การพัฒนาการหาลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวที่เป็นโลหะโดยวิธีเคมีไฟฟ้า
The Development of Latent Fingerprints Detection on Metallic Substrate by Electrochemical Method

ยามีละห์ กาเร็ง
Yameelah Kareng

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Forensic Science
Prince of Songkla University
2562
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การพัฒนาการหาลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวที่เป็นโลหะโดยวิธีเคมีไฟฟ้า
The Development of Latent Fingerprints Detection on Metallic Substrate by Electrochemical Method

ยามีละห์ กาเร็ง
Yameelah Kareng

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Forensic Science
Prince of Songkla University
2562

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาการหาลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวที่เป็นโลหะโดยวิธีเคมีไฟฟ้า
ผู้เขียน นางสาวยามีละห์ กาเร็ง
สาขาวิชา นิติวิทยาศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรากร ลิ่มบุตร)

คณะกรรมการสอบ

....ประธานกรรมการ
(ดร. ภมรรัตน์ เกื้อเส้ง)

....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรากร ลิ่มบุตร)

....กรรมการ
(ดร. อภิชัย พลชัย)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

....
(ศาสตราจารย์ ดร.ดำรงศักดิ์ ฟ้ารุ่งสาง)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ ....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรากร ลิ่มบุตร)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลงชื่อ ....
(นางสาวยามีละห์ กาเร็ง)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ ....

(นางสาวยามีละห์ กาเร็ง)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาการหาลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวที่เป็นโลหะโดยวิธีเคมีไฟฟ้า

ผู้เขียน นางสาวยามีละห์ กาเร็ง

สาขาวิชา นิติวิทยาศาสตร์

ปีการศึกษา 2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาวิธีการตรวจหารอยนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวของวัตถุพยานที่เป็นโลหะที่ง่าย สะดวก และรวดเร็ว ด้วยวิธีการเกาะติดทางเคมีไฟฟ้าโดยใช้สารละลายผสมของเงินไอออนและทองแดงไอออนในดิฟยูเทกติกโซเวน (Deep Eutectic Solvent) โดยการต่อขั้วแอโนดเข้ากับวัตถุพยานที่เป็นโลหะที่ต้องการหาลายนิ้วมือแฝง และต่อขั้วแคโทดเข้ากับสำลีที่ใช้จุ่มลงในสารละลายผสมของเงินไอออนและทองแดงไอออน จากนั้นวางสำลีบนวัตถุพยานที่เป็นโลหะบริเวณที่ต้องการหาลายนิ้วมือแฝง ในงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของค่าศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า เวลาที่ใช้ในการเกาะติด และอัตราส่วนของสารละลาย จากผลการศึกษาพบว่าทุกภาพปรากฏรอยนิ้วมือแฝงชัดเจน สามารถชี้จุดลักษณะสำคัญพิเศษได้อย่างน้อย 12 จุด ที่ศักย์ไฟฟ้า 5.0 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 1.5 แอมแปร์ เวลา 30 วินาที และที่อัตราส่วนของสารละลายผสมของเงินและทองแดง 1:1 นอกจากนี้พบว่าวิธีที่พัฒนาขึ้นนี้มีความสามารถในการทำซ้ำที่ดี โดยวิธีการตรวจหารอยนิ้วมือแฝงที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในทางนิติวิทยาศาสตร์ได้

Thesis Title The development of latent fingerprints detection on metallic substrate by electrochemical method

Author Miss Yameelah Kareng

Major Program Forensic science

Academic Year 2019

Abstract

The development of the facile and rapid method for visualizing latent fingerprint (LFP) on metallic substrates based on the electrodeposition method was investigated by using a mixture of silver ions and copper ions in the deep eutectic solvent. A metal substrate is connected to the anode (positive, (+)). The cotton is connected to the cathode (negative, (-)) and dipped in a mixture of silver ions and copper ions. Then, the cotton was placed onto metal for visualization of the latent fingerprint. The latent fingerprint was obtained under the optimal conditions of electrochemical depositing potential (5.0 V), depositing current (1.5 A), depositing time (30 s), and the ratio of solution (0.05M $AgNO_3$ + 0.05M $CuSO_4$ in deep eutectic solvent). The latent fingerprint has appeared clearly at least 12 identical points. The method provided good repeatability. The proposed method could be applied to visualizing latent fingerprints in the forensic science field.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยได้ด้วยดี เพราะได้รับความกรุณาจากบุคคลหลายท่าน และจากหลายหน่วยงาน ข้าพเจ้าจึงขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ ดังนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรากร ลิ่มบุตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา และชี้แนะแนวทางที่เป็นประโยชน์ในการวางแผนทำวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ดร.ภมรรัตน์ เกื้อเส้ง ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ดร. อภิชัย พลชัย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรากร ลิ่มบุตร คณะกรรมการในการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา ช่วยตรวจสอบความถูกต้อง และชี้แนะแนวทางที่เป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านสถานที่ในการทำวิจัย รวมถึงวัสดุอุปกรณ์และสารเคมีสำหรับทำการวิจัย

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์ และหลักสูตรนิติวิทยาศาสตร์คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลืองานด้านเอกสารต่าง ๆ

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สำหรับทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์ และสมาชิกแลบดาวลูกไก่ทุกท่านที่คอยเป็นกำลังใจ คอยให้คำปรึกษา และช่วยเหลือต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณครอบครัว ผู้อยู่เบื้องหลังความสำเร็จในครั้งนี้ คอยเป็นกำลังใจ ให้การสนับสนุนการศึกษา รวมทั้งให้คำปรึกษาในทุก ๆ เรื่องด้วยดีเสมอมาจนกระทั่งสำเร็จการศึกษา

ยามีละห์ กาเร็ง

สารบัญ

เนื้อเรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(5)
บทคัดย่ออังกฤษ	(6)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
รายการตาราง	(12)
รายการภาพประกอบ	(13)
เนื้อเรื่อง	
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 บทตรวจเอกสาร	5
1.2.1 ลายนิ้วมือ	5
1.2.2 ประวัติของลายนิ้วมือ	11
1.2.3 นิติวิทยาศาสตร์กับลายนิ้วมือ	15
1.2.4 ลายนิ้วมือในสถานที่เกิดเหตุ	16
1.2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการคงสภาพของลายนิ้วมือ	18
1.2.6 วิธีการตรวจเก็บลายนิ้วมือแฝง	20
1.2.7 การวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้า	23
1.2.8 กระบวนการที่ผิวหน้าขั้วไฟฟ้า	26
1.2.9 การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า	27
1.2.10 ดิฟยูเทกติกโซลเวน	28

สารบัญ (ต่อ)

เนื้อเรื่อง **หน้า**

1.2.11 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 30

1.3 วัตถุประสงค์ 35

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย 35

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 35

บทที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 สารเคมี เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย 36

2.1.1 สารเคมี 36

2.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ 36

2.1.3 วัสดุอุปกรณ์ 37

2.2 วิธีการวิจัย 37

2.2.1 การเตรียมตัวอย่างรอยลายนิ้วมือแฝง 37

2.2.2 การศึกษาชนิดของสารที่ช่วยเพิ่มการเกาะติดของอนุภาคเงินและทองแดง 38

2.2.3 การเตรียมสารละลายผสมของเงินไอออนและทองแดงไอออน 39

2.2.4 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้า 39

2.2.4.1 อัตราส่วนของสารละลายและสภาวะที่เหมาะสมในการตรวจหารอยนิ้วมือแฝง 39

2.2.4.2 ศึกษาค่าศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสม 40

2.2.4.3 ศึกษาค่ากระแสไฟฟ้าที่เหมาะสม 40

สารบัญ (ต่อ)

เนื้อเรื่อง **หน้า**

2.2.4.4 ศึกษาผลของเวลาที่เหมาะสม 40

2.2.5 ศึกษาจุดลักษณะสำคัญพิเศษของลายนิ้วมือที่ปรากฏบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้าที่ต่างชนิดกัน 41

2.2.6 ศึกษาอายุของรอยลายนิ้วมือแฝงที่มีผลต่อการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง 41

2.2.7 ศึกษาประสิทธิภาพของวิธีวิเคราะห์ที่พัฒนาขึ้น 41

บทที่ 3 ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

3.1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการตรวจหารอยนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้า 43

3.1.1 ศึกษาอัตราส่วนของสารละลายที่เหมาะสมสำหรับการตรวจหารอยนิ้วมือแฝง 43

3.1.2 ศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และเวลาที่เหมาะสมสำหรับการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง 46

3.2 เปรียบเทียบการปรากฏของรอยลายนิ้วมือแฝง 61

3.3 ศึกษาการปรากฏของรอยลายนิ้วมือแฝงและจุดลักษณะสำคัญพิเศษบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้าต่างชนิดกัน 63

3.4 ศึกษาประสิทธิภาพของการทำซ้ำ 74

บทที่ 4 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 79

ข้อเสนอแนะ 81

บรรณานุกรม 82

ภาคผนวก 86

สารบัญ (ต่อ)

เนื้อเรื่อง	หน้า
ประวัติผู้เขียน	97

รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แสดงเกณฑ์ในการให้คะแนนคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝง	10
1.2 ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชัน 25 ℃	25
3.1 แสดงผลของค่าศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในการหารอยลายนิ้วมือแฝง ที่กระแสไฟฟ้า 1.5 แอมแปร์ เวลา 30 วินาที	47
3.2 แสดงผลของค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการหารอยลายนิ้วมือแฝง ที่ศักย์ไฟฟ้า 10.0 โวลต์ เวลา 30 วินาที	50
3.3 แสดงผลของเวลาที่ใช้ในการหารอยนิ้วมือแฝง ที่ศักย์ไฟฟ้า 10.0 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 1.5 แอมแปร์	52
3.4 แสดงผลของค่าศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในการหารอยนิ้วมือแฝง ที่กระแสไฟฟ้า 1.5 แอมแปร์ เวลา 30 วินาที	53
3.5 แสดงผลของค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการหารอยนิ้วมือแฝง ที่ศักย์ไฟฟ้า 5.0 โวลต์ เวลา 30 วินาที	56
3.6 แสดงผลของเวลาที่ใช้ในการหารอยลายนิ้วมือแฝง ที่ศักย์ไฟฟ้า 5.0 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 1.5 แอมแปร์	59
3.7 แสดงสภาวะที่เหมาะสมของวิธีที่พัฒนาขึ้นสำหรับการตรวจหา รอยลายนิ้วมือแฝง	60
3.8 จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษที่สามารถเก็บได้จากลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏบน พื้นผิวโลหะต่างชนิดกัน ที่มีอายุของลายนิ้วมือแฝงต่างกัน	72

รายการภาพประกอบ

ภาพที่	หน้า
1.1 ตัวอย่างลายนิ้วมือประกอบด้วยเส้นนูน (Ridge) และเส้นร่อง (valley)	6
1.2 เส้นนูน-เส้นร่อง (Ridge - furrow) ผิวหนังบริเวณลายนิ้วมือ	7
1.3 จุดลักษณะสำคัญพิเศษหรือจุดตำหนิ (Special characteristic of minutiae) บนลายนิ้วมือ	8
1.4 ประเภทของลายนิ้วมือ (Fingerprint pattern)	10
1.5 โครงสร้างของตัวรับพันธะไฮโดรเจนและตัวให้พันธะไฮโดรเจนในการสังเคราะห์ตัวทำละลายดิฟยูเทกติก (Deep eutectic solvent)	29
1.6 อุปกรณ์ชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้าสำหรับการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนโลหะ	32
1.7 กลไกการเกิดรอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยาน	33
1.8 แสดงวิธีการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานโลหะด้วยเทคนิคทางเคมีไฟฟ้า	34
2.1 ตัวอย่างวัตถุพยานที่นำไฟฟ้าลักษณะรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 4.5×7 เซนติเมตร	38
3.1 แสดงอัตราส่วนความเข้มข้นของสารละลายผสมเงินและทองแดงที่เตรียมในดิฟยูเทกติกโซเวน (ก) อัตราส่วน 1:2 (ข) อัตราส่วน 2:1 และ (ค) อัตราส่วน 1:1	45
3.2 แสดงอัตราส่วนความเข้มข้นของสารละลายผสมเงินและทองแดงที่เตรียมในเอทิลีนไกลคอล (ก) อัตราส่วน 1:2 (ข) อัตราส่วน 2:1 และ (ค) อัตราส่วน 1:1	45
3.3 เปรียบเทียบการปรากฏของรอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้าที่สภาวะเดียวกัน ด้วยสารละลายที่ช่วยเพิ่มการเกาะติดของอนุภาคเงินและทองแดงที่แตกต่างกัน (ก) สารละลายดิฟยูเทกติกโซเวน (ข) สารละลายเอทิลีนไกลคอล	61

รายการภาพประกอบ

ภาพที่ **หน้า**

3.4 แสดงตัวอย่างการหาลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวที่เป็นโลหะ (ก) นิ้วโป้ง (ข) นิ้วชี้ (ค) นิ้วกลาง (ง) นิ้วนาง (จ) นิ้วก้อย โดยใช้ศักย์ไฟฟ้า 5.0 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 1.5 แอมแปร์ เป็นระยะเวลา 30 วินาที 62
3.5 รอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้า (ก) แผ่นสแตนเลส (ข) แผ่นอินเดียมทินออกไซด์ 64
3.6 แสดงภาพการปรากฏของรอยนิ้วมือแฝงบนเหรียญ (ก) 1 บาท (ข) 2 บาท (ค) 5 บาท และ (ง) 10 บาท 64
3.7 การวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงจากจุดลักษณะสำคัญพิเศษบนสแตนเลส 66
3.8 การวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงจากจุดลักษณะสำคัญพิเศษบนแผ่นอินเดียมทินออกไซด์ (Indium thin oxide) 67
3.9 การวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงจากจุดลักษณะสำคัญพิเศษบนเหรียญ 1 บาท 68
3.10 การวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงจากจุดลักษณะสำคัญพิเศษบนเหรียญ 2 บาท 69
3.11 การวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงจากจุดลักษณะสำคัญพิเศษบนเหรียญ 5 บาท 70
3.12 การวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงจากจุดลักษณะสำคัญพิเศษบนเหรียญ 10 บาท 71
3.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏ โดยแสดงเป็นระดับคะแนน กับพื้นผิวโลหะต่างชนิดกันที่มีอายุของรอยลายนิ้วมือแฝงต่างกัน 72
3.14 แสดงรอยลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจเก็บได้บนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้าที่ระยะเวลาที่ต่างกัน (ก) 1 วัน (ข) 2 วัน (ค) 3 วัน (ง) 4 วัน (จ) 5 วัน (ฉ) 6 วัน ตามลำดับ โดยใช้ศักย์ไฟฟ้าที่ 5.0 โวลต์ กระแสไฟฟ้าที่ 1.5 แอมแปร์ เป็นระยะเวลา 30 วินาที 73

รายการภาพประกอบ

ภาพที่	หน้า

3.15 แสดงรอยนิ้วมือแฝงในการทำซ้ำทั้ง 6 ซ้ำ ของวิธีที่พัฒนาขึ้น 74

3.16 แสดงจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษของลายนิ้วมือแฝง 1 ซ้ำและ 2 ซ้ำ 75

3.17 แสดงจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษของลายนิ้วมือแฝง 3 ซ้ำและ 4 ซ้ำ 76

3.18 แสดงจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษของลายนิ้วมือแฝง 5 ซ้ำและ 6 ซ้ำ 77

3.19 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของจำนวนที่ทำซ้ำกับระดับคุณภาพความชัดจากจุด ลักษณะสำคัญพิเศษของลายนิ้วมือที่ปรากฏแสดงเป็นระดับคะแนน 78

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

นิติวิทยาศาสตร์ คือ การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทุกสาขามาประยุกต์ เพื่อพิสูจน์ข้อเท็จจริงในคดีความเพื่อผลในการบังคับใช้กฎหมายและการลงโทษ (Barascientific, 2009) ในปัจจุบันการดำรงชีวิตอยู่ในสังคมค่อนข้างยากลำบาก มีปัญหาเกิดขึ้นมากมาย ไม่ว่าจะเป็นปัญหาทางด้านเศรษฐกิจที่ตกต่ำทำให้เกิดการว่างงาน ปัญหาด้านการเมือง ปัญหาความเป็นอยู่และสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ ตัว ซึ่งปัญหาดังกล่าวส่งผลกระทบอย่างมากต่อจำนวนประชาชนที่เพิ่มสูงขึ้น สิ่งหนึ่งที่หนีไม่พ้นคือปัญหาการก่ออาชญากรรม ซึ่งเห็นได้ชัดเจนในสภาพสังคมปัจจุบันที่มีการก่ออาชญากรรมเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ และทุกครั้งที่มีการก่ออาชญากรรมจะมีการทิ้งร่องรอยไว้ในสถานที่เกิดเหตุเสมอ (Peeranuch, 2015) จึงจำเป็นต้องนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการพิสูจน์ตัวผู้กระทำความผิด ซึ่งการพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคลนั้นสามารถพิสูจน์ได้จากพยานหลักฐานหลายชนิด ได้แก่ ร่องรอยฟัน คราบเลือด คราบน้ำลาย คราบอสุจิ เส้นผม ลายมือเขียน (Pitak A. *et al.,* 2016) และพยานหลักฐานที่สามารถพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคลได้ดีที่สุดชนิดหนึ่งและพบมากในสถานที่เกิดเหตุคือลายนิ้วมือ เนื่องจากลักษณะของลายเส้นที่ปรากฏบนลายนิ้วมือของมนุษย์แต่ละคนนั้นมีลักษณะไม่เหมือนกัน มีลักษณะพิเศษเฉพาะที่แตกต่างกัน ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่เกิดจนกระทั่งเสียชีวิต (Han *et al.,* 2005) แม้กระทั่งฝาแฝดที่เกิดจากไข่ใบเดียวกัน มีลายพิมพ์ดีเอนเอที่เหมือนกันแต่มีลายนิ้วมือที่แตกต่างกัน ยกเว้นเกิดการทำลายลึกจนถึงหนังแท้ ทำให้เกิดเป็นแผลแบบถาวร (Panpeng and Nakorn, 2014)

ลายนิ้วมือเกิดจากเหงื่อที่ถูกขับออกจากต่อมเหงื่อที่มีลักษณะเป็นเส้นนูนขึ้นมาบนผิวหนังของนิ้วมือ ในบางครั้งเกิดเป็นรอยที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จึงเรียกลายนิ้วมือชนิดนี้ว่า ลายนิ้วมือแฝง (Latent fingerprint) เป็นลายนิ้วมือที่พบเป็นส่วนใหญ่ในสถานที่เกิดเหตุ โดยคุณภาพของลายนิ้วมือขึ้นอยู่กับชนิดของพื้นผิววัตถุ ปริมาณของเหงื่อ ไขมัน ลักษณะการจับวัตถุ สารประกอบอื่น ๆ ที่อยู่บนนิ้วมือ รวมถึงสภาพอากาศและอุณหภูมิ (Semathong, 2011) ซึ่งลายนิ้วมือที่พบในสถานที่เกิดเหตุมี 2 ลักษณะ คือ ลายนิ้วมือที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า และลายนิ้วมือที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยเปล่า หรือเรียกว่า รอยลายนิ้วมือแฝง ซึ่งลายนิ้วมือส่วนมากที่พบในสถานที่เกิดเหตุเป็นรอยลายนิ้วมือแฝง มีเพียงส่วนน้อยที่เป็นรอยลายนิ้วมือที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (Ramos and Vieira, 2012)

ที่ผ่านมาวิธีในการตรวจหารอยนิ้วมือแฝงมีหลายวิธี โดยเฉพาะวิธีที่นิยมใช้ของสำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจ สำนักงานตำรวจแห่งชาตินิยมใช้ 4 วิธี ได้แก่ การปัดผงฝุ่นดำ (Carbon black dust) การอบไอกาว (Super glue) การฉายแสงความยาวคลื่น (Polilight) และการย้อมสีโรดามีน (Rhodamine 6G) (Adirek *et al.,* 2016) และวิธีการอื่น ๆ ที่ใช้ในการเก็บรอยนิ้วมือแฝง เช่น วิธีการทางแสง (Optical method) ประกอบด้วย การดูดซับ (Absorbtion) การสะท้อนแสง (Diffuse reflection) การเรืองแสง (Luminescence) การดูดกลืนรังสียูวี (UV absorption) การสะท้อน (Reflection) วิธีทางกายภาพ (Physical methods) ประกอบด้วย ผงฝุ่น (Powder) อนุภาคขนาดเล็ก (Small particle reagent) การเคลือบโลหะในสุญญากาศ (Vacuum metal deposition) วิธีทางกายภาพร่วมกับทางเคมี ประกอบด้วย การใช้ไอโอดีน (Iodine) ไซยาโนอะคริเลท (Cyanoacrylate) และวิธีทางเคมีได้แก่ นินไฮดริน (Ninhydrin) ดีเอฟโอ (DFO) เป็นต้น (Choi *et al.,* 2008) การเลือกใช้วิธีที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับประเภทของรอยนิ้วมือแฝงและพื้นผิวของวัตถุที่มีรอยนิ้วมือแฝงติดอยู่ นอกจากนั้นการเลือกใช้วิธีการตรวจเก็บยังขึ้นกับสภาพแวดล้อมของรอยนิ้วมือ (Maneerat Nualkul and Eksinitkun, 2017) บางครั้งในการเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงอาจจะต้องใช้วิธีในการเก็บมากกว่าหนึ่งวิธีขึ้นกับลักษณะพื้นผิวของวัตถุพยานนั้น ๆ เพื่อให้ได้ลายเส้นที่ชัดเจนและเพียงพอต่อการตรวจพิสูจน์เปรียบเทียบ (Almog *et al.,* 2011)

ในงานวิจัยนี้จึงสนใจพัฒนาวิธีการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่เป็นโลหะ เนื่องจากวัสดุที่ทำจากโลหะที่มีผิวเรียบและไม่เรียบมีโอกาสเชื่อมโยงกับคดีการก่ออาชญากรรมที่เฉพาะเจาะจง โดยทั่วไปอาชญากรมักสัมผัสกับวัตถุที่เป็นโลหะ ได้แก่ กุญแจ เครื่องมือ อาวุธ และเหรียญ เป็นต้น (Zhang *et al.,* 2016) ซึ่งการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่เป็นโลหะมีหลายวิธี ได้แก่ การหาลายนิ้วมือด้วยสารละลายอิเล็กโทรไลต์ (Aqueous electrolyte immersion) (Jasuja *et al.,* 2011) การเรืองแสง (Fluorescence) (Li *et al.,* 2012) การสะท้อนแสง (Optical reflection) (Lin *et al.,* 2006) การเคลือบโลหะโดยใช้เทคนิคสปัตเตอริง (Metal spattering) (Ramos and Vieira, 2012) สแกนนิงเคลวินโพรบ (Scanning kelvin probe) (Williams *et al.,* 2001) อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี (Infrared spectroscopy) (Zhang *et al.,* 2016) ถึงแม้ว่าวิธีการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงดังกล่าวมีความน่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับ แต่วิธีเหล่านี้มีข้อจำกัดคือ เครื่องมือขนาดใหญ่ ราคาแพง ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจหาลายนิ้วมือ ใช้เวลาในการตรวจหารอยลายนิ้วมือนาน ขั้นตอนในการเตรียมตัวอย่างค่อนข้างยุ่งยาก ไม่สามารถประยุกต์ใช้ในภาคสนามได้

จากข้อจำกัดดังกล่าวจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงด้วยวิธีทางเคมีไฟฟ้า (Electrochemistry) ซึ่งเป็นวิธีที่น่าสนใจอย่างมากเนื่องจากใช้งานง่าย สะดวก เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้มีราคาถูก ทันสมัย ใช้เวลาในการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงน้อย และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานจริงในสถานที่เกิดเหตุได้ (Zhang *et al.,* 2016) จากการศึกษาที่ผ่านมามีการพัฒนาวิธีการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่เป็นโลหะด้วยวิธีทางเคมีไฟฟ้าโดยใช้อนุภาคของทองและเงินเคลือบบริเวณลายนิ้วมือ ซึ่งพบว่าประสิทธิภาพการเคลือบของอนุภาคทองและเงิน มีคุณสมบัติในการเคลือบติดบนพื้นผิวได้ดี อีกทั้งสามารถตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงที่เกิดจากเหงื่อและไขมันได้ (Qin *et al.,* 2013) แต่วิธีการดังกล่าวมีข้อจำกัดคือ ใช้เวลาในการตรวจหาลายนิ้วมือนาน มีราคาแพง เนื่องจากใช้อนุภาคของทองร่วมด้วย ต่อมาได้มีการศึกษาโดยใช้ทองแดงเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์เคลือบบริเวณลายนิ้วมือ โดยศึกษาบนพื้นผิวที่นำไฟฟ้าทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่ แผ่นอินเดียมทินออกไซด์ (ITO) แผ่นเงิน (Silver sheet) แผ่นแพลททินัม (Platinum sheet) แผ่นทอง (Gold sheet) แผ่นทองแดง (Copper sheet) และเหรียญ (Stainless steel coin) พบว่า

สามารถตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงได้ ทั้งบนพื้นผิวเรียบและพื้นผิวที่ไม่เรียบ (Zhang *et al.,* 2015) แต่วิธีการดังกล่าวมีข้อเสียคือ ต้องใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์ปริมาณมาก เนื่องจากเป็นระบบ แบทช์ (Batch) ของเซนเซอร์ทางเคมีไฟฟ้า ยิ่งวัตถุพยานที่มีขนาดใหญ่จะต้องใช้ภาชนะในการบรรจุวัตถุพยานที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งปริมาณของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่ต้องใช้ก็มากขึ้น ใช้เวลานาน และจะทำการวิเคราะห์ได้เฉพาะในห้องปฏิบัติการเท่านั้น ต่อมาได้มีการพัฒนาสารละลายอิเล็กโทรไลต์ให้มีคุณสมบัติในการเกาะติดของอนุภาคเงินและอนุภาคทองแดงบริเวณที่ต้องการหารอยลายนิ้วมือแฝงและช่วยลดค่าศักย์ไฟฟ้า โดยใช้สารละลายดิฟยูเทคติกซึ่งสามารถตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงได้ และปรากฏลักษณะของเส้นลายนิ้วมือได้ชัดเจน (Zhang *et al.,* 2016) แต่อย่างไรก็ตามก็ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของขนาดของวัตถุพยาน หากวัตถุพยานมีขนาดใหญ่จำเป็นต้องใช้ภาชนะในการบรรจุที่มีขนาดใหญ่ ปริมาณของสารละลายอิเล็กโทรไลต์เพิ่มมากขึ้น และที่สำคัญการเตรียมขั้วไฟฟ้าด้วยวัสดุเหล่านี้มีค่าใช้จ่ายที่สูง และขั้นตอนการเตรียมที่ยุ่งยากหลายขั้นตอน

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะพัฒนาวิธีการสำหรับตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยเทคนิคทางเคมีไฟฟ้าโดยใช้สำลีเป็นตัวกลางในการนำพาไอออนของเงินและทองแดงไปรับอิเล็กตรอนบริเวณที่ไม่มีไขมัน กลายเป็นอนุภาคเงินและอนุภาคทองแดงไปเกาะติดบริเวณดังกล่าว ซึ่งมีขั้นตอนในการเตรียมที่ง่าย สะดวก รวดเร็ว และไม่ยุ่งยาก ใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์ปริมาณน้อย พกพาได้สะดวก ใช้เวลาในการตรวจหารอยลายนิ้วมือสั้น โดยสนใจที่จะศึกษาบนพื้นผิวที่เป็นโลหะเป็นหลัก เนื่องจากวัสดุโลหะมีทั้งผิวเรียบและผิวไม่เรียบ อีกทั้งทุกครั้งผู้ก่อเหตุมักจะหยิบจับอุปกรณ์ที่เป็นโลหะ และสแตนเลส เช่น พวงกุญแจ เหรียญ ลูกบิดประตู ประตูรถ และที่จับประตู เป็นต้น โดยหลักการหาลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวที่เป็นโลหะด้วยวิธีทางเคมีไฟฟ้า คือ เมื่อผ่านแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงไอออนของเงินและไอออนของทองแดงจะรับอิเล็กตรอนที่ผิวชิ้นงานที่เป็นขั้วลบ (แคโทด) กลายเป็นโลหะเงินและทองแดงเกาะติดบนพื้นผิวโลหะบริเวณที่ไม่มีลายนิ้วมือแฝงโดยการเกิดปฏิกิริยารีดักชัน ส่วนบริเวณที่มีลายนิ้วมือจะไม่เกิดการเกาะติดของโลหะเงินและทองแดงเนื่องจากมีความเป็นฉนวนไฟฟ้าจึงทำให้สามารถเห็นลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะได้อย่างชัดเจน โดยจะศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของวิธี ได้แก่

ศึกษาศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า เวลา และความเข้มข้นของสารละลายที่เหมาะสม จากนั้นพิสูจน์ประสิทธิภาพในการทำซ้ำของวิธีที่วิเคราะห์ ซึ่งวิธีที่พัฒนาขึ้นนี้คาดว่ามีความสามารถในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงได้ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสถานที่เกิดเหตุจริงได้

1.2 การตรวจเอกสาร

1.2.1 ลายนิ้วมือ

ลายเส้นผิวหนังมาจากคำภาษาอังกฤษว่า Dermal Ridge หรือ Dermatolyphics หมายถึงลายเส้นบนฝ่ามือ (Palmprint) ลายนิ้วมือ (Fingerprint) ลายฝ่าเท้า (Footprint) ลายนิ้วมือมีลักษณะโครงสร้างที่ประกอบด้วยเส้นนูน (Ridge) และเส้นร่อง (Furrow) แสดงดังภาพที่ 1.1 โดยเส้นนูนคือส่วนเป็นสีดำ และเส้นร่องคือส่วนที่เป็นสีขาว โดยลายนิ้วมือเป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคล (Bazen *et al.,* 2000) แม้กระทั่งฝาแฝดที่เกิดจากไข่ใบเดียวกัน (Identical twins) ก็มีลักษณะของลายนิ้วมือที่แตกต่างกัน และไม่มีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่เกิดจนกระทั่งเสียชีวิต ตราบใดที่ร่างกายยังไม่มีการเน่าเปื่อย ลักษณะต่าง ๆ ของลายเส้นบนนิ้วมือก็ยังคงปรากฏเป็นรูปร่างของลายเส้นเหมือนเดิม (Ezhilmaran and Adhiyaman, 2017) ลายนิ้วมือมีลักษณะเป็นลายเส้นที่เรียงกันเป็นชั้น ๆ สลับกันไปมาตามลำดับประกอบด้วยเส้นนูน (Ridge) และเส้นร่อง (Furrows) โดยเส้นนูนเกิดจากรอยนูนที่อยู่สูงขึ้นมาจากผิวหนังส่วนนอก (Epidermis) ส่วนเส้นร่องเกิดจากรอยลึกที่อยู่ต่ำกว่าเส้นนูน เมื่อนิ้วมือไปสัมผัสกับวัตถุจะเกิดการหลั่งของคราบเหงื่อและคราบไขมันเคลือบติดบนวัตถุที่สัมผัส แต่เนื่องจากคราบเหงื่อและคราบไขมันที่หลั่งนั้นมีลักษณะใสไม่มีสี จึงทำให้มองเห็นรอยลายนิ้วมือไม่ชัดหรือไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า เรียกว่า ลายนิ้วมือแฝง (Latent fingerprint) (Qin *et al.,* 2013) ดังนั้นจึงได้มีการนำลายนิ้วมือมาใช้ประโยชน์ทางด้านนิติวิทยาศาสตร์กันอย่างแพร่หลาย

