAg (rod, 0.9 μm), μAg (rod, 10~20 μm)분말을 사용하고 다람쥐 털붓(BVDA, Netherlands)을 이용하여 현출하고, 현출한 지문을 Digital Microscope (Keyence, VHX-100, Canada)로 280 배율에서 영상기록하고 비교하였다. Contrast 값을 구하기 위해 Photoshop (Adobe Photoshop CS3, U.S.A)을 사용하였다.

2.2. 지문시료 및 대상물질

지문시료는 30대 연령 남성의 오른손엄지로 제상문 형태이며, 유리슬라이드(Superior Lab, Germany)에 압착하여 지문시료로 사용하였다. 잠재지문 시료는 외부적인 요인과 실험적 오차를 감소시키기 위하여 10회 반복 실시하였으며 지문 유류에 관한 정보는 다음과 같다.

1) 먼저 손을 isopropanol로 세척하고 티슈(profe-

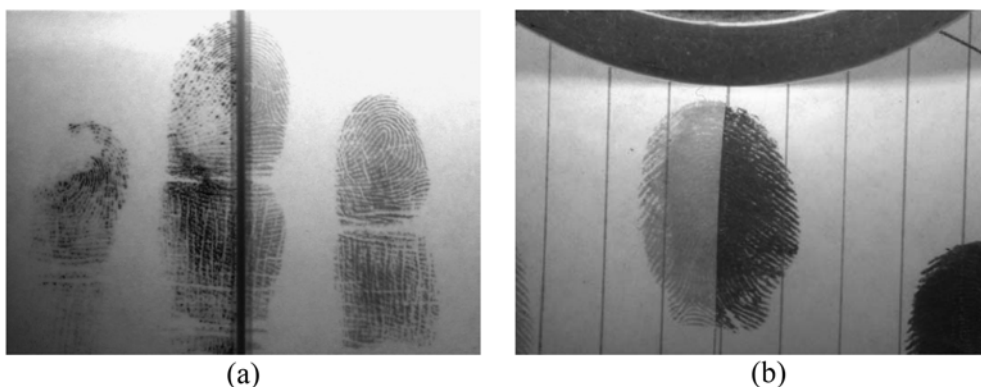


Fig. 1. Example of evaluating methods in latent fingerprint developing efficiency. (a) black powder (left) and gold nano powder (right) (b) 1,2-indanedione (left) and ninhydrin (right)

ssional wipe, Kimberly-Clark)로 닦아 물기를 제거한 후 증류수로 세정하였다.

2) 에탄올로 손 전체를 문질러 세정하고 실온에서 건조하였다.

3) 온도 18~20 °C 습도 30-35%의 조건에서 얼굴이 마, 코, 턱, 머리카락을 5 회 만지는 등 자신의 신체를 접촉한 후 유리슬라이드(75×25×1 mm)에 오른손 엄지의 전체지문이 나타날 수 있도록 압착하여 유류시켰으며 표준지문인 잉크지문은 십지지문 채취용 잉크인 Basic Postmortem Fingerprint Kit(Sirchie, U.S.A)를 지문에 골고루 묻혀 종이에 10 번 압착하고 동일하게 나타난 영역을 표준잉크지문으로 사용하였다.

2.3. 실험 방법

2.3.1. 압착력에 따른 잠재지문 유류

대상물질인 유리에 지문의 압착력에 따른 잠재지문 유류정도와 현출효율을 확인하기 위해 로드셀을 이용하여 일상생활에서 잠재지문을 유류시킬 수 있는 범위인 1.0 kgf, 1.2 kgf, 1.4 kgf 압력으로 유리슬라이드에 압착한 후 다람쥐 털 붓을 이용하여 현출하고 이를 10 회씩 반복 실험하여 실험적 오차를 감소시켰으며 특징점 수를 비교하여 적합한 잠재지문 유류 압착력을 확인하였다.

