# การเปรียบเทียบผลการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษด้วยวิธีการใช้ 5 – methylthioninhydrin กับวิธีการใช้ ninhydrin และ 1,2 – indanedione

โดย

ร้อยตำรวจเอกหญิง ดุษฎี เพ็ญสวัสดิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

# การเปรียบเทียบผลการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษด้วยวิธีการใช้ 5 – methylthioninhydrin กับวิธีการใช้ ninhydrin และ 1,2 – indanedione

โดย

ร้อยตำรวจเอกหญิง ดุษฎี เพ็ญสวัสดิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

# COMPARISON OF FINGERPRINT DEVELOPMENT ON PAPERS USING 5 – METHYLTHIONINHYDRIN, NINHYDRIN and 1,2 – INDANEDIONE

**By**

**Pol.Capt. Dussadee Pensawat**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree**

**Master of Science Program in Forensic Science**

**Graduate School, Silpakorn University**

**Academic Year 2015**

**Copyright of Graduate School, Silpakorn University**

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง "การเปรียบเทียบผลการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษด้วยวิธีการใช้ 5 – methylthioninhydrin กับวิธีการใช้ ninhydrin และ 1,2 – indanedione" เสนอโดย ร้อยตำรวจเอกหญิงดุษฎี เพ็ญสวัสดิ์ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

…….....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปานใจ ธารทัศนวงศ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

อาจารย์ ดร.ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร.ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี)

...../...../.....

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ยุภาพร สมีน้อย )

...../...../.....

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง)

...../...../.....

มหาวิทยาลัยศิลปากร

54312307: สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์
คำสำคัญ : ลายนิ้วมือแฝง/ninhydrin/1,2 - indanedione/5 – methylthioninhydrin

ดุษฎี เพ็ญสวัสดิ์ : การเปรียบเทียบผลการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษด้วยวิธีการใช้ 5 – methylthioninhydrin กับวิธีการใช้ ninhydrin และ 1,2 – indanedione. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : อาจารย์ ดร. ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง. 73 หน้า.

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบการใช้สารเคมีคือ ninhydrin 5 – methyl thioninhydrin และ 1,2 - indanedione ในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษชนิดต่างๆ ซึ่งตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษานี้คือ กระดาษถ่ายเอกสารขนาด A4 สีขาว กระดาษกล่องพัสดุไปรษณีย์สีน้ำตาล กระดาษซองใส่เอกสารสีน้ำตาล และกระดาษซองจดหมายสีขาว รอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้จากการใช้สาร 1,2 – indanedione และ 5 – methyl thioninhydrin ตามด้วยการทาทับสารละลาย zinc chloride ถูกนำมาตรวจดูโดยใช้แหล่งกำเนิดแสงที่ส่องผ่านฟิลเตอร์ที่ความยาวคลื่นระหว่าง 495 – 550 นาโนเมตร จากการศึกษาผลของอายุของลายนิ้วมือแฝงโดยประทับรอยลายนิ้วมือแฝงบนตัวอย่างกระดาษและทิ้งไว้ที่เวลาทันที 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง 1 สัปดาห์ และ 1 เดือน ก่อนนำมาตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง คุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้ ตรวจสอบจากจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษที่ตรวจโดยใช้ MINI AFIS ผลการทดลองพบว่าการใช้ ninhydrin เป็นสารเคมีที่ดีที่สุด ในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษตัวอย่างทุกชนิดที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ นอกจากนี้ยังพบว่ากระดาษกล่องพัสดุไปรษณีย์ สีน้ำตาลเป็นพื้นผิวที่ตรวจได้ยากที่สุดในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง อย่างไรก็ตามรอยลายนิ้วมือแฝงที่ทดสอบบนกล่องพัสดุไปรษณีย์สีน้ำตาล สามารถตรวจพบจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษสูงเมื่อใช้สารละลาย ninhydrin

---

สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ลายมือชื่อนักศึกษา..... ปีการศึกษา 2558

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ .....

54312307 : MAJOR : FORENSIC SCIENCE

KEY WORD : LATENT FINGERPRINT /5 –METHYLTHIONINHYDRIN /NINHYDRIN/ 1,2 INDANEDIONE/DERIVATIVES OF NINHYDRIN

DUSSADEE PENSAWAT : COMPARISON OF FINGERPRINT DEVELOPMENT ON PAPERS USING 5 –METHYLTHIONINHYDRIN, NINHYDRIN AND 1,2 – INDANEDIONE. ADVISOR : SIRIRAT CHOOSAKOONKRIANG,Ph.D. 73 pp.

A comparison study has been carried out on the uses of ninhydrin, 5 – methyl thioninhydrin and 1,2 – indanedione as reagents for the detection of latent fingerprints on papers. The substrates used in this study were photocopy papers, brown card boards, brown paper envelopes and white paper envelopes. The fingerprints developed by using 1,2 – indanedione and 5 – methylthioninhydrin followed by applying zinc chloride solution were visualized with the light source filterred for the wavelength in the 495 – 550 nm range. The effect of aging time on the latent fingerprints was examined from the test items prepared 6 hours, 12 hours, 24 hours, 1 week and 1 month before developing. The quality of the developed fingerprint was evaluated from the number of minutiae identified by a MINI AFIS. The results indicated that ninhydrin is the best reagent for the detection of latent fingerprints on all types of substrate studied. It was also found that the brown card board was the most difficult substrate in the visualization of the latent fingerprints. However, well defined fingerprints on the test samples of the brown card board can be observed with high numbers of minutiae when the items were developed with Ninhydrin

---

Program of Forensic science Graduate School, Silpakorn University

Student's signature ..... Academic Year 2015

Thesis Advisor's signature .....

**กิตติกรรมประกาศ**

ในการจัดทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การประเมินประสิทธิภาพของ การเปรียบเทียบผลการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษด้วยวิธีการใช้ 5 – methylthioninhydrin กับวิธีการใช้ ninhydrin และ 1,2 – indanedione สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเพราะได้รับความร่วมมือและช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่านที่ได้สละเวลาให้คำแนะนำ ข้อคิดและความรู้ต่างๆ อันเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง ที่ได้กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และอาจารย์ ดร. ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี ที่ได้กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ร้อยตำรวจเอก สราวุธ อิ่มจิต และนางสาวนิสาชล หนูแก้ว ที่สละเวลาให้ตัวอย่างรอยลายนิ้วมือที่ใช้ในงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณ นายทวนเทพ ขวัญดี ที่สละเวลาในการจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ในงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ พันตำรวจตรีหญิงสุทธิกา จันทรอัมพร ที่สละเวลาในการให้คำปรึกษาด้านการตรวจสอบรอยลายนิ้วมือด้วยเครื่องตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ (MINI AFIS) ในงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ห้องปฏิบัติการตรวจเก็บวัตถุพยาน กลุ่มงานตรวจสถานที่เกิดเหตุ กองพิสูจน์หลักฐานกลาง ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำการวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอบคุณ พี่ เพื่อนๆ และน้องๆ ทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือ แนะนำและประสานงานในส่วนต่างๆ จนทำให้วิทยานิพนธ์นี้ประสบผลสำเร็จไปได้ด้วยดี

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | จ |
| กิตติกรรมประกาศ | ฉ |
| สารบัญตาราง | ฌ |
| สารบัญภาพ | ญ |
| บทที่ | |
| 1 บทนำ | 1 |
| ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย | 1 |
| วัตถุประสงค์ของงานวิจัย | 2 |
| สมมติฐานของการวิจัย | 3 |
| ประโยชน์ที่จะได้รับ | 3 |
| ขอบเขตของการวิจัย | 3 |
| ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย | 4 |
| ขั้นตอนการดำเนินการ | 4 |
| 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง | 5 |
| ประวัติความเป็นมาของลายนิ้วมือ | 5 |
| ความเป็นมาของลายนิ้วมือในประเทศไทย | 8 |
| การเกิดลายนิ้วมือ | 9 |
| ลักษณะของลายเส้นของลายนิ้วมือ | 15 |
| รอยลายนิ้วมือในสถานที่เกิดเหตุ | 17 |
| การตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงในสถานที่เกิดเหตุ | 18 |
| วิธีการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือ | 18 |
| ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับกระดาษ | 22 |
| ระบบตรวจพิสูจน์ลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ (Automated Fingerprint Identification System) | 25 |
| งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 28 |

บทที่ หน้า


3 วิธีดำเนินงานวิจัย ..... 30

ผู้ร่วมทำการทดลอง ..... 30

เครื่องมืออุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย ..... 30

วิธีการทดลอง ..... 33

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ..... 36

4 ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย ..... 37

5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ ..... 65

สรุปผลการวิจัย ..... 65

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย ..... 66

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป ..... 67

รายการอ้างอิง ..... 68

ภาคผนวก ..... 69

ประวัติผู้วิจัย ..... 73


มหาวิทยาลัยศิลปากร

## สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า


1 แสดงจำนวนจุดลักษณะพิเศษ (minutiae) ของรอยลายนิ้วมือแฝงบน ตัวอย่างกระดาษทั้ง 4 ชนิด โดยใช้วิธี ninhydrin ..... 44

2 แสดงจำนวนจุดลักษณะพิเศษ (minutiae) ของรอยลายนิ้วมือแฝงบน ตัวอย่างกระดาษทั้ง 4 ชนิด โดยใช้วิธี 1,2 – indanedione ..... 44

3 แสดงจำนวนจุดลักษณะพิเศษ (minutiae) ของรอยลายนิ้วมือแฝงบน ตัวอย่างกระดาษทั้ง 4 ชนิด โดยใช้วิธี 5 – methylthioninhydrin ..... 45

4 แสดงจำนวนจุดลักษณะพิเศษ (minutiae) ของรอยลายนิ้วมือแฝงบน ตัวอย่างกระดาษทั้ง 4 ชนิด โดยใช้วิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride ..... 45

5 แสดงการวิเคราะห์เชิงคุณภาพของการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วย วิธี ninhydrin วิธี 1,2 - indanedione วิธี 5 – methylthioninhydrin และวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย Zinc chloride ของผู้ร่วมการทดลองคนที่ 1..... ..... 51

6 แสดงการวิเคราะห์เชิงคุณภาพของการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วย วิธี ninhydrin วิธี 1,2 - indanedione วิธี 5 – methylthioninhydrin และวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย Zinc chloride ของผู้ร่วมการทดลองคนที่ 2..... ..... 52

## สารบัญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | รูปแบบพื้นฐานของลายนิ้วมือ ซึ่งประกอบด้วยรูปแบบ มัดหวาย (Loop), โค้ง (Arch) และก้นหอย (Whorl) | 6 |
| 2 | โครงสร้างของชั้นผิวหนัง | 10 |
| 3 | เส้นแตกหรือเส้นแยก | 11 |
| 4 | ลายนิ้วมือแบบโค้งกระโจม | 11 |
| 5 | ลายนิ้วมือแบบมัดหวายปัดขวา หรือ มัดหวายปัดหัวแม่มือ | 12 |
| 6 | ลายนิ้วมือแบบมัดหวายปัดซ้าย หรือ มัดหวายปัดก้อย | 12 |
| 7 | ลายนิ้วมือแบบก้นหอยธรรมดา | 13 |
| 8 | ลายนิ้วมือแบบก้นหอยกระเป๋ากลาง | 13 |
| 9 | ลายนิ้วมือแบบก้นหอยกระเป๋าข้าง | 14 |
| 10 | แสดงลายนิ้วมือแบบมัดหวายคู่ หรือมัดหวายแฝด | 14 |
| 11 | ลายนิ้วมือแบบซับซ้อน | 15 |
| 12 | เส้นแตกหรือเส้นแยก | 15 |
| 13 | เส้นสั้น ๆ | 16 |
| 14 | เส้นทะเลสาบ | 16 |
| 15 | เส้นขาด | 16 |
| 16 | จุด | 17 |
| 17 | แปรงปัดฝุ่นชนิดต่างๆ | 19 |
| 18 | เครื่องอบ และตู้อบน้ำยา ninhydrin | 20 |
| 19 | เครื่องตรวจลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ; AFIS (ภาพซ้าย) และเครื่องตรวจลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติขนาดเล็ก; MINI AFIS (ภาพขวา)…… | 27 |
| 20 | a) ซองจดหมายสีขาว b) กระดาษถ่ายเอกสารขนาด A4 สีขาว c) ซองใส่เอกสารสีน้ำตาล และ d) กล่องพัสดุไปรษณีย์สีน้ำตาล | 31 |
| 21 | แผนภาพแสดงวิธีการทดลอง | 35 |
| 22 | แสดงตัวอย่างรอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองที่ 1 ที่ได้จากวิธีการใช้ ninhydrin เมื่อทำการประทับรอยลายนิ้วมือและทาด้วยสารเคมีทันที | 37 |

ภาพที่ หน้า


23 แสดงตัวอย่างรอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองที่ 1 ที่ได้จากวิธีการใช้ ninhydrin เมื่อทำการประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ..... 38

24 แสดงตัวอย่างรอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองที่ 1 ที่ได้จากวิธีการใช้ 5 – methyl thioninhydrin เมื่อทำการประทับรอยลายนิ้วมือและทาด้วยสารเคมีทันที..... 38

25 แสดงตัวอย่างรอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองที่ 1 ที่ได้จากวิธีการใช้ 5 – methyl thioninhydrin เมื่อทำการประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ..... 39

26 แสดงตัวอย่างรอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองที่ 2 ที่ได้จากวิธีการใช้ 1,2 - indanedione เมื่อทำการประทับรอยลายนิ้วมือและทาด้วยสารเคมีทันที ..... 39

27 แสดงตัวอย่างรอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองที่ 2 ที่ได้จากวิธีการใช้ 1,2 - indanedione เมื่อทำการประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ... 40

28 แสดงตัวอย่างรอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองที่ 2 ที่ได้จากวิธีการใช้ 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride เมื่อทำการประทับรอยลายนิ้วมือและทาด้วยสารเคมีทันที..... 40

29 แสดงตัวอย่างรอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองที่ 2 ที่ได้จากวิธีการใช้ 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride เมื่อทำการประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง..... 41

30 ตัวอย่างขั้นตอนการใช้เครื่องตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ (MINI AFIS) เพื่อนับจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (minutiae) ของรอยลายนิ้วมือแฝง ..... 41

31 ตัวอย่างขั้นตอนการใช้เครื่องตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ (MINI AFIS) เพื่อนับจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (minutiae) ของรอยลายนิ้วมือแฝง ..... 42

32 ตัวอย่างขั้นตอนการใช้เครื่องตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ (MINI AFIS) เพื่อนับจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (minutiae) ของรอยลายนิ้วมือแฝง ..... 42

33 ตัวอย่างการนับจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (minutiae) ของรอยลายนิ้วมือแฝงจากเครื่องตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ (MINI AFIS) ..... 43

ภาพที่ หน้า


34 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบจุดลักษณะพิเศษ (minutiae) ของรอยลายนิ้วมือแฝง ที่ได้จากวิธี ninhydrin และวิธี 5 – methylthioninhydrin ของผู้ร่วมการทดลองคนที่ 1 ..... 46

35 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบจุดลักษณะพิเศษ (minutiae) ของรอยลายนิ้วมือแฝง ที่ได้จากวิธี ninhydrin และวิธี 5 – methylthioninhydrin ของผู้ร่วมการทดลองคนที่ 2 ..... 47

36 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบจุดลักษณะพิเศษ (minutiae) ของรอยลายนิ้วมือแฝง ที่ได้จากวิธี 1,2 - indanedione และวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride ของผู้ร่วมการทดลองคนที่ 1.... 48

37 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบจุดลักษณะพิเศษ (minutiae) ของรอยลายนิ้วมือแฝง ที่ได้จากวิธี 1,2 - indanedione และวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride ของผู้ร่วมการทดลองคนที่ 2.... 49

38 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ถูกประทับบน ตัวอย่างกระดาษทั้ง 4 ชนิด และใช้วิธี ninhydrin วิธี 1,2 - indanedione วิธี 5 – methylthioninhydrin และวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride หารอยลายนิ้วมือแฝงของ ผู้ร่วมการทดลองคนที่ 1 หลังจากการประทับรอยลายนิ้วมือทันที..... 53

39 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ถูกประทับบน ตัวอย่างกระดาษทั้ง 4 ชนิด และใช้วิธี ninhydrin วิธี 1,2 - indanedione วิธี 5 – methylthioninhydrin และวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride หารอยลายนิ้วมือแฝงของ ผู้ร่วมการทดลองคนที่ 1 หลังจากการประทับรอยลายนิ้วมือ ทิ้งไว้ 6 ชั่วโมง ..... 54

ภาพที่ หน้า


40 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ถูกประทับบนตัวอย่างกระดาษทั้ง 4 ชนิด และใช้วิธี ninhydrin วิธี 1,2 - indanedione วิธี 5 – methylthioninhydrin และวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride หารอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองคนที่ 1 หลังจากการประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง ..... 55

41 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ถูกประทับบนตัวอย่างกระดาษทั้ง 4 ชนิด และใช้วิธี ninhydrin วิธี 1,2 - indanedione วิธี 5 – methylthioninhydrin และวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride หารอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองคนที่ 1 หลังจากการประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ..... 56

42 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ถูกประทับบนตัวอย่างกระดาษทั้ง 4 ชนิด และใช้วิธี ninhydrin วิธี 1,2 - indanedione วิธี 5 – methylthioninhydrin และวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride หารอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองคนที่ 1 หลังจากการประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ 1 สัปดาห์ ..... 57

43 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ถูกประทับบนตัวอย่างกระดาษทั้ง 4 ชนิด และใช้วิธี ninhydrin วิธี 1,2 - indanedione วิธี 5 – methylthioninhydrin และวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride หารอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองคนที่ 1 หลังจากการประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ 1 เดือน ..... 58

ภาพที่ หน้า


44 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ถูกประทับบนตัวอย่างกระดาษทั้ง 4 ชนิด และใช้วิธี ninhydrin วิธี 1,2 - indanedione วิธี 5 – methylthioninhydrin และวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride หารอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองคนที่ 2 หลังจากการประทับรอยลายนิ้วมือทันที..... 59

45 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ถูกประทับบนตัวอย่างกระดาษทั้ง 4 ชนิด และใช้วิธี ninhydrin วิธี 1,2 - indanedione วิธี 5 – methylthioninhydrin และวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride หารอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองคนที่ 2 หลังจากการประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ 6 ชั่วโมง ..... 60

46 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ถูกประทับบนตัวอย่างกระดาษทั้ง 4 ชนิด และใช้วิธี ninhydrin วิธี 1,2 - indanedione วิธี 5 – methylthioninhydrin และวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride หารอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองคนที่ 2 หลังจากการประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง ..... 61

47 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ถูกประทับบนตัวอย่างกระดาษทั้ง 4 ชนิด และใช้วิธี ninhydrin วิธี 1,2 - indanedione วิธี 5 – methylthioninhydrin และวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride หารอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองคนที่ 2 หลังจากการประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ..... 62

ภาพที่ หน้า

48 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ถูกประทับบนตัวอย่างกระดาษทั้ง 4 ชนิด และใช้วิธี ninhydrin วิธี 1,2 - indanedione วิธี 5 – methylthioninhydrin และวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride หารอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองคนที่ 2 หลังจากการประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ 1 สัปดาห์ ..... 63

49 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ถูกประทับบนตัวอย่างกระดาษทั้ง 4 ชนิด และใช้วิธี ninhydrin วิธี 1,2 - indanedione วิธี 5 – methylthioninhydrin และวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride หารอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองคนที่ 2 หลังจากการประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ 1 เดือน ..... 64

มหาวิทยาลัยศิลปากร

# บทที่ 1
# บทนำ

## ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ลายนิ้วมือแฝงเป็นวัตถุพยานที่มีคุณค่าและมีความสำคัญอย่างมากในการยืนยันตัวผู้กระทำความผิดในคดีต่างๆ ทั้งยังเป็นที่ยอมรับ และนิยมใช้กันเป็นสากลทั่วโลก มีเหตุผลหลายประการที่ทำให้ลายนิ้วมือแฝงถูกเลือกมาเป็นวัตถุพยานอันดับแรกในการยืนยันตัวผู้กระทำผิด ได้แก่ ลายนิ้วมือของมนุษย์นั้นจะไม่เหมือนกันในแต่ละบุคคล แม้จะเป็นฝาแฝดที่มาจากไข่ใบเดียวกัน และลายนิ้วมือของแต่ละบุคคลนั้นจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมตลอดชีวิต อีกทั้งการตรวจพิสูจน์เพื่อยืนยันตัวบุคคลด้วยลายนิ้วมือแฝงนั้นยังเป็นวิธีไม่สิ้นเปลืองงบประมาณอีกด้วย ด้วยเหตุผลเหล่านี้ส่งผลให้มีการศึกษาค้นคว้าและพัฒนาเทคนิคในการหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิววัตถุพยานแบบต่างๆ อย่างต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มขีดความสามารถการตรวจพิสูจน์อย่างมีประสิทธิภาพ ทันสมัย และรวดเร็ว

การพัฒนาการหาลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุที่มีพื้นผิวแบบมีรูพรุนนั้นได้มีการนำสารเคมีที่ทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนในเหงื่อมาใช้นั่นคือ ninhydrin และในขณะนั้นนอกจาก ninhydrin แล้วก็ยังมีสารเคมีตัวอื่นที่ถูกนำมาใช้ในการหารอยลายนิ้วมือแฝง ได้แก่ iodine ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับไขมัน และ silver nitrate ซึ่งทำปฏิกิริยากับเกลือในเหงื่อ แล้วปรากฏเป็นเส้นรอยลายนิ้วมือ แต่จากการทดลองที่ผ่านๆ มาพบว่า ninhydrin มีประสิทธิภาพในการหารอยลายนิ้วมือแฝงมากกว่าเทคนิค iodine และ silver nitrate

โดย ninhydrin จะทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนในเหงื่อ แล้วให้ลายเส้นรอยลายนิ้วมือสีชมพูอมม่วงเมื่อมองด้วยตาเปล่าที่แสงปกติ แต่ถ้านำ metal salts มาใช้ร่วมกัน จะทำให้ได้ลายนิ้วมือที่สามารถเรืองแสงได้ที่ความยาวคลื่นในช่วง 495 – 550 นาโนเมตร (เมื่อใช้ชุดไฟฉายหลายความถี่แสงสีเขียวส่อง และมองผ่านฟิลเตอร์สีส้ม) แต่ขั้นตอนและวิธีการเตรียมนั้นอาจจะยุ่งยากมากขึ้น และวิธีนี้ก็ได้เริ่มเข้ามาแทนที่การใช้ 1,8 - diazafluorenone (DFO) ซึ่งสามารถให้ลายนิ้วมือแฝงที่มองเห็นด้วยตาเปล่าที่แสงปกติและสามารถเรืองแสงได้เมื่อใช้ชุดไฟฉายหลายความถี่เช่นกัน และเมื่อเปรียบเทียบสารเคมีทั้งสองตัวจะได้ว่า DFO มีความ sensitive มากกว่า ninhydrin และให้รายละเอียดของลายเส้นมากกว่า ninhydrin แต่อย่างไรก็ตาม ninhydrin มักจะเป็น

วิธีที่ถูกเลือกนำมาใช้ในงานคดีอาชญากรรมมากกว่า ด้วยเหตุผลที่ว่ามันเป็นสารที่หาง่ายราคาไม่แพง ใช้เวลาในการหาลายนิ้วมือน้อยกว่า และไม่จำเป็นต้องใช้โพลีไลท์ในการส่องหารอยลายนิ้วมือแฝง ต่อมาได้มีการพัฒนาค้นคว้านำสาร 1,2 - indanedione มาเป็นวิธีในการหารอยลายนิ้วมือแฝง ซึ่งจะให้รอยลายเส้นที่เรืองแสงชัดเจนและมีรายละเอียดสมบูรณ์มากเมื่อใช้ชุดไฟฉายหลายความถี่ส่องหารอยลายนิ้วมือแฝง แต่ข้อเสียของมันก็คือไม่สามารถมองเห็นรอยลายนิ้วมือที่เกิดจากการใช้ 1,2 - indanedione ได้ด้วยตาเปล่าที่แสงปกติ ส่งผลให้วิธี ninhydrin และวิธี 1,2 - indanedione เป็นสองวิธีที่ถูกนำมาใช้ตามความเหมาะสมในการหารอยลายนิ้วมือแฝงมาจนถึงปัจจุบัน

ต่อมาได้มีการศึกษาค้นคว้าและสังเคราะห์สารที่เป็นอนุพันธ์ของ ninhydrin แล้วนำมาเปรียบเทียบกับวิธี ninhydrin ซึ่งพบว่าลายนิ้วมือที่ได้จากอนุพันธ์ของ ninhydrin บางตัวนั้นจะให้สีที่แตกต่างไปจาก ninhydrin และให้สีที่ตัดกับพื้นผิววัตถุมากกว่า ninhydrin อีกทั้งยังได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าที่แสงปกติ และได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่เรืองแสงเมื่อใช้คู่กับสารละลาย zinc chloride และส่องด้วยชุดไฟฉายหลายความถี่ โดย 5 – methylthioninhydrin (5MTN) เป็นอนุพันธ์ของ ninhydrin ตัวหนึ่งที่หลายประเทศให้ความสนใจนำไปทดลองใช้ ซึ่งก็จะให้ผลที่แตกต่างกันไปตามสภาวะอากาศของประเทศนั้นๆ ซึ่งจากงานวิจัยของ Nadia Porpiglia และคณะ ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพในการหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วย 5MTN ภายใต้สภาวะอากาศของประเทศอังกฤษ พบว่าเทคนิควิธี ninhydrin มีประสิทธิภาพในการหารอยลายนิ้วมือแฝงมากกว่าเทคนิควิธี 5MTN เมื่อมองด้วยตาเปล่าที่แสงปกติ ส่วนเทคนิควิธี 1,2 - indanedione มีประสิทธิภาพในการหารอยลายนิ้วมือแฝงมากกว่าเทคนิควิธี 5MTN แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride เมื่อใช้แสงฟลูออเรสเซนต์

จากความสำคัญและปัญหาข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจและเป็นที่มาของการนำ 5MTN ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของ ninhydrin ที่สามารถให้รอยลายนิ้วมือแฝงที่มองด้วยตาเปล่าเห็นที่แสงปกติ และสามารถเรืองแสงได้ที่ความยาวคลื่นในช่วง 495 – 550 นาโนเมตร มาทำการทดลองใช้ในการหารอยลายนิ้วมือแฝงบนตัวอย่างกระดาษแบบต่างๆ ที่มักพบในสถานที่เกิดเหตุจริง และเปรียบเทียบกับวิธี ninhydrin ที่ให้รอยลายนิ้วมือแฝงที่มองด้วยตาเปล่าเห็นที่แสงปกติ กับวิธี 1,2 - indanedione ที่สามารถให้รอยลายนิ้วมือแฝงที่เรืองแสงได้ที่ความยาวคลื่นในช่วง 495 – 550 นาโนเมตร

**วัตถุประสงค์ของงานวิจัย**

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยเทคนิค 5 – methylthioninhydrin (5MTN) กับเทคนิค ninhydrin และ 1,2 - indanedione บนกระดาษแต่ละประเภท ภายใต้สภาวะในประเทศไทย

2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการใช้ 5 – methylthioninhydrin (5MTN) กับสารละลาย zinc chloride ร่วมกันในการเพิ่มความชัดเจนของรอยลายนิ้วมือแฝง

3. เพื่อศึกษาปัญหาและอุปสรรคในการหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยเทคนิค 5 – methyl thioninhydrin (5MTN) ให้เป็นแนวทางในการปรับปรุง แก้ไข และพัฒนาเทคนิคการหารอยลายนิ้วมือแฝงให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และสามารถนำมาใช้ได้จริง

**สมมติฐานของการวิจัย**

1. การหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยเทคนิควิธี 5 – methylthioninhydrin (5MTN) ให้ผลที่แตกต่างกับเทคนิควิธี ninhydrin และเทคนิควิธี 1,2 - indanedione ภายใต้สภาวะอากาศในประเทศไทย

2. เมื่อใช้สารละลาย 5 – methylthioninhydrin (5MTN) ร่วมกับสารละลาย zinc chloride จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพและความชัดเจนของรอยลายนิ้วมือแฝง

**ประโยชน์ที่จะได้รับ**

1. ได้ทราบข้อดี และข้อด้อยในการหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยเทคนิค 5 – methyl thioninhydrin (5MTN) เมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิคอื่นที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ภายในสภาวะในประเทศไทย

2. ได้ทราบถึงประสิทธิภาพในการเพิ่มความชัดเจนของรอยลายนิ้วมือแฝงโดยใช้สาร 5 – methylthioninhydrin (5MTN) ร่วมกับสารละลาย zinc chloride

3. ได้ทราบถึงปัญหาและอุปสรรค ในการหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยเทคนิค 5 – methyl thioninhydrin (5MTN) สามารถเป็นแนวทางในการปรับปรุง แก้ไข และพัฒนาเทคนิคการหารอยลายนิ้วมือแฝงให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และสามารถนำมาใช้ได้จริง

**ขอบเขตของการวิจัย**

1. ศึกษารวบรวมข้อมูลการใช้สารละลาย 5 – methylthioninhydrin (5MTN) ninhydrin และ 1,2 - indanedione บนวัตถุพยานที่เป็นกระดาษ

2. ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของสารละลาย 5 – methylthioninhydrin (5MTN)

3. ศึกษาการปรากฏของลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษถ่ายเอกสารขนาด A4 สีขาว ซองจดหมายสีขาว ซองใส่เอกสารสีน้ำตาล และกล่องพัสดุไปรษณีย์สีน้ำตาล

4. ศึกษาจากสภาพแสงปกติและแสงจากชุดไฟฉายหลายความถี่ ที่อุณหภูมิห้อง

5. ศึกษาระยะเวลาในการปรากฏของรอยลายนิ้วมือแฝง

6. ระยะเวลาที่ทำการวิจัยตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2558 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2558

**ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย**

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ วิธีการเก็บรอยลายนิ้วมือแฝง

ตัวแปรตาม ได้แก่ คุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจเก็บได้

ตัวแปรควบคุม ได้แก่ แรงกดและระยะเวลาในการกดประทับนิ้วมือของแต่ละบุคคลในการทดลอง

**ขั้นตอนการดำเนินการ**

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. เตรียมอุปกรณ์ เครื่องมือ สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย
3. ทำการวิจัย
4. เก็บรวบรวมข้อมูลผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ
6. นำเสนอผลงานวิจัย