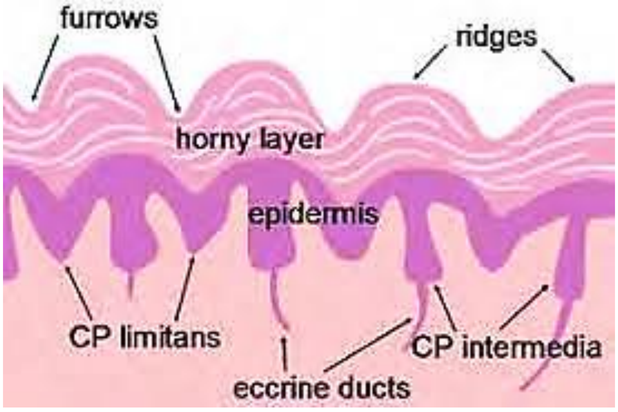
ภาพที่ 1.1 ตัวอย่างลายนิ้วมือประกอบด้วยเส้นนูน (Ridge) และเส้นร่อง (valley) (Bazen *et al.,* 2000)

1.2.1.1 การเกิดลายนิ้วมือ

ลายนิ้วมือเกิดจากการปฏิสนธิของไข่กับสเปิร์ม ลายเส้นบนนิ้วมือเริ่มสร้างขึ้นตั้งแต่เป็นทารกอยู่ในครรภ์ (Prenatal stress) ช่วงอายุประมานสัปดาห์ 10 ถึง 11 โดยลายเส้นจะปรากฏขึ้นครั้งแรกในบริเวณผิวหนังด้านนอก (Basal layer of epidermis) ซึ่งถูกควบคุมด้วยยีนบนโครโมโซมร่างกาย (Body chromosome) หลายคู่ร่วมกับสิ่งแวดล้อมมากถึง 7 ตำแหน่ง (Borgaonkar, 1977) จนกระทั่งถึงประมาณสัปดาห์ที่ 25 รูปแบบของลายนิ้วมือจะคงที่และไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปตลอดชีวิต (Penrose and Ohara, 1973)

1.2.1.2 ลักษณะของเส้นลายนิ้วมือ

1.2.1.2.1 เส้นนูน-เส้นร่อง (Ridge - furrow) แสดงดังภาพที่ 1.2 ผิวหนังบริเวณลายนิ้วมือ ฝ่ามือ นิ้วเท้า ฝ่าเท้า ของมนุษย์ประกอบประกอบด้วยลายเส้น 2 ชนิด ชนิดแรกเรียกว่า เส้นนูน เกิดจากรอยนูนที่อยู่สูงขึ้นมาจากผิวหนังส่วนนอก และอีกชนิดเรียกว่า ร่องรอยหรือเส้นร่อง เกิดจากรอยลึกที่อยู่ต่ำกว่าเส้นนูน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าที่ผิวหนังบนนิ้วมือจะมีเส้นหนึ่งที่สูงขึ้นมา และอีกเส้นหนึ่งที่อยู่ลึกต่ำลงไป โดยเส้นนูนและเส้นร่องอยู่สลับกันไป หากเราใช้หมึกสีดำทาลงบริเวณนิ้วมือ และกดลงไปบนกระดาษขาวจะปรากฎลายเส้นสีดำกับสีขาวสลับกันไป ลายดำถูกเรียกว่าเส้นนูนเพราะเป็นส่วนของรอยนูนที่สัมผัสน้ำหมึก และเส้นร่องไม่สัมผัสน้ำหมึกจึงเป็นสีขาว

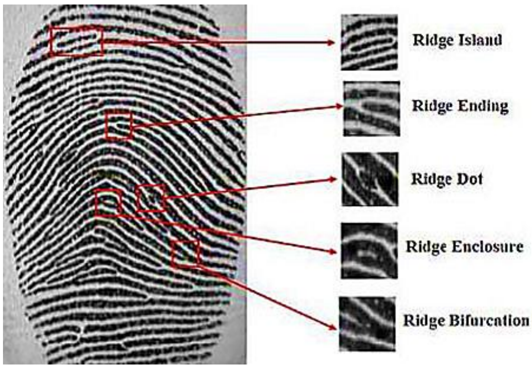


ภาพที่ 1.2 เส้นนูน-เส้นร่อง (Ridge - furrow) ผิวหนังบริเวณลายนิ้วมือ

ที่มา : **Ridge - furrow,** accessed September 17, 2019, available from http://medcomhk .com /hkdvb/details.asp?id=630&show=1234

1.2.1.2.1 จุดลักษณะสำคัญพิเศษหรือจุดตำหนิ (Special characteristic of minutia) แสดงดังภาพที่ 1.3 ลายเส้นที่อยู่บนลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า จะประกอบด้วยลายเส้นที่มีลักษณะเฉพาะ เรียกว่าจุดลักษณะสำคัญพิเศษ หรือจุดตำหนิ หรือมินูเชีย โดยคณะกรรมการมาตรฐานของสมาคมตรวจพิสูจน์นานาชาติ (The Standardization Committee of the International Association for Identification; IAI) ได้แนะนำมาตรฐานของลักษณะพิเศษไว้ 5 แบบ

- เส้นแตก (Ridge bifurcation หรือ Fork) เป็นลายเส้นจากเส้นเดี่ยวที่แยกออกจากกันเป็นสองเส้นหรือมากกว่า หรือในทางกลับกันอาจเรียกว่าลายเส้นสองเส้นมารวมกันเป็นเส้นเดียว
- เส้นสั้น ๆ (Short ridge) เป็นลายเส้นที่สั้นแต่ไม่สั้นมากถึงกับเป็นจุดเล็ก ๆ
- เส้นทะเลสาบ (Enclosure หรือ Lake) เป็นลายเส้นที่แยกออกเป็น 2 เส้น แล้วกลับมารวมกันใหม่จึงมีพื้นที่ปิดเกิดขึ้น
- เส้นหยุด (Ridge ending) เป็นจุดที่เริ่มต้นหรือสิ้นสุดของลายเส้นนั้น
- จุด (Dot หรือ Island) เป็นลายเส้นที่สั้นมากจนดูเหมือนเป็นจุดเล็ก ๆ



ภาพที่ 1.3 จุดลักษณะสำคัญพิเศษหรือจุดตำหนิ (Special characteristic of minutiae) บนลายนิ้วมือ
ที่มา : **Minutiae,** accessed September 17, 2019, available from http://www.bayometric.com/minutiae-based-extraction-fingerprint-recognition/

1.2.1.3 ประเภทของลายนิ้วมือ (Fingerprint pattern)

ลายนิ้วมือที่นิยมใช้กันมากที่สุด สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทหลัก ๆ คือ โค้ง (Arch) มัดหวาย (Loop) และก้นหอย (Whorl) แสดงดังภาพที่ 1.4 และในแต่ละประเภทยังสามารถแบ่งเป็นกลุ่มย่อย ๆ ได้อีกหลายกลุ่ม ดังนี้

1.2.1.3.1 โค้ง (Arch)

1.2.1.3.1.1 โค้งราบ (Plain arch) คือ ลักษณะของลายเส้นในลายนิ้วมือที่ตั้งต้นจากขอบเส้นข้างหนึ่ง แล้ววิ่งหรือไหลออกไปอีกข้างหนึ่ง ลายนิ้วมือแบบโค้งราบนี้ จัดเป็นลักษณะลายเส้นชนิดที่ดูได้ง่ายที่สุดกว่าบรรดาลายเส้นในลายนิ้วมือทุกชนิด ไม่มีเส้นเกือกม้า ไม่เกิดมุมแหลมคมที่เห็นได้ชัดตรงกลาง หรือไม่มีเส้นพุ่งสูงขึ้นตรงกลาง ไม่มีจุดสันดอน ดังนั้นการนับเส้นลายนิ้วมือ (Ridge counting) จึงเป็นศูนย์

1.2.1.3.1.2 โค้งกระโจม (Tented arch) คือ ลักษณะลายเส้นในลายนิ้วมือชนิดโค้งราบนั่นเองแต่มีลักษณะที่แตกต่างกับโค้งราบที่สำคัญคือ มีลายเส้นเส้นหนึ่งหรือมากกว่า ซึ่งอยู่ตอนกลางไม่ได้วิ่งหรือไหลออกไปยังอีกข้างหนึ่ง หรือลายเส้นที่อยู่ตรงกลางของลายนิ้วมือ เส้นหนึ่ง

หรือมากกว่า เกิดเป็นเส้นพุ่งขึ้นจากแนวแนวนอน หรือมีเส้นสองเส้นมาพบกันตรงกลางเป็นมุมแหลมคมหรือมุมฉาก

1.2.1.3.2 มัดหวาย (Loop)

1.2.1.3.2.1 มัดหวายปัดขวา (Right loop) คือ มัดหวายรูปใดที่มีปลายเส้นเกือกม้าปัดปลายไปทางมือขวา หรือนิ้วหัวแม่มือของมือนั้นเมื่อหงายมือ เรียกว่ามัดหวายปัดขวา หรือมัดหวายปัดหัวแม่มือ

1.2.1.3.2.2 มัดหวายปัดซ้าย (Left loop) คือ มัดหวายรูปใดที่มีปลายเส้นเกือกม้าปัดปลายไปทางมือซ้าย หรือทางนิ้วก้อยของมือนั้นเมื่อหงายมือ เรียกว่ามัดหวายปัดซ้าย หรือมัดหวายปัดก้อย

1.2.1.3.3 ก้นหอย (Whorl)

1.2.1.3.3.1 ก้นหอยธรรมดา (Plain whorl) คือ ลายนิ้วมือที่มีเส้นเวียนรอบเป็นวงจร วงจรนี้อาจมีลักษณะเหมือนลานนาฬิกา เหมือนรูปไข่ เหมือนวงกลม เป็นต้น

1.2.1.3.3.2 ก้นหอยกระเป๋ากลาง (Central pocket loop) คือ เป็นลายนิ้วมือแบบก้นหอยธรรมดา แต่ผิดกันตรงที่ลากเส้นสมมุติจากสันดอนหนึ่งไปยังสันดอนหนึ่ง เส้นสมมุติจะไม่สัมผัสกับเส้นวงจรที่อยู่ตอนใน

1.2.1.3.3.3 ก้นหอยกระเป๋าข้าง (Lateral pocket loop) คือ ลายนิ้วมือชนิดมัดหวายคู่ แต่มีสันดอนอยู่ข้างเดียวกัน

1.2.1.3.3.4 มัดหวายคู่ หรือมัดหวายแฝด (Double loop หรือ Twin loop) คือ ลายนิ้วมือที่มีรูปคล้ายกับลายนิ้วมือแบบมัดหวาย 2 รูป มากอดหรือมากล้ำกัน เป็นลายนิ้วมือที่มีสันดอน 2 สันดอน มัดหวาย 2 รูปที่ปรากฏนี้ไม่จำเป็นจะต้องมีขนาดเท่ากัน

1.2.1.3.3.5 ซับซ้อน (Accidental whorl) เป็นลายนิ้วมือที่ไม่เหมือนลายนิ้วมือชนิดอื่นที่กล่าวมา แล้วไม่สามารถจัดเข้าเป็นลายนิ้วมือชนิดหนึ่งชนิดใดโดยเฉพาะ เป็นลายนิ้วมือที่ประกอบด้วยลายนิ้วมือแบบผสมกัน และมีสันดอน 2 สันดอน หรือมากกว่า (Champod *et al.,* 2016)

ภาพที่ 1.4 ประเภทของลายนิ้วมือ (Fingerprint pattern)

ที่มา: **Fingerprint pattern** accessed September 17, 2019, available from http://www.handanalysis.co.uk/EdCampbell-PalmD-History.htm.

โดยเกณฑ์ในการตรวจพิสูจน์ยืนยันตัวบุคคล จะพิจารณาจากจุดลักษณะสำคัญพิเศษดังที่กล่าวมาข้างต้น เพื่อประเมินประสิทธิภาพของวิธีที่พัฒนาขึ้นในการตรวจหารอยนิ้วมือแฝง ซึ่งเกณฑ์ในการให้คะแนนด้วยวิธีที่พัฒนาขึ้นจะใช้เครื่องหมายเป็นตัวเลข 0 ถึง 5 เพื่อแสดงรายละเอียดของจุดลักษณะสำคัญพิเศษ จากการประเมินด้วยสายตา แสดงดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 เกณฑ์ในการให้คะแนนคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝง

ระดับคะแนน	คุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝง
0	ไม่ปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝง
1	คุณภาพต่ำ มองเห็นรายละเอียดของเส้นลายนิ้วมือแฝงน้อยมาก
2	คุณภาพต่ำ มองเห็นรายละเอียดของเส้นลายนิ้วมือแฝงได้บางส่วน
3	คุณภาพพอใช้ มองเห็นรายละเอียดของเส้นลายนิ้วมือแฝง สามารถชี้เฉพาะตัวบุคคลได้ (≤ 7 จุด)
4	คุณภาพดี มองเห็นรายละเอียดของเส้นลายนิ้วมือแฝงสามารถชี้เฉพาะตัวบุคคลได้ (8-10 จุด)
5	คุณภาพดี มองเห็นรายละเอียดของเส้นลายนิ้วมือแฝง สามารถชี้เฉพาะตัวบุคคลได้ (≥ 12 จุด)

(Fairley *et al.,* 2012)

1.2.2 ประวัติของลายนิ้วมือ

1.2.2.1 ประวัติลายนิ้วมือในต่างประเทศ

ลายนิ้วมือมีประวัติความเป็นมาทั้งในด้านโบราณคดี โหราศาสตร์ วิทยาศาสตร์ การแพทย์ นิติวิทยาศาสต์ และนิติเวชศาสตร์ ได้มีการปรากฏหลักฐานตั้งแต่สมัยก่อนประวัติศาสตร์ ซึ่งเป็นภาพร่องรอยของลายนิ้วมือชัดเจน และหลักฐานที่ชาวจีนสมัยโบราณใช้รอยพิมพ์นิ้วหัวแม่มือบนดินเหนียวที่ปิดผนึกหีบใส่เงินเพื่อส่งมอบ ซึ่งหลักฐานการพิมพ์ลายนิ้วมือด้วยดินเหนียวยังเก็บอยู่ในพิพิธภัณฑ์กรุงวอชิงตันจนถึงปัจจุบัน สามารถลำดับเหตุการณ์ตามปีคริสต์ศักราชได้ดังนี้

กรุง Babylon 1500 ปีก่อนพุทธกาล เจริญรุ่งเรืองมีการค้าขายขนส่งสินค้าจากเมืองหนึ่งไปยังอีกเมืองหนึ่ง โดยมีการมัดหีบห่อด้วยเชือก มีตราดินบอกชื่อพ่อค้าและกดลายนิ้วมือลงบนดินเหนียว ใช้เป็นเครื่องป้องกันการปลอมแปลงเป็นหลักฐานว่าสินค้านี้ได้มาจากบุคคลใด

ในประเทศจีน ระหว่าง 618-906 ปีก่อนคริสตกาล ได้รู้จักลายนิ้วมือ โดยใช้เป็นเครื่องยืนยันตัวบุคคล

ปี ค.ศ. 1686 ศาสตราจารย์มาร์เซลโล มัลพิกิ (Marcello Malpighi) ศาสตราจารย์ด้านกายวิภาคศาสตร์ของมหาวิทยาลัยโบลอคนา (University of Bologna) ประเทศอิตาลี เขียนหนังสือเกี่ยวกับลายนิ้วมือ ระบุชนิดลายนิ้วมือเป็นแบบมัดหวายและแบบก้นหอย

ปี ค.ศ. 1723 ศาสตราจารย์เพอคินเจ (Purkinje) แห่งมหาวิทยาลัยเบสสลอ (University of Breslau) ประเทศเยอรมนี เขียนหนังสืออธิบายแบบแผนลายนิ้วมือพื้นฐาน 9 แบบ ซึ่งยังคงใช้อยุ่จนถึงปัจจุบัน (Grzybowski and Pietrzak, 2015)

ปี ค.ศ. 1823 ดร.เฮนรี่ ฟาวลด์ (Henry Fauld) เขียนบทความตีพิมพ์อธิบายว่า ลายนิ้วมือสามารถเป็นเครื่องระบุตัวบุคคลได้ ท่านจึงได้รบการยกย่องให้เป็นบุคคลแรกในวงการนิติวิทยาศาสตร์ที่บุกเบิกการใช้รอยลายนิ้วมือที่ทิ้งไว้บนขวดเหล้า (ลายนิ้วมือแฝง) เป็นสิ่งพิสูจน์บุคคลได้ (Faulds, 1880)

ปี ค.ศ. 1858 เซอร์วิลเลียม เฮอร์เชล (Sir William Herschel) ชาวอังกฤษ เป็นคนแรกที่นำลายนิ้วมือมาใช้ประโยชน์ในการพิสูจน์บุคคลในประเทศอินเดียและเป็นที่ยอมรับทั่วโลก (Herschel, 1880)

ปี ค.ศ. 1882 กิลเบอร์ต ทอมป์สัน (Gilbert Thompson) แห่งกองสำรวจธรณีวิทยาสหรัฐอเมริกา เสนอให้ใช้ลายนิ้วมือบนเอกสารสำคัญเพื่อป้องกันการปลอมแปลงลายมือชื่อ

ปี ค.ศ. 1891 วาน วูซิดิช (Juan Vucetich) นายตำรวจชาวอาร์เจนตินา ได้ทำการศึกษาลายนิ้ว มือโดยใช้แนวคิดบางอย่างของ Galton โดยแบ่งลายพิมพ์นิ้วมือเป็น 4 ประเภท คือ แบบโค้ง (Arch) แบบสันดอนอยู่ทางขวา (มัดหวาย) แบบสันดอนอยู่ทางซ้าย (มัดหวาย) และแบบสันดอนอยู่ทั้ง 2 ข้าง (ก้นหอย)

ปี ค.ศ. 1892 เซอร์ฟราน ซิสกาลตัน (Sir Francis Galton) นักมนุษยวิทยาชาวอังกฤษได้ตีพิมพ์บทความวิชาการเป็นครั้งแรกเกี่ยวกับระบบแบบแผนลายนิ้วมือที่สามารถระบุบุคคลได้ด้วยลักษณะพิเศษของลายเส้นบนลายนิ้วมือที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะบุคคลที่เรียกว่า จุดสำคัญ (Minutiae point) ซึ่งสามารถอยู่ได้ทนทานถาวรตลอดอายุของบุคคลนั้น โดยโอกาสที่คนสองคนจะมีลายนิ้วมือที่เหมือนกันมีความน่าจะเป็นอยู่ที่ 1 ใน 64 ล้านคน เป็นไปได้ยากมากที่จะเหมือนกัน หลักการของกาลตันที่ใช้จุดสำคัญนี้ยังคงใช้อยู่จนทุกวันนี้ (Galton, 1888)

ปี ค.ศ. 1901 เซอร์เอ็ดเวอร์ด เฮนรี่ (Sir Edward Henry) หน่วยสืบราชการลับสก๊อตแลนด์ยาร์ดแห่งประเทศอังกฤษ ได้ปรับปรุงระบบจำแนกลายนิ้วมือของกาลตันขึ้นใหม่ โดยใช้ชื่อระบบใหม่ว่า ระบบระบุลายนิ้วมือของกาลตัน และเฮนรี่ (Galton-Henry fingerprint identification system)

ปี ค.ศ. 1903 ระบบเรือนจำแห่งรัฐนิวยอร์คสหรัฐอเมริกาได้เริ่มใช้ลายนิ้วมือเป็นเครื่องมือระบุตัวอาชญากร ในปีถัดมากองทัพสหรัฐอเมริกาใช้ลายนิ้วมือในการระบุบุคคลที่ขึ้นทะเบียนทหาร ขณะเดียวกันตำรวจเมืองบูเอนอสแอเรสได้ตีพิมพ์วิธีใช้ลายนิ้วมือในการค้นหาและระบุตัวฆาตรกรโดยใช้หลักฐานจากรอยลายนิ้วมือที่ทิ้งไว้บนเสาประตู วิธีการนี้ยังคงใช้จนถึงทุกวันนี้

ปี ค.ศ. 1905 องค์กรด้านกฎหมายทั่วสหรัฐอเมริกาได้ใช้ลายนิ้วมือในการระบุตัวบุคคล

ปี ค.ศ. 1910 เฟรดริค เบรเลย์ (Frederick Brayley) ได้ตีพิมพ์บทความเป็นครั้งแรกในตำราเรียนของอเมริกาเกี่ยวกับการนำลายนิ้วมือมาใช้ประโยชน์ในการระบุบุคคล

ปี ค.ศ. 1914 ฮากอน จอร์เจนเซน (Hakon Jörgensen) กับตำรวจเดนมาร์ก ได้บรรยายเกี่ยวกับการระบุลายนิ้วมือในการประชุมตำรวจนานาชาติที่โมนาโก เกี่ยวข้องกับการใช้ลายนิ้วมือเป็นรหัสผ่านในการอำนวยความสะดวกในการระบุตัวตนผ่านการสื่อสารทางอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการส่งไปยังสำนักงานที่ห่างไกล

ปี ค.ศ. 1919 รัฐสภาอเมริกันได้จัดตั้งหน่วยงานเอฟบีไอ ซึ่งเป็นแหล่งรวบรวมจัดทำแผ่นลายนิ้วมือของประชากรอเมริกัน นับจนถึงปี ค.ศ. 1971 มีแผ่นลายนิ้วมือรวบรวมไว้แล้วถึง 200 ล้านฉบับ

ปี ค.ศ. 1940 หลังสิ้นสุดสงครามโลกครั้งที่ 2 ผู้เชี่ยวชาญด้านลายนิ้วมือชาวอเมริกาได้มีการตกลงเกี่ยวกับการใช้จำนวนขั้นต่ำของจุดสำคัญ (Minutia) เป็นมาตรฐานในการระบุบุคคล

ปี ค.ศ. 1973 สมาคมระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐาน (The International Association for Identification Standardization Committee) ได้มีมติระบุว่าการระบุตัวตนแต่ละครั้งนั้นไม่ซ้ำกันและไม่มีพื้นฐานที่ถูกต้องที่จะต้องมีจำนวนจุดจับคู่ขั้นต่ำในการแสดงผล มติดังกล่าวได้รับการอนุมัติจากสมาชิกในการประชุม

ปี ค.ศ. 1974 พนักงานของสำนักงานลายนิ้วมือของ Hertfordshire (สหราชอาณาจักร) ได้ติดต่อผู้เชี่ยวชาญด้านลายนิ้วมือทั่วสหราชอาณาจักรและเริ่มก่อตั้งองค์กรลายนิ้วมือแห่งแรกของประเทศ คือ สมาคมผู้เชี่ยวชาญด้านลายนิ้วมือแห่งชาติ เริ่มแรกองค์กรประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญในสหราชอาณาจักรเท่านั้น และได้มีการขยายสู่ขอบเขตระหว่างประเทศอย่างรวดเร็ว และเปลี่ยนชื่อเป็นสมาคมลายนิ้วมือ (The Fingerprint Society) ในปี 1977 ชื่อย่อว่า F.F.S.

ปี ค.ศ. 1995 ในการประชุมวิชาการระดับนานาชาติเรื่องการตรวจจับและระบุลายนิ้วมือแฝงดำเนินการโดยสำนักงานตำรวจแห่งชาติของอิสราเอลที่นิวริม (Neurim) ประเทศอิสราเอล เขียนโดยปิแอร์มาร์กอตและผู้เชี่ยวชาญด้านลายนิ้วมือจากห้องปฏิบัติการอาชญากรรมกองทัพสหรัฐฯ ระบุว่า “ไม่มีพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์สำหรับการกำหนดให้มีจำนวนจุดสำคัญขั้นต่ำที่กำหนดไว้”

ปี ค.ศ. 2012 ระบบฐานเก็บข้อมูลสำหรับระบุลายนิ้วมืออัตโนมัติของ INTER POL's

มีจำนวนลายนิ้วมือมากกว่า 150,000 ชุด (Grzybowski & Pietrzak, 2015; Rife, 1979) สำหรับบันทึกอาชญากรรมระหว่างประเทศที่สำคัญจากสมาชิก 190 ประเทศ

ปี ค.ศ. 2015 สมาคมระหว่างประเทศเพื่อระบุตัวตนฉลองครบรอบ 100 ปี

ปี ค.ศ. 2019 ระบบฐานข้อมูลลายนิ้วมือของประเทศอินเดีย เป็นฐานข้อมูลลายนิ้วมือที่ใหญ่ที่สุดในโลก โดยใช้ลายนิ้วมือ ม่านตา และใบหน้า ซึ่งเป็นฐานข้อมูลที่ใช้ในการระบุตัวตนที่ไม่ซ้ำกัน โดยรู้จักกันในชื่อ Adhaar ที่มีความหมายว่า รากฐาน เนื่องด้วยเป็นฐานข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในโลก ที่ช่วยในการค้นหาและระบุตัวตนได้อย่างรวดเร็ว และมีความน่าเชื่อถือ (Aronson, 2005)

ปัจจุบันสำนักงานสืบสวนของสหรัฐอเมริกา (Federal Bureau Investigation; FBI) ได้สร้างฐานข้อมูลของสารพันธุกรรม หรือ DNA Database โดยมีชื่อว่า Combined DNA Index System หรือ CODIS เก็บรวบรวมรูปแบบสารพันธุกรรมหรือ DNA Profiles ของผู้กระทำความผิดได้มากกว่า 11 ล้านรูปแบบของสารพันธุกรรม ของผู้กระทำความผิดเกือบ 2 ล้านรูปแบบสารพันธุกรรม และวัตถุพยานอื่น ๆ ทางนิติวิทยาศาสตร์ ระบบฐานข้อมูลของสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีจำนวนลายนิ้วมือมากกว่า 120 ล้านคน โดยจะอยู่ในรูปแบบของลายนิ้วมือ 2 นิ้ว ปัจจุบันเทคโนโลยีการจับภาพอย่างรวดเร็วได้เข้ามามีบทบาทช่วยให้สามารถบันทึกการแสดงผลลายนิ้วมือพร้อมกัน 10 ครั้ง ภายในเวลา 15 วินาทีต่อคนได้

1.2.2.2 ประวัติลายนิ้วมือในประเทศไทย

พ.ศ.2444 มีการก่อตั้งกองพิมพ์ลายนิ้วมือ ขึ้นเป็นครั้งแรกโดยกรมหลวงราชบุรีดิเรกฤทธิ์ เสนาบดีกระทรวงยุติธรรมในสมัยนั้น โดยให้มีการพิมพ์ลายนิ้วมือตามระบบเฮนรี่ของนักโทษที่กำลังจะพ้นโทษเก็บไว้เพื่อใช้เป็นหลักฐานว่าเคยกระทำความผิดมาก่อน จึงนับได้ว่าพระองค์เป็นผู้ให้กำเนิดการพิมพ์ลายนิ้วมือขึ้นเป็นพระองค์แรกในประเทศไทย เปรียบเสมือนพระองค์เป็นพระบิดาแห่งวิชาลายนิ้วมือของประเทศไทย

พ.ศ.2447 กองพิมพ์ลายนิ้วมือได้รับการยกฐานะขึ้นเป็นกรมพิมพ์ลายนิ้วมือ

พ.ศ.2455 เริ่มมีการดำเนินการอบรมเจ้าหน้าที่ วิธีการปรับเปลี่ยนหน่วยงานทำหน้าที่เกี่ยวกับการพิมพ์ลายนิ้วมือ จนกระทั่งปี 2500

พ.ศ.2457 กรมพิมพ์ลายนิ้วมือย้ายมาสังกัดกรมราชฑัณฑ์

พ.ศ.2473 กรมพิมพ์ลายนิ้วมือถูกลดฐานะเป็นกองทะเบียนพิมพ์ลายนิ้วมือสังกัดกรมตำรวจภูบาล

พ.ศ.2475 มีการเปลี่ยนแปลงการปกครอง กรมตำรวจภูบาลเปลี่ยนเป็นกองตำรวจสันติบาล กองทะเบียนพิมพ์ลายนิ้วมือจึงเปลี่ยนชื่อเป็น กองทะเบียนประวัติอาชญากร ปัจจุบันกองนี้สังกัดสำนักงานวิทยาการตำรวจ หรือสำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจ ในปัจจุบัน (พ.ศ.2557) มีหน่วยงานสูงสุดคือ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ

พ.ศ.2500 ยูซอม ได้ส่งเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญมาให้การแนะนำและอบรมสั่งสอนวางหลักเกณฑ์ให้ตามแบบอย่างการเก็บพิมพ์ลายนิ้วมือของตำรวจเอฟบีไอ F.B.I (FBI Henry system extension) ปัจจุบันประเทศไทยได้มีการพัฒนาใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อค้นหาเปรียบเทียบลายนิ้วมือ ซึ่งมีประสิทธิภาพและความเร็วสูง ซึ่งระบบดังกล่าวเรียกว่า เอฟิส (Automated Fingerprints Identification System, AFIS) โดยมีกองทะเบียนประวัติ อาชญากร สำนักงานตำรวจแห่งชาติ ทำหน้าที่ในการจัดเก็บและตรวจสอบประวัติอาชญากรทั่วประเทศ

1.2.3 นิติวิทยาศาสตร์กับลายนิ้วมือ

การตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า เป็นสาขาหนึ่งในวิชาการตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคล (Personal identification) จากการศึกษาค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์ พบว่าลักษณะลายเส้นที่ปรากฏบนนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้าของมนุษย์สามารถใช้ในการตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคลได้ดีเนื่องจาก

1. ลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า ของแต่ละบุคคลไม่เหมือนกัน (Uniqueness) ซึ่งแต่ละบุคคลจะมีลักษณะเฉพาะพิเศษที่แตกต่างกัน จากการรายงานของ Sir Francis Galton ได้ทำการตรวจแยกลายนิ้วมือของมนุษย์ (โศภชา, 2558) ออกเป็นชนิด และกำหนดลักษณะพิเศษของลายเส้น

ในนิ้วมือที่มีอยู่ ไม่พบลักษณะลายพิมพ์นิ้วมือที่ซ้ำกัน รวมไปถึงประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกที่ได้ตรวจลายพิมพ์นิ้วมือของมนุษย์ขึ้น ยังไม่ปรากฏว่ามีที่ใดได้เคยพบลายนิ้วมือของบุคคล 2 คน เหมือนกันหรือซ้ำกันเกิดขึ้น และยังมีการรายงานอีกว่าโอกาสที่จะซ้ำกัน เพียง 1 ใน 600 ล้าน Balthazard ได้คำนวณว่า มีโอกาสเพียง $1/10^6$ ซึ่งยิ่งน้อยลงไปอีก

2. ลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า ของแต่ละบุคคลไม่มีการเปลี่ยนแปลง (Permanence) ตั้งแต่เกิดจนกระทั่งเสียชีวิต หรือแม้แต่เสียชีวิตแล้วถ้ามีการรักษาสภาพศพอย่างดีไม่มีการทำลายลักษณะของลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า จะคงสภาพเดิมไม่มีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้น การใช้ลายนิ้วมือ ลายฝ่ามือ ลายฝ่าเท้า ในการตรวจพิสูจน์บุคคลจึงเป็นที่ยอมรับ และนิยมใช้ทั่วโลก (โศภชา, 2558)