2.3.2. 특징점 수

현출지문에서의 특징점 수 확인은 잠재지문 압착력 비교실험에서 가장 효율적으로 유류되는 1.2 kgf 압력 조건에서 10 회 반복 유류시킨 후 반복적으로 유류되는 영역과 특징점 종류 및 수가 많이 나타나는 영역을 대조 표준지문으로 사용하였다. 표준잉크지문에서 반복 유류되는 영역에서 3 곳을 선정하여 특징점 수 확인한 결과 Table 1과 같이 확인되었다. A영역 23 개, B영역 28 개, C영역 21 개로 B영역에서 가장 많은 특징점 수를 확인하였으며 A와 C영역보다 다양한 특징점이 관찰되는 B영역을 선정하여 특징점 수를 비교하였다(Fig. 2).

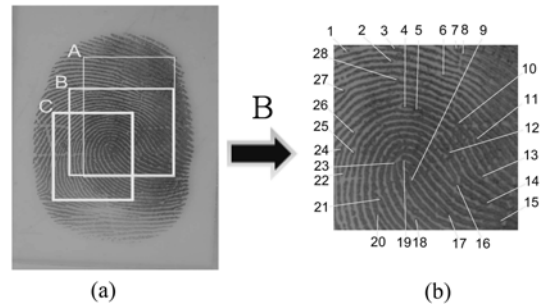


Fig. 2. (a) Standard fingerprint (b) minutiae of standard fingerprint.

2.3.3. Scattering

Scattering은 280 배 현미경 확대관찰로 잉크지문에서 나타나는 여러 특징점 중 접합점(junction)과 점(dot)을 선정하여 분말현출제가 지문이랑에 흡착되는 정도와 대상물질과의 흡착정도를 비교 확인하였다.

2.3.4. Contrast

현출지문의 이랑(ridges)과 고랑(furrows)의 색상 밝기 차이 측정실험은 Adobe Photoshop CS3를 이용, 유리에서의 black에서 white까지 색상차트를 제작, black의 경우에는 0, black에서 5%씩 감소시켜 white에서 260을 나타내도록 설정하고 이를 기초로 잉크표준지문에서 이랑과 고랑의 contrast가 Fig. 3과 같이 10 회 반복 측정 후 평균값의 차가 133임을 확인하였다. 이를 현출지문에 적용하여 이랑과 고랑의 색상밝기값의 차이를 측정하였으며 그 차이의 값이 클수록 현출지

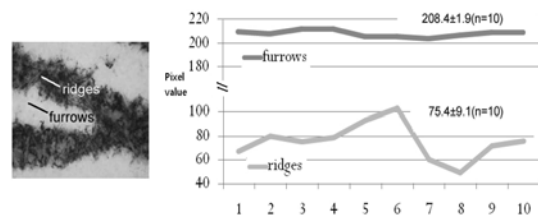


Fig. 3. Photograph of contrast values in standard fingerprint.

Table 1. Identification of minutiae in ink fingerprint

Area	Type of minutiae								Total point
	Dot	Bifurcation	Independent ridge	Ending ridge	Junction	Starting ridge	Lake	Delta	
A	-	-	-	8	7	8	-	-	23
B	1	1	-	10	8	8	-	-	28
C	-	-	-	8	8	4	1	-	21

문의 육안식별 가능성을 증가시키는 결과임을 확인하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 압착력에 따른 잠재지문 유류

잠재지문 유류시료의 객관화를 위한 적합한 압착력을 확인하기 위해 1.0 kgf, 1.2 kgf, 1.4 kgf 조건의 압력으로 지문을 압착한 후 특징점의 종류와 수가 가장 많이 나타나 선택한 B영역에서 현출한 특징점 수를 Table 2에 나타내었다. 1.0 kgf의 압력으로 잠재지문을 압착한 경우 상용 silver powder는 6.7 개, nAg (rod, 0.9 μm)분말은 23.1 개였으며, 1.2 kgf의 압력에서는 상용 silver powder 15.5 개, nAg (rod, 0.9 μm)분말은 25.6 개로 확인되었다. 0.2 kgf의 압착력을 높인 1.4 kgf의 압력의 경우 상용 silver powder는 6 개, nAg (rod, 0.9 μm)분말은 21.9 개의 특징점을 확인할 수 있었다. 잠재지문 유류 압착력이 낮을 경우 대상물질에 미약하게 유류되어 현출지문의 특징점 수가 적고, 압착력이 1.4 kgf으로 증가하였을 때 잠재지문의