# บทที่ 2
# วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ลายเส้นผิวหนัง มาจากคำว่า Dermal ridge หรือ Dermatoglyphics หมายรวมถึง ลายเส้นบนฝ่ามือ (Palmprint) ลายนิ้วมือ (Fingerprint) ลายฝ่าเท้า (Footprint) มีลักษณะเป็นเส้นนูนปรากฏบนผิวหนังนิ้วมือ และนิ้วเท้าของทุกคน เป็นลักษณะเฉพาะตัวที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติตั้งแต่เป็นทารกอยู่ในครรภ์ของมารดา โดยมีลายเส้นเป็นลวดลายในลักษณะต่างๆบนข้อนิ้วข้อแรก ลักษณะต่างๆของลายเส้นดังกล่าวนี้ จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลือนหายไปจากแต่ละบุคคลเลย และลายนิ้วมือยังไม่เคยปรากฏซ้ำกันหรือเหมือนกัน แม้ว่าจะเป็นแฝดแท้ (identical twin) ที่เกิดมาจากไข่ใบเดียวกันและเกิดในเวลาไล่เลี่ยกัน มีรูปร่าง หน้าตา เหมือนกันก็ตาม ทำให้นิยมนำลายนิ้วมือมาใช้ในการการพิสูจน์ยืนยันตัวบุคคลจนได้รับความเชื่อถือต่อๆกันมาจนถึงปัจจุบัน เช่นการนำลายนิ้วมือไปใช้ประโยชน์ในด้านนิติวิทยาศาสตร์ เพื่อยืนยันตัวผู้กระทำความผิด การระบุตัวบุคคลในเหตุภัยพิบัติต่างๆได้เป็นอย่างดี

**ประวัติความเป็นมาของลายนิ้วมือ**

หลายศตวรรษที่ผ่านมา ได้มีการนำลายนิ้วมือมาใช้ประโยชน์อย่างไม่ซับซ้อนในวัตถุประสงค์ต่างๆ ยกตัวอย่างเช่น

ชาวบาบิโลนโบราณใช้ปลายนิ้วของพวกเขากดลงไปในดินเหนียวเพื่อบันทึกรายการการรับจ่ายเงิน

ชาวจีนใช้ลายพิมพ์นิ้วมือที่พิมพ์จากหมึกลงบนกระดาษ เพื่อประโยชน์ทางการซื้อขายทางธุรกิจ และใช้ในการระบุตัวลูกๆของพวกเขา(J. Dyneley Prince, 1904)

ในปี ค.ศ. 1686 เมอร์เซลโล มาลพิจิ (Marcello Malpighi) ศาสตราจารย์ทางกายวิภาคศาสตร์ของมหาวิทยาลัยโบโลญญา (University of Bologna) ได้ระบุไว้ในหนังสือของเขาเกี่ยวกับรูปแบบของเส้นนูน (ridges), เกลียว (spirals) และมัดหวาย (loops) บนลายนิ้วมือ แต่เขายังไม่ได้กล่าวถึงคุณค่าของสิ่งที่เขาได้ค้นพบว่าสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการจำแนกบุคคลได้

ในปี ค.ศ. 1823 ศาสตราจารย์ จอห์น อีแวนเจลิสต์ เปอร์คินเจ (John Evangelist Purkinje) นักกายวิภาคศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัยเบรสลูว์ (University of Breslau) ได้ตีพิมพ์ในวิทยานิพนธ์เผยแพร่วิทยานิพนธ์ของเขาซึ่งระบุรูปแบบลายนิ้วมือ 9 แบบ และศาสตราจารย์จอห์นก็ยังไม่ได้กล่าวถึงประโยชน์ของลายนิ้วมือในแง่ของการจำแนกบุคคลเช่นกัน(Purkyně, Jan Evangelista, 1823)

อย่างไรก็ตาม ในช่วงเวลานั้นลายนิ้วมือยังไม่ได้ถูกใช้ประโยชน์ในงานด้านอาชญากรรม จนกระทั่งถึงศตวรรษที่ 19 ในปี ค.ศ. 1858 ชาวอังกฤษชื่อเซอร์วิลเลียมเฮอร์เชล (Sir William Herschel) ซึ่งทำงานเป็นผู้พิพากษาในประเทศอินเดียในขณะนั้น ได้นำการบันทึกลายนิ้วมือมาใช้ในการลงนามในเอกสารเพื่อลดการทุจริตในการจ่ายเงินของราชการ

ในเวลาต่อมา ดร. เฮนรี่ ฟาล์วด์ (Henry Faulds) หมอชาวสก็อต ซึ่งทำหน้าที่แพทย์อยู่ในประเทศญี่ปุ่นในขณะนั้น ได้ค้นพบลายพิมพ์นิ้วมือของศิลปินต่างๆที่ถูกพิมพ์ไว้บนชิ้นดินเหนียวโบราณ การค้นพบครั้งนี้เป็นแรงบันดาลใจให้เขาเริ่มต้นการศึกษาเกี่ยวกับลายนิ้วมือ ในปี ค.ศ. 1880 ดร. เฮนรี่ ได้ติดต่อนักธรรมชาติวิทยาที่มีชื่อเสียงอย่าง ชาร์ลส์ ดาร์วิน (Charles Darwin) ซึ่งมีศักดิ์เป็นญาติของเขาเองเพื่อขอความช่วยเหลือเกี่ยวกับการพัฒนาระบบการจำแนกลายนิ้วมือ แต่ดาร์วินปฏิเสธและส่งเรื่องต่อไปยัง เซอร์ฟรานซิส แกลตัน (Sir Francis Galton) นักมานุษยวิทยาซึ่งทำหน้าที่เก็บรวบรวมข้อมูลลายพิมพ์นิ้วมือของประชากรจากทั่วโลกเพื่อวิเคราะห์ว่าการสืบทอดลักษณะต่างๆจากรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่งนั้นเกิดขึ้นอย่างไร เขาเก็บรวบรวมและทำการวิเคราะห์ลายพิมพ์นิ้วมือทั้งหมด 8000 ตัวอย่าง ในปี ค.ศ. 1892 ฟรานซิส ได้ตีพิมพ์หนังสือชื่อ “Fingerprint” ในเนื้อหาของหนังสือเล่มนี้ได้อธิบายระบบการจำแนกลายนิ้วมือโดยใช้รูปแบบ มัดหวาย (Loop), โค้ง (Arch) และก้นหอย (Whorl) ดังแสดงในภาพที่ 1

ภาพที่ 1 รูปแบบพื้นฐานของลายนิ้วมือ ซึ่งประกอบด้วยรูปแบบ มัดหวาย (Loop), โค้ง (Arch) และก้นหอย (Whorl)

ที่มา : Diana Gurdoglanyan, **Fingerprints used in Forensic Investigations**, เข้าถึงเมื่อ 30 เมษายน 2559, เข้าถึงได้จาก http://www.bxscience.edu/publications/forensics/ articlfingerprinting/ r-fing01.htm.

อองฟอง เบอทิวลอน (Alphonse Bertillon) นักวิจัยและอดีตตำรวจชาวฝรั่งเศสได้พัฒนาระบบการระบุอาชญากรที่เรียกว่าระบบ “Bertillonage” (หรือ anthropometry) คือวิธีการวัดขนาดของ หัว เท้า และส่วนอื่นๆของร่างกาย เพื่อใช้ในการจับกุมผู้ต้องสงสัยโดยใช้พื้นฐานของลักษณะทางกายภาพที่เฉพาะเจาะจง ในปี ค.ศ. 1890 วิธีนี้ได้ถูกนำไปใช้โดยตำรวจอังกฤษที่ปฏิบัติหน้าที่ในประเทศอินเดีย

ในช่วงเวลาไล่เลี่ยกันนั้น ฮวน เวเซทิช (Juan Vucetich) เจ้าหน้าที่ตำรวจชาวอาเจนตินาได้พัฒนาระบบการวิเคราะห์ลายนิ้วมือขึ้นมา ซึ่งในปี ค.ศ. 1892 ฮวนถูกเรียกให้ไปช่วยในการสืบสวนคดีฆาตกรรมเด็กชายสองราย โดยผู้ต้องสงสัยรายแรกคือชายที่มาติดพันมารดาของเด็กชายทั้งสอง แต่ผลการตรวจเปรียบเทียบลายพิมพ์นิ้วมือในที่เกิดเหตุกับลายพิมพ์นิ้วมือจากชายต้องสงสัยและมารดาของเด็กทั้งสอง ปรากฏว่าลายพิมพ์นิ้วมือในที่เกิดเหตุตรงกับลายพิมพ์นิ้วมือของมารดาของเด็กทั้งสองเองโดยไม่มีข้อขัดแย้งใดๆ และเธอได้รับสารภาพว่าเธอเป็นคนลงมือฆ่าลูกของเธอเอง นี่ถือเป็นครั้งแรกของการนำลายนิ้วมือมาใช้ในการสอบสวนทางคดีอาญา(Vucetich, 1904: 49)

ในปี ค.ศ. 1896 เซอร์เอ็ดเวิร์ดเฮนรี่ ผู้บัญชาการตำรวจในกรุงลอนลอน ได้คิดค้นระบบการจำแนกลายนิ้วมือขึ้นมาและได้นำไปเสริมเข้ากันเทคนิคของฟรานซิส แกลตัน โดยใช้ทิศทาง, การไหล, รูปแบบ และลักษณะอื่นๆของเส้นนูนบนลายนิ้วมือ ระบบของเฮนรี่เป็นที่ยอมรับและถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย หลังจากนั้นในปี ค.ศ. 1901 สก็อตแลนด์ยาร์ดได้ก่อตั้งหน่วยงานที่รับผิดชอบเกี่ยวกับตรวจสอบลายนิ้วมือโดยเฉพาะ ซึ่งปีต่อมาหลักฐานทางลายนิ้วมือได้ถูกนำมาใช้ในศาลของประเทศอังกฤษเป็นครั้งแรก ส่วนในประเทศสหรัฐอเมริกา เอฟบีไอ (FBI) ได้นำลายนิ้วมือมาประยุกต์ใช้ในเรือนจำของรัฐนิวยอร์ค

ในปี ค.ศ. 1903 ระบบ Bertillonage เริ่มไม่เป็นที่ยอมรับเนื่องจากได้เกิดกรณีตัวอย่างที่เกิดขึ้นในเรือนจำกลางของลีเวนเวิร์ท, เคนซัส (Leavenworth, Kansas) ที่ปรากฏว่ามีผู้ต้องหาที่ชื่อวิลเลี่ยม เวสต์ (William West) ซึ่งมีโครงสร้างและสัดส่วนของหน้าตาตรงกับชายคนอีกคนหนึ่งซึ่งถูกบันทึกข้อมูลไว้ก่อนหน้า นอกจากนี้ทั้งสองคนยังมีชื่อตรงกันอีกคือใช้ชื่อ วิลเลี่ยม เวสต์เหมือนกัน ผลสรุปก็คือคนทั้งสองเป็นแฝดแท้และบังเอิญใช้ชื่อเดียวกัน ด้วยเหตุนี้การใช้ระบบ Bertillonage ในการจำแนกเอกลักษณ์บุคคลจึงมีความน่าเชื่อถือลดลง หลังจากนั้นจึงได้มีการนำลายนิ้วมือเข้ามาแทนที่และถูกใช้เป็นวิธีหลักในการตรวจพิสูจน์

ในปี ค.ศ. 1910 คดีของนายโทมัส เจนนิ่ง (Thomas Jennings) ที่บุกรุกเข้าไปในบ้านของนายคลาเรนซ์ ฮิวเลอร์ (Clarence Hiller) และเกิดการต่อสู้กัน ผลสุดท้ายนายคลาเรนซ์เจ้าของบ้านถูกยิงตาย ในคดีนี้นายโทมัสได้ถูกตัดสินให้ถูกแขวนคอเนื่องจากลายพิมพ์นิ้วมือในที่เกิดเหตุตรงกับลายพิมพ์นิ้วมือของเขา ซึ่งคดีนี้ถือเป็นคดีแรกของอเมริกาที่ยอมรับพยานหลักฐานลายนิ้วมือ

ในปี ค.ศ. 1915 แฮรี่ คาล์ดเวลล์ (Harry H. Caldwell) ได้ผลักดันให้มีการก่อตั้งองค์กรเพื่อจุดมุ่งหมายในการระบุตัวบุคคลในคดีอาชญากรรม ต่อมาในปี ค.ศ. 1918 องค์กรได้ถูกตั้งชื่อเป็น "International Association for Identification (IAI)"

ในปี ค.ศ. 1918 เอดมอนด์ โลคาร์ด (Edmond Locard) ได้เขียนระบุไว้ว่าหากสองลายนิ้วมือมีลักษณะเหมือนกัน 12 จุด ให้ถือว่าผลตรวจเปรียบเทียบตรงกันหรือผลเป็นบวก

ต่อมาในปี ค.ศ. 1946 เอฟบีไอได้มีการประมวลผลและจัดเก็บลายนิ้วมือในแฟ้มเป็นจำนวนหนึ่งร้อยล้านแผ่น โดยในปี ค.ศ. 1971 มีจำนวนถึงสองร้อยล้านแผ่น เทคโนโลยีระบบการจำแนกลายนิ้วมืออัตโนมัติ (automated fingerprint identification system (AFIS) technology) ระบบนี้ใช้เทคโนโลยีไบโอเมตริกซ์ในการจัดเก็บภาพดิจิตอลของลายนิ้วมือของแต่ละบุคคล ทำการเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล และประมวลผลการตรวจเปรียบเทียบ ปัจจุบัน (ปี ค.ศ. 2011) ฐานข้อมูล AFIS ที่ใหญ่ที่สุดอยู่ที่ประเทศสหรัฐอเมริกาที่มีข้อมูลลายนิ้วมืออยู่กว่า 120 ล้านคน ในอนาคตภายในปี ค.ศ. 2014 ประเทศอินเดียได้มีโครงการเก็บรวบรวมข้อมูลลายนิ้วมือ ใบหน้า และม่านตาให้ได้ถึงหกร้อยล้านคน

**ความเป็นมาของลายนิ้วมือในประเทศไทย**

ในปี พ.ศ. 2444 มีการก่อตั้งกองพิมพ์ลายนิ้วมือขึ้นในกองลหุโทษเป็นครั้งแรกโดยกรมหลวงราชบุรีดิเรกฤทธิ์ ซึ่งเป็นเสนาบดีกระทรวงยุติธรรมในสมัยนั้นเป็นผู้ดำเนินการแนะนำอบรมสั่งสอนวิชาระบบพิมพ์ลายนิ้วมือด้วยตนเอง โดยให้มีการพิมพ์ลายนิ้วมือของนักโทษที่กำลังจะพ้นโทษตามระบบเฮนรี่ เพื่อเก็บข้อมูลว่าบุคคลเหล่านั้นได้เคยต้องโทษมาก่อน จึงถือได้ว่าท่านเป็นบิดาของวิชาลายนิ้วมือของประเทศไทย จากนั้น ในปี พ.ศ. 2447 กองพิมพ์ลายนิ้วมือได้ถูกยกฐานะเป็นกรมพิมพ์ลายนิ้วมือ และเริ่มมีการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการพิมพ์ลายนิ้วมือในปี พ.ศ. 2455

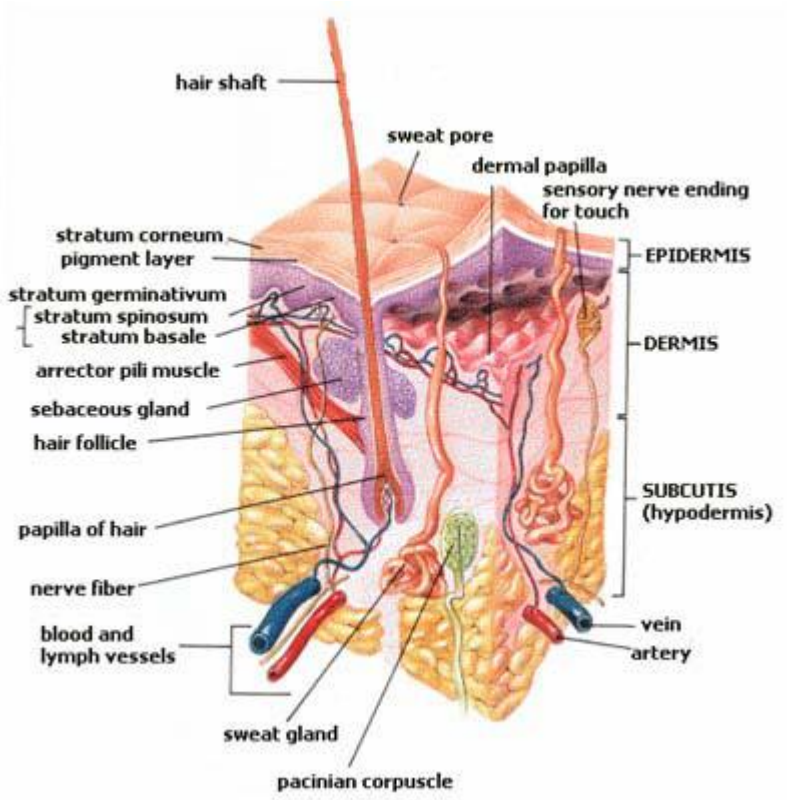
ในปี พ.ศ. 2457 กรมพิมพ์ลายนิ้วมือได้ย้ายมาสังกัดกรมราชทัณฑ์ และในปี พ.ศ. 2473 กรมพิมพ์ลายนิ้ว ถูกปรับเปลี่ยนเป็นกองทะเบียนพิมพ์ลายนิ้วมือ ซึ่งอยู่ภายใต้กรมตำรวจภูบาล หลังจากเปลี่ยนแปลงการปกครองในปี พ.ศ. 2475 กองทะเบียนพิมพ์ลายนิ้วมือ ได้เปลี่ยนชื่อเป็นกองทะเบียนประวัติอาชญากร สังกัดกอง ตำรวจสันติบาล

ในปี พ.ศ. 2500 องค์การบริหารวิเทศกิจแห่งสหรัฐ (United States Operations Mission หรือ USOM) ได้สนับสนุนเครื่องมือ และส่งผู้เชี่ยวชาญมาฝึกอบรมการแยกประเภทและการจัดเก็บลายนิ้วมือตามระบบของเอฟบีไอ ซึ่งประเทศไทยนำระบบนี้มาใช้แทนระบบเดิมมาจนถึงทุกวันนี้

**การเกิดลายนิ้วมือ**

กระบวนการเกิดลายนิ้วมือในมนุษย์ที่สำคัญ เริ่มตั้งแต่หลังปฏิสนธิประมาณ 10สัปดาห์ โดยเมื่อตัวอ่อนมีขนาดได้ 80 มิลลิเมตร ผิวหนังของทารกจะประกอบด้วยส่วนหลักๆ 2ส่วน คือ ชั้นหนังกำพร้าที่อยู่ติดกับชั้นหนังแท้ ซึ่งเรียกว่า Basal layer โดยจะเป็นชั้นที่ลึกที่สุดของหนังกำพร้าที่จะติดอยู่กับหนังแท้ และส่วนที่เป็นชั้นหนังแท้ ซึ่งจะยังคงมีลักษณะที่ไม่แน่นอนประกอบด้วย Fibroblasts และ Collagen fiber ทั้งนี้จากการศึกษาของเพนโรส และโอฮารา (Penroseand O'Hara) โอคาจิมา (Okajima) และบาคเลอร์ (Bakler) พบว่าลายเส้นบนนิ้วมือเริ่มสร้างขึ้นประมาณสัปดาห์ที่ 10 ถึง 11 หลังจากที่ไข่ผสมกับตัวอสุจิ และในช่วงเวลาดังกล่าวยังพบว่าลายเส้นบนผิวหนังปรากฏเป็นครั้งแรกในบริเวณผิวหนังภายนอก (Basal layer of epidermis) มีชื่อเรียกว่า ลายเส้นปฐมภูมิ (Primary ridge) แล้วเจริญเติบโตต่อไปจนกระทั่งประมาณสัปดาห์ที่ 14 ซึ่งจะเป็นช่วงที่ต่อมเหงื่อเริ่มเกิดขึ้นตามแนวลายเส้นปฐมภูมิบนกลางฝ่ามือ (Primary ridge formationcreases) จากนั้นลายเส้นทุติยภูมิ (Secondary ridge) จึงเริ่มเกิดขึ้นระหว่างลายเส้นปฐมภูมินั้น และพัฒนาจนกระทั่งถึงประมาณสัปดาห์ที่ 24 ถึง 25 ก็คงสภาพอยู่อย่างนั้นไม่เปลี่ยนแปลงซึ่งการสร้างลายเส้นบนนิ้วมือจะถูกควบคุมด้วยยีนบนโครโมโซมร่างกายมากถึง 7 ตำแหน่ง และเป็นการถ่ายทอดทางพันธุกรรมที่สิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลร่วมด้วย (Polygenic trait, Multifactorial inheritance) โดยยีนหลายคู่มีปฏิกิริยาร่วมกับสิ่งแวดล้อมในระยะตัวอ่อนในครรภ์ (Prenatal stress) มีผลให้แต่ละคนมีเส้นลายนิ้วมือที่แตกต่างกันไปเกิดเป็นลักษณะเฉพาะตัวของแต่ละบุคคล จึงมีการนำลายเส้นผิวหนังโดยเฉพาะลายนิ้วมือไปใช้ประโยชน์ในด้านนิติวิทยาศาสตร์ คือ การพิสูจน์บุคคลและด้านการแพทย์ในการช่วยวินิจฉัยโรคพันธุกรรมได้

โดยผิวหนังสามารถแบ่งตามลักษณะของโครงสร้างได้เป็น 2 ชั้นหลักๆ คือ ชั้นหนังกำพร้าและชั้นหนังแท้




ภาพที่ 2 โครงสร้างของชั้นผิวหนัง

ที่มา : Louisa Graves, **The Hormonal Impact on our Skin**, เข้าถึงเมื่อ 30 มีนาคม 2559, เข้าถึงได้จาก http://hollywoodbeautysecrets.com/all-about-hormones/the-hormonal-impact-on-our-skin

**1. ชั้นหนังกำพร้า (Epidermis)** เป็นผิวหนังที่อยู่ชั้นบนสุด มีลักษณะบางมาก ประกอบไปด้วยเซลล์เรียงซ้อนกันเป็นชั้นๆ โดยเริ่มต้นจากเซลล์ชั้นในสุด ติดกับหนังแท้ ซึ่งจะแบ่งตัวเติบโตขึ้นแล้วค่อยๆ เลื่อนมาทดแทนเซลล์ที่อยู่ชั้นบนจนถึงชั้นบนสุด แล้วก็ กลายเป็นขี้ไคลหลุดออกไป นอกจากนี้ในชั้นหนังกำพร้ายังมีเซลล์ เรียกว่า เมลานิน ปะปนอยู่ด้วย เมลานินมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับบุคคลและเชื้อชาติจึงทำให้สีผิวของคนแตกต่างกันไป ในชั้นของหนังกำพร้าไม่มีหลอดเลือด เส้นประสาท และต่อมต่างๆ นอกจากเป็นทางผ่านของรูเหงื่อ เส้นขน และไขมันเท่านั้น

**2. ชั้นหนังแท้ (Dermis)** เป็นผิวหนังที่อยู่ชั้นล่างถัดจากหนังกำพร้าและหนากว่าหนังกำพร้ามาก ผิวหนังชั้นนี้ประกอบไปด้วยเนื้อเยื่อคอลลาเจน (Collagen) และอีลาสติน (Elastin) หลอดเลือดฝอย เส้นประสาท กล้ามเนื้อเกาะเส้นขน ต่อมไขมัน ต่อมเหงื่อ และขุมขนกระจายอยู่ทั่วไป

**ประเภทของลายนิ้วมือ สามารถแบ่งได้ 3 ประเภท**

**1. ประเภทโค้ง สามารถแบ่งได้อีก 2 ชนิด คือ**

**1.1. โค้งราบ (plain arch)**

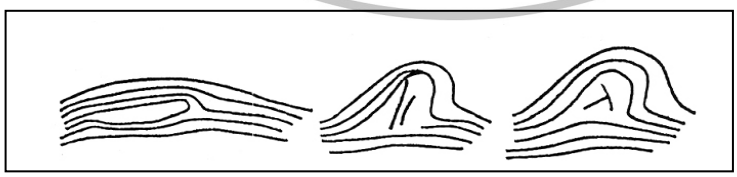
ลักษณะของลายเส้นในลายนิ้วมือตั้งต้นจากขอบด้านหนึ่งแล้วไหลออกไปอีกด้านหนึ่ง ไม่มีเส้นเกือกม้า ไม่เกิดมุมแหลมคมที่เห็นได้ชัดตรงกลาง ไม่มีเส้นพุ่งสูงขึ้นตรงกลาง และไม่มีจุดสันดอน

ภาพที่ 3 เส้นแตกหรือเส้นแยก

ที่มา : อรรถพล แช่มสุวรรณวงศ์ และคนอื่นๆ, **Forensic science for crime investigation 2**, พิมพ์ครั้งที่ 4 (กรุงเทพมหานคร : บริษัท ทีซีจี พริ้นติ้ง จำกัด, 2546), 4.

**1.2. โค้งกระโจม (tented arch)**

ลักษณะลายเส้นคล้ายกับชนิดโค้งราบแต่มีลักษณะแตกต่างกันตรงที่มีลายเส้นตั้งแต่หนึ่งเส้นขึ้นไปซึ่งอยู่ตรงกลางไม่ได้วิ่งหรือไหลออกไปยังอีกข้างหนึ่ง หรือลายเส้นที่อยู่ตรงกลางของลายนิ้วมือตั้งแต่หนึ่งเส้นขึ้นไป เกิดเป็นเส้นพุ่งขึ้นจากแนวนอน หรือมีเส้นสองเส้นมาพบกันตรงกลางเป็นมุมแหลมคมหรือมุมฉาก



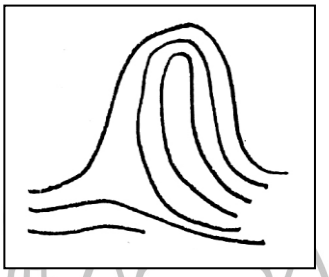
ภาพที่ 4 ลายนิ้วมือแบบโค้งกระโจม

ที่มา : อรรถพล แช่มสุวรรณวงศ์ และคนอื่นๆ, **Forensic science for crime investigation 2**, พิมพ์ครั้งที่ 4 (กรุงเทพมหานคร : บริษัท ทีซีจี พริ้นติ้ง จำกัด, 2546), 4.

**2. ประเภทมัดหวาย สามารถแบ่งได้อีก 2 ชนิด คือ**

**2.1 มัดหวายปัดขวา (right slant loop หรือ radial loop)**

ลักษณะมัดหวายมีปลายเส้นเกือกม้าปัดปลายไปทางมือขวาหรือนิ้วหัวแม่มือเมื่อหงายมือ เรียกว่ามัดหวายปัดขวา หรือมัดหวายปัดหัวแม่มือ

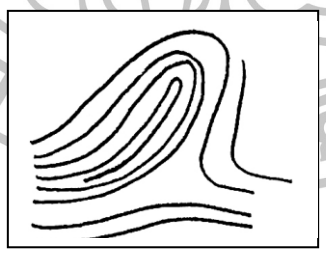


ภาพที่ 5 ลายนิ้วมือแบบมัดหวายปัดขวา หรือ มัดหวายปัดหัวแม่มือ

ที่มา : อรรถพล แช่มสุวรรณวงศ์ และคนอื่นๆ, **Forensic science for crime investigation 2**, พิมพ์ครั้งที่ 4 (กรุงเทพมหานคร : บริษัท ทีซีจี พริ้นติ้ง จำกัด, 2546), 5.

**2.2. มัดหวายปัดซ้าย (left slant loop หรือ ulnar loop)**

ลักษณะมัดหวายมีปลายเส้นเกือกม้าปัดปลายไปทางมือซ้ายหรือทางนิ้วก้อยเมื่อหงายมือ เรียกว่ามัดหวายปัดซ้ายหรือมัดหวายปัดก้อย



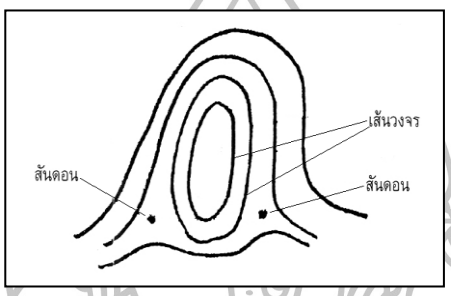
ภาพที่ 6 ลายนิ้วมือแบบมัดหวายปัดซ้าย หรือ มัดหวายปัดก้อย

ที่มา : อรรถพล แช่มสุวรรณวงศ์ และคนอื่นๆ, **Forensic science for crime investigation 2**, พิมพ์ครั้งที่ 4 (กรุงเทพมหานคร : บริษัท ทีซีจี พริ้นติ้ง จำกัด, 2546), 6.

**3. ก้นหอย แบ่งได้เป็น 5 ชนิด คือ**

**3.1 ก้นหอยธรรมดา (plain whorl)**

ลักษณะลายนิ้วมือที่มีเส้นเวียนรอบเป็นวงกลม หรือรูปไข่ โดยมีลักษณะที่สำคัญดังนี้มีจุดสันดอน 2 แห่ง และหน้าจุดสันดอนต้องมีเส้นเวียนอยู่ข้างหน้าจุดสันดอนทั้ง 2 จุด และถ้าลากเส้นสมมุติจากจุดสันดอนข้างหนึ่งไปยังสันดอนอีกข้างหนึ่ง เส้นสมมุติจะต้องสัมผัสเส้นวงจรหรือเส้นเวียนหน้าจุดสันดอนทั้ง 2 ข้างอย่างน้อย 1 เส้น

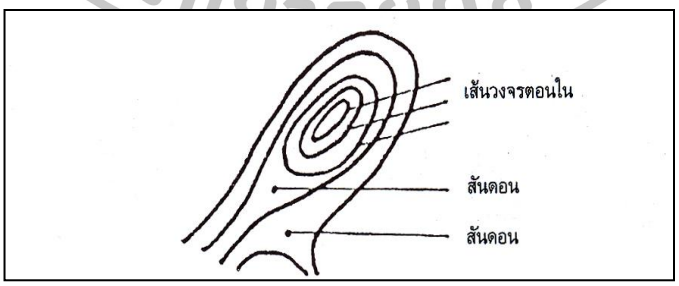



ภาพที่ 7 ลายนิ้วมือแบบก้นหอยธรรมดา

ที่มา : อรรถพล แช่มสุวรรณวงศ์ และคนอื่นๆ, **Forensic science for crime investigation 2**, พิมพ์ครั้งที่ 4 (กรุงเทพมหานคร : บริษัท ทีซีจี พริ้นติ้ง จำกัด, 2546), 6.