1.2.4 ลายนิ้วมือในสถานที่เกิดเหตุ

รอยลายนิ้วมือในสถานที่เกิดเหตุเป็นพยานหลักฐานที่แสดงว่าบุคคลที่เป็นเจ้าของลายนิ้วมือได้เข้าไปในสถานที่เกิดเหตุ หรือได้สัมผัสกับวัสดุที่ตรวจพบรอยลายนิ้วมือแฝง ดังนั้นรอยลายนิ้วมือแฝงในสถานที่เกิดเหตุจึงเป็นพยานวัตถุที่มีค่า และมีความสำคัญมากในการสืบสวนสอบสวนนำผู้กระทำความผิดมาลงโทษตามกฎหมาย ทั้งนี้ในการเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงในสถานที่เกิดเหตุมักแตกต่างกันออกไป ขึ้นกับการประทับของลายนิ้วมือ เนื่องจากรอยลายนิ้วมือในสถานที่เกิดเหตุมักเกิดจากรอยประทับที่ไม่ได้ตั้งใจ และรอยลายนิ้วมือดังกล่าวเสียหายได้ง่าย จึงจำเป็นที่จะต้องสังเกตเงื่อนไขของการประทับอย่างละเอียดก่อนที่จะตรวจเก็บ และตรวจเก็บทันทีโดยเลือกวิธีการที่เหมาะสม

1.2.4.1 ลักษณะลายนิ้วมือในสถานที่เกิดเหตุ

ลายนิ้วมือในสถานที่เกิดเหตุมี 2 ลักษณะ คือ ลายนิ้วมือที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (Patent fingerprints) และลายนิ้วมือที่มองไม่เห็นได้ด้วยตาเปล่า หรือเรียกว่าลายนิ้วมือแฝง (Latent fingerprints)

1.2.4.1.1 รอยลายนิ้วมือที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า แบ่งออกเป็น 2 ชนิด

1.2.4.1.1.1 Visible fingerprints หมายถึง รอยที่เกิดจากลายนิ้วมือที่เปื้อนเลือด สี คราบน้ำมัน และฝุ่น เป็นต้น มาสัมผัสกับวัตถุบางอย่าง การทิ้งรอยลายนิ้วมือไว้จึงปรากฏตามลักษณะของลายนิ้วมือที่ประทับ เนื่องจากมีการถ่ายเทสีของสารซึ่งติดบนเส้นนูนของลายนิ้วมือไปยังพื้นผิวของวัตถุ ทำให้เราสามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจนด้วยตาเปล่า โดยมีลักษณะเป็นภาพ 2 มิติ คือ มีเพียงความกว้างและความยาวเท่านั้น

1.2.4.1.1.2 Plastic fingerprints หมายถึง รอยภาพที่ปรากฏอย่างถาวรอย่างหนึ่งที่ส่วนของเส้นนูนของผิวหนังได้สัมผัสกับวัตถุสิ่งของ ซึ่งมีลักษณะนิ่มและมีความอ่อนตัว โดยถ้าวัตถุหรือสิ่งของที่ถูกสัมผัสนั้น หากไม่มีการหลอมหรือละลายแล้วมันก็จะคงภาพรอยลายนิ้วมืออยู่ในผิวของมันตลอดวัตถุหรือสิ่งของนั้น ได้แก่ ดินน้ำมัน เทียนไข สบู่ เป็นต้น โดยรอยที่ปรากฏจะมีลักษณะเป็นภาพ 3 มิติ คือ มีทั้ง ความกว้าง ความยาว และความลึก

1.2.4.1.2 รอยลายนิ้วมือที่มองไม่เห็นตาเปล่า (ลายนิ้วมือแฝง)

เป็นรอยลายนิ้วมือที่มองเห็นด้วยตาเปล่าได้ยาก ต้องใช้แสงช่วยหรือสารเคมีบางชนิดให้ปรากฏชัดเจน และเป็นรอยลายนิ้วมือที่ตรวจพบในสถานที่เกิดเหตุเป็นส่วนใหญ่ มีลักษณะเป็นรอยลายนิ้วมือที่เกิดจากจากสารที่ขับถ่ายออกมาจากต่อมเหงื่อ ต่อมไขมัน และไขมันจากเนื้อเยื่อของผิวหนังซึ่งจะกระจายอยู่บนเส้นนูน เมื่อมือที่เปียกสารไปสัมผัสกับวัตถุ สารที่ขับถ่ายออกมาจะถ่ายเทไปยังผิวของวัตถุที่นิ้วมือนั้นจับต้องจนเกิดเป็นรอยที่มองเห็นไม่ชัดหรือมองไม่เห็นเลย องค์ประกอบของลายนิ้วมือประกอบด้วยส่วนผสมของสารคัดหลั่งจากร่างกาย และส่วนที่เจือปนที่มาจากสิ่งแวดล้อมรอบข้าง ซึ่งส่วนผสมของสารคัดหลั่งจากร่างกายจะมาจากการหลั่งของต่อม 3 ประเภท

1.2.4.1.2.1 ต่อมเหงื่อ (Eccrine gland) เป็นต่อมที่พบได้ทั่วร่างกาย ทำหน้าที่ในการผลิตเหงื่อ โดยไม่มีการสูญเสียเซลล์ไซโตพลาสซึม

1.2.4.1.2.2 ต่อมเหงื่อที่พบเฉพาะที่ (Apocrine gland) เป็นต่อมที่พบบริเวณขาหนีบ รักแร้ และรอบทวารหนัก โดยจะผลิตเหงื่อพร้อมกับการสูญเสียเซลล์ไซโตพลาสซึมด้วย

1.2.4.1.2.3 ต่อมไขมัน (Sebaceous gland) เป็นต่อมที่พบที่หน้าอก แผ่นหลัง หน้าผาก อวัยวะเพศ และหัวนม จะผลิตสารคัดหลั่งที่เป็นไขมันออกมาหรือเรียกว่า ซีบัม (Sebum) โดยสารที่ขับจากต่อมเหงื่อจะมีลักษณะใสไม่มีสีมีค่า 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 (Haan, 2006)

1.2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการคงสภาพของลายนิ้วมือ

หลังจากที่รอยลายนิ้วมือประทับลงบนพื้นผิวของวัตถุ รอยลายนิ้วมือนั้นจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง หรือโอกาสที่จะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงหรือการคงสภาพของลายนิ้วมือ คือ

1.2.5.1 ลายนิ้วมือในสถานที่เกิดเหตุเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา

ลายนิ้วมือบนพื้นผิวของวัตถุจะถูกทำให้เสียโดยธรรมชาติเมื่อเวลาผ่านไป และการเปลี่ยนแปลงนี้จะเร็วขึ้นถ้ามีการขัดถู เป็นต้น

1.2.5.1.1 การเปลี่ยนแปลงโดยธรรมชาติ

ขึ้นอยู่กับสภาพวัตถุ หรือพื้นผิวของวัตถุที่รอยลายนิ้วมือประทับอยู่ และสภาพเงื่อนไขของผู้ประทับรอยลายนิ้วมือ เช่น ปริมาณ คุณภาพเหงื่อ เงื่อนไขการประทับ เช่น แรงที่ใช้กด ระยะเวลาที่ใช้กด สภาพอากาศหรือเงื่อนไขสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื่น ลม ฝน ฝุ่น และน้ำ เป็นต้น

1.2.5.1.2 การเปลี่ยนแปลงโดยมนุษย์

ลายนิ้วมือในสถานที่เกิดเหตุทำให้เสียหายได้ง่ายโดยการขัดถู หรือการสัมผัสอื่น ๆ ภายนอก ซึ่งเกิดขึ้นบ่อยกับวัตถุที่มองไม่เห็น บนวัตถุไม่ดูดซับและเรียบ เช่น แก้ว กระเบื้อง ถ้วย ชาม โลหะทาสี เป็นต้น ผลกระทบจากสิ่งภายนอกจากการประทับลายนิ้วมือมีผลต่อการเก็บลายนิ้วมือ จึงต้องระมัดระวังเพื่อไม่ให้ทำลายรอยลายนิ้วมือ

1.2.5.1.3 เงื่อนไขที่เร่งการเปลี่ยนแปลง

เงื่อนไขที่มีผลกระทบหรือเร่งการเปลี่ยนแปลงของรอยลายนิ้วมือที่มองไม่เห็นอาจแยกได้ 3 แบบ

1.2.5.1.3.1 เงื่อนไขที่ขึ้นกับนิ้วมือ ได้แก่องค์ประกอบทางกายภาพของเจ้าของลายนิ้วมือ เช่น ไขมัน เหงื่อ ความหนักเบาของแรงกดขณะประทับรอยลายนิ้วมือ และระยะเวลาขจองการสัมผัสวัตถุอื่น ๆ การสัมผัสวัตถุหลังจากสัมผัสกับผ้า เป็นต้น หรือเช็ดเหงื่อ กับการสัมผัสวัตถุโดยตรงจะมีการเปลี่ยนแปลงลายนิ้วมือที่แตกต่างกันในภายหลัง

1.2.5.1.3.2 เงื่อนไขที่ขึ้นกับวัตถุที่ถูกประทับ ได้แก่ เงื่อนไขตามธรรมชาติ เช่น อุณหภูมิ ความร้อน ฝุ่น และน้ำ และเงื่อนไขที่เกิดจากมนุษย์ เช่น ยาฆ่าแมลง น้ำยาทำความสะอาด และชั้นของสารที่ขับออกมาจากนิ้วมือแล้วมาสะสมกัน ผลกระทบของรอยลายนิ้วมือจะแตกต่างกัน ระหว่างการมีเงื่อนไขเหล่านี้อยู่ก่อนการประทับและหลังการประทับ

1.2.5.1.3.3 เงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับวัตถุ ได้แก่ ความเรียบของผิววัตถุ การดูดซับ ลักษณะทางไฟฟ้าสถิตและการเป็นสนิม และองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุ (Supachai, 2014)

1.2.6 วิธีการตรวจเก็บลายนิ้วมือแฝง

ในงานวิจัยทางนิติวิทยาศาสตร์การตรวจเก็บลายนิ้วมือแฝง พื้นผิวของวัตถุมีผลต่อประสิทธิภาพในการตรวจหาลายนิ้วมือแฝง จึงได้แบ่งพื้นผิวของวัตถุออกเป็น 2 ประเภท คือ พื้นผิวเรียบ (Smooth) และพื้นผิวหยาบหรือไม่เรียบ (Rough) (Bersellini *et al.,* 2001) วิธีในการเก็บลายนิ้วมือจึงมีหลายวิธี ดังนี้

1.2.6.1 การปัดผงฝุ่นดำ (Dusting powder)

วิธีการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยผงฝุ่นเป็นวิธีที่ง่าย เป็นวิธีพื้นฐานที่ใช้ในการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือมากที่สุด ผงฝุ่นเป็นวิธีทางกายภาพซึ่งอนุภาคของผงฝุ่นจะไปเกาะติดกับน้ำและไขมันที่เป็นสารประกอบในรอยลายนิ้วมือแฝง เหมาะสำหรับวัตถุที่เป็นผิวเรียบมัน ไม่ดูดซึม และไม่เปียก การเลือกใช้ชนิดของผงฝุ่นจึงเป็นปัจจัยสำคัญของวิธีนี้ เนื่องจากผงฝุ่นแต่ละประเภทนั้นมีคุณสมบัติในการติดที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้องเลือกใช้ผงฝุ่นให้เหมาะสมกับสภาพของลายนิ้วมือแฝงและพื้นผิวของวัตถุ การเก็บลายนิ้วมือโดยการปัดผงฝุ่นดำจะนิยมใช้แปรง 3 ชนิด

1.2.6.1.1 แปรงขนกระต่าย นิยมใช้ในการปัดผงฝุ่นให้เห็นลายนิ้วมือเบื้องต้น

1.2.6.1.2 แปรงขนอูฐ ใช้ในการปัดผงฝุ่นให้เห็นลายนิ้วมืออย่างละเอียด ในกรณีที่ไม่ได้ใช้แปรงขนกระต่าย สามารถใช้แปรงขนอูฐในการปัดผงฝุ่นอย่างเดียวได้เช่นกัน

1.2.6.1.3 แปรงขนแม่เหล็ก นิยมใช้ผงฝุ่นสีดำที่มีผงฝุ่นแม่เหล็กเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย

1.2.6.2 วิธีทางเคมี

การตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้าแฝง ของกลางบางชนิดไม่สามารถใช้วิธีการปัดฝุ่นได้ เช่น ของกลางประเภทกระดาษเอกสารต่าง ๆ หรือของกลางบางชนิดใช้ตรวจเก็บโดยวิธีทางเคมีจะได้ผลดีกว่า ซึ่งแล้วแต่ชนิดและพื้นผิวของวัตถุของกลางนั้น โดยอาศัยหลักการทางเคมี คือ ให้

องค์ประกอบในสารเคมีทำปฏิกิริยากับสารประกอบที่ขับออกมาทางนิ้วมือหรือเลือด และทำให้เกิดการเปลี่ยนสี น้ำยาเคมีที่ใช้ทั่วไปมีดังนี้

1.2.6.2.1 นินไฮดริน (Ninhydrin)

มีลักษณะเป็นเม็ดละเอียดสีเหลืองอ่อน โดยนินไฮดรินจะไปทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนในเหงื่อทำให้เกิดรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏขึ้นมาเป็นสีม่วงปนน้ำเงินอาจเร่งให้เกิดปฏิกิริยาโดยการใช้ความร้อน รอยลายนิ้วมือแฝงที่เกิดขึ้นจะอยู่ได้นานหลายวันแล้วจะค่อย ๆ จางหายไป จึงควรทำการตรวจเก็บโดยการถ่ายภาพ วิธีนี้เหมาะกับพื้นผิวที่มีรูพรุน เช่น กระดาษ และเอกสารต่าง ๆ

1.2.6.2.2 ซิลเวอร์ไนเตรท (Silver nitrate)

วิธีนี้เหมาะกับของกลางประเภทกระดาษ และไม้ สารตัวนี้จะไปทำปฏิกิริยากับเกลือโซเดียมในเหงื่อ ทำให้รอยลายนิ้วมือ ฝ่ามือ และฝ่าเท้าแฝง ปรากฏเป็นสีน้ำตาลแดง แล้วสามารถทำการตรวจเก็บโดยการถ่ายภาพ

1.2.6.2.3 วิธีซุปเปอร์กลู (Super glue)

วิธีนี้เหมาะกับของกลางประเภทเครื่องหนัง แก้ว โลหะ กระดาษ ผ้า เป็นต้น ซุปเปอร์กลูมีส่วนผสมของสารไซยาโนอะคิเลทเอสเทอร์ เมื่อสารนี้ได้รับความร้อนจะระเหยกลายเป็นไอ ซึ่งมีความเข้มข้นสูงซึ่งจะไปทำปฏิกิริยากับโปรตีน และน้ำในเหงื่อทำให้รอยลายนิ้วมือ ฝ่ามือ และฝ่าเท้าแฝง ปรากฏเป็นสีขาว แล้วทำการตรวจเก็บด้วยวิธีปัดฝุ่นผงเคมี

1.2.6.2.4 วิธีผลึกม่วง (Crystal violet)

วิธีนี้เหมาะกับรอยลายนิ้วมือ ฝ่ามือ และฝ่าเท้าแฝง ที่ติดอยู่ที่เทปใสหรือเทปพันสายไฟด้านที่เหนียว ซึ่งในกรณีนี้จะไม่สามารถเก็บลายนิ้วมือโดยวิธีการปัดฝุ่นได้ วิธีการทำได้โดยผสมน้ำยาใส่ภาชนะ แล้ววางเทปใสแช่ในน้ำยาจนกระทั่งรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏ แล้วทำการชะล้างเอาสีส่วนที่เกินออกด้วยน้ำ จากนั้นจึงนำเทปไปวางบนด้านมันของกระดาษอัดรูปที่เปียกหมาด ๆ รีดด้วยความร้อนอ่อน ๆ แล้วดึงเทปออกแล้วตรวจเก็บโดยการถ่ายภาพ

1.2.6.2.5 ไอโอดีน (Iodine)

มีลักษณะเป็นเกร็ดสีน้ำตาล เมื่อได้รับความร้อนเพียงเล็กน้อยจะระเหยเป็นไอ ไอโอดีนจะไปทำปฏิกิริยากับไขมันที่อยู่ในลายนิ้วมือ การรมควันไอโอดีนจะทำในภาชนะปิด เช่น ตู้รมควันเมื่อรมด้วยน้ำยาไอโอดีนจะทำให้เกิดรอยลายนิ้วมือแฝงขึ้นเป็นสีน้ำตาลแดง และให้ทำการถ่ายภาพทันที เนื่องจากรอยลายนิ้วมือแฝงที่เกิดขึ้นจะไม่ถาวรและจางหายไปเมื่อหยุดการรมควัน แต่สามารถใช้สารละลาย 7, 8 benzoflavone หยุดการจางหายของสีของไอโอดีนที่ปรากฏขึ้นมาได้ วิธีนี้เหมาะกับพื้นผิวที่มีรูพรุน เช่น กระดาษ และเอกสารต่าง ๆ ข้อควรระวังสารละลายนี้ อาจทำให้หมึกในเอกสารของกลางเสียหายได้ ต้องได้รับอนุญาตจากคู่กรณีก่อนปฏิบัติ

1.2.6.2.6 วิธี 1, 2-indanedione

เป็นวิธีการที่ง่าย มีความน่าเชื่อถือ และเหมาะสำหรับการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษความร้อน โดยอาศัยการทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนในลายนิ้วมือแฝงแล้วให้สีที่สามารถเรืองแสงได้ เมื่อมีการใช้แสงส่องดูก็จะเห็นภาพลายนิ้วมือปรากฏขึ้น ส่วนประกอบของสารละลายที่ให้ประสิทธิภาพดี คือ สารแอซิด ฟรี ฟลูออรัส (Acid-free fluorous) ซึ่งประกอบด้วย 1, 2 อินเดนไดโอน และซิงค์ คลอไรด์

1.2.6.2.7 Small Particle Reagent (SPR)

ประกอบด้วยสารแขวนลอยขนาดเล็กของผง Molybdenum ซึ่งจะยึดติดกับส่วนประกอบของไขมันที่อยู่ในลายนิ้วมือทำให้ลายนิ้วมือที่เกิดขึ้นเป็นสีเทาเข้ม วิธีนี้ใช้ได้ดีกับวัตถุกึ่งรูพรุนและพื้นผิวเรียบที่ไม่มีรูพรุนที่เปียก

1.2.6.2.8 การใช้แสงเลเซอร์ (Laser)

แสงเลเซอร์ (Laser) การใช้แสงในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง ซึ่งเป็นวิธีที่นักวิจัยได้วิจัย และพัฒนาจนมีประสิทธิภาพ สามารถนำมาใช้ในการค้นหา และทำให้ลายนิ้วมือแฝงปรากฏขึ้นมาจนสามารถถ่ายภาพ หรือเก็บรวบรวมเป็นพยานหลักฐานได้ วิธีนี้อาศัยการเรืองแสงของสาร ไรโบพลารินและไพริดอกซิน ซึ่งอยู่ในเหงื่อที่ขับออกมาจากลายนิ้วมือ ทำให้รอยลายนิ้วมือเกิดการเรืองแสง

1.2.6.2.9 การใช้แสงโพลีไลต์

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจหาร่องรอยของวัตถุพยานได้หลากหลาย นอกเหนือจากการตรวจหารอยแฝง แล้วยังสามารถหารอยขูดขีดบนเอกสารต่าง ๆ รอยจากคราบโลหิต และรอยคราบน้ำเชื้อ โดยปรับคลื่นแสงตามความเหมาะสม

เนื่องจากวิธีดังกล่าวต้องใช้ระยะเวลาในการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงมากขึ้น และก่อให้เกิดความล่าช้าในการจับกุมตัวผู้กระทำความผิด ดังนั้นหน่วยงานทางด้านการตรวจพิสูจน์หลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ยังคงต้องการวิธีการใหม่และมีประสิทธิภาพในการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่เป็นโลหะ (Adirek Pitak *et al.,* 2016)

1.2.7 การวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้า

เคมีไฟฟ้า (Electrochemistry) เป็นศาสตร์แขนงหนึ่งของวิชาเคมีที่ใช้เทคนิคทางเคมีไฟฟ้าในการวิเคราะห์ เพื่อศึกษาการเคลื่อนย้ายของประจุ (Charge transfer) ในสารละลายที่ไปเคลือบบนพื้นผิววัสดุที่ต้องการชุบเคลือบ โดยอาศัยหลักการทางเซลล์ไฟฟ้าเคมี (Electrochemical cell) โดยค่าทางไฟฟ้าที่วัดได้ ได้แก่ ศักย์ไฟฟ้า (Voltage) กระแสไฟฟ้า (Current) เป็นต้น (Bard and Faulkner, 2000) การศึกษาที่เกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับกระแสไฟฟ้าโดยอาศัยการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างสารในปฏิกิริยาเคมี เรียกปฏิกิริยาดังกล่าวว่า เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ (Redox reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันของสาร สามารถแบ่งออกเป็นปฏิกิริยาย่อยได้ 2 ปฏิกิริยา เรียกปฏิกิริยาย่อยว่า ครึ่งปฏิกิริยา โดยครึ่งปฏิกิริยาที่มีการให้อิเล็กตรอน เรียกว่า ปฏิกิริยาออกซิเดชัน และครึ่งปฏิกิริยาที่มีการรับอิเล็กตรอน เรียกว่า ปฏิกิริยารีดักชัน สามารถใช้ในการวัดสมบัติทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยารีดอกซ์ภายในเซลล์เคมีไฟฟ้า (Wang, 2005)

เซลล์เคมีไฟฟ้าประกอบด้วยขั้วไฟฟ้าอย่างน้อย 2 ขั้ว ขั้วไฟฟ้าเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เรียกว่า ขั้วแอโนด (Anode) ส่วนอีกขั้วไฟฟ้าที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน เรียกว่า ขั้วแคโทด (Cathode) เซลล์ไฟฟ้าโดยทั่วไปประกอบด้วย

- ขั้วไฟฟ้า (Electrode) ทำหน้าที่เป็นขั้วที่ให้กระแสไฟฟ้าผ่านเข้าและออกจากเซลล์เคมีไฟฟ้า คือตัวนำไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic conductor) เป็นขั้วโลหะที่นำไฟฟ้า และตัวนำไฟฟ้าอิเล็กโทรไลต์ (Electrolytic conductor) เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้

- สารละลายอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte solution) ประกอบด้วยไอออนของโลหะที่จะทำให้อะตอมของโลหะลดลงบนขั้วแคโทด

- อุปกรณ์สำหรับให้ศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า หรือแหล่งจ่ายไฟฟ้า จะเชื่อมต่อกับเซลล์ภายนอก คือ ปลายขั้วบวกจะเชื่อมต่อกับขั้วแอโนด และปลายขั้วลบจะเชื่อมต่อกับขั้วแคโทด

โดยเซลล์ไฟฟ้าเคมีแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. เซลล์กัลป์วานิก (Galvanic cell) คือ เซลล์ไฟฟ้าเคมีที่เปลี่ยนจากพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้เอง เนื่องจากค่าทางไฟฟ้าของเซลล์กัลวานิกขึ้นอยู่กับแอคติวีตีของไอออนที่ไวต่อขั้วไฟฟ้าที่อยู่ในสารละลาย

2. เซลล์อิเล็กโทรไลติก (Electrolytic cell) คือ เซลล์เคมีฟ้าจะเกิดปฏิกิริยาเคมีได้เมื่อมีการให้ศักย์ไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้าจากภายนอก ซึ่งประกอบด้วย 2 ขั้ว คือ ขั้วแอโนด (Anode) และขั้วแคโทด (Cathod) (Khoka, 2017)

จึงได้มีการนำความรู้พื้นฐานทางเคมีไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้ในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงให้มีความง่าย และรวดเร็ว และใช้วิธีการสร้างสรรค์ในการออกแบบในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง ในการวิจัยนี้จะนำหลักการของเซลล์อิเล็กโทรไลต์มาใช้ในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่มีโลหะเป็นส่วนประกอบ ดังนั้นในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะรายละเอียดของเซลล์อิเล็กโทรไลต์เท่านั้น

1.2.7.1 เซลล์อิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte cell)

เซลล์อิเล็กโทรไลต์เป็นเซลล์ที่ต้องใช้พลังงงานในการทำให้ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเองไม่ได้นั้นสามารถเกิดขึ้นมาได้ กระบวนการผ่านกระแสไฟฟ้าภายนอกลงในสารละลายอิเล็กโทรไลต์แล้วทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี เรียกว่า อิเล็กโทรลิซิส (Electrolysis) โดยกระแสไฟฟ้าที่ผ่านเข้าไปต้องมีศักย์ไฟฟ้ามากกว่าค่า E^0 cell แสดงดังตารางที่ 1.2 ของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเองไม่ได้ ส่วนประกอบที่สำคัญของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ประกอบด้วย 2 ขั้วไฟฟ้า คือ ขั้วแอโนด (Anode) และขั้วแคโทด (Cathod) ต่ออยู่กับแหล่งให้พลังงานไฟฟ้าจากภายนอก การเกิดปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นที่ขั้วไฟฟ้าเท่านั้น โดยไอออนจากสารละลายอิเล็กโทรไลต์จะถูกเคลื่อนย้ายหรือถูกนำพามายังผิวหน้าของขั้วไฟฟ้า ก่อนที่จะเกิดกระบวนการส่งผ่านประจุหรืออิเล็กตรอนตรงรอยต่อระหว่างสารละลายกับผิวหน้าของขั้วไฟฟ้า

ตารางที่ 1.2 ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชัน 25 ℃

	Reduction Half-Reaction		E° (V)	
Stronger oxidizing agent	$F_2(g) + 2e^-$	$\longrightarrow 2F(aq)$	2.87	Weaker reducing agent
	$H_2O_2(aq) + 2H^+(aq) + 2e^-$	$\longrightarrow 2H_2O(l)$	1.78	
	$MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) + 5e^-$	$\longrightarrow Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(l)$	1.51	
	$Cl_2(g) + 2e^-$	$\longrightarrow 2Cl^-(aq)$	1.36	
	$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) + 6e^-$	$\longrightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l)$	1.33	
	$O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^-$	$\longrightarrow 2H_2O(l)$	1.23	
	$Br_2(l) + 2e^-$	$\longrightarrow 2Br^-(aq)$	1.09	
	$Ag^+(aq) + e^-$	$\longrightarrow Ag(s)$	0.80	
	$Fe^{3+}(aq) + e^-$	$\longrightarrow Fe^{2+}(aq)$	0.77	
	$O_2(g) + 2H^+(aq) + 2e^-$	$\longrightarrow H_2O_2(aq)$	0.70	
	$I_2(s) + 2e^-$	$\longrightarrow 2I^-(aq)$	0.54	
	$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^-$	$\longrightarrow 4OH^-(aq)$	0.40	
	$Cu^{2+}(aq) + 2e^-$	$\longrightarrow Cu(s)$	0.34	
	$Sn^{4+}(aq) + 2e^-$	$\longrightarrow Sn^{2+}(aq)$	0.15	
	$2H^+(aq) + 2e^-$	$\longrightarrow H_2(g)$	0	
	$Pb^{2+}(aq) + 2e^-$	$\longrightarrow Pb(s)$	−0.13	
	$Ni^{2+}(aq) + 2e^-$	$\longrightarrow Ni(s)$	−0.26	
	$Cd^{2+}(aq) + 2e^-$	$\longrightarrow Cd(s)$	−0.40	
	$Fe^{2+}(aq) + 2e^-$	$\longrightarrow Fe(s)$	−0.45	
	$Zn^{2+}(aq) + 2e^-$	$\longrightarrow Zn(s)$	−0.76	
	$2H_2O(l) + 2e^-$	$\longrightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$	−0.83	
	$Al^{3+}(aq) + 3e^-$	$\longrightarrow Al(s)$	−1.66	
	$Mg^{2+}(aq) + 2e^-$	$\longrightarrow Mg(s)$	−2.37	
	$Na^+(aq) + e^-$	$\longrightarrow Na(s)$	−2.71	
Weaker oxidizing agent	$Li^+(aq) + e^-$	$\longrightarrow Li(s)$	−3.04	Stronger reducing agent

(Petrucci *et al.*, 2011)

จากตารางที่ 1.2 แสดงให้เห็นว่าค่าศักย์ไฟฟ้ามีความสำคัญในการวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้า บอกถึงแนวโน้มของขั้วไฟฟ้าว่าจะทำหน้าที่เป็นขั้วแอโนดหรือขั้วแคโทด มีผลต่อการเคลื่อนที่ของไอออน โดยไอออนบวกจะเคลื่อนที่เข้าหาขั้วลบ และไอออนลบจะเคลื่อนไปหาขั้วบวก ซึ่งความเร็วของการเคลื่อนที่เข้าหาของทั้งสองขั้ว อาจจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามแต่ศักย์ที่ผิวหน้าของขั้วไฟฟ้า และยังมีผลต่อการเพิ่มลดของกระแสไฟฟ้าในวงจรอีกด้วย ซึ่งการที่ไอออนหรือประจุที่ตรงผิวหน้าขั้วไฟฟ้าสามารถข้ามรอยต่อระหว่างสารละลายกับผิวหน้าขั้วไฟฟ้าได้ และเกิดปฏิกิริยาการรับและคายอิเล็กตรอนเกิดขึ้น (ปฏิกิริยารีดอกซ์) แสดงว่าเป็นไปตามกฎของฟาราเดย์ คือ ปริมาณของสารที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือรีดักชันที่ขั้วไฟฟ้าระหว่างสารละลายอิเล็กโทรไลต์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านเซลล์

1.2.8 กระบวนการที่ผิวหน้าขั้วไฟฟ้า

ไม่ว่าไอออนของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ จะถูกนำพาจากสารละลายมายังผิวหน้าขั้วไฟฟ้า ด้วยกลไกใดก็ตาม กระบวนการที่เกิดขึ้นตรงผิวหน้าขั้วไฟฟ้า ซึ่งเป็นรอยต่อระหว่างขั้วไฟฟ้ากับสารละลายอิเล็กโทรไลต์มี 2 กระบวนการ คือ กระบวนการฟาราเดอิก (Faradaic process) และกระบวนการนอนฟาราเดอิก (Nonfaradaic process) โดยถ้าไอออนหรือประจุที่ตรงผิวหน้าขั้วไฟฟ้าสามารถข้ามรอยต่อระหว่างสารละลายกับผิวหน้าขั้วไฟฟ้าได้ และมีปฏิกิริยาการรับและคายอิเล็กตรอนเกิดขึ้น (ปฏิกิริยารีดอกซ์) ซึ่งเป็นไปตามกฎของฟาราเดย์ เรียกกระบวนการที่เกิดขึ้นนี้ว่ากระบวนการฟาราเดอิก ส่วนถ้าไอออนหรือประจุที่ถูกพาไปที่ผิวหน้าของขั้วไฟฟ้า เพียงแต่ถูกดูดซับไว้ที่บริเวณรอยต่อของสารละลายกับขั้วไฟฟ้า ไม่มีปฏิกิริยารีดอกซ์เกิดขึ้น โดยประจุที่ถูกดูดซับไว้มีการเรียงตัวตรงบริเวณรอยต่อนั้น ในระหว่างที่เกิดการจัดเรียงตัวมีการเปลี่ยนแปลงของกระแส หรือศักย์ไฟฟ้าขึ้น แต่ก็เป็นเพียงช่วงขณะที่การเรียงตัวยังไม่ยุติ เรียกกระบวนการนี้ว่า กระบวนการนอนฟาราเดอิก