형태가 변형되어 이랑과 고랑구분과 특징점 수 확인이 불가능하였으며 1.0 kgf와 1.4 kgf의 중간인 1.2 kgf의 압착력으로 지문을 유류시키는 것이 상용 silver powder와 nAg (rod, 0.9 μm)분말 모두 높게 확인되어 잠재지문 현출효율을 평가하는 잠재지문유류 압착력으로 적절함을 알 수 있었다.

3.2. 특징점 수

잉크표준지문과 현출지문의 동일영역 B에서의 특징점 수 확인결과를 Table 3에 나타내었다. 잉크표준지문에서의 특징점 수는 점(dot) 1 개, 분기점(bifurcation) 1 개, 종지점(ending ridge) 10 개, 접합점(junction) 8 개, 개시점(starting ridge) 8 개로 총 28 개로 확인되었다. 현출지문 중 상용 silver powder의 특징점 수는 총 16 개로 점 1 개, 종지점 7 개, 접합점 4 개, 개시점 4 개로 확인되었으며 nAg (rod, 0.9 μm)는 점 1 개, 분기점 1 개, 종지점 9 개, 접합점 8 개, 개시점 7 개로 총 26개, μAg (rod, 10~20 μm)는 점 1 개, 분기점 1 개, 종지점 8 개, 접합점 6 개, 개시점 4 개로 총 20 개의 특징점 수를 확인하였다. 특히 잉크표준지문에

Table 2. Comparison of minutiaes in latent fingerprint using lode cell in B area

		Measurement number										Mean± Std. dev
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Silver Powder (Sirchie, USA)	1.0 kgf	4	5	4	1	3	12	12	4	11	11	6.7±4.3
	1.2 kgf	12	13	25	19	13	20	15	15	12	11	15.5±4.5
	1.4 kgf	3	3	4	8	0	4	9	7	12	10	6±3.8
nAg (rod, 0.9 μm)	1.0 kgf	19	27	27	21	21	27	19	25	24	21	23.1±3.3
	1.2 kgf	25	25	27	26	23	28	27	22	28	25	25.6±2.0
	1.4 kgf	14	21	17	16	27	22	24	25	28	25	21.9±4.8

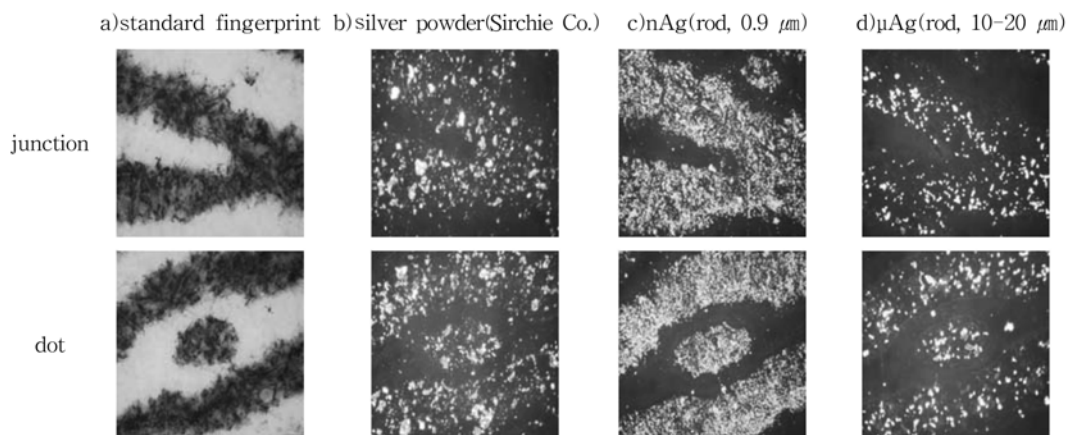


Fig. 4. The magnified (×280) minutiaes of fingerprint.