**3.2. ก้นหอยกระเป๋ากลาง (central pocket loop whorl)**

ลักษณะลายนิ้วมือแบบก้นหอยที่หากลากเส้นสมมุติจากสันดอนหนึ่งไปยังสันดอนหนึ่งเส้นสมมุติจะไม่สัมผัสกับเส้นเวียนที่อยู่ตอนใน

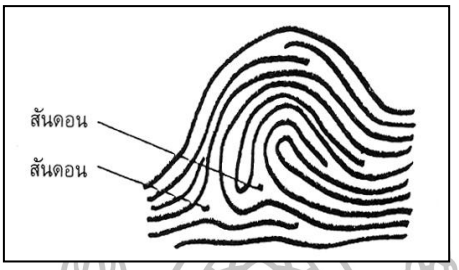



รูปที่ 8 ลายนิ้วมือแบบก้นหอยกระเป๋ากลาง

ที่มา : อรรถพล แช่มสุวรรณวงศ์ และคนอื่นๆ, **Forensic science for crime investigation 2**, พิมพ์ครั้งที่ 4 (กรุงเทพมหานคร : บริษัท ทีซีจี พริ้นติ้ง จำกัด, 2546), 7.

**3.3. ก้นหอยกระเป๋าข้าง (lateral pocket loop)**

ลักษณะลายนิ้วมือชนิดมัดหวายคู่ ซึ่งมีสันดอนอยู่ข้างเดียวกัน




ภาพที่ 9 ลายนิ้วมือแบบก้นหอยกระเป๋าข้าง

ที่มา : อรรถพล แช่มสุวรรณวงศ์ และคนอื่นๆ, **Forensic science for crime investigation 2**, พิมพ์ครั้งที่ 4 (กรุงเทพมหานคร : บริษัท ทีซีจี พริ้นติ้ง จำกัด, 2546), 8.

**3.4. มัดหวายคู่ หรือมัดหวายแฝด (double loop/ twin loop)**

ลักษณะลายนิ้วมือที่มีรูปคล้ายกับลายนิ้วมือแบบมัดหวาย 2 รูป มาเกี่ยวกันเป็นลายนิ้วมือที่มี 2 สันดอน

ภาพที่ 10 แสดงลายนิ้วมือแบบมัดหวายคู่ หรือมัดหวายแฝด

ที่มา : อรรถพล แช่มสุวรรณวงศ์ และคนอื่นๆ, **Forensic science for crime investigation 2**, พิมพ์ครั้งที่ 4 (กรุงเทพมหานคร : บริษัท ทีซีจี พริ้นติ้ง จำกัด, 2546), 8.

**3.5. ลายนิ้วมือแบบซับซ้อน (accidental whorl)**

เป็นลายนิ้วมือที่ไม่เหมือนลายนิ้วมือชนิดอื่นที่ข้างต้น เป็นลายนิ้วมือที่ประกอบด้วยลักษณะที่ผสมผสานกันหลายรูปแบบ และอาจมีสันดอนตั้งแต่ 2 สันดอนขึ้นไป

ภาพที่ 11 ลายนิ้วมือแบบซับซ้อน

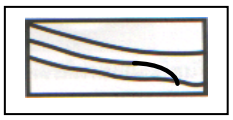
ที่มา : อรรถพล แช่มสุวรรณวงศ์ และคนอื่นๆ, **Forensic science for crime investigation 2**, พิมพ์ครั้งที่ 4 (กรุงเทพมหานคร : บริษัท ทีซีจี พริ้นติ้ง จำกัด, 2546), 9.

**ลักษณะของลายเส้นของลายนิ้วมือ**

ลายนิ้วมือของแต่ละบุคคลนั้นจะไม่มีเปลี่ยนแปลงได้ แม้ว่ามีเหตุที่ทำให้เกิดชำรุดขึ้น ลายนิ้วมือก็จะเกิดขึ้นใหม่ในรูปแบบที่เป็นลายเส้นแบบเดิมเสมอ เว้นแต่ในกรณีที่เกิดการทำลายชั้นผิวหนังลึกลงไปโดยการเฉือนใต้ผิวหนังออกไปหมดถึงจะทำให้ลายเส้นของนิ้วมือถูกทำลายไปถาวร ลายนิ้วมือของเรามีเส้นอยู่สองชนิดคือ เส้นนูน และเส้นร่อง เส้นนูนช่วยเกิดความฝืดระหว่างผิวหนังและวัตถุทำให้มือจับวัตถุได้ดี ในการจำแนกเอกลักษณ์บุคคลจะใช้จุดสำคัญพิเศษ หรือมินูเชีย (special characteristic of minutia) ที่อยู่บนลายนิ้วมือ ฝ่ามือ และฝ่าเท่า ซึ่งสามารถจำแนกได้ดังนี้

**1. เส้นแตกหรือเส้นแยก (ridge bifurcation หรือ fork)**

เป็นลายเส้นจากเส้นเดี่ยวที่แยกออกจากกันเป็นสองเส้นหรือมากกว่า หรือในทางกลับกันอาจเรียกว่าลายเส้นสองเส้นมารวมกันเป็นเส้นเดียว



ภาพที่ 12 เส้นแตกหรือเส้นแยก

ที่มา : อรรถพล แช่มสุวรรณวงศ์ และคนอื่นๆ, **Forensic science for crime investigation 2**, พิมพ์ครั้งที่ 4 (กรุงเทพมหานคร : บริษัท ทีซีจี พริ้นติ้ง จำกัด, 2546), 11.

**2. เส้นสั้น ๆ (short ridge)**

เป็นลายเส้นที่สั้นแต่ไม่สั้นมากจนถึงกับเป็นจุดเล็กๆ

ภาพที่ 13 เส้นสั้น ๆ

ที่มา : อรรถพล แช่มสุวรรณวงศ์ และคนอื่นๆ, **Forensic science for crime investigation 2**, พิมพ์ครั้งที่ 4 (กรุงเทพมหานคร : บริษัท ทีซีจี พริ้นติ้ง จำกัด, 2546), 11.

**3. เส้นทะเลสาบ (enclosure หรือ lake)**

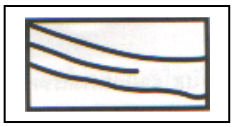
เป็นลายเส้นที่แยกออกเป็นสองเส้น แล้วกลับมารวมกันใหม่ จึงมีพื้นที่ปิดเกิดขึ้น

ภาพที่ 14 เส้นทะเลสาบ

ที่มา : อรรถพล แช่มสุวรรณวงศ์ และคนอื่นๆ, **Forensic science for crime investigation 2**, พิมพ์ครั้งที่ 4 (กรุงเทพมหานคร : บริษัท ทีซีจี พริ้นติ้ง จำกัด, 2546), 11.

**4. เส้นขาด (ridge beginning หรือ ending suddenly)**

เป็นลายเส้นจากเส้นเดียวที่ขาดออกจากเส้นเดิม

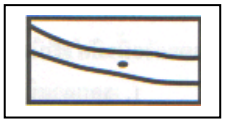


ภาพที่ 15 เส้นขาด

ที่มา : อรรถพล แช่มสุวรรณวงศ์ และคนอื่นๆ, **Forensic science for crime investigation 2**, พิมพ์ครั้งที่ 4 (กรุงเทพมหานคร : บริษัท ทีซีจี พริ้นติ้ง จำกัด, 2546), 11.

**5. จุด (dot หรือ island)**

เป็นลายเส้นที่สั้นมากจนดูเหมือนเป็นจุดเล็กๆ



ภาพที่ 16 จุด

ที่มา : อรรถพล แช่มสุวรรณวงศ์ และคนอื่นๆ, **Forensic science for crime investigation 2**, พิมพ์ครั้งที่ 4 (กรุงเทพมหานคร : บริษัท ทีซีซี พริ้นติ้ง จำกัด, 2546), 11.

**รอยลายนิ้วมือในสถานที่เกิดเหตุ**

รอยลายนิ้วมือในสถานที่เกิดเหตุเป็นพยานหลักฐานที่แสดงว่าบุคคลที่เป็นเจ้าของลายนิ้วมือได้เข้าไปในสถานที่เกิดเหตุหรือได้สัมผัสกับวัตถุที่ตรวจพบลายนิ้วมือ โดยรอยลายนิ้วมือในสถานที่เกิดเหตุจึงเป็นวัตถุพยานที่มีค่ามากสำหรับการสืบสวนในคดีอาชญากรรมทั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ รอยลายนิ้วมือที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (Patent fingerprint) และรอยลายนิ้วมือที่มองไม่เห็นหรือเห็นได้ยากด้วยตาเปล่า (Latent fingerprint)

**1 รอยลายนิ้วมือที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (Patent fingerprint)** แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

**1.1 Visible prints** หมายถึง รอยที่เกิดจากลายนิ้วมือซึ่งเปรอะเปื้อนสิ่งอื่นมาก่อน เช่น โลหิต สี คราบน้ำมัน และฝุ่น เป็นต้น แล้วมาสัมผัสกับวัตถุสิ่งของอื่น การทิ้งรอยภาพไว้จึงปรากฏตามลักษณะของลายนิ้วมือซึ่งมีสิ่งนั้นๆติดมาด้วย ทำให้เราสามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจนด้วยตาเปล่า โดยมีลักษณะเป็นภาพ 2 มิติ คือมีเพียงความกว้างและความยาวเท่านั้น

**1.2 Plastic prints** หมายถึง รอยภาพที่ปรากฏอยู่อย่างถาวรอย่างหนึ่งที่ส่วนของเส้นนูนของผิวหนังได้สัมผัสกับวัตถุสิ่งของซึ่งมีลักษณะที่มีความอ่อนตัว โดยถ้าวัตถุหรือสิ่งของที่ถูกสัมผัสนั้นหากไม่มีการหลอมหรือละลายแล้ว มันก็จะคงภาพรอยลายนิ้วมืออยู่ในผิวของมันตลอดวัตถุหรือสิ่งของนั้น ได้แก่ ครั่ง ดินน้ำมัน เทียนไข สบู่ เป็นต้น โดยรอยที่ปรากฏจะมีลักษณะเป็นภาพ 3 มิติ คือ มีทั้งความกว้าง ความยาว และความลึก

2. **รอยลายนิ้วมือที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า (Latent fingerprint)** หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า "รอยลายนิ้วมือแฝง" ซึ่งเป็นรอยลายนิ้วมือที่ตรวจพบในสถานที่เกิดเหตุเป็นส่วนใหญ่ มีลักษณะเป็นรอยลายนิ้วมือที่เกิดจากจากสารที่ขับถ่ายออกมาจากต่อมเหงื่อ ต่อมไขมันและไขมันจากเนื้อเยื่อของผิวหนังซึ่งจะกระจายอยู่บนเส้นนูน เมื่อมือที่เปียกสารไปสัมผัสกับวัตถุ สารที่ขับถ่ายออกมาจะถ่ายเทไปยังผิวของวัตถุที่นิ้วมือนั้นจับต้องจนเกิดเป็นรอยที่มองเห็นไม่ชัดหรือมองไม่เห็นเลย โดยสารที่ขับจากต่อมเหงื่อจะมีลักษณะใสไม่มีสี มีค่า pH 4-7 ประกอบด้วยความชื้นประมาณ 98-99% สารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์ประมาณ 1-2% สารอนินทรีย์ ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม เป็นต้น สารอินทรีย์ ได้แก่ กรดอะมิโน (โปรตีน) ยูเรีย และกรดแลกติก เป็นต้น ส่วนสารที่ขับจากต่อมไขมันก็มีลักษณะใสไม่มีสี ประกอบด้วย กรดไขมัน และวิตามิน เป็นต้น

ในแต่ละบุคคลจะมีการขับเหงื่อออกมาจากร่างกายแตกต่างกัน ปริมาณของเหงื่อที่ขับออกมาจะขึ้นกับสภาพทางสรีรวิทยาของแต่ละบุคคล และปัจจัยจากสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้นในอากาศ และภาวะตึงเครียดของแต่ละบุคคล ไขมันเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่ปนมากับเหงื่อ และเป็นตัวช่วยให้ลายนิ้วมือแฝงปรากฏอยู่ได้นานขึ้น เนื่องจากไขมันจะช่วยลดอัตราการระเหยของน้ำเหงื่อ และเมื่อน้ำระเหยไปหมดส่วนของไขมันก็จะติดค้างอยู่ที่ผิวของวัตถุ

**การตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงในสถานที่เกิดเหตุ**

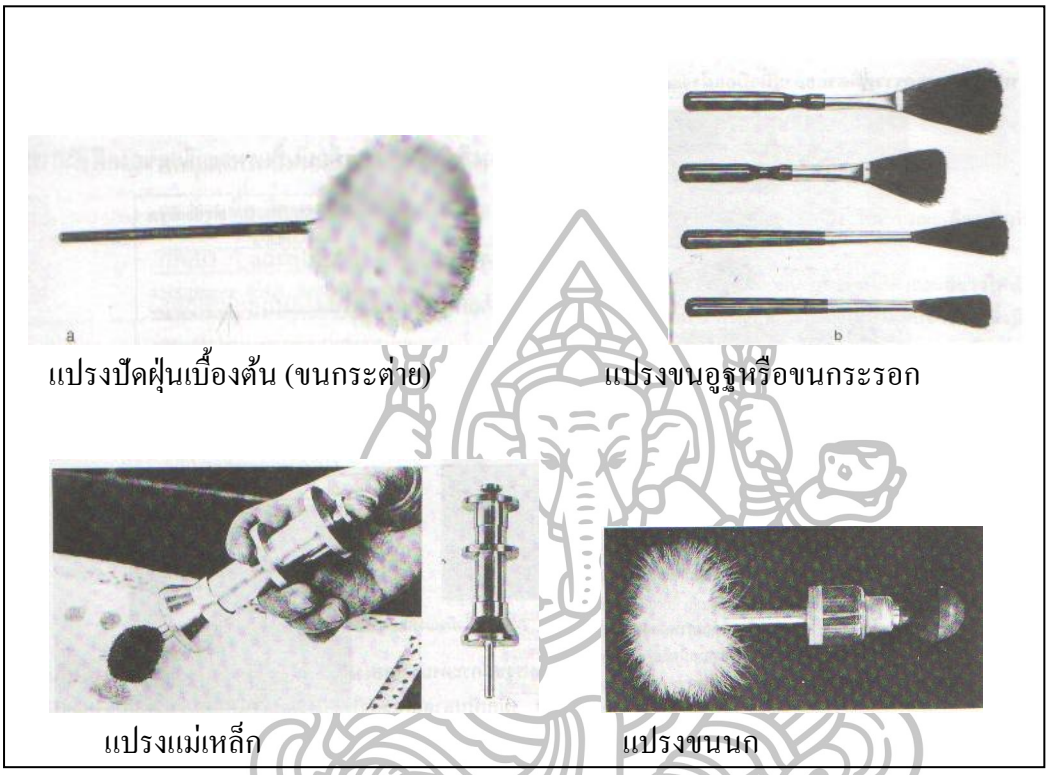
การตรวจเก็บลายนิ้วมือสามารถทำได้หลายวิธี เช่น วิธีปัดด้วยผงฝุ่น, วิธีทางเคมี และการถ่ายภาพ เป็นต้น ซึ่งการเลือกใช้แต่ละวิธีนั้นต้องพิจารณาให้เหมาะสม โดยจะขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นผิวของวัตถุ และลักษณะของลายนิ้วมือที่ปรากฏ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสบการณ์และวิจารณญาณของผู้เชี่ยวชาญ โดยส่วนใหญ่แล้วจะเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่ง หรือในบางกรณีอาจใช้มากกว่าหนึ่งวิธีก็ได้

**วิธีการตรวจเก็บลายนิ้วมือ**

**1. การปัดด้วยผงฝุ่น**

วิธีนี้เหมาะสำหรับวัตถุที่มีพื้นผิวเรียบมัน ไม่ดูดซึม และไม่เปียก (Kirl, 1953 : 396) การเลือกใช้ชนิดของผงฝุ่นเป็นปัจจัยสำคัญของวิธีนี้ เนื่องจากผงฝุ่นแต่ละประเภทนั้นมีคุณสมบัติในการติดบนพื้นผิวของวัตถุแต่ละชนิดแตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้องเลือกใช้ผงฝุ่นให้เหมาะสมกับสภาพของลายนิ้วมือแฝง และพื้นผิวของวัตถุ ซึ่งในบางกรณีอาจใช้การผสมผงฝุ่นตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการตรวจเก็บลายนิ้วมือแฝงให้ได้คุณภาพดียิ่งขึ้น อีกประการหนึ่ง การเลือกใช้กระดาษที่ใช้ติดรอยลายนิ้วมือแฝงจะต้องเป็นสีที่ตัดกับสีของผงฝุ่นที่ใช้ เช่น หากใช้ผงฝุ่นสีดำก็ควรติดบนกระดาษสีขาว

นอกจากนี้การเลือกใช้แปรงให้เหมาะสมกับชนิดของผงเคมีก็เป็นสิ่งสำคัญ เช่นเดียวกันแปรงสำหรับปัดฝุ่น และชนิดของผงฝุ่นมีหลากหลายชนิด




ภาพที่ 17 แปรงปัดฝุ่นชนิดต่างๆ

ที่มา : อรรถพล แช่มสุวรรณวงศ์ และคนอื่นๆ, **Forensic science for crime investigation 2**, พิมพ์ครั้งที่ 4 (กรุงเทพมหานคร : บริษัท ทีซีจี พริ้นติ้ง จำกัด, 2546), 19.

**2. วิธีทางเคมี**

การตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือ ฝ่ามือ และฝ่าเท้าแฝง บนของกลางบางชนิดนั้นไม่สามารถใช้วิธีการปัดฝุ่นได้ เช่น ของกลางประเภทกระดาษเอกสารต่าง ๆ หลักการของวิธีทางเคมีก็คือการใช้องค์ประกอบของสารเคมีทำปฏิกิริยากับสารประกอบที่อยู่ในลายนิ้วมือแฝง และทำให้เกิดสี วิธีการทางเคมีมีหลากหลายวิธี ดังตัวอย่างต่อไปนี้

**2.1 การรมไอโอดีน (Iodine fuming)**

ไอโอดีนมีลักษณะเป็นเกล็ดสีน้ำตาล และจะระเหิดกลายเป็นไอเมื่อได้รับความร้อนเพียงเล็กน้อย ไขมันหรือสารที่มีความมันในเหงื่อก็จะดูดซับไอของไอโอดีน ทำให้รอยลายนิ้วมือ ฝ่ามือ หรือฝ่าเท้าแฝง ปรากฏขึ้น การตรวจเก็บจะต้องทำการถ่ายภาพทันที เนื่องรอยจากลายเส้นที่เกิดจากวิธีนี้จะค่อยๆจางหายไป

**2.2 วิธีนินไฮดริน (ninhydrin)**

นินไฮดรินมีลักษณะเป็นเม็ดละเอียดสีเหลืองอ่อน วิธีนี้เหมาะกับของกลางประเภทกระดาษ และเอกสารต่างๆ นินไฮดรินจะไปทำปฏิกิริยากับโปรตีนในเหงื่อ ทำให้รอยลายนิ้วมือฝ่ามือ และฝ่าเท้าแฝงเกิดการเปลี่ยนสีจากไม่มีสีไปเป็นสีม่วงปนน้ำเงิน แล้วสามารถตรวจเก็บลายนิ้วมือที่ปรากฏด้วยการถ่ายภาพ อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวิธีนี้แสดงในภาพที่ 17

ภาพที่ 18 เครื่องอบ และตู้อบน้ำยานินไฮดริน

ที่มา : อรรถพล แช่มสุวรรณวงศ์ และคนอื่นๆ, **Forensic science for crime investigation 2**, พิมพ์ครั้งที่ 4 (กรุงเทพมหานคร : บริษัท ทีซีจี พริ้นติ้ง จำกัด, 2546), 23.

**2.3 วิธีซิลเวอร์ไนเตรท (silver nitrate)**

วิธีนี้เหมาะกับของกลางประเภทกระดาษ และไม้ สารตัวนี้จะไปทำปฏิกิริยากับเกลือโซเดียมในเหงื่อ ทำให้รอยลายนิ้วมือ ฝ่ามือ และฝ่าเท้าแฝง ปรากฏเป็นสีน้ำตาลแดง แล้วสามารถทำการตรวจเก็บโดยการถ่ายภาพ

**2.4 วิธีซุปเปอร์กลู (super glue หรือ cyanoacrylate)**

วิธีนี้เหมาะกับของกลางประเภทเครื่องหนัง, กระดาษ, แก้ว, ผ้า, โลหะต่าง ๆ เป็นต้น ซุปเปอร์กลูมีส่วนผสมของสารไซยาโนอะคิเลทเอสเทอร์ เมื่อสารนี้ได้รับความร้อนจะระเหยกลายเป็นไอซึ่งมีความเข้มข้นสูงซึ่งจะไปทำปฏิกิริยากับโปรตีน และน้ำในเหงื่อ ทำให้รอยลายนิ้วมือ ฝ่ามือ และฝ่าเท้าแฝง ปรากฏเป็นสีขาว แล้วทำการตรวจเก็บด้วยวิธีปัดฝุ่นผงเคมี

**2.5 วิธีผลึกม่วง (crystal violet)**

วิธีนี้เหมาะกับรอยลายนิ้วมือ ฝ่ามือ และฝ่าเท้าแฝง ที่ติดอยู่ที่เทปใส หรือเทปพันสายไฟ ด้านที่เหนียว ซึ่งในกรณีนี้จะไม่สามารถเก็บลายนิ้วมือโดยวิธีการปัดฝุ่นได้ วิธีการทำได้โดยผสมน้ำยาใส่ภาชนะ แล้ววางเทปใสแช่ในน้ำยา จนกระทั่งรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏ แล้วทำล้างชะเอาสีส่วนที่เกินออกด้วยน้ำ จากนั้นจึงนำเทปไปวางบนด้านมันของกระดาษอัดรูปที่เปียกหมาดๆ รีดด้วยความร้อนอ่อน ๆ แล้วดึงเทปออก แล้วตรวจเก็บโดยการถ่ายภาพ

**2.6 วิธี 1, 2 อินเดนไดโอน (1, 2 indanedione)**

เป็นวิธีการที่ง่าย น่าเชื่อถือ และเหมาะสำหรับการตรวจสอบลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษความร้อน โดยอาศัยการทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนในลายนิ้วมือแฝงแล้วให้สีที่สามารถเรืองแสงได้ เมื่อมีการใช้แสงส่องดูก็จะเห็นภาพลายนิ้วมือปรากฏขึ้น ส่วนประกอบของสารละลายที่ให้ประสิทธิภาพดี คือสารแอซิด ฟรี ฟลูออรัส (acid-free fluorous) ซึ่งประกอบด้วย 1, 2 อินเดนไดโอน และ ซิงค์ คลอไรด์

**3. การตรวจเก็บลายนิ้วมือด้วยเทคนิคอื่นๆ**

**3.1 การใช้สารอนุภาคขนาดเล็ก (Small Particle Reagent, SPR)**

ประกอบด้วยสารแขวนลอยของเกลือของโลหะในสารละลายสบู่ ซึ่งเป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดไขมันในลายนิ้วมือแฝงและส่วนไฮโดโฟบิคเทลส์ (Hydrophobic tails) ของสารแขวนลอย วิธีการใช้คือทำการฉีดพ่น SPR บนบริเวณที่ต้องการหาลายนิ้วมือ แล้วล้างออกด้วยน้ำ จากนั้นรอให้แห้งแล้วบันทึกภาพ หรือเก็บด้วยเทปใส ซึ่งจะได้ลายเส้นสีขาวหรือดำขึ้นอยู่กับชนิดของเกลือของโลหะที่เป็นสารแขวนลอย วิธีนี้เหมาะสำหรับใช้หาลายนิ้วมือบน โลหะ พลาสติก ไม้ แก้ว และวัตถุที่เปียก เป็นต้น

**3.2 อะมิโนแบล็ค (Amino Black)**

อะมิโนแบล็คเป็นสีย้อมโปรตีนที่อยู่ในเลือดหรือ สารคัดหลั่งอื่นๆ ซึ่งมีสีน้ำเงินเข้ม อะมิโนแบล็คจะไม่ทำปฏิกิริยาใดๆกับสารในลายนิ้วมือ แต่จะช่วยทำให้ลายนิ้วมือที่เปื้อนเลือดที่มองไม่เห็นปรากฏเห็นชัดเจนขึ้น วิธีนี้เหมาะกับวัตถุที่มีรูพรุนและผิวไม่มีรูพรุน เช่น ศพ ไม้ และกระดาษ เป็นต้น

**3.3 สติ๊กกี้ไซด์พาวเดอร์ (Sticky-side Powder)**

วิธีนี้ใช้หาลายนิ้วมือบนด้านเหนียวของเทป โดยใช้โฟโต้โฟล (Photo-Flo) ผสมกับน้ำในปริมาณที่เท่ากัน ใช้แปรงชุปสารผสมดังกล่าวแล้วทาลงบนด้านเหนียวของเทปใส ทิ้งไว้ประมาณ 10-15 วินาที แล้วล้างออกด้วยน้ำ ทำการบันทึกภาพถ่ายหรือเก็บรอยที่แห้งด้วยเทปใส การเก็บลายนิ้วมือแฝงด้วยวิธีนี้จะได้ลายเส้นลายนิ้วมือที่ชัดเจนกว่าวิธีอื่นๆ

**3.4 ดีเอฟโอ (1,8-Diazafluoren-9-one, DFO)**

ดีเอฟโอจะทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนในลายนิ้วมือ ซึ่งจะมองไม่เห็นในแสงปกติ แต่จะเรืองแสงชัดเจนในแสงพิเศษ ดีเอฟโอจะทำให้ลายนิ้วมือปรากฏบนกระดาษชัดเจนกว่าการใช้นินไฮดรินเพียงอย่างเดียวถึง 2.5-3 เท่า

**3.5 การใช้แสงโพลีไลท์ (polilight)**

โพลีไลท์เป็นเครื่องมือที่สามารถให้แสงได้หลายความยาวคลื่น ตั้งแต่ 300-680 นาโนเมตร ซึ่งสามารถนำมาตรวจหารอยลายนิ้วมือ ฝ่ามือ และฝ่าเท้าแฝง บนวัตถุพยานต่าง ๆ เช่น รอยลายนิ้วมือแฝงเปื้อนคราบโลหิต คราบอสุจิ บนพลาสติก รอยรองเท้า หรือเอกสารต่าง ๆ เป็นต้น

**3.6 กล้องสะท้อนแสงยูวี (Reflected Ultra-Violet Imaging System, RUVIS)**

ระบบนี้ใช้ส่องหาลายนิ้วมือโดยอาศัยหลักการสะท้อนของแสงยูวี วิธีนี้เหมาะกับการหาลายนิ้วมือบนวัตถุประเภทไม่ดูดซับ โดยปกติแล้วไม่จำเป็นต้องใช้สารเคมีใดๆก่อน แต่ในบางกรณีอาจต้องรมด้วยซุปเปอร์กลูก่อนจึงจะส่องเห็นลายนิ้วมือได้ชัดเจนขึ้น

**ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับกระดาษ**

กระดาษ เป็นวัสดุที่ผลิตขึ้นมาสำหรับการจดบันทึก มีประวัติศาสตร์ยาวนาน เชื่อกันว่ามีการใช้กระดาษครั้งแรกๆ โดยชาวอียิปต์และชาวจีนโบราณ แต่กระดาษในยุคแรกๆ ล้วนผลิตขึ้นเพื่อการจดบันทึกด้วยกันทั้งสิ้น จึงกล่าวได้ว่าระบบการเขียนคือแรงผลักดันให้เกิดการผลิตกระดาษขึ้นในโลกปัจจุบันกระดาษไม่ได้มีประโยชน์ในการใช้จดบันทึกตัวหนังสือ หรือข้อความเท่านั้น ยังใช้ประโยชน์อื่นๆ ได้มากมาย เช่น กระดาษชำระ กระดาษห่อของขวัญ กระดาษลูกฟูกสำหรับทำกล่อง เป็นต้น

**องค์ประกอบของกระดาษ** องค์ประกอบของกระดาษแบ่งออกเป็น 2 จำพวก คือ

1.องค์ประกอบที่เป็นเส้นใย

2.องค์ประกอบที่ไม่เป็นเส้นใย

**องค์ประกอบที่เป็นเส้นใย**

กระดาษสามารถยืดตัวเป็นแผ่นได้เกิดจากเส้นใยเป็นจำนวนมากสานกันอย่างไม่เป็นระเบียบ เส้นใยดังกล่าวโดยทั่วไปจะใช้เส้นใยจากธรรมชาติจากพืช อาจมีการใช้เส้นใยจากสัตว์หรือจากแร่ก็ได้ นอกจานี้ยังมีการใช้เส้นใยสังเคราะห์ เช่น พวกพอลิอาไมด์ (Polyamide) ซึ่งช่วยทดแทนการใช้เส้นใยจากธรรมชาติ และเพื่อเป็นการใช้ทรัพยากรได้คุ้มค่าประกอบกับการลดต้นทุนของกระดาษ ได้มีการนำกระดาษใช้แล้วมาใช้ในการผลิตกระดาษอีกครั้งหนึ่ง เยื่อที่ได้จากกระดาษที่ใช้แล้วจะมีความขาวและความแข็งแรงต่ำลงเนื่องจากต้องผ่านกระบวนการขจัดสิ่งที่ปนเปื้อนมาด้วย

เส้นใยจากพืชที่เป็นตัวหลักของกระดาษ ทำมาจากไม้เนื้ออ่อน เช่น ต้นสน ต้นยูคาลิปตัสซึ่งมีเส้นใยยาวช่วยให้กระดาษมีความแข็งแรงและเหนียว และมีการนำไม้เนื้อแข็งจำพวก ต้นโอ๊กต้นเมเปิล มาใช้ทำเส้นใยซึ่งจะได้เส้นใยที่สั้นกว่าแต่ช่วยทำให้ผิวกระดาษเรียบและทึบแสงมากขึ้น นอกจากนี้ยังมีการนำพืชล้มลุก เช่นต้นกก ปอกระเจา อ้อย ฝ้าย มาใช้ทำเยื่อกระดาษด้วย

**องค์ประกอบที่ไม่ใช่เส้นใย**

องค์ประกอบที่ไม่ใช่เส้นใยจะเป็นสารเติมแต่งหรือแอดดิทีฟ (Additives) ที่เติมเข้าไประหว่างการผลิตกระดาษเพื่อช่วยให้กระดาษที่ได้ออกมามีคุณสมบัติเหมาะกับการใช้งานที่ต้องการได้ดียิ่งขึ้น สารเติมแต่งมีมากมายแล้วแต่กรรมวิธีการผลิตของแต่ละโรงงาน แต่ที่ใช้กันมากมีดังนี้

**1. ฟิลเลอร์ (Filler)** ใช้เพื่อให้กระดาษมีความขาวขึ้นเรียบขึ้น ทึบแสงมากขึ้น รับหมึกดีขึ้นตลอดจนลดการซึมผ่านของหมึกพิมพ์ สารที่ใช้เติมเข้าไปมี ปูนขาว ดินเหนียว ไททาเนียมไดออกไซด์ เป็นต้น สารเหล่านี้ยังช่วยทำให้น้ำหนักกระดาษมากขึ้นเป็นการลดต้นทุนในการใช้เยื่อกระดาษได้