สำหรับเซลล์เคมีไฟฟ้าหนึ่ง ๆ กระบวนการที่เกิดขึ้นที่ขั้วไฟฟ้าจะเป็นฟาราเดอิก หรือนอนฟาราเดอิก ไม่ได้ขึ้นกับการจัดเซลล์หรือชนิดของเซลล์เคมีไฟฟ้า แต่ขึ้นกับสภาวะของการ

วิเคราะห์ว่า มีอุณหพลวัตหรือจลน์ที่เหมาะสมกับการที่จะเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ขึ้นตรงผิวหน้าของขั้วไฟฟ้านั้นได้หรือไม่เพียงใด

1.2.9 การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า (Electrodeposition)

การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า (Electrodeposition) คือ กระบวนการที่ทำให้อนุมูลของโลหะในสารละลายเคลื่อนที่ไปเคลือบบนผิววัสดุที่ต้องการชุบเคลือบด้วยสนามไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการของเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่ทำให้พลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมี หรือทำให้เกิดปฏิกิริยาได้ ซึ่งการเคลือบด้วยไฟฟ้าจะประกอบด้วยขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว คือ ขั้วร่วม (Counter electrode หรือ CE) หรือขั้วแอโนด และขั้วทำงาน (Working electrode หรือ WE) หรือขั้วแคโทด และสารละลายอิเล็กโทรไลต์ (Electrolytic solution) (Adirek Pitak *et al.,* 2016)

ในด้านการวิเคราะห์เซลล์อิเล็กโทรไลต์ถูกใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารที่ต้องการ โดยเทคนิควิธีการวิเคราะห์แบบต่างๆ เช่น ไซคลิกโวลแทมเมตรี (Cyclic voltammetry) และอิเล็กโทรแกรวิเมทรี (Electrogravimetry) เป็นต้น ในทางการค้ามีการนำเซลล์อิเล็กโทรไลต์มาใช้ประโยชน์ในการชุบผิวโลหะด้วยไฟฟ้า การแยกหรือสังเคราะห์โลหะที่ต้องการ เช่น การสังเคราะห์โลหะอะลูมินัม การเกาะของโลหะเงิน หรือทองบนขั้วไฟฟ้า การชุบผิวของโลหะด้วยไฟฟ้า เป็นต้น ในงานวิจัยนี้จะอาศัยวิธีการชุบผิวของโลหะด้วยไฟฟ้ามาใช้ในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวที่เป็นโลหะ ดังนั้นในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการชุบผิวโลหะด้วยไฟฟ้า การชุบผิวโลหะด้วยไฟฟ้าเป็นวิธีการเคลือบผิวโลหะด้วยโลหะอื่น โดยมีวัตถุประสงค์ต่าง ๆ กัน เช่น การเคลือบผิวโลหะด้วยทองเพื่อความสวยงาม และการเคลือบผิวเหล็กด้วยดีบุกเพื่อป้องกันการเกิดสนิม เป็นต้น เป็นวิธีที่อาศัยเทคนิคในเรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่ทำให้พลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมี หรือทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้น ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนั้นเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ ซึ่งการเคลือบด้วยไฟฟ้า ประกอบด้วย ขั้วไฟฟ้าร่วม เป็นขั้วที่ทำหน้าที่ส่งผ่านอิเล็กตรอนหรือกระแสไฟฟ้าไปยังขั้วไฟฟ้าทำงาน โดยขั้วไฟฟ้าร่วมจะต่อเข้ากับขั้วบวกของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้าทำงาน เป็นขั้วไฟฟ้าที่ค่าศักย์ไฟฟ้ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลง โดยโลหะที่

ต้องการถูกเคลือบจะทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้าทำงาน และจะต่อเข้ากับขั้วลบของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า และสารละลายอิเล็กโทรไลต์ คือ สารที่เป็นของเหลว นำไฟฟ้าได้ เพราะมีไอออนเคลื่อนที่ไปมาอยู่ในสารละลาย โดยสารละลายอิเล็กโทรไลต์ทำหน้าที่ในการส่งผ่านอิเล็กตรอนจากขั้วไฟฟ้าทำงานไปยังขั้วไฟฟ้าร่วม หากต้องการเคลือบโลหะด้วยโลหะตัวอย่างชนิดใด จะต้องมีไอออนของโลหะตัวอย่างนั้นอยู่ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ด้วย

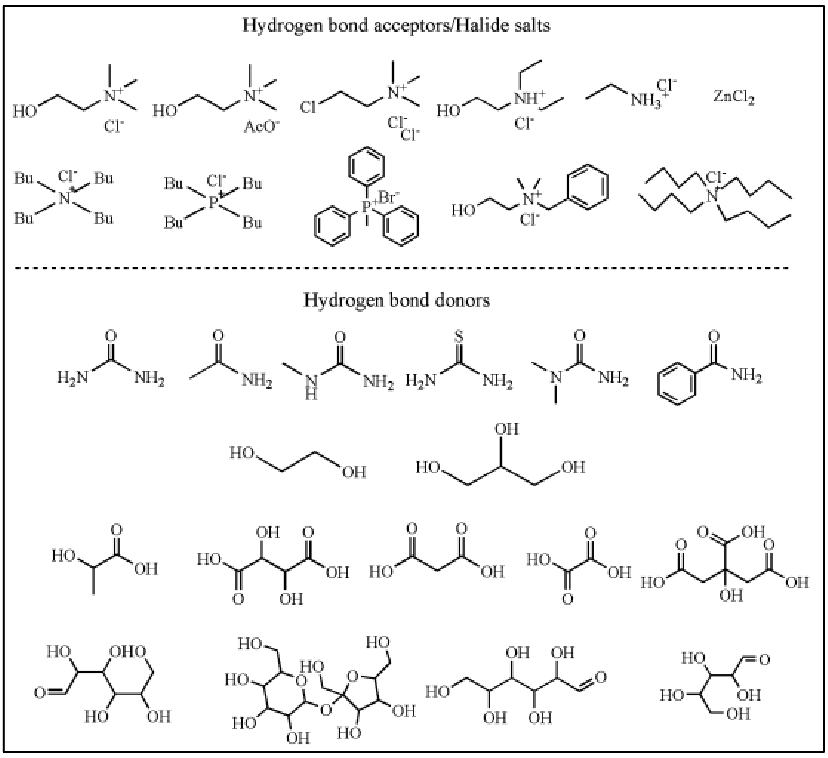
1.2.10 ดิฟยูเทกติกโซลเวน (Deep eutectic solvent)

ดิฟยูเทกติกโซลเวน เป็นระบบที่เกิดจากส่วนผสมยูเทกติกของกรดและเบสของลูอิส (Lewis) หรือ บรูนสเตต (Bronsted) ซึ่งสามารถบรรจุได้หลากหลายประจุทั้งประจุลบและประจุบวก ในทางตรงกันข้ามไอออนิกลิควิด (Ionic liquid) เกิดจากระบบที่ประกอบด้วยประจุลบแบบไม่ต่อเนื่องและประจุบวก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติทางกายภาพของดิฟยูเทกติกโซลเวน มีความคล้ายคลึงกับไอออนิกลิควิด (Ionic liquid) ดิฟยูเทกติกโซเวน ประกอบด้วยไอออนที่มีขนาดใหญ่และไม่สมมาตรกัน มีลักษณะเป็นโครงร่างตาข่ายและมีจุดหลอมเหลวต่ำ ซึ่งดิฟยูเทกติกโซเวน เกิดจากการรวมตัวของเกลือแอมโมเนียมกับโลหะ หรือ ไฮโดรเจน เกิดจากพันธะไฮโดรเจนระหว่างไอออนแฮไลท์และไฮโดรเจน โดยไฮโดรเจนมีหน้าที่ในการลดจุดหลอมเหลวของส่วนผสมที่สัมพันธ์กับจุดหลอมเหลวของส่วนประกอบแต่ละตัว (Abbott *et al.,* 2009)

ดิฟยูเทกติกโซเวน คือ การรวมกันของสองหรือสามองค์ประกอบที่สามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับสารตัวอื่นได้ เพื่อสร้างส่วนผสมยูเทกติกที่สามารถหลอมละลายของเหลวได้ (Abbott *et al.,* 2003) ซึ่งดิฟยูเทกติกโซเวนจะมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว คือมีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของสารบริสุทธิ์ที่เป็นองค์ประกอบ เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงทางอุณหพลศาสตร์หลังผสม ซึ่งการรวมตัวของสารดังกล่าวประกอบด้วย HBD (Hydrogen bonding Donor) หนึ่งตัวและ HBA (Hydrogen bonding) หนึ่งตัว แสดงดังภาพที่ 1.5 เชื่อมโยงกันกลายเป็นส่วนผสมยูเทกติก ซึ่งจะช่วยเพิ่มการมองเห็นภาพของลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะได้มากขึ้น (Gamarra *et al.,* 2019) ซึ่งดิฟยูเทกติกโซเวนเป็นแนวคิดมาจาก Abbott เพื่ออธิบายการก่อตัวของส่วนยูเทกติก การก่อตัวของดิฟยูเทกติกโซเวนเกิดจาก

ตัวให้ของพันธะไฮโดรเจน เช่น เอทิลีนไกลคอล (Ethylene glycol) เป็นต้น จะทำปฏิกิริยากับประจุลบของตัวรับพันธะไฮโดรเจน เช่น คลอไรด์ไอออนจากโคลีนคลอไรด์

ดังนั้นการใช้ดิฟยูเทกติกโซเวนในวิทยานิพนธ์ในหัวข้อ การพัฒนาการหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวที่เป็นโลหะด้วยวิธีทางเคมีไฟฟ้านี้ เพื่อลดค่าศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝง เพื่อเพิ่มการเกาะติดของอนุภาคเงินและอนุภาคทองแดงบนพื้นผิวที่เป็นโลหะบริเวณที่มีลายนิ้วมือ ทำให้ศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือลดลง อีกทั้งอนุภาคของเงินและทองแดงเกิดการเกาะติดได้ดียิ่งขึ้น มีการจัดเรียงตัวของอะตอมได้ดี ส่งผลให้รอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏชัดเจนยิ่งขึ้น



ภาพที่ 1.5 โครงสร้างของตัวรับพันธะไฮโดรเจนและตัวให้พันธะไฮโดรเจนในการสังเคราะห์ตัวทำละลายดิฟยูเทกติก (Deep eutectic solvent)

(Xu *et al.,* 2017)

1.2.11 เอกสารและงานที่เกี่ยวข้อง

สำหรับวิธีการที่นิยมใช้ในการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงของสำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ นิยมใช้ 4 วิธี คือ การปัดผงฝุ่นดำ (Carbon black dust) การอบไอกาว (Super glue) การฉายแสงความยาวคลื่น (Polilight) และการย้อมสีโรดามีน (Rhodamine 6G) (Adirek Pitak *et al.,* 2016) และวิธีการอื่นๆที่ใช้ในการเก็บรอยลายนิ้วมือแฝง ได้แก่ วิธีการทางแสง (Optical method) ประกอบด้วย การดูดซับ (Absorbtion) การสะท้อนแสง (Diffuse reflection) การเรืองแสง (Luminescence) การดูดกลืนรังสียูวี (UV absorption) การสะท้อน (Reflection) วิธีทางกายภาพ (Physical methods) ประกอบด้วย ผงฝุ่น (Powder) อนุภาคขนาดเล็ก (Small particle reagent) เคลือบโลหะในสุญญากาศ (Vacuum metal deposition) วิธีทางกายภาพร่วมกับทางเคมี ประกอบด้วย การใช้ไอโอดีน (Iodine) ไซยาโนอะคริเลท (Cyanoacrylate) และวิธีทางเคมี ได้แก่ นินไฮดริน (Ninhydrin) ดีเอฟโอ (DFO) เป็นต้น (Choi *et al.,* 2008) บางครั้งในการเก็บลายนิ้วมือแฝงอาจจะต้องใช้วิธีในการเก็บมากกว่าหนึ่งวิธี ขึ้นกับลักษณะพื้นผิวของวัตถุพยานนั้น ๆ เพื่อให้ได้ลายเส้นที่ชัดเจนและเพียงพอต่อการตรวจพิสูจน์เปรียบเทียบ ถ้าไม่มีเทคนิคที่เหมาะในการเก็บรอยลายนิ้วมือแฝง อาจจะทำให้สูญเสียพยานหลักฐานที่มีค่าไป เนื่องจากรอยลายนิ้วมือแฝงที่พบในสถานที่เกิดเหตุเกิดความเสียหายได้ง่าย โอกาสที่จะพบรอยลายนิ้วมือมีอยู่ทุกที่ที่มีการสัมผัส ดังนั้นวิธีที่จะเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงไม่เพียงขึ้นอยู่กับวิธีการที่เลือกใช้ ยังขึ้นกับประสบการณ์และความชำนาญการในการเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงอีกด้วย (Jasuja *et al.,* 2011) จึงทำให้หน่วยงานทางด้านการตรวจพิสูจน์หลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ต้องการวิธีการใหม่ๆและมีประสิทธิภาพในการตรวจลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุที่เป็นโลหะ

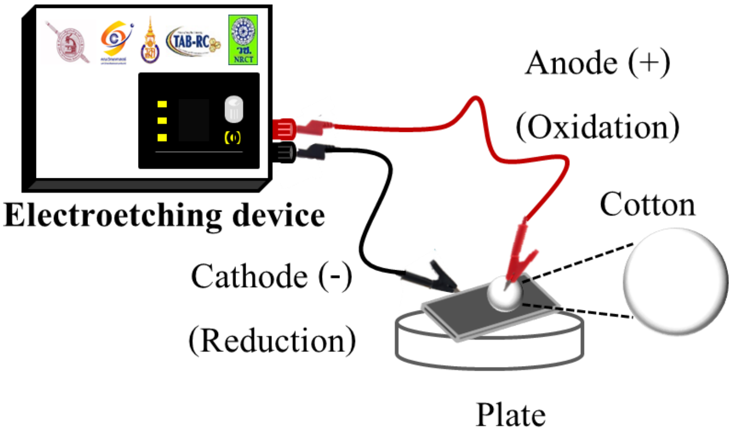
การตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุที่เป็นโลหะมีหลายวิธี ในปี ค.ศ 2007 ได้มีการนำเอาผงไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ซึ่งมีคุณสมบัติในการเรืองแสงในการตรวจหาลายนิ้วมือแฝง พบว่า อนุภาคไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีขนาดในระดับไมครอนเป็นผงสีขาว ให้ผลดีในการพัฒนาหาลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพื้นผิวเรียบ (Jung Choi *et al.,* 2007) ต่อมาในปี 2009 มีนักวิจัยนำอนุภาคนาโนของ CdSe มาประยุกต์ใช้ในการตรวจหาลายนิ้วมือแฝง โดยอนุภาค CdSe มีคุณสมบัติในการเรืองแสง และเป็นสารกึ่งตัวนำ ทำให้ลายนิ้วมือที่ปรากฏมีความคมชัดมากขึ้น โดยเฉพาะช่วง pH ที่มีความเป็น

เบสอ่อนๆ จะปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝงชัดเจนกว่าที่ความเป็นเบสแก่ ต่อมาในปี ค.ศ 2011 ได้มีนักวิทยาศาสตร์ทำการทดลองหาประสิทธิภาพที่ดีที่สุดเพื่อพัฒนาหาลายนิ้วมือแฝง โดยนำเอาผงไทเทเนียมไดออกไซด์ TiO_2 ร่วมกับ SPR เจนเชียลไวโอเลตมาเปรียบเทียบกับ CdSe ที่มีขนาดอนุภาคในระดับนาโนเมตร เพื่อหารอยลายนิ้วมือแฝงบนวัสดุหลากหลายชนิด เช่น กระป๋องน้ำ แผ่นกระเบื้อง แผ่นอะลูมิเนียม แผ่นซีดี แผ่นไม้ และเทปกาวชนิดต่าง ๆ โดยอนุภาคนาโนของ CdSe สามารถหารอยลายนิ้วมือแฝงที่มีอายุหลายวันได้ภายใน 5-15 นาที และค่า pH ที่เหมาะสมคือ 8 ที่มีประสิทธิภาพในการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงได้ดีในที่สุด (Wang *et al.,* 2011)

ในงานวิจัยของ Om Prakash และคณะ ได้ศึกษาการหารอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏขึ้นด้วยสารละลายอิเล็กโทรไลต์ บนพื้นผิวที่เป็นโลหะคือ ทองแดง อะลูมิเนียม สแตนเลส บนพื้นผิวที่เป็นอโลหะคือ แก้ว พลาสติก โดยในการทดลองได้ทำการศึกษา pH ที่เหมาะสมของสารละลายอิเล็กโทรไลต์และระยะเวลาที่ปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝง แสดงให้เห็นการปรากฏของรอยลายนิ้วมือที่ชัดเจน (Jasuja *et al.,* 2011) เทคนิคการเรืองแสง (Fluorescence) (Li et al., 2012) การสะท้อนแสง (Optical reflection) (Lin *et al.,* 2006) การเคลือบโลหะโดยใช้เทคนิคสปัตเตอริง (Metal spattering) โดยการเคลือบทองแดงหรือฟิล์มบางของทองที่มีความหนา 20-30 นาโนเมตร บนพื้นผิวของโลหะโดยจะไม่เคลือบติดตรงบริเวณที่มีไขมัน จึงทำให้ปรากฏเป็นรอยลายนิ้วมือแฝงเกิดขึ้น โดยวิธีนี้สามารถตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงที่มีอายุประมาณ 1 เดือนได้ โดยใช้เวลาในการตรวจหาประมาณ 1 นาที แต่วิธีการเคลือบโลหะมีการใช้สารตั้งต้นที่มีราคาแพง เครื่องมือที่ใช้มีราคาสูง และมีความยุ่งยากในการใช้งาน (Ramos and Vieira, 2012) เทคนิคสแกนนิงเคลวินโพรบ (Scanning kelvin probe) ได้ศึกษาการเกิดปฏิกิริยาระหว่างรอยลายนิ้วมือแฝงกับพื้นผิวของโลหะ จากการทดลองพบว่าสามารถมองเห็นรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวของโลหะได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะพื้นผิวที่เป็นเหล็กและทองแดงจะมีการปรากฏรายละเอียดของลายเส้นได้อย่างชัดเจน รายละเอียดของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏขึ้นอยู่กับเวลาที่สแกนลงบนพื้นผิวโลหะ จึงทำให้มองเห็นรอยลายนิ้วมือปรากฏขึ้นมา (Williams *et al.,* 2001) อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี (Infrared spectroscopy) ยังเป็นเทคนิคที่สามารถตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงได้เช่นเดียวกัน (Zhang *et al.,* 2016)

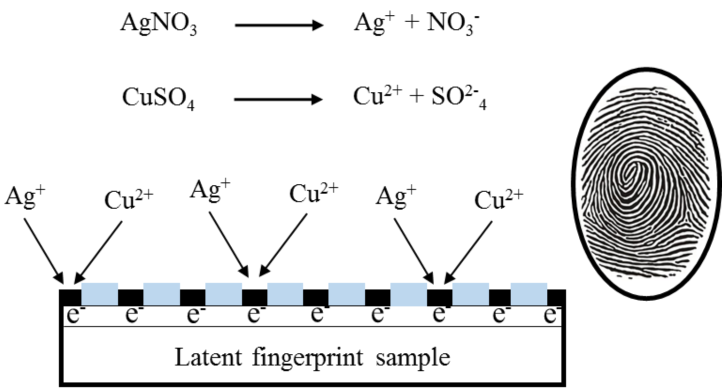
แม้ว่าเทคนิคดังกล่าวเป็นเทคนิคที่มีความน่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับ แต่เทคนิคการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงดังกล่าวมีข้อจำกัดคือ เครื่องมือขนาดใหญ่ทำให้ไม่สามารถใช้งานภาคสนามได้ เครื่องมือมีราคาแพง ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจหาลายนิ้วมือ ใช้เวลาในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงนาน ขั้นตอนในการเตรียมตัวอย่างค่อนข้างยุ่งยาก (Zhang *et al.*, 2016) จากข้อจำกัดดังกล่าววิธีทางเคมีไฟฟ้าจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจในการนำมาตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง เนื่องจากวิธีทางเคมีไฟฟ้ามีข้อได้เปรียบกว่าวิธีที่กล่าวมาข้างต้นคือ ใช้งานง่าย สะดวก เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้มีราคาถูกกว่า ทันสมัย ใช้เวลาในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงน้อยกว่า ซึ่งก่อนหน้านี้มีงานวิจัยศึกษาเกี่ยวกับการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงโดยใช้เทคนิคการเคลือบทางเคมีไฟฟ้า และมีความเป็นไปได้ที่จะนำวิธีที่พัฒนาขึ้นนำไปประยุกต์ใช้ในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงในงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจพัฒนาวิธีการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวของวัตถุพยานที่นำไฟฟ้า ให้มีความง่ายสะดวก รวดเร็ว ราคาถูก และสามารถนำไปใช้ในภาคสนามได้ ด้วยวิธีการเกาะติดทางเคมีไฟฟ้าร่วมของอนุภาคเงิน และอนุภาคทองแดง ด้วยวิธีทางเคมีไฟฟ้าโดยใช้สำลีจุ่มสารละลายทับลงบนพื้นผิววัตถุพยาน ปรับปรุงโดยใช้ขั้วไฟฟ้าแบบ 2 ขั้ว ประกอบด้วย ขั้วแคโทด และขั้วแอโนด ทำให้ใช้งานได้ง่ายขึ้น อีกทั้งสามารถนำไปใช้ตรวจหารอยลายนิ้วมือในสถานที่เกิดเหตุหรือภาคสนามได้ ดังแสดงในภาพที่ 1.6



ภาพที่ 1.6 อุปกรณ์ชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้าสำหรับการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนโลหะ

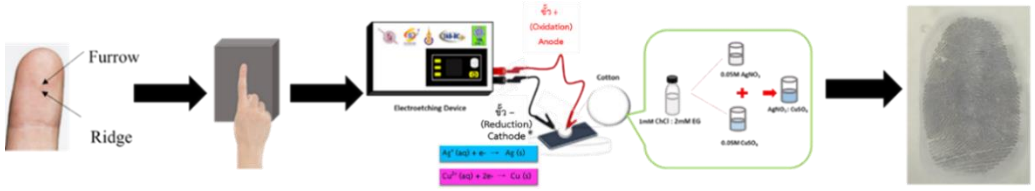
สำหรับการพัฒนาวิธีการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยวิธีทางเคมีไฟฟ้า โดยได้เลือกตัวดูดซับเป็นสำลีที่ผ่านการจุ่มสารละลายอิเล็กโทรไลต์นำมาวางบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้าที่มีรอยลายนิ้วมือแฝงประทับอยู่ เมื่อเวลาผ่านไปจะปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝงที่ชัดเจน ไอออนของเงิน และ ไอออนของทองแดงที่อยู่ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์จะเกิดการแพร่ไปยังผิวหน้าของขั้วลบ (Cathode) เพื่อไปรับอิเล็กตรอน โดยไอออนของเงินและไอออนของทองแดง จะไปรับอิเล็กตรอนเฉพาะบริเวณที่ไม่มีรอยลายนิ้วมือ เมื่อไอออนของเงินและไอออนของทองแดง รับอิเล็กตรอนจะกลายเป็นอนุภาคเงินและอนุภาคทองแดง ทำให้เห็นรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 1.7 โดยในงานวิจัยนี้จะศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของวิธีวิเคราะห์ ได้แก่ ศึกษาชนิดของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ความเข้มข้นของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ อัตราส่วนของสารละลาย ศึกษาศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และเวลาที่เหมาะสม สามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้าหรือเป็นโลหะชนิดต่าง ๆ ได้



ภาพที่ 1.7 กลไกการเกิดรอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยาน

โดยมีหลักการหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวที่เป็นโลหะด้วยวิธีทางเคมีไฟฟ้าดังนี้ เมื่อผ่านแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงไอออนของเงินและทองแดงจะรับอิเล็กตรอนที่ผิวชิ้นงานที่เป็นขั้วลบ (แอโนด) กลายเป็นอนุภาคของโลหะเงินและทองแดงเกาะบนพื้นผิวโลหะบริเวณที่ไม่มีลายนิ้วมือแฝง โดยการเกิดปฏิกิริยารีดักชัน ส่วนบริเวณที่มีลายนิ้วมือจะไม่เกิดการเกาะติดของโลหะเงินและทองแดง

เนื่องจากมีความเป็นฉนวนไฟฟ้าจึงทำให้สามารถเห็นรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะได้อย่างชัดเจน ดังแสดงในภาพที่ 1.8



ภาพที่ 1.8 แสดงวิธีการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานโลหะด้วยเทคนิคทางเคมีไฟฟ้า

1.3 วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาวิธีการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้า โดยวิธีทางเคมีไฟฟ้าที่ใช้งานง่ายและรวดเร็ว

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

การพัฒนาวิธีการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้าด้วยวิธีทางเคมีไฟฟ้า ที่ใช้งานง่าย สะดวก รู้ผลรวดเร็ว ใช้สารเคมีปริมาณน้อย และสามารถประยุกต์ใช้งานด้านนิติวิทยาศาสตร์ได้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

งานวิจัยนี้พัฒนาการหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวที่เป็นโลหะโดยวิธีทางเคมีไฟฟ้า โดยพัฒนาให้มีความง่าย สะดวก รวดเร็ว ประหยัดสารเคมี นับจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้ และสามารถประยุกต์ใช้ในการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนตัวอย่างจริงที่พบในสถานที่เกิดเหตุในงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ได้

บทที่ 2

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการดำเนินงาน

2.1 สารเคมี เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

2.1.1 สารเคมี

2.1.1.1 เอทิลีนไกลคอล (Ethylene glycol, EG จากบริษัท Avantor Perform Materials ประเทศโปแลนด์)

2.1.1.2 ซิลเวอร์ไนเตรท ($AgNO_3$ จากบริษัท Avantor Performance Materials ประเทศโปแลนด์)

2.1.1.3 คอปเปอร์ (II) ซัลเฟต ($CuSO_3$ จากบริษัท อินเตอร์เอ็ด ดูเคชั่นซัพพลายส์ จำกัด)

2.1.1.4 โคลีนคลอไรด์ ($((CH_3)_3NCH_2CH_2OH)$ Cl จากบริษัท Sigma-Aldrich ประเทศ Switzerland)

2.1.1.5 น้ำปราศจากไอออน (Deionized water)

2.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

2.1.2.1 อุปกรณ์ชุบเคลือบผิวและกัดผิววัสดุด้วยไฟฟ้าแบบพกพา

2.1.2.2 เครื่อง Ultrasonic bath ยี่ห้อ Elmasonic s 100 – Hans Schimidbauer GmbH & Co. KG

2.1.2.3 เครื่องคนสารละลายระบบใช้แม่เหล็ก (Magnetic Stirrers) ยี่ห้อ IKA-color squid (ประเทศเยอรมนี)

2.1.2.4 เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง รุ่น BS224S จากบริษัท Sartorius

2.1.2.5 เครื่องกรองน้ำ Deionized water รุ่น Easy pure RF/UV จากบริษัท Thermo Scientific

2.1.3 วัสดุอุปกรณ์

2.1.3.1 แผ่นสแตนเลส เหรียญต่าง ๆ

2.1.3.2 ไมโครปิเปตต์ขนาด 100, 1000, 5000 ไมโครลิตร ยี่ห้อ Eppendorf

2.1.3.3 นาฬิกาจับเวลา

2.1.3.4 ขั้วไฟฟ้า (ขั้วไฟฟ้าบวก และขั้วไฟฟ้าลบ)

2.1.3.5 กล่องควบคุมแสง (Stereo box)

2.1.3.6 โทรศัพท์มือถือ ยี่ห้อ OPPO F5 สำหรับถ่ายภาพ

2.1.3.7 เครื่องแก้วที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์ เช่น ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask) บีกเกอร์ (Beaker) ขวดฝาเกลียว (Duran) แท่งแก้วคนสาร (Stirring rod)

2.2 วิธีการวิจัย

2.2.1 การเตรียมตัวอย่างรอยลายนิ้วมือแฝง (Preparation of latent fingerprints sample)

นำตัวอย่างวัตถุพยานที่นำไฟฟ้าตัดให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีขนาดกว้าง×ยาว ประมาณ 4.5×7 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่ 2.1 ล้างทำความสะอาดเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกที่อาจเป็นปัจจัยรบกวน ในอะซิโตน เอทานอล และน้ำที่ปราศจากไอออน ด้วยเครื่อง Ultrasonic bath เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นทำให้แห้งโดยการนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 2.1 ตัวอย่างวัตถุพยานที่นำไฟฟ้าลักษณะรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 4.5×7 เซนติเมตร

จากนั้นให้อาสาสมัครล้างมือด้วยสบู่และน้ำให้สะอาด และทำให้มือแห้ง นำปลายนิ้วมือสัมผัสบริเวณใบหน้าที่มีไขมันติดอยู่ เช่น บริเวณหน้าผาก จมูก แก้ม และคาง เป็นต้น เพื่อให้ไขมันเคลือบติดบนนิ้วมือ จากนั้นประทับรอยลายนิ้วมือลงบนตัวอย่างวัตถุพยานที่นำไฟฟ้า โดยใช้เวลาในการกด 5 วินาที เพื่อจำลองตัวอย่างรอยลายนิ้วมือแฝง

2.2.2 ศึกษาชนิดของสารที่ช่วยเพิ่มการเกาะติดของอนุภาคเงินและทองแดง (Preparation of chemical for improving adhesion with silver and copper particles)

2.2.2.1 การเตรียมสารละลายเอทิลีนไกลคอล (Preparation of ethylene glycol)

เตรียมเอทิลีนไกลคอลความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ 1,000 มิลลิลิตร โดยปิเปต เอทิลีนไกลคอล 5,623 ไมโครลิตรใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนให้มีปริมาตรสุดท้ายตามที่ต้องการ

2.2.2.2 การเตรียมสารละลายดิฟยูเทกติกโซลเวน (Preparation of deep eutectic solvent)

เตรียมสารละลายดิฟยูเทกติกโซลเวนอัตราส่วนความเข้มข้น 1:2 ของโคลีนคลอไรด์ต่อเอทิลีนไกลคอล โดยชั่งโคลีนคลอไรด์ ($C_5H_{14}ClNO$, 98%) 0.1396 กรัม เอทิลีนไกลคอล ($C_2H_6O_2$) ปริมาตร 5,000 ไมโครลิตร ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนในขวดวัดปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

2.2.3 การเตรียมสารละลายผสมของเงินไอออนและทองแดงไอออน (Preparation of electroplating solution)

เตรียมสารละลายผสมของเงินไอออนและทองแดงไอออน (0.05 M $AgNO_3$ + 0.05 M $CuSO_4$) โดยชั่งซิลเวอร์ไนเตรท ($AgNO_3$) 2.1233 กรัม และคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) 4.8811 กรัม ปรับปริมาตรให้ได้ 250 มิลลิลิตร ด้วยสารละลายเอทิลีนไกลคอล หรือดิฟยูเทกติกโซเวน จากนั้นปรับปริมาตรด้วยสารละลายที่ช่วยในการเกาะติดให้มีปริมาตรสุดท้ายตามที่ต้องการ จากนั้นใช้เครื่องคนสารละลายพร้อมให้ความร้อน จนเป็นสารละลายเนื้อเดียวกัน ได้สารละลายสุดท้ายเป็นสีเขียวอมฟ้า