비해 nAg(rod, 0.9 μm)분말은 접합점과 개시점에서 비교되는 현출제인 silver powder 현출이 뛰어난을 확인하였으며 잉크표준지문에 가장 근접한 특징점 수를 확인하였다.

3.3. Scattering

현출제의 지문용선 및 대상물질과의 흡착정도를 확인한 scattering 실험결과는 Fig. 4에 나타내었다. 지문 특징점 중 접합점의 경우 nAg(rod, 0.9 μm)는 지문용선의 흡착정도가 높고 대상물질인 유리에 흡착되지 않아 이랑과 고랑의 구분이 뚜렷하게 관찰되었다. 상용 silver powder와 μAg (rod, 10~20 μm)분말은 이랑과 고랑에 분말의 흡착정도가 낮아 지문용선 구분이 명확하지 않고 대상물질인 유리와의 흡착으로 특징점의 확인이 불가능함을 확인하였다. 또한 특징점 중 점의 경우 nAg(rod, 0.9 μm)분말은 이랑과 고랑이 가장 뚜렷하게 나타났고, 반면에 μAg (rod, 10~20 μm)분말의 경우에는 땀 지문이 확인 가능할 정도로 지문의 용선과 대상물질에 흡착되지 않아 특징점 확인이 불가능하였다.

3.4. Contrast

육안으로의 식별을 측정할 수 있는 contrast 실험결과는 Table 4와 Fig. 5에 나타내었다. 현출지문의 동일한 용선부분의 이랑과 고랑 밝기를 10 회 측정 한 결과 상용 silver powder는 고랑 117.9, 이랑 89.5로 29

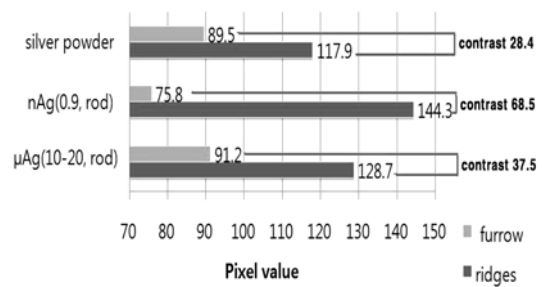


Fig. 5. Contrast values between furrows and ridges on latent fingerprint developing.

의 차이값, nAg(rod, 0.9 μm)는 고랑 1443, 이랑 75.8으로 68.5의 차이값, μAg (rod, 10~20 μm)는 고랑이 128.7, 이랑 91.2로 37.5의 차이값을 나타내어 지문용선에 분말의 흡착정도와 비례한 contrast 차이가 관찰되었다. nAg(rod, 0.9 μm)에서 68.5의 차이값과 μAg (rod, 10~20 μm)에서 38의 차이값은 상용 silver powder의 차이값 28.4에 비해 contrast가 높게 나타났다.

4. 결론

국내외 잠재지문 현출효율평가의 방법으로 실험자의 주관적 서술이 일반적이기에 잠재지문 분말현출제의 효율성을 확인하는 객관적인 자료를 획득하고자 그 방법으로 특징점 수, scattering, contrast 방법을 제안하였다. 먼저 지문시료 유류시 압착력과 지문성분

Table 3. Identification of minutiae in latent fingerprint developing in B area

	Type of minutiae								Total point
	Dot	Bifurcation	Independent ridge	Ending Ridge	Junction	Starting Ridge	Lake	Delta	
Standard fingerprint	1	1	-	10	8	8	-	-	28±0
Silver Powder (Sirchie, USA)	1	-	-	7	4	4	-	-	16±4
nAg (rod, 0.9 μm)	1	1	-	9	8	7	-	-	26±2
μAg (rod, 10-20 μm)	1	1	-	8	6	4	-	-	20±3

Table 4. Contrast values in latent fingerprint developing

		Measurement number										Mean±Std.dev	Contrast value
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Silver powder (Sirchie, USA)	furrows	84	90	88	90	84	87	88	95	97	92	89.5±4.3	28.4
	ridges	117	110	115	117	118	120	119	122	124	117		
nAg (rod, 0.9 μm)	furrows	73	72	74	76	76	76	79	76	75	81	75.8±2.7	68.5
	ridges	140	148	152	146	142	142	136	145	147	145		
μAg (rod, 10-20 μm)	furrows	86	88	96	95	98	96	93	85	86	89	91.2±4.9	37.5
	ridges	124	126	125	128	129	123	134	130	136	132		

동일조건외의 설정을 위한 실험으로 적절한 압착력인 1.2 kgf와 다양한 지문 특징점을 보유하여 반복적인 유류시에도 지속적인 유류가능성이 높은 영역 B를 선택하였다.

동일하게 유류된 지문시료로 다양한 현출제를 비교한 결과 특징점 수는 nAg(rod, 0.9 μm)분말이 26개로 잉크표준지문의 특징점 28개에 가장 근접하게 확인되었으며, scattering에서도 nAg(rod, 0.9 μm)분말이 지문용선과의 흡착정도가 높고 대상물질인 유리에 흡착되지 않아 이랑과 고랑의 구분이 뚜렷하게 관찰되었다. 고랑과 이랑의 밝기 차이값인 contrast도 nAg(rod, 0.9 μm)는 68.5의 차이값과 μAg(rod, 10~20 μm)는 37.5의 차이값으로 상용 silver powder의 28.4 차이값에 비해 높게 나타났다.

본 연구로서 첫째 잠재지문 현출효율 실험에 있어서 지문유류시의 압착력과 지문성분에 따른 현출효율의 오차에 대한 객관적인 방법을 제시할 수 있었으며 둘째 분말현출제의 현출효율 평가법으로 ① 지문의 동일한 영역에서의 특징점 수 확인 ② 현출제와 지문용선 및 대상물질과의 흡착정도를 확인할 수 있는 scattering ③ 색상의 밝기 차이값에 의한 contrast를 사용하여 회색계열 분말의 현출효율을 확인한 결과 실험자의 주관적 서술에 의한 효율성 평가보다 수치화를 통한 객관적 평가법임을 확인하였다. 그러나 본 연구는 회색계열 분말을 사용한 실험으로 화학적인 방법과 다양한 현출법에 의한 현출지문에서의 지속적인 연구의 필요성이 제기된다.

감사의 글

이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.M1064000000108N400000110).

참고문헌

1. S. W. Park, *Korean Journal of Scientific Criminal Investigation*, **1**, 1-7(2007).
2. C. G. Worley, S. S. Wiltshire, T. C. Miller, G. J. Harrilla and V. Majidi. *J. Forensic Sci.*, **51**, 57-63(2006).
3. C. Ricci, S. Bleasy and S. G. Kazarian. *Anal. Chem.*, **79**, 5771-5776(2007).
4. C. Lennard, *Australian Forensic Sci. International*, **39**, 55-71(2007).
5. J. D. Humphreys, G. Porter and M. Bell, *Forensic Sci. International*, **178**, 46-53(2008).
6. C. Wallace-Kunkel, C. Lennard, M. Stoilovic and C. Roux, *Forensic Science International*, **168**, 14-26(2007).
7. M. J. Choi, A. M. McDonagh, P. Maynard and C. Roux, *Forensic Sci. International*, **179**, 87-97(2008).
8. M. J. Choi, T. Smoother, A. A. Martin, A. M. McDonagh, P. J. Maynard, C. Lennard and C. Roux, *Forensic Sci. International*, **173**, 154-160(2007).
9. M. Trapecar and J. Balazic, *Science & Justice*, **47**, 136-140(2007).
10. O. P. Jasuja, G. D. Singh and G. S. Sodhi, *Forensic Sci. International*, **156**, 237-241(2006).
11. M. K. Kim, M. J. Choi and S. W. Park, *Korean Journal of Scientific Criminal Investigation*, **1**, 127-132(2007).