**2. สารยึดติด (Adhesive)** เป็นสารที่ช่วยให้เส้นใยและส่วนผสมอื่น ๆ ยึดติดกันได้ดี อีกทั้งช่วยให้ผิวหน้ายึดติดกับเนื้อกระดาษ สารยึดติดมีทั้งสารที่ทำมาจากธรรมชาติ เช่น แป้งข้าวโพด แป้งมัน โปรตีนที่มีอยู่ในนม และสารที่สังเคราะห์ขึ้น เช่น อาคริลิก (Acrylic) สารจำพวกโพลิไวนิล (Polyvinyl) เป็นต้น

**3. สารกันซึม (Sizing agent)** เป็นสารที่ใช้เติมลงในน้ำเยื่อเพื่อช่วยลดการซึมของของเหลวเข้าไปในเนื้อกระดาษ กระดาษที่ใช้ในการพิมพ์ด้วยระบบออฟเซ็ทจำเป็นต้องเติมสารประเภทนี้สารกันซึมที่ใช้มีทั้งสารที่ทำจากธรรมชาติและสารที่สังเคราะห์ขึ้น

**4. สารเพิ่มความแข็งแรงของผิว (Surface sizing)** เป็นสารที่ถูกเคลือบบนผิวกระดาษในขั้นตอนการผลิตที่กระดาษที่เป็นแผ่นแล้ว เพื่อช่วยให้เส้นใยที่ผิวมีการยึดเกาะกับเส้นใยชั้นถัดลงไปได้ดีขึ้น ทำให้ผิวมีความแข็งแรงทนต่อการขูดขีด แรงดึง แรงกดทะลุ การถอนของผิว สารเพิ่มความแข็งแรงของผิวที่ใช้กันมากและราคาไม่สูงคือ แป้งอย่างละเอียด (Starch)

**ชนิดของกระดาษ** การจำแนกกระดาษสามารถจัดแบ่งได้หลายวิธี ในที่นี้จะจัดแบ่งชนิดของกระดาษที่ใช้ในวงการพิมพ์ ซึ่งสามารถรวบรวมได้ดังนี้

**1. กระดาษปรู๊ฟ (Newsprint)** เป็นกระดาษที่มีส่วนผสมของเยื่อบดที่มีเส้นใยสั้น และมักนำเยื่อจากกระดาษใช้แล้วมาผสมด้วย กระดาษปรู๊ฟมีน้ำหนักเพียง 40 – 52 กรัม/ตารางเมตร มีสีอมเหลือง ราคาไม่แพงแต่ความแข็งแรงน้อย เหมาะสำหรับงานพิมพ์หนังสือพิมพ์ และเอกสารที่ไม่ต้องการคุณภาพมาก

**2. กระดาษแบ้งค์ (Bank paper)** เป็นกระดาษบางไม่เคลือบผิว น้ำหนักไม่เกิน 50 กรัมต่อตารางเมตร มีสีให้เลือกหลายสี ใช้สำหรับงานพิมพ์แบบฟอร์มต่าง ๆ ที่มีสำเนาหลายชั้นกระดาษปอนด์ (Bond paper) เป็นกระดาษที่ทำจากเยื่อเคมีที่ผ่านการฟอกและอาจมีส่วนผสมของเยื่อที่มาจากเศษผ้า มีสีขาว ผิวไม่เรียบ น้ำหนักอยู่ระหว่าง 60 – 100 กรัม/ตารางเมตรใช้สำหรับงานพิมพ์ที่ต้องความสวยงามปานกลาง พิมพ์สีเดียวหรือหลายสีก็ได้

**3. กระดาษอาร์ต (Art paper)** เป็นกระดาษที่ทำจากเยื่อเคมี (เยื่อที่ผลิตโดยใช้สารเคมี) และเคลือบผิวให้เรียบด้านเดียวหรือทั้งสองด้าน การเคลือบอาจจะเคลือบมันเงาหรือแบบด้านก็ได้ มีสีขาว น้ำหนักอยู่ระหว่าง 80 – 160 กรัม/ตารางเมตร ใช้สำหรับงานพิมพ์ที่ต้องการความสวยงามงานพิมพ์สอดสี เช่น แคตตาล็อก โบรชัวร์

4**. กระดาษฟอกขาว (Woodfree paper)** เป็นกระดาษที่ทำจากเยื่อเคมี (เยื่อที่ผลิตโดยใช้สารเคมี) และฟอกให้ขาว เป็นกระดาษที่มีคุณภาพและมีความหนาแน่นสูง การดูดซึมน้อย ใช้สำหรับงานพิมพ์หนังสือ กระดาษพิมพ์เขียน

**5. กระดาษเหนียว (Kraft paper)** เป็นกระดาษที่ทำจากเยื่อซัลเฟต (เยื่อใยยาวที่ผลิตโดยใช้สารซัลเฟต) จึงมีความเหนียวเป็นพิเศษ มีสีเป็นสีน้ำตาล น้ำหนักอยู่ระหว่าง 80 – 180 กรัม/ตารางเมตร ใช้สำหรับทำสิ่งพิมพ์บรรจุภัณฑ์ กระดาษห่อของ ถุงกระดาษ

**6. กระดาษการ์ด (Card board)** เป็นกระดาษที่มีความหนาและแข็งแรงประกอบด้วยชั้นของกระดาษหลายชั้น ชั้นนอกสองด้านมักเป็นสีขาว แต่ก็มีการ์ดสีต่าง ๆ ให้เลือกใช้ บางชนิดมีผิวเคลือบมันเรียบ ซึ่งเรียก กระดาษอาร์ตการ์ด น้ำหนักกระดาษการ์ดอยู่ระหว่าง 110 – 400 กรัมต่อตารางเมตร ใช้สำหรับทำปกหนังสือ บรรจุภัณฑ์ที่มีราคา เช่นกล่องเครื่องสำอาง

**7. กระดาษกล่อง (Box paper)** เป็นกระดาษที่ทำจากเยื่อบด และมักนำเยื่อจากกระดาษใช้แล้วมาผสม มีสีคล้ำไปทางเทาหรือน้ำตาล ผิวด้านหนึ่งมักจะประกบด้วยชั้นของกระดาษขาวซึ่งอาจมีผิวเคลือบมันหรือไม่ก็ได้เพื่อความสวยงามและพิมพ์ภาพลงไปได้ หากเป็นกระดาษไม่เคลือบจะเรียก กระดาษกล่องขาว หากเป็นกระดาษเคลือบผิวมัน จะเรียก กระดาษกล่องแป้ง น้ำหนักกระดาษกล่องอยู่ระหว่าง 180 – 600 กรัม/ตารางเมตร ใช้สำหรับทำสิ่งพิมพ์บรรจุภัณฑ์ เช่น กล่อง ป้ายแข็ง ฯลฯ

**8. กระดาษแข็ง (Hard board)** เป็นกระดาษหลายชั้นแข็งหนาทำจากเยื่อไม้บดและเยื่อกระดาษเก่า มีผิวขรุขระสีคล้ำ มีคำเรียกกระดาษชนิดนี้อีกว่า กระดาษจั่วปัง น้ำหนักมีตั้งแต่ 430 กรัม/ตารางเมตรขึ้นไป ใช้ทำไส้ในของปกหนังสือ ฐานปฏิทินตั้งโต๊ะ บรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ

**9. กระดาษแฟนซี (Fancy paper)** เป็นคำเรียกโดยรวมสำหรับกระดาษที่มีรูปร่างลักษณะของเนื้อและผิวกระดาษที่ต่างจากกระดาษใช้งานทั่วไป บางชนิดมีการผสมเยื่อที่ต่างออกไป บางชนิดมีผิวเป็นลายตามแบบบนลูกกลิ้งหรือตะแกรงที่กดทับในขั้นตอนการผลิต มีสีสันให้เลือกหลากหลาย มีทั้งกระดาษบางและหนา ประโยชน์สำหรับกระดาษชนิดนี้สามารถนำไปใช้แทนกระดาษที่ใช้อยู่ทั่วไป ตั้งแต่นามบัตร หัวจดหมาย ไปจนถึงกล่องบรรจุภัณฑ์

**ระบบตรวจพิสูจน์ลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ (Automated Fingerprint Identification System; AFIS)**

ระบบตรวจพิสูจน์ลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ (Automated Fingerprint Identification System; AFIS) เป็นคอมพิวเตอร์ลักษณะพิเศษที่มีการผสมผสานกันระหว่างหลักวิชาลายพิมพ์นิ้วมือกับเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ เพื่อให้การตรวจพิสูจน์เป็นไปด้วยความถูกต้องแม่นยำและรวดเร็ว สำหรับงานตำรวจที่มีจำนวนลายพิมพ์นิ้วมือผู้ต้องหาเป็นจำนวนมาก คอมพิวเตอร์ระบบนี้มีใช้อยู่ในกิจการตำรวจหลายประเทศที่มีความเจริญก้าวหน้า เช่น สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย ญี่ปุ่น และประเทศในแถบยุโรป สำหรับในภูมิภาคเอเชียมีใช้ในประเทศมาเลเซีย สิงคโปร์ อินโดนีเซีย และประเทศไทย ระบบ AFIS ของสำนักงานตำรวจแห่งชาตินั้นตั้งอยู่ที่กองทะเบียนประวัติอาชญากร โดยได้เริ่มเตรียมงานมาตั้งแต่ปี 2532 (ซึ่งในขณะนั้น พลตำรวจเอกสวัสดิ์ อมรวิวัฒน์ ดำรงตำแหน่ง

อธิบดีกรมตำรวจ) และดำเนินการติดตั้งระบบในปี 2536 เริ่มใช้งานในปี 2538 ปัจจุบันมีแผ่นลายพิมพ์นิ้วมือในฐานข้อมูลของเครื่องคอมพิวเตอร์ประมาณ 8 ล้านแผ่น

สำหรับระบบ AFIS ของกองพิสูจน์หลักฐานกลาง สำนักงานตำรวจแห่งชาติ มีหน้าที่ในการตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมือของผู้กระทำความผิดในคดีต่างๆ เพื่อสนับสนุนงานสืบสวนสอบสวนของพนักงานสอบสวนให้ได้ผลอย่างสมบูรณ์ โดยเริ่มตั้งศูนย์ตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติขึ้นเมื่อวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2534 ภายในศูนย์นี้มีเครื่องมือที่ใช้ตรวจเปรียบเทียบรอยลายนิ้วมือแฝงที่เก็บได้จากสถานที่เกิดเหตุกับแผ่นลายพิมพ์นิ้วมือของอาชญากรที่เก็บไว้ในฐานข้อมูลเครื่องคอมพิวเตอร์ของกองทะเบียนประวัติอาชญากร ซึ่งการตรวจสอบสามารถกระทำได้ดีด้วยความรวดเร็วและถูกต้อง

เครื่องตรวจพิสูจน์ลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ (AFIS) สามารถตรวจเปรียบเทียบได้ 4 หน้าที่ คือ

1. ตรวจเปรียบรอยลายนิ้วมือแฝงที่เก็บได้จากสถานที่เกิดเหตุกับฐานข้อมูลลายพิมพ์นิ้วมือ 10 นิ้ว เพื่อทราบว่าผู้กระทำผิดคือใคร

2. ตรวจเปรียบเทียบลายนิ้วมือของผู้ต้องสงสัยกับฐานข้อมูลลายพิมพ์นิ้วมือ 10 นิ้ว เพื่อทราบว่าผู้ต้องสงสัยเคยมีประวัติการกระทำความผิดมาก่อนหรือไม่

3. ตรวจเปรียบเทียบรอยลายนิ้วมือแฝงที่เก็บได้จากสถานที่เกิดเหตุกับฐานข้อมูลรอยลายนิ้วมือแฝง เพื่อทราบว่ามีคดีใดบ้างที่เกิดจากการกระทำผิดโดยบุคคลคนเดียวกัน

4. ตรวจเปรียบเทียบลายนิ้วมือของผู้ต้องสงสัยกับฐานข้อมูลรอยลายนิ้วมือแฝง เพื่อทราบว่าผู้กระทำความผิดเคยกระทำความผิดในคดีอื่นๆ หรือไม่

เครื่องตรวจพิสูจน์ลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ จัดว่าเป็นเครื่องมือที่สามารถทำประโยชน์อย่างมากให้แก่เจ้าหน้าที่ตำรวจในการสืบสวนสอบสวนติดตามตัวผู้กระทำความผิด โดยเฉพาะคดีที่ยังหาตัวผู้ต้องสงสัยไม่ได้ และคาดว่าผู้ต้องสงสัยนั้นน่าจะเคยกระทำความผิดมาก่อน โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่เก็บได้จากสถานที่เกิดเหตุ สามารถนำมาตรวจเปรียบเทียบกับข้อมูลลายพิมพ์นิ้วมือของอาชญากร ที่เก็บไว้ในสารบบได้ด้วยความรวดเร็วและถูกต้อง ซึ่งผลของการปฏิบัติงานช่วยให้เจ้าหน้าที่ตำรวจติดตามตัวผู้กระทำความผิดได้เป็นจำนวนมาก

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเครื่องตรวจลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติขนาดเล็ก (MINI AFIS) ขึ้นมา ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการขนาดเล็ก มีหน่วยเก็บข้อมูลลายพิมพ์นิ้วมือ 10 นิ้ว ได้ไม่น้อยกว่า 30,000 แผ่น เก็บข้อมูลลายพิมพ์ฝ่ามือ ได้ไม่น้อยกว่า 30,000 แผ่น และเก็บข้อมูลรอยลายนิ้วมือและฝ่ามือแฝง ได้ไม่น้อยกว่า 20,000 แผ่น โดยสามารถนำรอยลายนิ้วมือและฝ่ามือแฝงที่เก็บได้จากสถานที่เกิดเหตุมาเปรียบเทียบกับลายพิมพ์นิ้วมือและฝ่ามือของผู้ต้องสงสัยที่อยู่ในฐานข้อมูลของ

เครื่องได้ นอกจากนั้นยังมีระบบเครือข่ายที่สามารถเชื่อมต่อฐานข้อมูลกับ MINI AFIS ตัวอื่นๆ ได้ เครื่อง MINI AFIS สามารถตรวจเปรียบเทียบได้ 8 หน้าที่ คือ

1. ตรวจเปรียบเทียบรอยลายนิ้วมือแฝงกับฐานข้อมูลลายพิมพ์นิ้วมือ 10 นิ้ว
2. ตรวจเปรียบเทียบรอยลายนิ้วมือแฝงกับฐานข้อมูลรอยลายนิ้วมือแฝง
3. ตรวจเปรียบเทียบลายพิมพ์นิ้วมือ 10 นิ้วกับฐานข้อมูลลายพิมพ์นิ้วมือ 10 นิ้ว
4. ตรวจเปรียบเทียบลายพิมพ์นิ้วมือ 10 นิ้วกับฐานข้อมูลรอยลายนิ้วมือแฝง
5. ตรวจเปรียบเทียบรอยลายฝ่ามือแฝงกับฐานข้อมูลลายพิมพ์ฝ่ามือ
6. ตรวจเปรียบเทียบรอยลายฝ่ามือแฝงกับฐานข้อมูลรอยลายฝ่ามือแฝง
7. ตรวจเปรียบเทียบลายพิมพ์ฝ่ามือกับฐานข้อมูลลายพิมพ์ฝ่ามือ
8. ตรวจเปรียบเทียบลายพิมพ์ฝ่ามือกับฐานข้อมูลรอยลายฝ่ามือแฝง

ภาพที่ 19 เครื่องตรวจลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ; AFIS (ภาพซ้าย) และเครื่องตรวจลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติขนาดเล็ก; MINI AFIS (ภาพขวา)

ที่มา : กองพิสูจน์หลักฐาน, กลุ่มงานตรวจลายนิ้วมือแฝง, **“คู่มืออุปกรณ์และเครื่องมือในการตรวจพิสูจน์,”** 13 กุมภาพันธ์ 2552.

**งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

**1. งานวิจัยต่างประเทศ**

Nadia Porpiglia,Stephen Bleay ,Lesley Fitzgerald and Leon Barron .(2011) ศึกษาทำการทำการทดลอง 5-methylthioninhydrin (5MTN) ภายใต้สภาวะอากาศของประเทศอังกฤษ โดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษา 5 ประการ คือเพื่อหาสูตรผสมที่เหมาะสมของ 5MTN / $ZnCl_2$ เพื่อศึกษาเส้นสเปคตรัมการดูดกลืนแสงและการคายแสงในปฏิกิริยาของ 5MTN / $ZnCl_2$ กับกรดอะมิโน เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพและขั้นตอนการหารอยลายนิ้วมือของเทคนิคต่างๆ บนกระดาษแต่ละประเภท เพื่อศึกษาการใช้สารเคมีสองตัวร่วมกันในการเพิ่มจำนวนลายนิ้วมือ และเพื่อศึกษาทดสอบประสิทธิภาพของ 5MTN / $ZnCl_2$ บนกระดาษที่ใช้จริง โดยการทดลองจะถูกแบ่งออกเป็นออกเป็น 5 ส่วนด้วยกัน ตามวัตถุประสงค์ข้างต้น โดยจะใช้อาสาสมัครจำนวน 29 คน จากการคัดเลือกประชากรในประเทศอังกฤษ ให้ได้ครอบคลุมกับสถิติของประชากรในประเทศอังกฤษในเทอมของอายุ เพศ และเชื้อชาติ ซึ่งจากการทำการทดลองหารอยลายนิ้วมือด้วยเทคนิค 5MTN / $ZnCl_2$ ภายใต้สภาวะอากาศของประเทศอังกฤษ สามารถสรุปได้ว่า 5MTN มี Sensitivity สูงกว่า Ninhydrin ในการทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโน คือสามารถใช้ปริมาณสารที่น้อยกว่า Ninhydrin เทคนิค Ninhydrin มีประสิทธิภาพในการหารอยลายนิ้วมือมากกว่า 5MTN / $ZnCl_2$ ในโหมดแสงปกติ เทคนิค DFO ให้รอยลายนิ้วมือที่ชัดเจนกว่า 5MTN / $ZnCl_2$ ในโหมดแสงฟลูออเรสเซนต์ เทคนิค 1,2 IND / $ZnCl_2$ มีประสิทธิภาพในการหารอยลายนิ้วมือมากกว่า 5MTN / $ZnCl_2$ ในโหมดแสงฟลูออเรสเซนต์ ในขณะที่มีประสิทธิภาพพอๆ กันกับ 5MTN / $ZnCl_2$ ในโหมดแสงปกติ เทคนิค 5MTN / $ZnCl_2$ มีประสิทธิภาพในการเพิ่มรอยลายนิ้วมือแฝงภายใต้สภาวะอากาศของประเทศอังกฤษ และเทคนิค DFO – Ninhydrin เป็นสารเคมีร่วมที่มีประสิทธิภาพในการหารอยลายนิ้วมือบนกระดาษมากที่สุด

Wilkinson (2000 : 123 - 132) ศึกษาศักยภาพของ 1,2-indanedione ที่นำมาใช้เป็นสารละลายเพื่อการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษหลายๆ ชนิด นอกเหนือจากการใช้สาร DFO ที่ใช้กันอยู่ การศึกษาครั้งนี้นำไปสู่การค้นพบสารเคมีที่ทำให้ลายนิ้วมือแฝงเกิดการเรืองแสงได้และสามารถนำมาใช้เป็นระบบการเรียงลำดับสารละลายรีเอเจ้นท์ เพื่อการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงได้ โดยใช้ 1,2-indanedione ก่อน จากนั้นจึงใช้ ninhydrin ตามลำดับ ทั้งนี้จะไม่สามารถใช้ ninhydrin ก่อน 1,2-indanedione ได้เลย ในกระดาษที่ใช้แล้ว

Christie and others (2007 : 14-26) ศึกษาวิจัยหาความเหมาะสมของ 1,2-indanedione เพื่อใช้เป็นรีเจ้นท์ลายนิ้วมือและประยุกต์ใช้กับตัวอย่างจริง โดยการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวรูพรุน เช่น กระดาษ เปรียบเทียบกับ ninhydrin และ DFO โดยนำเครื่องกำเนิดแสงหลายความถี่และเครื่อง Condor Chemical Imaging Macroscopic ส่องตรวจเพื่อให้เห็นลายนิ้วมือแฝงปรากฏเด่นชัดมากยิ่งขึ้น ผลการวิจัยพบว่า สารเคมี 1,2-indanedione เป็นสารเคมีที่ให้ประสิทธิภาพตรวจสอบสูงกว่าและมีความว่องไวมากกว่าการใช้วิธีการแบบเดิม

**2. งานวิจัยในประเทศ**

เพ็ญทิพย์ สุตธรรม (2551) ได้ทำการศึกษาการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษและคุณภาพของลายนิ้วมือแฝง ด้วยวิธี 1,2-indanedione รวมกับเครื่องกำเนิดแสงหลายความถี่ เปรียบเทียบกับวิธี ninhydrin ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้กันทั่วไป โดยเตรียมตัวอย่างลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษ 15 ชนิด และทำการนับจำนวนจุด minutiae ด้วยระบบ Automated Fingerprint Identification System (AFIS) และนำจำนวนจุด minutiae ที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ

จากการศึกษาการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงพบว่า วิธีการ 1,2-indanedione ร่วมกับเครื่องกำเนิดแสงหลายความถี่สามารถใช้ตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษได้มากถึง 10 ชนิด ส่วน วิธี ninhydrin สามารถตรวจหาลายนิ้วมือแฝงได้เพียง 6 ชนิด และเมื่อทำการเปรียบเทียบลายนิ้วมือแฝงพบว่าวิธี 1,2-indanedione ร่วมกับเครื่องกำเนิดแสงหลายความถี่สามารถตรวจพบลายนิ้วมือแฝงและให้รับคุณภาพของลายนิ้วมือแฝงที่ดีมากกว่าวิธี ninhydrin บนกระดาษหลายชนิด

เอกจิตตรา มีไชยธร (2551) ศึกษาการปรากฏขึ้นของลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษในช่วงเวลาต่างๆ ดวยนินไฮดรินและหาความสัมพันธของการคงอยู่ของลายนิ้วมือบนกระดาษชนิดตางๆ ในช่วงเวลาที่ต่างกันโดยเลือกใช้กระดาษทั้งสิ้น 5 ชนิด คือ กระดาษถ่ายเอกสารสีขาว ซองใส่เอกสารสีขาว ซองใส่เอกสารสีน้ำตาล กระดาษสมุด และกระดาษหนังสือพิมพ์ การวิจัยนี้ทำการเก็บข้อมูลในช่วงเดือนมิถุนายน 2551 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2552 เป็นระยะเวลา 32 สัปดาห์

ผลของการวิจัยพบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 32 สัปดาห์ ยังสามารถตรวจเก็บลายนิ้วมือที่ติดอยู่บนกระดาษถ่ายเอกสารสีขาว ซองใสเอกสารสีขาวและกระดาษสมุดได สวนซองใสเอกสารสีน้ำตาล ระยะเวลาที่นานที่สุดที่สามารถตรวจเก็บลายนิ้วมือแฝงได้ คือ 7 สัปดาห์ และกระดาษหนังสือพิมพ์ ระยะเวลาที่นานที่สุดที่สามารถตรวจเก็บลายนิ้วมือแฝงได้ คือ 5 สัปดาห์

# บทที่ 3
# วิธีดำเนินงานวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงการทดลอง เพื่อศึกษาการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษต่างๆ ซึ่งมีรายละเอียดเกี่ยวกับการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. ผู้ร่วมทำการทดลอง
2. เครื่องมืออุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย
3. วิธีการทดลอง
4. วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

## 1. ผู้ร่วมทำการทดลอง

ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้ผู้ทำการทดลองจำนวน 2 คน คือ ร้อยตำรวจเอก สราวุธ อิ่มจิต เป็นเพศชาย อายุ 29 ปี ส่วนสูง 175 เซนติเมตร น้ำหนัก 93 กิโลกรัม ประกอบอาชีพเป็นข้าราชการตำรวจ กลุ่มงานตรวจสถานที่เกิดเหตุ กองพิสูจน์หลักฐานกลาง เป็นตัวแทนของบุคคลที่มีเหงื่อเยอะ และนางสาวนิสาชล หนูแก้ว เป็นเพศหญิง อายุ 22 ปี ส่วนสูง 164 เซนติเมตร น้ำหนัก 51 กิโลกรัม เป็นนักศึกษาปีที่ 4 มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี เป็นตัวแทนของบุคคลที่มีเหงื่อน้อย

## 2. เครื่องมืออุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

2.1.1 กระดาษถ่ายเอกสารขนาด A4 สีขาว ยี่ห้อดับเบิ้ลเอ

2.1.2 ซองจดหมายสีขาว ยี่ห้อ 555 ขนาดกว้าง×ยาว ประมาณ 11×16.5 เซนติเมตร

2.1.3 ซองใส่เอกสารสีน้ำตาล ยี่ห้อบอสตัน ขนาดกว้าง×ยาว ประมาณ 23×32.5 เซนติเมตร

2.1.4 กล่องพัสดุไปรษณีย์สีน้ำตาล ขนาดกว้าง×ยาว×สูง ประมาณ 24×40×17 เซนติเมตร

2.1.5 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบอนาล็อก ยี่ห้อ CAMRY รุ่น KITCHEN SCALE

2.1.6 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล ยี่ห้อ Sartorius รุ่น BSA3202S-CW

2.1.7 บีกเกอร์

2.1.8 กระบอกตวง

2.1.9 ช้อนตักสาร

2.1.10 แท่งแก้วสำหรับคนสารละลาย

2.1.11 ขวดใส่สีชาสำหรับใส่สารละลาย

2.1.12 แปรงทาสารเคมี

2.1.13 ถาดใช้สำหรับวางรองกระดาษขณะทาสารละลาย

2.1.14 เตารีดไฟฟ้า ยี่ห้อ Elvira รุ่น Elvira Press P1

2.1.15 ถุงมือและปากคีบ (forceps) ใช้สำหรับคีบกระดาษ เพื่อป้องกันลายนิ้วมืออื่นๆที่จะเกิดขึ้นขณะสัมผัสกระดาษ

2.1.16 ตัวหนีบ ใช้สำหรับหนีบกระดาษ

2.1.17 ผ้าปิดจมูก

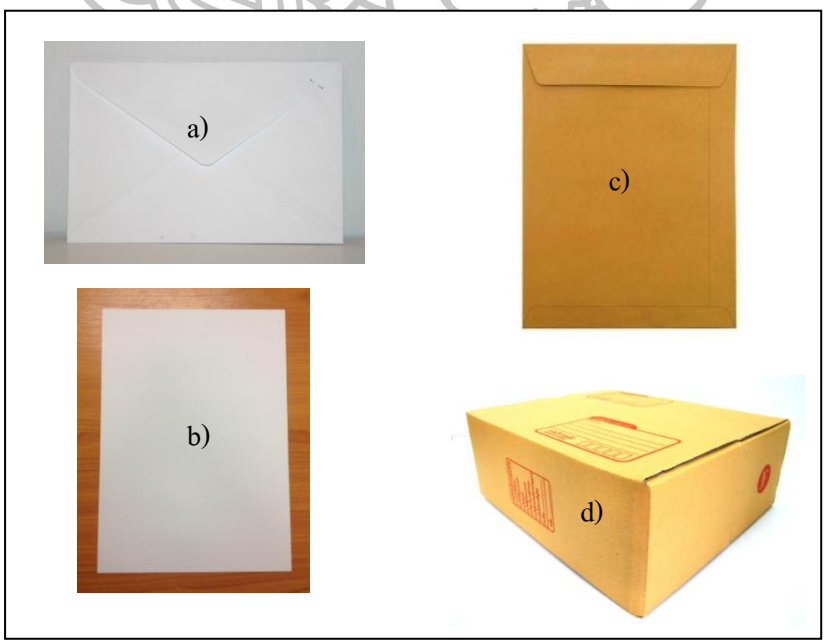
2.1.18 กรรไกรหรือคัตเตอร์เพื่อใช้ในการตัดกระดาษ

2.1.19 กล้องถ่ายรูปดิจิตอล ยี่ห้อ Nikon รุ่น D90

2.1.20 เครื่องโพลีไลท์ ใช้แสงสีเขียวที่ความยาวคลื่นในช่วง 495 – 550 นาโนเมตร

2.1.21 ฟิลเตอร์สีส้ม

2.1.22 เครื่องตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ (MINI AFIS) ยี่ห้อ Del Model Print Quest 10200 CN – OJF240 – 48643 – 69J - 1744




ภาพที่ 20 a) ซองจดหมายสีขาว b) กระดาษถ่ายเอกสารขนาด A4 สีขาว
c) ซองใส่เอกสารสีน้ำตาล และ d) กล่องพัสดุไปรษณีย์สีน้ำตาล

2.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

2.2.1 ninhydrin

2.2.2 1,2 - indanedione

2.2.3 5- methyl thioninhydrin(5MTN)

2.2.4 สารละลาย zinc chloride ความเข้มข้น 3% โดยมวลต่อปริมาตร

2.2.5 ethyl acetate

2.2.6 glacial acetic acid

2.2.7 methanol

2.2.8 isopropanol

2.2.9 ethanol

2.2.10 petroleum ether

2.2.11 HFE-1700 solvent

2.2.12 acetic acid

2.2.13 methyl – tert – butylether(MTBE)

โดยสารเคมีรายการที่ 2.2.1 - 2.2.4 สั่งซื้อจากบริษัท อิตัลมาร์ (ประเทศไทย) จำกัด ส่วนสารเคมีรายการที่ 2.2.5 - 2.2.13 สั่งซื้อแบบ Grade AR จากบริษัท เมอร์ค (ประเทศไทย) จำกัด

2.3 การเตรียมสารละลาย

2.3.1 การเตรียมสารละลาย 1,2 - indanedione

Stock solution : ชั่งสาร zinc chloride 8 g ละลายใน Ethanol 200 ml เก็บสารละลายที่ได้ในขวดสีชาและในที่มืด

Working solution : ชั่งสาร 1,2 - indanedione 0.75 g ละลายด้วย Ethyl Acetate 50 ml คนให้ละลาย แล้วเติม zinc chloride Stock solution 1 ml คนให้เข้ากัน จากนั้นเติม HFE 450 ml คนให้เข้ากัน เก็บสารละลายที่ได้ในขวดสีชาและในที่มืด

2.3.2 การเตรียมสารละลาย ninhydrin

ชั่ง ninhydrin 5 g ละลายด้วย methanol 30 ml เติม isopropanol 40 ml คนให้ละลายแล้วเติม petroleum ether 930 ml ซึ่งจะได้สารละลายใส ปริมาตรรวม 1,000 ml เก็บสารละลายที่ได้ในขวดสีชา

2.3.3 การเตรียมสารละลาย 5- methylthioninhydrin(5MTN)