2.2.4 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้า (The optimized condition of visualized latent fingerprints on electrically conductive material)

2.2.4.1 ศึกษาอัตราส่วนความเข้มข้นของสารละลายผสมของเงินไอออนและทองแดงไอออน (Optimization of electroplating solution)

เตรียมสารละลายผสมของเงินไอออนและทองแดงไอออนในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ดิฟยูเทกติกโซลเวน และเอทิลีนไกลคอล ในอัตราส่วนความเข้มข้นของเงินไอออนและทองแดงไอออน 1:1, 1:2 และ 2:1 จากนั้นคนจนสารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน สารละลายที่ได้สุดท้ายเปลี่ยนเป็นสีเขียวอม

ฟ้า และทดสอบความสามารถในการเกาะติดของอนุภาคเงินและอนุภาคทองแดงบนวัตถุพยานที่เป็นโลหะด้วยวิธีทางเคมีไฟฟ้า โดยมีเกณฑ์ที่ใช้เลือกสภาวะที่เหมาะสม โดยเลือกสภาวะที่สามารถมองเห็นรายละเอียดของจุดลักษณะสำคัญพิเศษปรากฏชัดเจนที่สุด และใช้เวลาในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงน้อยที่สุด

2.2.4.2 ศึกษาค่าศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสม (Optimization of depositing potential)

ศึกษาค่าศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสมในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนวัสดุที่เป็นโลหะด้วยวิธีทางเคมีไฟฟ้า โดยศึกษาค่าศักย์ไฟฟ้าตั้งแต่ 0.5-11.0 โวลต์ โดยจะเลือกศักย์ไฟฟ้าที่สามารถทำให้อนุภาคของเงินและทองแดงเข้าไปเกาะติดบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้าบริเวณที่ต้องการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงได้มากที่สุด สังเกตได้จากรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏจะมีลักษณะที่มีความต่อเนื่องของลายเส้นที่ชัดเจน และสามารถนับจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้ เพื่อเปรียบเทียบยืนยันตัวบุคคลได้

2.2.4.3 ศึกษาค่ากระแสไฟฟ้าที่เหมาะสม (Optimization of depositing current)

ศึกษากระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมในการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนวัสดุที่เป็นโลหะ โดยจะทำการศึกษากระแสไฟฟ้าตั้งแต่ 0.5-5.0 แอมแปร์ โดยจะเลือกศักย์ไฟฟ้าที่สามารถทำให้อนุภาคของเงินและทองแดงเข้าไปเกาะติดบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้าบริเวณที่ต้องการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงได้มากที่สุด สังเกตได้จากรอยนิ้วมือที่ปรากฏจะมีลักษณะของลายเส้นที่มีความต่อเนื่องที่ชัดเจนและสามารถนับจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (Minutiae) ได้ครบตามที่ต้องการ

2.2.4.4 ศึกษาผลของเวลาที่เหมาะสม (Optimization of depositing time)

ศึกษาเวลาที่ใช้ในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้า โดยศึกษาที่เวลาตั้งแต่ 15-60 วินาที ซึ่งเวลามีผลต่อความชัดของรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏ โดยหากเวลาที่ใช้น้อยเกินไปจะทำให้อนุภาคของเงินและอนุภาคทองแดงเข้าไปเกาะได้ไม่สมบูรณ์บริเวณที่มีรอยลายนิ้วมือแฝงประทับอยู่ ส่งผลให้รอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏไม่ชัด ไม่สามารถแยกเส้นลายนิ้วมือแต่ละเส้นได้

แต่หากเวลามากเกินไปจะทำให้อนุภาคของเงินและอนุภาคทองแดงไปเกาะหนาบริเวณที่ต้องการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง จนบดบังเส้นลายนิ้วมือ เห็นเป็นสีดำทึบ ไม่สามารถนับจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษของลายนิ้วมือได้

2.2.5 ศึกษาจุดลักษณะสำคัญพิเศษของลายนิ้วมือที่ปรากฏบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้าต่างชนิดกัน (The special characteristic and minutiae of fingerprint on electrically conductive material)

ศึกษาการปรากฏของจุดลักษณะสำคัญพิเศษบนเส้นลายนิ้วมือ จากภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้ โดยพิจารณาคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงจากความคมชัดของรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏ ความต่อเนื่องของลายเส้น และจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษ โดยอาศัยเกณฑ์การนับจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษบนรอยลายนิ้วมือแฝง ดังตารางที่ 1.1 ใช้ในการเปรียบเทียบยืนยันตัวบุคคลได้

2.2.6 ศึกษาอายุของรอยลายนิ้วมือแฝงที่มีผลต่อการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง (The visualization of different aged detection of latent fingerprints)

ในเหตุการณ์คดีต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น บางครั้งเจ้าหน้าที่กลุ่มตรวจสอบสถานที่เกิดเหตุไม่สามารถเข้าไปในสถานที่เกิดเหตุได้ทันที เพื่อเก็บรวบรวมพยานหลักฐาน จึงทำให้รอยนิ้วมือแฝงที่ประทับบนพื้นผิวของวัตถุจึงไม่ใช่รอยนิ้วมือที่สดใหม่ ที่อาจมีผลต่อการปรากฏของรอยนิ้วมือแฝง ดังนั้นจึงทำการศึกษาผลของอายุของรอยนิ้วมือแฝงที่มีผลต่อความสามารถในการตรวจหารอยนิ้วมือแฝง โดยใช้วิธีการเกาะติดทางเคมีไฟฟ้าด้วยอนุภาคเงินและทองแดง โดยทำการจำลองอายุของรอยนิ้วมือแฝงที่มีอายุต่าง ๆ กัน คือ 1 วัน, 2 วัน, 3 วัน, 4 วัน, 5 วัน และ 6 วัน ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 5.0 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 1.5 แอมแปร์ เป็นระยะเวลา 30 วินาที

2.2.7 ศึกษาประสิทธิภาพของการทำซ้ำ (Reproducibility)

ศึกษาประสิทธิภาพของการทำซ้ำของวิธีที่พัฒนาขึ้นภายใต้สภาวะเดียวกัน โดยการศึกษาการประทับของรอยลายนิ้วมือตรงตำแหน่งเดียวกัน เวลาเดียวกัน แล้วสังเกตจุดลักษณะ

สำคัญพิเศษที่ได้ต้องปรากฏที่ตำแหน่งเดียวกัน มีความคมชัดของลายเส้นที่ปรากฏ มีความต่อเนื่องของลายเส้น เพื่อเปรียบเทียบยืนยันตัวบุคคลได้

บทที่ 3

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การเกิดรอยนิ้วมือแฝงเกิดจากการหลั่งของสารไปยังปลายนิ้วมือ ซึ่งองค์ประกอบของสารคัดหลั่งจะทำหน้าที่เป็นฉนวนทางไฟฟ้า จึงทำให้อนุภาคของเงินและทองแดงเคลือบบนพื้นผิวของตัวอย่างบริเวณที่ไม่มีรอยนิ้วมือ ซึ่งการประเมินและการให้คะแนนของภาพรอยนิ้วมือแฝงที่ปรากฏจะใช้เกณฑ์ของศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Centre for Applied Science & Technology; CAST) โดยเกณฑ์ในการให้คะแนนจะอยู่ในช่วง 0 ถึง 5 โดยการประเมินรายละเอียดของลายเส้นที่ปรากฏชัดเจนด้วยสายตา (Fairley *et al.,* 2012) โดยรอยนิ้วมือแฝงที่มีคะแนนตั้งแต่ 0 ถึง 2 สามารถอธิบายได้ว่า จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษที่นับได้ ไม่สามารถชี้เฉพาะเพื่อยืนยันตัวบุคคลได้ ส่วนรอยนิ้วมือแฝงที่มีคะแนนตั้งแต่ 3 จนถึง 5 สามารถอธิบายได้ว่า จำนวนจุดลักษณะสำคัญที่นับได้ สามารถชี้เฉพาะเพื่อยืนยันตัวบุคคลได้ (Zhang *et al.,* 2016)

3.1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้า

ศึกษาชนิดของสารที่ช่วยเพิ่มการเกาะติดของอนุภาคเงินและทองแดงสำหรับตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้า โดยในงานวิจัยนี้เลือกใช้สารที่ช่วยเพิ่มการเกาะติดของอนุภาคเงินและทองแดง 2 ชนิด คือ เอทิลีนไกลคอล (Ethylene glycol) และ ดิฟยูเทกติกโซเวน (Deep eutectic solvent) เพื่อให้วิธีที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด จึงจำเป็นต้องศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสม

3.1.1 ศึกษาอัตราส่วนของสารละลายที่เหมาะสมสำหรับการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาข้อมูลในการเตรียมสารละลายผสมของเงินไอออนและทองแดงไอออนในสารละลายเอทิลีนไกลคอลและดิฟยูเทกติกโซเวน โดยในการทดลองครั้งนี้อ้างอิงมาจาก

Zhang และคณะ ใช้วิธีทางเคมีไฟฟ้า ทำได้โดยการนำปลายขั้วบวกที่มีวัสดุดูดซับ โดยได้เลือกตัวดูดซับเป็นสำลีที่ผ่านการจุ่มสารละลายอิเล็กโทรไลต์ นำมาวางบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้าที่มีรอยลายนิ้วมือแฝงประทับอยู่ เมื่อเวลาผ่านไปจะปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝงที่ชัดเจน ไอออนของเงินและไอออนของทองแดงที่อยู่ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ จะเกิดการแพร่ไปยังผิวหน้าของขั้วลบ (Cathode) เพื่อไปรับอิเล็กตรอน โดยไอออนของเงินและไอออนของทองแดงจะไปรับอิเล็กตรอนเฉพาะบริเวณที่ไม่มีรอยลายนิ้วมือ เมื่อไอออนของเงินและไอออนของทองแดงรับอิเล็กตรอนจะกลายเป็นอนุภาคเงินและอนุภาคทองแดง ผ่านการเกิดปฏิกิริยารีดักชัน ทำให้เห็นรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏขึ้น โดยศึกษาความเข้มข้นของสารละลายที่อัตราส่วนต่างกัน จากการศึกษาพบว่า สารละลายผสมของเงินไอออนและทองแดงไอออนที่เตรียมในสารละลายที่ช่วยเพิ่มการเกาะติดทั้ง 2 ชนิด ที่อัตราส่วนความเข้มข้น 1:2 ของสารละลายเงินต่อสารละลายทองแดง พบว่า รอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏมีการเกาะติดของอนุภาคทองแดงมากกว่าอนุภาคเงิน เนื่องจากอัตราส่วนของสารละลายทองแดงมากกว่าสารละลายเงิน เมื่อให้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ทำให้ไอออนของทองแดงไปรับอิเล็กตรอนบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้าได้มากกว่า จึงทำให้อนุภาคทองแดงเกาะติดบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้าได้มากกว่าอนุภาคของเงิน จึงทำให้มองเห็นรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏมีลักษณะของลายเส้นมีความไม่ต่อเนื่อง ทำให้สังเกตได้ยาก ส่งผลต่อจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษที่สามารถนับได้ จึงศึกษาต่อที่อัตราส่วนความเข้มข้น 2:1 ของสารละลายเงินต่อสารละลายทองแดง พบว่า รอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏมีการเกาะติดของอนุภาคเงินมากกว่าอนุภาคทองแดง เนื่องจากอัตราส่วนความเข้มข้นของสารละลายเงินมากกว่าสารละลายทองแดง เมื่อให้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ทำให้ไอออนของเงินไปรับอิเล็กตรอนบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้าได้มากกว่า จึงทำให้อนุภาคของเงินเกาะติดของบนโลหะได้มากกว่าอนุภาคของทองแดง ทำให้รอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏมีสีทึบมองเห็นรายละเอียดของลายเส้นนิ้วมือที่ปรากฏทึบเกินไป แสดงให้เห็นว่า หากมีปริมาณของอนุภาคเงินหรืออนุภาคทองแดงที่น้อยหรือมากเกินไป ส่งผลต่อการปรากฏของรอยลายนิ้วมือแฝง เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาไม่เพียงพอ แต่ในขณะเดียวกันหากปริมาณเงินหรือทองแดงมากเกินไป ทำให้การส่งผ่านอิเล็กตรอนเป็นไปได้ยาก จึงศึกษาต่อที่อัตราส่วนความเข้มข้น 1:1 ของสารละลายเงินต่อสารละลายทองแดง พบว่า รอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏมีการ

เกาะติดของอนุภาคเงินและทองแดงได้อย่างสมบูรณ์ ทำให้ปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝงที่มีลายเส้นที่ชัดเจนและมีความต่อเนื่องของลายเส้นที่สุด สามารถนับจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษ เพื่อยืนยันตัวบุคคลได้ ดังนั้นอัตราส่วนความเข้มข้นของสารละลายผสมของเงินไอออนและทองแดงไอออนที่เตรียมในสารละลายที่ช่วยในการเกาะติดทั้ง 2 ชนิด อัตราส่วนความเข้มข้นที่เหมาะสมคือ ที่อัตราส่วนความเข้มข้น 1:1 ของสารละลายเงินต่อสารละลายทองแดง ดังแสดงในภาพที่ 3.1 และภาพที่ 3.2

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 3.1 แสดงอัตราส่วนความเข้มข้นของสารละลายผสมเงินและทองแดง ที่เตรียมในดิฟยูเทกติกโซเวน (ก) อัตราส่วน 1:2 (ข) อัตราส่วน 2:1 และ (ค) อัตราส่วน 1:1

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 3.2 แสดงอัตราส่วนความเข้มข้นของสารละลายผสมเงินและทองแดง ที่เตรียมในเอทิลีนไกลคอล (ก) อัตราส่วน 1:2 (ข) อัตราส่วน 2:1 และ (ค) อัตราส่วน 1:1

3.1.2 ศึกษาศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และเวลาที่เหมาะสมสำหรับการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง

3.1.2.1 เตรียมสารละลายผสมเงินและทองแดงในเอทิลีนไกลคอล อัตราส่วน 1:1

จากผลการศึกษาศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในการเกาะติดของอนุภาคเงินและอนุภาคทองแดง โดยใช้เอทิลีนไกลคอลช่วยในการเพิ่มการเกาะติดของอนุภาคเงินและอนุภาคทองแดง ในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้า โดยในการทดลองได้ศึกษาที่ศักย์ไฟฟ้า 0.5-11.0 โวลต์ ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 3.1 พบว่า ที่ศักย์ไฟฟ้าในช่วง 0.5 - 4.0 โวลต์ ปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝงไม่ชัดเจน จึงเพิ่มค่าศักย์ไฟฟ้าในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง พบว่า รอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏชัดขึ้นที่ศักย์ไฟฟ้า 5.0 โวลต์ และปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝงชัดขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งที่ศักย์ไฟฟ้า 10.0 โวลต์ ปรากฏเส้นลายนิ้วมือชัดเจน และมีความต่อเนื่องของลายเส้นที่สุด สามารถตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงและนำมาเปรียบเทียบเพื่อยืนยันตัวบุคคลได้ แต่เมื่อเพิ่มศักย์ไฟฟ้าที่ 11.0 โวลต์ พบว่า วัตถุพยานที่นำไฟฟ้าบริเวณที่มีรอยลายนิ้วมือแฝงประทับอยู่พื้นผิวเป็นสีดำทึบ จนไม่สามารถแยกเส้นลายนิ้วมือแต่ละเส้นได้ เป็นผลจากค่าศักย์ไฟฟ้าที่มากเกินไปจึงทำให้พื้นผิวของวัตถุพยานเกิดการไหม้ขึ้นตรงบริเวณที่ต้องการเก็บรอยลายนิ้วมือแฝง ดังนั้น ศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับตัวทำละลายเอทิลีนไกลคอล คือ 10.0 โวลต์ ใช้ในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 3.1 แสดงผลของค่าศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในการหารอยลายนิ้วมือแฝง ที่กระแสไฟฟ้า 1.5 แอมแปร์ เวลา 30 วินาที

ศักย์ไฟฟ้า (โวลต์)	**กระแสไฟฟ้า 1.5 แอมแปร์**
	เวลา 30 วินาที
0.5	
1.0	
2.0	
3.0	

ศักย์ไฟฟ้า (โวลต์)	กระแสไฟฟ้า 1.5 แอมป์แปร์
	เวลา 30 วินาที
4.0	
5.0	
6.0	
7.0	
8.0	

9.0	
10.0	
11.0	

หลังจากได้ศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสมแล้ว ทำการศึกษาที่กระแสไฟฟ้าที่ต่างกัน โดยใช้ศักย์ไฟฟ้าคงที่ 10.0 โวลต์ ทำการศึกษาที่กระแสไฟฟ้าตั้งแต่ 0.5 - 5.0 แอมแปร์ ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 3.2 พบว่า กระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้า คือ 1.5 แอมแปร์ เนื่องจากปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเซลล์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณของสารที่เกิดปฏิกิริยารีดักชันที่ขั้วไฟฟ้า ดังนั้นการใช้กระแสไฟฟ้าที่มากเกินอาจจะส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยารีดักชันที่ไฟฟ้า ในค่ากระแสไฟฟ้าที่สามารถมองเห็นรอยนิ้วมือแฝงได้ชัดเจน จึงเลือกใช้กระแสไฟฟ้าที่ 1.5 แอมแปร์ ใช้ในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 3.2 แสดงผลของค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการหารอยลายนิ้วมือแฝง ที่ศักย์ไฟฟ้า 10.0 โวลต์ เวลา 30 วินาที

กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	**ศักย์ไฟฟ้า 10.0 โวลต์**
	เวลา 30 วินาที
0.5	
1.0	
1.5	
2.0	

กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	ศักย์ไฟฟ้า 10 โวลต์
	เวลา 30 วินาที
3.0	
4.0	
5.0	

เมื่อได้ค่าศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมแล้ว จึงทำการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝง โดยศึกษาที่เวลา 15, 30 และ 60 วินาที แสดงผลดังตารางที่ 3.3 พบว่า ที่เวลา 15 วินาที รอยนิ้วมือแฝงที่ปรากฏยังมองเห็นลายเส้นไม่ชัดเจน เนื่องจากเวลาในการเกาะติดของอนุภาคของเงินและทองแดงน้อยเกินไป จึงทำให้ปฏิกิริยาเกิดไม่สมบูรณ์ มองเห็นรอยลายนิ้วมือแฝงที่มีความไม่ต่อเนื่องของลายเส้น จึงเพิ่มเวลาในการหารอยนิ้วมือแฝงเป็น 30 วินาที พบว่า ที่เวลา 30 วินาที ปรากฏลายเส้นของรอยลายนิ้วมือแฝงชัดเจน สามารถนับจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้ เนื่องจากที่เวลาดังกล่าวการเกาะติดของอนุภาคเงินและทองแดงเกิดได้สมบูรณ์ จึงทำให้สามารถมองเห็นรอยนิ้วมือแฝงได้ชัดเจน เพื่อเป็นการยืนยันว่าที่เวลา 30 วินาที นั้นเป็นเวลาที่ดีที่สุด จึงทำการศึกษาที่เวลา 60 วินาที พบว่า ที่เวลา 60 วินาที รอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏเกิดการ

เลื่อมล้ำของลายเส้น ทำให้มองเห็นเป็นสีดำทึบ เป็นผลมาจากการใช้เวลาในการเกาะติดของอนุภาคเงินและทองแดงนานเกินไป ทำให้เกิดการเกาะติดของอนุภาคเงินและทองแดงบริเวณดังกล่าวหนาแน่น จึงทำให้เลยช่วงที่เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ ที่สามารถมองเห็นรอยนิ้วมือแฝงได้ชัดเจน อีกทั้งความเสียหายของลายเส้นอาจเกิดจากรอยลากของสำลี จึงเลือกใช้ที่เวลา 30 วินาที

ตารางที่ 3.3 แสดงผลของเวลาที่ใช้ในการหารอยนิ้วมือแฝง ที่ศักย์ไฟฟ้า 10.0 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 1.5แอมแปร์

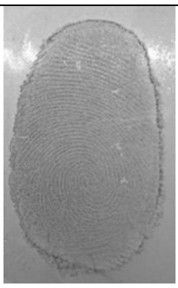
เวลา	**ศักย์ไฟฟ้า 10 โวลต์**
(วินาที)	**กระแสไฟฟ้า 1.5 แอมแปร์**
15	
30	
60	

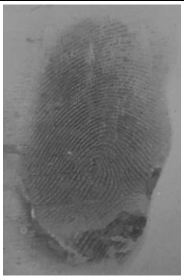
3.1.2.2 เตรียมสารละลายผสมเงินและทองแดงในดิฟยูเทกติกโซเวน อัตราส่วน 1:1

จากผลการศึกษาศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในการเกาะติดของอนุภาคเงินและอนุภาคทองแดง โดยใช้ดิฟยูเทกติกโซเวนช่วยในการเพิ่มการเกาะติดของอนุภาคเงินและอนุภาคทองแดง ในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้า โดยในการทดลองได้ศึกษาที่ศักย์ไฟฟ้า 0.5-11.0 โวลต์ ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 3.4 พบว่า ที่ศักย์ไฟฟ้าในช่วง 0.5-3.0 โวลต์ ลายนิ้วมือปรากฏไม่ชัดเจน เมื่อค่าศักย์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นรอยลายนิ้วมือแฝงเริ่มมีการปรากฏชัดขึ้นที่ศักย์ไฟฟ้า 4.0 โวลต์ แต่อาจจะมีเส้นลายนิ้วมือบางเส้นที่ยังไม่ชัดเจน ไม่สามารถแยกได้ และมีความไม่ต่อเนื่องของเส้นลายนิ้วมือแฝง จึงมีผลต่อการนับจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (Minutiae) จึงทำการเพิ่มศักย์ไฟฟ้าขึ้นเรื่อย ๆ พบว่าลายนิ้วมือแฝงปรากฏลายเส้นชัดเจนที่ช่วงศักย์ไฟฟ้า 5.0-9.0 โวลต์ สามารถนับจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้ แต่เมื่อเพิ่มศักย์ไฟฟ้าในช่วง 10.0–11.0 โวลต์ พบว่า ที่พื้นผิวของโลหะบริเวณที่มีรอยลายนิ้วมือแฝง การเกาะติดของอนุภาคเงินและทองแดงมีฟองเกิดขึ้น เนื่องจากการใช้ศักย์ไฟฟ้าที่มากเกินไป อีกทั้งยังส่งผลทำให้รอยนิ้วมือแฝงดังกล่าวเกิดความเสียหาย จึงไม่สามารถมองเห็นลายเส้นของรอยนิ้วมือแฝงได้ ดังนั้นช่วงของศักย์ไฟฟ้าที่ปรากฏลายเส้นของรอยนิ้วมือแฝงชัดเจนอยู่ในช่วง 5.0-9.0 โวลต์ ในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ที่ศักย์ไฟฟ้า 5.0 โวลต์ ใช้ในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 3.4 แสดงผลของค่าศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในการหารอยนิ้วมือแฝง ที่กระแสไฟฟ้า 1.5 แอมแปร์ เวลา 30 วินาที

ศักย์ไฟฟ้า (โวลต์)	**กระแสไฟฟ้า 1.5 แอมแปร์**
	เวลา 30 วินาที
0.5	

ศักย์ไฟฟ้า (โวลต์)	กระแสไฟฟ้า 1.5 แอมแปร์
	เวลา 30 วินาที
1.0	
2.0	
3.0	
4.0	
5.0	

ศักย์ไฟฟ้า (โวลต์)	กระแสไฟฟ้า 1.5 แอมแปร์
	เวลา 30 วินาที
6.0	
7.0	
8.0	
9.0	
10.0	

ศักย์ไฟฟ้า (โวลต์)	**กระแสไฟฟ้า 1.5 แอมแปร์ เวลา 30 วินาที**
11.0	

หลังจากที่ได้ศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสมแล้ว ทำการศึกษาที่กระแสไฟฟ้าที่ต่างกัน โดยใช้ศักย์ไฟฟ้าคงที่ 5.0 โวลต์ ทำการศึกษาที่กระแสไฟฟ้า 0.5-5.0 แอมแปร์ ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 3.5 พบว่า กระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมในการตรวจหารอยนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่เป็นโลหะ คือ 1.5 แอมแปร์ เพราะปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเซลล์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณของสารที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน หรือออกซิเดชันที่ขั้วไฟฟ้า ดังนั้นการใช้กระแสไฟฟ้าที่มากเกินอาจจะส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยารีดักชันที่ขั้วไฟฟ้า ในค่ากระแสไฟฟ้าที่สามารถมองเห็นรอยนิ้วมือแฝงได้ชัดเจน จึงเลือกใช้กระแสไฟฟ้าที่ 1.5 แอมแปร์ ใช้ในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 3.5 แสดงผลของค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการหารอยนิ้วมือแฝง ที่ศักย์ไฟฟ้า 5.0 โวลต์ เวลา 30 วินาที

กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	**ศักย์ไฟฟ้า 5.0 โวลต์ เวลา 30 วินาที**
0.5	

กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	ศักย์ไฟฟ้า 5.0 โวลต์ เวลา 30 วินาที
1.0	
1.5	
2.0	
3.0	
4.0	

กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	ศักย์ไฟฟ้า 5.0 โวลต์ เวลา 30 วินาที
5.0	

เมื่อได้ค่าศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมแล้ว จึงทำการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการปรากฏรอยนิ้วมือแฝง โดยศึกษาที่เวลา 15, 30 และ 60 วินาที แสดงผลดังตารางที่ 3.6 พบว่า ที่เวลา 15 วินาที รอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏยังมองเห็นลายเส้นไม่คมชัด เนื่องจากเวลาในการเกาะติดของอนุภาคของเงินและทองแดงน้อยเกินไป จึงทำให้ปฏิกิริยาเกิดไม่สมบูรณ์ ส่งผลให้มองเห็นรอยลายนิ้วมือแฝง มีลายเส้นที่ไม่ต่อเนื่องและยังไม่ชัดเจนเพียงพอ จึงเพิ่มเวลาในการหารอยลายนิ้วมือแฝงเป็น 30 วินาที พบว่า ที่เวลา 30 วินาที ปรากฏลายเส้นของรอยนิ้วมือแฝงชัดเจนสามารถนับจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้ เนื่องจากที่เวลาดังกล่าวการเกาะติดของอนุภาคเงินและทองแดงเกิดได้สมบูรณ์ จึงทำให้สามารถมองเห็นรอยนิ้วมือแฝงได้ชัดเจน เพื่อเป็นการยืนยันว่าที่เวลา 30 วินาที นั้นเป็นเวลาที่ดีที่สุด จึงทำการศึกษาที่เวลา 60 วินาที พบว่า ที่เวลา 60 วินาที ปรากฏลายเส้นของรอยลายนิ้วมือแฝงมองเห็นเป็นสีดำทึบ เป็นผลมาจากการใช้เวลาในการเกาะติดของอนุภาคเงินและทองแดงนานเกินไป ทำให้เกิดการเกาะติดของอนุภาคเงินและทองแดงบริเวณดังกล่าวหนาแน่น จึงทำให้เลยช่วงที่เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ ที่สามารถมองเห็นรอยนิ้วมือแฝงได้ อีกทั้งความเสียหายของลายเส้นอาจเกิดจากรอยลากของสำลี จึงเลือกใช้ที่เวลา 30 วินาที

ตารางที่ 3.6 แสดงผลของเวลาที่ใช้ในการหารอยลายนิ้วมือแฝง ที่ศักย์ไฟฟ้า 5.0 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 1.5 แอมแปร์

เวลา (วินาที)	ศักย์ไฟฟ้า 5.0 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 1.5 แอมแปร์
15	
30	
60	

จากผลการทดลองในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้า โดยใช้สารละลายที่ช่วยเพิ่มในการเกาะติดของอนุภาคเงินและอนุภาคทองแดงบริเวณที่ต้องการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงทั้ง 2 ชนิด ที่แสดงผลดังตารางที่ 3.1-3.6 พบว่า การตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงด้วยสารละลายผสมเงินไอออนและทองแดงไอออนโดยใช้เอทิลีนไกลคอลเพิ่มการเกาะติดบนพื้นผิวของวัตถุพยานที่นำไฟฟ้า พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมคือ 1:1 ของสารละลายผสมเงินไอออนและทองแดงไอออน โดยศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสมที่ 10.0 โวลต์ กระแสไฟฟ้าที่

เหมาะสมที่ 1.5 แอมแปร์ และเวลาที่เหมาะสมที่ 30 วินาที ส่วนการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงด้วยสารละลายผสมเงินไอออนและทองแดงไอออนโดยใช้ดิฟยูเทกติกโซเวนเพิ่มการเกาะติดบนพื้นผิวของ

วัตถุพยานที่นำไฟฟ้า พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมที่ 1:1 ของสารละลายผสมเงินไอออนและทองแดงไอออน โดยศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสมที่ 5.0 โวลต์ กระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมที่ 1.5 แอมแปร์ และเวลาที่เหมาะสมที่ 30 วินาที เมื่อเปรียบกับการหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยสารที่เพิ่มการเกาะติดทั้งสองชนิด แสดงดังตารางที่ 3.7 พบว่า สารที่ช่วยเพิ่มการเกาะติดดิฟยูเทกติกโซเวนใช้ศักย์ไฟฟ้าในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงน้อยกว่าสารที่เพิ่มการเกาะติกเอทิลีนไกลคอล ซึ่งข้อดีของการใช้ศักย์ไฟฟ้าน้อย คือ ทำให้พื้นผิวของวัตถุพยานที่ใช้ตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงเกิดความเสียหายน้อย อีกทั้งไม่ทำลายลายนิ้วมือที่ปรากฏหรือไม่ไปบดบังเส้นลายนิ้วมือจนไม่สามารถมองเห็นลายเส้นนิ้วมือได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ สารละลายผสมของเงินและทองแดงในอัตราส่วน 1:1 ในดิฟยูเทกติกโซเวนในการศึกษาต่อไป

ตารางที่ 3.7 แสดงสภาวะที่เหมาะสมของวิธีที่พัฒนาขึ้นสำหรับการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงในสารที่ช่วยเพิ่มการเกาะติด

อัตราส่วนของสารละลาย	เอทิลีนไกลคอล	1:1
	ดิฟยูเทกติกโซเวน	1:1
ศักย์ไฟฟ้า (โวลต์)	เอทิลีนไกลคอล	10.0
	ดิฟยูเทกติกโซเวน	5.0
กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	เอทิลีนไกลคอล	1.5
	ดิฟยูเทกติกโซเวน	1.5
เวลา (วินาที)	เอทิลีนไกลคอล	30
	ดิฟยูเทกติกโซเวน	30

3.2 เปรียบเทียบการปรากฏของรอยลายนิ้วมือแฝง

จากผลการทดลองในการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้า โดยใช้สารละลายที่ช่วยในการเกาะติดของอนุภาคเงินและอนุภาคทองแดง 2 ชนิด คือ สารละลายเอทิลีนไกลคอล และสารละลายดิฟยูเทกติกโซเวน เพื่อเปรียบเทียบการปรากฏของรอยลายนิ้วมือแฝงให้เห็นชัดเจน ดังแสดงในภาพที่ 3.3 เป็นการยกตัวอย่างการปรากฏของรอยลายนิ้วมือแฝง ที่ศักย์ไฟฟ้า 5.0 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 1.5 แอมแปร์ เป็นระยะเวลา 30 วินาที

(ก)

(ข)

ภาพที่ 3.3 เปรียบเทียบการปรากฏของรอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้า ที่สภาวะเดียวกัน ด้วยสารละลายที่ช่วยเพิ่มการเกาะติดของอนุภาคเงินและทองแดงที่แตกต่างกัน (ก) สารละลายดิฟยูเทกติกโซเวน (ข) สารละลายเอทิลีนไกลคอล

จากภาพที่ 3.3 แสดงผลการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้า ด้วยสารละลายที่ช่วยเพิ่มการเกาะติดที่แตกต่างกัน โดยศึกษาที่สภาวะเดียวกัน เพื่อเป็นการยืนยันว่าสารละลายชนิดใดที่เหมาะสมในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง พบว่าสารที่เพิ่มการเกาะติดดิฟยูเทกติกโซเวน สามารถตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงได้ที่ มีการปรากฏของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ชัดเจนที่ค่าศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่า ปรากฏรายละเอียดของลายเส้นที่ชัดเจนมีความต่อเนื่องของลายเส้น และ

สามารถนับจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษเพื่อเปรียบเทียบยืนยันตัวบุคคลได้ เนื่องจากสารละลายดังกล่าวมีคุณสมบัติช่วยในการลดค่าศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้า เกิดการเกาะติดได้ดี และมีการจัดเรียงตัวของอะตอมได้ดีทำให้การส่งผ่านอิเล็กตรอนเป็นไปได้ง่ายขึ้น และพื้นผิวของวัตถุพยานที่นำไฟฟ้ามีความเสียหายน้อย เมื่อเทียบกับการปรากฏของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ใช้สารละลายเอทิลีนไกลคอล ซึ่งเป็นการยืนยันได้ว่าการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้าด้วยสารละลายดิฟยูเทกติกโซเวนปรากฏได้ชัดเจนกว่าสารละลายเอทิลีนไกลคอล ที่สภาวะเดียวกัน

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้สารละลายดิฟยูเทกติกเพิ่มการเกาะติดของอนุภาคเงินและอนุภาคทองแดง สำหรับตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้า โดยสภาวะที่เหมาะสมของวิธีที่พัฒนาขึ้นสำหรับการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง ใช้ในการทดลองต่อไป

เพื่อเป็นการยืนยันว่าสารละลายผสมเงินและทองแดงอัตราส่วน 1:1 ในดิฟยูเทกติกโซเวน เหมาะสมในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้า จึงทำการจำลองตัวอย่างลายนิ้วมือแฝงทั้ง 5 นิ้ว ประกอบด้วย นิ้วโป้ง นิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนาง และนิ้วก้อย เพื่อพิสูจน์ว่าอัตราส่วน 1:1 ของสารละลายผสมเงินไอออนและทองแดงไอออนในดิฟยูเทกติกโซเวน ที่สภาวะเหมาะสมโดยให้ศักย์ไฟฟ้า 5.0 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 1.5 แอมแปร์ เป็นระยะเวลา 30 วินาที พบว่าปรากฏจุดลักษณะสำคัญพิเศษให้เห็นได้ชัดเจน ดังแสดงในภาพที่ 3.4

(ก) (ข) (ค) (ง) (จ)

ภาพที่ 3.4 แสดงตัวอย่างการหาลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวที่เป็นโลหะ (ก) นิ้วโป้ง (ข) นิ้วชี้ (ค) นิ้วกลาง (ง) นิ้วนาง (จ) นิ้วก้อย โดยใช้ศักย์ไฟฟ้า 5.0 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 1.5 แอมแปร์ เป็นระยะเวลา 30 วินาที

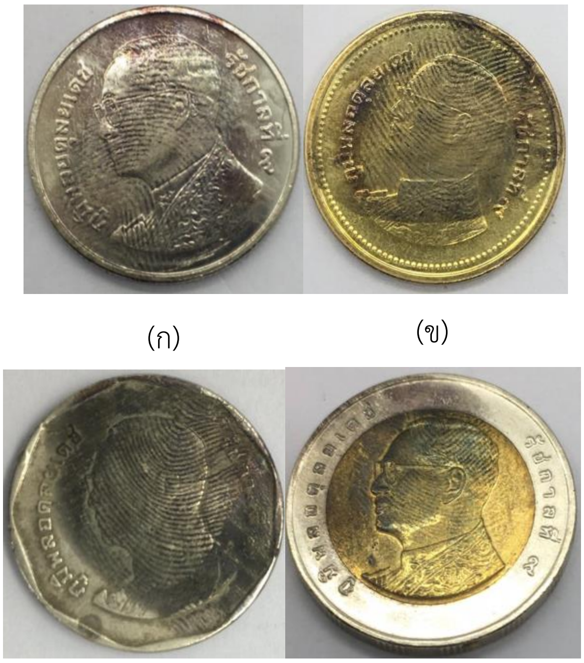
3.3 ศึกษาการปรากฏของรอยลายนิ้วมือแฝงและจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (Minutiae) บนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้าต่างชนิดกัน

การศึกษาลักษณะของรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้าต่างชนิดกัน และสามารถนับจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษของลายเส้นได้ โดยใช้เกณฑ์การประเมินคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงจากการนับจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษตามสำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนระดับคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงดังตาราง 1.1 เพื่อพิสูจน์ว่าวิธีที่พัฒนาขึ้นสามารถเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้าได้ โดยพิจารณาจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษที่ปรากฏ โดยการนับจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษจากรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏดังกล่าว ในการประเมินคุณภาพของรอยลายนิ้วมือจากวิธีที่พัฒนาขึ้น สังเกตจุดลักษณะสำคัญพิเศษด้วยสายตา เพื่อนำไปเปรียบเทียบยืนยันตัวบุคคล จากผลการทดลองพบว่าการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้าที่ต่างชนิดกัน ทั้งพื้นผิวที่เรียบและพื้นผิวที่ไม่เรียบ โดยในงานวิจัยนี้เลือกศึกษาบนพื้นผิวที่เรียบ 2 ชนิด ประกอบด้วย แผ่นสแตนเลส และแผ่นอินเดียมทินออกไซด์ โดยศึกษาที่ศักย์ไฟฟ้า 5.0 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 1.5 แอมแปร์ เป็นระยะเวลา 30 วินาที มีการปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝงที่ชัดเจน มีความคมชัดของลายเส้น สามารถนับจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษ จัดได้ว่ารอยลายนิ้วมือแฝงมีคุณภาพดี ระดับคะแนน 5 ดังแสดงในภาพที่ 3.5 สามารถนำไปเปรียบเทียบเพื่อยืนยันบุคคลได้ เป็นการแสดงให้เห็นว่าวิธีที่พัฒนามีประสิทธิภาพในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง และศึกษาบนพื้นผิวที่ไม่เรียบที่สามารถพบได้ในชีวิตประจำวัน ได้แก่ เหรียญ 1 บาท, 2 บาท, 5 บาท และ 10 บาท โดยศึกษาที่ศักย์ไฟฟ้า 5.0 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 1.5 แอมแปร์ เป็นระยะเวลา 30 วินาที ดังแสดงในภาพที่ 3.6 จากการศึกษาพบว่าเหรียญ 1 บาท, 2 บาท, 5 บาท มีการปรากฏรอยนิ้วมือแฝงชัดเจน และสามารถนับจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้ ยกเว้นเหรียญ 10 บาท เนื่องจากเป็นเหรียญที่ประกอบด้วยโลหะผสม 2 สี คือ วงนอกเป็นโลหะผสมสีเงิน เกิดจากการผสมกันระหว่างทองแดงกับนิกเกิล ส่วนวงในเป็นโลหะผสมสีทอง เกิดจากการผสมกันของทองแดง นิกเกิล และอะลูมิเนียม จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษที่นับได้ น้อยกว่า 12 จุด ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถระบุ คะแนนความคมชัดของลายนิ้วมือแฝงอยู่ในระดับที่ 4 ตามสำนักงานพิสูจน์

หลักฐานตำรวจ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ เนื่องจากผิวของวัสดุมีลักษณะผิวไม่เรียบ ลายนิ้วมือจึงไม่ค่อยเกาะติดบนผิวของวัสดุชนิดนี้ อีกทั้งการปรากฏของลายนิ้วมือแฝงยังขึ้นกับการจ่ายศักย์ไฟฟ้ากระแสตรงบริเวณโลหะแต่ละชนิดด้วย หากจ่ายศักย์ไฟฟ้ากระแสตรงบริเวณโลหะใดบริเวณนั้นจะปรากฏลายนิ้วมือแฝงได้ชัดกว่าบริเวณอื่น ๆ

(ก) (ข)

ภาพที่ 3.5 รอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้าที่เป็นพื้นผิวเรียบ (ก) แผ่นสแตนเลส (ข) แผ่นอินเดียมทินออกไซด์

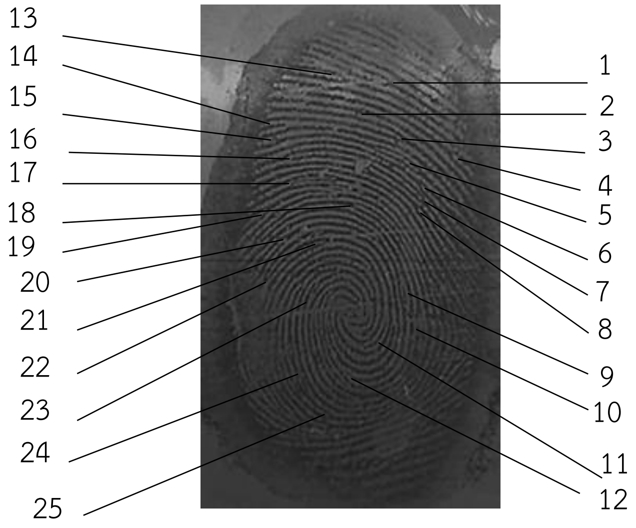


(ก) (ข)

(ค) (ง)

ภาพที่ 3.6 แสดงภาพการปรากฏของรอยนิ้วมือแฝงบนเหรียญ (ก) 1 บาท (ข) 2 บาท (ค) 5 บาท และ (ง) 10 บาท

เพื่อเป็นการยืนยันว่าวัตถุพยานที่นำไฟฟ้าดังกล่าวข้างต้น สามารถตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงได้ ซึ่งคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงจะพิจารณาจากความคมชัดของลายเส้นที่ปรากฏจากการนับจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษ โดยมีความต่อเนื่องของลายเส้น และสามารถนับจำนวนจุดลักษณะพิเศษแต่ละตำแหน่งได้ เพื่อนำไปเปรียบเทียบยืนยันตัวบุคคลได้ ดังแสดงในภาพที่ 3.7-3.12 พบว่า จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษที่นับได้ จากรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏบนพื้นผิว สแตนเลสสามารถนับจำนวนจุดลักษณะสำคัญได้ 25 จุด บนพื้นผิวอินเดียมทินออกไซด์สามารถนับจำนวนจุดลักษณะสำคัญได้ 14 จุด บนพื้นผิวเหรียญ 1 บาท สามารถนับจำนวนจุดลักษณะสำคัญได้ 16 จุด บนพื้นผิวเหรียญ 2 บาท สามารถนับจำนวนจุดลักษณะสำคัญได้ 14 จุด บนพื้นผิวเหรียญ 5 บาท สามารถนับจำนวนจุดลักษณะสำคัญได้ 17 จุด และบนพื้นผิวเหรียญ 10 บาท สามารถนับจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้ 12 จุด เมื่อนำจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษที่ตรวจพบจากรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวที่นำไฟฟ้าต่างชนิดกัน ไปเทียบคุณภาพความคมชัดของลายนิ้วมือ แสดงดังตารางที่ 1.1 ในการระบุเป็นคะแนนความคมชัดของรอยลายนิ้วมือแฝง พบว่า คะแนนอยู่ในระดับที่ 5 ปรากฏรายละเอียดของเส้นลายนิ้วมือมากกว่าหรือเท่ากับ 12 จุด แสดงว่าวิธีที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงได้ แสดงจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษดังนี้



ภาพที่ 3.7 การวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงจากจุดลักษณะสำคัญพิเศษบนสแตนเลส

(1) Bifurcation

(2) Bridge

(3) Bifurcation

(4) Bifurcation

(5) Enclosure

(6) Bifurcation

(7) Bifurcation

(8) Bifurcation

(9) Island ridge

(10) Dot

(11) Enclosure

(12) Bifurcation

(13) Bifurcation

(14) Ridge ending

(15) Bridge

(16) Ridge ending

(17) Bifurcation

(18) Bifurcation

(19) Bifurcation

(20) Bifurcation

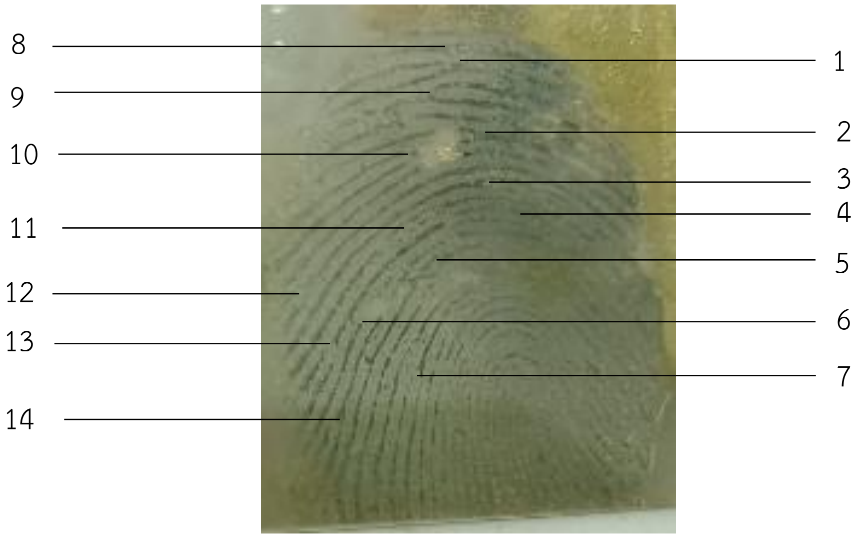
(21) Bifurcation

(22) Bifurcation

(23) Island

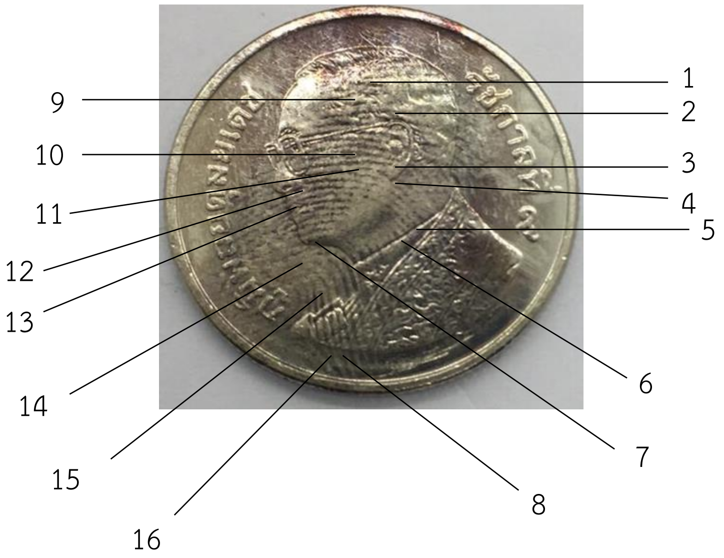
(24) Crossover

(25) Bifurcation



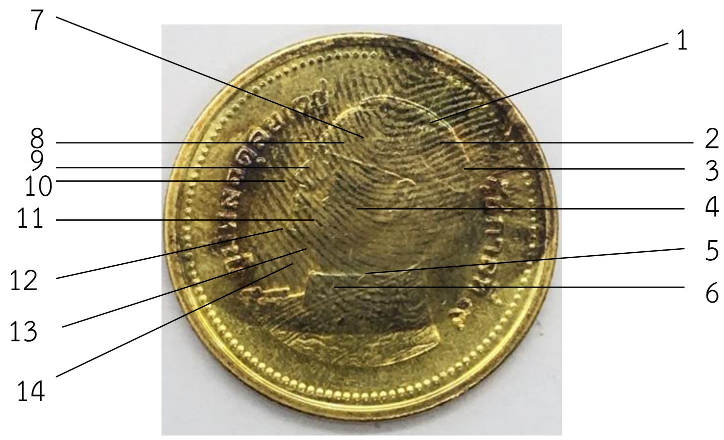
ภาพที่ 3.8 การวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงจากจุดลักษณะสำคัญพิเศษบนแผ่นอินเดียมทินออกไซด์ (Indium thin oxide)

(1) Bifurcation	(5) Bifurcation	(9) Bifurcation	(13) Bifurcation
(2) Bifurcation	(6) Ridge ending	(10) Bifurcation	(14) Bifurcation
(3) Bifurcation	(7) Bifurcation	(11) Enclosure	
(4) Bifurcation	(8) Bifurcation	(12) Bifurcation	



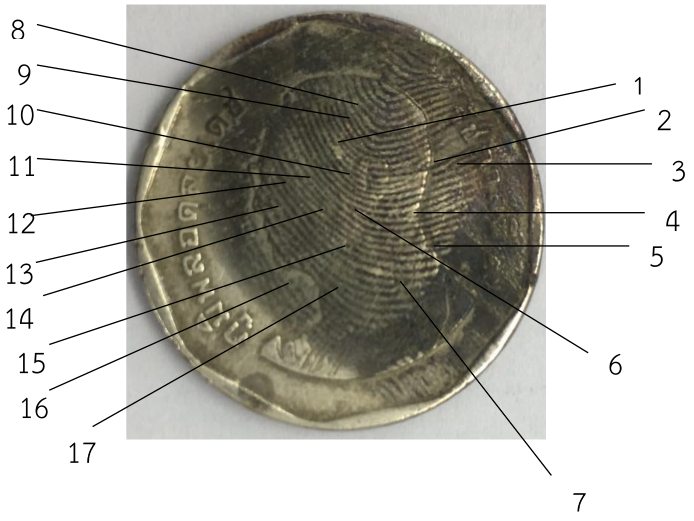
ภาพที่ 3.9 การวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงจากจุดลักษณะสำคัญพิเศษบนเหรียญ 1 บาท

(1) Bifurcation
(2) Bifurcation
(3) Enclosure
(4) Bifurcation
(5) Bifurcation
(6) Bifurcation
(7) Bifurcation
(8) Bifurcation
(9) Bifurcation
(10) Bifurcation
(11) Enclosure
(12) Ridge ending
(13) Bifurcation
(14) Bifurcation
(15) Ridge ending
(16) Bifurcation



ภาพที่ 3.10 การวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงจากจุดลักษณะสำคัญพิเศษบนเหรียญ 2 บาท

(1) Bifurcation	(6) Bifurcation	(11) Bifurcation
(2) Ridge ending	(7) Ridge ending	(12) Ridge ending
(3) Bifurcation	(8) Ridge ending	(13) Enclosure
(4) Bifurcation	(9) Bifurcation	(14) Bifurcation
(5) Bifurcation	(10) Enclosure	



ภาพที่ 3.11 การวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงจากจุดลักษณะสำคัญพิเศษบนเหรียญ 5 บาท

(1) Ridge ending

(2) Bifurcation

(3) Bifurcation

(4) Bifurcation

(5) Ridge ending

(6) Bifurcation

(7) Bifurcation

(8) Ridge ending

(9) Bifurcation

(10) Bifurcation

(11) Bifurcation

(12) Bifurcation

(13) Bifurcation

(14) Bifurcation

(15) Dot

(16) Dot

(17) Bifurcation

ภาพที่ 3.12 การวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงจากจุดลักษณะสำคัญพิเศษบนเหรียญ 10 บาท

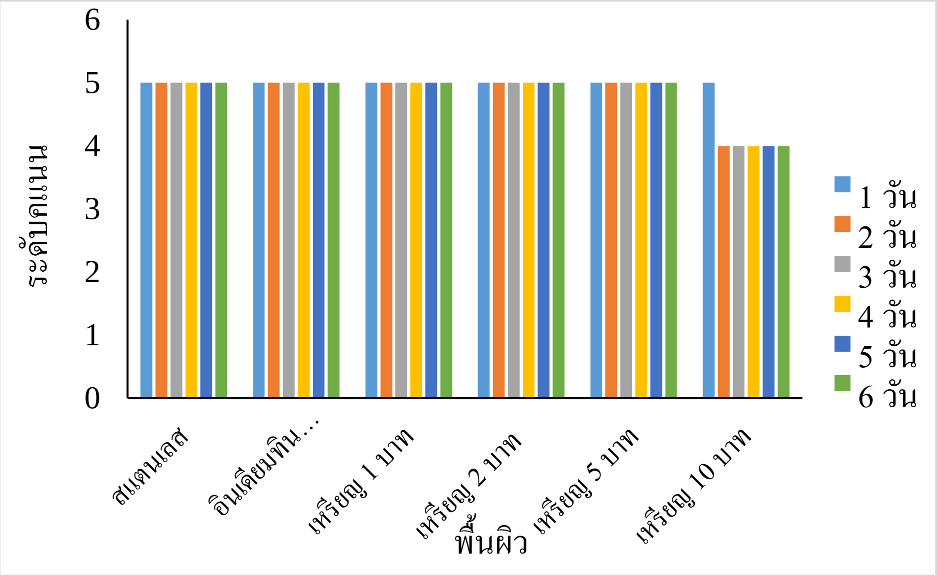
(1) Bifurcation	(5) Bifurcation	(9) Bifurcation
(2) Ridge ending	(6) Bifurcation	(10) Ridge ending
(3) Ridge ending	(7) Ridge ending	(11) Bifurcation
(4) Bifurcation	(8) Bifurcation	(12) Dot

เพื่อเป็นการเปรียบเทียบให้เห็นชัดเจนของการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงด้วยวิธีทางเคมีไฟฟ้าด้วยวัสดุดูดซับที่มีอายุของรอยลายนิ้วมือแฝงต่างกัน ตั้งแต่ 1 วัน จนถึง 6 วัน พื้นผิวโลหะที่ต่างชนิดกัน ดังแสดงในตารางที่ 3.8 พบว่า พื้นผิวโลหะที่นำไฟฟ้าทั้ง 6 ชนิด สามารถตรวจพบรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏได้อย่างชัดเจน และนับจำนวนจุดลักษณะสำคัญได้ แม้ว่าอายุของลายนิ้วมือแฝงต่างกันตั้งแต่ 1 วัน จนถึง 6 วัน โดยเฉลี่ยสามารถตรวจพบรอยลายนิ้วมือเป็นไปตามเกณฑ์การนับจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษของสำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ คือ ได้มากกว่าหรือเท่ากับ 12 จุด ซึ่งคะแนนที่นับได้จากจำนวนจุดของลายนิ้วมือแฝงอยู่ในระดับที่ 5 เว้นแต่บนพื้นผิวเหรียญ 10 บาท สามารถตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงได้ชัดเจน แต่จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษที่นับได้ น้อยกว่า 12 จุด อย่างไรก็ตามจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถระบุคะแนนความคมชัดของลายนิ้วมือแฝงอยู่ในระดับที่ 4 แสดงดังภาพที่ 3.13 ตามสำนักงาน

พิสูจน์หลักฐานตำรวจ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ แสดงให้เห็นว่าวิธีที่พัฒนาขึ้นก็สามารถตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงได้ชัดเจน เป็นไปตามเกณฑ์ที่สำนักงานพิสูจน์หลักฐานสำนักงานตำรวจแห่งชาติกำหนด

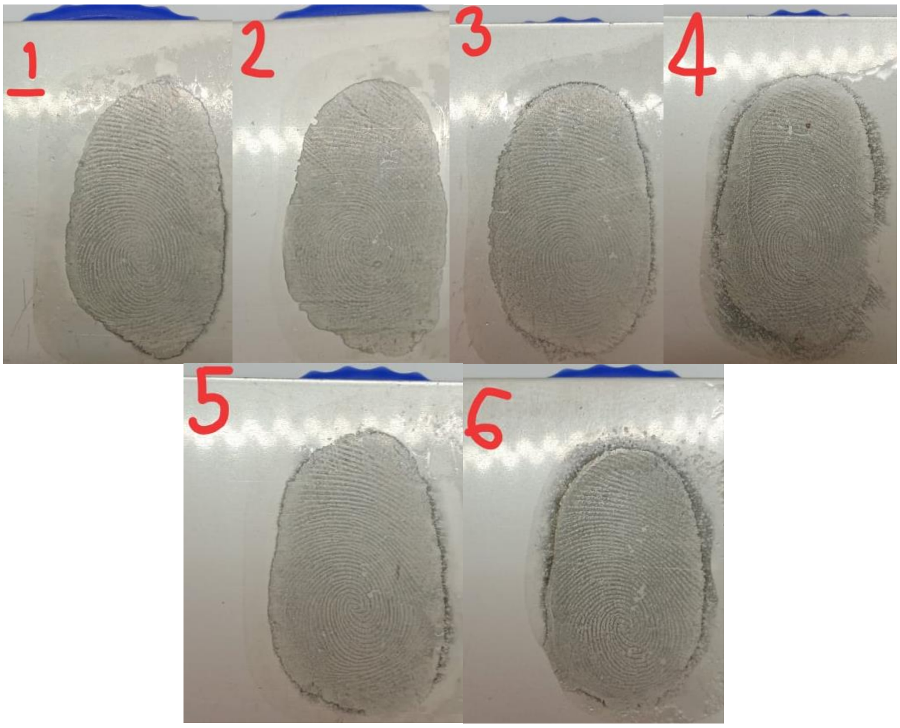
ตารางที่ 3.8 จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษที่สามารถเก็บได้จากลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏบนพื้นผิวโลหะที่ต่างชนิดกัน ที่มีอายุของลายนิ้วมือแฝงต่างกัน

พื้นผิวโลหะ	สแตนเลส	อินเดียม	1 บาท	2 บาท	5 บาท	10 บาท
อายุ (วัน)	(n=3)	(n=3)	(n=3)	(n=3)	(n=3)	(n=3)
1	24±1	14±1	15±1	14±1	17±0	12±0
2	24±2	14±1	15±1	13±1	16±1	12±1
3	24±1	13±0	15±1	13±1	16±1	12±1
4	23±1	13±1	15±1	13±1	16±1	11±1
5	23±1	14±1	14±1	13±1	16±1	11±1
6	23±1	13±1	14±1	13±1	15±1	11±1



ภาพที่ 3.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏโดยแสดงเป็นระดับคะแนน กับพื้นผิวโลหะต่างชนิดกันที่มีอายุของรอยลายนิ้วมือต่างกัน

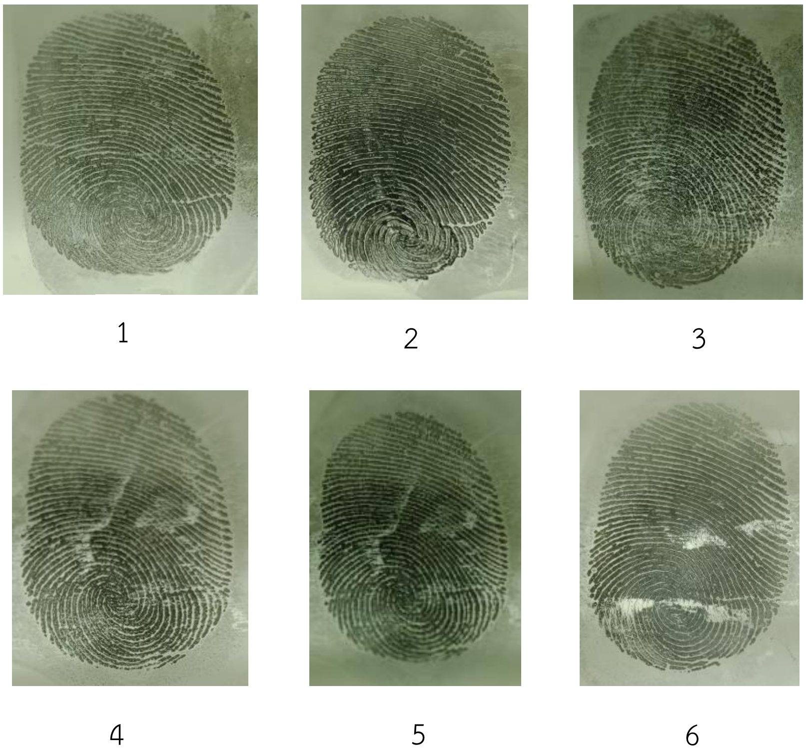
แสดงรอยลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจเก็บได้บนพื้นผิวสแตนเลส ที่มีอายุของลายนิ้วมือต่างกัน ดังแสดง (ก) 1 วัน (ข) 2 วัน (ค) 3 วัน (ง) 4 วัน (จ) 5 วัน (ฉ) 6 วัน โดยใช้ศักย์ไฟฟ้าที่ 5.0 โวลต์ กระแสไฟฟ้าที่ 1.5 แอมแปร์ เป็นระยะเวลา 30 วินาที แสดงการปรากฏของรอยลายนิ้วมือแฝง ดังแสดงในภาพที่ 3.14 สามารถตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงได้มีคุณภาพดีจากการนับจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษ ปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝงที่คมชัด และแสดงรายละเอียดของลายเส้นได้อย่างต่อเนื่อง ที่ระดับคะแนน 5 เป็นไปตามเกณฑ์ที่สำนักงานพิสูจน์หลักฐานสำนักงานตำรวจแห่งชาติกำหนด แม้ว่าอายุของลายนิ้วมือจะผ่านไป 1 วัน จนกระทั่งถึง 6 วัน วิธีที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจหาลายนิ้วมือแฝงได้