Stock solution : ชั่งผง 5- methylthioninhydrin 3.4 g ละลายในสารละลายผสมระหว่าง acetic acid 10 ml isopropanol 25 ml และ ethyl acetate 145 ml จากนั้นคนจนผง 5- methylthioninhydrin ละลายหมดประมาณ 10 -15 นาที

Working solution : นำ stock solution มาละลายใน petroleum ether 720 ml และ methyl – tert – butylether(MTBE) 100 ml

**3. วิธีการทดลอง**

3.1 การเตรียมตัวอย่างลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษแบบต่างๆ

การเตรียมตัวอย่างลายนิ้วมือแฝงได้ทำในห้องปฏิบัติการตรวจเก็บวัตถุพยานของกลุ่มงานตรวจสถานที่เกิดเหตุ กองพิสูจน์หลักฐานกลาง ที่อุณหภูมิห้องเฉลี่ยประมาณ 25 องศาเซลเซียส โดยให้ผู้ร่วมทำการทดลองแต่ละคนทำการประทับรอยลายนิ้วมือด้วยนิ้วหัวแม่มือ ลงบนกระดาษตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองทั้ง 4 ชนิด ซึ่งถูกตัดแบ่งเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดกว้างด้านละประมาณ 5 เซนติเมตร ได้แก่ กระดาษถ่ายเอกสารขนาด A4 สีขาว ซองจดหมายสีขาว ซองใส่เอกสารสีน้ำตาล และกล่องพัสดุไปรษณีย์สีน้ำตาล โดยตัวอย่างลายนิ้วมือแฝงที่ประทับลงบนตัวอย่างกระดาษแต่ละชนิดจะถูกทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องภายในห้องปฏิบัติการฯ ในระยะเวลาที่แตกต่างกันจำนวน 6 ช่วงเวลา ก่อนที่จะนำมาหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยวิธีการต่างๆ จำนวน 3 วิธี ได้แก่ วิธีแรกทดสอบด้วย ninhydrin วิธีที่สองทดสอบด้วย 1,2 - indanedione วิธีที่สามทดสอบด้วย 5- methylthioninhydrin และตามด้วยสารสะลาย zinc chloride แต่ละวิธีทำการทดลองซ้ำ จำนวน 3 ครั้ง ดังนั้นตัวอย่างลายนิ้วมือแฝงที่ประทับลงบนกระดาษแต่ละชนิดจะเป็น 54 แผ่นต่อคนต่อชนิดกระดาษ รวมตัวอย่างจากผู้ร่วมทำการทดลองทั้งสองคนเป็นทั้งหมด 432 ตัวอย่างน้ำหนักแรงกดในแต่ละครั้งได้ถูกควบคุมในขั้นตอนที่ผู้ร่วมทำการทดลองแต่ละคนกดประทับนิ้วมือลงบนตัวอย่างกระดาษ โดยกระดาษจะถูกวางอยู่บนเครื่องชั่งน้ำหนัก และกำหนดให้แรงกดบนตัวอย่างกระดาษอยู่ที่ 500 กรัม นาน 10 วินาที ต่อตัวอย่าง และเว้นระยะเวลาการประทับรอยลายนิ้วมือแต่ละตัวอย่างห่างกัน 30 นาที

3.2 การหารอยลายนิ้วมือแฝงบนตัวอย่างกระดาษด้วยวิธี ninhydrin

3.2.1 นำตัวอย่างกระดาษตามระยะเวลาต่างๆ มาหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยสารละลาย ninhydrin โดยใช้แปรงทาสารเคมี จุ่มลงในสารละลาย ninhydrin แล้วนำมาทาลงบนตัวอย่างกระดาษ หลังจากนั้นรอให้แห้ง ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.2.2 สังเกตผลการทดลองและทำการบันทึกภาพด้วยกล้องดิจิตอล

3.2.3 นำภาพรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้ไปนับจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษ ด้วยเครื่องตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ (MINI AFIS)

3.3 การหารอยลายนิ้วมือแฝงบนตัวอย่างกระดาษด้วยวิธี 1,2 - indanedione

3.3.1 นำตัวอย่างกระดาษตามระยะเวลาต่างๆ มาหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยสารละลาย 1,2 - indanedione โดยใช้แปรงทาสารเคมี จุ่มลงในสารละลาย 1,2 - indanedione แล้วนำมาทาลงบนตัวอย่างกระดาษ

3.2.2 ใช้เตารีดตั้งอุณหภูมิในระดับการรีดผ้าฝ้ายหรือผ้าลินิน ทับลงบนกระดาษตัวอย่างนาน 10 วินาที โดยใช้กระดาษขาววางบนตัวอย่างก่อนรีดทับตัวอย่าง

3.2.3 สังเกตผลการทดลองโดยใช้โพลีไลท์แสงสีเขียวที่ความยาวคลื่นในช่วง 495 – 550 นาโนเมตร และบันทึกภาพด้วยกล้องดิจิตอลผ่านฟิลเตอร์สีส้ม

3.2.4 นำภาพรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้ไปนับจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษ ด้วยเครื่องตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ (MINI AFIS)

3.4 การหารอยลายนิ้วมือแฝงบนตัวอย่างกระดาษด้วยวิธี 5- methylthioninhydrin

3.3.1 นำตัวอย่างกระดาษตามระยะเวลาต่างๆ มาหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยสารละลาย 5- methylthioninhydrin โดยใช้แปรงทาสารเคมี จุ่มลงในสารละลาย 5- methyl thioninhydrin แล้วนำมาทาลงบนตัวอย่างกระดาษ

3.2.2 สังเกตผลการทดลองและบันทึกภาพด้วยกล้องดิจิตอล

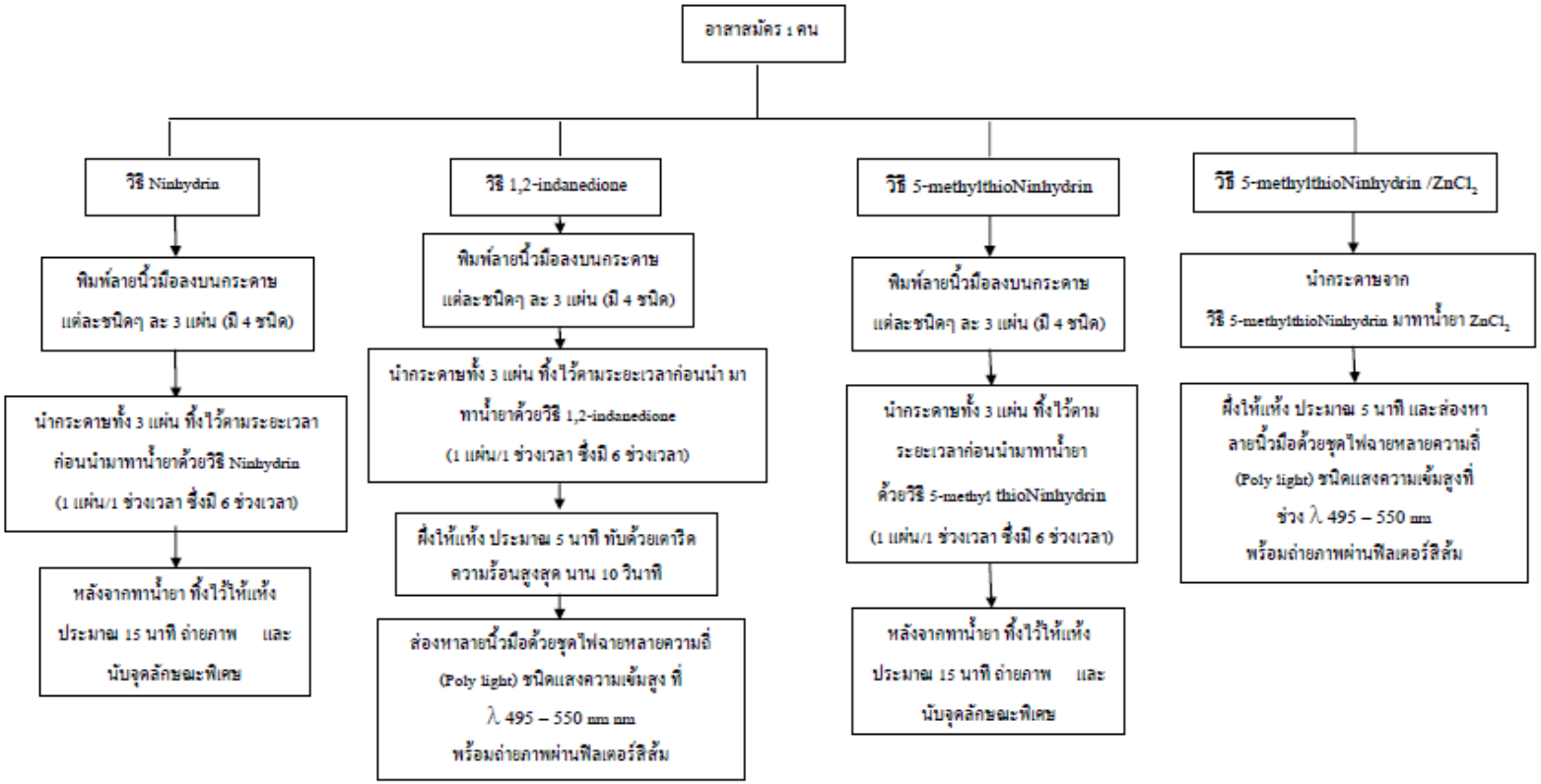
3.2.3 ใช้แปรงทาสารเคมี จุ่มลงในสารละลาย zinc chloride แล้วทาทับลงบนรอยลายนิ้วมือแฝงบนตัวอย่างกระดาษดังกล่าว

3.2.4 สังเกตผลการทดลอง โดยใช้โพลีไลท์แสงสีเขียวที่ความยาวคลื่นในช่วง 495 – 550 นาโนเมตร และบันทึกภาพด้วยกล้องดิจิตอลผ่านฟิลเตอร์สีส้ม

3.2.5 นำภาพรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้ไปนับจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษ ด้วยเครื่องตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ (MINI AFIS)

3.5 เปรียบเทียบผลการนับจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษระหว่างวิธี ninhydrin กับวิธี 5- methylthioninhydrin

3.6 เปรียบเทียบผลการนับจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษระหว่างวิธี 1,2 – indanedione กับวิธี 5- methylthioninhydrin ที่ทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride




ภาพที่ 21 แผนภาพแสดงวิธีการทดลอง

**4. วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ**

ในส่วนของการวิเคราะห์เชิงคุณภาพอาศัยเกณฑ์การแปลค่าคะแนนเฉลี่ยของจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษ(minutiae) ที่ได้ออกเป็นช่วงระดับ จำนวน 5 ระดับเพื่อนำมาใช้อธิบายความหมายของระดับคุณภาพของการตรวจสอบลายนิ้วมือแฝง ซึ่งมีวิธีดังนี้

$$\frac{\text{จำนวน minutiae ที่ตรวจพบสูงสุด} - \text{จำนวน minutiae ที่ตรวจพบต่ำสุด}}{\text{จำนวนชั้น}} = \frac{110 - 3}{5} = 21.4$$

ได้ช่วงความกว้างของแต่ละระดับ คือ 21.4 ซึ่งสามารถแบ่งเกณฑ์ได้ดังนี้

85.61 จุดขึ้นไป เป็นระดับ (A) ความคมชัดของลายนิ้วมืออยู่ในระดับสูงมาก

64.21 – 85.60 จุด เป็นระดับ B คือมีความคมชัดของลายนิ้วมืออยู่ในระดับสูง

42.81 – 64.20 จุด เป็นระดับ C คือมีความคมชัดของลายนิ้วมืออยู่ในระดับปานกลาง

21.41 – 42.80 จุด เป็นระดับ D คือมีความคมชัดของลายนิ้วมืออยู่ในระดับต่ำ

0 - 21.40 จุด เป็นระดับ E คือความคมชัดของลายนิ้วมืออยู่ในระดับต่ำมาก

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ในบทนี้ใช้สัญลักษณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ

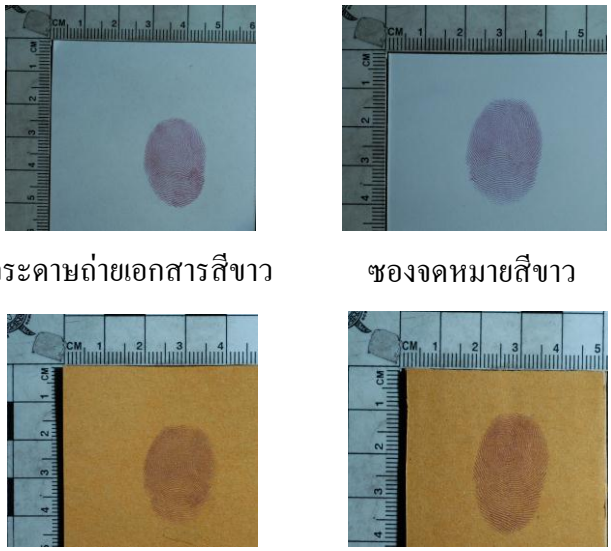
$\overline{X}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่าง

S.D. หมายถึง ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

มหาวิทยาลัยศิลปากร

# บทที่ 4
# ผลการวิจัยและการอภิปรายผลการวิจัย

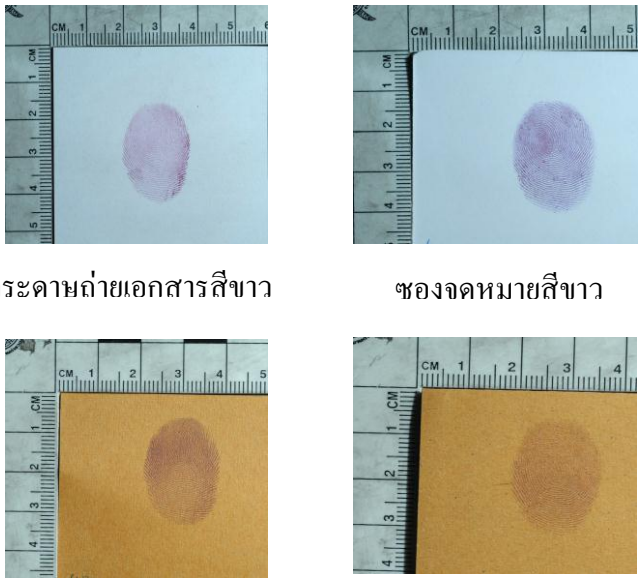
การหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวของกระดาษโดยใช้สารเคมี 3 ชนิด ซึ่งก็คือ ninhydrin 5MTN อย่างเดียว 5MTN ที่ทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride และ 1,2 – indanedione บนกระดาษตัวอย่าง 4 ชนิด คือ กระดาษถ่ายเอกสารขนาด A4 สีขาว กระดาษกล่องพัสดุไปรษณีย์สีน้ำตาล กระดาษซองใส่เอกสารสีน้ำตาล และกระดาษซองจดหมายสีขาว โดยเมื่อนำตัวอย่างกระดาษมาประทับด้วยรอยลายนิ้วมือแฝง แล้วทิ้งไว้ตามระยะเวลาที่กำหนด จากนั้นนำสารเคมีที่กล่าวข้างต้นมาทาลงบนตัวอย่างกระดาษ จะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่มีลักษณะแตกต่างกันออกไปดังตัวอย่างภาพที่ 22 – 29



กระดาษถ่ายเอกสารสีขาว ซองจดหมายสีขาว

ซองใส่เอกสารสีน้ำตาล กล่องพัสดุไปรษณีย์สีน้ำตาล

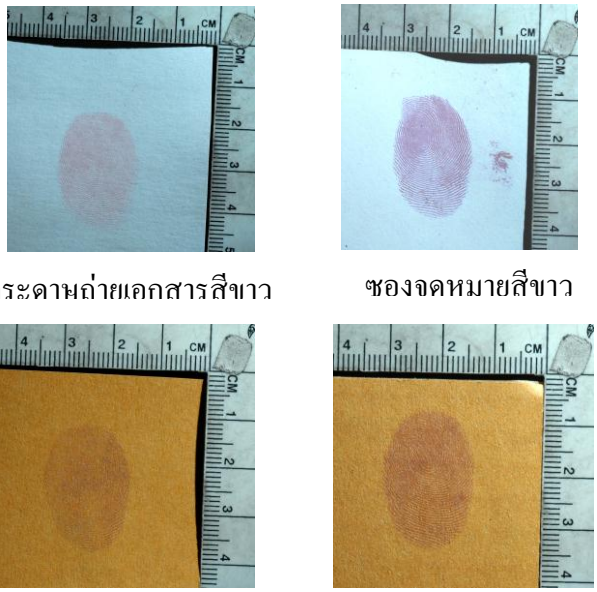
ภาพที่ 22 แสดงตัวอย่างรอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองที่ 1 ที่ได้จากวิธีการใช้ ninhydrin เมื่อทำการประทับรอยลายนิ้วมือและทาด้วยสารเคมีทันที



กระดาษถ่ายเอกสารสีขาว ซองจดหมายสีขาว

ซองใส่เอกสารสีน้ำตาล กล่องพัสดุไปรษณีย์สีน้ำตาล

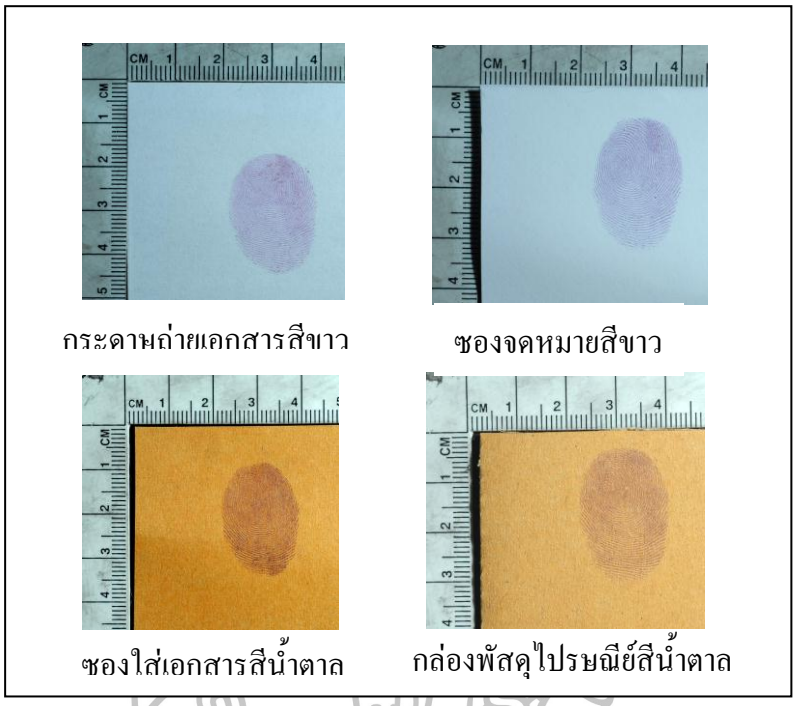
ภาพที่ 23 แสดงตัวอย่างรอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองที่ 1 ที่ได้จากวิธีการใช้ ninhydrin เมื่อทำการประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง



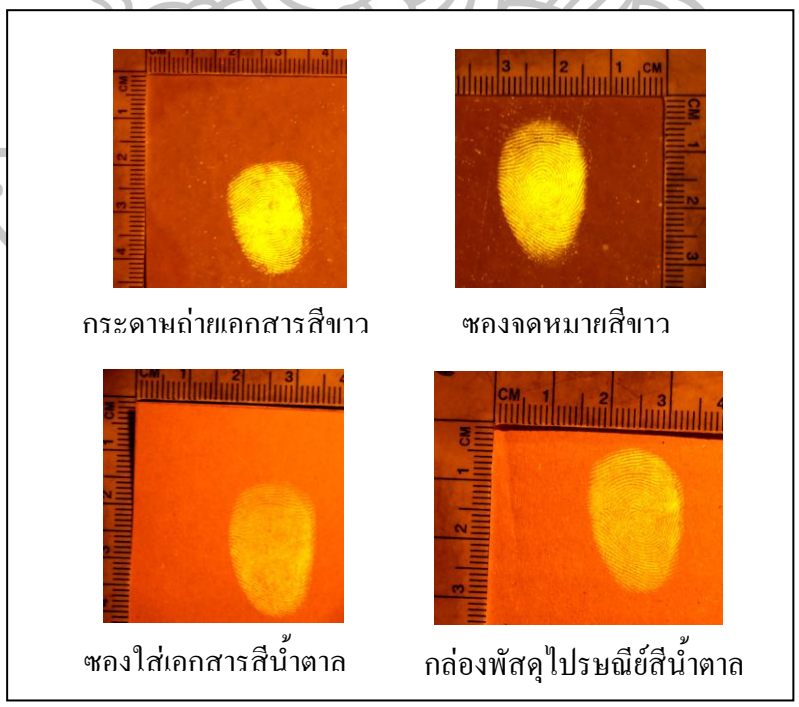
กระดาษถ่ายเอกสารสีขาว ซองจดหมายสีขาว

ซองใส่เอกสารสีน้ำตาล กล่องพัสดุไปรษณีย์สีน้ำตาล

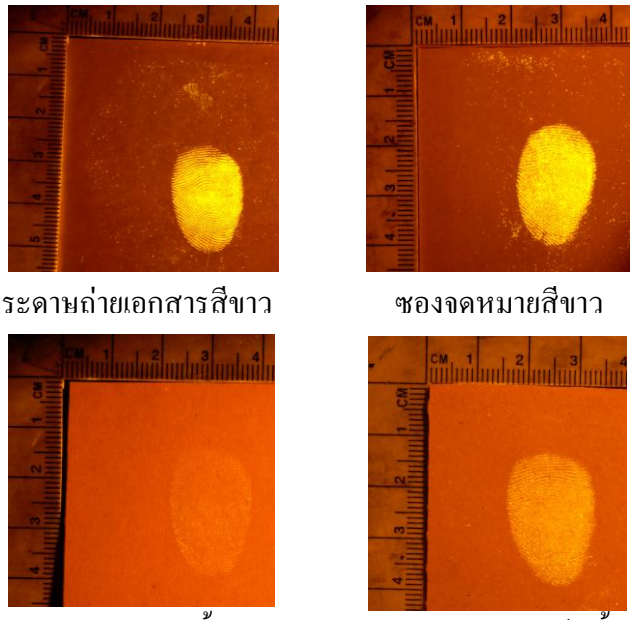
ภาพที่ 24 แสดงตัวอย่างรอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองที่ 1 ที่ได้จากวิธีการใช้ 5 – methyl thioninhydrin เมื่อทำการประทับรอยลายนิ้วมือและทาด้วยสารเคมีทันที




ภาพที่ 25 แสดงตัวอย่างรอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองที่ 1 ที่ได้จากวิธีการใช้ 5 – methyl thioninhydrin เมื่อทำการประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง



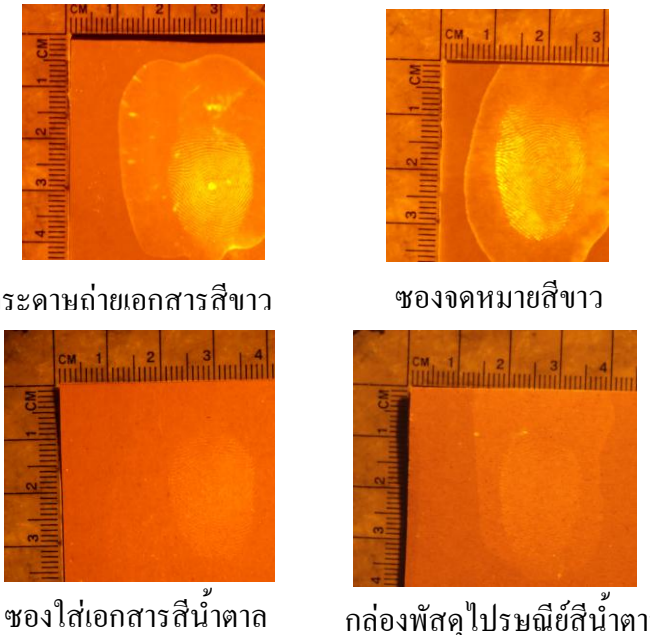

ภาพที่ 26 แสดงตัวอย่างรอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองที่ 2 ที่ได้จากวิธีการใช้ 1,2 - indanedione เมื่อทำการประทับรอยลายนิ้วมือและทาด้วยสารเคมีทันที



กระดาษถ่ายเอกสารสีขาว ซองจดหมายสีขาว

ซองใส่เอกสารสีน้ำตาล กล่องพัสดุไปรษณีย์สีน้ำตาล

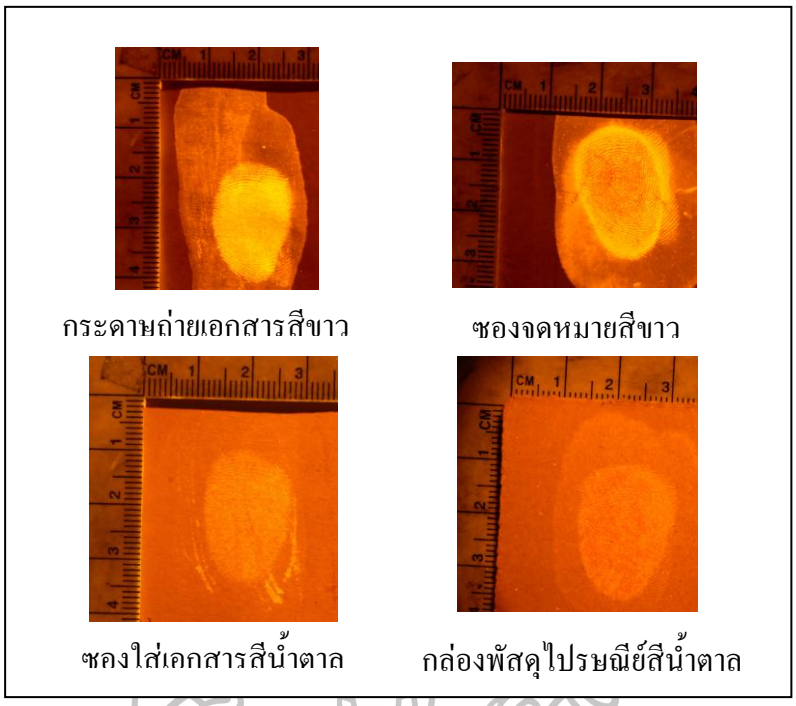
ภาพที่ 27 แสดงตัวอย่างรอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองที่ 2 ที่ได้จากวิธีการใช้ 1,2 - indanedione เมื่อทำการประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง



กระดาษถ่ายเอกสารสีขาว ซองจดหมายสีขาว

ซองใส่เอกสารสีน้ำตาล กล่องพัสดุไปรษณีย์สีน้ำตาล

ภาพที่ 28 แสดงตัวอย่างรอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองที่ 2 ที่ได้จากวิธีการใช้ 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride เมื่อทำการประทับรอยลายนิ้วมือและทาด้วยสารเคมีทันที



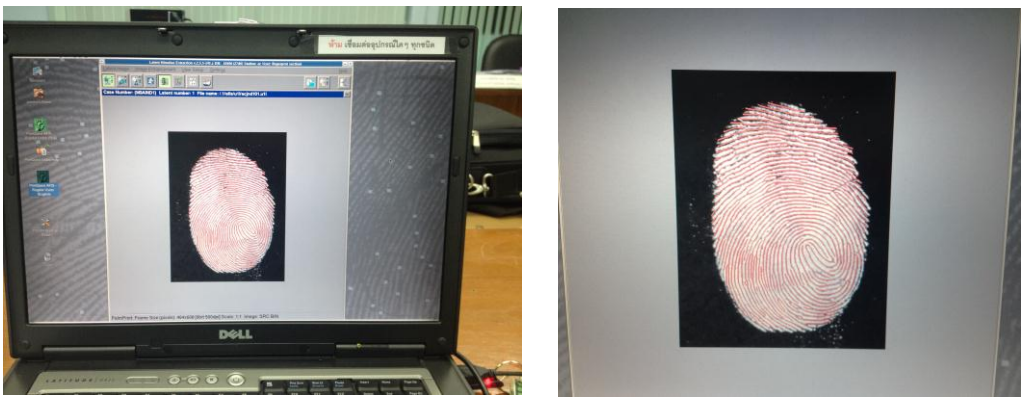

ภาพที่ 29 แสดงตัวอย่างรอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองที่ 2 ที่ได้จากวิธีการใช้ 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride เมื่อทำการประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง

จากภาพที่ 22 - 25 ก็จะเห็นได้ว่าเมื่อนำตัวอย่างกระดาษทั้ง 4 ชนิด ที่มีการประทับรอยลายนิ้วมือแฝง มาทาทับด้วยสารละลาย ninhydrin และ 5MTN จะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่สังเกตได้ที่แสงปกติ จะเป็นรอยลายนิ้วมือแฝงที่เป็นสีชมพูอมม่วง และสามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน ในขณะที่ในภาพที่ 26 - 29 เป็นตัวอย่างรอยลายนิ้วมือแฝงที่ใช้ 1,2 – indanedione และ 5MTN แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride ซึ่งจะสังเกตเห็นเป็นรอยลายนิ้วมือแฝงที่มีสีส้ม และเรืองแสงได้ เมื่อทำการดูจะต้องดูคู่กับแหล่งกำเนิดแสงสีเขียวที่ส่องผ่านฟิลเตอร์สีส้มที่ความยาวคลื่นระหว่าง 495 – 550 นาโนเมตร

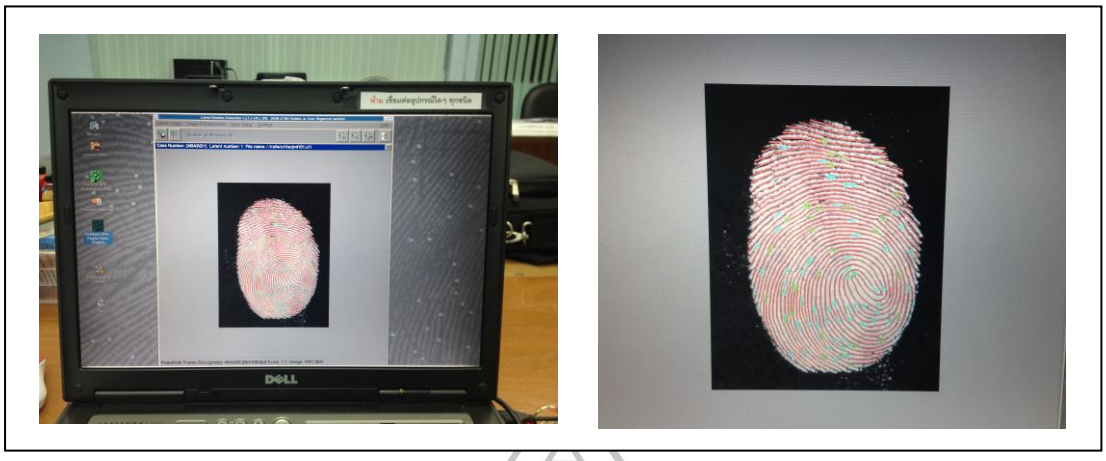
จากการศึกษา ซึ่งมีการประทับรอยลายนิ้วมือแฝงแล้วทำการหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยสารเคมีที่กล่าวข้างต้น โดยเราจะเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงที่ประทับไว้ทันที 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง 1 สัปดาห์ และ 1 เดือน ก่อนทาทับด้วยสารเคมี โดยเมื่อนำภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้ไปนับจุดลักษณะสำคัญพิเศษด้วยเครื่องตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ หรือ MINI AFIS ซึ่งระบบการทำงานของเครื่องจะนับจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษของรอยลายนิ้วมือแฝงจากภาพถ่าย