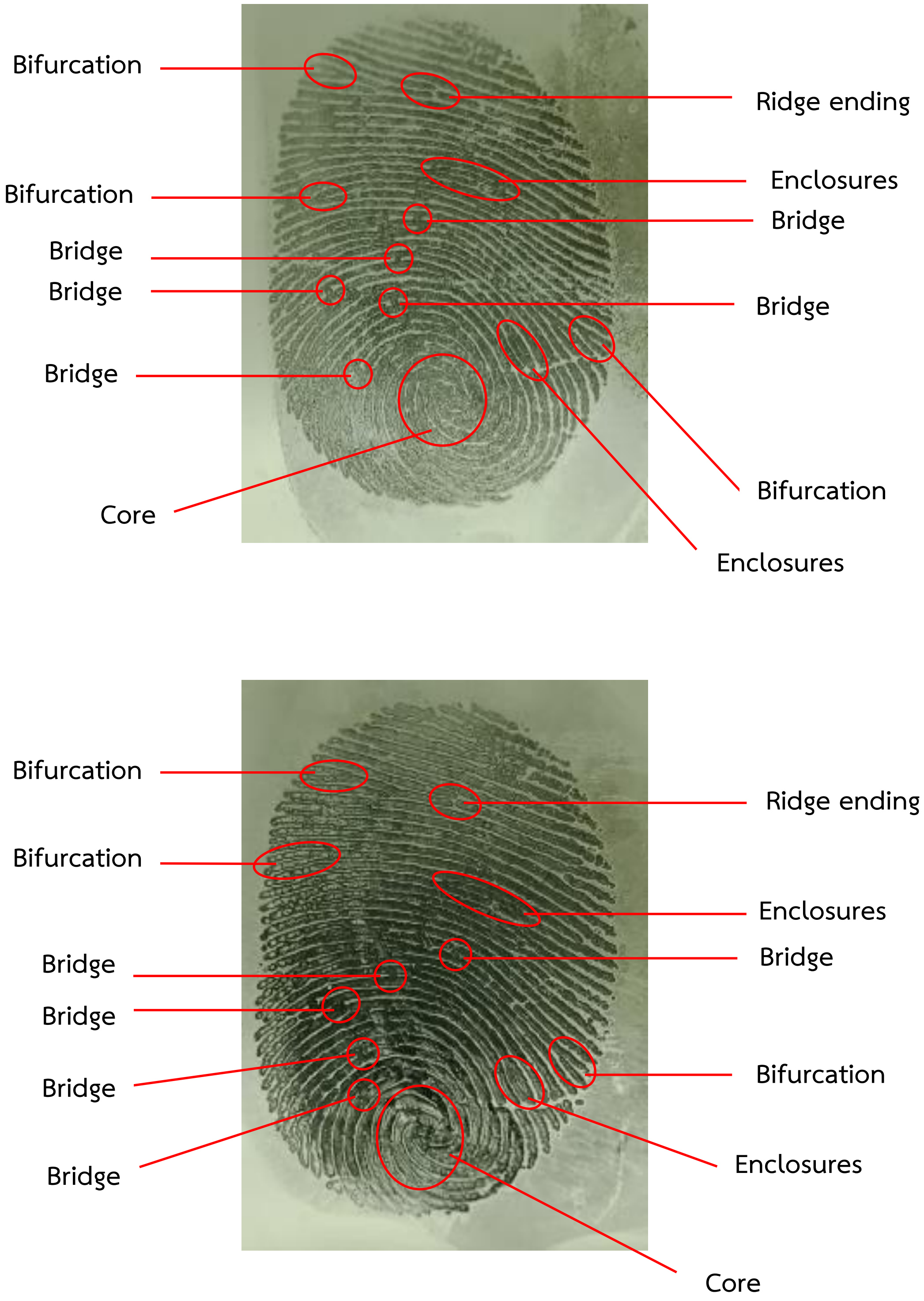
ภาพที่ 3.14 แสดงรอยลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจเก็บได้บนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้าที่ระยะเวลาที่ต่างกัน (ก) 1 วัน (ข) 2 วัน (ค) 3 วัน (ง) 4 วัน (จ) 5 วัน (ฉ) 6 วัน ตามลำดับ โดยใช้ศักย์ไฟฟ้าที่ 5.0 โวลต์ กระแสไฟฟ้าที่ 1.5 แอมแปร์ เป็นระยะเวลา 30 วินาที

3.4 ศึกษาผลของความสามารถในการวิเคราะห์ซ้ำ (Reproducibility)

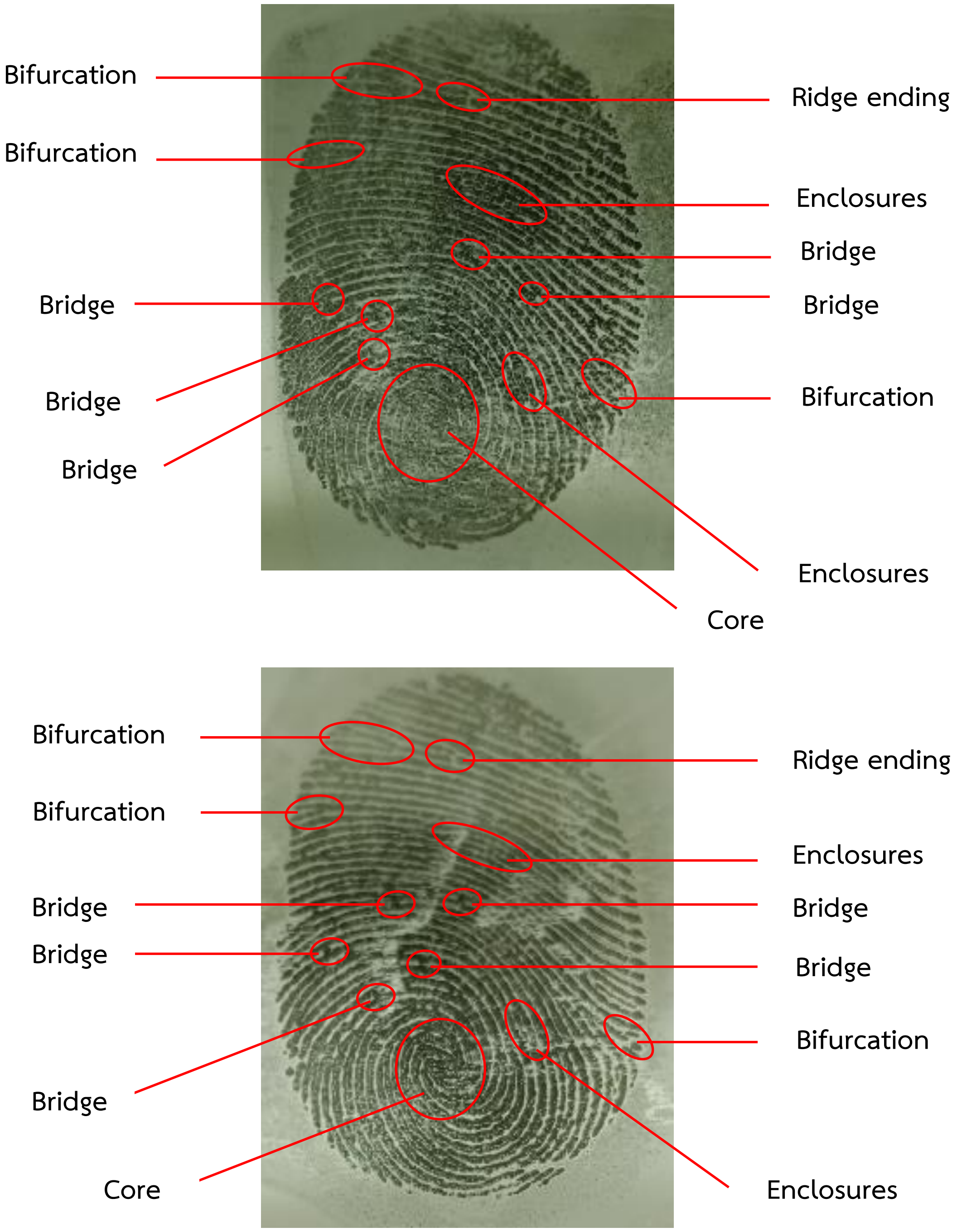
จากการศึกษาความสามารถในการทำซ้ำของวิธีวิเคราะห์ที่พัฒนาขึ้น โดยการเตรียมรอยลายนิ้วมือแฝง โดยการทำซ้ำ 6 ครั้ง โดยใช้นิ้วหัวแม่มือทั้ง 6 ซ้ำ ซึ่งจะศึกษาการปรากฏของลายนิ้วมือแฝงที่ประทับลงบนแผ่นโลหะตำแหน่งเดียวกัน น้ำหนักมือที่ประทับลงบนแผ่นโลหะเท่ากัน เวลาเดียวกัน ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม เพื่อศึกษาการปรากฏของลายนิ้วมือทั้ง 6 ซ้ำ พบว่า ปรากฏของลายนิ้วมือแฝงที่ชัดเจน เมื่อนำมานับจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษพบว่า มีรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏและสามารถนับจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้ครบทั้ง 12 จุด ตรงตำแหน่งเดียวกัน ทั้ง 6 ครั้ง ซึ่งแสดงให้เห็นว่า วิธีวิเคราะห์ที่พัฒนาขึ้นมีความสามารถในการทำซ้ำได้ดี ปรากฏจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้ครบทั้ง 12 จุด ดังแสดงในภาพที่ 3.15-3.19 ซึ่งชื่อเรียกของจุดลักษณะสำคัญพิเศษแต่ละจุดได้แสดงไว้ในภาพแต่ละภาพ



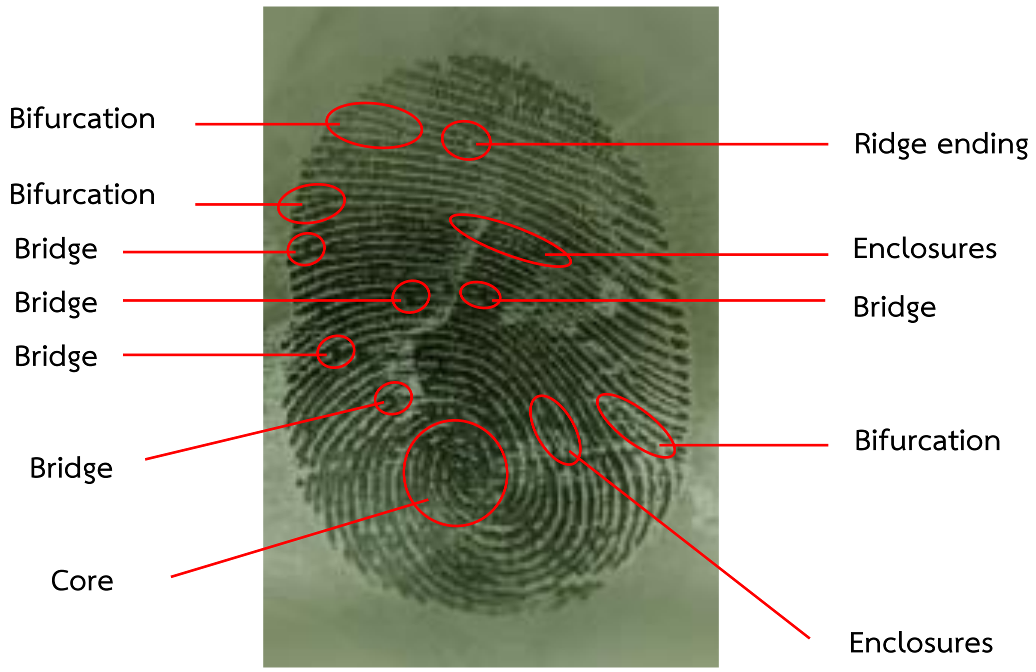
ภาพที่ 3.15 แสดงรอยนิ้วมือแฝงในการทำซ้ำทั้ง 6 ซ้ำ ของวิธีที่พัฒนาขึ้น



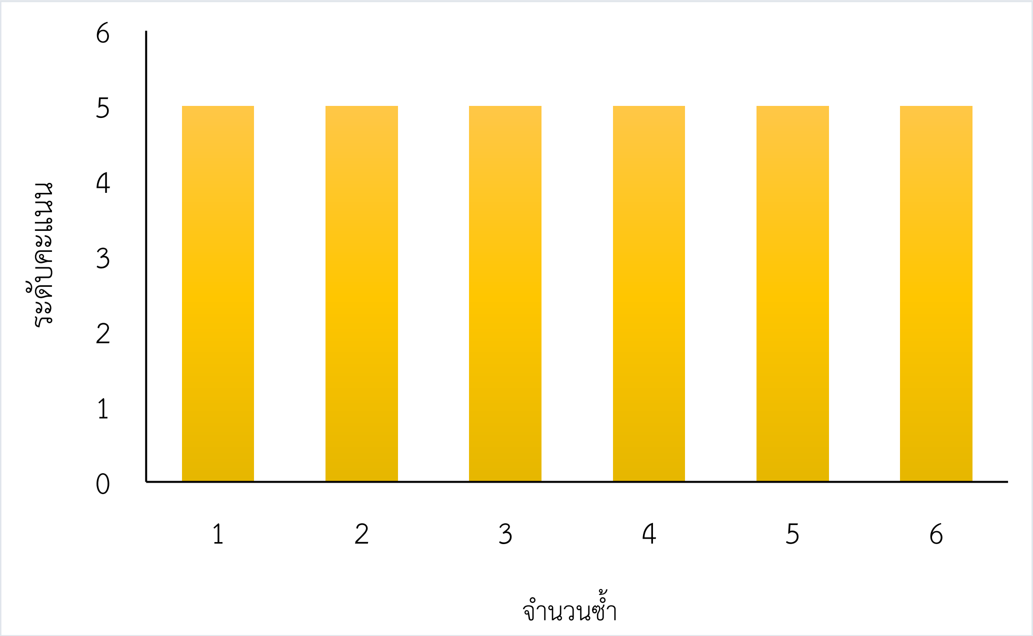
ภาพที่ 3.16 แสดงจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษของลายนิ้วมือแฝง 1 ซ้ำและ 2 ซ้ำ



ภาพที่ 3.17 แสดงจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษของลายนิ้วมือแฝง 3 ซ้ำและ 4 ซ้ำ



ภาพที่ 3.18 แสดงจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษของลายนิ้วมือแฝง 5 ซ้ำและ 6



ภาพที่ 3.19 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของจำนวนที่ทำซ้ำกับระดับคุณภาพความชัดจากจุดลักษณะสำคัญพิเศษของลายนิ้วมือที่ปรากฏ แสดงเป็นระดับคะแนน

บทที่ 4

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้า โดยใช้วิธีทางเคมีไฟฟ้า ด้วยวิธีการเกาะติดของอนุภาคเงินและอนุภาคทองแดง เป็นวิธีการที่อ้างอิงมาจาก Zhang และคณะ ซึ่งเป็นการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง โดยวิธีทางเคมีไฟฟ้าแบบ 3 ขั้ว ประกอบด้วย ขั้วไฟฟ้าทำงาน ขั้วไฟฟ้าช่วย และขั้วไฟฟ้าอ้างอิง ซึ่งวิธีการดังกล่าวมีข้อจำกัดในการนำไปใช้งาน เหมาะสำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการ โดยในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการปรับปรุงวิธีการโดยการใช้ความรู้พื้นฐานทางเคมีไฟฟ้า โดยการประดิษฐ์อุปกรณ์ชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้าสำหรับการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้า ประกอบด้วยขั้วแอโนด และขั้วแคโทด โดยตัวอุปกรณ์สามารถกำหนดศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และเวลาที่ต้องการได้ ที่ใช้งานง่าย สะดวก รู้ผลรวดเร็ว ใช้สารเคมีปริมาณน้อย สามารถนับจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้ จากการทดลองพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยวิธีทางเคมีไฟฟ้าด้วยวิธีการเกาะติดของอนุภาคเงินและทองแดง คือ ที่อัตราส่วน 1:1 ของสารละลายผสมเงินและทองแดงในสารเพิ่มการเกาะติดดิฟยูเทกติกโซเวน ที่ศักย์ไฟฟ้า 5.0 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 1.5 แอมแปร์ เป็นระยะเวลา 30 วินาที โดยมีการปรากฏรอยนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่นำไฟฟ้า และเพื่อยืนยันว่าวิธีที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจหารอยนิ้วมือแฝงได้ทั้งพื้นผิวที่เรียบและขรุขระ จึงนำสภาวะที่เหมาะสมดังกล่าวมาประยุกต์ใช้กับเหรียญที่มีพื้นผิวขรุขระ พบว่าสามารถตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงได้ มีการปรากฏรายละเอียดของลายเส้นของนิ้วมือที่ชัดเจน มีความต่อเนื่องของลายเส้น และยังสามารถนับจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้ เพื่อพิสูจน์ว่าวิธีที่พัฒนามีความสามารถในการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝง แม้ระยะเวลาในการตรวจเก็บต่างกัน แต่วิธีที่พัฒนาขึ้นก็สามารถตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงได้ และเมื่อประเมินคุณภาพของรอยนิ้วมือจากวิธีที่พัฒนาขึ้น จากการสังเกตจุดลักษณะสำคัญพิเศษด้วยสายตา พบว่ารอยนิ้วมือที่ปรากฏเมื่อประเมินคุณภาพตามเกณฑ์ของสำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ รอยนิ้วมือแฝงที่ปรากฏมีคุณภาพของรอยนิ้วมือแฝงอยู่ในระดับที่ 5

เพื่อแสดงให้เห็นว่าวิธีทางเคมีไฟฟ้า โดยการเกาะติดของอนุภาคเงินและทองแดงมีความสามารถในการทำซ้ำได้ โดยได้ทำซ้ำ 6 ครั้ง พบว่า สามารถนับจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้ และจุดลักษณะสำคัญพิเศษปรากฏตรงตำแหน่งเดียวกัน หรือใกล้เคียงกัน ซึ่งจำนวนจุดที่นับได้เป็นที่ยอมรับในระดับสากลให้เป็นพยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ในชั้นศาลได้ และสามารถนำมาเปรียบเทียบเพื่อยืนยันบุคคลได้

นอกจากนี้วิธีที่พัฒนาขึ้นยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ทางนิติวิทยาศาสตร์สำหรับการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงกับตัวอย่างจริงที่พบในสถานที่เกิดเหตุ ดังนั้น การตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงด้วยวิธีทางเคมีไฟฟ้า โดยใช้วัสดุดูดซับ ถือเป็นอีกทางเลือกที่น่าสนใจในการนำไปตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง เพื่อเป็นพยานหลักฐานในการยืนยันผู้กระทำความผิดในเหตุอาชญากรรมที่เกิดขึ้นได้

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากวิธีการตรวจหารอยนิ้วมือแฝงที่พัฒนาขึ้นใช้งานง่าย สะดวก ทราบผลในเวลาที่รวดเร็ว และสามารถนำไปใช้นอกสถานที่ได้ จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำวิธีที่พัฒนาขึ้นมาใช้ตรวจหารอยนิ้วมือแฝงกับตัวอย่างจริง เช่น ปลอกกระสุนปืน กระสุนปืน และอาวุธปืน เป็นต้น

บรรณานุกรม

Abbott, A. P., Capper, G., Davies, D. L., Rasheed, R. K., & Tambyrajah, V. (2003). Novel solvent properties of choline chloride/urea mixtures. *Chem Commun (Camb)* (1), 70-71. doi:10.1039/b210714g

Abbott, A. P., El Ttaib, K., Frisch, G., McKenzie, K. J., & Ryder, K. S. (2009). Electrodeposition of copper composites from deep eutectic solvents based on choline chloride. *Phys Chem Chem Phys,* 11(21), 4269-4277. doi:10.1039/b817881j

Adirek Pitak, Awika Saengwiman, Kheamrutai Thamaphat, Surin Chomsaohus, & Rattanyu, S. (2016). Latent fingerprint detection on metal physical evidence using electrochemical cell. *Science and Technology,* 11, 16.

Aronson, J. D. (2005). DNA fingerprinting on trial: the dramatic early history of a new forensic technique. *Endeavour,* 29(3), 126-131. doi: https://doi.org/10.1016/j.endeavour.2005.04.006

Barascientific. (2009). Article Bara scientfic.

Bard, A. J., & Faulkner, L. R. (2000). Electrochemical Method : Fundamentals and Applications, 2an Edition, 864. Retrieved from

Bazen, A., Verwaaijen, G., Gerez, S., Veelenturf, L., & van der Zwaag, B. J. (2000). A correlation-based fingerprint verification system.

Bersellini, C., Garofano, L., Giannetto, M., Lusardi, F., & Mori, G. (2001). Development of Latent Fingerprints on Metallic Surfaces Using Electropolymerization Processes. *J Forensic Sci,* 46, 871-877. doi:10.1520/JFS15060J

Borgaonkar, D. S. (1977). Dermatoglyphics in Medical Disorders. *JAMA Pediatrics,* 131(11), 1320-1320. doi:10.1001/archpedi.1977.02120240138034

Champod, C., Lennard, C., Stoilovic, M., & Margot, P. (2016). *Fingerprints and other Ridge Skin Impressions*.

Choi, M. J., McDonagh, A. M., Maynard, P., & Roux, C. (2008). Metal-containing nanoparticles and nano-structured particles in fingermark detection. *Forensic Sci Int,* 179(2-3), 87-97. doi:10.1016/j.forsciint.2008.04.027

Ezhilmaran, D., & Adhiyaman, M. (2017). A review study on latent fingerprint recognition techniques. *Journal of Information and Optimization Sciences,* 38(3-4), 501-516. doi:10.1080/02522667.2016.1224468

Fairley, C., Bleay, S. M., Sears, V. G., & NicDaeid, N. (2012). A comparison of multi-metal deposition processes utilising gold nanoparticles and an evaluation of their

application to 'low yield' surfaces for finger mark development. *Forensic Sci Int,* 217(1-3), 5-18. doi:10.1016/j.forsciint.2011.09.018

Faulds, H. (1880). On the Skin-Furrows of the Hand. *Nature,* 22(574), 605-605. doi:10.1038/022605a0

Galton, F. (1888). Personal identification and description. *Nature,* 38, 173-177, 201-172.

Gamarra, J. D., Marcoen, K., Hubin, A., & Hauffman, T. (2019). Electrode-electrolyte interactions in choline chloride ethylene glycol based solvents and their effect on the electrodeposition of iron. *Electrochimica Acta,* 312, 303-312. doi:https://doi.org/10.1016/j.electacta.2019.04.154

Grzybowski, A., & Pietrzak, K. (2015). Jan Evangelista Purkynje (1787-1869): first to describe fingerprints. *Clin Dermatol,* 33(1), 117-121. doi:10.1016/j.clindermatol.2014.07.011

Haan, P. V.-D. (2006). Physics and fingerprints. *Contemporary Physics,* 47(4), 209-230. doi:10.1080/00107510600893986

Han, Y., Ryu, C., Moon, J., Kim, H., & Choi, H. (2005, 2005). *A Study on Evaluating the Uniqueness of Fingerprints Using Statistical Analysis.* Paper presented at the Information Security and Cryptology – ICISC 2004, Berlin, Heidelberg.

Herschel, W. J. (1880). Skin Furrows of the Hand. *Nature,* 23(578), 76-76. doi:10.1038/023076b0

Jasuja, O. P., Singh, G., & Almog, J. (2011). Development of latent fingermarks by aqueous electrolytes. *Forensic Science International,* 207(1), 215-222. doi:https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2010.10.011

Jung Choi, M., Smoother, T., Martin, A., M McDonagh, A., J Maynard, P., Lennard, C., & Roux, C. (2007). *Fluorescent TiO2 powders prepared using a new perylene diimide dye: Applications in latent fingermark detection* (Vol. 173).

Li, Y., Xu, L., & Su, B. (2012). *Aggregation induced emission for the recognition of latent fingerprints* (Vol. 48).

Lin, S.-S., Yemelyanov, K. M., Pugh, J. E. N., & Engheta, N. (2006). Polarization-based and specular-reflection-based noncontact latent fingerprint imaging and lifting. *Journal of the Optical Society of America A,* 23(9), 2137-2153. doi:10.1364/JOSAA.23.002137

Maneerat Nualkul, & Eksinitkun, G. (2017). Latent Fingerprints Development on Non-Porous Wet Surfaces Using Small Particle Reagent based on Nano-ZnO. *veridian e-journal, Science and Technology Silpakorn University,* 4(6).

Peeranuch, A. (2015). *Detection of latent fingerprints on the material in fire case by small particle reagent (SPR)* (Master degree), Silpakorn University,

Penrose, L. S., & Ohara, P. T. (1973). The development of the epidermal ridges. *Journal of medical genetics,* 10(3), 201-208. doi:10.1136/jmg.10.3.201

Petrucci, R. H., Herring, F. G., Madura, J. D., & Bissonnette, C. (2011). *General chemistry : principles and modern applications* (10th ed. / ed.): Toronto.

Qin, G., Zhang, M., Zhang, Y., Zhu, Y., Liu, S., Wu, W., & Zhang, X. (2013). Visualizing latent fingerprints by electrodeposition of metal nanoparticles. *Journal of Electroanalytical Chemistry,* 693, 122-126. doi:https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2013.01.016

Ramos, A. S., & Vieira, M. T. (2012). An efficient strategy to detect latent fingermarks on metallic surfaces. *Forensic Science International,* 217(1), 196-203. doi:https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2011.10.047

Rife, D. C. (1979). Dr. Harold Cummins and dermatoglyphics. *Birth Defects Orig Artic Ser,* 15(6), 1-4.

S. Khoka, W. L. (2017). *Electrochemical sensor for determination of Clonazepam.* (Master), Songkla University, The 1 st Thai forum of forensic science conference.

Semathong, W. (2011). *Development of latent fingerprint from blood on various type of paper using ninhydrin techniques.* (Master degree), Silpakorn University,

SUPACHAI, T. (2014). *Development of latent fingerprints on object submerged in natural water by using small particle reagent and black powder.* (Master of Science Program in Forensic Science), Silpakorn,

W. Panpeng, & Nakorn, S. N. (2014). Fingerprint Pattern Similarity and Minutiae of Thai Twins. *Srinagarid Medical,* 29(Vol 29 No 1 (2014): January - February).

Wang, J. (2005). Nanomaterial-based electrochemical biosensors. *Analyst,* 130(4), 421-426. doi:10.1039/b414248a

Wang, Y., Mo, Y., & Zhou, L. (2011). Synthesis of CdSe quantum dots using selenium dioxide as selenium source and its interaction with pepsin. *Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc,* 79(5), 1311-1315. doi:10.1016/j.saa.2011.04.061

Williams, G., McMurray, H., & Worsley, D. (2001). *Latent Fingerprint Detection Using a Scanning Kelvin Microprobe* (Vol. 46).

Xu, P., Zheng, G.-W., Zong, M.-H., Li, N., & Lou, W.-Y. (2017). Recent progress on deep eutectic solvents in biocatalysis. *Bioresources and bioprocessing,* 4(1), 34-34. doi:10.1186/s40643-017-0165-5

Zhang, M., Yu, X., Qin, G., Zhu, Y., Wang, M., Wei, Q., . . . Zhang, X. (2015). Latent fingerprint enhancement on conductive substrates using electrodeposition

of copper. *Science China Chemistry,* 58(7), 1200-1205. doi:10.1007/s11426-015-5347-4

Zhang, Y., Zhang, M., Wei, Q., Gao, Y., Guo, L., & Zhang, X. (2016). Latent Fingermarks Enhancement in Deep Eutectic Solvent by Co-electrodepositing Silver and Copper Particles on Metallic Substrates. *Electrochimica Acta,* 211, 437-444. doi:https://doi.org/10.1016/j.electacta.2016.05.200

โศภชา. (2558). ลายนิ้วมือกับการพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคล. วารสารวิชาการแพรวากาฬสินธุ์ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์*,* 2(2), 52-63.

ภาคผนวก

การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 29 ประจำปี 2562
วิจัยและนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน
Research and Innovation for Sustainability Development
วันที่ 9-10 พฤษภาคม 2562
ณ โรงแรมสยามออเรียนทัล อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา
๕๐ ปี มหาวิทยาลัยทักษิณ
50th TSU Anniversary
จัดทำโดย
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ
ISBN 978-974-474-069-4

การพัฒนาวิธีการใหม่สำหรับการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะด้วยวิธีทางเคมีไฟฟ้า

ยามีละห์ กาเร็ง[1] ธมลวรรณ รัตนวิจิตกูล[2] เกียรติศักดิ์ พรหมสุวรรณ์[3] สันติ์ สุขวัจน์[4] วรากร ลิ่มบุตร[5*]

บทคัดย่อ

บทนำ : ปัจจุบันพยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในกระบวนการยุติธรรม เพราะพยานหลักฐานแต่ละชิ้นสามารถระบุตัวผู้กระทำความผิดและขั้นตอนในการทำความผิดได้ หนึ่งในพยานหลักฐานที่สำคัญในการยืนยันตัวผู้กระทำความผิด คือ ลายนิ้วมือแฝง ลายนิ้วมือแต่ละบุคคลจะมีลักษณะที่ไม่เหมือนกัน แม้กระทั่งฝาแฝดที่เกิดจากไข่ใบเดียวกัน และไม่มีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่เกิดจนกระทั่งเสียชีวิต

วัตถุประสงค์ : เพื่อพัฒนาเทคนิคการหาลายนิ้วมือแฝงบนวัสดุโลหะโดยเทคนิคทางเคมีไฟฟ้า ที่ใช้งานง่ายและตรวจวัดได้อย่างรวดเร็ว

วิธีการศึกษา : การศึกษาครั้งนี้เป็นการหาลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวที่เป็นโลหะด้วยเทคนิคทางเคมีไฟฟ้า โดยใช้สารละลายผสมของเงินไอออนและทองแดงไอออน (0.10 M $AgNO_3$ + 0.05 M $CuSO_4$) ในสารละลายเอทิลีนไกลคอล โดยการต่อขั้วลบเข้ากับวัตถุพยานที่เป็นโลหะที่ต้องการหาลายนิ้วมือแฝง และต่อขั้วบวกเข้ากับสำลีที่ใช้จุ่มลงในสารละลายผสมของเงินไอออนและทองแดงไอออน จากนั้นวางสำลีบนวัตถุพยานที่เป็นโลหะบริเวณที่ต้องการหาลายนิ้วมือแฝง โดยศึกษาศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า เวลา และจุดลักษณะพิเศษของลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏ

ผลการศึกษา : พบว่า สภาวะที่เหมาะสมต่อการหาลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวที่เป็นโลหะ คือ ที่ศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ 10 โวลต์ กระแสไฟฟ้าเท่ากับ 1.5 แอมแปร์ และเวลา 30 วินาที และทุกภาพสามารถชี้จุดลักษณะสำคัญพิเศษได้อย่างน้อย 12 จุด

วิจารณ์และสรุป : จากการศึกษา พบว่าการหาลายนิ้วมือแฝงบนโลหะด้วยวิธีทางเคมีไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้น สามารถหาลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะได้อย่างมีประสิทธิภาพ และนำมาประยุกต์ใช้ในทางนิติวิทยาศาสตร์ได้

คำสำคัญ : ลายนิ้วมือแฝง เคมีไฟฟ้า จุดลักษณะพิเศษ โลหะ

[1] นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา, ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, หาดใหญ่, สงขลา 90112

[2] นักศึกษา, ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, หาดใหญ่, สงขลา 90112

[3] นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา, ศูนย์วิจัยความเป็นเลิศด้านการวิเคราะห์สารปริมาณน้อยและไบโอเซนเซอร์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ 90110

[4] พลตำรวจตรี, ผู้บังคับการศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 5, ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 5 ถนนวังเหนือ ตำบลเวียงเหนือ อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52000

[5] ผศ.ดร. ศูนย์วิจัยความเป็นเลิศด้านการวิเคราะห์สารปริมาณน้อยและไบโอเซนเซอร์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ 90110

[1] Graduate student, Department of Applied Science, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hatyai, Songkhla 90112

[2] Student, Department of Applied Science, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hatyai, Songkhla 90112

[3] Graduate student, Center of Excellence for Trace Analysis and Biosensor, Department of Chemistry, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Songkhla, 90110, Thailand

[4] Pol.Maj.Gen., Forensics science center 5, Wang Nuea Road, Wong Nuea district, Amphur muang, Lumpang province, 52000

[5] Asst. Prof. Dr. Center of Excellence for Trace Analysis and Biosensor, Department of Applied Science, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Songkhla, 90110, Thailand

[*] Corresponding author, Tel: 074-288563; Fax: 074-446681, E-mail: warakorn.l@psu.ac.th,

The development of latent fingerprints on metal substrate by electrochemical method

Yameelah Kareng[1] Thamonwan Rattanawijitkul[2] Kiattisak Promsuwan[3] Sant sukhavachana[4]
and Warakorn Limbut[4*]

Abstract

Introduction: At present, Forensic evidence has an important role in the justice process. Because of each evidence can identify the suspect and step to mistake in forensic investigations. One of the most important evidence to confirm the suspects are latent fingerprint. Fingerprints are unique person and immutable; even if twin born of the same egg.