ซึ่งแสดงตัวอย่างในภาพที่ 30 - 33 โดยภาพที่ 30 - 33 เป็นตัวอย่างขั้นตอนการใช้เครื่องตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ (MINI AFIS) และตัวอย่างรอยลายนิ้วมือแฝงที่นับจุดลักษณะสำคัญพิเศษด้วยเครื่องตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ หรือ MINI AFIS

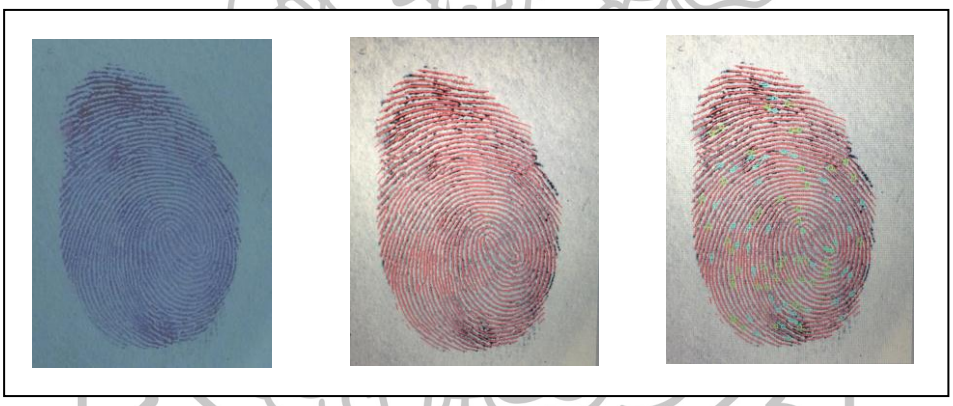
ภาพที่ 30 ตัวอย่างขั้นตอนการใช้เครื่องตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ (MINI AFIS) เพื่อนับจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (minutiae) ของรอยลายนิ้วมือแฝง



ภาพที่ 31 ตัวอย่างขั้นตอนการใช้เครื่องตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ (MINI AFIS) เพื่อนับจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (minutiae) ของรอยลายนิ้วมือแฝง



ภาพที่ 32 ตัวอย่างขั้นตอนการใช้เครื่องตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ (MINI AFIS) เพื่อนับจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (minutiae) ของรอยลายนิ้วมือแฝง



ภาพที่ 33 ตัวอย่างการนับจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (minutiae) ของรอยลายนิ้วมือแฝงจากเครื่องตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ (MINI AFIS)

โดยการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการตรวจหารอยนิ้วมือแฝงบนตัวอย่างกระดาษชนิดต่างๆ ด้วยวิธี ninhydrin วิธี 1,2 - indanedione วิธี 5 – methylthioninhydrin และวิธี 5 – methyl thioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride สามารถใช้วิธีการวัดจากคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจพบ โดยการใช้ค่าเฉลี่ยของจุดตำหนิพิเศษ (minutiae) ที่พบบนรอยลายนิ้วมือแฝงนั้นๆ ดังแสดงในตารางบันทึกข้อมูลของจำนวนตำหนิพิเศษที่ตรวจพบ

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนจุดลักษณะพิเศษ (minutiae) ของรอยลายนิ้วมือแฝงบนตัวอย่างกระดาษทั้ง 4 ชนิด โดยใช้วิธี ninhydrin (n = 3)

| ชนิดกระดาษ | ผู้ร่วมการทดลองที่ 2 | | | | | | | | | | | | ผู้ร่วมการทดลองที่ 1 | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ทันที | | 6 ชม. | | 12 ชม. | | 24 ชม. | | 1 สัปดาห์ | | 1 เดือน | | ทันที | | 6 ชม. | | 12 ชม. | | 24 ชม. | | 1 สัปดาห์ | | 1 เดือน | |
| | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. |
| ซองจดหมาย | 67.3 | 8.7 | 22.6 | 23.6 | 72.3 | 2.5 | 76.6 | 5.6 | 35.3 | 21.3 | 8.0 | 1.7 | 90.3 | 3.5 | 78.6 | 10.2 | 84.0 | 4.3 | 82.3 | 9.0 | 55.3 | 22.0 | 78.0 | 10.3 |
| กระดาษถ่ายเอกสาร A4 | 65.0 | 5.5 | 24.8 | 4.3 | 67.6 | 12.5 | 58.0 | 2.0 | 67.0 | 3.0 | 21.0 | 18.2 | 89.3 | 6.8 | 101.0 | 3.6 | 76.0 | 14.7 | 86.6 | 15.3 | 74.0 | 11.7 | 70.0 | 1.7 |
| ซองใส่เอกสาร | 15.0 | 7.5 | 10.6 | 2.0 | 35.3 | 6.1 | 28.0 | 13.0 | 25.3 | 4.9 | 7.6 | 4.5 | 83.0 | 16.6 | 46.0 | 22.3 | 36.6 | 22.0 | 64.6 | 18.2 | 36.0 | 3.0 | 9.6 | 6.4 |
| กล่องพัสดุไปรษณีย์ | 52.0 | 16.6 | 12.0 | 5.5 | 20.6 | 15.0 | 52.0 | 21.6 | 39.0 | 4.5 | 6.6 | 1.5 | 85.6 | 8.3 | 72.6 | 13.5 | 52.3 | 8.7 | 78.0 | 4.3 | 25.6 | 9.4 | 20.3 | 5.5 |

ตารางที่ 2 แสดงจำนวนจุดลักษณะพิเศษ (minutiae) ของรอยลายนิ้วมือแฝงบนตัวอย่างกระดาษทั้ง 4 ชนิด โดยใช้วิธี 1,2 - indanedione (n = 3)

| ชนิดกระดาษ | ผู้ร่วมการทดลองที่ 2 | | | | | | | | | | | | ผู้ร่วมการทดลองที่ 1 | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ทันที | | 6 ชม. | | 12 ชม. | | 24 ชม. | | 1 สัปดาห์ | | 1 เดือน | | ทันที | | 6 ชม. | | 12 ชม. | | 24 ชม. | | 1 สัปดาห์ | | 1 เดือน | |
| | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. |
| ซองจดหมาย | 48.6 | 24.0 | 68.3 | 2.0 | 62.6 | 9.0 | 33.6 | 2.8 | 70.3 | 8.9 | 28.6 | 14.5 | 96.0 | 5.2 | 73.3 | 12.3 | 65.0 | 11.3 | 65.6 | 16.9 | 41.3 | 11.8 | 78.6 | 4.1 |
| กระดาษถ่ายเอกสาร A4 | 68.0 | 2.6 | 19.3 | 16.2 | 40.6 | 10.0 | 68.0 | 1.0 | 38.3 | 11.5 | 56.0 | 6.0 | 76.3 | 15.0 | 89.6 | 3.7 | 71.3 | 8.6 | 68.0 | 14.1 | 42.3 | 27.0 | 34.0 | 21.0 |
| ซองใส่เอกสาร | 42.6 | 22.8 | 35.3 | 4.1 | 31.6 | 18.1 | 17.3 | 8.5 | 23.0 | 13.8 | 9.0 | 2.6 | 83.0 | 13.0 | 36.3 | 11.0 | 66.6 | 20.5 | 39.3 | 8.7 | 19.6 | 2.5 | 36.6 | 18.7 |
| กล่องพัสดุไปรษณีย์ | 31.6 | 19.5 | 33.0 | 37.5 | 36.6 | 22.0 | 26.6 | 13.6 | 61.0 | 13.0 | 16.6 | 15.1 | 76.6 | 35.9 | 39.0 | 20.0 | 67.6 | 7.3 | 76.3 | 5.1 | 36.0 | 17.0 | 60.0 | 14.9 |

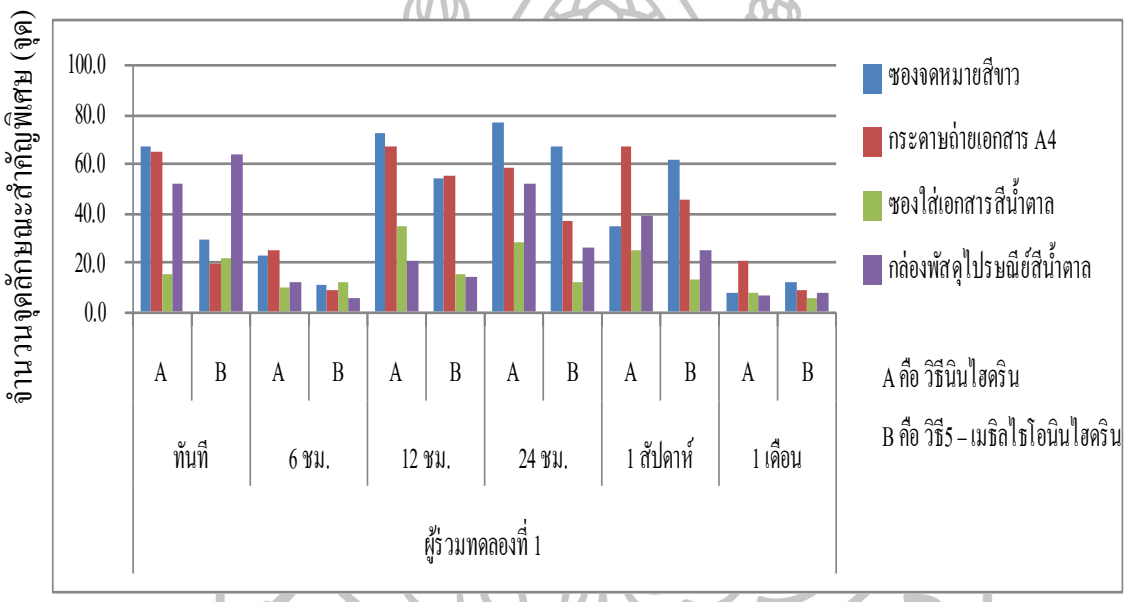
ตารางที่ 3 แสดงจำนวนจุดลักษณะพิเศษ (minutiae) ของรอยลายนิ้วมือแฝงบนตัวอย่างกระดาษทั้ง 4 ชนิด โดยใช้วิธี 5 – methylthioninhydrin (n = 3)

| ชนิดกระดาษ | ผู้ร่วมการทดลองที่ 2 | | | | | | | | | | | | ผู้ร่วมการทดลองที่ 1 | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ทันที | | 6 ชม. | | 12 ชม. | | 24 ชม. | | 1 สัปดาห์ | | 1 เดือน | | ทันที | | 6 ชม. | | 12 ชม. | | 24 ชม. | | 1 สัปดาห์ | | 1 เดือน | |
| | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. |
| ซองจดหมาย | 30.0 | 23.4 | 11.0 | 4.5 | 54.3 | 6.6 | 67.3 | 15.0 | 61.6 | 12.0 | 12.3 | 7.5 | 86.0 | 4.5 | 86.6 | 2.5 | 70.6 | 19.4 | 83.6 | 2.8 | 57.0 | 29.7 | 66.3 | 17.7 |
| กระดาษถ่ายเอกสาร A4 | 19.3 | 13.0 | 8.6 | 2.0 | 55.0 | 2.6 | 37.0 | 29.1 | 45.3 | 11.2 | 9.0 | 3.6 | 83.0 | 9.0 | 47.3 | 19.8 | 46.0 | 8.7 | 83.3 | 2.8 | 46.0 | 3.6 | 28.0 | 6.5 |
| ซองใส่เอกสาร | 22.0 | 12.2 | 12.6 | 4.9 | 15.6 | 9.8 | 12.3 | 3.2 | 13.3 | 4.5 | 5.3 | 3.2 | 57.6 | 26.5 | 17.0 | 15.5 | 6.6 | 9.7 | 31.3 | 11.5 | 12.6 | 4.9 | 8.0 | 5.0 |
| กล่องพัสดุไปรษณีย์สี | 64.0 | 6.0 | 6.0 | 1.7 | 14.6 | 6.4 | 26.3 | 4.5 | 25.0 | 15.5 | 8.0 | 1.7 | 83.0 | 2.6 | 41.6 | 14.1 | 34.3 | 3.5 | 45.0 | 7.9 | 17.0 | 9.5 | 8.3 | 4.9 |

ตารางที่ 4 แสดงจำนวนจุดลักษณะพิเศษ (minutiae) ของรอยลายนิ้วมือแฝงบนตัวอย่างกระดาษทั้ง 4 ชนิด โดยใช้วิธี 5 – methylthioninhy แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride (n = 3)

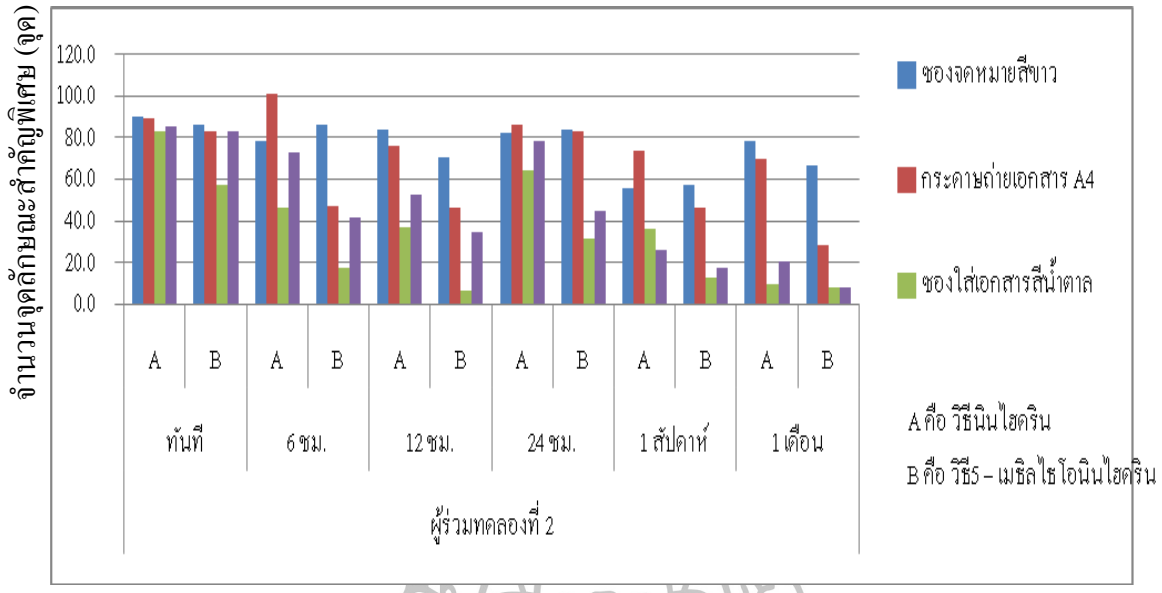
| ชนิดกระดาษ | ผู้ร่วมการทดลองที่ 2 | | | | | | | | | | | | ผู้ร่วมการทดลองที่ 1 | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ทันที | | 6 ชม. | | 12 ชม. | | 24 ชม. | | 1 สัปดาห์ | | 1 เดือน | | ทันที | | 6 ชม. | | 12 ชม. | | 24 ชม. | | 1 สัปดาห์ | | 1 เดือน | |
| | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. |
| ซองจดหมาย | 54.0 | 26.8 | 60.0 | 7.0 | 19.3 | 8.5 | 25.3 | 13.0 | 18.7 | 2.0 | 42.0 | 12.0 | 67.0 | 11.0 | 37.0 | 3.4 | 22.6 | 7.5 | 54.3 | 15.6 | 58.3 | 25.9 | 69.0 | 26.4 |
| กระดาษถ่ายเอกสาร A4 | 26.3 | 13.0 | 40.6 | 20.4 | 40.3 | 19.3 | 18.6 | 10.1 | 65.6 | 7.5 | 67.6 | 23.0 | 50.0 | 25.0 | 60.0 | 18.1 | 34.3 | 14.7 | 78.3 | 9.7 | 54.6 | 10.6 | 40.3 | 22.0 |
| ซองใส่เอกสาร | 11.0 | 3.0 | 18.3 | 10.0 | 15.3 | 7.5 | 11.0 | 6.5 | 10.3 | 10.1 | 9.6 | 8.1 | 14.6 | 6.0 | 30.0 | 4.5 | 15.3 | 6.8 | 11.0 | 1.0 | 59.0 | 1.5 | 23.6 | 13.0 |
| กล่องพัสดุไปรษณีย์ | 61.0 | 13.4 | 22.0 | 5.2 | 8.2 | 5.2 | 12.3 | 6.0 | 14.6 | 4.9 | 9.3 | 1.5 | 28.3 | 4.0 | 17.3 | 7.3 | 12.6 | 11.5 | 18.3 | 11.5 | 14.0 | 9.5 | 11.6 | 2.3 |

จากตารางแสดงผลการนับจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (minutiae) ของรอยลายนิ้วมือแฝงจากเครื่องตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ (MINI AFIS) สามารถนำมาแสดงเป็นแผนภูมิเพื่อเปรียบเทียบจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (minutiae) ของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้จากวิธี ninhydrin กับวิธี 5 – methylthioninhydrin ซึ่งเป็นวิธีที่ให้รอยลายนิ้วมือแฝงที่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าที่แสงปกติ และเปรียบเทียบวิธี 1,2 - indanedione กับวิธี 5 – methylthioninhydrin ที่ทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride ซึ่งเป็นวิธีที่ให้รอยลายนิ้วมือแฝงที่สามารถเรืองแสงได้ภายใต้แสงที่ความยาวคลื่นในช่วง 495 – 550 นาโนเมตร



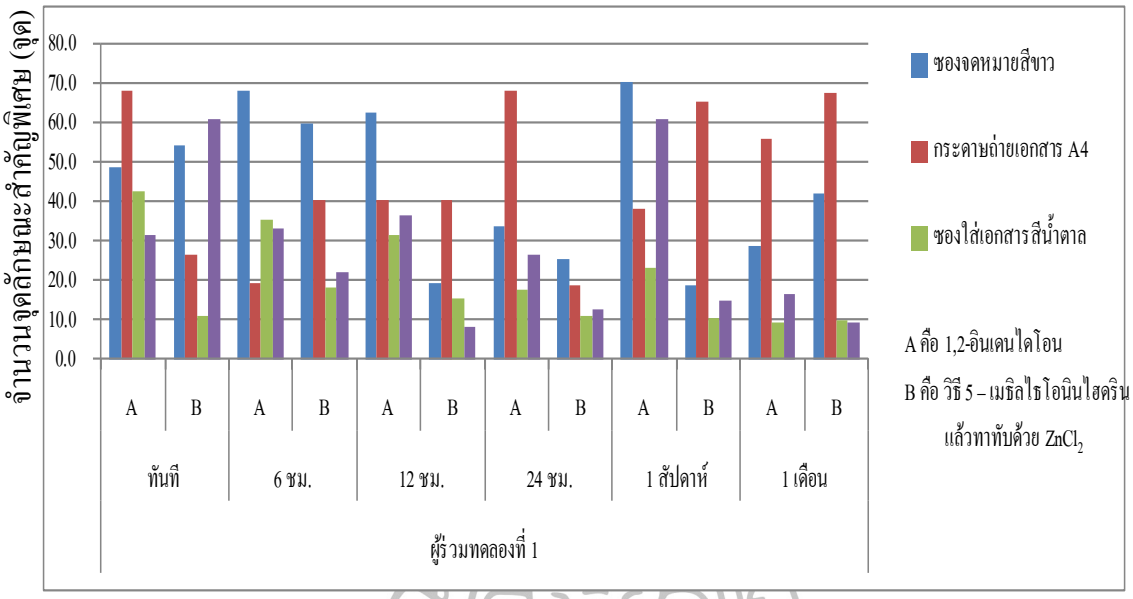

ภาพที่ 34 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบจุดลักษณะพิเศษ (minutiae) ของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้จากวิธี ninhydrin และวิธี 5 – methylthioninhydrin ของผู้ร่วมการทดลองที่ 1

จากแผนภูมิเปรียบเทียบจุดลักษณะพิเศษ (minutiae) ที่รอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองที่ 1 ที่ได้จากวิธี ninhydrin และวิธี 5 – methylthioninhydrin ข้างต้นพบว่าโดยส่วนใหญ่รอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้จากการใช้วิธี ninhydrin จะให้จุดลักษณะพิเศษ (minutiae) มากกว่ารอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้จากการใช้วิธี 5 – methylthioninhydrin ยกเว้นตัวอย่างกระดาษประเภทซองจดหมายสีขาว ที่ถูกประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ 6 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง และ 1 สัปดาห์ ก่อนการนำไปทาด้วยน้ำยา พบว่ารอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้จากการใช้วิธี 5 – methylthioninhydrin จะให้จุดลักษณะพิเศษ (minutiae) มากกว่ารอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้จากการใช้วิธี ninhydrin



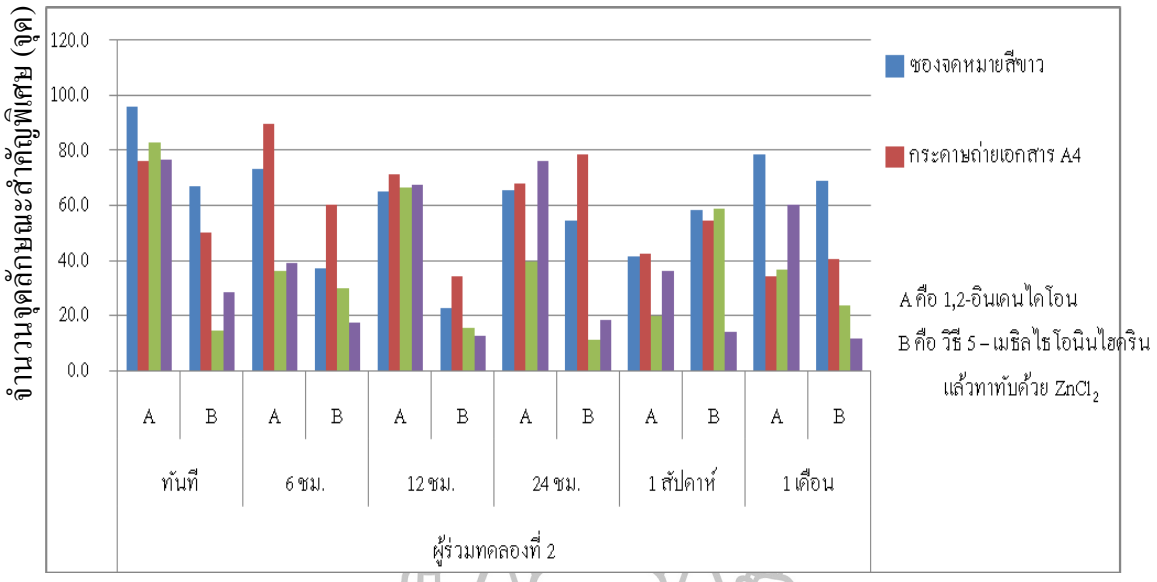

ภาพที่ 35 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบจุดลักษณะพิเศษ (minutiae) ของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้จากวิธี ninhydrin และวิธี 5 – methylthioninhydrin ของผู้ร่วมการทดลองที่ 2

จากแผนภูมิเปรียบเทียบจุดลักษณะพิเศษ (minutiae) ที่รอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองที่ 2 ที่ได้จากวิธี ninhydrin และวิธี 5 – methylthioninhydrin ข้างต้นพบว่าโดยส่วนใหญ่รอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้จากการใช้วิธี ninhydrin จะให้จุดลักษณะพิเศษ (minutiae) มากกว่ารอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้จากการใช้วิธี 5 – methylthioninhydrin ยกเว้นตัวอย่างกระดาษประเภทซองจดหมายสีขาว ที่ถูกประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ 1 สัปดาห์ และ 1 เดือน ก่อนการนำไปทาด้วยน้ำยา ตัวอย่างกระดาษประเภทซองใส่เอกสารสีน้ำตาล ที่ประทับรอยลายนิ้วมือแล้วนำไปทางด้วยน้ำยาทันที และที่ถูกประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ 6 ชั่วโมง ก่อนการนำไปทาด้วยน้ำยา และตัวอย่างกระดาษประเภทกล่องพัสดุไปรษณีย์สีน้ำตาล ที่ประทับรอยลายนิ้วมือแล้วนำไปทางด้วยน้ำยาทันที และที่ถูกประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ 1 เดือน ก่อนการนำไปทาด้วยน้ำยา พบว่ารอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้จากการใช้วิธี 5 – methylthioninhydrin จะให้จุดลักษณะพิเศษ (minutiae) มากกว่ารอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้จากการใช้วิธี ninhydrin




ภาพที่ 36 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบจุดลักษณะพิเศษ (minutiae) ของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้จากวิธี 1,2 - indanedione และวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride ของผู้ร่วมการทดลองที่ 1

จากแผนภูมิเปรียบเทียบจุดลักษณะพิเศษ (minutiae) ที่รอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองเพศชายที่ได้จากวิธี 1,2 - indanedione และวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride ข้างต้นพบว่าโดยส่วนใหญ่รอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้จากการใช้วิธี 1,2 - indanedione จะให้จุดลักษณะพิเศษ (minutiae) มากกว่ารอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้จากการใช้วิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride ยกเว้นตัวอย่างกระดาษประเภทซองจดหมายสีขาว ที่ถูกประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ 1 สัปดาห์ ก่อนการนำไปทาด้วยน้ำยา ตัวอย่างกระดาษประเภทกระดาษถ่ายเอกสารขนาด A4 สีขาว ที่ถูกประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง 1 สัปดาห์ และ 1 เดือน ก่อนการนำไปทาด้วยน้ำยา และตัวอย่างกระดาษประเภทซองใส่เอกสารสีน้ำตาล ที่ถูกประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ 1 สัปดาห์ ก่อนการนำไปทาด้วยน้ำยา พบว่ารอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้จากการใช้วิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride จะให้จุดลักษณะพิเศษ (minutiae) มากกว่ารอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้จากการใช้วิธี 1,2 - indanedione




ภาพที่ 37 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบจุดลักษณะพิเศษ (minutiae) ของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้จากวิธี 1,2 - indanedione และวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride ของผู้ร่วมการทดลองที่ 2

จากแผนภูมิเปรียบเทียบจุดลักษณะพิเศษ (minutiae) ที่รอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองเพศหญิงที่ได้จากวิธี 1,2 - indanedione และวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride ข้างต้นพบว่าโดยส่วนใหญ่รอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้จากการใช้วิธี 1,2 - indanedione จะให้จุดลักษณะพิเศษ (minutiae) มากกว่ารอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้จากการใช้วิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride ยกเว้นตัวอย่างกระดาษประเภทซองจดหมายสีขาว ที่ประทับรอยลายนิ้วมือแล้วนำไปทางด้วยน้ำยาทันที และที่ถูกประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ 1 เดือน ก่อนการนำไปทาด้วยน้ำยา ตัวอย่างกระดาษประเภทกระดาษถ่ายเอกสารขนาด A4 สีขาว ที่ถูกประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ 6 ชั่วโมง 1 สัปดาห์ และ 1 เดือน ก่อนการนำไปทาด้วยน้ำยา ตัวอย่างกระดาษประเภทซองใส่เอกสารสีน้ำตาล ที่ถูกประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ 1 เดือน ก่อนการนำไปทาด้วยน้ำยา ตัวอย่างกระดาษประเภทกล่องพัสดุไปรษณีย์สีน้ำตาล ที่ประทับรอยลายนิ้วมือแล้วนำไปทางด้วยน้ำยาทันที พบว่ารอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้จากการใช้วิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride จะให้จุดลักษณะพิเศษ (minutiae) มากกว่ารอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้จากการใช้วิธี 1,2 – indanedione

**ผลการวิเคราะห์ระดับคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงบนตัวอย่างกระดาษ**

การวิเคราะห์ความคมชัดของรอยนิ้วมือแฝงบนตัวอย่างกระดาษทั้ง 4 ชนิด คือ ซองจดหมายสีขาว กระดาษถ่ายเอกสารขนาด A4 สีขาว ซองใส่เอกสารสีน้ำตาล และกล่องพัสดุไปรษณีย์สีน้ำตาล ที่ใช้วิธีการหารอยลายนิ้วมือแฝงที่แตกต่างกันจำนวน 4 วิธี คือ วิธี ninhydrin วิธี 1,2 - indanedione วิธี 5 – methylthioninhydrin และวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride โดยการใช้ค่าเฉลี่ยของจุดตำหนิพิเศษ และการกำหนดค่าความคมชัดที่ถูกกำหนดขึ้นมาเฉพาะงานวิจัยนี้ โดยแบ่งเป็น 5 ช่วงความคมชัด ได้แก่

85.61 จุดขึ้นไป เป็นระดับ A ความคมชัดของลายนิ้วมืออยู่ในระดับสูงมาก

64.21 – 85.60 จุด เป็นระดับ B คือมีความคมชัดของลายนิ้วมืออยู่ในระดับสูง

42.81 – 64.20 จุด เป็นระดับ C คือมีความคมชัดของลายนิ้วมืออยู่ในระดับปานกลาง

21.41 – 42.80 จุด เป็นระดับ D คือมีความคมชัดของลายนิ้วมืออยู่ในระดับต่ำ

0 - 21.40 จุด เป็นระดับ E คือความคมชัดของลายนิ้วมืออยู่ในระดับต่ำมาก

รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 5 - 6

มหาวิทยาลัยศิลปากร

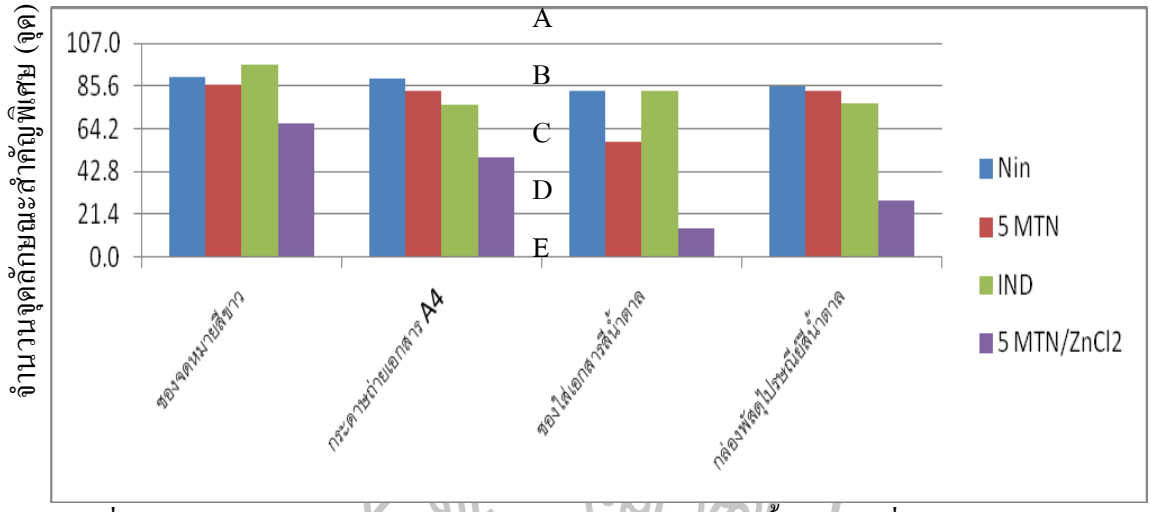
ตารางที่ 5 แสดงการวิเคราะห์เชิงคุณภาพของการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยวิธี ninhydrin วิธี 1,2 - indanedione วิธี 5 – methylthioninhydrin และ วิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride ของผู้ร่วมการทดลองที่ 1

| ช่วงเวลา | ซองจดหมายสีขาว | | | | กระดาษถ่ายเอกสาร A4 สีขาว | | | | ซองใส่เอกสารสีน้ำตาล | | | | กล่องพัสดุไปรษณีย์สีน้ำตาล | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nin | 5 MTN | IND | 5 MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5 MTN | IND | 5 MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5 MTN | IND | 5 MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5 MTN | IND | 5 MTN/$ZnCl_2$ |
| | $\bar{x}$ | $\bar{x}$ | $\bar{x}$ | $\bar{x}$ | $\bar{x}$ | $\bar{x}$ | $\bar{x}$ | $\bar{x}$ | $\bar{x}$ | $\bar{x}$ | $\bar{x}$ | $\bar{x}$ | $\bar{x}$ | $\bar{x}$ | $\bar{x}$ | $\bar{x}$ |
| ทันที | 90.3 | 86.0 | 96.0 | 67.0 | 89.3 | 83.0 | 76.3 | 50.0 | 83.0 | 57.6 | 83.0 | 14.6 | 85.6 | 83.0 | 76.6 | 28.3 |
| ระดับความคมชัด | A | A | A | B | A | A | B | C | B | C | B | E | B | B | B | D |
| 6 ชม. | 78.6 | 86.6 | 73.3 | 37.0 | 101.0 | 47.3 | 89.6 | 60.0 | 46.0 | 17.0 | 36.3 | 30.0 | 72.6 | 41.6 | 39.0 | 17.3 |
| ระดับความคมชัด | B | A | B | D | A | C | A | C | C | E | D | D | B | D | D | E |
| 12 ชม. | 84.0 | 70.6 | 65.0 | 22.6 | 76.0 | 46.0 | 71.3 | 34.3 | 36.6 | 6.6 | 66.6 | 15.3 | 52.3 | 34.3 | 67.6 | 12.6 |
| ระดับความคมชัด | B | B | B | D | B | C | B | D | D | E | B | E | C | D | B | E |
| 24 ชม. | 82.3 | 83.6 | 65.6 | 54.3 | 86.6 | 83.3 | 68.0 | 78.3 | 64.6 | 31.3 | 39.3 | 11.0 | 78.0 | 45.0 | 76.3 | 18.3 |
| ระดับความคมชัด | B | B | B | C | A | B | B | B | B | D | D | E | B | C | B | E |
| 1 สัปดาห์ | 55.3 | 57.0 | 41.3 | 58.3 | 74.0 | 46.0 | 42.3 | 54.6 | 36.0 | 12.6 | 19.6 | 59.0 | 25.6 | 17.0 | 36.0 | 14.0 |
| ระดับความคมชัด | C | C | D | C | B | C | D | C | D | E | E | C | D | E | D | E |
| 1 เดือน | 78.0 | 66.3 | 78.6 | 69.0 | 70.0 | 28.0 | 34.0 | 40.3 | 9.6 | 8.0 | 36.6 | 23.6 | 20.3 | 8.3 | 60.0 | 11.6 |
| ระดับความคมชัด | B | B | B | B | B | D | D | D | E | E | D | D | E | E | C | E |

ตารางที่ 6 แสดงการวิเคราะห์เชิงคุณภาพของการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยวิธี ninhydrin วิธี 1,2 - indanedione วิธี 5 – methylthioninhydrin และ วิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride ของผู้ร่วมการทดลองที่ 2

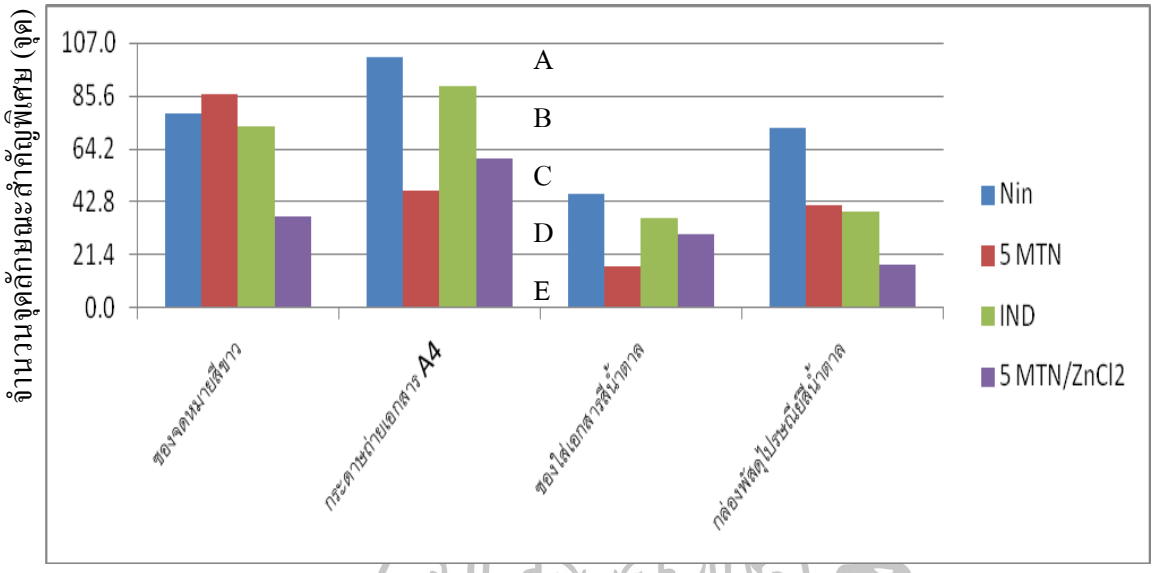
| ช่วงเวลา | ซองจดหมายสีขาว | | | | กระดาษถ่ายเอกสาร A4 สีขาว | | | | ซองใส่เอกสารสีน้ำตาล | | | | กล่องพัสดุไปรษณีย์สีน้ำตาล | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nin | 5 MTN | IND | 5 MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5 MTN | IND | 5 MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5 MTN | IND | 5 MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5 MTN | IND | 5 MTN/$ZnCl_2$ |
| | $\bar{x}$ | $\bar{x}$ | $\bar{x}$ | $\bar{x}$ | $\bar{x}$ | $\bar{x}$ | $\bar{x}$ | $\bar{x}$ | $\bar{x}$ | $\bar{x}$ | $\bar{x}$ | $\bar{x}$ | $\bar{x}$ | $\bar{x}$ | $\bar{x}$ | $\bar{x}$ |
| ทันที | 67.3 | 30.0 | 48.6 | 54.0 | 65.0 | 19.3 | 68.0 | 26.3 | 15.0 | 22.0 | 42.6 | 11.0 | 52.0 | 64.0 | 31.6 | 61.0 |
| ระดับความคมชัด | B | D | C | C | B | E | B | D | E | D | D | E | C | C | D | C |
| 6 ชม. | 22.6 | 11.0 | 68.3 | 60.0 | 24.8 | 8.6 | 19.3 | 40.6 | 10.6 | 12.6 | 35.3 | 18.3 | 12.0 | 6.0 | 33.0 | 22.0 |
| ระดับความคมชัด | D | E | C | C | D | E | E | D | E | E | D | E | E | E | D | D |
| 12 ชม. | 72.3 | 54.3 | 62.6 | 19.3 | 67.6 | 55.0 | 40.6 | 40.3 | 35.3 | 15.6 | 31.6 | 15.3 | 20.6 | 14.6 | 36.6 | 8.2 |
| ระดับความคมชัด | B | C | C | E | B | C | D | D | D | E | D | E | E | E | D | E |
| 24 ชม. | 76.6 | 67.3 | 33.6 | 25.3 | 58.0 | 37.0 | 68.0 | 18.6 | 28.0 | 12.3 | 17.3 | 11.0 | 52.0 | 26.3 | 26.6 | 12.3 |
| ระดับความคมชัด | B | B | D | D | C | D | B | E | D | E | E | E | C | D | D | E |
| 1 สัปดาห์ | 35.3 | 61.6 | 70.3 | 18.7 | 67.0 | 45.3 | 38.3 | 65.6 | 25.3 | 13.3 | 23.0 | 10.3 | 39.0 | 25.0 | 61.0 | 14.6 |
| ระดับความคมชัด | D | C | B | E | B | C | D | B | D | E | D | E | D | D | C | E |
| 1 เดือน | 8.0 | 12.3 | 28.6 | 42.0 | 21.0 | 9.0 | 56.0 | 67.6 | 7.6 | 5.3 | 9.0 | 9.6 | 6.6 | 8.0 | 16.6 | 9.3 |

เมื่อนำข้อมูลค่าเฉลี่ยของจุดลักษณะสำคัญพิเศษที่ได้ตามตารางข้างต้น มาแสดงเป็นแผนภูมิแท่งเพื่อเปรียบเทียบระดับคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ถูกประทับบนตัวอย่างกระดาษทั้ง 4 ชนิด โดยใช้วิธีแบบต่างๆ จะได้ผลการเปรียบเทียบดังแสดงในภาพที่ 38 - 49



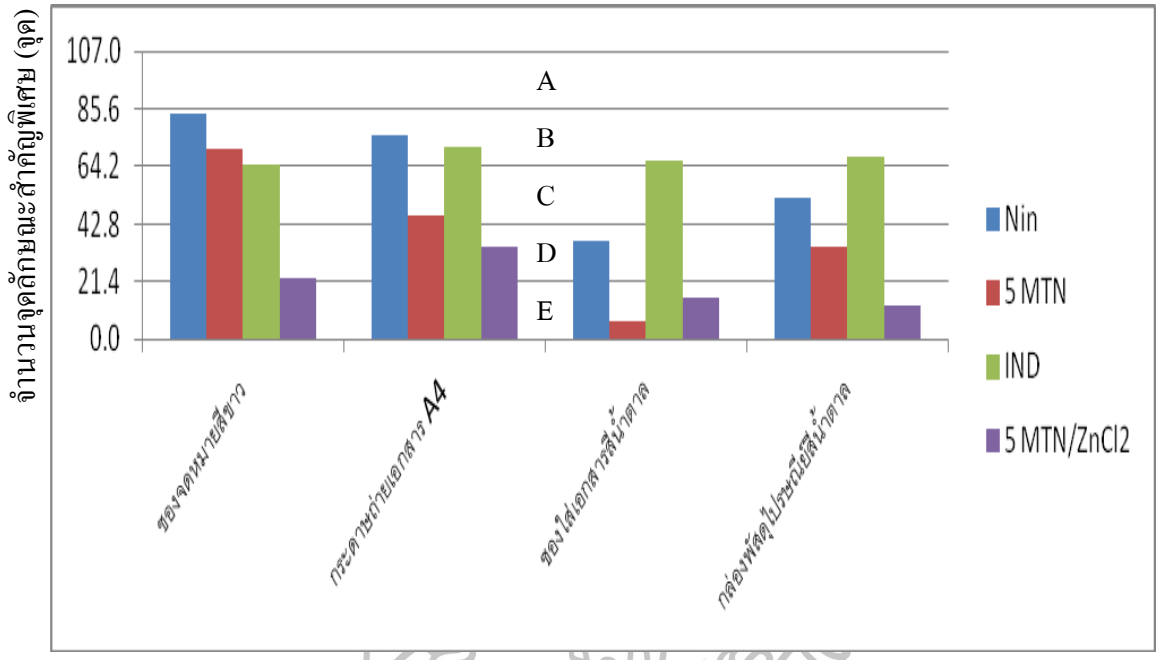

ภาพที่ 38 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ถูกประทับบนตัวอย่างกระดาษทั้ง 4 ชนิด และใช้วิธี ninhydrin วิธี 1,2 - indanedione วิธี 5 – methyl thioninhydrin และวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride หารอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองที่ 1 หลังจากการประทับรอยลายนิ้วมือทันที

จากแผนภูมิข้างต้นจะเห็นว่าเมื่อทำการประทับรอยลายนิ้วมือลงบนตัวอย่างกระดาษแล้วนำไปทาน้ำยาด้วยวิธีต่างๆ ทันที พบว่าตัวอย่างกระดาษซองจดหมายสีขาวจะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี 1,2 - indanedione โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ A – E ตัวอย่างกระดาษถ่ายเอกสารขนาด A4 สีขาว จะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี ninhydrin โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ A – E ตัวอย่างกระดาษซองใส่เอกสารสีน้ำตาล จะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี 1,2 - indanedione หรือ ninhydrin โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ B – E และตัวอย่างกระดาษกล่องพัสดุไปรษณีย์สีน้ำตาล จะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี ninhydrin โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ B – E ส่วนวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride นั้นพบว่าเป็นวิธีที่ได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่มีความคมชัดน้อยที่สุดในตัวอย่างกระดาษทุกแบบ โดยพบว่ารอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ B – E



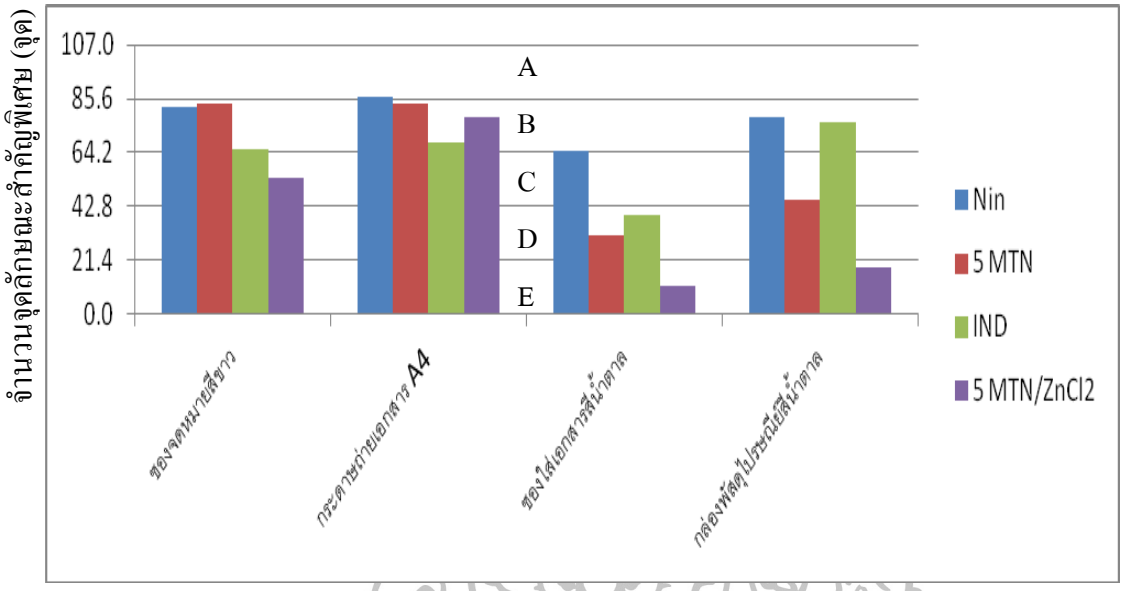

ภาพที่ 39 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ถูกประทับบนตัวอย่างกระดาษทั้ง 4 ชนิด และใช้วิธี ninhydrin วิธี 1,2 - indanedione วิธี 5 – methyl thioninhydrin และวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride หารอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองที่ 1 หลังจากการประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ 6 ชั่วโมง

จากแผนภูมิข้างต้นจะเห็นว่าเมื่อทำการประทับรอยลายนิ้วมือลงบนตัวอย่างกระดาษแล้วทิ้งไว้ 6 ชั่วโมงก่อนนำไปทาน้ำยาด้วยวิธีต่างๆ พบว่าตัวอย่างกระดาษซองจดหมายสีขาวจะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี 5 – methylthioninhydrin โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ B – E ตัวอย่างกระดาษถ่ายเอกสารขนาด A4 สีขาว จะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี ninhydrin โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ A – E ตัวอย่างกระดาษซองใส่เอกสารสีน้ำตาล จะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี ninhydrin โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ C – E เท่านั้น และตัวอย่างกระดาษกล่องพัสดุไปรษณีย์สีน้ำตาล จะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี ninhydrin โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ B – E ส่วนวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride นั้นพบว่าเป็นวิธีที่ได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่มีความคมชัดน้อยที่สุดในตัวอย่างกระดาษส่วนใหญ่



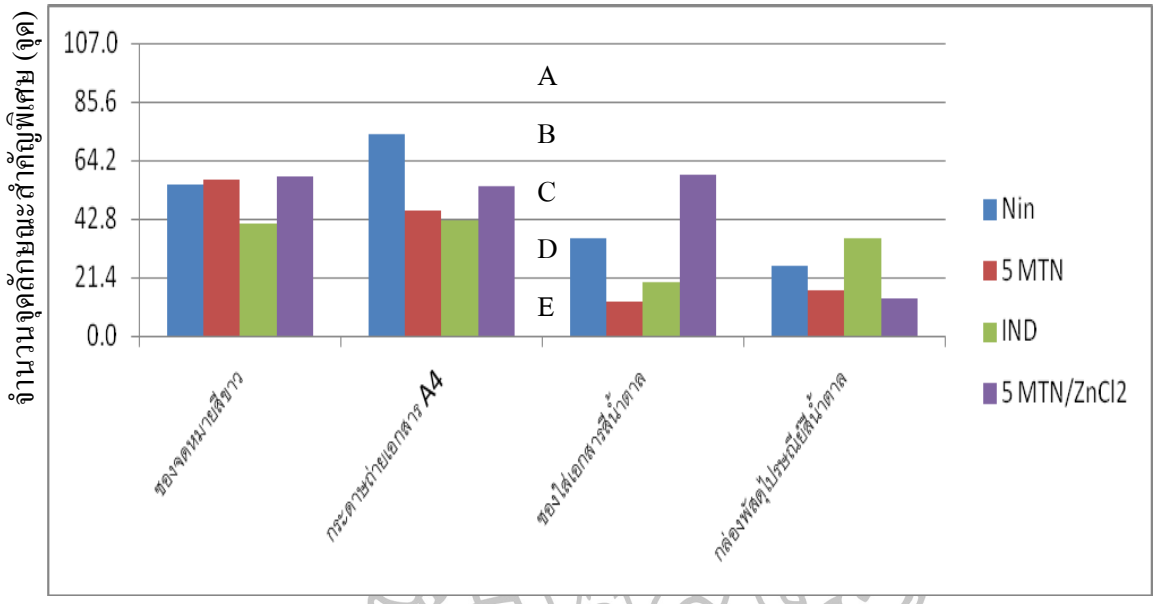

ภาพที่ 40 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ถูกประทับบนตัวอย่างกระดาษทั้ง 4 ชนิด และใช้วิธี ninhydrin วิธี 1,2 - indanedione วิธี 5 – methyl thioninhydrin และวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride หารอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองที่ 1 หลังจากการประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง

จากแผนภูมิข้างต้นจะเห็นว่าเมื่อทำการประทับรอยลายนิ้วมือลงบนตัวอย่างกระดาษแล้วทิ้งไว้ 12 ชั่วโมงก่อนนำไปทาน้ำยาด้วยวิธีต่างๆ พบว่าตัวอย่างกระดาษซองจดหมาย สีขาวจะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี ninhydrin โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ B – E ตัวอย่างกระดาษถ่ายเอกสารขนาด A4 สีขาว จะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี ninhydrin โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ B – E ตัวอย่างกระดาษซองใส่เอกสารสีน้ำตาล จะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี 1,2 - indanedione โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ B – E และตัวอย่างกระดาษกล่องพัสดุไปรษณีย์สีน้ำตาล จะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี 1,2 - indanedione โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ B – E ส่วนวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride นั้นพบว่าเป็นวิธีที่ได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่มีความคมชัดน้อยที่สุดในตัวอย่างกระดาษส่วนใหญ่



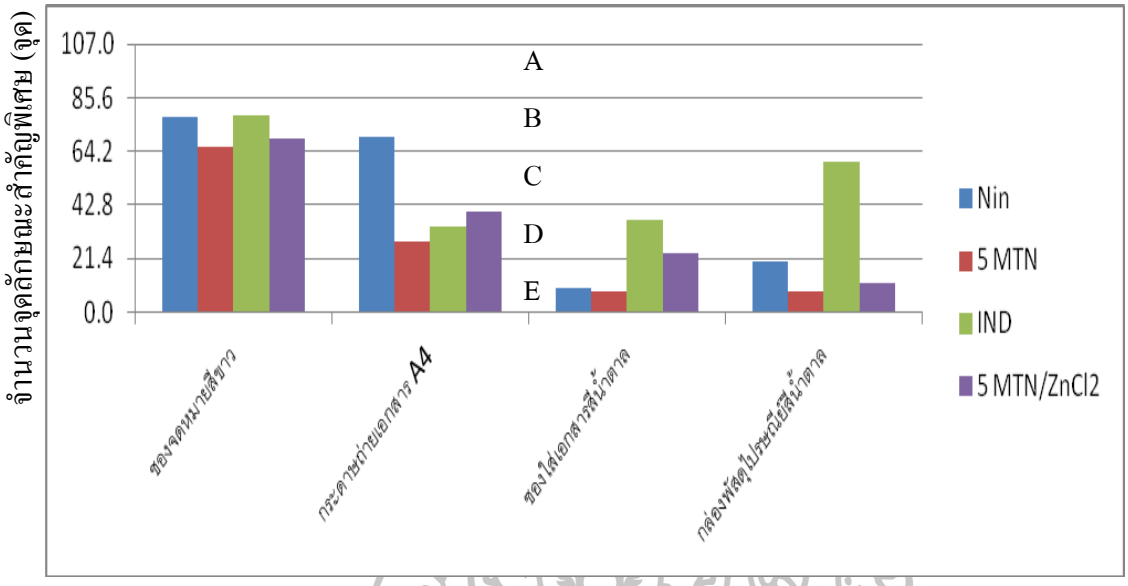

ภาพที่ 41 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ถูกประทับบนตัวอย่างกระดาษทั้ง 4 ชนิด และใช้วิธี ninhydrin วิธี 1,2 - indanedione วิธี 5 – methyl thioninhydrin และวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride หารอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองที่ 1 หลังจากการประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง

จากแผนภูมิข้างต้นจะเห็นว่าเมื่อทำการประทับรอยลายนิ้วมือลงบนตัวอย่างกระดาษแล้วทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงก่อนนำไปทาน้ำยาด้วยวิธีต่างๆ พบว่าตัวอย่างกระดาษซองจดหมายสีขาวจะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี 5 – methylthioninhydrin โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ B – E ตัวอย่างกระดาษถ่ายเอกสารขนาด A4 สีขาว จะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี ninhydrin โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ A – E ตัวอย่างกระดาษซองใส่เอกสารสีน้ำตาล จะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี ninhydrin โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ C – E และตัวอย่างกระดาษกล่องพัสดุไปรษณีย์สีน้ำตาล จะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี ninhydrin โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ B – E ส่วนวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride นั้นพบว่าเป็นวิธีที่ได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่มีความคมชัดน้อยที่สุดในตัวอย่างกระดาษส่วนใหญ่



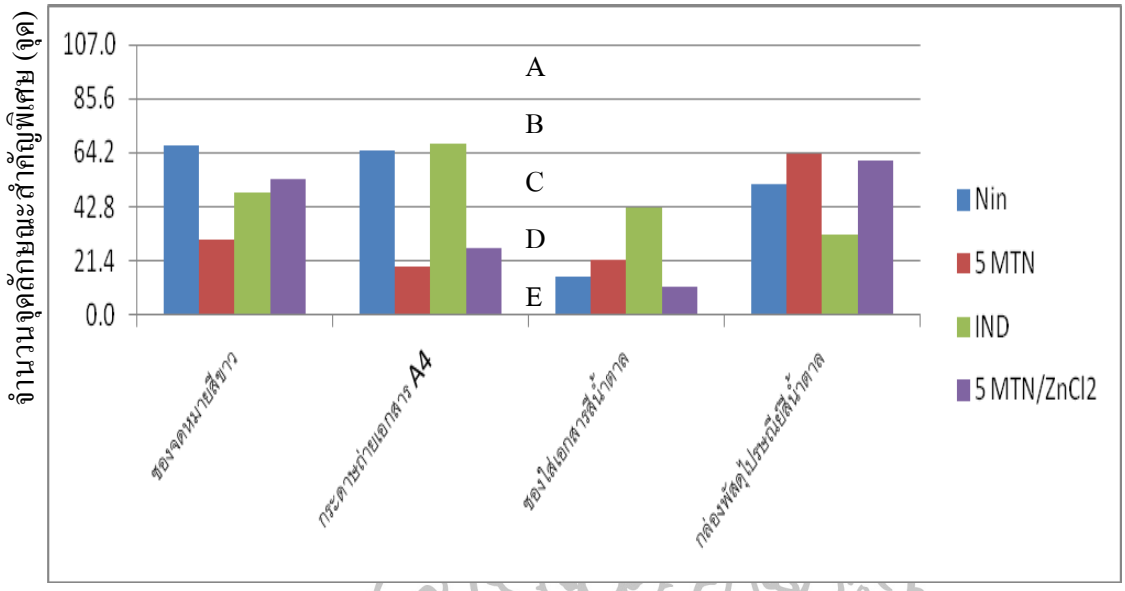

ภาพที่ 42 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ถูกประทับบนตัวอย่างกระดาษทั้ง 4 ชนิด และใช้วิธี ninhydrin วิธี 1,2 - indanedione วิธี 5 – methyl thioninhydrin และวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride หารอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองที่ 1 หลังจากการประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ 1 สัปดาห์

จากแผนภูมิข้างต้นจะเห็นว่าเมื่อทำการประทับรอยลายนิ้วมือลงบนตัวอย่างกระดาษแล้วทิ้งไว้ 1 สัปดาห์ ก่อนนำไปทาน้ำยาด้วยวิธีต่างๆ พบว่าตัวอย่างกระดาษซองจดหมายสีขาวจะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้ 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ C – E ตัวอย่างกระดาษถ่ายเอกสารขนาด A4 สีขาว จะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี ninhydrin โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ B – E ตัวอย่างกระดาษซองใส่เอกสารสีน้ำตาล จะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี 5 – methyl thioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ C – E และตัวอย่างกระดาษกล่องพัสดุไปรษณีย์สีน้ำตาล จะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี 1,2 - indanedione โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ D – E เท่านั้น



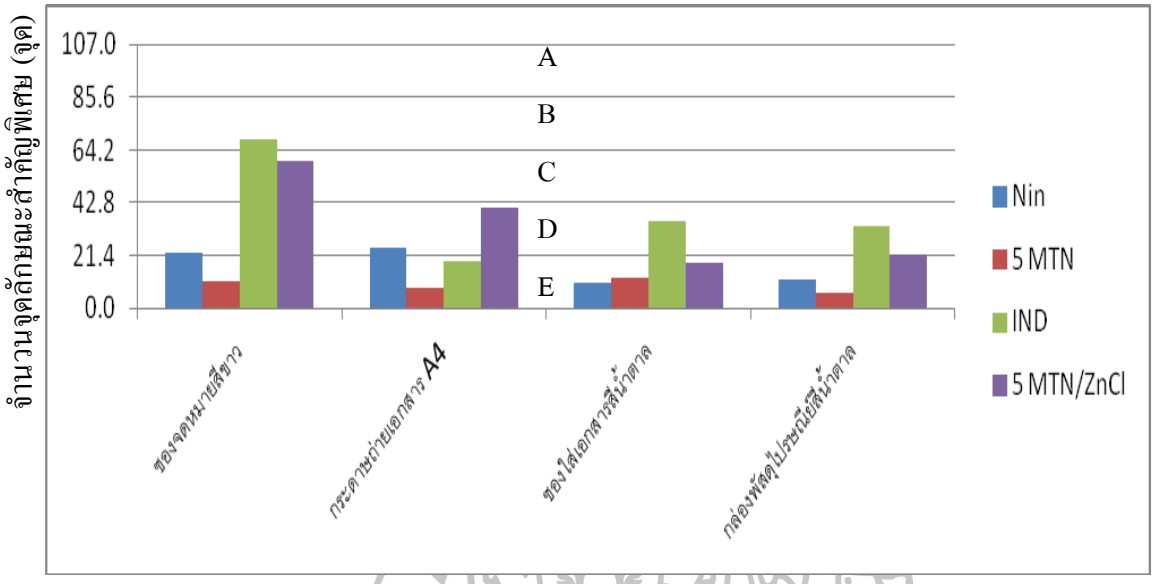

ภาพที่ 43 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ถูกประทับบนตัวอย่างกระดาษทั้ง 4 ชนิด และใช้วิธี ninhydrin วิธี 1,2 - indanedione วิธี 5 – methyl thioninhydrin และวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride หารอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองที่ 1 หลังจากการประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ 1 เดือน

จากแผนภูมิข้างต้นจะเห็นว่าเมื่อทำการประทับรอยลายนิ้วมือลงบนตัวอย่างกระดาษแล้วทิ้งไว้ 1 เดือน ก่อนนำไปทาน้ำยาด้วยวิธีต่างๆ พบว่าตัวอย่างกระดาษซองจดหมายสีขาวจะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี ninhydrin หรือวิธี 1,2 - indanedione โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ B – E ตัวอย่างกระดาษถ่ายเอกสารขนาด A4 สีขาวจะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี ninhydrin โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ B – E ตัวอย่างกระดาษซองใส่เอกสารสีน้ำตาล จะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี 1,2 - indanedione โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ D – E และตัวอย่างกระดาษกล่องพัสดุไปรษณีย์สีน้ำตาลจะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี ninhydrin โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ C – E ส่วนวิธี 5 – methylthioninhydrin นั้นพบว่าเป็นวิธีที่ได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่มีความคมชัดน้อยที่สุดในตัวอย่างกระดาษทุกแบบ



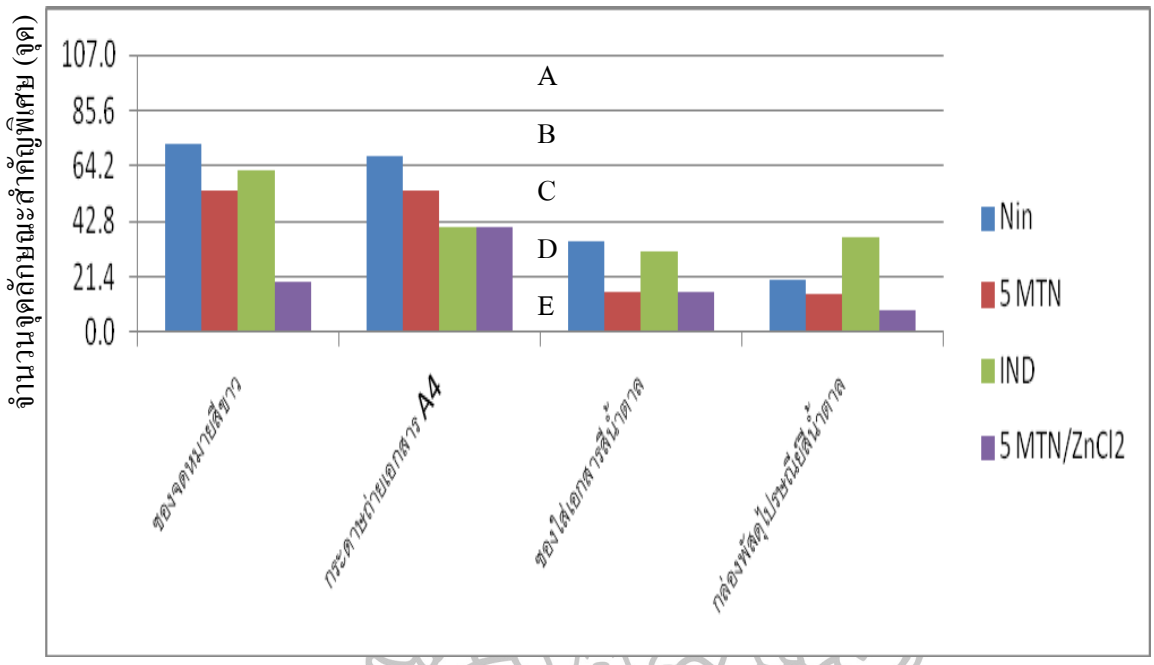

ภาพที่ 44 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ถูกประทับบนตัวอย่างกระดาษทั้ง 4 ชนิด และใช้วิธี ninhydrin วิธี 1,2 - indanedione วิธี 5 – methyl thioninhydrin และวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride หารอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองที่ 2 หลังจากการประทับรอยลายนิ้วมือทันที

จากแผนภูมิข้างต้นจะเห็นว่าเมื่อทำการประทับรอยลายนิ้วมือลงบนตัวอย่างกระดาษแล้วนำไปทาน้ำยาด้วยวิธีต่างๆ ทันที พบว่าตัวอย่างกระดาษซองจดหมายสีขาวจะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี ninhydrin โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ B – E ตัวอย่างกระดาษถ่ายเอกสารขนาด A4 สีขาว จะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี 1,2 - indanedione โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ B – E ตัวอย่างกระดาษซองใส่เอกสารสีน้ำตาล จะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี 1,2 - indanedione โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ D – E และตัวอย่างกระดาษกล่องพัสดุไปรษณีย์สีน้ำตาล จะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี 5 – methylthioninhydrin โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ C – E



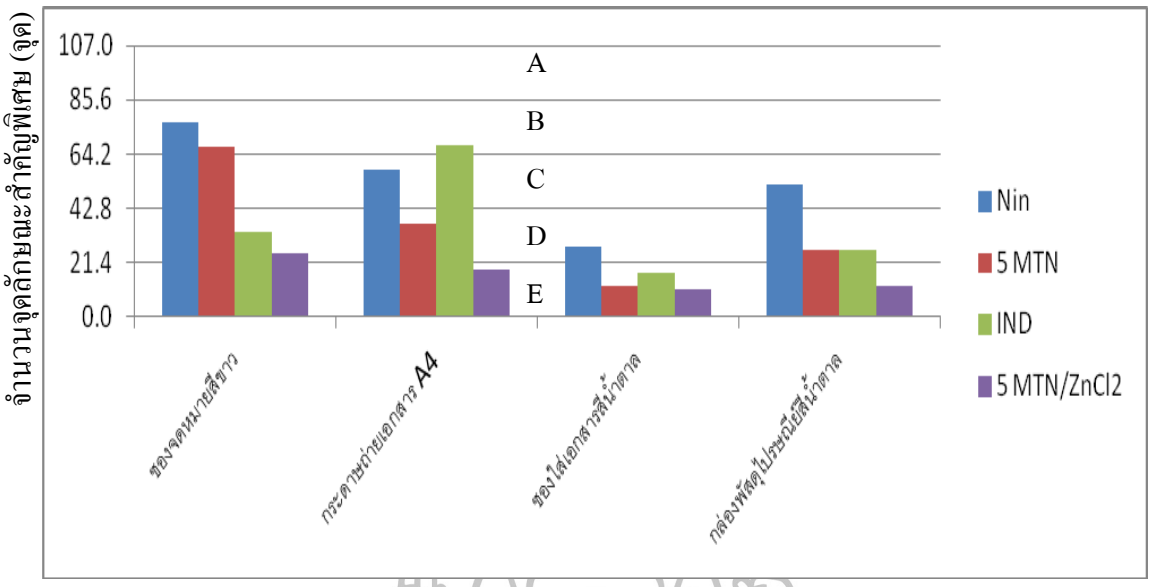

ภาพที่ 45 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ถูกประทับบนตัวอย่างกระดาษทั้ง 4 ชนิด และใช้วิธี ninhydrin วิธี 1,2 - indanedione วิธี 5 – methyl thioninhydrin และวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride หารอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองที่ 2 หลังจากการประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ 6 ชั่วโมง

จากแผนภูมิข้างต้นจะเห็นว่าเมื่อทำการประทับรอยลายนิ้วมือลงบนตัวอย่างกระดาษแล้วทิ้งไว้ 6 ชั่วโมงก่อนนำไปทาน้ำยาด้วยวิธีต่างๆ พบว่าตัวอย่างกระดาษซองจดหมายสีขาวจะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี 1,2 - indanedione โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ B – E ตัวอย่างกระดาษถ่ายเอกสารขนาด A4 สีขาว จะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ D – E ตัวอย่างกระดาษซองใส่เอกสารสีน้ำตาล จะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี 1,2 - indanedione โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ D – E เท่านั้น และตัวอย่างกระดาษ กล่องพัสดุไปรษณีย์สีน้ำตาล จะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี 1,2 - indanedione โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ D – E ส่วนวิธี 5 – methyl thioninhydrin วิธีที่ได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่มีความคมชัดน้อยที่สุดในตัวอย่างกระดาษส่วนใหญ่



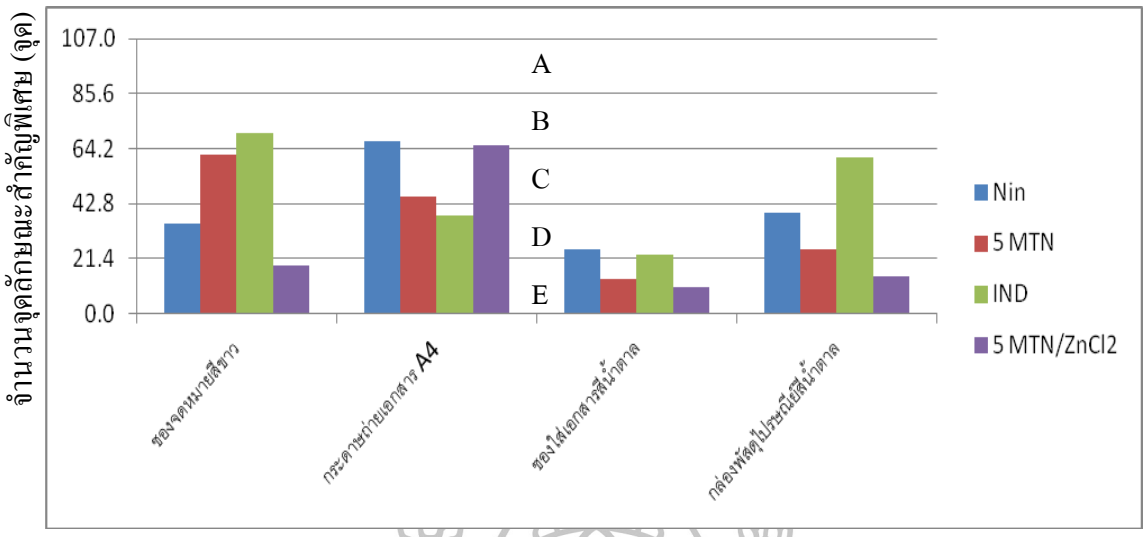

ภาพที่ 46 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ถูกประทับบนตัวอย่างกระดาษทั้ง 4 ชนิด และใช้วิธี ninhydrin วิธี 1,2 - indanedione วิธี 5 – methyl thioninhydrin และวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride หารอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองที่ 2 หลังจากการประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง

จากแผนภูมิข้างต้นจะเห็นว่าเมื่อทำการประทับรอยลายนิ้วมือลงบนตัวอย่างกระดาษแล้วทิ้งไว้ 12 ชั่วโมงก่อนนำไปทาน้ำยาด้วยวิธีต่างๆ พบว่าตัวอย่างกระดาษซองจดหมายสีขาวจะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี ninhydrin โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ B – E ตัวอย่างกระดาษถ่ายเอกสารขนาด A4 สีขาว จะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี ninhydrin โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ B – E ตัวอย่างกระดาษซองใส่เอกสารสีน้ำตาลจะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี ninhydrin โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ D – E และตัวอย่างกระดาษกล่องพัสดุไปรษณีย์สีน้ำตาล จะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี 1,2 - indanedione โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ D – E ส่วนวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride เป็นวิธีที่ได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่มีความคมชัดน้อยที่สุดในตัวอย่างกระดาษทุกแบบ



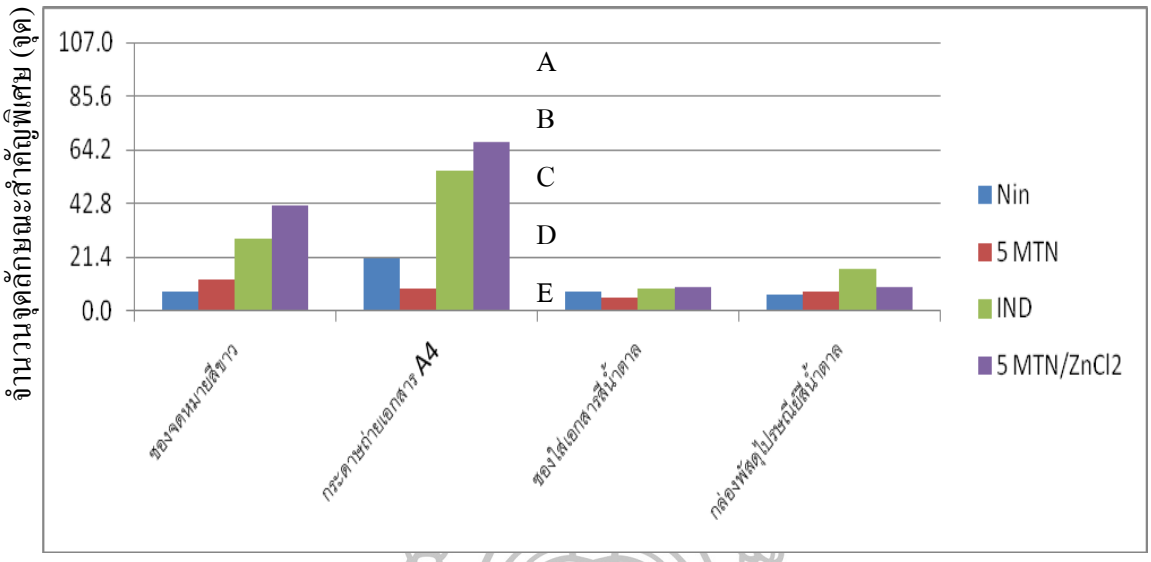

ภาพที่ 47 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ถูกประทับบนตัวอย่างกระดาษทั้ง 4 ชนิด และใช้วิธี ninhydrin วิธี 1,2 - indanedione วิธี 5 – methyl thioninhydrin และวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride หารอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองที่ 2 หลังจากการประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง

จากแผนภูมิข้างต้นจะเห็นว่าเมื่อทำการประทับรอยลายนิ้วมือลงบนตัวอย่างกระดาษแล้วทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงก่อนนำไปทาน้ำยาด้วยวิธีต่างๆ พบว่าตัวอย่างกระดาษซองจดหมายสีขาวจะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี ninhydrin โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ B – E ตัวอย่างกระดาษถ่ายเอกสารขนาด A4 สีขาว จะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี 1,2 - indanedione โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ B – E ตัวอย่างกระดาษซองใส่เอกสารสีน้ำตาลจะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี ninhydrin โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ D – E และตัวอย่างกระดาษกล่องพัสดุไปรษณีย์สีน้ำตาล จะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี ninhydrin โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ C – E ส่วนวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride เป็นวิธีที่ได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่มีความคมชัดน้อยที่สุดในตัวอย่างกระดาษทุกแบบ




ภาพที่ 48 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ถูกประทับบนตัวอย่างกระดาษทั้ง 4 ชนิด และใช้วิธี ninhydrin วิธี 1,2 - indanedione วิธี 5 – methyl thioninhydrin และวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride หารอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองที่ 2 หลังจากการประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ 1 สัปดาห์

จากแผนภูมิข้างต้นจะเห็นว่าเมื่อทำการประทับรอยลายนิ้วมือลงบนตัวอย่างกระดาษแล้วทิ้งไว้ 1 สัปดาห์ ก่อนนำไปทาน้ำยาด้วยวิธีต่างๆ พบว่าตัวอย่างกระดาษซองจดหมายสีขาวจะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี 1,2 - indanedione โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ B – E ตัวอย่างกระดาษถ่ายเอกสารขนาด A4 สีขาว จะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี ninhydrin โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ B – E ตัวอย่างกระดาษซองใส่เอกสารสีน้ำตาลจะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี ninhydrin โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ D – E และตัวอย่างกระดาษกล่องพัสดุไปรษณีย์สีน้ำตาล จะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี 1,2 - indanedione โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ C – E ส่วนวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride เป็นวิธีที่ได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่มีความคมชัดน้อยที่สุดในตัวอย่างกระดาษส่วนใหญ่




ภาพที่ 49 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ถูกประทับบนตัวอย่างกระดาษทั้ง 4 ชนิด และใช้วิธี ninhydrin วิธี 1,2 - indanedione วิธี 5 – methyl thioninhydrin และวิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride หารอยลายนิ้วมือแฝงของผู้ร่วมการทดลองที่ 2 หลังจากการประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ 1 เดือน

จากแผนภูมิข้างต้นจะเห็นว่าเมื่อทำการประทับรอยลายนิ้วมือลงบนตัวอย่างกระดาษแล้วทิ้งไว้ 1 เดือน ก่อนนำไปทาน้ำยาด้วยวิธีต่างๆ พบว่าตัวอย่างกระดาษซองจดหมายสีขาวจะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ D – E ตัวอย่างกระดาษถ่ายเอกสารขนาด A4 สีขาว จะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ B – E ตัวอย่างกระดาษซองใส่เอกสารสีน้ำตาลจะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี 5 – methylthioninhydrin แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ E เท่านั้น และตัวอย่างกระดาษกล่องพัสดุไปรษณีย์สีน้ำตาล จะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัดที่สุดเมื่อใช้วิธี 1,2 - indanedione โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้นั้นอยู่ในระดับความคมชัดตั้งแต่ระดับ E เท่านั้นเช่นกัน

# บทที่ 5
# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยวิธี 5 - methylthioninhydrin (5MTN) กับเทคนิค ninhydrin ซึ่งจะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่มองเห็นด้วยตาเปล่าภายใต้แสงปกติ และวิธี 5 - methylthioninhydrin (5MTN) แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride กับวิธี 1,2 - indanedione ซึ่งจะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่เรืองแสงได้ที่ความยาวคลื่นในช่วง 495 – 550 นาโนเมตร(ใช้ชุดไฟฉายหลายความถี่แสงสีเขียว ผ่านฟิลเตอร์สีส้ม) บนตัวอย่างกระดาษ 4 ชนิด ที่มักพบเป็นส่วนใหญ่ในสถานที่เกิดเหตุ ได้แก่ ซองจดหมายสีขาว กระดาษถ่ายเอกสารขนาด A4 สีขาว ซองใส่เอกสารสีน้ำตาล และกล่องพัสดุไปรษณีย์สีน้ำตาล ภายใต้สภาวะในประเทศไทย โดยใช้ผู้ร่วมการทดลองจำนวน 2 คน เป็นตัวแทนของบุคคลที่มีเหงื่อน้อยและเหงื่อมาก ประทับรอยลายนิ้วมือลงบนตัวอย่างกระดาษแต่ละแบบ และทิ้งไว้ตามระยะเวลาที่แตกต่างกันจำนวน 6 ช่วงเวลาก่อนที่จะนำไปหารอยลายนิ้วมือแฝง ได้แก่ นำไปหารอยลายนิ้วมือแฝงทันที ทิ้งไว้ 6 ชั่วโมง ทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ทิ้งไว้ 1 สัปดาห์ และทิ้งไว้ 1 เดือน จากนั้นนำไปทาน้ำยาด้วยวิธีต่างๆ จำนวน 4 วิธีข้างต้น และนำรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้ไปนับจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (minutiae) ด้วยด้วยเครื่องตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ (MINI AFIS) จากนั้นนำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ผล

## สรุปผลการวิจัย

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการหารอยลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษแต่ละประเภทด้วยวิธีการใช้ 5MTN กับวิธีการใช้ ninhydrin ซึ่งจะให้รอยลายนิ้วมือแฝงที่มองเห็นด้วยตาเปล่าภายใต้แสงปกติ พบว่ารอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้จากวิธีการใช้ ninhydrin มีความคมชัดและมีประสิทธิภาพมากกว่ารอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้จากวิธีการใช้ 5MTN และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยวิธีการใช้ 5MTN แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride กับวิธีการใช้ 1,2 - indanedione ซึ่งจะได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่เรืองแสงที่ความยาวคลื่นในช่วง 495 – 550 นาโนเมตร พบว่ารอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้จากวิธีการใช้ 1,2 - indanedione มีความคมชัดและมีประสิทธิภาพมากกว่ารอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้จากวิธีการใช้ 5MTN แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride

โดยเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหารอยลายนิ้วมือแฝงทั้ง 4 วิธี พบว่าวิธีที่สามารถหารอยลายนิ้วมือแฝงได้ดีที่สุดในภาพรวมคือวิธีการใช้ ninhydrin ส่วนวิธีที่หารอยลายนิ้วมือแฝงได้ด้อยที่สุดในภาพรวมคือวิธีการใช้ 5MTN แล้วทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride ซึ่งให้ผลการทดลองที่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับผลการทดลองในงานวิจัยของ Nadia Porpiglia และคณะ ซึ่งพบว่าวิธี ninhydrin เป็นวิธีที่ให้รอยลายนิ้วมือแฝงที่มีประสิทธิภาพมากกว่าวิธี 5MTN และเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามพบว่าวิธี การใช้ 5MTN และวิธีการใช้ 5MTN แล้ว ทาทับด้วยสารละลาย zinc chloride มีแนวโน้มที่จะหารอยลายนิ้วมือแฝงที่มีความคมชัดได้ใกล้เคียงกับวิธี ninhydrin และวิธี 1,2 - indanedione เมื่อระยะเวลาในการประทับรอยลายนิ้วมือและทิ้งไว้นานขึ้น ก่อนที่จะนำมาหารอยลายนิ้วมือแฝง

และจากการทดลองไม่สามารถสรุปผลได้ว่าการใช้เทคนิควิธี 5MTN ร่วมกับสารละลาย zinc chloride แล้วจะทำให้ความชัดเจนของรอยลายนิ้วมือแฝงเพิ่มขึ้นหรือไม่ เนื่องจากผลการทดลองที่ได้ไม่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน

**ข้อเสนอแนะจากการวิจัย**

จากการทดลองได้เลือกใช้สารละลาย zinc chloride ที่มีความเข้มข้น 3% โดยมวลต่อปริมาตร แต่ผลการทดลองที่ได้นั้นพบว่าเมื่อมีการใช้สารละลาย zinc chloride ทาทับรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้จากเทคนิควิธี 5 - methylthioninhydrin แล้ว จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (minutiae) ที่นับด้วยเครื่องตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ (MINI AFIS) มีแนวโน้นลดลง ซึ่งอาจจะเกิดจากความเข้มข้นของสารละลาย zinc chloride ไม่เหมาะสม ดังนั้นควรมีการทดลองหาความเข้มข้นของสารละลาย zinc chloride ที่ทำให้หารอยลายนิ้วมือแฝงได้ดีที่สุด ก่อนนำความเข้มข้นนั้นมาใช้ในการทดลองต่อไป

จากผลการทดลองพบว่าค่าจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (minutiae) ที่นับด้วยเครื่องตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ (MINI AFIS) ในการทดลองแต่ละแบบนั้นมีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก จึงควรทำการทดลองซ้ำหลายครั้งขึ้น

จากการทดลองได้เลือกใช้วิธีการทาสารละลายโดยการใช้แปรงทาสารละลายทาลงไปบนผิวตัวอย่างกระดาษ จึงทำให้รอยลายนิ้วมือแฝงบางส่วนที่ได้ในการทดลองมีรอยลายเส้นของแปรงทาสารละลายรบกวน จึงควรเลือกใช้วิธีการสเปรย์สารละลายลงบนตัวอย่างกระดาษแทนการใช้แปรงทาสารละลาย

**ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป**

1. ควรเพิ่มระยะเวลาในการประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ ก่อนการหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยเทคนิควิธีต่างๆ เพื่อศึกษารอยลายนิ้วมือแฝงที่เกิดขึ้นมาแล้วเป็นเวลานานๆ

2. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในกระดาษชนิดอื่นๆ ที่มักพบในสถานที่เกิดเหตุให้มีความหลากหลายมากขึ้น

3. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในการใช้สารเคมีชนิดอื่นๆ หรือเทคนิควิธีอื่นๆ

4. ควรเพิ่มจำนวนอาสาสมัครให้มากกว่านี้เพื่อเปรียบเทียบรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏ

5. สารเคมีส่วนใหญ่ที่ใช้งานวิจัยครั้งนี้ ควรหาสารเคมีที่ผลิตและขายในประเทศมาศึกษาแทนสารเคมีที่ซื้อมาจากต่างประเทศได้เพื่อนเป็นการลดค่าใช้จ่าย

มหาวิทยาลัยศิลปากร

# รายการอ้างอิง


**ภาษาไทย**

กองพิสูจน์หลักฐาน. กลุ่มงานตรวจลายนิ้วมือแฝง. (2552). "คู่มืออุปกรณ์ในการตรวจพิสูจน์รอยลายนิ้วมือ ฝ่ามือ และฝ่าเท้าแฝง." 13 กุมภาพันธ์.

เพ็ญทิพย์ สุตธรรม. (2551). "การตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษหลายชนิดด้วย 1,2-indanedione" วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

พันตำรวจตรีหญิงนันทกาล ตาลจินดา. (2555). "การตรวจเก็บลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอลด้วยวิธีการรมไอโอดีนวิธีนินไฮดรินและ วิธี 1,2 อินแดนไดโอน" วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

อรรถพล แช่มสุวรรณวงศ์ และคณะ. (2546). **นิติวิทยาศาสตร์ 2 เพื่อการสืบสวนสอบสวน**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร : บริษัท ทีซีจี พริ้นติ้ง จำกัด.

**ภาษาอังกฤษ**

Nadia Porpiglia,Stephen Bleay ,Lesley Fitzgerald and Leon Barron .(2011) . "An assessment of effectiveness of 5-methylthioninhydrin within dual action reagents for latent fingerprint deveropment on paper substrates " **Science and Justice** , (April): 7.

Christie, Wallace-kunkel, et al.. (2008). "Optimisation and evaluation of 1,2-indanedione for use as a fingermark reagent and its application to real samples." **Forensic Science International** Vols 168 (January) : 14-26.

# ภาคผนวก

ตารางที่ 7 ตารางบันทึกข้อมูลของจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษที่ตรวจพบจากตัวอย่างกระดาษ ของผู้ร่วมทดลองที่ 1

| ครั้งที่ | ช่วงเวลา ทันที | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ซองกระดาษสีขาว | | | | กระดาษถ่ายเอกสารขนาด A4 สีขาว | | | | ซองใส่เอกสาร สีน้ำตาล | | | | กล่องพัสดุไปรษณีย์ สีน้ำตาล | | | |
| | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| x | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ครั้งที่ | ช่วงเวลา 6 ชั่วโมง | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ซองกระดาษสีขาว | | | | กระดาษถ่ายเอกสารขนาด A4 สีขาว | | | | ซองใส่เอกสาร สีน้ำตาล | | | | กล่องพัสดุไปรษณีย์ สีน้ำตาล | | | |
| | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| x | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ครั้งที่ | ช่วงเวลา 12 ชั่วโมง | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ซองกระดาษสีขาว | | | | กระดาษถ่ายเอกสารขนาด A4 สีขาว | | | | ซองใส่เอกสาร สีน้ำตาล | | | | กล่องพัสดุไปรษณีย์ สีน้ำตาล | | | |
| | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| x | | | | | | | | | | | | | | | | |

| ครั้งที่ | ช่วงเวลา 24 ชั่วโมง | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ซองกระดาษสีขาว | | | | กระดาษถ่ายเอกสารขนาด A4 สีขาว | | | | ซองใส่เอกสาร สีน้ำตาล | | | | กล่องพัสดุไปรษณีย์ สีน้ำตาล | | | |
| | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| x | | | | | | | | | | | | | | | | |

| ครั้งที่ | ช่วงเวลา 1 สัปดาห์ | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ซองกระดาษสีขาว | | | | กระดาษถ่ายเอกสารขนาด A4 สีขาว | | | | ซองใส่เอกสาร สีน้ำตาล | | | | กล่องพัสดุไปรษณีย์ สีน้ำตาล | | | |
| | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| x | | | | | | | | | | | | | | | | |

| ครั้งที่ | ช่วงเวลา 1 เดือน | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ซองกระดาษสีขาว | | | | กระดาษถ่ายเอกสารขนาด A4 สีขาว | | | | ซองใส่เอกสาร สีน้ำตาล | | | | กล่องพัสดุไปรษณีย์ สีน้ำตาล | | | |
| | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| x | | | | | | | | | | | | | | | | |

ตารางที่ 8 ตารางบันทึกข้อมูลของจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษที่ตรวจพบบนตัวอย่างกระดาษ ของผู้ร่วมทดลองที่ 2

| ครั้งที่ | ช่วงเวลา ทันที | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ซองกระดาษสีขาว | | | | กระดาษถ่ายเอกสารขนาด A4 สีขาว | | | | ซองใส่เอกสาร สีน้ำตาล | | | | กล่องพัสดุไปรษณีย์ สีน้ำตาล | | | |
| | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| x | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ครั้งที่ | ช่วงเวลา 6 ชั่วโมง | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ซองกระดาษสีขาว | | | | กระดาษถ่ายเอกสารขนาด A4 สีขาว | | | | ซองใส่เอกสาร สีน้ำตาล | | | | กล่องพัสดุไปรษณีย์ สีน้ำตาล | | | |
| | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| x | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ครั้งที่ | ช่วงเวลา 12 ชั่วโมง | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ซองกระดาษสีขาว | | | | กระดาษถ่ายเอกสารขนาด A4 สีขาว | | | | ซองใส่เอกสาร สีน้ำตาล | | | | กล่องพัสดุไปรษณีย์ สีน้ำตาล | | | |
| | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| x | | | | | | | | | | | | | | | | |

| ครั้งที่ | ช่วงเวลา 24 ชั่วโมง | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ซองกระดาษสีขาว | | | | กระดาษถ่ายเอกสารขนาด A4 สีขาว | | | | ซองใส่เอกสาร สีน้ำตาล | | | | กล่องพัสดุไปรษณีย์ สีน้ำตาล | | | |
| | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| x | | | | | | | | | | | | | | | | |

| ครั้งที่ | ช่วงเวลา 1 สัปดาห์ | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ซองกระดาษสีขาว | | | | กระดาษถ่ายเอกสารขนาด A4 สีขาว | | | | ซองใส่เอกสาร สีน้ำตาล | | | | กล่องพัสดุไปรษณีย์ สีน้ำตาล | | | |
| | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| x | | | | | | | | | | | | | | | | |

| ครั้งที่ | ช่วงเวลา 1 เดือน | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ซองกระดาษสีขาว | | | | กระดาษถ่ายเอกสารขนาด A4 สีขาว | | | | ซองใส่เอกสาร สีน้ำตาล | | | | กล่องพัสดุไปรษณีย์ สีน้ำตาล | | | |
| | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ | Nin | 5MTN | IND | 5MTN/$ZnCl_2$ |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| x | | | | | | | | | | | | | | | | |

# ประวัติผู้วิจัย

| | |
|---|---|
| ชื่อ – สกุล | ร้อยตำรวจเอกหญิง ดุษฎี เพ็ญสวัสดิ์ |
| ที่อยู่ | บ้านเลขที่ 273/1 หมู่ 10 ตำบลเกาะหมาก อำเภอปากพะยูน จังหวัดพัทลุง 93120 |
| สถานที่ทำงาน | กลุ่มงานตรวจสถานที่เกิดเหตุ กองพิสูจน์หลักฐานกลาง ถนนอังรีดูนังต์ แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330 |
| ประวัติการศึกษา | |
| พ.ศ.2551 | สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร |
| ประวัติการทำงาน | |
| พ.ศ.2552 – ปัจจุบัน | นักวิทยาศาสตร์ (สบ 1) กลุ่มงานตรวจสถานที่เกิดเหตุ กองพิสูจน์หลักฐานกลาง |

มหาวิทยาลัยศิลปากร