Objective : To develop of the visualization of the latent fingerprint on metal substrate by electrochemical with easy to use and fast analysis.

Methods : This prospective, to develop of latent fingerprint on metal by electrochemical using a mixture of silver ions and copper ions in ethylene glycol solution. Connect the negative electrode to metal substrate to find the latent fingerprint and connect the positive electrode to cotton dipped in a mixture of silver ions and copper ions. Then, place a cotton on metal for visualization of latent fingerprint. The latent fingerprint was obtained under the optimized condition of electrochemical deposition potential, current, time and minutiae.

Results : The optimize condition for visualization of latent fingerprint on metal substrate was potential as 10.0 V, current as 1.5 A, time as 30 S and all image can point at least 12 special point.

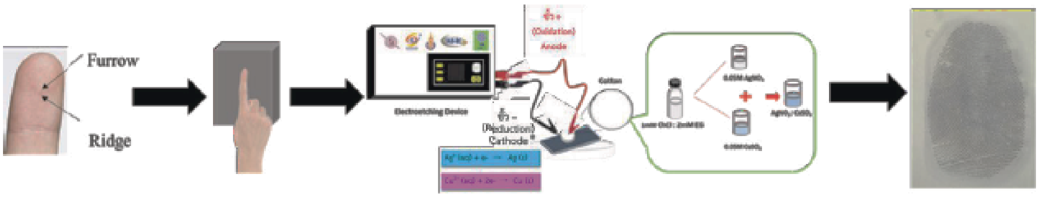
Conclusion : For the study, the visualization of latent fingerprint on metal substrate to development of electrochemical can latent fingerprint enhancement. They demonstrated a promising in forensic application.

ประเภทผลงานสร้างสรรค์

นวัตกรรมการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานโลหะโดยใช้วิธีทางเคมีไฟฟ้าเพื่อเพิ่มความสำเร็จในการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนวัสดุที่เป็นโลหะที่ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในทางนิติวิทยาศาสตร์ได้

แนวความคิด

แนวความคิดสำหรับการสร้างนวัตกรรมการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานโลหะด้วยวิธีทางเคมีไฟฟ้าที่ใช้งานง่าย และรวดเร็ว โดยหลักการหาลายนิ้วมือแฝงบนโลหะด้วยไฟฟ้าคือ เมื่อผ่านแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงไอออนของเงินและทองแดงจะรับอิเล็กตรอนที่ผิวชิ้นงานที่เป็นขั้วลบ (-) กลายเป็นโลหะเงินและทองแดงเคลือบบนโลหะบริเวณที่ไม่มีลายนิ้วมือแฝงโดยการเกิดปฏิกิริยารีดักชัน (ดังแสดงในรูปที่ 1) ส่วนบริเวณที่มีลายนิ้วมือจะไม่เกิดการเคลือบของโลหะเงินและทองแดงเนื่องจากมีความเป็นฉนวนไฟฟ้าจึงทำให้สามารถเห็นลายนิ้วมือแฝงบนโลหะได้อย่างชัดเจน



รูปที่ 1 แสดงนวัตกรรมการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานโลหะด้วยวิธีทางเคมีไฟฟ้า

ความสำคัญของการทำงานสร้างสรรค์

ปัจจุบันพยานหลักฐานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในกระบวนการยุติธรรมเพราะพยานหลักฐานในสถานที่เกิดเหตุสามารถพิสูจน์การกระทำความผิดที่เกิดขึ้นได้ ลายนิ้วมือถือเป็นพยานหลักฐานที่สำคัญที่สามารถยืนยันตัวผู้กระทำความผิดสามารถเชื่อมโยงกับคดีที่เกี่ยวข้อง (Boonsongpairoj, 2009) เนื่องจากลายนิ้วมือมีคุณสมบัติเฉพาะคือไม่มีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่เกิดจนกระทั่งเสียชีวิต และลายนิ้วมือของแต่ละบุคคลจะไม่ซ้ำกัน (Ramos & Vieira, 2012) ลายนิ้วมือที่พบในสถานที่เกิดเหตุสามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ ลายนิ้วมือสามมิติ (Plastic print) ลายนิ้วมือที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (Patent print) และลายนิ้วมือแฝง (Latent print) ลายนิ้วมือที่พบได้บ่อยในสถานที่เกิดเหตุคือ ลายนิ้วมือแฝง (Zhang et al., 2015) เกิดจากสารที่ขับออกจากต่อมเหงื่อและต่อมไขมัน โดยสารที่ขับออกจากต่อมเหงื่อและต่อมไขมันจะมีลักษณะใสไม่มีสี ประกอบด้วย เกลือ แคลเซียม แมกนีเซียม กรดแลกติก กรดอะมิโน (โปรตีน) ยูเรีย เป็นต้น และสารที่ขับออกจากต่อมไขมันมีลักษณะไม่มีสี ประกอบด้วย กลีเซอไรด์ กรดไขมัน สควอลีน แวกส์เอสเตอร์ สเตอรอล (Choi, McDonagh, Maynard, & Roux, 2008) ดังนั้นการเก็บลายนิ้วมือจากสถานที่เกิดเหตุจึงมีค่าในการพิสูจน์ข้อเท็จจริงในชั้นศาลและเป็นที่ยอมรับในระดับสากลใช้กันทั่วโลก

พื้นผิววัตถุที่พบมากที่สุดในสถานที่เกิดเหตุมักเป็นจำพวกโลหะ สแตนเลส เช่น มีด ปลอกกระสุนปืน กุญแจ และอาวุธชนิดต่างๆ ซึ่งเป็นพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ไม่สามารถดูดซับเอาส่วนประกอบใดๆ ของคราบเหงื่อและไขมันได้ ทำให้ลายนิ้วมือปรากฏบนพื้นผิวได้เป็นเวลานาน (Adirek Pitak, 2016) โดยทั่วไปการหาลายนิ้วมือแฝงบนโลหะนั้น สำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจ สำนักงานตำรวจแห่งชาติจะนิยมใช้ 4 วิธี คือ วิธีการปัดผงฝุ่นดำ (carbon black dust) การอบไอกาว (super glue) ร่วมกับการปัดผงฝุ่นดำ การอบไอน้ำร่วมกับการฉายแสงความยาวคลื่น (polilight) และการอบไอกาวร่วมกับการย้อมสีโรดามีน

6G (rhodamine 6G) ซึ่งการใช้ผงฝุ่นดำต้องใช้ความชำนาญในการปัดตามเส้นลายนิ้วมือและผงฝุ่นมักจะฟุ้งกระจายในอากาศส่งผลต่อระบบทางเดินหายใจได้ และวิธีการอบไอกาวร่วมกับการฉายแสงความยาวคลื่น และการอบไอกาวร่วมกับการย้อมสีโรดามีน 6G โดยทั้งสามวิธีมักใช้เวลานานครึ่งชั่วโมงถึงหนึ่งชั่วโมง ก่อให้เกิดความล่าช้าในการจับกุมผู้กระทำความผิด (Adirek Pitak, 2016)

ดังนั้นในงานนี้จึงสนใจนำวิธีทางเคมีไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้สำหรับการหาลายนิ้วมือแบบง่ายสะดวก รวดเร็วและประหยัดสารเคมี โดยใช้สารละลายผสมของเงินไอออนและทองแดงไอออนในสารละลายเอทิลีนไกลคอลคอล โดยการต่อขั้วลบเข้ากับวัตถุพยานที่เป็นโลหะที่ต้องการหาลายนิ้วมือแฝง และต่อขั้วบวกเข้ากับสำลีที่ใช้จุ่มลงในสารละลายผสมของเงินไอออนและทองแดงไอออน จากนั้นวางสำลีบนวัตถุพยานที่เป็นโลหะบริเวณที่ต้องการหาลายนิ้วมือแฝง ซึ่งเมื่อสารละลายผสมของเงินไอออนและทองแดงไอออนได้รับพลังงานไฟฟ้าจากอุปกรณ์ชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า ไอออนของเงินและทองแดงจะรับอิเล็กตรอนที่ผิวชิ้นงานที่ขั้วลบกลายเป็นโลหะเงินและทองแดงเคลือบบนโลหะบริเวณที่ไม่มีสารคัดหลั่งโดยการเกิดปฏิกิริยารีดักชัน ส่วนบริเวณที่ไม่มีสารคัดหลั่งจะไม่เกิดการเคลือบด้วยโลหะเงินและทองแดงเนื่องจากมีความเป็นฉนวนทางไฟฟ้าทำให้สามารถเห็นลายนิ้วมือแฝงปรากฏชัดเจน วิธีดังกล่าวสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในทางนิติวิทยาศาสตร์ได้

วัตถุประสงค์ของการผลิตผลงานสร้างสรรค์

เพื่อพัฒนาวิธีการใหม่สำหรับการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนบนพื้นผิวโลหะด้วยวิธีทางเคมีไฟฟ้าที่ใช้งานง่าย และรวดเร็ว

กระบวนการของการผลิตผลงานสร้างสรรค์

1. การเตรียมแผ่น stainless steel ที่มีลายนิ้วมือแฝงติดอยู่

ทำการตัดพื้นผิวแผ่น stainless steel ให้มีขนาด 4.5×7 เซนติเมตร ก่อนประทับลายนิ้วมือลงบน แผ่น stainless steel ให้ล้างทำความสะอาดมือและทำให้แห้ง นำปลายนิ้วมือลูบบนใบหน้าบริเวณทีโซน (T-zone) ได้แก่ หน้าผาก จมูก แก้ม เพื่อให้ปลายนิ้วมือสัมผัสกับสารคัดหลั่งจากต่อมไขมัน เคลือบติดบนนิ้วมือ นำปลายนิ้วมือประทับลงบนแผ่น stainless steel เพื่อให้ได้ตัวอย่างลายนิ้วมือแฝง

2. การเตรียมสารละลายผสมของเงินไอออนและทองแดงไอออน

เตรียมสารละลายผสมของเงินไอออนและทองแดงไอออน (0.10 M $AgNO_3$ + 0.05 M $CuSO_4$) ในสารละลายเอทิลีนไกลคอล ในอัตราส่วนโดยปริมาตรของเงินไอออนและทองแดงไอออน 1:1, 1:2 และ 2:1 คนจนสารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน สารละลายที่ได้จะเป็นสีเขียวอมฟ้า

3. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของสารละลายผสมของเงินไอออนและทองแดงไอออน

โดยศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารละลายผสมของเงินไอออนและทองแดงไอออน (0.10M $AgNO_3$ + 0.05M $CuSO_4$) ที่ประกอบด้วย 3 อัตราส่วนโดยปริมาตร คือ 1:2, 1:1 และ 2:1 โดยทำการเจือจางด้วยสารละลายเอทิลีนไกลคอล

4. ศึกษาค่าศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และระยะเวลาที่เหมาะสมในการตรวจหาลายนิ้วมือแฝง

ศึกษาค่าศักย์ไฟฟ้าในการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงโดยกำหนดให้ค่าศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 6.0, 8.0, 10.0 และ 11.0 โวลต์ แต่ละศักย์ไฟฟ้าจะใช้กระแสไฟฟ้าและเวลาในการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงเท่ากับ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0 และ 5.0 แอมแปร์ ที่เวลา 15, 30 และ 60 วินาที ตามลำดับ

5. ศึกษาเปรียบเทียบจุดลักษณะสำคัญพิเศษบนเส้นลายนิ้วมือ

โดยการนำภาพถ่ายลายนิ้วมือแฝงที่ได้มาเปรียบเทียบเพื่อชี้จุดลักษณะสำคัญพิเศษ (Minutia) ของลายนิ้วมือที่ได้ โดยจะต้องได้จุดลักษณะสำคัญพิเศษอย่างน้อย 12 จุด ซึ่งเป็นจุดที่ยอมรับในระดับสากลให้เป็นพยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ในชั้นศาลได้ (สำหรับศาลไทยใช้ 10 จุด) (Adirek Pitak, 2016) จึงจะสามารถระบุได้ว่าลายนิ้วมือที่นำมาเปรียบเทียบเป็นบุคคลเดียวกัน

อุปกรณ์ในการดำเนินการผลิตผลงานสร้างสรรค์

1. สารเคมีและวัสดุอุปกรณ์

เอทิลีนไกลคอล ผลิตโดยบริษัท Avantor Performance Materials ประเทศโปแลนด์ ซิลเวอร์ไนเตรท ผลิตโดยบริษัท Avantor Performance Materials ประเทศโปแลนด์ และคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต ผลิตโดยบริษัท อินเตอร์เอ็ดดูเคชั่น ซัพพลายส์ จำกัด

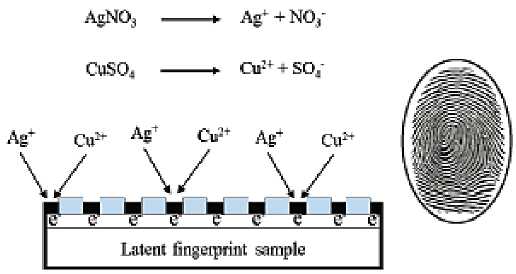
2. เครื่องมือ

อุปกรณ์ชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้าสำหรับการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนโลหะประกอบด้วยขั้วแอโนด และขั้วแคโทด โดยตัวอุปกรณ์สามารถกำหนดศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และเวลาที่ต้องการได้

เทคนิคในการสร้างสรรค์ผลงาน

1. การตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบน stainless steel ด้วยวิธีทางเคมีไฟฟ้า

การตรวจหาลายนิ้วมือแฝงจะนำวิธีการชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้าโดยอาศัยหลักการทางเซลล์ไฟฟ้าเคมีมาประยุกต์ใช้ ซึ่งประกอบด้วยขั้วลบหรือแคโทด ขั้วบวกหรือแอโนด และสารละลายอิเล็กโทรไลต์ จะเชื่อมต่อกับวัตถุพยานที่เป็นโลหะที่ต้องการหาลายนิ้วมือ และจุ่มขั้วบวกในสารละลายผสมของเงินไอออนและทองแดงไอออน และวางสำลีบนวัตถุพยานที่เป็นโลหะตัวอย่างวัตถุที่มีลายนิ้วมือแฝงประทับอยู่ โดยขั้วไฟฟ้าทั้งสองจะต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้า เมื่อให้ศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า Ag^+ และ Cu^{2+} จากชั้นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ จะเกิดการแพร่ไปยังผิวหน้าของขั้วไฟฟ้าทำงานเพื่อไปรับอิเล็กตรอน โดย Ag^+ และ Cu^{2+} จะไปรับอิเล็กตรอนเฉพาะบริเวณที่ไม่มีสารคัดหลั่งของลายนิ้วมือที่มาสัมผัส เมื่อ Ag^+ และ Cu^{2+} รับอิเล็กตรอน จะกลายเป็นโลหะเงินและทองแดง ทำให้เห็นรอยลายนิ้วมือปรากฏขึ้น (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 กลไกการเกิดรอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยาน

ผลงานสร้างสรรค์

1. ศึกษาสภาวะของสารละลายผสมของเงินไอออนและทองแดงไอออนที่เหมาะสม

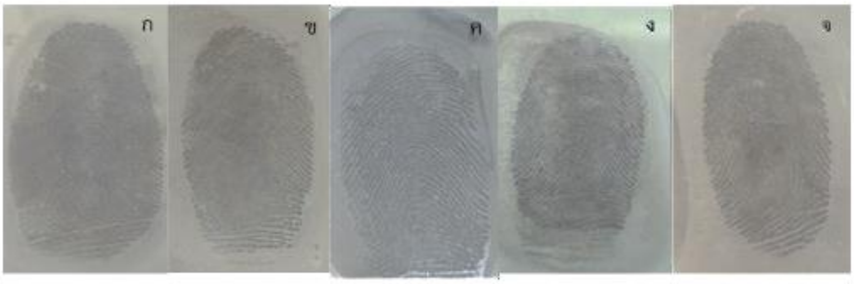
จากผลการศึกษาพบว่าสารละลายผสมของเงินไอออนและทองแดงไอออนที่อัตราส่วน 2:1 โดยปริมาตร (รูปที่ 3 (ข)) มีการเคลือบของโลหะเงินมากกว่าโลหะทองแดงบนโลหะบริเวณที่ไม่มีสารคัดหลั่ง จึงทำให้มองเห็นรายละเอียดของลายเส้นนิ้วมือที่ปรากฏทึบเกินไป สำหรับอัตราส่วน 1:2 โดยปริมาตร (รูปที่ 3 (ค)) มีการเคลือบของโลหะทองแดงมากกว่าโลหะเงิน จึงทำให้มองเห็นรายละเอียดของลายเส้นนิ้วมือที่ปรากฏไม่ชัด เนื่องจากลายนิ้วมือแฝงที่ได้มีสีอ่อน ส่วนที่อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร (รูปที่ 3 (ก)) จะปรากฏเห็นลายนิ้วมือแฝงที่ชัดเจนที่สุด ดังนั้นอัตราส่วนความเข้มข้นโดยปริมาตรของสารละลายผสมของเงินไอออนและทองแดงไอออนที่เหมาะสมคือที่อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร

รูปที่ 3 แสดงอัตราส่วนความเข้มข้นโดยปริมาตรของสารละลายผสมเงินและทองแดง (ก) อัตราส่วน 1:1 (ข) อัตราส่วน 2:1 (ค) อัตราส่วน 1:2

2. ศึกษาศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และเวลาที่เหมาะสมในการหาลายนิ้วมือแฝง

จากผลการศึกษาศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และเวลาพร้อมกันในสารละลายผสมของเงินไอออนและทองแดงไอออนในการหาลายนิ้วมือแฝง โดยให้ศักย์ไฟฟ้า 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 6.0, 8.0, 10.0 และ 11.0 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0 และ 5.0 แอมแปร์ ที่เวลา 15, 30 และ 60 วินาที จากการศึกษาพบว่า เริ่มเห็นลายนิ้วมือที่ศักย์ไฟฟ้า 4.0 โวลต์ และเห็นลายนิ้วมือแฝงที่ชัดเจนตั้งแต่ 6.0 โวลต์จนถึง 10.0 โวลต์ ที่กระแสไฟฟ้า 1.5 แอมแปร์ โดยเวลาที่ 15 วินาที มองไม่เห็นลายนิ้วมือแฝง จะเห็นลายนิ้วมือที่ชัดเจนที่เวลา 30 วินาที แต่เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นเป็น 60 วินาที ลายนิ้วมือแฝงเกิดความ

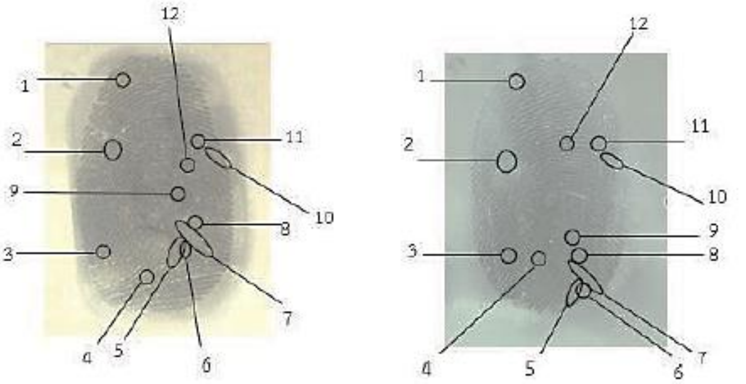
เสียหาย ซึ่งอาจเกิดจากการหายไปของลายนิ้วมือและรอยลากของสำลีที่เป็นเส้น ดังนั้น ศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และเวลาที่เหมาะสมคือ 10.0 โวลต์ 1.5 แอมแปร์ เป็นเวลา 30 วินาที (รูปที่ 4)



รูปที่ 4 แสดงตัวอย่างการหาลายนิ้วมือแฝงบนโลหะด้วยอุปกรณ์ชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า (ก) นิ้วโป้ง (ข) นิ้วชี้ (ค) นิ้วกลาง (ง) นิ้วนาง (จ) นิ้วก้อย โดยใช้ศักย์ไฟฟ้า 10.0 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 1.5 แอมแปร์ และเวลา 30 วินาที

3. ศึกษาเปรียบเทียบจุดลักษณะสำคัญบนเส้นลายนิ้วมือ

จากการศึกษาลายนิ้วมือและจุดลักษณะสำคัญพิเศษของลายเส้นที่สามารถยืนยันตัวบุคคลได้ว่าเป็นคนเดียวกัน จากผลการทดลอง เมื่อนำลายนิ้วมือทั้งสองมาเปรียบเทียบโดยพิจารณาจากจุดลักษณะพิเศษที่ปรากฏจะต้องเหมือนกัน 12 จุด พบว่าลายนิ้วมือทั้งสองที่นำมาเปรียบเทียบพบจุดลักษณะสำคัญพิเศษหรือจุดตำหนิที่เหมือนกัน 12 จุด ได้แก่ จุดที่ 1, 2, 3, 9 และ 10 เป็นเส้น Bifurcation จุดที่ 5 และ 7 เป็นเส้น Enclosure (Lake) จุดที่ 4, 8, 11 และ 12 เป็นเส้น Bridge และจุดที่ 6 เป็น delta จากจุดลักษณะสำคัญที่ตรงกัน 12 สามารถระบุได้ว่าเป็นลายนิ้วมือของบุคคลคนเดียวกัน (รูปที่ 5)



รูปที่ 5 แสดงภาพเปรียบเทียบจุดลักษณะสำคัญบนเส้นลายนิ้วมือที่ศักย์ไฟฟ้า 10 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 1.5 แอมแปร์ ที่เวลา 30 วินาที

4. การประยุกต์ใช้

จากวิธีที่พัฒนาขึ้นโดยอาศัยหลักการทางไฟฟ้าเคมี จึงนำมาประยุกต์ใช้กับโลหะที่พบบ่อยในชีวิตประจำวันนั่นคือ เหรียญ 1 บาท, 2 บาท, 5 บาท และ 10 บาท โดยใช้ศักย์ไฟฟ้า 10.0 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 1.5 แอมแปร์ และเวลา 30 วินาที จากการศึกษาพบว่าเหรียญทุกเหรียญปรากฏลายนิ้วมือแฝงชัดเจน ยกเว้นเหรียญ 10 บาท เป็นเหรียญที่ประกอบด้วยโลหะ 2

ชนิด ดังนั้นการปรากฏของลายนิ้วมือแฝงจึงขึ้นกับการจ่ายศักย์ไฟฟ้ากระแสตรงบริเวณโลหะชนิดใดก็จะปรากฏลายนิ้วมือแฝงบริเวณนั้น

รูปที่ 6 ตัวอย่างการหาลายนิ้วมือแฝงบนเหรียญ (ก) 1 บาท (ข) 2 บาท (ค) 5 บาท และ (ง) 10 บาท

ดังนั้นการพัฒนานวัตกรรมใหม่สำหรับหาลายนิ้วมือบนโลหะโดยใช้วิธีทางเคมีไฟฟ้า โดยพัฒนาให้มีความง่าย สะดวก รวดเร็ว และประหยัดสารเคมี มีขั้นตอนในการทำที่ไม่ซับซ้อนโดยใช้สารละลายผสมของเงินไอออนและทองแดงไอออนในสารละลายเอทิลีนไกลคอล ต่อขั้วลบเข้ากับวัตถุพยานที่เป็นโลหะที่ต้องการหาลายนิ้วมือแฝง และต่อขั้วบวกเข้ากับสำลีที่ใช้จุ่มลงในสารละลายผสมของเงินไอออนและทองแดงไอออน จากนั้นวางสำลีบนวัตถุพยานที่เป็นโลหะบริเวณที่ต้องการหาลายนิ้วมือแฝง จากการศึกษาศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และเวลาที่เหมาะสมในการหาลายนิ้วมือแฝงคือ 10.0 โวลต์ 1.5 แอมแปร์ 30 วินาที เมื่อนำภาพถ่ายลายนิ้วมือมาทำการเปรียบเทียบจุดสำคัญบนเส้นลายนิ้วมือ พบว่าลายนิ้วมือทั้งสองเป็นบุคคลเดียวกัน แสดงให้เห็นว่าวิธีการดังกล่าวที่พัฒนาขึ้นสามารถนำมาประยุกต์ใช้ทางนิติวิทยาศาสตร์ได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย ศูนย์วิจัยความเป็นเลิศด้านการวิเคราะห์สารปริมาณน้อยและไบโอเซนเซอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สำหรับเงินทุนวิจัย และการให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ และสถานที่ที่ใช้ในการทำการทดลองในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Adirek Pitak, A. S., Kheamrutai Thamaphat, Surin Chomsaohus and Siriprapa Rattanyu. (2016). Latent fingerprint detection on metal physical evidence using electrochemical cell. Science and Technology, 11, 16.

[2] Boonsongpairoj, S. (2009). Lifting latent fingerprint on rough surface and curve surface with magnetic powder, glue and transparent silicone. (Master of science), Silpakorn University,

[3] Choi, M. J., McDonagh, A. M., Maynard, P., & Roux, C. (2008). Metal-containing nanoparticles and nano-structured particles in fingermark detection. Forensic Sci Int, 179(2-3), 87-97.

[4] Ramos, A. S., & Vieira, M. T. (2012). An efficient strategy to detect latent fingermarks on metallic surfaces. Forensic Science International, 217(1), 196-203. doi:https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2011.10.047

[5] Zhang, M., Yu, X., Qin, G., Zhu, Y., Wang, M., Wei, Q., . . . Zhang, X. (2015). Latent fingerprint enhancement on conductive substrates using electrodeposition of copper. Science China Chemistry, 58(7), 1200-1205.

Innovation for latent fingerprints development on metal substrate by electrochemical method

Yameelah Kareng[1] Thamonwan Rattanawijitkul[2] Kiattisak Promsuwan[3] Warakorn Limbut[4*]

[1] Graduate student, Department of Applied Science, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hatyai, Songkhla 90112
[2] Student, Department of Applied Science, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hatyai, Songkhla 90112
[3] Graduate student, Center of Excellence for Trace Analysis and Biosensor, Department of Chemistry, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Songkhla, 90110, Thailand
[4] Asst. Prof. Dr, Center of Excellence for Trace Analysis and Biosensor, Department of Applied Science, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Songkhla, 90110, Thailand
*Corresponding author, Tel: 074-288563; Fax: 074-446681, E-mail: warakorn.l@psu.ac.th

Introduction

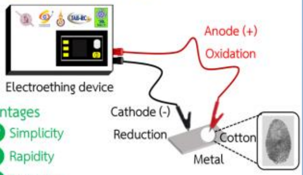
Fingerprint

Fingerprints are the patterned impression of the friction ridge formed by human fingertips while touching a surface. It is important evidence in forensic to confirm the suspect.

Conventional methods

Disadvantages
- Need skill operator
- Time consuming
- Respiratory effect

Electrochemical sensor



Advantages
- Simplicity
- Rapidity
- Portable
- Less chemical consuming
- Low cost

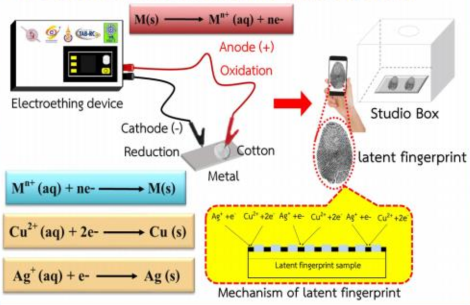
Objective

To developed of the visualization of the latent fingerprints on metal substrate by electrochemical method with easy to use and fast analysis.

Methods

- Latent fingerprint sample preparation

- Electrochemical enhancement of latent fingerprint



Mechanism of latent fingerprint

Acknowledgements

- Department of Applied Science, Faculty of Science, Graduate School, Prince of Songkla University, Hat Yai, Thailand.
- Center of Excellence for Trace Analysis and Biosensor.

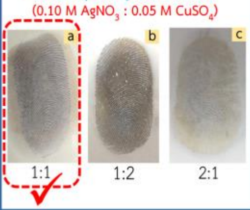
Selected Reference

Zhang, Y., Zhang, M., Wei, Q., Gao, Y., Guo, L., & Zhang, X. (2016). Latent Fingermarks Enhancement in Deep Eutectic Solvent by Co-electrodepositing Silver and Copper Particles on Metallic Substrates. Electrochimica Acta, 211, 437-444

Results

Optimization

- Electroplating solution (0.10 M $AgNO_3$: 0.05 M $CuSO_4$)

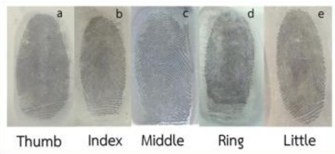


- Potential, Current and Time

Potential(V) / Current (A)	0.5	1.0	1.0	4.0	6.0	8.0	10.0	11.0
0.5	-	-	-	-	+	+	++	+
1.0	-	-	-	-	+	+	++	+
1.5	-	-	-	-	+	+	+++	-
2.0	-	-	-	+	+	+	++	-
3.0	-	-	-	+	+	+	++	-
4.0	-	-	-	+	+	+	-	-
5.0	-	-	-	+	+	+	-	-

Time at 15, 30 and 60 second

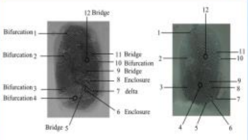
Visualization of latent fingerprint on substrate



Under optimal condition
- ✓ Potential as 10 V
- ✓ Current as 1.5 A
- ✓ Time as 30 second

Applications for real samples

Differential coins substrate



minutia latent fingerprints

Conclusions

The proposed electrochemical method was successfully developed for the determination of latent fingerprint on metallic substrate. This method can be provided clear ridge minutia detail of the latent fingerprint. Moreover, it is facile, rapid, low cost, less chemical consuming and portable for visualizing on various commonly encountered metallic substrate.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อสกุล ยามีละห์ กาเร็ง

รหัสประจำตัวนักศึกษา 6010220091

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	**ชื่อสถาบัน**	**ปีที่สำเร็จการศึกษา**
วิทยาศาสตรบัณฑิต (พอลิเมอร์)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2560

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

1. ยามีละห์ กาเร็ง ธมลวรรณ รัตนวิจิตกูล เกียรติศักดิ์ พรหมสุวรรณ์ สันติ์ สุขวัจน์ และวรากร ลิ่มบุตร. การพัฒนาวิธีการใหม่สำหรับการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะด้วยวิธีทางเคมีไฟฟ้า. การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 29 ประจำปี 2562 : วิจัยและนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน. 9-10 พฤษภาคม 2562 ณ โรงแรมสยามออเรียนทัล อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา.
2. ยื่นขอรับความคุ้มครองสิทธิบัตรกระบวนการ เรื่อง การพัฒนาการหาลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวที่เป็นโลหะโดยวิธีเคมีไฟฟ้า ไปยังศูนย์ทรัพย์สินทางปัญญา อุทยานวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ผู้ประดิษฐ์ ผศ.ดร.วรากร ลิ่มบุตร และยามีละห์ กาเร็ง

รางวัล

1. ได้รับรางวัลผลงานวิจัยระดับดี ภาคโปสเตอร์ กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 29 ประจำปี 2562: วิจัยและนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน. 9-10 พฤษภาคม 2562 ณ โรงแรมสยามออเรียนทัล อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา.