



พัฒนาการहारอยลายนิ้วมือแฝงด้วยสารละลายอิเล็กโทรไลต์แบบเจลบนพื้นผิวโลหะอยู่กับที่

โดย

พันตำรวจโทหญิงวรรณิศา กลิ่นจันทร์



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์และงานยุติธรรม แบบ 1.1

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2568

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

พัฒนาการหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยสารละลายอิเล็กโทรไลต์แบบเจลบนพื้นผิวโลหะอยู่
กับที่



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์และงานยุติธรรม แบบ 1.1
มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2568
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

THE DEVELOPMENT OF LATENT FINGERPRINTS BY AQUEOUS ELECTROLYTE
GEL ON LARGE METAL SURFACES AND BULKY FIXED SURFACES



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for Doctor of Philosophy FORENSIC SCIENCE AND CRIMINAL JUSTICE

Academic Year 2025

Copyright of Silpakorn University

หัวข้อ	พัฒนาการहारอยलयนิ้วมือแฝงด้วยสารละลายอิเล็กโทรไลต์แบบ เจลบนพื้นผิวโลหะอยู่กับที่
โดย	พันตำรวจโทหญิงวรรณิศา กลิ่นจันทร์
สาขาวิชา	นิติวิทยาศาสตร์และงานยุติธรรม แบบ 1.1
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	อาจารย์ ดร. ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ ดร. ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กรกช ชันจิรกุล)

พิจารณาเห็นชอบโดย

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร. อรทัย เขียวพุ่ม)
.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(อาจารย์ ดร. ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง)
.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ ดร. ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี)
.....ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(รองศาสตราจารย์ ดร. ยุภาพร สมิน้อย)

61312902 : นิติวิทยาศาสตร์และงานยุติธรรม แบบ 1.1

คำสำคัญ : นิติวิทยาศาสตร์, รอยลายนิ้วมือแฝง, พื้นผิวโลหะ, สารละลายอิลีเกโทรไลต์ที่เป็นเจล, ระบุตัวบุคคล

พันตำรวจโทหญิง วรรณิศา กลิ่นจันทร์: พัฒนาการหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยสารละลายอิลีเกโทรไลต์แบบเจลบนพื้นผิวโลหะอยู่กับที่ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : อาจารย์ ดร. ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง

ปัจจุบันในการสืบสวนคดีอาญามีการใช้หลักฐานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์มากขึ้น ดังนั้นจำเป็นต้องพัฒนาและใช้ความรู้ด้านนิติวิทยาศาสตร์เพื่อรวบรวมหลักฐานสำคัญในคดี ซึ่งหลักฐานที่มักพบบ่อยในสถานที่เกิดเหตุ นั่นคือ รอยลายนิ้วมือแฝง มีวิธีการหลากหลายสำหรับการหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวต่าง ๆ โดยเฉพาะการปฏิบัติงานในสถานที่เกิดเหตุจริง บางครั้งพบรอยลายนิ้วมือแฝงติดอยู่บนวัตถุขนาดใหญ่ เช่น ชิ้นส่วนของประตู หน้าต่างที่เป็นโลหะ หรือตู้โลหะขนาดใหญ่ และไม่สามารถถอดหรือเคลื่อนย้ายมาตรวจพิสูจน์ในห้องปฏิบัติการได้ งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาวิธีการแบบใหม่สำหรับการหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะทั้งสีอ่อนและสีเข้ม ได้แก่ อลูมิเนียม เหล็กกล้าไร้สนิม ทองเหลือง อลลอยด์ ซึ่งเป็นวัตถุพยานที่พบบ่อยในที่เกิดเหตุ โดยใช้สารละลายอิลีเกโทรไลต์แบบเจล และผงซิลิกาเป็นองค์ประกอบหนึ่ง โดยความเข้มข้นของสารละลายอิลีเกโทรไลต์แบบเจล (PCS gel) โดยใช้ 1-10 %w/v Potassium permanganate, 1-10 %w/v Calcium chloride และ Silica powder 1-10 g จากผลการทดสอบพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสม คือ 1 : 1 : 1 (5 %w/v Potassium permanganate 5 ml: 5 %w/v Calcium chloride 5 ml: Silica powder 5 g) ซึ่งเป็นวิธีการแบบใหม่ในการหารอยลายนิ้วมือแฝงซึ่งจะเรียกว่า PCS Gel โดยสามารถนำวิธีดังกล่าวไปใช้ในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงในสถานที่เกิดเหตุกับพื้นผิวโลหะขนาดใหญ่และไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้และสามารถนำไประบุตัวบุคคลโดยใช้การถ่ายภาพรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏสามารถตรวจหาและถ่ายภาพในที่แสงน้อยได้ ภายใต้การส่องแสงสว่างด้วยแสงขาวจากไฟฉายและไฟฉายหลายความถี่ และปรับภาพสีเทาด้วยโปรแกรม photoshop นำเข้าสู่กระบวนการให้ค่าคะแนน 0-4 และตรวจสอบจากสารบบลายพิมพ์นิ้วมือนิตโมติ ซึ่งสามารถชี้จุดลักษณะสำคัญพิเศษได้อย่างน้อย 10 จุด

61312902 : Major FORENSIC SCIENCE AND CRIMINAL JUSTICE

Keyword : forensic science, latent fingermarks, metal surfaces, gel-based aqueous electrolytes, personal identification

Police Lieutenant Colonel Wannisa KLINCHAN : THE DEVELOPMENT OF LATENT FINGERPRINTS BY AQUEOUS ELECTROLYTE GEL ON LARGE METAL SURFACES AND BULKY FIXED SURFACES Thesis advisor : Sirirat Choosakoonkriang, Ph.D.

Forensic evidence is increasingly being used in criminal investigations. Therefore, it is necessary to develop and use knowledge of forensic science to gather important evidence in cases. The evidence that is often found at the crime scene is latent fingerprints. There are various methods for detecting latent fingerprints on various surfaces, especially in actual crime scene operations. Sometimes latent fingerprints are found on large objects, such as door fragments, metal window or a large metal cabinet and cannot be removed or moved for verification in the laboratory. This research is therefore interested in studying a new method for detecting latent fingerprints on both light and dark metal surfaces, including aluminum, stainless steel, brass, and alloys, which are common witnesses at crime scenes—using a gel electrolyte solution and silica powder as one of the components and by the concentration of gel electrolyte solution using 1-10 %w/v Potassium permanganate, 1-10 %w/v Calcium chloride, and 1-10 g Silica powder from the test results. The optimum ratio was 1: 1: 1 (5 %w/v Potassium permanganate 5 ml: 5 %w/v Calcium chloride 5 ml: Silica powder 5 g). This is a new method for detecting latent fingerprints, which is called PCS Gel; such methods can be used to detect latent fingerprints at crime scenes against large and immovable metal surfaces and can be used to identify people using fingerprint imaging. that appear to be able to detect and take pictures in low light Under the illumination of white light from multi-frequency flashlights and torches. And adjust Grayscale images with the Photoshop program. Import into the process of scoring 0-4 and can point out at least 10 special features.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์เป็นอย่างดียิ่งจากบุคคลหลายท่านที่ได้สละเวลาให้คำแนะนำ ข้อคิดและความรู้ต่างๆอันเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยครั้งนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี และ อาจารย์ ดร.ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง ในฐานะอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ตลอดจนช่วยแก้ปัญหาต่างๆ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประสบความสำเร็จและมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ พันตำรวจเอกหญิงกิตติยา โตพัฒนกุลและกลุ่มงานตรวจลายนิ้วมือฝ่ามือ ฝ่าเท้าแฝง ที่มีส่วนช่วยให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณ บุคลากรทุกท่าน จากพิสุจน์หลักฐานจังหวัดฉะเชิงเทรา ที่เอื้อเฟื้อในด้านวัสดุอุปกรณ์และอำนวยความสะดวกสถานที่ห้องปฏิบัติการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณสำหรับครอบครัว ญาติพี่น้อง ครูอาจารย์ทุกท่าน ตลอดจนเพื่อนๆ ของข้าพเจ้าที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจในการทำวิจัยวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยในครั้งนี้เกิดประโยชน์แก่องค์กรทางด้านนิติวิทยาศาสตร์มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ เพื่อการค้นคว้า และการดำเนินการต่องานวิจัยของผู้วิจัยท่านอื่นต่อไป

วรรณิศา กลิ่นจันทร์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูปภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	3
1.3 สมมติฐาน.....	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.5 ข้อตกลงเบื้องต้น.....	4
1.6 ข้อจำกัดของงานวิจัย.....	4
1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย.....	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	1
1. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวข้องกับลายนิ้วมือ.....	1
2. แนวคิดเกี่ยวกับวิธีการตรวจเก็บลายนิ้วมือ.....	11
3. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการละลาย.....	19
4. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับสารละลายอิเล็กโทรไลต์.....	23
5. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับลักษณะพื้นผิววัสดุ.....	23

6. แนวคิดและทฤษฎีพื้นผิวโลหะที่ใช้ในงานวิจัย.....	25
7. หลักการและส่วนประกอบของกล้องดิจิตอล.....	30
8. หลักการพื้นฐานของโปรแกรมโปรแกรม Photoshop.....	31
9. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	38
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	41
1. เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	41
2. พื้นผิวโลหะสำหรับงานวิจัย	42
3. ขั้นตอนการเตรียม PCS gel.....	42
4. วิธีการทดลอง.....	44
5. วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล.....	49
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผลการวิจัย.....	50
1. ผลการทดลอง	50
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	67
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	67
5.2 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย.....	68
5.3 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป.....	69
รายการอ้างอิง	70
ประวัติผู้เขียน.....	73

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 คดีอาญา (คดี 4 กลุ่ม) ทั่วประเทศ ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2560 ถึง ปี พ.ศ. 2564.....	1
ตารางที่ 2 การละลายของสารพันธะต่างๆ ในน้ำ.....	20
ตารางที่ 3 การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก.....	20
ตารางที่ 4 รูปแบบการทำงานของแถบเมนูคำสั่ง	33
ตารางที่ 5 คำอธิบายสัญลักษณ์ต่างๆ ในกล่องเครื่องมือพื้นฐาน	34
ตารางที่ 6 ช่วงของค่าความเข้มข้นและอัตราส่วนต่างๆ ของปริมาตรสารละลายผสมระหว่าง Potassium permanganate และ Calcium chloride ที่ใช้ในการทดลอง	43
ตารางที่ 7 ช่วงของค่าความเข้มข้นและอัตราส่วนต่างๆ ของปริมาตรสารละลายผสมระหว่าง Potassium permanganate กับ Calcium chloride และปริมาณ silica powder ที่ใช้ในการทดลอง	44
ตารางที่ 8 ค่าความเข้มข้น (% w/v) ของ KMnO_4 และ CaCl_2 ที่มีผลต่อการปรากฏของรอยลายนิ้วมือแฝง	51
ตารางที่ 9 ระยะเวลาที่เหมาะสมได้คุณภาพรอยลายนิ้วมือดีที่สุดบนพื้นผิวแต่ละชนิด สรุประยะเวลาการทา PCS Gel ทั้งไว้ บนพื้นผิวโลหะแต่ละชนิด	57
ตารางที่ 10 ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏ ด้วยวิธี PCS gel อัตราส่วน 1:1:1 5% w/v KMnO_4 :1% w/v CaCl_2 :silica powder ค่าคะแนนรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏบนพื้นผิวเท่ากับ 4.....	58

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 แสดงภาพถ่ายนิ้วมือ 9 ชนิด	6
ภาพที่ 2 แสดงจุดลักษณะสำคัญพิเศษ	8
ภาพที่ 3 เส้นขอบของลายนิ้วมือ	9
ภาพที่ 4 สันดอนในลายนิ้วมือ	10
ภาพที่ 5 จุดใจกลาง ของลายนิ้วมือ	10
ภาพที่ 6 บริเวณลายนิ้วมือที่อยู่ภายใน	11
ภาพที่ 7 ชุดไฟฉายหลายความถี่ในห้องปฏิบัติการ	18
ภาพที่ 8 ชุดไฟฉายหลายความถี่แบบพกพา	19
ภาพที่ 9 แคลเซียมไอออนที่ละลายในน้ำ	21
ภาพที่ 10 กล้อง NIKON D5600	30
ภาพที่ 11 ส่วนประกอบหน้าจอโปรแกรม Photoshop	32
ภาพที่ 12 พื้นผิวชนิดต่างๆ ที่ใช้ในงานวิจัย	42
ภาพที่ 13 ขั้นตอนการเตรียม PCS Gel	43
ภาพที่ 14 เกณฑ์การให้ค่าคะแนนภาพรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏ ด้วยวิธี PCS gel ตามข้อ 4.7.1	45
ภาพที่ 15 ลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวชนิดต่างๆ ก่อนการทำการทดลองการหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วย PCS Gel	50
ภาพที่ 16 ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏบนพื้นผิวอลูมิเนียมโดยทา PCS gel มีค่าคะแนนรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏบนพื้นผิวเท่ากับ 4	52
ภาพที่ 17 ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏบนพื้นผิวเหล็กกล้าไร้สนิม ค่าคะแนนรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏบนพื้นผิวเท่ากับ 4	53
ภาพที่ 18 ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏบนพื้นผิวอัลลอยด์ มีค่าคะแนนเท่ากับ 4	53
ภาพที่ 19 ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏบนพื้นผิวอลูมิเนียมสีชา มีค่าคะแนนเท่ากับ 4	54

ภาพที่ 20 ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏบนพื้นผิวทองเหลือง ที่มีค่าคะแนนเท่ากับ 4.....	54
ภาพที่ 21 ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏบนพื้นผิวสังกะสี ที่มีค่าคะแนนเท่ากับ 4.....	55
ภาพที่ 22 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏโดยแสดงเป็นระดับคะแนน....	56
ภาพที่ 23 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏโดยแสดงเป็นระดับคะแนนกับ ระยะเวลาที่ทา PCS Gel ที่งไวบนพื้นผิวเหล็กกล้าไร้สนิม	56
ภาพที่ 24 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏโดยแสดงเป็นระดับคะแนนกับ ระยะเวลาที่ทา PCS Gel ที่งไวบนพื้นผิวโลหะอลูมิเนียมสีชา	56
ภาพที่ 25 ความสัมพันธ์คุณภาพของรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏบนพื้นผิวแต่ละชนิดโดยแสดงเป็นระดับ คะแนนระหว่างเทคนิค PCS Gel และ Black Powder.....	57
ภาพที่ 26 ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏบนพื้นผิวโลหะสีดำ	59
ภาพที่ 27 ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏบนพื้นผิวอลูมิเนียมสีชา	60
ภาพที่ 28 จุดลักษณะสำคัญพิเศษของลายนิ้วมือแฝงภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏบนพื้นผิว อลูมิเนียมสีดำ เปรียบเทียบระหว่าง (ก) ภายใต้การใช้แสงขาว (ข) โดยส่องด้วยไฟฉายหลายความถี่ ภายใต้การใช้แสงน้ำเงิน (450 nm).....	61
ภาพที่ 29 จุดลักษณะสำคัญพิเศษของลายนิ้วมือแฝงภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏบนพื้นผิว อลูมิเนียมสีชา เปรียบเทียบระหว่าง (ก) ภายใต้การใช้แสงขาว (ข) โดยส่องด้วยไฟฉายหลายความถี่ ภายใต้การใช้แสงน้ำเงิน (450 nm).....	61
ภาพที่ 30 ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏบนพื้นผิวอลูมิเนียม ที่มีค่าคะแนนเท่ากับ 4.....	62
ภาพที่ 31 ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏบนพื้นผิวอลูมิเนียมสีชา มีค่าคะแนนเท่ากับ 4.....	63
ภาพที่ 32 ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏบนพื้นผิวอัลลอยด์ มีค่าคะแนนเท่ากับ 4	64
ภาพที่ 33 ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏบนพื้นผิวโลหะสีดำ ที่มีค่าคะแนนเท่ากับ 4	65
ภาพที่ 34 ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏบนพื้นผิวโลหะเคลือบสีมีค่าคะแนนเท่ากับ 4.....	65
ภาพที่ 35 ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏบนพื้นผิวอลูมิเนียมสีอ่อน เปรียบเทียบระหว่างการพัฒนา รอยลายนิ้วมือแฝงด้วยวิธีผงฝุ่นดำ (ก) กับวิธี PCS gel (ข)	66
ภาพที่ 36 ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏบนพื้นผิวอลูมิเนียมสีชา เปรียบเทียบระหว่างการพัฒนา รอยลายนิ้วมือแฝงด้วยวิธีผงฝุ่น(ก) กับวิธี PCS gel (ข)	66



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

ในการสืบสวนสอบสวนคดีอาญาปัจจุบันนี้พยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ได้มีบทบาทในกระบวนการยุติธรรมมากขึ้นโดยนำพยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ในการพิจารณาคดีความในชั้นศาลได้ ซึ่งปัญหาอาชญากรรมที่เกิดขึ้นในประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นโดยการจะสืบสวนสอบสวนหาตัวผู้กระทำความผิดได้นั้นต้องอาศัยความรู้ทางด้านนิติวิทยาศาสตร์เข้ามาช่วยในการรวบรวมพยานหลักฐานที่สำคัญในคดีต่าง ๆ จากสถิติคดีอาญา (คดี 4 กลุ่ม) ทั่วประเทศ ย้อนหลังตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2560 ถึง ปี พ.ศ. 2564 (ตาราง 1) พบว่าคดีอาญาเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นทุกปี

ตารางที่ 1 คดีอาญา (คดี 4 กลุ่ม) ทั่วประเทศ ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2560 ถึง ปี พ.ศ. 2564

พ.ศ.	จำนวนคดีที่รับร้องทุกข์		ฐานความผิดเกี่ยวกับชีวิตร่างกายและเพศ		ฐานความผิดเกี่ยวกับทรัพย์สิน		ฐานความผิดพิเศษ		คดีความผิดที่รัฐเป็นผู้เสียหาย
	รับแจ้ง	จับกุม	รับแจ้ง	จับกุม	รับแจ้ง	จับกุม	รับแจ้ง	จับกุม	จับกุม
2560	712,074	655,658	20,470	17,763	60,490	43,492	27,357	14,924	484,673
2561	797,063	749,432	19,270	17,352	56,188	43,677	28,086	17,872	577,449
2562	791,241	751,720	18,556	17,325	50,150	41,587	23,556	15,383	586,537
2563	729,193	691,728	16,384	15,552	47,934	40,386	18,676	12,657	629,150
2564	637,780	602,910	12,773	11,901	42,514	34,957	14,474	9,685	581,426

ที่มา : เข้าถึงได้จากเว็บไซต์สถิติฐานความผิดคดีอาญา (คดี 4 กลุ่ม) ทั่วประเทศ

www.royalthaipolice.go.th/stat.html itc.police.go.th/dirlist/dirlist.php?dir=/crimes/ 11

พค 2565

ดังนั้นนิติวิทยาศาสตร์จึงเป็นงานที่มีบทบาทอย่างมากในกระบวนการยุติธรรมเป็นเครื่องมือสำคัญที่ใช้เป็นหลักฐานในการยืนยันความบริสุทธิ์และพิสูจน์หาตัวผู้กระทำความผิด หลักฐานทางกายภาพที่พบมากที่สุดใคดีอาชญากรรมซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในคดีอาญาคือหลักฐานจากลายนิ้วมือ ข้อสังเกตในที่เกิดเหตุหรือวัตถุพยานที่ส่งไปยังห้องปฏิบัติการ ลายนิ้วมือที่พบมากที่สุดในห้องปฏิบัติการคือรอยนิ้วมือแฝง “แฝง” หมายถึงซ่อนเร้นหรือมองไม่เห็น วัตถุพยานในที่เกิดเหตุมักไม่ทราบว่ามีอยู่จนกว่าจะมีการทำให้เห็นด้วยการทดลองในห้องปฏิบัติการ ลายนิ้วมือมักจะสะสมอยู่ในร่องซึ่งมักจะทำจากส่วนผสมของของเหลวจากร่างกายโดยมีน้ำเป็นส่วนประกอบหลัก และส่วนที่เหลือประกอบด้วยสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์จำนวนน้อย รอยลายนิ้วมือแฝงสามารถพบได้บนพื้นผิวที่แตกต่างกัน พื้นผิวสามารถจำแนกออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ ได้แก่ ไม่มีรูพรุน (Non-porous), มีรูพรุน (Porous) และกึ่งรูพรุน (Semi-porous) ตามความสามารถในการดูดซับส่วนประกอบของลายนิ้วมือแฝง

ลักษณะของวัตถุพยานเกี่ยวกับรอยลายนิ้วมือจากสถานที่เกิดเหตุ มี 2 แบบ คือ รอยลายนิ้วมือที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (Visible fingerprint) และรอยลายนิ้วมือที่มองไม่เห็น/ อาจจะเห็นไม่ชัดเจนกับตาเปล่า (Invisible fingerprint) ซึ่งการตรวจหารอยลายนิ้วมือสามารถทำได้หลายวิธีเช่น การใช้แสง (Lighting technique) ได้แก่ การใช้แสง ทั้งแบบ Polylight และ แบบ Photoluminescence เป็นต้น การปิดด้วยผงฝุ่น (Powdering) ได้แก่ วิธีผงฝุ่น และผงฝุ่นแม่เหล็ก เป็นต้น สำหรับการอบชุบเปอร์กลู (Superglue Fuming) ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งในการตรวจเก็บและหารอยนิ้วมือแฝง วัตถุพยานรอยลายนิ้วมือแฝงจะอบด้วยกาว เป็นสารเคมีชื่อว่า Cyanoacrylate จากนั้นใช้แปรงปิดกับผงฝุ่นและลอกด้วยเทปกาวใส แต่หากต้องการจะหารอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุลักษณะเป็นรูพรุน เช่น กระดาษ เป็นต้น ใช้วิธีโดยการทาด้วยสารละลาย ได้แก่ นินไฮดริน, 1,2-Indanedione และ Rhodamine 6G และถ่ายภาพวัตถุพยานเก็บไว้ หากวัตถุพยานเป็นการหารอยลายนิ้วมือแฝงบริเวณเทปกาว(ด้านเหนียว) ให้ใช้วิธีซึ่งเรียกว่า วิธี Sticky side powder โดยทาน้ำยาบริเวณด้านเหนียวจากวัตถุพยานเทปกาว จากนั้นทำการชะล้างด้วยน้ำสะอาดและบันทึกภาพถ่ายไว้เป็นหลักฐาน และยังมีวิธีการอีกอย่างหนึ่งในการลอกลายนิ้วมือเปื้อนฝุ่น คือ การใช้แผ่นเจลลาติน หรือใช้เครื่องมือลอกลายฝุ่น (Dust mark detector) (อรรถพล แซ่มสุวรรณ, 2546) ดังนั้นจึงต้องเลือกวิธีการเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงอาจจะต้องใช้วิธีการเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงมากกว่าหนึ่งวิธี ขึ้นอยู่กับพื้นผิวของวัตถุพยานนั้น ๆ

จากที่กล่าวไว้ข้างต้นสำหรับการหารอยลายนิ้วมือแฝงในที่เกิดเหตุบนวัตถุพยานพื้นผิวต่าง ๆ สามารถตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงได้เพียงการ การใช้แสง (Lighting technique) และการปิดฝุ่น (Powdering) วิธีอื่น ๆ จำเป็นต้องนำวัตถุพยานมาหารอยลายนิ้วมือแฝงในห้องปฏิบัติการ ได้มีงานวิจัยต่าง ๆ สำหรับการพัฒนารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะด้วยสารละลายอเล็กโทรไลต์

Jasuja et al. (2011) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโลหะ (ทองแดง, อลูมิเนียม, เหล็ก, ทองเหลือง และสังกะสี) และพื้นผิวที่ไม่ใช่โลหะ (แก้วและพลาสติก) สำหรับรอยลายนิ้วมือที่แฝงอยู่และสารละลายอิเล็กโทรไลต์แบบน้ำ ต่อมา O.P. Jasuja & Kulvir Singh และคณะ (2017) ได้ศึกษาการหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะที่คงอยู่กับที่โดยใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์เจล เปรียบเทียบกับวิธี ผงฝุ่นดำ (Black Powdering), การอบชุบเปอร์กลู (Superglue Fuming) และ วิธีการทำปฏิกิริยาของอนุภาคขนาดเล็ก (Small particle reagent)

จากความสำคัญและปัญหาข้างต้น งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาต่อเพื่อพัฒนาวิธีการใหม่ ๆ ที่หลากหลายในการหารอยลายนิ้วมือแฝงที่ ติดอยู่บนพื้นผิวโลหะ (อลูมิเนียมสีอ่อน อลูมิเนียมสีชา เหล็กกล้าไร้สนิมสีอ่อน โลหะเคลือบสีดำ สังกะสี อัลลอยด์ ทองเหลือง) ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการหารอยลายนิ้วมือแฝง เพื่อสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานพื้นผิวโลหะในสถานที่เกิดเหตุ โดยการใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์แบบเจล เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการหารอยลายนิ้วมือแฝงในสถานที่เกิดเหตุได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อศึกษาปฏิกิริยาระหว่างสารละลายอิเล็กโทรไลต์กับรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะชนิดต่าง ๆ

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง บนพื้นผิวโลหะชนิดต่าง ๆ โดยวิธีผงฝุ่นดำ และวิธีสารละลายอิเล็กโทรไลต์

1.2.3 เพื่อศึกษาปัญหาและพัฒนาการหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะชนิดต่าง ๆ ในสถานที่เกิดเหตุให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและสามารถนำมาใช้ได้จริง

1.3 สมมติฐาน

1.3.1 คุณภาพของลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏขึ้นสามารถตรวจเปรียบเทียบเพื่อยืนยันตัวบุคคลได้ด้วยการหาสารละลายอิเล็กโทรไลต์ในที่เกิดเหตุได้ทันที

1.3.2 ชนิดของพื้นผิวโลหะมีผลต่อการปรากฏของลายนิ้วมือแฝงที่แตกต่างกัน

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยผู้วิจัยตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยสารละลายอิเล็กโทรไลต์บนพื้นผิวโลหะชนิดต่าง ๆ จำนวน 6 ชนิด ได้แก่ อลูมิเนียมสีอ่อน อลูมิเนียมสีชา เหล็กกล้าไร้สนิมสีอ่อน เหล็กกล้าไร้สนิมสีชา โลหะเคลือบสีขาว โลหะเคลือบสีดำ โดยสารละลายอิ

เล็กโพรไลต์ที่ใช้ ได้แก่ ด่างทับทิม (KMnO_4) ช่วงความเข้มข้น 1-5 w/v และ แคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ช่วงความเข้มข้น 1-5 w/v ทำการทดลองโดยวางวัสดุพื้นผิวโลหะชนิดต่าง ๆ ในแนวตั้งฉากกับพื้นศึกษาปัญหาและพัฒนาการหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะชนิดต่าง ๆ ในสถานที่เกิดเหตุให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและสามารถนำมาใช้ได้จริง การวิจัยนี้เป็นการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏขึ้นบนพื้นผิวโลหะชนิดต่างโดยมีรายละเอียดและขั้นตอนเกี่ยวกับวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย (Variables used in research) :

ตัวแปรต้น: สารละลายอเล็กโพรไลต์

ตัวแปรตาม: รอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏ

ตัวแปรควบคุม: พื้นผิวไม่มีรูพรุน ระยะเวลาของรอยลายนิ้วมือบนวัตถุ

1.5 ข้อตกลงเบื้องต้น

1.5.1 ก่อนทำการประทับลายนิ้วมือบนพื้นผิวดังกล่าว ให้นำนิ้วมือที่ต้องการประทับ ไปสัมผัสบริเวณใบหน้าที่มีไขมันอยู่ เช่น หน้าผาก จมูก คาง เป็นต้น

1.5.2 ระยะเวลาในการประทับรอยลายนิ้วมือ ประมาณ 30 วินาที

1.5.3 น้ำหนักที่ใช้กดหรือประทับรอยลายนิ้วมือลงบนวัตถุพยาน ประมาณ 2,000 กรัม

1.6 ข้อจำกัดของงานวิจัย

1.6.1 ปริมาณไขมันที่ติดอยู่บนใบหน้านั้นอาจไม่เท่ากันในทุกครั้งเสมอไป

1.6.2 อาสาสมัครที่ใช้ในการทดลอง ใช้ 1 คน เนื่องจากเพื่อให้คุณภาพของรอยลายนิ้วมือ แฝงสามารถตรวจสอบได้อย่างมีคุณภาพและเป็นไปอย่างแม่นยำ และสะดวกต่อการตรวจ เปรียบเทียบเพื่อวิเคราะห์ผลคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝง

1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.7.1 รอยลายนิ้วมือแฝง หมายถึง รอยลายนิ้วมือซึ่งเกิดจากเหงื่อภายในเส้นนูนของลายนิ้วมือที่ประทับอยู่ บนพื้นผิววัตถุพยาน มักปรากฏเป็นลักษณะของลายนิ้วมือที่มองไม่เห็น หรือเห็นได้ยากด้วยตาเปล่า

1.7.2 ผงฝุ่นดำ หมายถึง ผงฝุ่นสีดำ ขนาดค่อนข้างละเอียด มีส่วนผสมของคาร์บอนแบล็ค และแกรไฟต์ สามารถนำมาใช้ในการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงได้

1.7.3 เครื่อง Polylight เป็นเครื่องมือที่อีกชนิดหนึ่งที่ใช้ในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง บนวัตถุต่างๆ รวมถึงยังสามารถตรวจหาคราบอสุจิ คราบโลหิต รอยเหยียบย่ำในสถานที่เกิดเหตุได้ เป็นต้น ปกติมีสภาวะทางแสงเป็นแสงสีขาว ซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นแสงสีต่างๆได้ 5 สี โดยอาศัย ฟิลเตอร์ โดยแสงสีแต่ละสีจะมีความหมายเหมาะสมกับการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิววัตถุ

1.7.4 สารละลายอิเล็กโทรไลต์ (Aquios Electrolyte) คือ สารที่สามารถแตกตัวเป็นไอออนอิสระเมื่อละลายน้ำหรือหลอมเหลว ทำให้สามารถนำไฟฟ้าได้

1.7.5 จุดลักษณะสำคัญพิเศษ (minutiae) คือ ลายเส้นที่มีลักษณะพิเศษ หรือจุดตำหนิ โดยลักษณะของลายเส้นมี 5 แบบ ดังนี้ เส้นแยก (bifurcation) เส้นหยุด (ending ridge) จุด (dot) เส้นสั้นๆ (short ridge) เกาะ (Island, enclosure)

1.7.6 คุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝง เป็นการประเมินระดับการให้คะแนนคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝง โดยอาศัยเกณฑ์การนับจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (minutiae) บนรอยลายนิ้วมือ

1.7.7 PCS Gel คือ ชื่อเรียกย่อของสารผสมแบบเจลที่ใช้หารอยลายนิ้วมือแฝงในงานวิจัยนี้โดยส่วนผสมแบบเจลประกอบด้วย (Potassium permanganate Calcium Chloride และ Silica powder)

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย

1.8.1 เพื่อเป็นแนวทางพัฒนาการหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะชนิดต่าง ๆ ด้วยสารละลายอิเล็กโทรไลต์

1.8.2 สามารถนำเทคนิคการหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะชนิดต่าง ๆ ไปใช้จริงในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์และในสถานที่เกิดเหตุ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้ศึกษาจาก ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับลายนิ้วมือ
2. แนวคิดเกี่ยวกับวิธีการตรวจเก็บลายนิ้วมือ
3. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการละลาย
4. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับสารละลายอิเล็กทรอนิกส์
5. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับลักษณะพื้นผิววัสดุ
6. แนวคิดและทฤษฎีพื้นผิวโลหะที่ใช้ในงานวิจัย
7. หลักการและส่วนประกอบของกล้องดิจิทัล
8. หลักการพื้นฐานของโปรแกรมโปรแกรม Photoshop
9. งานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง

1. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวข้องกับลายนิ้วมือ

1.1 ประวัติลายนิ้วมือในต่างประเทศ

ลายนิ้วมือมีประวัติความเป็นมาหลากหลายด้านทั้งในด้านโบราณคดี โหราศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ วิทยาศาสตร์ การแพทย์ และนิติวิทยาศาสตร์ หรือนิติเวชศาสตร์ ดังปรากฏหลักฐานแรกจากภาพเขียนในสมัยก่อนประวัติศาสตร์ เป็นภาพเขียนจากมือซึ่งปรากฏร่องรอยของลายมือชัดเจน และหลักฐานจากชาวจีนในสมัยโบราณใช้การพิมพ์จากนิ้วหัวแม่มือโดยใช้ดินเหนียวที่ปิดผนึกหีบใส่เงินสำหรับส่งมอบ อาจลำดับเหตุการณ์ตามปีคริสต์ศักราชได้ดังนี้

ปี ค.ศ. 1686 ศาสตราจารย์ท่านหนึ่งเป็นอาจารย์สอนกายวิภาคศาสตร์มหาวิทยาลัยในเมืองโบโลคณา ซึ่งได้จัดทำหนังสือด้านลายนิ้วมือโดยระบุรูปแบบลายนิ้วมือ 2 แบบ คือ แบบมัดหวาย และแบบก้นหอย

ปี ค.ศ. 1723 ศาสตราจารย์ Purkinje จากมหาวิทยาลัยเบอร์สโล ประเทศเยอรมัน ได้จัดทำหนังสืออธิบายรูปแบบพิมพ์ลายนิ้วมือพื้นฐานเป็น 9 รูปแบบ และใช้ถึงปัจจุบันนี้

ปี ค.ศ. 1823 ด็อกเตอร์ เฮนรี ฟาวลด์ (Henry Fauld) มีการเขียนตีพิมพ์บทความอธิบายถึงลายนิ้วมือสามารถเป็นสิ่งสามารถยืนยันระบุตัวบุคคลได้ ได้รับยกย่องให้เป็นบุคคลแรกในด้านนิติวิทยาศาสตร์ที่ริเริ่มการใช้รอยลายนิ้วมือที่ถูกทิ้งร่องรอยบนวัตถุเหล่านี้ด้วยการหารอยลายนิ้วมือแฝงเพื่อยืนยันบุคคลได้

ปี ค.ศ. 1858 เซอร์วิลเลียม เฮอร์เชล เป็นชาวอังกฤษที่ริเริ่มคนแรกได้นำลายนิ้วมือมาใช้ประโยชน์ในการพิสูจน์บุคคล เริ่มใช้ในคดีในประเทศอินเดียและเป็นที่ยอมรับทั่วโลก

ปี ค.ศ. 1882 กิลเบิร์ต ทอมป์สัน (Gilbert Thompson) จากหน่วยงานกองสำรวจธรณีวิทยา ในประเทศสหรัฐอเมริกา คิดใช้รอยลายนิ้วมือแฝงบนเอกสารต่างๆที่สำคัญ สำหรับป้องกันการปลอมแปลงเอกสารลายมือชื่อ

ปี ค.ศ. 1891 วาน วูซิติช (Juan Vucetich) นายตำรวจอาร์เจนตินา มีการศึกษาลายนิ้วมือโดยใช้แนวคิดส่วนหนึ่งจาก Galton โดยแบ่งลายพิมพ์นิ้วมือเป็น 4 ประเภท คือ แบบโค้ง (Arch) แบบสันดอนขวา (Right slant loop) แบบสันดอนซ้าย (Left slant loop) และแบบสันดอนทั้งซ้ายและขวา (Plain whorl)

ปี ค.ศ. 1892 เซอร์ฟรานซิส กัลตัน (Sir Francis Galton) นักมานุษยวิทยาชาวอังกฤษ ได้ตีพิมพ์บทความวิชาการครั้งแรกเกี่ยวกับระบบของลายนิ้วมือที่สามารถระบุยืนยันบุคคลได้จากลักษณะพิเศษของลายเส้นบนลายนิ้วมือซึ่งจะเป็นเอกลักษณ์ของบุคคลนั้นๆ หลักการจากกาลตันใช้จากจุดลักษณะสำคัญพิเศษ และปัจจุบันยังคงใช้อยู่

ปี ค.ศ. 1901 หน่วยสืบราชการลับ สก็อตแลนด์ยาร์ด จากประเทศอังกฤษ ได้ปรับระบบเกี่ยวกับการจำแนกลายนิ้วมือของกาลตันขึ้นใหม่โดยผู้บังคับการตำรวจนครบาล ซีเอชเอ็ดเวิร์ด เฮนรี (Sir Edward Henry) ใช้ชื่อระบบแบบใหม่นี้ว่า ระบบระบุลายนิ้วมือของกาลตัน และเฮนรี (Galton – Henry fingerprint identification system)

ปี ค.ศ. 1903 ระบบเรือนจำแห่งรัฐนิวยอร์กในสหรัฐอเมริกา มีการเริ่มใช้ลายนิ้วมือสำหรับการระบุตัวอาชญากร จากนั้นปีถัดมากองทัพของสหรัฐอเมริกาใช้ลายนิ้วมือในการระบุยืนยันบุคคลที่ได้ขึ้นทะเบียนทหาร และใช้กับตำรวจที่ทำงานในเมืองบูเอโนส แอเรส โดยได้เผยแพร่ตีพิมพ์สำหรับวิธีใช้ลายนิ้วมือในการระบุ และค้นหาตัวอาชญากร โดยใช้หลักฐานจากรอยลายนิ้วมือแฝงที่ทิ้งร่องรอยไว้บนเสาประตู วิธีการนี้ยังคงใช้จนถึงทุกวันนี้

ปี ค.ศ. 1905 ถึง 1930 องค์กรด้านกฎหมายทั่วสหรัฐอเมริกาได้ใช้ลายนิ้วมือในการระบุตัวบุคคล

ปี ค.ศ. 1919 รัฐสภาในอเมริกาได้ตั้งหน่วยงานเอฟบีไอ โดยเป็นแหล่งรวบรวมจัดทำแผ่นลายพิมพ์นิ้วมือประชากรในอเมริกา จนถึงปี ค.ศ. 1971 มีแผ่นลายนิ้วมือรวบรวมไว้แล้วถึง 200 ล้านฉบับ

ปี ค.ศ. 1940 หลังสิ้นสุดสงครามโลกครั้งที่ 2 ผู้เชี่ยวชาญด้านการตรวจลายนิ้วมือแฝงชาวอเมริกาได้มีการตกลงเกี่ยวกับการใช้จำนวนขั้นต่ำสำหรับการระบุจุดลักษณะสำคัญ (Minutia) เป็นมาตรฐานในการระบุตัวบุคคล

ปี ค.ศ. 1973 สมาคมระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐาน (The International Association for identification Standardization Committee) ได้มีมติถึงการระบุตัวตนแต่ละ

ครั้งนั้นไม่ซ้ำกันและไม่มีพื้นฐานที่ถูกต้องสำหรับจำนวนจุดลักษณะสำคัญที่จับคู่ในการแสดงผล มติดังกล่าวได้รับการอนุมัติจากสมาชิกในการประชุม

ปี ค.ศ. 1974 เจ้าหน้าที่ของสำนักงานลายนิ้วมือของ Hertfordshire (สหราชอาณาจักร) ได้ติดต่อผู้เชี่ยวชาญด้านการตรวจลายนิ้วมือทั่วราชอาณาจักรและเริ่มก่อตั้งองค์กรลายนิ้วมือแห่งแรกของประเทศ คือ สมาคมผู้เชี่ยวชาญด้านลายนิ้วมือแห่งชาติ เริ่มแรกองค์กรประกอบผู้เชี่ยวชาญในสหราชอาณาจักรเท่านั้น และได้มีการขยายเขตระหว่างประเทศอย่างรวดเร็วและได้เปลี่ยนชื่อเป็น สมาคมลายนิ้วมือ (The Fingerprint Society) ในปี ค.ศ. 1977 มีชื่อย่อว่า F.F.S.

ปี ค.ศ. 2012 การเก็บระบบฐานข้อมูลสำหรับระบุรอยลายนิ้วมืออัตโนมัติของบ INTER POL's มีจำนวนลายนิ้วมือมากกว่า 150,000 ชุด สำหรับการบันทึกอาชญากรรมระหว่างประเทศที่สำคัญจากสมาชิก 190 ประเทศ

ปี ค.ศ. 2015 สมาคมระหว่างประเทศเพื่อระบุตัวบุคคล ครบรอบ 100 ปี

ปี ค.ศ. 2019 ระบบฐานข้อมูลลายนิ้วมือของประเทศอินเดีย เป็นฐานข้อมูลลายนิ้วมือที่ใหญ่ที่สุดในโลก โดยมีฐานข้อมูล ลายนิ้วมือ มานตา และไบหน้า ซึ่งเป็นฐานข้อมูลที่ใช้ในการระบุตัวตนไม่ซ้ำกัน ซึ่งรู้จักในชื่อ Aadhaar มีความหมายว่า รากฐาน เนื่องจากเป็นฐานข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในโลก ที่สามารถค้นหาและระบุตัวตนได้อย่างรวดเร็วและมีความน่าเชื่อถือ

ปัจจุบันสำนักงานสืบสวนของสหรัฐอเมริกา (Federal Bureau Investigation; FBI) มีจำนวนฐานข้อมูลลายนิ้วมือมากกว่า 120 ล้านคน โดยอยู่ในรูปแบบลายพิมพ์นิ้วมือ 2 นิ้ว อีกทั้งได้มีการสร้างฐานข้อมูลด้านสารพันธุกรรม (DNA Database) โดยมีชื่อว่า Combined DNA Index System หรือ CODIS ซึ่งได้เก็บรวบรวมข้อมูลรูปแบบสารพันธุกรรม (DNA Profiles) ของผู้กระทำความผิดได้มากกว่า 11 ล้านข้อมูลของรูปแบบสารพันธุกรรม และวัตถุพยานอื่นๆทางนิติวิทยาศาสตร์

1.2 ประวัติลายนิ้วมือในประเทศไทย

ในประเทศไทยรู้จักใช้ลายนิ้วมือมาเป็นเวลานานเริ่มตั้งแต่สมัยอยุธยา ในตำราทำนาย “นรลักษณ์” เป็นตำราดวงชะตาตามลักษณะของบุคคล ซึ่งได้บันทึกเกี่ยวกับเรื่องของลายนิ้วมือและลักษณะมือไว้ด้วย นอกจากนั้นยังพบว่าในสมัยโบราณยังใช้ลายนิ้วมือประทับลงบนเอกสารสำคัญต่างๆ เช่น เอกสารขายฝากทาส เอกสารกู้ยืม

ในปี พ.ศ. 2444 ใช้ประโยชน์ทางวิชาพิมพ์ลายนิ้วมือครั้งแรก โดยสมเด็จพระเจ้ายาเธอ กรมหลวงราชบุรีดิเรกฤทธิ์ ขณะทรงดำรงตำแหน่งเสนาบดีกระทรวงยุติธรรม ดำริให้ตรากฎหมายอาญาขึ้นใหม่แทนกฎหมายเดิมและมีการก่อตั้งกองพิมพ์ลายนิ้วมือโดยมีพระราชประสงค์ที่จะเก็บรวบรวมลายพิมพ์นิ้วมือของผู้ต้องหาในคดีอุกฉกรรจ์ ส่งให้กองพิมพ์ลายนิ้วมือทำการตรวจสอบ และ

ถ้าพบว่าเคยต้องคำพิพากษามาก่อนแล้วก็จะแจ้งให้อัยการและศาลทราบเพื่อการเพิ่มโทษฐานให้ซ้ำเติมต่อไป

ปี พ.ศ. 2447 กองพิมพ์ลายนิ้วมือรับการยกฐานะขึ้นเป็น ‘กรมพิมพ์ลายนิ้วมือ’

ปี พ.ศ. 2455 เป็นต้นมาได้มีการดำเนินการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ ปรับเปลี่ยนและจัดตั้งหน่วยงานโดยเกี่ยวข้องกับการพิมพ์ลายนิ้วมือ

ปี พ.ศ. 2457 กรมพิมพ์ลายนิ้วมื่อย้ายมาขึ้นสังกัดกับกรมราชทัณฑ์

ปี พ.ศ. 2473 กรมพิมพ์ลายนิ้วมือได้ลดสภาพหน่วยงานเป็นกองทะเบียนพิมพ์ลายนิ้วมือ สังกัด กรมตำรวจภูบาล

ปี พ.ศ. 2475 เกิดการเปลี่ยนแปลงการปกครอง ‘กรมตำรวจภูบาล’ เปลี่ยนเป็น ‘กองตำรวจสันติบาลกองทะเบียนพิมพ์ลายนิ้วมือ’ จนกระทั่ง ปี พ.ศ. 2500 องค์การบริหารวิเทศกิจ สหรัฐอเมริกาประจำประเทศไทย (ยูซอม) ได้ให้ความช่วยเหลือ ปรับปรุงกิจการตำรวจในด้านต่างๆ โดยสนับสนุนเครื่องมือเครื่องใช้และนำเจ้าหน้าที่เป็นผู้เชี่ยวชาญมาจัดการฝึกอบรมและวางหลักเกณฑ์เป็นไปตามแบบการเก็บพิมพ์ลายนิ้วมือของตำรวจ เอฟ.บี.ไอ. (FBI) ในปัจจุบันเปลี่ยนชื่อเป็น กองทะเบียนประวัติอาชญากร สังกัด สำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ ซึ่งได้มีการพัฒนาจากระบบเฮนรี (FBI Henry system extension) เป็นการตรวจสอบและเปรียบเทียบลายนิ้วมือด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งจัดเก็บและตรวจสอบประวัติอาชญากรทั่วประเทศ โดยใช้ ฐานระบบข้อมูล AFIS (Automated Fingerprints identification System, AFIS)

1.3 การกำเนิดลายนิ้วมือ

การสร้างลายเส้นบนนิ้วมือถูกควบคุมด้วยยีนส์บนโครโมโซมของร่างกาย และลักษณะถ่ายทอดพันธุกรรมโดยมีผลร่วมจากสิ่งแวดล้อม (Polygenic trait, Multifactorial inheritance) เช่น ความเครียดของแม่ในช่วงตั้งครรภ์ (Maternal stress) การติดเชื้อระหว่างตั้งครรภ์ เป็นต้น ทำให้แต่ละคนเกิดเป็นเส้นลายนิ้วมือแตกต่างกันออกไป ผิวหนังมีโครงสร้างอยู่ 2 ชั้นหลักๆ คือ ผิวหนังชั้นหนังกำพร้า (Epidermis) และ ผิวหนังชั้นหนังแท้ (Dermis)

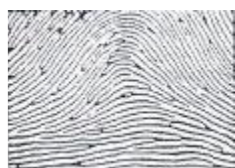
ชั้นผิวหนังกำพร้า (Epidermis) เป็นผิวหนังชั้นนอกสุด มีความหนาโดยเฉลี่ยประมาณ 0.4 ถึง 1.5 มิลลิเมตร เทียบกับความหนาทั้งหมดของผิวหนัง (Skin) ซึ่งมีความหนาเฉลี่ยโดยประมาณ 1.5 ถึง 4.0 มิลลิเมตร แต่ความหนาของชั้นหนังกำพร้านี้จะแตกต่างกันไปในแต่ละบริเวณของร่างกาย ทำให้สามารถแบ่งผิวหนังตามความหนาของชั้นหนังกำพร้าออกเป็น 2 ชนิด คือ หนังกำพร้าที่หนา (Thick epidermis) ที่พบบริเวณที่ฝ่ามือ (Palms) และฝ่าเท้า (Soles) และหนังกำพร้าที่บาง (Thin epidermis) พบที่บริเวณอีกหลายส่วนของร่างกายนอกเหนือจากบริเวณหนังกำพร้าที่หนา 2 แห่งดังกล่าวข้างต้น

โครงสร้างในทางกายภาพที่สำคัญๆ ของฝ่ามือฝ่าเท้า ได้แก่ รอยนูนอยู่บริเวณพื้นผิวฝ่ามือ ซึ่งเป็นตำแหน่งที่สามารถระบุได้อย่างแน่นอน (Volar pads) ซึ่งแตกต่างจากรอยนูนกลัมนเนื้อตรงที่ Volar pads เป็นเนื้อเยื่อและชั้นไขมันใต้ผิวหนังมนุษย์ Volar pads มักพบบริเวณปลายนิ้ว (Apical pads) ส่วนบริเวณระหว่างนิ้วปลายฝ่ามือ (Interdigital pads) และบริเวณส่วนที่ Thenar และ Hypothenar pads สำหรับทารกในครรภ์ Volar pads จะเริ่มตั้งแต่ตั้งครรภ์ได้ 7 สัปดาห์และจะมีการเจริญเติบโตขึ้น โดยจะปรากฏให้เห็นในตำแหน่งที่สูงขึ้น เป็นรอยนูนกลมๆ เล็กๆ ต่อมารอยนูนนี้จะเล็กลง เห็นชัดเจนน้อยลง และส่วนฐานจะรวมเข้ากับเนื้อเยื่อรอบๆ ในสัปดาห์ที่ 10 basal layer ของชั้นหนังกำพร้าจะเริ่มเห็นเป็นคลื่นเล็กๆ และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเรียกว่า Primary Ridges (PR) ซึ่งเป็นฐานของการสร้างลายเส้นนิ้วมือ

การเกิดรูปแบบของลายนิ้วมือ แรงดันและพื้นผิวหน้า Volar Surface ที่แตกต่างกันจะเป็นตัวกำหนดลักษณะต่าง ๆ ของลายนิ้วมือ ซึ่งมีปัจจัยแวดล้อมอื่นมาเกี่ยวข้องด้วย ดังตัวอย่างประกอบด้านล่าง ภายใต้แรงดันและพื้นผิวที่แตกต่างกัน ลายเส้นที่จะเกิดขึ้นจะเป็นรูปสามเหลี่ยมดังภาพด้านซ้าย และเป็นรูปโค้งดังภาพด้านขวา ลายเส้นจะมีแนวโน้มไหลไปตามพื้นผิวภายใต้แรงกดที่บังคับ พื้นผิวของ volar pads ในแต่ละแห่งจะเป็นตัวกำหนดให้การเจริญเติบโตถูกบังคับภายใต้แรงที่กระทำทำให้เกิดรูปแบบลายนิ้วแบบต่างๆ

1.4 ประเภทของลายนิ้วมือ

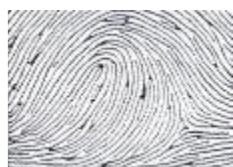
ประเภทลายนิ้วมือ จำแนกเป็น 3 ประเภทหลักและแบ่งโดยละเอียดออกเป็น 9 ชนิด คือ ประเภทโค้ง (Arch) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ โค้งราบ (Plain arch) โค้งกระโจม (Tented arch) ประเภทมัดหอย (Loop) ได้แก่ มัดหอยปัดขวา (Right slant loop) มัดหอยปัดซ้าย (Left slant loop) ประเภทก้นหอย (Whorl) ได้แก่ ก้นหอยธรรมดา (Plain whorl) ก้นหอยมัดหอยแฝด (Twinned loop) ก้นหอยกระเป๋ากลาง (Central pocket loop whorl) ก้นหอยกระเป๋าข้าง (Lateral pocket loop) ก้นหอยซับซ้อน (Accidental whorl)



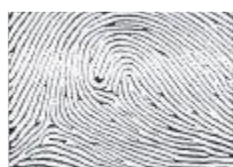
โค้งราบ (Plain arch)



โค้งกระโจม (Tented arch)

มัดหวายปัดขวา
(Plain loop)มัดหวายปัดซ้าย
(Plain loop)

ก้นหอยธรรมดา (Whorl)

ก้นหอยกระเป๋ากลาง
(Central pocket loop)ก้นหอยกระเป๋าช้าง
(Lateral pocket loop)มัดหวายแฝด
(Twinned loop)แบบซับซ้อน
(Accidental)

ภาพที่ 1 แสดงภาพลายนิ้วมือ 9 ชนิด

ที่มา : C.J. Lennard and T. Patterson. **Fingerprint Identification Basic and composite ridge characteristics (minutia)**. Available

<http://www.policensw.com/info/fingerprints/finger08.html>

- แบบโค้ง (Plain arch) มีลายเส้นที่เริ่มจากขอบเล็บด้านหนึ่งแล้ววิ่งหรือไหลออกไปยังขอบเล็บอีกด้านหนึ่งโดยจะไม่มีเส้นวกกลับหรือเส้นพุ่งสูงขึ้นตรงกลาง
- โค้งกระโจม (Tented arch) มีลายเส้นที่เริ่มจากขอบเล็บด้านหนึ่งแล้ววิ่งหรือไหลออกไปยังขอบเล็บอีกด้านหนึ่ง แต่มีลายเส้นตรงกลางหนึ่งเส้นหรือมากกว่าเกิดเป็นเส้นพุ่งขึ้นจากแนวนอน หรือวกกลับไปทางเดิม หรือมีเส้นที่ทำให้เกิดมุมแหลมคมหรือมุมฉาก

- แบบมัดหวายปัดซ้าย (Left slant loop) มีสันตอน (Delta) 1 ตำแหน่ง อยู่ข้างขวาของลายนิ้วมือ มีเส้นวกกลับอย่างน้อยหนึ่งเส้นวิ่งไหลมาทางซ้ายมือและเมื่อลากเส้นจากสันตอนถึงใจกลางต้องนับเส้นวกกลับที่สมบูรณ์ได้อย่างน้อยหนึ่งเส้น
- แบบมัดหวายปัดขวา (Right slant loop) มีสันตอน (Delta) 1 ตำแหน่ง อยู่ข้างซ้ายของลายนิ้วมือ มีเส้นวกกลับอย่างน้อยหนึ่งเส้นวิ่งไหลมาทางขวามือและเมื่อลากเส้นจากสันตอนถึงใจกลางต้องนับเส้นวกกลับโดยสมบูรณ์อย่างน้อยหนึ่งเส้น
- แบบก้นหอย (Whorl) พบสันตอน (Delta) 2 ตำแหน่ง ภายในเส้นเวียนรอบเป็นวงโคจรลักษณะแบบลานนาฬิกา รูปไข่ วงกลม วงรี โดยทำเส้นสมมุติจากสันตอนด้านหนึ่งไปยังสันตอนอีกด้านหนึ่งจะสัมผัสเส้นวงจรหน้าสันตอนทั้งสองอย่างน้อย 1 เส้น เป็นแบบก้นหอยธรรมดา (Plain whorl) แต่ถ้าลากจากเส้นสมมุติสันตอนด้านหนึ่งไปยังสันตอนอีกด้านหนึ่งและไม่สัมผัสกับเส้นวงโคจรด้านใน ถือเป็นก้นหอยกระเป๋ากลาง (Central pocket loop)
- มัดหวายแฝด (Twinned loop/ double loop) เป็นลักษณะลายนิ้วมือที่เกิดจากรูปแบบมัดหวาย 2 รูปมาไขว้หรือกล้ำกัน ทำให้มี 2 สันตอนอยู่คนละด้าน มีรูปแบบมัดหวาย 2 รูปปรากฏอยู่แต่ไม่จำเป็นต้องมีขนาดเท่ากัน และกรณีที่มีสันตอนอยู่ข้างเดียวกัน เป็นแบบก้นหอยกระเป๋ข้าง (Lateral pocket loop)
- แบบซับซ้อน (Accidental) เป็นการผสมกันของลายนิ้วมือแบบต่างๆ สองรูปแบบหรือมากกว่ามารวมกัน ยกเว้นแบบโค้งราบ ทำให้มีสันตอน 2 ตำแหน่งหรือมากกว่าและเกิดลายเส้นแบบแปลกตาและยังรวมถึงลายนิ้วมือที่มีความผิดปกติอื่นๆ ด้วย

1.5 นิติวิทยาศาสตร์สำหรับลายนิ้วมือ

การตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า เป็นสาขาหนึ่งในวิชาการตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคล จากการศึกษาค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์ พบว่าลักษณะลายเส้นที่ปรากฏบนนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้าของมนุษย์ สามารถใช้ตรวจเอกลักษณ์บุคคลได้ เนื่องจาก

- ลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า ของแต่ละบุคคลไม่เหมือนกัน (Uniqueness) ซึ่งแต่ละคนจะมีลักษณะเฉพาะพิเศษที่แตกต่างกันและลักษณะพิเศษของลายเส้นที่มีอยู่นั้นไม่พบลักษณะลายพิมพ์นิ้วมือที่ซ้ำกัน
- ลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า ของแต่ละบุคคลไม่มีการเปลี่ยนแปลง (Permanence) ตั้งแต่เกิดจนกระทั่งเสียชีวิต หรือแม้แต่เสียชีวิตแล้วถ้ามีการรักษาสภาพศพอย่างดีไม่มีการทำลายหรือปล่อยเน่า ลักษณะของลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า จะคงสภาพเดิมไม่มีการเปลี่ยนแปลง

1.5.1 จุดลักษณะสำคัญพิเศษ

การตรวจพิสูจน์เพื่อนยืนยันตัวบุคคลด้วยลายนิ้วมืออาศัยการพิจารณาเปรียบเทียบจุดลักษณะสำคัญพิเศษของลายเส้นที่ตรงกันซึ่งประกอบด้วย

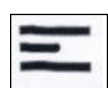
-เส้นแยก (bifurcation) เป็นลายเส้นโดยเกิดจากเส้นเดียวซึ่งแยกจากกันเกิดเป็นสองเส้นอาจมากกว่าหรืออาจจะเรียกว่าลายเส้นทั้งสองเส้นรวมกันเกิดเป็นเส้นเดียว

-เส้นหยุด (ending ridge) เป็นลักษณะปลายของเส้นที่หยุดอยู่ระหว่างแนวเส้นขนานอีก 2 เส้น

-จุด (dot) เป็นลักษณะลายเส้นสั้นมากๆ จนเห็นเป็นจุดเล็กๆ

-เส้นสั้น (short ridge) เป็นลายเส้นสั้นเหมือนขีดสั้นๆ มากกว่าจุดเล็กๆ

-เกาะ (Island, enclosure) เป็นลักษณะเส้นแยกออกเป็นสองเส้น แล้วมาบรรจบรวมกันใหม่ เส้นดังกล่าวจะมีพื้นที่ปิดเกิดขึ้น



เส้นหยุด (ridge ending)



สะพาน (bridge)



เส้นแยก (bifurcation)



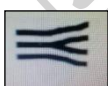
เส้นแยกสองชั้น
(double bifurcation)



จุด (dot)



สามง่าม (trifurcation)



เส้นสั้น (island (short ridge))



เส้นแยกตรงข้าม
(opposed bifurcations)



เกาะ (lake (enclosure))



เส้นไขว้ (ridge crossing)



ตะขอ (hook (spur))



รัศมีสามแฉก

(opposed bifurcation/ridge ending)

ภาพที่ 2 แสดงจุดลักษณะสำคัญพิเศษ

ที่มา: C.J. Lennard and T. Patterson. **Fingerprint Identification Basic and composite ridge characteristics (minutia).** Available

<http://www.policensw.com/info/fingerprints/finger08.html>

1.5.2 การประทับรอยลายนิ้วมือที่ใช้ในการตรวจพิสูจน์

ผิวหนังตรงบริเวณลายนิ้วมือ ฝ่ามือ นิ้วเท้า ฝ่าเท้า ของมนุษย์ประกอบด้วยลายเส้น 2 ชนิด คือเส้นนูนและเส้นร่องซึ่งเป็นเหมือนแบบพิมพ์ในการประทับรอย

1.5.2.1 ลายนิ้วมือประกอบด้วยเส้นสองลักษณะ คือ

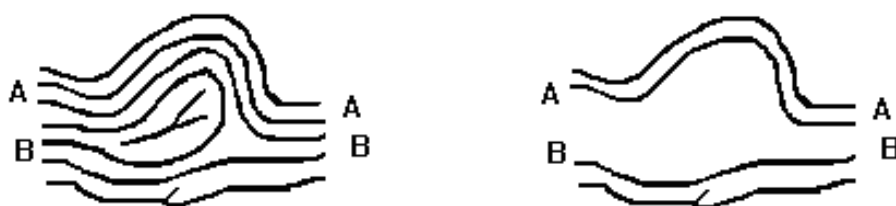
1.5.2.1.1 เส้นนูน คือรอยนูนที่อยู่สูงกว่าผิวหนังส่วนนอก

1.5.2.1.2 เส้นร่อง คือรอยลึกที่อยู่ต่ำกว่าระดับของเส้นนูน

การจับสัมผัสกับวัสดุต่างๆ จะทำให้เกิดการกดทับและแลกเปลี่ยนสารที่เกาะติดหรือเคลือบอยู่ระหว่างผิวหนังลายนิ้วมือและวัสดุนั้นๆ (การฝึกอบรมการตรวจสถานที่เกิดเหตุระบบทีม)

1.5.2.2 ส่วนประกอบของลายนิ้วมือที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันมีอยู่ 4 ข้อด้วยกัน คือ

1.5.2.2.1 เส้นขอบ (Type Line) คือเส้นคู่ขนานในสุดจากด้านหนึ่งของลายนิ้วมือ ซึ่งได้ขนานกันมาช่วงหนึ่งแล้วแยกออกเพื่อทำการโอบล้อมพื้นที่ลายนิ้วมือที่อยู่ภายในแล้วอาจกลับมาขนานกันในด้านหนึ่งหรือแยกออกจากกัน ดังที่แสดงภาพที่ 3

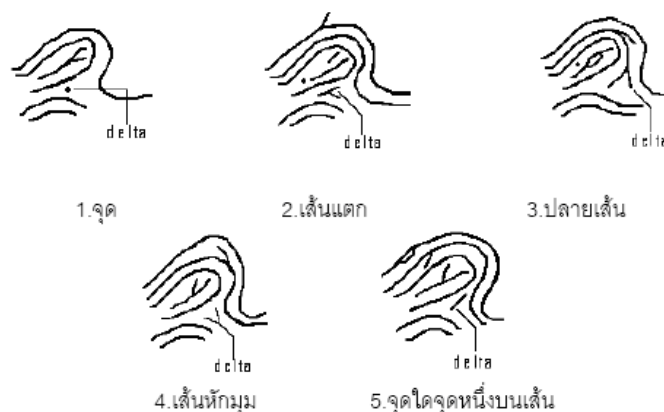


ภาพที่ 3 เส้นขอบของลายนิ้วมือ

ที่มา: C.J. Lennard and T. Patterson. **Fingerprint Identification Basic and composite ridge characteristics (minutia).** Available

<http://www.policensw.com/info/fingerprints/finger08.html>

1.5.2.2.2 สันดอน (Delta) คือ ลายเส้นในลายนิ้วมือที่อยู่ใกล้ที่สุดกับกึ่งกลางปากทางแยกของเส้นขอบ ดังภาพที่ 4

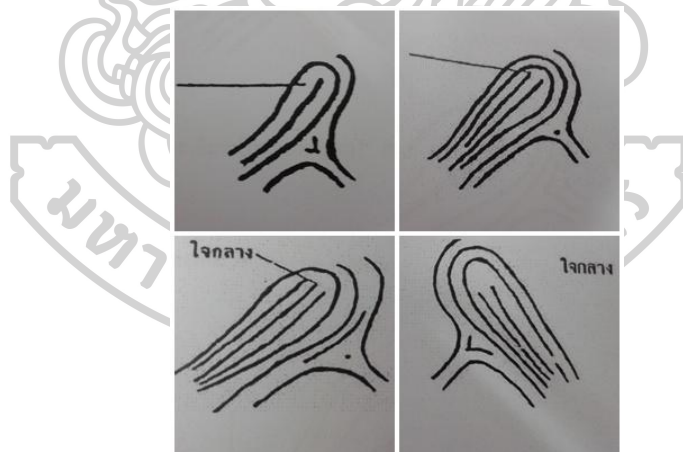


ภาพที่ 4 สันตอนในลายนิ้วมือ

ที่มา: C.J. Lennard and T. Patterson. **Fingerprint Identification Basic and composite ridge characteristics (minutia)**. Available

<http://www.policensw.com/info/fingerprints/finger08.html>

1.5.2.2.3 จุดใจกลาง (Core Point) คือ จุดใดจุดบนปลายเส้น บนบ่า หรือไหล่ของเส้นวกกลับวงในสุดโดยต้องอยู่ในบริเวณลายนิ้วมือที่อยู่ภายใน ดังภาพที่ 5

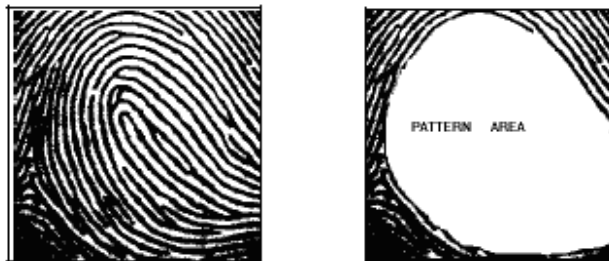


ภาพที่ 5 จุดใจกลาง ของลายนิ้วมือ

ที่มา: C.J. Lennard and T. Patterson. **Fingerprint Identification Basic and composite ridge characteristics (minutia)**. Available

<http://www.policensw.com/info/fingerprints/finger08.html>

1.5.2.2.4 บริเวณลายนิ้วมือที่อยู่ภายใน (Pattern Area) คือพื้นที่บริเวณภายในของลายนิ้วมือที่ถูกเส้นขอบโอบล้อม ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 บริเวณลายนิ้วมือที่อยู่ภายใน

ที่มา : C.J. Lennard and T. Patterson. **Fingerprint Identification Basic and composite ridge characteristics (minutia)**. Available <http://www.policensw.com/info/fingerprints/finger08.html>

2. แนวคิดเกี่ยวกับวิธีการตรวจเก็บลายนิ้วมือ

การตรวจเก็บลายนิ้วมือในสถานที่เกิดเหตุแตกต่างกันไปตามเงื่อนไขการประทุษร้ายของลายนิ้วมือที่ปรากฏ รอยลายนิ้วมือในสถานที่เกิดเหตุเป็นรอยประทับ ที่ไม่ตั้งใจและเกิดความเสียหายได้ง่าย จึงจำเป็นต้องสังเกตเงื่อนไขการประทุษร้ายก่อนทำการตรวจเก็บ และเลือกวิธีการที่เหมาะสมด้วยความระมัดระวัง

2.1 ลายนิ้วมือแฝงในสถานที่เกิดเหตุ พบได้ 2 ลักษณะ คือ

2.1.1 ลายนิ้วมือที่มองเห็นด้วยตาเปล่า

ลายนิ้วมือที่เปื้อนเลือด น้ำมัน ไขมัน หรือฝุ่น ลายนิ้วมือลักษณะนี้จะมองเห็นทุกมิติเหมือนภาพสามมิติ ซึ่งเกิดจากนิ้วมือเปื้อนเลือด หรือสารอื่นๆไปสัมผัสกับวัตถุและติดอยู่

ลายนิ้วมือที่มีลักษณะยึดหยุ่นและไม่ยึดหยุ่น (Plastic Print) ลายนิ้วมือลักษณะนี้มองเห็นเป็นสามมิติ เช่น ลายนิ้วมือซึ่งกดทับบนเทียนไข ดินน้ำมัน หรือปูนมีสภาพกึ่งแข็ง ลายนิ้วมือที่ประทับบนวัตถุผิวยึดหยุ่น จะเป็นส่วนเส้นร่องจากลายนิ้วมือ

2.1.2 ลายนิ้วมือที่มองไม่เห็น

เป็นลักษณะลายนิ้วมือที่มองเห็นด้วยตาเปล่าไม่ชัดเจนหรือมองแทบไม่เห็นเลย ต้องใช้แสงช่วย หรือการใช้สารเคมีบางชนิดทำให้ปรากฏชัดเจนขึ้น ได้แก่ ลายนิ้วมือบนวัตถุผิวเรียบ เช่น กระดาษ กระจก กระจก ฝา ไม้ เป็นต้น

2.2 การเปลี่ยนแปลงของรอยลายนิ้วมือ

การเปลี่ยนแปลงโดยธรรมชาติ ขึ้นกับสภาพวัตถุ หรือพื้นผิววัตถุที่รอยลายนิ้วมือประทับอยู่ สภาพเงื่อนไขของผู้ประทับรอยลายนิ้วมือ เช่น ปริมาณ หรือ คุณภาพของเหงื่อ เงื่อนไขการประทับ เช่น แรงที่ใช้กด ระยะเวลาที่ใช้กด สภาพอากาศหรือเงื่อนไขแวดล้อมอื่นๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ลม ฝน น้ำ ฝุ่น (ลายนิ้วมือที่เกิดจากฝุ่นจะหายไปถ้ามีฝนและลม)

การเปลี่ยนแปลงโดยมนุษย์ ลายนิ้วมือในสถานที่เกิดเหตุ ทำให้เสียได้ง่าย โดยการขัดถู หรือการสัมผัสอื่นๆ ภายนอก ซึ่งเกิดขึ้นบ่อยมากกับวัตถุที่มองไม่เห็น บนวัตถุผิวไม่ดูดซับ และเรียบ เช่น แก้ว กระเบื้อง

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการคงอยู่ของลายนิ้วมือแฝง

หลังจากที่ลายนิ้วมือถูกประทับลงบนวัตถุเมื่อเวลาผ่านไป ลายนิ้วมือก็จะจางหายไป ในที่สุด แต่ลายนิ้วมือจะคงอยู่ได้นาน หรือเปลี่ยนแปลงได้รวดเร็วเพียงใดก็มีปัจจัยหลายอย่างที่มีอิทธิพลต่อลายนิ้วมือ

2.3.1 องค์ประกอบตะกอนของเหงื่อ

ตะกอนของเหงื่อขับถ่ายจากต่อม Eccrine glands ซึ่งเป็นต่อมที่อยู่เฉพาะที่นิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้าเท่านั้น ซึ่งประกอบด้วย ความชื้นหรือน้ำ ประมาณ 98-99 % และสารประกอบอินทรีย์ สารประกอบอินทรีย์ ได้แก่ กรดอะมิโน ยูเรียและกรดแลคติก เป็นต้น ส่วนสารประกอบอนินทรีย์ ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม ซัลเฟต ฟอสเฟต เป็นต้น การหารอยลายนิ้วมือแฝงที่มีการสัมผัสตามร่างกาย ก็จะมีไขมันจากต่อม Subcutaneous gland ติดบนวัตถุ ทำให้ส่วนประกอบของลายนิ้วมือแฝงที่เป็นไขมันนั้นเกาะติดบนวัตถุได้นานกว่าส่วนประกอบอื่น ๆ

2.3.2 ปริมาณของสารในร่างกายที่อยู่ในตะกอนของเหงื่อ

ลายนิ้วมือแฝงจากสารที่ขับโดยต่อมเหงื่อเนื้อเยื่อผิวหนัง คุณภาพและปริมาณของสารที่ถูกขับออกบริเวณต่อมเหงื่อแตกต่างกันไปแล้วแต่บุคคล ซึ่งเมื่ออุณหภูมิในร่างกายสูงขึ้นร่างกายจะเหงื่อออกมามาก หรือมีสภาวะจิตใจตึงเครียด ดังนั้นปริมาณเหงื่อบนวัตถุจะขึ้นอยู่กับ 2 สาเหตุนี้

2.3.2.1 ปริมาณการหลั่งของเหงื่อ

ต่อมเหงื่อเป็นต่อมที่อยู่บนผิวชั้นหนังกำพร้า (Epidermis) พบได้ตามผิวหนังทุกแห่งของร่างกาย มีมากเป็นพิเศษที่หน้าผาก ฝ่าเท้า ปัจจัยที่มีผลต่อการหลั่งของเหงื่อมีด้วยกันหลายปัจจัย เช่น อุณหภูมิความร้อนที่ผิวหนังเพิ่มขึ้น ทำให้อุณหภูมิในเลือดสูงขึ้นด้วยจะเกิดการกระตุ้นให้มีการหลั่งของเหงื่อเกิดขึ้น เรื่องเพศ เพศชายจะมากกว่าเพศหญิง, ส่วนอายุ วัยหนุ่มสาวมีการหลั่งเหงื่อมากกว่าคนสูงวัย อารมณ์ก็มีส่วนทำให้เกิดการหลั่งของเหงื่อมากที่สุด อารมณ์ที่แปรปรวนไป เช่น ตกใจ ตื่นเต้นหรือมีความตึงเครียดมากๆ ก่อให้เกิดการหลั่งของเหงื่อเพิ่มขึ้นและ

บริเวณที่มีการหลั่งมากที่สุดคือ ที่ฝ่ามือ เท้า รักแร้ และหน้าผาก อีกทั้งจำนวนของต่อมเหงื่อในบริเวณต่างๆของร่างกายก็มีผลต่อปริมาณของเหงื่อเช่นกัน (อวยชัย เปลื้องประสิทธิ์, 2516: 3, อ้างถึงใน สวลิ ลิมปรัชตวิชัย, 2540: 22-23)

นอกจากอุณหภูมิและอารมณ์จะมีผลต่อการหลั่งของเหงื่อแล้ว อาหารที่รับประทานเข้าไปก็มีผลต่อการหลั่งของเหงื่อ โดยเมื่อรับประทานอาหารเผ็ดๆร้อนๆ จะทำให้เกิดการหลั่งของเหงื่อเพิ่มขึ้น ยาบางประเภท ก็คงเป็นผลให้เกิดการหลั่งของเหงื่อมากกว่าปกติ เป็นการกระตุ้นหัวใจ (กัมพล นิมเกียรติขจร และสมพงษ์ ทองศิริกุล, 2517: 4)

อาชีพ พฤติกรรมการทำงาน กิจวัตร การดำเนินชีวิต (lifestyle) และสุขภาพหรือโรคบางโรคจะส่งผลถึงปริมาณการหลั่งของเหงื่อ ความแตกต่างในแต่ละบุคคลเช่นกัน

2.3.2.2 แรงกดและช่วงเวลาในการสัมผัสวัตถุ

น้ำหนักการกดหรือประตบปลายนิ้วมือ ลักษณะการสัมผัสวัตถุ หยิบจับวัตถุต่างๆ การที่ปลายนิ้วมือแผงจะปรากฏบนพื้นผิววัตถุ จะต้องมีความกดที่มากกว่าการจับหรือสัมผัสโดยไม่ได้ตั้งใจ ยิ่งออกแรงมากก็ยิ่งทำให้ปรากฏรอยลายนิ้วมือแผงเพิ่มมากขึ้น แต่ถ้าหากวัตถุนั้นมีน้ำหนักมาก การจับต้องเพิ่มความกดเพื่อกระชับไม่ให้วัตถุหลุดร่วงได้ และช่วงเวลาที่สัมผัสวัตถุ เวลาที่สัมผัสกับวัตถุเมื่อต้องการเก็บลายนิ้วมือ มีการสัมผัสสิ่งของ เช่น การสัมผัส/จับผ้า หรือการเช็ดมือมาก่อน การล้างทำความสะอาดมือ ทำให้ลายนิ้วมือบนวัตถุเกิดได้น้อยหรือเกิดได้ไม่ดี

2.3.3 พื้นผิวของวัตถุ

พื้นผิวความเรียบวัตถุ ความสามารถในการดูดซับ การเกิดไฟฟ้าสถิต เกิดสนิมและองค์ประกอบในทางเคมี จะมีผลต่อการคงทนและคงอยู่ของลายนิ้วมือแผง

นิ้วมือแห้งสูญเสียความชื้น หากประตบนิ้วมือบนวัตถุพื้นผิวที่ไม่ดูดซับความชื้นค่อยๆระเหยออกไป แต่หากประตบนิ้วมือลงบนพื้นผิววัตถุที่ดูดซับความชื้น หากลายนิ้วมือที่ประตบระเหยแล้วยังคงดูดซับยังวัตถุได้

นอกจากนั้น ไขมัน ผุ่น หรือ สิ่งสกปรก มีผลต่อการประตบติดทนของลายนิ้วมือแผงอีกด้วย วัตถุพื้นผิวสะอาดและเงามัน ไม่มีผุ่น ลายนิ้วมือแผงจะติดทนบนวัตถุได้ดี

2.3.4 การประตบตำแหน่งของลายนิ้วมือแผง

ตำแหน่งที่ลายนิ้วมือไปประตบนั้นมีผลต่อความคงทนของลายนิ้วมือ ลายนิ้วมือแผงที่ประตบอยู่ที่พื้นผิววัตถุต่างๆ ได้แก่ ลูกบิดของประตู พวงมาลัยรถ รวมถึงพื้นผิววัตถุอื่นๆ ที่เกิดการสัมผัสได้ง่าย หรือแม้แต่บริเวณทำความสะอาดได้ง่าย ย่อมถูกทำลายได้ง่าย ดังนั้นต้องป้องกันระมัดระวังการสัมผัส หรือเก็บรักษาอย่างดีเพื่อให้ลายนิ้วมือแผงอยู่คงนาน เช่น การหารอยลายนิ้วมือแผงบนแผ่นภาพในเล่มเก็บรวบรวมภาพซึ่งมีระยะเวลาเก็บไว้ 10 ปี หลักจากการประตบด้วยการใช้ผงฝุ่นผสมระหว่างอลูมิเนียมและไลโคโปเดียม หรืออีกตัวอย่างหนึ่ง ได้แก่ การหาลายนิ้วมือแผงที่

ประทับแฝงในสมุดด้วยน้ำยานินไฮดริน หลังจากเจ้าของสมุดตายไป 25 ปี (กองพิสูจน์หลักฐานกลาง, 2538: 3)

2.3.5 สภาพแวดล้อม

ความร้อน อุณหภูมิ ลม ฝุ่น น้ำค้าง ฝน น้ำ และแสงแดด ล้วนแล้วมีผลในการเปลี่ยนแปลงของลายนิ้วมือทั้งสิ้น

ในสภาวะอุณหภูมิสูง เกิดอากาศร้อน ทำให้เกิดการกระตุ้นการหลั่งของเหงื่อ ยิ่งทำให้สารประกอบจากลายนิ้วมือเกิดการระเหยไฉ้ขึ้น หรืออาจทำให้ลายนิ้วมือเกิดความเสียหาย เช่น ลายนิ้วมือที่ประทับอยู่บนเทียนไขหรือดินน้ำมัน เมื่ออุณหภูมิสูงมากๆ ทำให้เทียนไขหรือดินน้ำมันละลายทำให้ลายนิ้วมือถูกทำลายไปได้

ลมช่วยเร่งให้เกิดการระเหยและทำให้สารประกอบจากลายนิ้วมือแฟ้งได้เร็วขึ้นและหากลายนิ้วมือที่เกิดจากฝุ่น ฝุ่นมีความเบาเมื่อถูกลมจะเคลื่อนที่ไ้ได้ง่าย

น้ำค้าง ฝนและน้ำ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของลายนิ้วมือ เช่น ถ้าน้ำค้าง ฝนหรือน้ำติดหรือเกาะอยู่บนผิววัตถุที่จะสัมผัส มันจะป้องกันหรือลดการติดของลายนิ้วมือบนวัตถุนั้น แต่ถ้าน้ำค้าง ฝนและน้ำเกิดขึ้นหลังจากลายนิ้วมือประทับลงบนวัตถุแล้ว มันจะทำให้ลายนิ้วมือแฟ้งนั้นละลายไปบางส่วนหรือทั้งหมด ถ้าเป็นเพียงหยดเล็กๆมันจะชะล้างลายนิ้วมือไปบางส่วน แต่ถ้าลายนิ้วมือแฟ้งนั้นประกอบด้วยไขมันอยู่เป็นจำนวนมาก มันจะต้านการซึมผ่านของน้ำจึงทำให้น้ำค้าง ละอองฝนหรือหยดน้ำขนาดเล็กไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกับลายนิ้วมือได้อย่างชัดเจน

2.3.6 ระยะเวลาเริ่มต้นในการประทับลายนิ้วมือหรืออายุของลายนิ้วมือ หลังจากทีลายนิ้วมือถูกประทับลงบนวัตถุเมื่อเวลาผ่านไปลายนิ้วมือก็จะจางหายไปนที่สุด

2.4 การตรวจเก็บลายนิ้วมือ สามารถทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับพื้นผิวที่แตกต่างกันไปเช่น พื้นผิวรุพรุน พื้นผิวไม่มีรุพรุน และพื้นผิวกึ่งรุพรุน ซึ่งการตรวจเก็บลายนิ้วมือสามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

- วิธีแห้ง โดยการปิดผงฝุ่น เป็นวิธีการพื้นฐานที่ใช้ในการปิดผงฝุ่นลงในลายนิ้วมือแฟ้งและใช้เทปลอกขึ้นมามาติดบนกระดาษหรือที่รองรับ หรือโดยการถ่ายภาพ เช่น ผงฝุ่นดำ ผงฝุ่นอลูมิเนียม ผงฝุ่นแม่เหล็ก และผงฝุ่นเรืองแสงต่าง ๆ คุณสมบัติของผงฝุ่นแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน คือขนาดอนุภาคฝุ่น การยึดติด สี ความสามารถในการยึดติดผิววัตถุ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเลือกใช้ให้เหมาะสม

- วิธีเปียก (วิธีทางเคมี) วิธีนี้สำหรับตรวจหาลายนิ้วมือไม่สามารถมองเห็นแฟ้งอยู่ซึ่งประทับบนพยานวัตถุต่างๆ เช่น โลหะ กระดาษ ไม้ แต่หากต้องตรวจเก็บลายนิ้วมือแฟ้งที่มองเห็น เช่น รอยลายนิ้วมือแฟ้งที่เปื้อนเลือด ซึ่งหลักการคือ การใช้สารเคมีโดยองค์ประกอบทางเคมีโดยทำปฏิกิริยากับสารคัดหลั่งในลายนิ้วมือและร่างกาย เช่น Ninhydrin Silvernitrate

- วิธีก๊าส หรือ Superglue

ซูเปอร์กลู หรือ กาว (Super glue or Cyanoacrylate ester) เหมาะกับของกลางประเภทเครื่องหนัง กระดาษ กระจก พลาสติก แก้ว ผ้า ใบไม้ โลหะต่าง ๆ เป็นต้น หรือลายนิ้วมือที่เป็นรอยเก่าบนวัตถุพยานที่ปิดผงฝุ่นไม่ติด เมื่อได้รับความร้อนจะระเหยเป็นควันไอสีขาว ซึ่งมีความเข้มข้นสูงแล้วทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนและน้ำในเหงื่อ ทำให้รอยลายนิ้วมือแฝง ปรากฏเป็นลายเส้นสีขาว การรมควัน super glue กระทำในภาชนะที่ปิดมิดชิด อาจเป็นตู้กระจกหรือตู้พลาสติก หรือตู้อบ superglue หลังจากนั้นทำการบันทึกภาพถ่ายลายนิ้วมือ ก่อนที่จะนำไปทำการปิดผงฝุ่น หรือ ย้อมสีเรืองแสงหรือวิธีการอื่น ๆ

- วิธีลอกลายนิ้วมือ การใช้เทปลอกลายนิ้วมือโดยตรง เช่น เทปเจลลาติน เทปใส ใช้ตรวจเก็บลายนิ้วมือเปื้อนฝุ่น ไขมัน ลายนิ้วมือเปื้อนเลือดกรณีที่ย่อยลายนิ้วมือเริ่มแห้ง

- วิธีการถ่ายภาพ บันทึกภาพถ่ายลายนิ้วมือโดยใช้แสงปกติหรือแสงเฉียง เช่น กล้องถ่ายภาพดิจิทัล กล้องถ่ายภาพโดยใช้แสงยูวี (RUVIS: Reflected Ultra-Violet Imaging System)

- วิธีใช้แสง เช่น Polylight ส่องหาลายนิ้วมือแฝง
- วิธีหล่อรอย เช่น หล่อรอยด้วยปูนพลาสติก, Silicone Rubber

2.5 การเก็บลายนิ้วมือด้วยวิธีทางเคมีและเครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ

2.5.1 วิธีทางเคมี

- **นินไฮดริน (Ninhydrin)** มีลักษณะเป็นเม็ดละเอียดสีเหลืองอ่อน เหมาะกับของกลางประเภทกระดาษและเอกสารต่างๆ นินไฮดรินจะไปทำปฏิกิริยากับ กรดอะมิโนในเหงื่อ ทำให้ลายนิ้วมือแฝง เปลี่ยนสีจากไม่มีสีเป็นสีม่วง การเตรียมสารละลาย ninhydrin ละลายนินไฮดรินด้วยตัวทำละลาย ได้แก่ acetone หรือ ethyl alcohol petroleum ether และ 7100-HFE
- **ซิลเวอร์ไนเตรท (Silver Nitrate)** เหมาะกับตัวอย่างประเภทกระดาษ ไม้ โดยจะทำปฏิกิริยากับเกลือโซเดียมคลอไรด์ในเหงื่อ ให้ซิลเวอร์คลอไรด์ (Silver Chloride) เป็นผลึกสีขาว ไม่เสถียรเมื่อได้รับการกระตุ้นจากแสง เกิดการแตกตัวเป็น ซิลเวอร์ไอออน (Silver ion) และคลอไรด์ไอออน (Chloride ion) ทำให้รอยลายนิ้วมือแฝง เปลี่ยนเป็นสีแดงหรือน้ำตาลแดง
- **Gentian Violet or Crystal violet** เป็นสีย้อมโดยใช้ย้อมสียลายนิ้วมือแฝง เหมาะสำหรับรอยลายนิ้วมือแฝง ซึ่งติดบนด้านเหนียวเทปใส เทปพันสายไฟ โดยด้านเหนียวไม่ละลายน้ำ ไม่สามารถเก็บโดยวิธีการปิดผงฝุ่นได้

- **Sticky-Side Powder** ใช้หาลายนิ้วมือบนด้านเหนียวของเทปได้ลายเส้นลายนิ้วมือที่ชัดเจนกว่าวิธีอื่น ๆ ใช้ผสมกับน้ำและ Photo-Flo ในปริมาณที่เท่ากัน ทาด้วยแปรงลงบนด้านเหนียวของเทปใส ทิ้งไว้ประมาณ 10-15 วินาที ล้างออกด้วยน้ำ
- **Small Particle Reagent (SPR)** ประกอบด้วยสารแขวนลอยของผง molybdenum disulfide ในสารละลายสบู่ ซึ่งจะจับกับส่วนประกอบของไขมันในลายนิ้วมือให้สีเทา เมื่อจะใช้ให้ผสม SPR กับน้ำและ Kodak Photo-Flo 200 ใส่ขวดสเปรย์ เขย่าให้เข้ากัน ฉีดพ่นไปบนบริเวณที่ต้องการหาลายนิ้วมือแล้วฉีดน้ำล้าง รอให้แห้งแล้วบันทึกภาพถ่าย หรือเก็บรอยที่แห้งด้วยเทปใส ใช้หาลายนิ้วมือบนกระดาดแข็ง โลหะที่เป็นสนิม คอนกรีต พลาสติก ไวนิล ไม้ แก้ว กระจกโซดา กระดาษไข วัตถุผิวเปียก
- **Sudan Black** เป็นสีย้อมองค์ประกอบของไขมันของต่อมไขมันให้มีสีน้ำเงินเข้ม ใช้หาลายนิ้วมือบนวัตถุผิวเรียบ ผิวหยาบ ผิวไม่มีรูพรุนที่เปื้อนไขมันหรือสารที่มีความเหนียว ใช้ได้ดีบนแก้ว โลหะ พลาสติก พื้นผิวมัน เช่น กระดาษอาบไข
- **Rhodamine 6G** เป็นผงเรืองแสงที่ให้ผลดีที่สุดตัวหนึ่งเมื่อใช้กับแสงเลเซอร์ หรือ Forensic Light Source อื่นๆ ง่ายต่อการใช้งาน โดยผสม 0.1 กรัมในตัวทำละลาย 2-3 ลิตร ใช้ย้อมสีโลหะ แก้ว ผนัง พลาสติก หรือวัตถุอื่น ๆ ควรทดสอบอัตราส่วนก่อนว่าอัตราส่วนเท่าใดเหมาะสมกับผิววัตถุชนิดหนึ่ง ๆ สามารถใช้ Rhodamine 6G ปิดบนผิววัตถุได้โดยตรง
- **Basic Yellow 40** เบสิคเยลโล 40 เป็นสีย้อมเรืองแสงที่ใช้กับรอยลายนิ้วมือที่ผ่านกระบวนการกาวซูเปอร์กลู บนพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน สามารถสังเกตและบันทึกรอยลายนิ้วมือที่ได้จากการใช้ BY40 ด้วยการใช้โหมดเรืองแสง
- **Ardrox** เป็นของเหลวเรืองแสงซึ่งใช้ร่วมกับ Forensic Light Source และ UV Lamp ลายนิ้วมือแฝงที่รมด้วย Super Glue ย้อมสีด้วย Ardrox จะเรืองแสงภายใต้แสง 365 nm, 450-480 nm
- **DFO (1,8-Diazafluoren-9-one)** เป็นสารเคมีเรืองแสงที่ใช้ตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวรูพรุนได้ เช่น กระดาษ โดยทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนในลายนิ้วมือซึ่งมองไม่เห็นในแสงปกติ แต่จะเรืองแสงชัดเจนในแสงพิเศษ

DFO จะทำให้ลายนิ้วมือปรากฏบนกระดาษมากกว่าใช้นินไฮดรินเพียงอย่างเดียว 2.5-3 เท่า ถ้าใช้ร่วมกับนินไฮดรินจะต้องใช้วิธี DFO ก่อน โดย DFO จะทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนที่มีในรอยลายนิ้วมือแฝงให้สีชมพูซีดๆ ขึ้นตามร่องสัน โดยจะขึ้นอยู่กับความร้อนที่ถูกมาใช้ด้วย

- **1,2-indanedione หรือ 1,2-indanedione-Zinc** มี 2 สูตร (normal และ thermal paper) 1,2-indanedione เป็นสารเคมีเรืองแสงที่ใช้ตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวรูพรุนได้ ถูกนำมาใช้เป็นสารเคมีย้อมลายนิ้วมือเมื่อปี 1997 ซึ่งเหมาะสำหรับพื้นผิวที่เป็นกระดาษธรรมดา (porous และ semiporous surface) ให้ลายนิ้วมือที่มีการเรืองแสงสูงทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนและโปรตีน ในองค์ประกอบของลายนิ้วมือเหมาะสมไม่เหมาะกับพื้นผิวที่มีการเรืองแสงสูง เช่น กระดาษหนังสือพิมพ์
- **Amido Black** เป็นสีย้อมโปรตีนที่อยู่ในเลือดหรือ body fluid อื่นๆ ให้สีน้ำเงินเข้ม amino black ไม่ทำปฏิกิริยาใดๆ กับสารในลายนิ้วมือ ช่วยทำให้ลายนิ้วมือที่เปื้อนเลือดแม้จะมองไม่เห็นให้ปรากฏเห็นชัดเจนขึ้น ใช้ได้บนวัตถุผิวรูพรุนและผิวไม่มีรูพรุน เช่น ศพ ไม้ กระดาษ
- **Acid Yellow 7** การย้อมโปรตีนในเลือด ในรอยลายนิ้วมือเปื้อนเลือดที่เจือจาง เพื่อให้รอยลายนิ้วมือเปื้อนเลือดนั้นปรากฏชัดเจนขึ้น โดย Acid Yellow 7 จะไปทำปฏิกิริยากับ โปรตีนที่อยู่ในคราบเลือด 7 จะทำการย้อมรอยลายนิ้วมือเปื้อนเลือด ให้เกิดการเรืองแสงโดยจะเห็นเป็นสีเหลืองอ่อน ภายใต้แสงสีขาว

2.5.2 วิธีหล่อรอย เช่น หล่อรอยด้วยปูนปลาสเตอร์, Silicone Rubber (อรรถพล แซ่มสุวรรณ, 2546) ใช้ในกรณีที่รอยลายนิ้วมือเป็นรอยประทับบนวัตถุที่นุ่มและไม่ยืดหยุ่น เช่น ดินเหนียว ดินน้ำมัน เป็นต้น

การหล่อรอยด้วย Silicone Rubber ใช้ Silicone Rubber ผสมกับ Thinner ตัวทำละลายผสมให้เข้ากันตามสัดส่วนที่กำหนดและใช้หล่อลายนิ้วมือ รอยเท้า หรือร่องรอย

2.5.3 เครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ

2.5.3.1 เครื่องมือลอกลายฝุ่น (Dust mark lifter) ใช้เก็บร่องรอยฝุ่นที่ติดมาจากเท้า รองเท้า บนพื้นผิวเรียบหรือบนพื้นเรียบเนียนฝุ่นซึ่งถูกประทับด้วยเท้า รองเท้า (เอกสารประกอบการฝึกอบรมการตรวจสอบสถานที่เกิดเหตุระบบทึม)

2.5.3.2 เครื่องไฟฉายหลายความถี่ วิธีใช้แสง เช่น แสงโพลีไลท์ (Polylight) และแสงเลเซอร์ ส่องหลายนิ้วมือแฟง มีหลักการทำงานดังนี้

ส่องแสงที่เราต้องการลงไปยังวัตถุพยานด้วยมุมแสงที่เหมาะสม วัตถุพยานนั้นจะเกิดการดูดกลืนแสงและสะท้อนแสงออกมา โดยแสงที่สะท้อนออกมานั้นจะเป็นแสงที่มาจากแสงที่ส่องไปและแสงที่เกิดจากการเรืองแสง เราจึงต้องมีการใช้ฟิลเตอร์ในการตัดแสงเพื่อให้เห็นเฉพาะแสงที่เรืองออกมาเท่านั้น วงล้อสี Color Wheel ถ้าต้องการเพิ่มความแตกต่างให้ชัดเจนระหว่างวัตถุที่มีสีและพื้นผิวสีขาว ให้ใช้แสง ที่มีความยาวคลื่นที่วัตถุดูดซับให้ได้มากที่สุด หรือใช้สีที่ตรงข้ามกับวัตถุ ซึ่งอาจจะใช้วงล้อสี เพื่อเลือกสีที่ตรงข้ามเพื่อเพิ่มความคมชัด หรือสีที่อยู่ติดกันเพื่อผสมสี

ประโยชน์ในการใช้งาน

เป็นเครื่องมือในการตรวจหาวัตถุพยานโดยอาศัยหลักการเรืองแสงของวัตถุพยาน เช่น อนุจิ เลือด เป็นต้น โดยไฟฉายหลายความถี่ (Polylight) ประกอบด้วย

1. แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)
2. ไฟฉายหลายความถี่ (Polylight)
3. เลนส์ฟิลเตอร์ ที่ความยาวคลื่น ต่างๆ
4. แวนตา (ฟิลเตอร์)

ไฟฉายหลายความถี่ (Polylight) ที่มีขนาดใหญ่และเล็กจะมีวิธีในการใช้เหมือนกันแต่แตกต่างกันเพียงแค่นาฬิกา โดยขนาดเล็กสามารถพกพาไปใช้ในงานที่เกิดเหตุได้สะดวกกว่าขนาดใหญ่ ส่วนขนาดใหญ่จะใช้งานในห้องปฏิบัติการ



ภาพที่ 7 ชุดไฟฉายหลายความถี่ในห้องปฏิบัติการ
ที่มา:

<http://topicstock.pantip.com/wahkor/topicstock/2008/10/X7136319/X7136319.html>



ภาพที่ 8 ชุดไฟฉายหลายความถี่แบบพกพา

ที่มา: https://www.applescientific.com/pro_for_FR-Light.html

3. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการละลาย

3.1 การละลาย

การละลายเมื่อเกิดการละลายของสารชนิดหนึ่งในของเหลว เราจะเรียกสารผสมนั้นว่า สารละลาย โดยเรียกสารที่ละลายอยู่ในของเหลวนั้นว่าตัวถูกละลาย และเรียกของเหลวนั้นว่าตัวทำละลาย สารละลายที่ไม่สามารถใส่ตัวถูกละลายลงไปเพิ่มได้อีกแล้ว จะเรียกว่า สารละลายอิ่มตัว แต่ในบางสภาพ ตัวถูกละลายนั้นก็อาจละลายในตัวทำละลายชนิดเดียวกันได้มากกว่าปกติจนอิ่มตัว จะเรียกสารละลายที่อิ่มตัวนั้นว่า สารละลายอิ่มตัวยิ่งยวด

ความสามารถในการละลายของสารชนิดหนึ่งในสารอีกชนิดหนึ่งนั้นสามารถหาได้จาก อัตราส่วนระหว่างตัวถูกละลาย กับตัวทำละลาย หรือ อัตราส่วนระหว่างตัวถูกละลาย กับสารละลาย ในสภาวะที่สารละลายนั้นเป็นสารละลายอิ่มตัว ซึ่งสามารถบอกเป็นความหนาแน่นสูงสุดของ สารละลายนั้นได้อีกด้วยซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น แรงระหว่างโมเลกุลของตัวทำละลาย กับตัวถูกละลาย อุณหภูมิ ความดัน และปัจจัยอื่นๆ

ในตัวทำละลายแต่ละชนิดจะมีสภาพขั้วของสารชนิดนั้นๆ โดยโมเลกุลที่มีขั้วจะสามารถ ละลายสารประกอบไอออนิกและสารประกอบโควาเลนต์ที่มีขั้วได้ ส่วนโมเลกุลที่ไม่มีขั้วจะสามารถ ละลายสารประกอบโควาเลนต์ที่ไม่มีขั้วได้ ตัวอย่างเช่น เกลือแกง เป็นสารประกอบไอออนิก สามารถ ละลายในน้ำซึ่งเป็นโมเลกุลมีขั้ว แต่ไม่สามารถละลายในเอทานอลได้ แต่น้ำกับสารที่ไม่มีขั้วจะไม่สามารถรวมกันเป็นเนื้อเดียวกันได้ แต่จะแยกออกเป็นชั้นๆ หรือรวมกันเป็นคอลลอยด์แบบอิมัลชัน ดังเช่นในน้ำมัน ตัวทำละลายที่นิยมใช้กับสารอินทรีย์ ได้แก่ อะซีโตน เอทานอล น้ำและ เบนซีน

คนส่วนใหญ่มักคิดว่า สารละลายต้องเกิดจากของแข็งละลายในของเหลวเท่านั้น แต่ แท้จริงแล้ว สารละลายสามารถเกิดจากสารได้ทุกสถานะ เช่น น้ำอัดลม เกิดจากแก๊สละลายใน ของเหลว แก๊สไฮโดรเจน สามารถละลายในแพลลาเดียมที่เป็นของแข็งได้ หรือเหล็กกล้าปลอดสนิมที่ เรียกกันว่า สแตนเลส ก็เกิดจากการผสมกันระหว่างของแข็งหลายชนิดที่เรียกว่า อัลลอยด์

3.1.1 การละลายของสารพันธะต่างๆ ในน้ำ

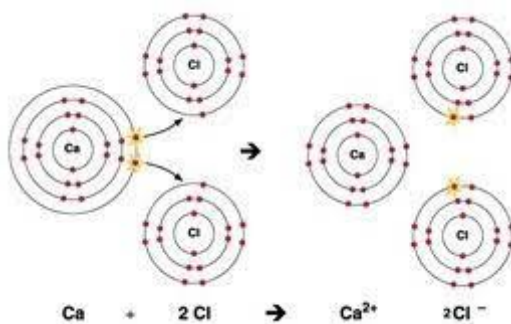
ตารางที่ 2 การละลายของสารพันธะต่างๆ ในน้ำ

ชนิดของพันธะ	ความสามารถในการละลายน้ำ	ตัวอย่าง
ไอออนิก	ส่วนใหญ่ละลายได้	ดูรายละเอียดด้านล่าง
โลหะ	ไม่ละลาย	Fe
	ทำปฏิกิริยากับน้ำ	K
โมเลกุลโควาเลนต์มีขั้ว	ละลายถ้ามีพันธะไฮโดรเจน	กลูโคส
	ละลายโดยปฏิกิริยา	HCl
	ไม่ละลาย	อีเทอร์
โมเลกุลโควาเลนต์ไม่มีขั้ว	ส่วนใหญ่ไม่ละลาย	เบนซีน
	ละลายได้เล็กน้อย	O ₂
โควาเลนต์โครงผลึกร่างตาข่าย	ไม่ละลาย	เพชร

ตารางที่ 3 การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก

ละลาย	ไม่ละลาย
โลหะแอลคาไลน์และ สารประกอบ NH ₄ ⁺	คาร์บอเนต ยกเว้นสารประกอบของโลหะแอลคาไลน์ และ สารประกอบ NH ₄ ⁺
สารประกอบไนเตรต	สารประกอบซัลไฟด์ (ยกเว้นสารประกอบของโลหะแอลคาไลน์ และ สารประกอบ NH ₄ ⁺)
อะซิเตต (CH ₃ COO ⁻)	สารประกอบฟอสเฟต (ยกเว้นสารประกอบของโลหะแอลคาไลน์ และ สารประกอบ NH ₄ ⁺)
คลอไรด์ โบรไมด์ และ ไอโอไดด์ (ยกเว้น Ag ⁺ , Pb ²⁺ , Cu ⁺ และ Hg ₂ ²⁺)	ไฮดรอกไซด์ และ ออกไซด์ (ยกเว้นสารประกอบของโลหะแอลคาไลน์ สารประกอบ NH ₄ ⁺ Ba ²⁺ Sr ²⁺ และ Ca ²⁺)
ซัลเฟต (ยกเว้น Ag ⁺ , Pb ²⁺ , Ba ²⁺ , Sr ²⁺ และ Ca ²⁺)	ซัลไฟด์ (ยกเว้นสารประกอบของโลหะแอลคาไลน์ โลหะแอลคาไลน์เอิร์ท

3.1.2 สารละลายในน้ำ (แคลเซียมคลอไรด์)



ภาพที่ 9 แคลเซียมไอออนที่ละลายในน้ำ

ที่มา: http://www.satriwit3.ac.th/external_newsblog.php?links=1424

สารละลายในน้ำ หรือ เอควีซ (อังกฤษ: Aqueous solution) คือ สารละลายโดยมีน้ำเป็นตัวทำละลาย ในสมการเคมีจะเขียนในวงเล็บด้วย "(aq)" ต่อท้ายสารเคมี ซึ่ง aq ย่อมาจาก aqueous หมายถึง สารเคมีถูกการละลายในน้ำซึ่งน้ำเป็นตัวทำละลายที่ดีตัวหนึ่งมีในธรรมชาติและจากการทดลองทางเคมี

สารเคมีที่ไม่ละลายน้ำจะมีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) และสารเคมีที่ละลายในน้ำได้จะมีคุณสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic) สารเคมีที่ละลายในน้ำได้ ยกตัวอย่างเช่น โซเดียมคลอไรด์ (เกลือแกง) แคลเซียมคลอไรด์ กรดและเบสโดยส่วนมากสามารถละลายน้ำได้ ดังนิยามหนึ่งในทฤษฎีปฏิกิริยากรดเบส (ยกเว้นกฎของลิวอิส) ความสามารถในการละลายน้ำของสารดูได้จากสารตัวนั้นมีความสามารถจับตัวด้วยน้ำได้ดีกว่าแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลน้ำหรือแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลสารนั้นหรือไม่ เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงความสามารถการละลายน้ำลดลง ยกตัวอย่างเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยน น้ำจึงระเหยออกจากสารละลาย หรือ ปฏิกิริยาเคมีเปลี่ยนสารที่ไม่ละลายน้ำ อาจเกิดการตกผลึกหรือตกตะกอนได้

สารละลายในน้ำนั้นสามารถนำไฟฟ้าได้ต้องมีความเป็นอิเล็กโทรไลต์สูง คือสารนั้นเมื่อละลายในน้ำสามารถแตกตัวเป็นไอออนได้สมบูรณ์ เนื่องจากน้ำเป็นโมเลกุลที่มีขั้วจะล้อมรอบภายนอก ส่วนอิเล็กโทรไลต์อ่อนที่แตกตัวในน้ำไม่ดีจะทำให้สารละลายนั้นนำไฟฟ้าไม่ดีด้วยเช่นกัน สำหรับสารที่ไม่มีคุณสมบัติเป็นอิเล็กโทรไลต์แต่สามารถละลายในน้ำได้ เนื่องจากสารนั้นไม่แตกตัวเป็นไอออนในน้ำ ยังคงโครงสร้างของโมเลกุลเอาไว้ เช่น น้ำตาล ยูเรีย กลีเซอรอล และเมทิลซัลโฟนิลมีเทน (MSM) เป็นต้น

ความสามารถในการละลายน้ำ

3.2.1 สารประกอบที่ประกอบด้วยไอออน Na^+ , K^+ , NH_4^+ ทั้งหมด

สามารถละลาย ในน้ำ สารประกอบไนเตรต (NO_3^-) และอะซิเตต (CH_3COO^-) ทั้งหมดสามารถละลายในน้ำ สารประกอบคลอไรด์ (Cl^-) และซัลเฟต (SO_4^{2-}) ส่วนใหญ่สามารถละลายในน้ำ ยกเว้นสารต่อไปนี้ AgCl , PbCl_2 , Hg_2Cl_2 , BaSO_4 , PbSO_4 และ CaSO_4 สารประกอบคาร์บอเนต (CO_3^{2-}) ฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ซัลไฟด์ (S^{2-}) และไฮดรอกไซด์ (OH^-) ส่วนใหญ่ไม่สามารถละลายในน้ำได้ ยกเว้นสารต่อไปนี้ LiOH , NaOH , KOH , $\text{NH}_3(\text{aq})$, Na_2HPO_4 และ NaH_2PO_4

3.3 สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

3.3.1 **ด่างทับทิม (KMnO_4)** เป็นสารเคมีประเภท Inorganic ชนิดหนึ่ง มีลักษณะเป็นเกล็ดหรือผลึกสีม่วงเข้ม สามารถละลายน้ำได้ดี โดยทางเคมีแล้วถือว่าเป็นเกลือชนิดหนึ่ง มีฤทธิ์เป็นด่างอ่อนๆ และมีคุณสมบัติเป็นสารออกซิเดชัน (Oxidation) อย่างแรง มีประโยชน์มากมายทั้งในอุตสาหกรรมและการใช้งานในครัวเรือน

3.3.2 **แคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2)** มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว ใช้มากในงานอุตสาหกรรมทั่วไป อุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมเกษตร เป็นสารที่ดูดซับความชื้น และละลายได้ดีในน้ำ เมื่อละลายน้ำจะเกิดกรดไฮโดรคลอริก และเกิดแคลเซียมประจุบวก มักใช้ในรูปแบบ $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ หรือ $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

3.3.3 **ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2)** (อังกฤษ: silicon dioxide) เป็นที่รู้จักกันโดยทั่วไปในชื่อ ซิลิกา เป็นภาษาละตินชื่อ silex เป็นสารประกอบระหว่างซิลิกอนและออกไซด์รวมตัวกัน โดยมีสูตรทางเคมีเป็น SiO_2 และรู้จักมายาวนานจากสมัยโบราณในความแข็งแกร่งของซิลิกา ซึ่งส่วนใหญ่พบได้ทั่วไปในธรรมชาติและมีจำนวนมากในเปลือกโลกจะอยู่ในลักษณะของทรายหรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าควอตซ์ โดยผนังเซลล์ของไดอะตอมมีซิลิกาเป็นสารประกอบหลัก ซิลิกาได้นำมาผลิตเป็นวัสดุหลากหลาย ได้แก่ คริสตัล แก้ว เจล แอโรเจล ซิลิกาเรซิน และคอลลอยด์ดอลซิลิกา ซิลิกานาโนสปริงถูกผลิตขึ้นโดยใช้วิธีความดันไอ-ของเหลว-ของแข็ง โดยใช้อุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง ซึ่งซิลิกาใช้เป็นวัสดุพื้นฐานหลักในการผลิตกระจก ขวดแก้ว แก้วน้ำ และใยแก้วที่เรียกว่าสายใยแก้วสำหรับการโทรคมนาคม ถูกผลิตมาจากซิลิกาเช่นเดียวกันและยังใช้เป็นวัตถุดิบแรกในผลิตภัณฑ์จำพวกเซรามิก เครื่องปั้นดินเผา เครื่องหิน เครื่องลายคราม และการผลิตพาร์ตแลนด์ซีเมนต์

4. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับสารละลายอิเล็กโทรไลต์

อิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) หมายถึง สารที่เมื่อละลายในน้ำจะนำไฟฟ้าได้ เนื่องจากมีไอออนซึ่งอาจจะเป็น ไอออนบวกหรือไอออนลบเคลื่อนที่อยู่ในสารละลาย สารละลายอิเล็กโทรไลต์นี้อาจเป็นสารละลายกรด เบส หรือเกลือก็ได้ ตัวอย่างเช่น สารละลายกรดเกลือ (HCl) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และสารละลายของเกลือ KNO_3 เป็นต้น โดยในสารละลายดังกล่าวประกอบด้วยไอออน H^+ , Cl^- , OH^- , K^+ และ NO_3^- ตามลำดับ

อิเล็กโทรไลต์แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. อิเล็กโทรไลต์แก่ (strong electrolyte) หมายถึง สารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวเป็นไอออนได้มาก อาจแตกตัวได้ 100% และนำไฟฟ้าได้ดีมาก เช่น กรดแก่ และเบสแก่ และเกลือส่วนใหญ่จะแตกตัวได้ 100% เป็นต้น
2. อิเล็กโทรไลต์อ่อน (weak electrolyte) หมายถึง สารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวได้บางส่วน นำไฟฟ้าได้น้อย

5. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับลักษณะพื้นผิววัสดุ

ในการตรวจหาลายนิ้วมือ สามารถจำแนกพื้นผิวที่ลายนิ้วมือประทับอยู่ออกเป็น 3 ประเภทคือ พื้นผิวที่มีรูพรุน กึ่งรูพรุน และไม่มีรูพรุน ดังนี้

5.1 พื้นผิวที่มีรูพรุน (Porous Surface) เป็นลักษณะของพื้นผิวต่างๆ ที่สามารถดูดซับเอาเหงื่อบนลายนิ้วมือได้อย่างรวดเร็ว เช่น กระดาษ ผ้า สำหรับสิ่งที่จะละลายอยู่ในน้ำ (water-soluble deposit-WSD) จะถูกดูดซับเข้าไปในชั้นของพื้นผิวเพียงไม่กี่วินาที หลังจากนั้นน้ำจะค่อย ๆ ระเหยออก และเหลือสิ่งที่ปะปนอยู่ไว้ อันได้แก่ กรดอะมิโน ยูเรีย และคลอไรด์ (โซเดียมคลอไรด์) องค์ประกอบเหล่านี้เป็นที่มาของรูปพรรณสัณฐานของลายนิ้วมือแฝง การคงอยู่ของลายนิ้วมือแฝงขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อม ความชื้นสัมพัทธ์ และความเป็นรูพรุน เมื่อลายนิ้วมือถูกดูดซับไว้บนพื้นผิวในภาวะที่ปฏิกิริยาของลายนิ้วมือแฝงซึ่งถือเป็น WSD จะไม่ถูกลบหรือเลื่อนได้ง่ายๆ แต่สามารถถูกทำลายได้จากการชะล้างด้วยน้ำ ในสภาวะปกติที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 80 % ลายนิ้วมือที่ถูกประทับไว้ระยะเวลาหนึ่ง กรดอะมิโนจะยังคงฝังอยู่ในวัสดุรูพรุน รอยแฝงของลายนิ้วมือจะยังคงอยู่เป็นเวลานานได้ ซึ่งเคยค้นพบลายนิ้วมือแฝงที่มีอายุกว่า 30 ปีแล้วยังสามารถนำมาพัฒนาด้วยนินไฮดริน (ninhydrin) ได้ ส่วนประกอบอย่างอื่น เช่น ยูเรียและโซเดียมคลอไรด์ จะเปลี่ยนแปลงได้อย่างต่อเนื่อง ขึ้นกับสภาวะแวดล้อมโดยเฉพาะอย่างยิ่งความชื้นสัมพัทธ์ ที่สูง ๆ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงได้เร็วขึ้น ในสภาวะที่ปกติที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 80 % ลายนิ้วมืออายุ ประมาณ 1 สัปดาห์จะเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ส่วนลายนิ้วมือที่อายุมากกว่านี้จะมีการเปลี่ยนแปลงของยูเรียและคลอไรด์ได้

ซึ่งจะส่งผลทำให้ภาพลายนิ้วมือไม่คมชัด ส่วนประกอบที่ไม่ละลายในน้ำ (non-Water-soluble deposit-NWSD) ได้แก่ ส่วนผสมกึ่งของแข็งจำพวกไขมัน ไข และแอลกอฮอล์ จะเหลือร่องรอยไว้บนพื้นผิววัสดุเป็นลักษณะเหมือนฟิล์มบางๆ ซึ่งสามารถอยู่ได้นานกว่าสารประกอบที่ละลายน้ำ (WSD) บางยาวนานกว่า การเปลี่ยนแปลงของ NWSD จะขึ้นกับอุณหภูมิแวดล้อม ที่อุณหภูมิประมาณ 20 องศาเซลเซียสรอยนิ้วจะเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ และ NWSD จะอยู่ได้หลายวันบนพื้นผิวนั้น แต่อย่างไรก็ตามมันจะเปลี่ยนไปอย่างมากหาก NWSD นั้นอยู่ในอุณหภูมิที่สูงกว่า 35 องศาเซลเซียส ในสภาวะปกติ NWSD แม้ปริมาณเล็กน้อยจะยังคงอยู่บนพื้นผิววัสดุได้เป็นเวลาหลายปี แต่ด้วยปริมาณที่น้อยอาจจะปัดฝุ่นไม่พบ แต่มันสามารถใช้วิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าได้ เช่นเช่น การใช้เทคนิคของ physical developer (Champod และคณะ, 2004)

5.2 พื้นผิวไม่มีรูพรุน (Non-Porous Surface) เป็นลักษณะของพื้นผิวต่างๆ ที่ไม่สามารถดูดซับเอาส่วนประกอบใดๆ ของรอยลายนิ้วมือแฝงได้ ยกตัวอย่างเช่น กระจกพลาสติกประเภทพอลิเอทิลีน กระจก และวัสดุพื้นผิวโลหะเคลือบเงา ส่วนผสมจะเป็นอิมัลชันระหว่างส่วนละลายน้ำกับส่วนไม่ละลายน้ำในลายนิ้วมือแฝงจะอยู่ส่วนบนพื้นผิววัตถุประเภทนี้เป็นเวลายาวนานได้หากไม่ถูกลบทิ้งออกจากผิวไปก่อน และเกิดการเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลาหรือมีผลกระทบจากสภาวะแวดล้อม โดยวัตถุพยานสิ่งที่ยังเหลือทั้งหมดบนพื้นผิวไม่มีรูพรุนจะอ่อนไหวและบอบบางมากต้องทำด้วยความระมัดระวังสูง อีกทั้งรอยนิ้วมือแฝงอาจมีการถูกทำลายจากสารละลายอินทรีย์บางประเภทได้ ในขณะเดียวกันน้ำอาจจะไปเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของส่วนที่ละลายน้ำได้ ส่วนองค์ประกอบที่ไม่ละลายน้ำเองก็อาจไม่ถูกกระทบจากน้ำ (Champod และคณะ, 2004)

5.3 พื้นผิวกึ่งรูพรุน (Semiporous Surface) เป็นลักษณะของพื้นผิวที่มีคุณลักษณะก้ำกึ่งระหว่างพื้นผิวที่มีรูพรุนและพื้นผิวไม่มีรูพรุน เช่นเช่น พื้นผิวที่ถูกทาสีบางประเภท ธนบัตรที่ทำจากโพลิเมอร์ และกระดาษห่อของที่เคลือบไข เป็นต้น พื้นผิวประเภทนี้จะดูดซับเอาส่วนประกอบที่ละลายน้ำได้ แต่เป็นไปอย่างช้าๆ เมื่อเทียบกับพื้นผิวที่มีรูพรุน ส่วนองค์ประกอบที่ไม่ละลายน้ำจะยังคงติดอยู่ส่วนบนของพื้นผิวได้เป็นเวลานานกว่าพื้นผิวที่มีรูพรุน แต่ไม่เท่าพื้นผิวไม่มีรูพรุน (Champod และคณะ, 2004)

6. แนวคิดและทฤษฎีพื้นผิวโลหะที่ใช้ในงานวิจัย

วัสดุโลหะทั่วไป มี 8 ชนิด ได้แก่

6.1 เหล็กหล่อ

เหล็กหล่อ (LIDS) ท่อระบายน้ำนั้นเป็นส่วนที่คลุมเครือของสภาพแวดล้อมในชีวิตประจำวันของเราที่บางคนสังเกตเห็น เหล็กหล่อมีการใช้งานที่หลากหลายและกว้างขวางนั้นส่วนใหญ่เป็นเพราะความแข็งแรงที่โดดเด่นและง่ายต่อการหล่อในรูปแบบที่ซับซ้อนหลากหลาย เหล็กหล่อจริง ๆ แล้วเป็นชื่อที่ให้กับองค์ประกอบต่าง ๆ รวมถึงคาร์บอนซิลิคอนและเหล็ก ยิ่งปริมาณคาร์บอนสูงขึ้นเท่าใดจะมีลักษณะการไหลที่ดีขึ้นในระหว่างการเท คาร์บอนเกิดขึ้นที่นี่ในรูปแบบของกราฟไฟต์และเหล็กคาร์ไบด์ การปรากฏตัวของกราฟไฟต์ในเหล็กหล่อให้ความต้านทานการกัดกร่อนท่อระบายน้ำ LIDS ที่ดีเยี่ยม สนิมมักจะปรากฏที่ชั้นบนสุดเท่านั้นดังนั้นจึงมักจะขัดอย่างระมัดระวังตามมีมาตรการพิเศษเพื่อป้องกันการเกิดสนิมในกระบวนการเทนั่นคือการเพิ่มขึ้นของการเคลือบแอสฟัลต์บนพื้นผิวของการหล่อและแอสฟัลต์จะแทรกซึมเข้าไปในรูเล็ก ๆ บนพื้นผิวของเหล็กหล่อเพื่อ มีบทบาทป้องกันสนิม กระบวนการแบบดั้งเดิมในการผลิตวัสดุหล่อสำหรับแม่พิมพ์ทรายขณะนี้นักใช้โดยนักออกแบบจำนวนมากในสาขาใหม่และน่าสนใจอื่น ๆ

- คุณสมบัติของวัสดุ: การไหลที่ดีเยี่ยม, ต้นทุนต่ำ, ความต้านทานการกัดกร่อนที่ดี, การหดตัวต่ำ, เปราะ, กำลังอัดสูง, การแปรรูปที่ดี
- การใช้งานทั่วไป: เหล็กหล่อถูกใช้มาเป็นเวลาหลายร้อยปีในการก่อสร้างสะพานขึ้นส่วนทางวิศวกรรมบ้านเรือนใช้ในครัวและด้านอื่น ๆ

6.2 สแตนเลส

สแตนเลสเป็นโลหะผสมของโครเมียมนิกเกิลและองค์ประกอบโลหะอื่น ๆ ในเหล็ก คุณสมบัติไม่เป็นสนิมนั้นได้มาจากองค์ประกอบของโครเมียมในโลหะผสม Chromium สร้างฟิล์มโครเมียมออกไซด์ที่แข็งแรงและซ่อมแซมตัวเองบนพื้นผิวของโลหะผสมซึ่งมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า อัตราส่วนของสแตนเลสต่อนิกเกิลที่เรามักจะอ้างถึงคือ 18:10 คำว่า "สแตนเลสสตีล" ไม่ได้หมายถึงสแตนเลสชนิดใดชนิดหนึ่ง แต่หมายถึงสแตนเลสอุตสาหกรรมมากกว่าหนึ่งร้อยชนิดซึ่งแต่ละอันมีประสิทธิภาพที่ดีในการใช้งานเฉพาะด้าน

ในตอนต้นของศตวรรษที่ 20 มีการนำเหล็กกล้าไร้สนิมมาใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ นักออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่จำนวนมากโดยพิจารณาจากความเหนียวและความต้านทานการกัดกร่อนซึ่งครอบคลุมหลายสาขาที่ไม่เคยเกี่ยวข้องมาก่อน ความพยายามในการออกแบบนั้นเป็นการปฏิวัติ: ยกตัวอย่างเช่นครั้งแรกที่อุปกรณ์ที่สามารถฆ่าเชื้อและใช้ซ้ำได้ปรากฏในอุตสาหกรรมทางการแพทย์

สแตนเลสแบ่งออกเป็นสี่ประเภทหลัก: ออสเทนนิติกเฟอริติกเพอร์ริติก - ออสเทนนิติก (คอมโพสิต), มาร์เทนไซต์ สแตนเลสที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ในครัวเรือนนั้นเป็นออสเทนไนต์

- คุณสมบัติของวัสดุ: การดูแลรักษา, ป้องกันการกัดกร่อน, สามารถรักษาพื้นผิวที่ดี, ความแข็งแรงสูงผ่านความหลากหลายของเทคโนโลยีการประมวลผลการปั้นยากที่จะประมวลผลเย็น
- การใช้งานทั่วไป: สแตนเลสสตีลออสเทนนิติกเป็นวัสดุที่เหมาะสมที่สุดในบรรดาสแตนเลสหลักทั่วไปซึ่งสามารถรับลักษณะและรูปร่างของสีที่น่าพอใจ ส่วนใหญ่จะใช้เหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกในวัสดุก่อสร้างตกแต่งผลิตภัณฑ์ในครัวเรือนที่อุตสาหกรรมและโครงสร้างอาคาร เหล็กกล้าไร้สนิม Martensitic ส่วนใหญ่ใช้สำหรับทำเครื่องมือตัดและใบพัดกังหัน เฟอริติกสแตนเลสมีความต้านทานการกัดกร่อนส่วนใหญ่ใช้ในเครื่องซักผ้าและหม้อไอน้ำที่ทนทาน เหล็กกล้าไร้สนิมคอมโพสิตมักใช้ในสภาพแวดล้อมที่มีการกัดกร่อนเนื่องจากความต้านทานการกัดกร่อนที่เหนือกว่า

6.3 สังกะสี

สังกะสี, เงินและสีน้ำเงิน - เทาเป็นโลหะ nonferrous ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายเป็นอันดับสามรองจากอลูมิเนียมและทองแดง คนทั่วไปบริโภคสังกะสี 331 กิโลกรัมในช่วงชีวิตของพวกเขา สังกะสีมีจุดหลอมเหลวต่ำมากดังนั้นจึงเป็นวัสดุที่สามารถหล่อหลอมได้ในอุดมคติ การหล่อสังกะสีเป็นเรื่องธรรมดาในชีวิตประจำวันของเรา: มือจับประตูภายใต้วัสดุพื้นผิว, ก๊อกน้ำ, ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์, สังกะสีมีความต้านทานการกัดกร่อนสูงมากลักษณะนี้ทำให้มันมีฟังก์ชันพื้นฐานที่สุดอีกอย่างหนึ่งนั่นก็คือ . นอกเหนือจากฟังก์ชันเหล่านี้แล้วสังกะสียังเป็นโลหะผสมทองแดงกับทองเหลือง ความต้านทานการกัดกร่อนไม่เพียง แต่สำหรับการเคลือบเหล็ก - มันยังช่วยเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกันของเรา

- คุณสมบัติของวัสดุ: ความต้านทานการกัดกร่อน, castability ที่ยอดเยี่ยม, ความต้านทานการกัดกร่อนที่ดีเยี่ยม, ความแข็งแรงสูง, ความแข็งแรงสูง, วัตถุประสงค์ราคาถูก, จุดหลอมเหลวต่ำ, ความต้านทานการคืบ, ง่ายต่อการขึ้นรูปโลหะผสมกับโลหะอื่น ๆ , ความเหนียว 100 องศาเซลเซียส
- การใช้งานทั่วไป: ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ สังกะสีเป็นหนึ่งในโลหะผสมที่เป็นสีบรอนซ์ สังกะสียังสะอาดถูกสุขอนามัยและทนต่อการกัดกร่อน สังกะสียังใช้ในวัสดุผนังหลังคาแผ่นแกะสลักภาพถ่ายเสาอากาศโทรศัพท์มือถือและชุดชุดเตอร์ในกล่อง

6.4 อลูมิเนียม

อลูมิเนียมโลหะสีขาวสีฟ้าเป็นโลหะที่หายากเมื่อเทียบกับทองคำซึ่งมีอายุ 9,000 ปี อลูมิเนียมถูกประดิษฐ์และตั้งชื่อเมื่อต้นศตวรรษที่ 18 ซึ่งแตกต่างจากโลหะอื่น ๆ อลูมิเนียมไม่ได้มีอยู่ในธรรมชาติเป็นองค์ประกอบโลหะโดยตรง อลูมิเนียมในรูปแบบนี้ยังเป็นหนึ่งในโลหะที่มีมากที่สุดที่ผลิตในโลกเมื่อโลหะอลูมิเนียมปรากฏตัวครั้งแรกมันไม่ได้ถูกนำไปใช้กับชีวิตของผู้คนในทันที ต่อมาชุดผลิตภัณฑ์ใหม่สำหรับฟังก์ชันและคุณสมบัติที่เป็นเอกลักษณ์ออกมาเรื่อย ๆ และวัสดุไฮเทคนี้ค่อยๆมีตลาดที่กว้างขึ้นเรื่อย ๆ แม้ว่าอลูมิเนียมจะมีประวัติค่อนข้างสั้น แต่การผลิตผลิตภัณฑ์อลูมิเนียมในตลาดนั้นสูงกว่าผลิตภัณฑ์โลหะอื่น ๆ รวมกัน

- คุณสมบัติของวัสดุ: ยืดหยุ่นและพลาสติกง่ายต่อการทำโลหะผสมความแข็งแรงสูงอัตราส่วนน้ำหนักความต้านทานการกัดกร่อนที่ยอดเยี่ยมง่ายต่อการนำไฟฟ้าและความร้อนรีไซเคิล
- การใช้งานทั่วไป: โครงกระดูกยานยนต์ชิ้นส่วนเครื่องบินเครื่องบินในครัวบรรจุภัณฑ์และเฟอร์นิเจอร์ อลูมิเนียมยังใช้เพื่อเสริมสร้างโครงสร้างขนาดใหญ่เช่นรูปปั้นควิปิดใน Piccadilly Circus ของลอนดอนและด้านบนของอาคารโครสเลอร์ในนิวยอร์ก

6.5 แมกนีเซียมอัลลอยด์

แมกนีเซียมเป็นโลหะที่ไม่ใช่เหล็กที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง มันเบากว่าอลูมิเนียมและสามารถสร้างโลหะผสมที่มีความแข็งแรงสูงได้ดีกับโลหะอื่น ๆ โลหะผสมแมกนีเซียมมีข้อดีของความถ่วงจำเพาะของแสงความแข็งแรงและความแข็งแรงสูงค่าการนำความร้อนที่ดีคุณสมบัติการหล่อและการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีการประมวลผลและการก่อตัวที่ง่าย อย่างไรก็ตามเนื่องจากข้อจำกัด ของราคาและเทคโนโลยีที่สูงแมกนีเซียมและโลหะผสมของมันจึงถูกใช้ในอุตสาหกรรมการบินอวกาศและการทหารในปริมาณเล็กน้อยเท่านั้น แมกนีเซียมเป็นวัสดุวิศวกรรมโลหะที่ใหญ่เป็นอันดับสามรองจากเหล็กและอลูมิเนียมที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการบินและอวกาศยานยนต์อิเล็กทรอนิกส์การสื่อสารเคลื่อนที่โลหะและสาขาอื่น ๆ คาดว่าในอนาคตแมกนีเซียมจะมีความสำคัญมากขึ้นเนื่องจากต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้นของโลหะโครงสร้างอื่น ๆ

สัดส่วนของโลหะผสมแมกนีเซียมคือ 68% ของโลหะผสมอลูมิเนียม 27% ของโลหะผสมสังกะสีและ 23% ของเหล็ก มันมักจะใช้ในชิ้นส่วนรถยนต์, เปลือกผลิตภัณฑ์ 3C และวัสดุก่อสร้าง ป्लอกแล็ปท็อปและโทรศัพท์มือถือบางเฉียบส่วนใหญ่ทำจากโลหะผสมแมกนีเซียม ตั้งแต่ศตวรรษที่ผ่านมาผู้คนยังคงหลงใหลในความรักที่มีต่อเนื้อโลหะและความมันวาว แม้ว่าผลิตภัณฑ์พลาสติกสามารถสร้างรูปร่างของโลหะได้ แต่ความมันวาวความแข็งแรงอุณหภูมิและพื้นผิวยังคงแตกต่างจากโลหะ ในฐานะที่เป็นวัสดุโลหะใหม่โลหะผสมแมกนีเซียมทำให้ผู้คนรู้สึกถึงผลิตภัณฑ์ไฮเทค

ความต้านทานการกัดกร่อนของโลหะผสมแมกนีเซียมคือ 8 เท่าของเหล็กกล้าคาร์บอน 4 เท่าของโลหะผสมอลูมิเนียมและมากกว่า 10 เท่าของพลาสติก โลหะผสมแมกนีเซียมที่ใช้กันทั่วไปจะไม่

สามารถเผาไหม้ได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้ในชิ้นส่วนรถยนต์และวัสดุก่อสร้างซึ่งสามารถหลีกเลี่ยงการเผาไหม้ทันที แมกนีเซียมเป็นแร่ธาตุที่มีมากที่สุดเป็นอันดับแปดในเปลือกโลกและวัตถุดิบส่วนใหญ่สกัดจากน้ำทะเลดังนั้นทรัพยากรจึงมีความเสถียรและอุดมสมบูรณ์

- คุณสมบัติของวัสดุ: โครงสร้างที่มีน้ำหนักเบา, ความแข็งแรงสูงและทนต่อแรงกระแทก, ความต้านทานการกัดกร่อนที่ดีเยี่ยม, การนำความร้อนที่ดีและการป้องกันแม่เหล็กไฟฟ้า, ติดไฟได้ดี, ทนความร้อนไม่ดี, การกู้คืนง่าย
- การใช้งานทั่วไป: ใช้กันอย่างแพร่หลายในการบินและอวกาศ, ยานยนต์, อิเล็กทรอนิกส์, การสื่อสารมือถือ, โลหะและสาขาอื่น ๆ

6.6 ทองแดง

ทองแดงเป็นโลหะเนกประสงค์ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับชีวิตของเรา เครื่องมือและอาวุธเริ่มแรกของมนุษย์จำนวนมากทำจากทองแดง วิศวกรรมของมันเป็นมาจากการสถานที่ที่เรียกว่าไซปรัส มันเป็นเกาะที่เต็มไปด้วยทองแดง

ทองแดงมีบทบาทสำคัญมากในสังคมสมัยใหม่: มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในโครงสร้างอาคารในฐานะผู้ให้บริการไฟฟ้าและมีการใช้งานมานานนับพันปีโดยผู้คนจากวัฒนธรรมที่แตกต่างกันเพื่อทำเครื่องประดับร่างกาย โลหะสีส้มแดงที่อ่อนนุ่มได้ติดตามเรามาตั้งแต่เริ่มต้นเป็นตัวถอดรหัสอย่างง่ายจนถึงบทบาทต่อมาเป็นส่วนสำคัญในแอปพลิเคชันการสื่อสารสมัยใหม่ที่ซับซ้อน ทองแดงเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ยอดเยี่ยมรองจากเงิน ในแง่ของเวลาประวัติศาสตร์ของผู้ใช้วัสดุโลหะทองแดงเป็นโลหะที่เก่าแก่ที่สุดที่สองที่ใช้สำหรับมนุษย์หลังจากทอง นี่เป็นส่วนใหญ่เนื่องจากทองแดงสกัดได้ง่ายและทองแดงค่อนข้างแยกได้ง่ายจากทองแดง

- คุณสมบัติของวัสดุ: ความต้านทานการกัดกร่อนที่ดีเยี่ยม, การนำความร้อนที่ดีเยี่ยม, การนำไฟฟ้า, แข็ง, ยืดหยุ่น, เหนียว, ชัดเงา, ผลที่ไม่ซ้ำ
- การใช้งานทั่วไป: ลวด, ขดลวดเครื่องยนต์, วงจรการพิมพ์, วัสดุถุงหลังคา, วัสดุท่อ, วัสดุทำความร้อน, เครื่องประดับ, หม้อหุงข้าว มันยังเป็นหนึ่งในโลหะผสมหลักที่ใช้ในการทำทองแดง

6.7 Chrome

โครเมียมรูปแบบที่ใช้กันมากที่สุดถูกนำมาใช้ในสแตนเลสเป็นองค์ประกอบผสมเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของสแตนเลส กระบวนการชุบโครเมียมโดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็นสามประเภท: เคลือบตกแต่ง เคลือบฮาร์ดโครเมียมและเคลือบโครเมียมสีดำ ชุบโครเมียมถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในด้านวิศวกรรม โดยปกติจะใช้การเคลือบโครเมียมตกแต่งเป็นชั้นบนสุดของการชุบที่ด้านนอกของชิ้นงาน การเคลือบมีผลกระทบการขัดที่ละเอียดอ่อนเช่นพื้นผิวกระจก สำหรับกระบวนการตกแต่ง การตกแต่งความหนาของการเคลือบโครเมียมนั้นมีเพียง 0.006 มม. เมื่อพิจารณาถึงการใช้

กระบวนการเคลือบโครเมียมเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องพิจารณาถึงอันตรายของกระบวนการนี้อย่างเต็มที่ ในทศวรรษที่ผ่านมาแนวโน้มเพิ่มขึ้นในการแทนที่น้ำโครเมียมที่ตกแต่งด้วย hexavalent ด้วยน้ำโครเมียมไตรวาเลนท์ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งสูงและถือว่าเป็นพิษน้อยลง

- คุณสมบัติของวัสดุ: เสริมสูงมากทนต่อการกัดกร่อนที่ดีเยี่ยมยากและทนทานทำความสะอาดง่ายค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานต่ำ
- การใช้งานทั่วไป: การชุบโครเมียมตกแต่งเป็นวัสดุเคลือบผิวสำหรับชิ้นส่วนยานยนต์จำนวนมากรวมถึงมือจับประตูและกันชน นอกจากนี้โครเมียมยังใช้ในชิ้นส่วนของจักรยานก็อกร้านในห้องน้ำและเฟอร์นิเจอร์เครื่องครัวและบนโต๊ะอาหาร การชุบฮาร์ดโครมถูกนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรมต่างๆรวมถึงหน่วยความจำในบล็อกควบคุมงานส่วนประกอบเครื่องยนต์เจ็ทแม่พิมพ์พลาสติกและโซ่คอป โครเมียมสีดำส่วนใหญ่จะใช้สำหรับการตกแต่งเครื่องดนตรีและการใช้พลังงานแสงเช่นตลับ

6.8 ไทเทเนียม

ไทเทเนียมเป็นโลหะชนิดพิเศษที่เบามาก แต่ก็มีน้ำหนักและทนต่อการกัดกร่อนที่อุณหภูมิห้องเพื่อรักษาสีของตัวเองตลอดชีวิต ไทเทเนียมมีจุดหลอมเหลวคล้ายคลึงกับแพลตตินัมนั้นจึงมักใช้ในส่วนประกอบด้านการบินและอวกาศและความแม่นยำทางการทหาร เพิ่มกระแสไฟฟ้าและเคมีบำบัดและคุณจะได้สีที่แตกต่างกัน ไทเทเนียมมีความต้านทานการกัดกร่อนของกรดและด่างได้อย่างดีเยี่ยม ไทเทเนียมแช่ในน้ำเป็นเวลาหลายปียังคงเป็นประกายและส่องแสง หากคุณเพิ่มไทเทเนียมลงในสเตนเลสสตีลให้เพิ่มเพียงประมาณหนึ่งเปอร์เซ็นต์และปรับปรุงความต้านทานการเกิดสนิมได้อย่างมาก ไทเทเนียมมีความหนาแน่นต่ำ, ทนต่ออุณหภูมิสูง, ทนต่อการกัดกร่อนและคุณสมบัติที่ยอดเยี่ยมอื่น ๆ ความหนาแน่นของโลหะผสมไทเทเนียมเป็นครึ่งหนึ่งของเหล็กและเหล็กกล้าเกี่ยวกับความแข็งแรงเดียวกัน; ไทเทเนียมมีความทนทานต่ออุณหภูมิสูงและต่ำ รักษาความเข้มสูงในช่วงอุณหภูมิกว้างตั้งแต่ -253 °C ถึง 500 °C ข้อดีเหล่านี้จำเป็นสำหรับโลหะอวกาศ โลหะผสมไทเทเนียมคือการสร้างเปลือกจรวดเครื่องยนต์และดาวเทียมเทียมวัสดุยานอวกาศที่ดีมี "โลหะอวกาศ" กล่าวได้ว่า ด้วยข้อได้เปรียบเหล่านี้ไทเทเนียมจึงกลายเป็นโลหะหายากที่โดดเด่นมาตั้งแต่ปี 1950 ไทเทเนียมเป็นโลหะบริสุทธิ์ เนื่องจากไทเทเนียมเป็น "บริสุทธิ์" จะไม่มีปฏิกิริยาทางเคมีเกิดขึ้นเมื่อสัมผัสกับมัน กล่าวคือเนื่องจากไทเทเนียมมีความต้านทานการกัดกร่อนและความมั่นคงสูง ไทเทเนียมจึงไม่ส่งผลกระทบต่อสาระสำคัญหลังจากสัมผัสกับผู้คนในระยะยาวดังนั้นมันจะไม่ก่อให้เกิดอาการแพ้ของมนุษย์ มันเป็นโลหะเพียงชนิดเดียวที่ไม่มีผลกระทบต่อประสาทและรสชาติของพืชและเป็นที่รู้จักกันในนาม "โลหะชีวภาพ"

ข้อเสียที่ใหญ่ที่สุดของไทเทเนียมคือการปรับแต่งยาก นี่เป็นส่วนใหญ่เนื่องจากไทเทเนียมสามารถรวมกับออกซิเจนคาร์บอนไนโตรเจนและองค์ประกอบอื่น ๆ ที่อุณหภูมิสูง ผู้คนเคยคิดว่าไทเทเนียมเป็น "โลหะหายาก" ในความเป็นจริงแล้วไทเทเนียม มีน้ำหนัก ประมาณ 6 % ของเปลือกโลกซึ่งมากกว่าทองแดงดิบทุกแห่งและสังกะสีรวมกันมากกว่า 10 เท่า

- คุณสมบัติของวัสดุ: ความแข็งแรงสูงมากความต้านทานการกัดกร่อนที่ดีเยี่ยมโดยอัตราส่วนน้ำหนักงานยากที่จะเย็นเชื่อมได้ดีประมาณ 40% เบากว่าเหล็ก 60% หนักกว่าอลูมิเนียม การนำไฟฟ้าต่ำอัตราการขยายตัวทางความร้อนต่ำจุดหลอมเหลวสูง
- การใช้งานทั่วไป: ไม้อกอล์ฟ, ไม่นเทนนิส, คอมพิวเตอร์พกพา, กล้อง, กระเป๋าเดินทาง, การปลูกถ่ายศัลยกรรม, โครงกระดูกอากาศยาน, อุปกรณ์เคมีและอุปกรณ์เกี่ยวกับการเดินเรือ ไทเทเนียมยังใช้เป็นรงควัตถุสีขาวสำหรับกระดาษจิตรกรรมและพลาสติก

7. หลักการและส่วนประกอบของกล้องดิจิทัล

อุปกรณ์สำหรับถ่ายภาพในงานวิจัยนี้ใช้กล้อง NIKON D5600



ภาพที่ 10 กล้อง NIKON D5600

ที่มา: <https://www.digital2home.com/product/nikon-d5600-18-55-vr/>

โหมดการถ่ายภาพ

โปรแกรมอัตโนมัติ (0 P: โปรแกรมอัตโนมัติ): กล้องตั้งค่าความไวชัตเตอร์และรูรับแสงเพื่อให้ได้ค่าแสงที่ดีที่สุด แนะนำให้ใช้สำหรับการถ่ายภาพทั่วไปและในกรณีที่มีเวลาน้อยในการปรับตั้งค่ากล้อง

อัตโนมัติปรับชัตเตอร์เอง (0 S: อัตโนมัติปรับชัตเตอร์เอง): ผู้ใช้เลือกความไวชัตเตอร์ กล้องจะเลือกรูรับแสงเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ใช้เพื่อหยุดหรือเบลอการเคลื่อนไหว

อัตโนมัติปรับรูรับแสง (0 A: อัตโนมัติปรับรูรับแสง): เมื่อผู้ใช้เลือกรูรับแสง กล้องจะเลือกความไวชัตเตอร์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ใช้เพื่อทำให้พื้นหลังเบลอหรือให้ทั้งพื้นหน้าและพื้นหลังอยู่ในระยะโฟกัส

ปรับเอง (0 M: ปรับเอง): ผู้ใช้ควบคุมทั้งความไวชัตเตอร์และรูรับแสง ตั้งค่าความไวชัตเตอร์เป็น Bulb (การเปิดชัตเตอร์ค้าง A) หรือ Time (เวลา %) สำหรับการเปิดรับแสงเป็นเวลานาน

8. หลักการพื้นฐานของโปรแกรม Photoshop

โปรแกรม Photoshop เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างและตกแต่งภาพ Graphic ซึ่งโปรแกรมนี้สามารถจัดการได้ทั้งภาพ Bitmap และภาพ Vector ในปัจจุบัน Photoshop CS6

8.1 ประเภทของภาพ Graphic

ภาพ Graphic ที่แสดงในคอมพิวเตอร์นั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทได้แก่

8.1.1 ภาพ Bitmap หรือภาพ Raster

เป็นภาพที่ประกอบขึ้นมาจากจุดสีเล็กๆที่เรียกว่า Pixel มาเรียงต่อกันจนกลายเป็นภาพเมื่อมองดูโดยรวมตาของคนเราจะมองเห็นเป็นภาพเหมือนจริงเมื่อมีการปรับขนาดของภาพจะทำให้ความคมชัดของภาพลดลงไฟล์ภาพ Bitmap เช่น gif , jpg และ bmp เป็นต้น

8.1.2 ภาพ Vector

เป็นภาพที่เกิดขึ้นจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ของโปรแกรมทำให้เกิดเส้นและรูปทรงต่างๆเมื่อมีการปรับขนาดของภาพความคมชัดของภาพจะยังคงไม่เสียไปไฟล์ภาพแบบ Vector เช่น ai และ swf เป็นต้น

8.2 การทำงานกับไฟล์

ในระบบปฏิบัติการ Windows มีรูปแบบการเก็บไฟล์ในลักษณะต่างๆเพื่อประโยชน์ในการใช้งานที่แตกต่างกันเราเรียกว่า “Format” การกำหนด Format จะใช้ตัวอักษร 3 ตัว เช่น .bmp หมายถึง ไฟล์ที่เป็นรูปภาพที่เป็นมาตรฐานของ Windows ซึ่งทางกราฟฟิกจะมี Format ที่สำคัญๆ ดังนี้คือ

8.2.1 PSD Photoshop file เป็นไฟล์ขั้นพื้นฐานของโปรแกรม Photoshop สามารถเก็บบันทึกคุณลักษณะต่างๆที่ใช้ใน Photoshop ได้ไม่ว่าจะเป็น layer สี, effect เพื่อสามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขภาพได้อย่างต่อเนื่องแต่มีข้อเสียคือไฟล์ชนิดนี้จะใช้งานได้กับโปรแกรม Photoshop และ ImageReady เท่านั้น

8.2.2 BMP bitmap file เป็นไฟล์มาตรฐานของระบบปฏิบัติการ Windows

8.2.3 TIF tagged image file (TIFF) เป็นไฟล์ที่สามารถใช้ได้ทั้งใน PC และ MAC ส่วนใหญ่ใช้งานโปรแกรมเกี่ยวกับสิ่งพิมพ์ เช่น PageMaker และ Quark Xpress6

8.2.4 GIF graphic interchange เป็นไฟล์ที่ใช้กันมากในเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพราะง่ายต่อการบีบอัดข้อมูลทำให้ส่งผ่านข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว

8.2.5 JPG joint photographic experts group เป็นไฟล์หนึ่งที่ทำการบีบอัดข้อมูลให้มีขนาดเล็กแล้วเก็บบันทึกไว้และเนื่องจากเป็นไฟล์ที่มีขนาดเล็กจึงนิยมใช้ในการสร้างเว็บเพจ

8.2.6 PCT pict file เป็นงานที่ใช้งานพิมพ์บนเครื่อง MAC เท่านั้นเนื่องจากมีขนาดใหญ่มากเกินไปกว่าประสิทธิภาพเครื่อง PC จะทำงานได้

8.2.7 PNG portable network graphic เป็นไฟล์ที่สามารถยืดหยุ่นได้ดีถ้าต้องการมีการเปลี่ยนแปลงการทำงานต่าง application หรือเปลี่ยนรุ่นคอมพิวเตอร์

8.2.8 RAW raw format เป็นไฟล์ที่ถูกพัฒนาต่อจาก GIF โดยมีข้อดีคือการสูญเสียข้อมูลน้อยมากเมื่อมีการบีบอัดข้อมูลจึงมีความเหมาะสมกับการโอนย้ายข้อมูล (download)

8.2.9 EPS File encapsulated postscript เป็นไฟล์ที่สามารถเก็บข้อมูลได้ทั้งแบบ Vector และ Bitmap การที่มีคุณสมบัติเช่นนี้จะทำให้ EPS file เป็นเหมือนไฟล์ตัวเชื่อมที่สามารถทำงานข้ามโปรแกรมได้ เช่น Illustrator และ Dimension (3มิติ)

8.2.10 PDF portable document format เป็นไฟล์เอนกประสงค์ที่สามารถทำงานข้ามโปรแกรมข้ามระบบปฏิบัติการได้มีข้อดีคือข้อมูลที่ไต่ยังคงเดิมมากไม่มีการเปลี่ยนแปลงผิดพลาดใดๆนอกจากนี้ยังสามารถใช้บรรจุในรูปแบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ทำให้สามารถค้นหาและเชื่อมโยงข้อมูลได้

8.3 ส่วนประกอบสำคัญที่ควรรู้ใน photoshop program

เมื่อเปิดโปรแกรมขึ้นมาจะเห็นหน้าต่างการทำงานเริ่มต้นแบบว่างๆและมีกลุ่มเครื่องมือการทำงานเบื้องต้นถูกจัดวางไว้รอบๆดังภาพ



ภาพที่ 11 ส่วนประกอบหน้าจอโปรแกรม Photoshop

ที่มา: Photoshop-CS6 [ออนไลน์], เข้าถึงเมื่อวันที่ 29 กรกฎาคม 2566.เข้าถึงได้จาก http://www.thaischool.in.th/_files_school/62100312/workteacher/62100312_1_20190604-135752.pdf

8.3.1 คำอธิบายสัญลักษณ์ต่างๆ ในกล่องเครื่องมือพื้นฐาน

ตารางที่ 4 รูปแบบการทำงานของแถบเมนูคำสั่ง

คำอธิบายสัญลักษณ์ต่างๆ ในกล่องเครื่องมือพื้นฐาน

เมนูคำสั่ง	รูปแบบการทำงาน
File	ชุดคำสั่งสำหรับการจัดการกับไฟล์ภาพในลักษณะต่าง ๆ เช่น สร้างไฟล์ งานใหม่ เปิดไฟล์ภาพ บันทึกไฟล์งาน นำเข้าหรือส่งออกไฟล์เพื่อทำงานในลักษณะอื่น ๆ
Edit	ชุดคำสั่งสำหรับแก้ไขภาพ เช่น ตัด คัดลอก วาง รวมถึงปรับแต่งค่าเบื้องต้นของโปรแกรม
Image	ชุดคำสั่งสำหรับการจัดการภาพ เช่น แก้ไขความสว่างหรือสีของภาพให้ สมดุลยิ่งขึ้น รวมถึงใช้สำหรับย่อขยายขนาดภาพ และกำหนดขนาด พื้นที่การทำงานของภาพ
Layer	ชุดคำสั่งที่ใช้จัดการเกี่ยวกับเลเยอร์ของภาพ ไม่ว่าจะเป็นการสร้าง เลเยอร์ใหม่ การรวมเลเยอร์ การแปลง เลเยอร์ การจัดการกับ เลเยอร์ของไฟล์ลักษณะต่าง ๆ
Type	ชุดคำสั่งที่ใช้จัดการและปรับแต่งเกี่ยวกับข้อความ เช่น ปรับแต่งสี ข้อความ ปรับแต่งขอบข้อความ หรือการเปลี่ยนข้อความให้เป็นภาพ
Select	ชุดคำสั่งสำหรับปรับแต่งการเลือกพื้นที่ บันทึกและเรียกพื้นที่ที่เลือก มาใช้งาน รวมถึงคำสั่งสำหรับการเลือกพื้นที่เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดี ยิ่งขึ้น
Filter	ชุดคำสั่งสำหรับปรับแต่งภาพให้มีรูปแบบที่น่าสนใจยิ่งขึ้น บิด ตัด ปรับรูปทรง รูปแบบต่าง ๆ ให้กับภาพ
View	ชุดคำสั่งในการเลือกรูปแบบการแสดงผล เช่น ย่อขยายภาพ แสดงไม้บรรทัด เส้นกริด หรือเส้นไกด์
Window	ชุดคำสั่งสำหรับเลือกเปิด/ปิดพาเนล รวมถึงกำหนดรูปแบบการ แสดงหน้าต่างในแบบต่าง ๆ
Help	ชุดคำสั่งสำหรับแสดงความช่วยเหลือเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือหรือ คำสั่งในรูปแบบต่าง ๆ

ที่มา:Photoshop-CS6 [ออนไลน์], เข้าถึงเมื่อวันที่ 29 กรกฎาคม 2566.เข้าถึงได้จาก http://www.thaischool.in.th/_files_school/62100312/workteacher/62100312_1_20190604-135752.pdf

8.3.2 กล่องเครื่องมือ (Tool Panel) ประกอบด้วยเครื่องมือต่างๆ แกะไข ตกแต่งใช้สำหรับวาดภาพซึ่งเครื่องมือดังกล่าวมีจำนวนมาก และได้รวบรวมเครื่องมือหน้าที่ลักษณะคล้ายกันไว้ในปุ่มเดียวกันโดยจะมีรูปสามเหลี่ยมอยู่ที่มุมขวาด้านล่างไว้เพื่อแสดงให้เห็นว่าในปุ่มนั้นมีเครื่องมืออื่นอยู่ด้วย

ตารางที่ 5 คำอธิบายสัญลักษณ์ต่างๆ ในกล่องเครื่องมือพื้นฐาน

	Move : ใช้ในการย้ายพื้นที่ที่เลือกไว้หรือย้ายเส้น Guide
	Marquee : ใช้ในการเลือกพื้นที่บนภาพเป็นรูปสี่เหลี่ยมวงกลมวงรีหรืออื่นๆ 
	Lasso : ใช้เลือกพื้นที่บนภาพแบบอิสระ
	Magic Wand / Quick Selection : ใช้เลือกพื้นที่จากสีที่ใกล้เคียงกัน
	Crop: ใช้ตัดขอบภาพ
	Slice / Slice Select : ใช้ตัดแบ่งภาพเป็นภาพย่อยๆสำหรับนำไปสร้างเว็บเพจ
	Healing Brush / Patch / Red Eye : ใช้ตกแต่งลบรอยตำหนิในภาพและแก้ปัญหาคาแดงในภาพถ่าย
	Brush / Pencil : ใช้ระบายสีภาพเหมือนกับพู่กันหรือดินสอเพื่อเปลี่ยนสีให้กับวัตถุ
	Clone / Pattern Stamp : ใช้ทำสำเนาภาพโดยการคัดลอกภาพจากบริเวณอื่นๆมาระบายหรือระบายด้วยลวดลายที่เลือก
	History / Art History Brush : ใช้ระบายภาพด้วยภาพเดิมที่ผ่านมา
	Eraser: ใช้ลบภาพ
	Gradient / Paint Bucket : ใช้เติมสีแบบไล่ระดับโทนสีหรือเทสีลงบนพื้นที่ของภาพ
	Blur / Sharpen / Smudge : ใช้ระบายสีให้เบลอหรือคมชัดขึ้น
	Dodge / Burn / Sponge : ใช้ระบายเพื่อเพิ่มความสว่าง/มืดของสีหรือเพิ่ม /ลดความสดของสี
	Pen / Anchor Point: ใช้วาดเส้น Path
	Type : ใช้พิมพ์ตัวอักษรหรือข้อความบนภาพ
	Path / Direct Selection : ใช้เลือกและปรับแต่งเส้น Path
	Shape : ใช้วาดรูปทรงเรขาคณิตหรือรูปทรงสำเร็จรูป
	Note / Audio Annotation : ใช้บันทึกหมายเหตุกำกับภาพ
	Eyedropper / Color Sampler / Ruler / Count : ใช้เลือกสีอ่านค่าสีหรือวัดระยะและมุมระหว่างจุดต่างๆบนภาพหรือใช้นับจำนวนวัตถุบนภาพ

	Hand : ใช้เลื่อนดูส่วนต่างๆของภาพ
	Zoom : ใช้ย่อ / ขยายมุมมองภาพ

ที่มา:Photoshop-CS6 [ออนไลน์], เข้าถึงเมื่อวันที่ 29 กรกฎาคม 2566.เข้าถึงได้จาก http://www.thaischool.in.th/_files_school/62100312/workteacher/62100312_1_20190604-135752.pdf

8.3.3 ความรู้เรื่องสี

เช่นเดียวกับจิตรกรที่ต้องการวาดภาพถ้าจะวาดให้ได้ดีต้องมีความรู้ในเรื่องการผสมสีการสร้างภาพในPhotoshop ก็เช่นกันฉะนั้นความรู้เรื่องสีจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งสำหรับคนที่ต้องการตกแต่งภาพในPhotoshop ในบทนี้เราจะกล่าวถึงความรู้เรื่องสี

8.3.3.1 Model รูปแบบการมองเห็นสีทั่วไปโดยทั่วไปแล้วสีต่างๆที่ถูกสร้างขึ้นจะมีรูปแบบในการมองเห็นสีต่างกันไปรูปแบบการผสมสีด้วยเทคนิค หรือวิธีการต่างๆเพื่อให้ได้มาซึ่งสีที่ใช้ในการแสดงออกทางจอภาพ หรือเครื่องพิมพ์สำหรับโมเดลสีในโปรแกรม Photoshop และ Illustrator นั้นมีด้วยกัน หลายโมเดลสี เช่นโมเดลสีแบบ RGB โมเดลสีแบบ CMYK โมเดลสีแบบ HSB โมเดลสีแบบ L^*a^*b ซึ่งรูปแบบการมองเห็นสีนี้เรียกว่าModel ฉะนั้นเองModel จึงมีหลายแบบดังที่เราจะได้ศึกษาต่อไปนี้คือHSB Model หลักการมองเห็นสีด้วยสายตามนุษย์

8.3.1.1.1 Hue เป็นสีที่สะท้อนมาจากสีของวัตถุซึ่งแตกต่างกันตามความยาวของคลื่นแสงที่กระทบวัตถุและสะท้อนกลับมาที่ตาของเรา Hue ถูกวัดโดยตำแหน่งบน Standard Color Wheel ซึ่งถูกแทนด้วยองศาคือ 0 ถึง 360องศาแต่การใช้โดยทั่วไปแล้วมักจะเป็นการเรียกสีนั้นเลยเช่นสีแดงส้มม่วงสีเหลือง

8.3.1.1.2 Saturation เป็นเรื่องของความเข้มข้นและความจางของสี Saturation คือสัดส่วนของสี (Hue) ที่มีอยู่ในสีเทาวัดค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ดังนี้คือจาก 0% (สีเทา) จนถึง 100% (Fully Saturationสีที่มีความอิ่มตัวเต็มที่) ถ้าถูกวัดโดยตำแหน่งบน Standard Color Wheel ค่า Saturation จะเพิ่มขึ้นจากจุดกึ่งกลางถึงเส้นขอบ

8.3.1.1.3 Brightness เป็นเรื่องของความสว่างและความมืดของสีซึ่งถูกกำหนดค่าเปอร์เซ็นต์จาก 0% ถึง 100% (สีขาว)

- RGB Model หลักการมองเห็นสีของเครื่องคอมพิวเตอร์RGB Model เกิดจากการรวมกันของSpectrumของแสงสีแดง (Red) เขียว(Green) และน้ำเงิน (Blue) ในสัดส่วนความเข้มข้นที่แตกต่างกันจุดที่แสงทั้งสามสีรวมกันคือสีขาวลักษณะการรวมกันเช่นนี้ถูกใช้สำหรับการส่องแสงทั้งบนจอภาพทีวีและจอคอมพิวเตอร์ซึ่งสร้าง

จากสารที่ให้กำเนิดแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน RGB การกำหนดค่าสีของแม่สีแต่ละสีจะมี 256 ระดับ คือ ตั้งแต่ 0 จนถึง 255 ถ้าเป็น 0 คือไม่มีแสงสีดังกล่าวเลย ถ้าเป็น 255 คือ มีแสงสีนั้นประกอบอยู่อย่างเต็มที่ การผสมกันของแม่สีทั้งสาม 1. ถ้าแม่สีมีค่าเท่ากัน มาผสมกันเป็นคู่จะได้ผลดังนี้ 2. ถ้าแม่สีมีค่าเท่ากัน มาผสมทั้ง 3 สี จะได้ผลดังนี้ 3. ถ้าแม่สีมีค่าไม่เท่ากัน ผสมกัน จะได้สีต่างๆ กันไป เช่น =Yellow +1 Red 1 Green =Cyan +1 Green 1 Blue = Magenta +1 Blue 1 Red = White +1 Green +1Blue 1 Red =Brown +4 Red +1 Green 1 Blue =Lime +1 Red 2 Green =Orange +1 Green 2 Red โมเดลสีแบบ RGB นิยมใช้ในการแสดงผลออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ หน้าจอโทรทัศน์หรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการกำเนิดสี โดยใช้แสงเป็นหลัก

- CMYK Model หลักการมองเห็นสีของเครื่องพิมพ์ มีแหล่งกำเนิดสีอยู่ที่การซึมซับ (Absorb) ของหมึกพิมพ์บนกระดาษโดยมีสีพื้นฐานคือสี Cyan Magenta และเหลืองสีทั้งสามสีข้างต้นรวมกันเป็นสีดำบางครั้งเราจึงเรียกสีที่มองเห็นใน CMYK model ว่าเป็น subtractive Color แต่สี CMYK ก็ไม่สามารถผสมรวมกันให้ได้สีบางสีเช่นสีน้ำตาลจึงต้องมีการเพิ่มสีดำ (Black) ลงไปฉะนั้นเมื่อรวมกันทั้งสี่สีคือ CMYK สีที่ได้จากการพิมพ์จึงครอบคลุมทุกสีตัวอย่างการผสมสี GRAY - 30% YELLOW 30% MAGENTA 45% CYAN BROWN - 100% YELLOW 75% MAGENTA 50% CYAN BLUE - - 50% MAGENTA 100% CYAN DARK RED 25% BLACK 100% YELLOW 100% MAGENTA - RED - 100% YELLOW 100% MAGENTA - DARK GREEN 25% BLACK 100% YELLOW - 100% CYAN GREEN - 100% YELLOW - 100% CYAN ALL INKS BLACK INK YELLOW INK MAGENTA INK CYAN INK

■ Lab Modelเป็นค่าสีที่ถูกกำหนดขึ้นโดย CIE (Commission International de l'Eclairage) ให้เป็นมาตรฐานการวัดค่าสีทุกรูปแบบครอบคลุมทุกสีใน RGB และ CMYK และใช้ได้ดีกับสีที่เกิดจากอุปกรณ์ทุกอย่างไม่ว่าจะเป็นจอคอมพิวเตอร์ เครื่องพิมพ์ เครื่องสแกนและอื่นๆ ส่วนประกอบของโมเดลนี้ได้แก่ Luminance Model (L) คือค่าความสว่าง, a หมายถึงส่วนประกอบที่แสดงการไล่สีจากสีเขียวไปยังสีแดง และ b หมายถึงส่วนประกอบที่แสดงการไล่สีจากสีน้ำเงินถึงสีเหลือง

8.3.2.2 Mode รูปแบบการมองเห็นสีในโปรแกรมPhotoshopจากการมองเห็นสีโดยทั่วไป(Model) มาสู่หลักการมองเห็นสีในPhotoshop ที่เราจะเรียกว่าMode ซึ่งMode ของสีในPhotoshop จะแบ่งออกเป็น

8.3.2.2.1 กลุ่มที่1 Modeที่อ้างอิงตาม Model

- RGB Mode ใช้หลักการของRGB Model โดยมีการกำหนดค่าความเข้มข้นของสีแดงเขียวและน้ำเงินที่รวมกันในแต่ละพิกเซลเป็นค่าตั้งแต่0 –255 ตัวอย่างเช่นสีBright Red เกิดจากR (สีแดง) ที่246 และG (สีเขียว) ที่20 และB (สีน้ำเงิน) ที่ 50 ภาพที่เกิดจากRGB Mode จะมีถึง16.7 ล้านข้อดีแบบ RGB นี้สามารถสร้างให้เกิดสีได้จำนวนมากที่สุดใกล้เคียงกับสีที่ตาสามารถมองเห็นได้
- CMYK Mode ใช้หลักการของCMYK Model โดยมีการกำหนดค่าสีโดยใช้เป็นเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของสีแต่ละสีที่มาผสมกันเช่นสีBright Red เกิดจากC 2%, M 93%, Y 90% และK 0%หรือสีขาวเกิดจากC M Y และK อย่างละ0%
- LAB ModeLAB Modelใช้หลักการเดียวกับ LAB Model

8.3.2.2.2 กลุ่มที่2 Modeที่ถูกกำหนดขึ้นพิเศษหรือที่เราเรียกว่า Specialized Mode

- BitMap modeประกอบด้วยค่าสีเพียง 2 สีคือสีขาวและสีดำใช้พื้นที่ในการเก็บข้อมูลเพียง 1 บิตงานที่เหมาะสมสำหรับ Bitmap คืองานประเภทลายเส้นต่างๆเช่นเครื่องหมายและโลโก้
- Gray Scale modeประกอบด้วยสีทั้งหมด 256 สีโดยไล่สีจากสีขาวสีเทาไปเรื่อยจนท้ายสุดคือสีดำใช้พื้นที่ในการเก็บข้อมูล 8 บิต
- Duotone modelเป็นโมเดลที่เกิดจากการใช้ Channelสีเพียงบาง Channelเท่านั้น
- Index color modelเนื่องจากสีทั้งหมดอาจมีถึง 16.7 ล้านสีแต่ในภาพ
- บางภาพที่เราใช้เราไม่ได้ใช้สีถึง 16.7 ล้านสีนั้นและเราจำเป็นต้องประหยัดเนื้อที่ในการเก็บข้อมูลของภาพนั้นเพื่อให้ภาพนั้นสามารถโหลดขึ้นมาใช้งานได้อย่างรวดเร็ว เช่นภาพที่ต้องใช้งานกับ Internet ดังนั้นในPhotoshop จึงมีการคำนวณเลือกเฉพาะสีที่ใช้และสร้างขึ้นมาเป็นโมเดลสีขึ้นมาใหม่เพียง256 สีเราเรียกโมเดลที่สร้างขึ้นใหม่นี้ว่า Index color mode
- Multichannel mode

- เป็นโมเดลสีที่ถูกแสดงด้วย Channel ตั้งแต่ 2 Channel ขึ้นไปแยก Channel ได้หลาย Channel เป็นโมเดลสีที่ใช้ประโยชน์มากสำหรับงานพิมพ์

8.3.2.2.3 กลุ่มที่3 Layer Blending mode

เป็นโมเดลพิเศษที่ใช้เฉพาะใน Option Palette เพื่อเป็นตัวกำหนดว่าพิกเซลแต่ละพิกเซลจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรเมื่อมีการปรับเปลี่ยนให้แสดงผลใน Blending mode ต่างๆ

9. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

9.1 งานวิจัยในประเทศ

ได้มีงานวิจัยต่าง ๆ สำหรับการพัฒนารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะด้วยสารละลายอิเล็กโทรไลต์ในประเทศไทย มีงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้อิเล็กโทรไลต์ สำหรับการหารอยลายนิ้วมือแฝงโดยวิธีการแช่พื้นผิวโลหะด้วยสารละลายที่ pH 2-11 ด้วยสารละลาย CuSO_4 และ ZnCl_2 (ฐิติมา, 2555) และมีการผลิตอุปกรณ์ในการหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยเซลล์ไฟฟ้าเคมีโดยใช้แท่งคาร์บอน มี AgNO_3 เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ (อดิเรก, 2559)

9.2 งานวิจัยต่างประเทศ

ในต่างประเทศ เริ่มมีการทำวิจัยเกี่ยวกับการใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์โดยลายนิ้วมือที่มีการดัดไขมันทำหน้าที่เป็นฉนวนบนพื้นผิวและสามารถพัฒนารอยลายนิ้วมือโดยกระบวนการเกิดพอลิเมอร์ไรเซชันบนแผ่นโลหะ (Bersellini et al., 2001) มีการศึกษาหารอยลายนิ้วมือแฝงโดยใช้ผงฝุ่นไทเทเนียมไดออกไซด์ มีคุณสมบัติทางแสงสำหรับตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง พบว่า ระดับอนุภาคของไทเทเนียมไดออกไซด์มีขนาดระดับไมครอน มีลักษณะผงสีขาว โดยพัฒนาหารอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพื้นผิวเรียบ ให้ผลลัพธ์ที่ดี (Choi et al., 2007) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโลหะ (ทองแดง, อลูมิเนียม, เหล็ก, ทองเหลืองและสังกะสี) มีการศึกษาวิจัยการหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะ ในช่วงปี ค.ศ. 2008 (Bond, 2008) จนถึงปี ค.ศ. 2011 เรื่อยมาโดยใช้สารอิเล็กโทรไลต์หรือสารเคมีอื่น ได้แก่ ซิงค์ออกไซด์ (Yu et al., 2011) และมีการใช้สารเคมีตัวนี้เรื่อยมา พื้นผิวที่ไม่ใช่โลหะ (แก้วและพลาสติก) สำหรับรอยลายนิ้วมือที่แฝงอยู่และสารละลายอิเล็กโทรไลต์แบบน้ำ (Jasuja et al., 2011)

ในปี ค.ศ. 2012 ได้มีการพัฒนาการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะโดยใช้เทคนิคสเปกโตรสโกปีด้วยการเคลือบทองแดงหรือฟิล์มบางของทองมีความหนาประมาณ 20-30 nm แต่วิธีนี้ใช้สารตั้งต้นและ เครื่องมือที่ใช้ในการเคลือบมีราคาสูง ระบบยุ่งยากซับซ้อนเนื่องจากต้องมีระบบสุญญากาศ ต้องใช้สำหรับการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงในห้องปฏิบัติการเท่านั้น (Ramos & Vieira,

2012) ในปี ค.ศ.2013 เริ่มมีการศึกษาพัฒนาผงฝุ่นแบบใหม่โดยใช้ซิลิกา (Silica gel G) หารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวต่างๆ ได้แก่ พลาสติก แก้ว กระจกธรรมดา รวมถึง กระจกคาร์บอน, กล้องไม้ขีดไฟ, กระจกแข็ง, พื้นผิวไม้เคลือบเงา, พื้นผิวด้านบนและเขียนได้ของซีดีและพื้นผิวกระดาษ นิตยสาร ซึ่งให้ผลลัพธ์ที่ชัดเจนมากกับพื้นผิวดังกล่าว (Singh et al., 2013) ต่อมาในปี 2015 มีการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงที่เป็นส่วนของไขมันและเหงื่อโดยใช้กระบวนการทางไฟฟ้าโดยใช้อนุภาคทองคำและเงิน (Williams et al., 2015), (Jasuja et al., 2015) อีกทั้งยังมีการหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะที่เปื่อยขึ้นโดยสนใจปฏิกิริยาระหว่างกรดไขมันและส่วนที่ไม่ชอบน้ำของน้ำยาเคมีโดยเตรียมเป็น SPR ใหม่ ที่ประกอบด้วยสังกะสีคาบอเนตและมีการวิจัยพัฒนาจากการใช้สังกะสีคาบอเนตเพิ่มเติมโดยใช้สารเคมีเป็นสารย้อมคริสตัลไวโอเลตและสารฟอกขาวพัฒนาให้เป็นนำยาทดสอบอนุภาคขนาดเล็ก SPR ด้วย (Rohatgi & Kapoor, 2016) ในงานวิจัยต่าง ๆ ได้มีการพัฒนาศึกษาการใช้ซิลิกอนออกไซด์เป็นหลักผสมกับสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์เพื่อพัฒนารอยลายนิ้วมือแฝง (LeŚniewski, 2016) งานวิจัยต่อมาได้มีการผลิตผงนาโนซิลิกาเป็นผงฝุ่นดำเพื่อตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง (Kim et al., 2016) ต่อมา ได้ศึกษาการหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะที่คงอยู่กับที่โดยใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์เจล เปรียบเทียบกับวิธี ผงฝุ่นดำ (Black Powdering), การอบชุบเปอร์กลู (Superglue Fuming) และ วิธีการทำปฏิกิริยาของอนุภาคขนาดเล็ก (Small particle reagent) (Jasuja & Singh, 2017) ศึกษาการใช้ซิลิกอนออกไซด์โดยเป็นตัวดูดซับระหว่างโมเลกุลสีย้อมประจุบวกและไดอะตอมไมด์ เมื่อเทียบกับสารผสมซิลิกาสังเคราะห์ ผงย้อมสีประจุบวกไดอะตอมไมด์ ถูกนำมาใช้เป็นผงฝุ่นชนิดใหม่สำหรับการพัฒนา รอยนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวต่าง ๆ (Chuanjun, 2018) มีการพัฒนาการหารอยลายนิ้วมือแฝงโดยสังเคราะห์ผงฝุ่นเป็นวัสดุนาโนซิลิกา เพื่อหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวฉลากเรืองแสง (Divya et al., 2018) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ใช้ผงซิลิกาในการหารอยลายนิ้วมือแฝงเปื้อนเลือดบนพื้นผิวสีดำ เช่น ถังดำ (Liang Meng, 2018) รวมถึงการพัฒนาวิธีการถ่ายภาพรอยลายนิ้วมือแฝงจากการเคลือบด้วยอนุภาคนาโนทองคำด้วยสี (Colorimetric imaging) สามารถถ่ายภาพและให้ความละเอียดสูงด้วยแสง (Photo imaging) เป็นการถ่ายภาพที่เห็นภาพรอยลายนิ้วมือแฝงถึงรูขุมขน ต่อมาเหงื่อและจุดลักษณะสำคัญพิเศษชัดเจน มีงานวิจัยที่ศึกษาการหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะ โดยใช้ผงฝุ่นสีย้อมประจุบวก และเรืองแสง (Sandhyarani et al., 2019) มีการพัฒนาหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยเทคนิคไฟฟ้าเคมี ถ่ายภาพด้วยวิธีอิเล็กโทรเคมีลิเนสเซน (ECL) การถ่ายภาพลายนิ้วมือด้วยการสแกนด้วยเทคนิคไฟฟ้าเคมีโพรบและการวิเคราะห์ลายนิ้วมือแฝงด้วยวิธีไฟฟ้าเคมีอื่นๆ (Li et al., 2019) ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา มีงานวิจัยที่น่าสนใจมากมายใช้เทคนิคการหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยเคมีไฟฟ้า และใช้ ผงนาโนซิลิกาเป็นองค์ประกอบสำคัญในการหารอยลายนิ้วมือแฝงในพื้นผิวโลหะ และในงานวิจัยนี้ใช้วิธีถ่ายภาพและปรับภาพด้วย

โปรแกรม Photoshop ซึ่งมีงานวิจัยใน ปี 2021 นำภาพถ่ายปรับแต่งด้วยโปรแกรม Photoshop รอยลายนิ้วมือที่สามารถยืนยันตัวบุคคลได้จริง (San Miguel et al., 2021)



บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงการทดลอง เพื่อศึกษาการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะต่างๆซึ่ง มีรายละเอียดเกี่ยวกับการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. เครื่องมืออุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย
2. พื้นผิววัตถุที่ใช้ในงานวิจัย
3. ขั้นตอนเตรียมสารเคมีสำหรับการทดลอง
4. วิธีการทดลอง
5. วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

1. เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1.1.1 เครื่องชั่งไฟฟ้า 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ METTLER TOLEDO

รุ่น JB3002-G/FACT

1.1.2 เครื่องไฟฉายหลายความถี่ (Polylight) ยี่ห้อ Rofin Polylight รุ่น PL500

1.1.3 กล้องดิจิตอล (DSLR) ยี่ห้อ NIKON รุ่น D5600

1.1.4 เครื่องแก้วที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์ เช่น ขวดวัดปริมาตร

(Volumetric flask) บีกเกอร์ (Beaker) แท่งแก้วคนสาร (Stirring rod)

ยี่ห้อ ISOLAB

1.1.5 พู่กัน ชนิด หัวแบน เบอร์ 24 ยี่ห้อ ไทยแหลมทอง

1.1.6 แปรงปัดขนกระรอก ยี่ห้อ KS

1.1.7 นาฬิกาจับเวลา แห้งที่มา นาฬิกาจับเวลา

จาก โทรศัพท์มือถือ ยี่ห้อ iPhone รุ่น 14 Pro

1.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

1.2.1 ด่างทับทิม (KMnO_4) ยี่ห้อ MERCK

1.2.2 แคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ยี่ห้อ MERCK

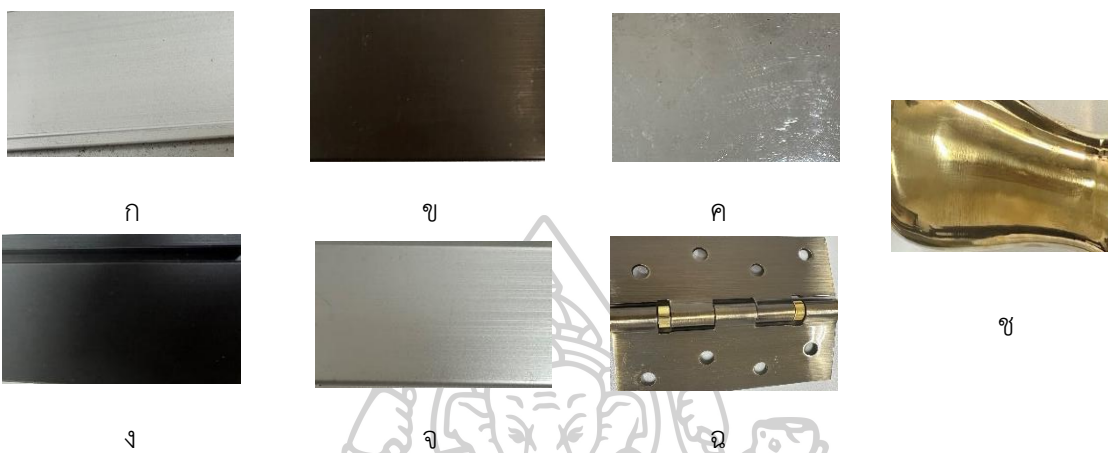
1.2.3 ผงซิลิกา (SiO_2 Powder) ยี่ห้อ MERCK

1.2.4 น้ำปราศจากไอออน (Deionized water) ยี่ห้อ SGECHM

1.2.5 ผงฝุ่นดำ (Black Powder) ยี่ห้อ KS

2. พื้นผิวโลหะสำหรับงานวิจัย

พื้นผิวที่ใช้ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย พื้นผิวโลหะไม่มีรูพรุน จำนวน 7 ชนิดดังแสดงในภาพที่ 12



ภาพที่ 12 พื้นผิวชนิดต่างๆ ที่ใช้ในงานวิจัย

ก) อลูมิเนียม 5052

ข) อลูมิเนียม 6061

ค) เหล็กกล้าไร้สนิม

ง) โลหะเคลือบสีดำ

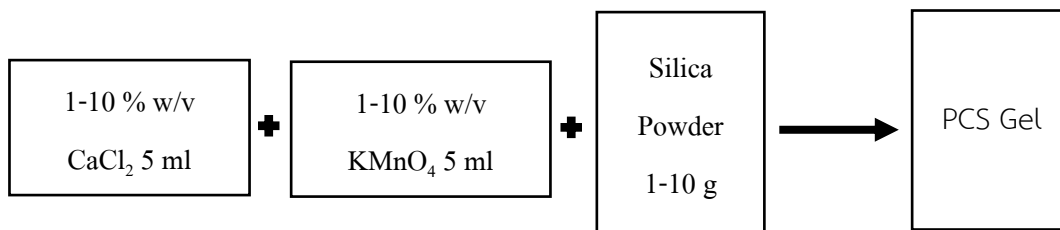
จ) สังกะสี

ฉ) อัลลอยด์

ช) ทองเหลือง

3. ขั้นตอนการเตรียม PCS gel

การเตรียมสารละลายอิเล็กโทรไลต์ในน้ำกลั่นที่อัตราส่วนต่างๆ ที่เหมาะสม [9] แสดงให้เห็นว่า ใช้แคลเซียมคลอไรด์ เพื่อหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะ (อลูมิเนียม 5052 อลูมิเนียม 6061 เหล็กกล้าไร้สนิม อัลลอยด์ ทองเหลือง และ สังกะสี) เพื่อให้สารละลายมีปฏิกิริยามากขึ้นและสร้างคอนทราสต์ที่ดีขึ้นจึงใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตเนื่องจากมีคุณสมบัติและสีในการออกซิไดซ์ได้ดี ดังนั้นทำการศึกษาบนพื้นผิวอลูมิเนียม 5052 โดยการเตรียม สารละลายอิเล็กโทรไลต์ เริ่มจากการเตรียมสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 1-10 %w/v และสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต 1-10 %w/v โดยผสมผงซิลิกาให้สารละลายมีสภาพเป็นเจล ซึ่งในงานวิจัยนี้จะเรียกวิธีการหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะแต่ละชนิดเป็น PCS Gel นำสารละลายทั้งสองผสมเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ในอัตราส่วนปริมาตรปรับค่าต่างๆ ซึ่งมีขั้นตอนการเตรียม PCS Gel ดังนี้



ภาพที่ 13 ขั้นตอนการเตรียม PCS Gel

ตารางที่ 6 ช่วงของค่าความเข้มข้นและอัตราส่วนต่างๆ ของปริมาตรสารละลายผสมระหว่าง Potassium permanganate และ Calcium chloride ที่ใช้ในการทดลอง

Potassium permanganate (w/v)	Calcium chloride (w/v)	Mixture volume (10 ml) CaCl ₂ (ml) : KMnO ₄ (ml)
1%-10%	1%-10%	9:1
1%-10%	1%-10%	8:2
1%-10%	1%-10%	6:4
1%-10%	1%-10%	5:5
1%-10%	1%-10%	1:9
1%-10%	1%-10%	2:8
1%-10%	1%-10%	4:6

ตารางที่ 7 ช่วงของค่าความเข้มข้นและอัตราส่วนต่างๆ ของปริมาตรสารละลายผสมระหว่าง Potassium permanganate กับ Calcium chloride และปริมาณ silica powder ที่ใช้ในการทดลอง

Potassium permanganate (w/v)	Calcium chloride (w/v)	Mixture volume (10 ml) KMnO ₄ (ml) : CaCl ₂ (ml)	silica powder (g)
1%-10%	1%-10%	9:1	1-10
1%-10%	1%-10%	8:2	1-10
1%-10%	1%-10%	6:4	1-10
1%-10%	1%-10%	5:5	1-10
1%-10%	1%-10%	1:9	1-10
1%-10%	1%-10%	2:8	1-10
1%-10%	1%-10%	4:6	1-10

4. วิธีการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์เจลที่ประกอบด้วย Potassium permanganate, Calcium chloride และ Silica powder ซึ่งต่อไปนี้จะใช้คำว่า PCS gel แทน การทดลองมีขั้นตอนดังนี้

4.1 เตรียมตัวอย่างวัตถุพยานพื้นผิวโลหะทำการตัดเป็นแผ่น ขนาดกว้าง 4 cm ยาว 4 cm

4.2 การจำลองรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวตัวอย่างวัตถุพยาน โดยทำการประทับรอยลายนิ้วมือ ลงบนพื้นผิวโลหะตามข้อ 4.1 ด้วยแรงกดประมาณ 2,000 กรัม ใช้เวลาในการกด 30 วินาที

4.3 เตรียมสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ดังนี้

4.3.1 ด่างทับทิม (KMnO₄) ช่วงความเข้มข้น 1-10 %w/v

4.3.2 แคลเซียมคลอไรด์ (CaCl₂) ช่วงความเข้มข้น 1-10 %w/v

4.4 นำผงซิลิกา (SiO₂ Powder) ประมาณ 1-10 กรัม ผสมกับสารในข้อ 4.3 ตามอัตราส่วน

4.5 ทาสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ในข้อ 4.4 และทาบนพื้นผิวโลหะที่เตรียมไว้ ในข้อ 4.1

4.6 ทำการบันทึกภาพรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏด้วยกล้องดิจิทัลเพื่อการถ่ายภาพและปรับภาพ รอยลายนิ้วมือแฝงโดยใช้โหมด A ทำการบันทึกภาพรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏด้วยกล้องดิจิทัล Camera model: NIKON D5600 (F-number 4-4.5) และทำการถ่ายภาพด้วยการส่องด้วยไฟ ฉายหลายความถี่ ที่ความยาวคลื่น 400-700 nm.

4.7 วิเคราะห์ข้อมูลจากภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือให้พร้อมกับให้ส่งผู้ชำนาญด้านการตรวจ ลายนิ้วมือแฝง จำนวน 3 ท่าน (เป็นผู้มีประสบการณ์ในการตรวจรอยลายนิ้วมือแฝง 5 ปี 10 ปี และ 20 ปี) ให้ค่าคะแนนความชัดเจนของรอยลายนิ้วมือที่เกิดขึ้นดังนี้

4.7.1 เกณฑ์การให้ค่าคะแนนการปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝง

0 หมายถึง ไม่มีรอยลายนิ้วมือปรากฏ

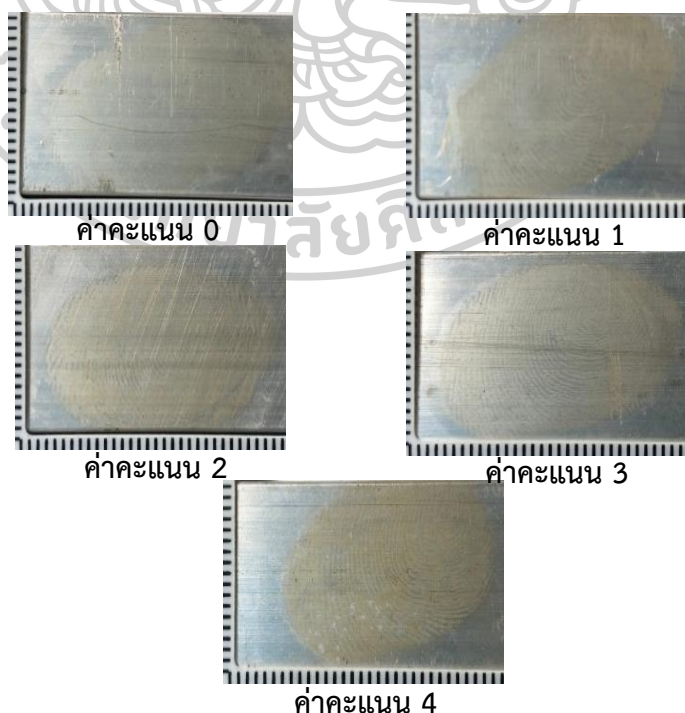
1 หมายถึง มีรอยลายนิ้วมือปรากฏน้อยกว่าหนึ่งในสาม

2 หมายถึง มีรอยลายนิ้วมือปรากฏในช่วงหนึ่งในสามถึงสองในสาม

3 หมายถึง มีรอยลายนิ้วมือปรากฏมากกว่าสองในสาม

4 หมายถึง มีการพัฒนารอยลายเส้นสมบูรณ์

และส่งให้ผู้ชำนาญด้านการตรวจลายนิ้วมือแฝงตรวจจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (Minutiae) ตั้งแต่ 10 จุดขึ้นไป แสดงว่าสามารถใช้ยืนยันตัวบุคคลได้ น้อยกว่า 10 จุด แสดงว่าไม่สามารถ ยืนยันตัว บุคคลได้



ภาพที่ 14 เกณฑ์การให้ค่าคะแนนภาพรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏ ด้วยวิธี PCS gel ตามข้อ 4.7.1

4.7.2 การร่อนลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะด้วยวิธี PCS gel เปรียบเทียบกับการหา ร่อนลายนิ้วมือแฝงด้วยผงฝุ่นดำ

4.8 ภาพถ่ายร่อนลายนิ้วมือแฝงที่ได้จากการทดลอง ในข้อ 4.6

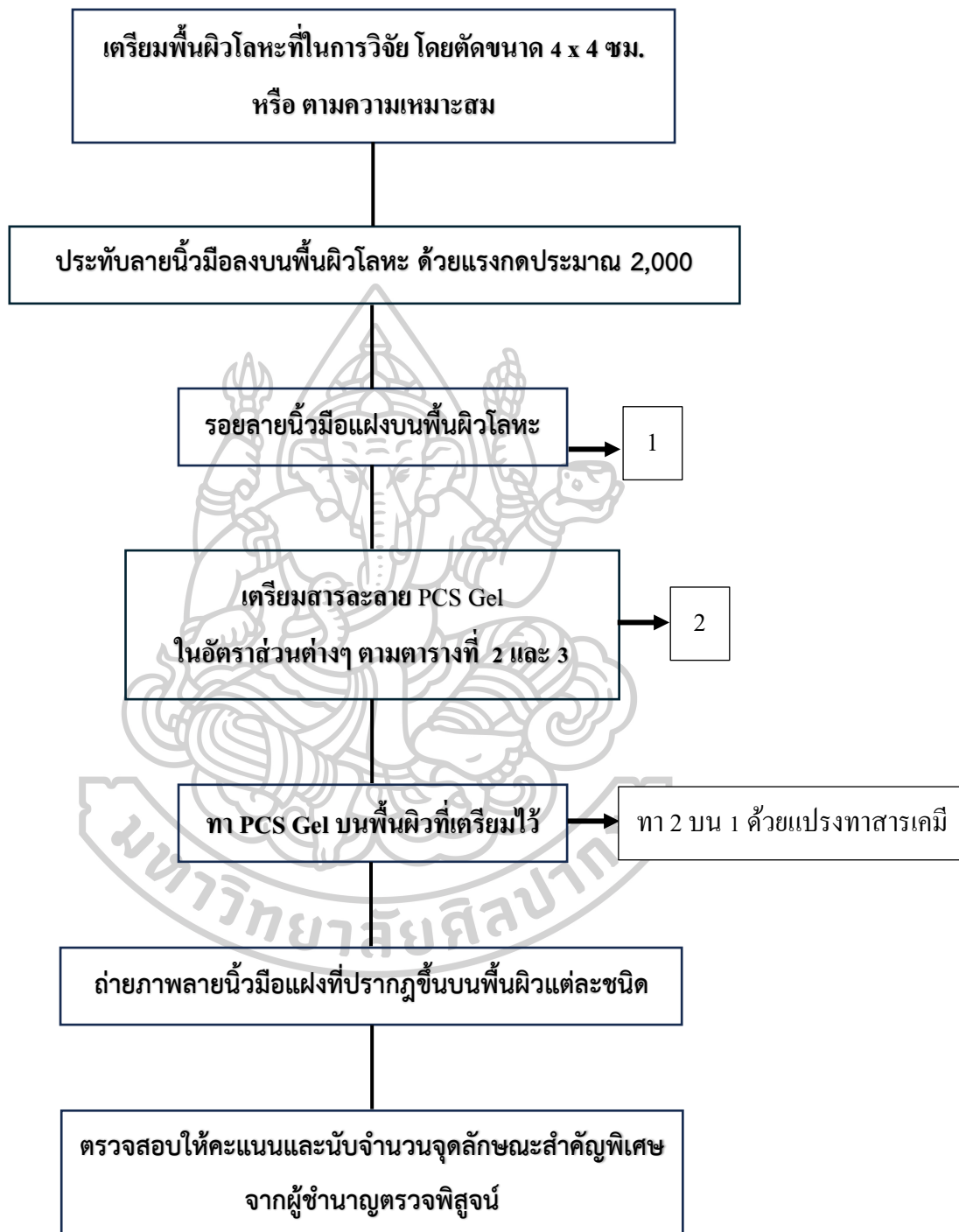
4.8.1 วิเคราะห์ข้อมูลจากภาพถ่ายร่อนลายนิ้วมือที่ได้จากวิธี PCS gel โดยการ ให้คะแนน

4.8.2 วิเคราะห์ข้อมูลจากภาพถ่ายร่อนลายนิ้วมือวิธี PCS gel เปรียบเทียบ กับการหา ร่อนลายนิ้วมือด้วยผงฝุ่นดำ

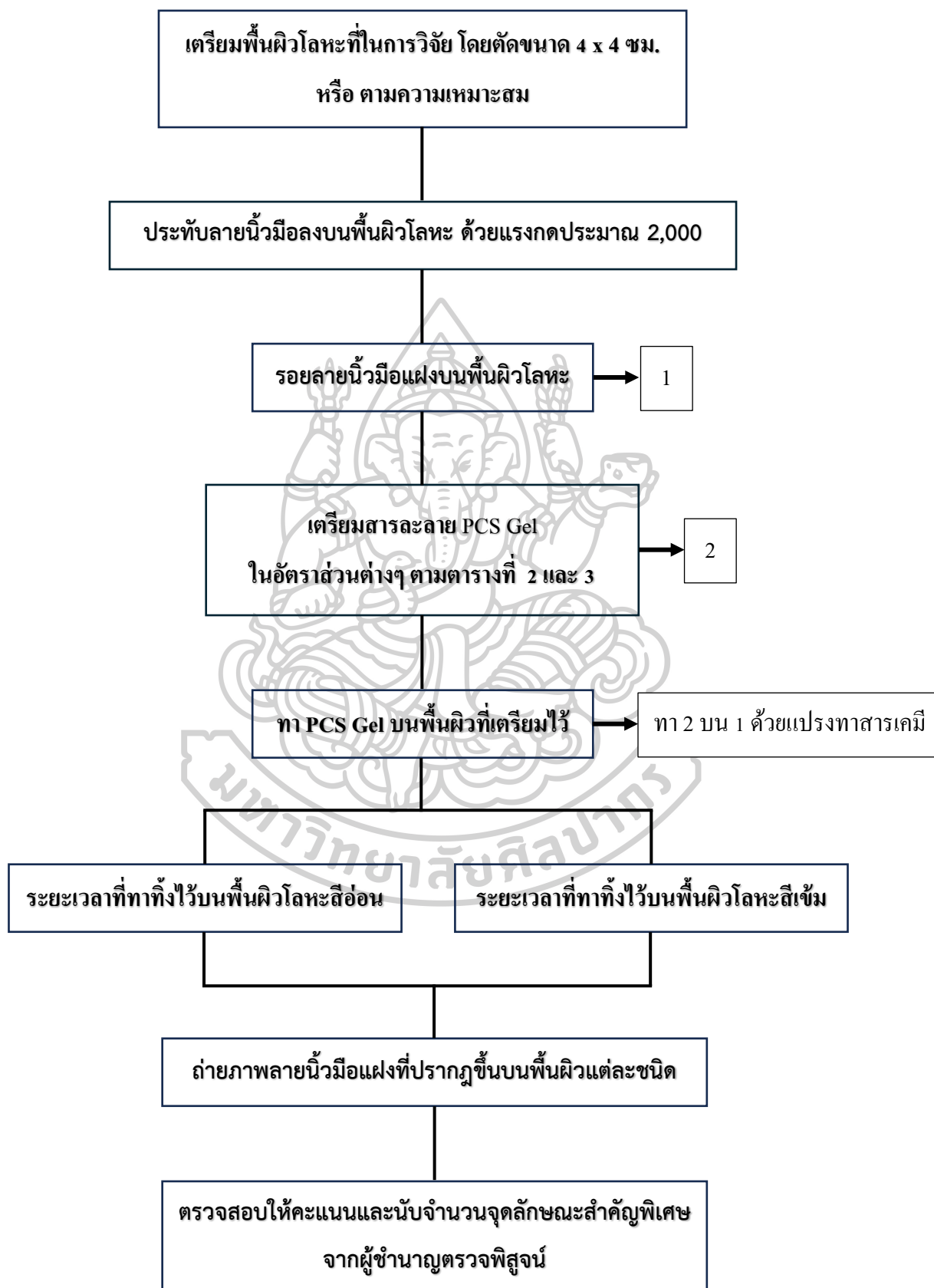


จากวิธีการทดลองข้างต้นสรุปเป็นแผนภาพได้ดังนี้

1.การหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวต่าง ๆ



2. การศึกษาระยะเวลาการทำ PCS Gel บนพื้นผิวโลหะชนิดต่างๆ



5. วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์และการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะด้วยวิธี PCS Gel โดยให้เกณฑ์การให้คะแนนระดับ 0-4 และการนับจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (minutiae) ด้วยการถ่ายภาพด้วยแสงขาวและทำการถ่ายภาพสำหรับพื้นผิวโลหะสีเข้มจะทำการถ่ายภาพด้วยการส่องด้วยไฟฉายหลายความถี่ ที่ความยาวคลื่น 400-700 nm. จากนั้นให้เกณฑ์การนับจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (minutiae) และปรับภาพให้เป็นภาพระดับสีเทา (Grayscale) ด้วยโปรแกรม Photoshop CS6 เพื่อเพิ่มความคมชัดของรอยลายนิ้วมือแฝง



บทที่ 4

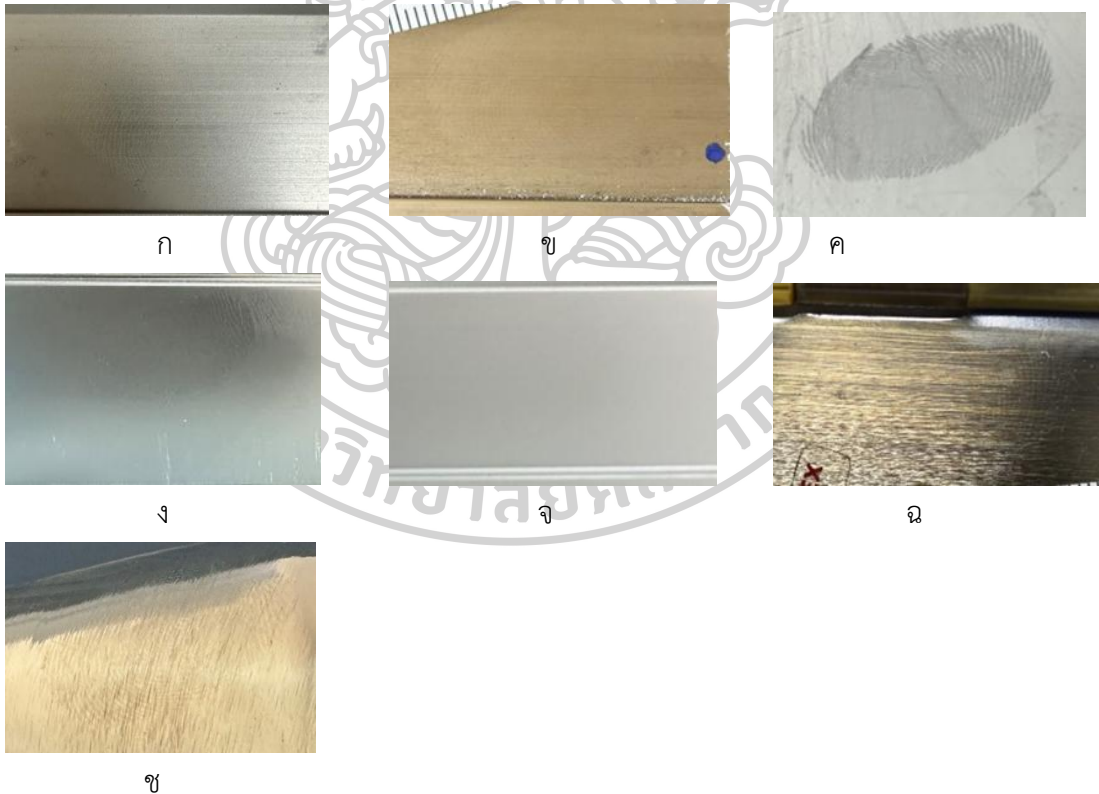
ผลการวิจัยและการอภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการทดลอง

จากการศึกษาการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงโดยใช้สารละลายอิลีกโทรไลต์แบบเจล (PCS Gel) ผู้วิจัยได้ศึกษาถึงความเข้มข้นของสารละลายละลาย อัตราส่วนที่เหมาะสม และระยะเวลาที่ใช้ในการปรากฏขึ้นของลายนิ้วมือแฝง ได้ผลการทดลองดังนี้

4.1 รอยลายนิ้วมือแฝงที่ติดอยู่บนพื้นผิวต่าง ๆ ก่อนการทำ PCS Gel

จากการประทับลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะชนิดต่างๆ และทำการถ่ายภาพรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้ เพื่อเปรียบเทียบก่อนทำการทดลองการหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วย PCS Gel นั้นสามารถตรวจยืนยันตัวบุคคลได้หรือไม่ ซึ่งจากการทดลองพบว่า ลายนิ้วมือที่ติดอยู่บนพื้นผิวไม่สามารถใช้ตรวจยืนยันตัวบุคคลได้ ดังแสดงในรูป



ภาพที่ 15 ลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวชนิดต่างๆ ก่อนการทำการทดลองการหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วย PCS Gel

- | | | |
|---------------------|---------------------|-------------------------------|
| ก) อลูมิเนียมสีอ่อน | ข) อลูมิเนียมสีเข้ม | ค) เหล็กกล้าไร้สนิม |
| ง) โลหะเคลือบสีดำ | จ) สังกะสี | ฉ) อัดลอยด์ ช) ทองเหลือง |

ศึกษาค่าความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต (KMnO_4) และ แคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ที่มีผลต่อการปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝง โดยปรับค่าความเข้มข้นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ทั้งสองชนิดและใช้ผงซิลิกา 5 กรัม เพื่อให้ PCS Gel สัมผัสกับพื้นผิวได้นานขึ้นโดยใช้วิธีการทาและปรับระยะเวลาการทา PCS Gel ทั้งไว้บนพื้นผิวโลหะ จากการทดลองในตารางที่ 6 (หน้า 42) ได้สารละลายเป็นเจล โดยใช้ 1% w/v KMnO_4 5 ml : 1% w/v CaCl_2 5 ml : silica powder 5 g

4.3.1 สูตรสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้สำหรับงานวิจัยนี้

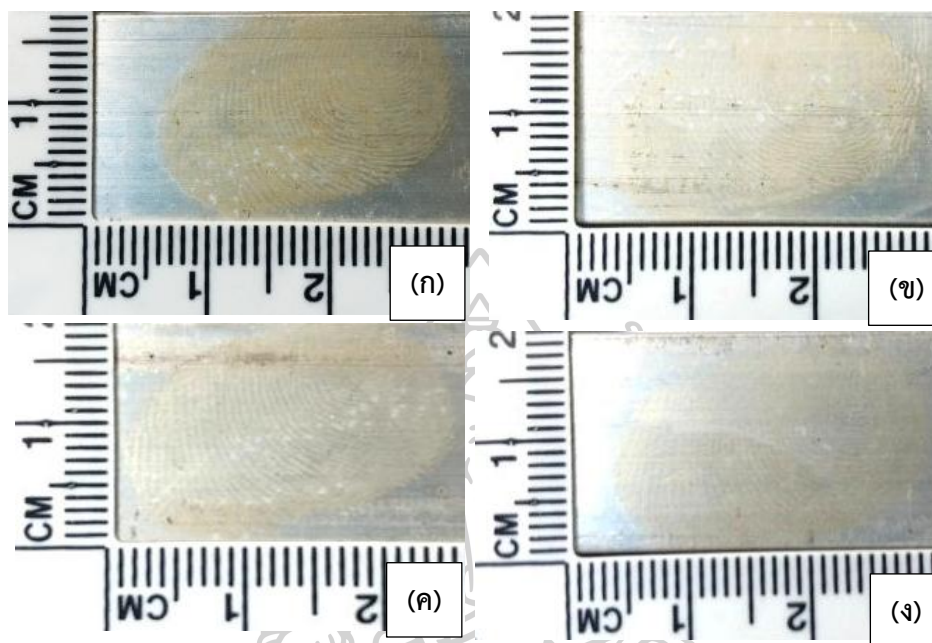
ทำการปรับความเข้มข้น KMnO_4 และ CaCl_2 ผสมผงซิลิกา 5 กรัม และทาสารละลายลงบนพื้นผิวอลูมิเนียมสีอ่อน ตามการทดลองในตารางที่ 7 (หน้า 42) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 8

สารละลายอิเล็กโทรไลต์ โดยใช้สูตร 5% w/v KMnO_4 5 ml : 1% w/v CaCl_2 5 ml : silica powder 5 g ซึ่งในงานวิจัยนี้จะเรียกวิธีการहारอลายนี้นี้ว่ามือแฝงบนพื้นผิวโลหะแต่ละชนิดเป็นวิธี PCS Gel

ตารางที่ 8 ค่าความเข้มข้น (% w/v) ของ KMnO_4 และ CaCl_2 ที่มีผลต่อการปรากฏของรอยลายนิ้วมือแฝง

[illegible]

เมื่อทำการทดลองกับพื้นผิวอลูมิเนียมสีอ่อน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนที่ดีที่สุดของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ (PCS Gel) ใน อัตราส่วน 5% w/v KMnO_4 5 ml : 1% w/v CaCl_2 5 ml : silica powder 5 g ดังแสดงในภาพถ่ายที่ 16



ภาพที่ 16 ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏบนพื้นผิวอลูมิเนียมโดยทา PCS gel มีค่าคะแนนรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏบนพื้นผิวเท่ากับ 4

พบว่าจากการทดลองในงานวิจัยนี้ใช้อัตราส่วน PCS Gel (5%w/v KMnO_4 5 ml : 1%w/v CaCl_2 5 ml : Silica Powder 5 g) จากภาพที่ 16 (ก) ค่าคะแนนรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏบนพื้นผิวอลูมิเนียมมีค่าคะแนน 4 ซึ่งสามารถหาจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้เกิน 10 จุดและยืนยันตัวบุคคลได้

4.3.2 การปรากฏขึ้นของรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวเหล็กกล้าไร้สนิม ที่ให้ค่าคะแนนอยู่ในระดับ 4

จากการทดลองในภาพที่ 17 เป็นตัวอย่างรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏขึ้นบนพื้นผิวเหล็กกล้าไร้สนิม เมื่อทา PCS Gel (5%w/v KMnO_4 5 ml : 1%w/v CaCl_2 5 ml : Silica Powder 5 g) ทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 20 นาที

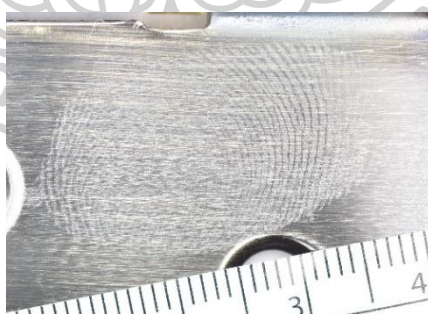


ภาพที่ 17 ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏบนพื้นผิวเหล็กกล้าไร้สนิม ค่าคะแนนรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏบนพื้นผิวเท่ากับ 4

พบว่าจากการทดลองในงานวิจัยนี้จึงใช้อัตราส่วน PCS Gel (5%w/v KMnO_4 5 ml : 1%w/v CaCl_2 5 ml : Silica Powder 5 g) จากภาพที่ 17 ค่าคะแนนรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏบนพื้นผิวเท่ากับ 4 สามารถหาจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้เกิน 10 จุดและยืนยันตัวบุคคลได้

4.3.3 การปรากฏขึ้นของรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวอัลลอยด์ ที่ให้ค่าคะแนนอยู่ในระดับ 4

จากการทดลองในภาพที่ 18 เป็นตัวอย่างรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏขึ้นบนพื้นผิวอัลลอยด์ เมื่อทา PCS Gel PCS Gel (5%w/v KMnO_4 5 ml : 1%w/v CaCl_2 5 ml : Silica Powder 5 g) ทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 25 นาที



ภาพที่ 18 ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏบนพื้นผิวอัลลอยด์ มีค่าคะแนนเท่ากับ 4

จากการทดลองพบว่าอัตราส่วน PCS Gel (5%w/v KMnO_4 5 ml : 1%w/v CaCl_2 5 ml : Silica Powder 5 g) จากภาพที่ 18 ค่าคะแนนรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏบนพื้นผิวเท่ากับ 4 สามารถหาจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้เกิน 10 จุดและยืนยันตัวบุคคลได้

4.3.4 การปรากฏขึ้นของรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวอลูมิเนียมสีชา ที่ให้ค่าคะแนนอยู่ในระดับ 4

จากการทดลองในภาพที่ 19 เป็นตัวอย่างที่ปรากฏขึ้นบนพื้นผิวอลูมิเนียมสีชา เมื่อทา PCS Gel (5%w/v KMnO_4 5 ml : 1%w/v CaCl_2 5 ml : Silica Powder 5 g) ทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 25 นาที



ภาพที่ 19 ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏบนพื้นผิวอลูมิเนียมสีชา มีค่าคะแนนเท่ากับ 4

จากการทดลองพบว่าอัตราส่วน PCS Gel (5%w/v KMnO_4 5 ml : 1%w/v CaCl_2 5 ml : Silica Powder 5 g) จากภาพที่ 19 ค่าคะแนนรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏบนพื้นผิวเท่ากับ 4 สามารถหาจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้เกิน 10 จุดและยืนยันตัวบุคคลได้

4.3.5 การปรากฏขึ้นของรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวทองเหลือง ที่ให้ค่าคะแนนอยู่ในระดับ 4

จากการทดลองในภาพที่ 20 เป็นตัวอย่างรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏขึ้นบนพื้นผิวทองเหลือง เมื่อทา PCS Gel (5%w/v KMnO_4 5 ml : 1%w/v CaCl_2 5 ml : Silica Powder 5 g) ทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 25 นาที



ภาพที่ 20 ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏบนพื้นผิวทองเหลือง ที่มีค่าคะแนนเท่ากับ 4

จากการทดลองพบว่าอัตราส่วน PCS Gel (5%w/v KMnO_4 5 ml : 1%w/v CaCl_2 5 ml : Silica Powder 5 g) จากภาพที่ 20 ค่าคะแนนรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏบนพื้นผิวเท่ากับ 4 สามารถหาจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้เกิน 10 จุดและยืนยันตัวบุคคลได้

4.3.6 การปรากฏขึ้นของรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวสังกะสี ที่ให้ค่าคะแนนอยู่ในระดับ

4

จากการทดลองในภาพที่ 21 เป็นตัวอย่างรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏขึ้นบนพื้นผิวสังกะสี เมื่อทา PCS Gel (5%w/v KMnO_4 5 ml : 1%w/v CaCl_2 5 ml : Silica Powder 5 g) ทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 25 นาที

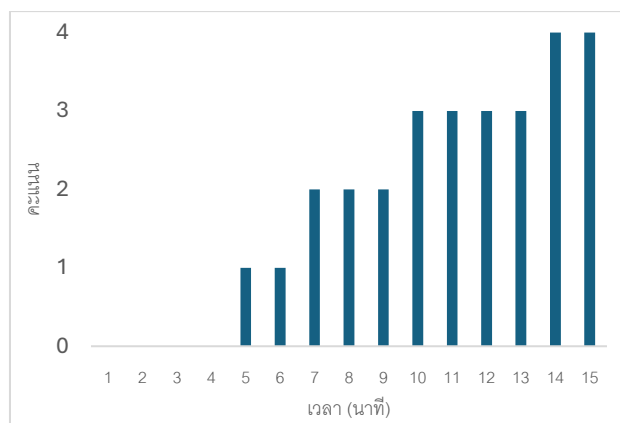


ภาพที่ 21 ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏบนพื้นผิวสังกะสี ที่มีค่าคะแนนเท่ากับ 4

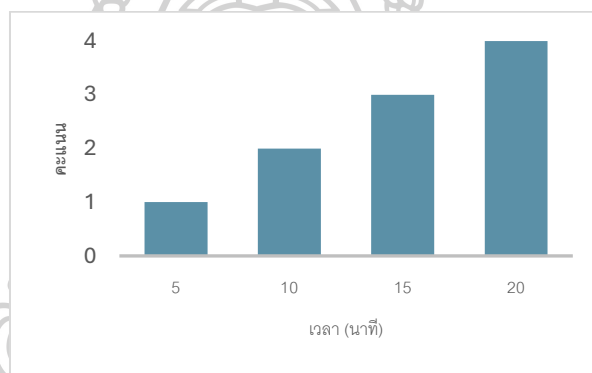
จากการทดลองพบว่าอัตราส่วน PCS Gel (5%w/v KMnO_4 5 ml : 1%w/v CaCl_2 5 ml : Silica Powder 5 g) จากภาพที่ 21 ค่าคะแนนรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏบนพื้นผิวเท่ากับ 4 สามารถใช้ยืนยันตัวบุคคลได้

4.4 ทำการศึกษาระยะเวลาการทา PCS Gel ทิ้งไว้บนพื้นผิวโลหะแต่ละชนิด

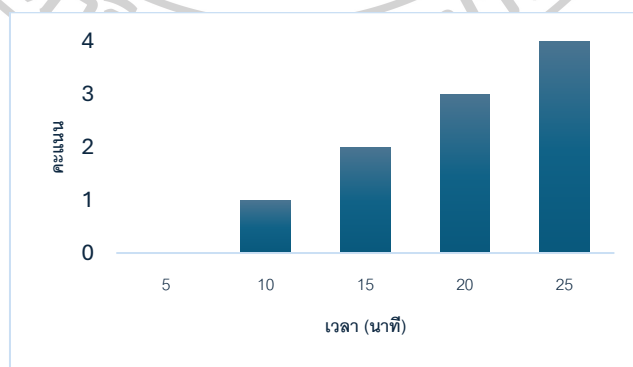
จากอัตราส่วน PCS Gel (5%w/v KMnO_4 5 ml : 1%w/v CaCl_2 5 ml : Silica Powder 5 g) ทำการหาเวลาที่เหมาะสมโดยการทา PCS Gel ทิ้งไว้บนพื้นผิวโลหะแต่ละชนิด และให้ค่าคะแนนรอยลายนิ้วมือแฝงที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวโลหะชนิดต่างๆ ดังนี้



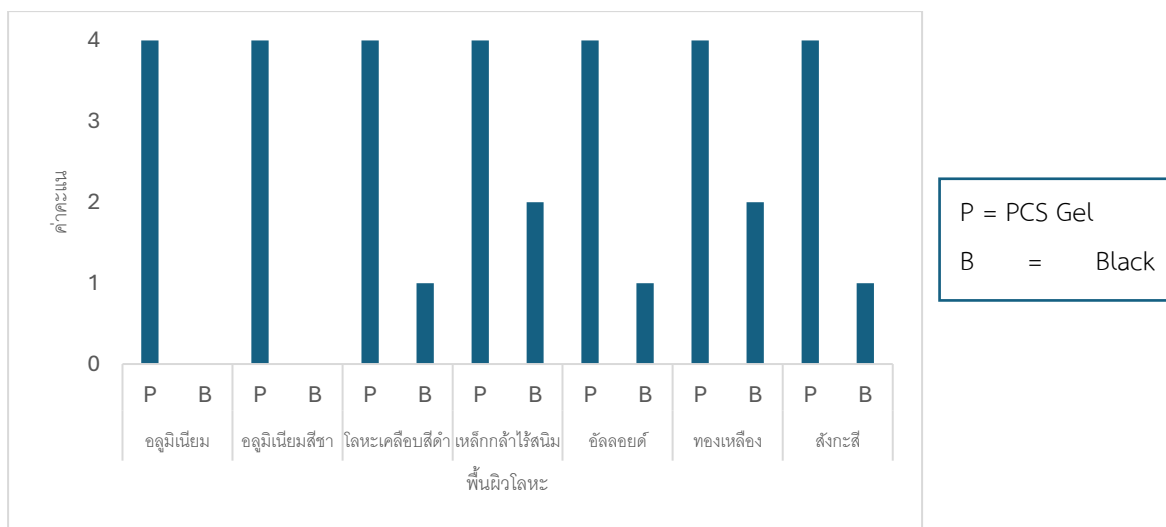
ภาพที่ 22 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏโดยแสดงเป็นระดับคะแนนกับระยะเวลาที่ทา PCS Gel ทิ้งไว้บนพื้นผิวโลหะอลูมิเนียม



ภาพที่ 23 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏโดยแสดงเป็นระดับคะแนนกับระยะเวลาที่ทา PCS Gel ทิ้งไว้บนพื้นผิวเหล็กกล้าไร้สนิม



ภาพที่ 24 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏโดยแสดงเป็นระดับคะแนนกับระยะเวลาที่ทา PCS Gel ทิ้งไว้บนพื้นผิวโลหะอลูมิเนียมสีชา



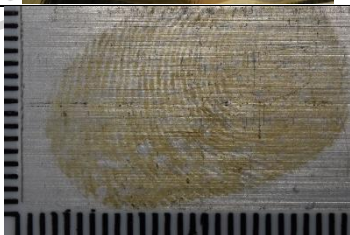
ภาพที่ 25 ความสัมพันธ์คุณภาพของรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏบนพื้นผิวแต่ละชนิดโดยแสดงเป็นระดับคะแนนระหว่างเทคนิค PCS Gel และ Black Powder

จากการศึกษาพบว่าระยะเวลาที่ดีที่สุดที่ได้ คุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝง ดังตารางที่ 9 และเมื่อใช้เวลาเกินระยะเวลาที่ดีที่สุดหลังจาก เนื่องจากเส้นนูนและร่องจะขีดกันคุณภาพรอยลายนิ้วมือแฝงไม่สามารถหาจุดลักษณะสำคัญพิเศษ

ตารางที่ 9 ระยะเวลาที่เหมาะสมได้คุณภาพรอยลายนิ้วมือดีที่สุดบนพื้นผิวแต่ละชนิด สรุประยะเวลาการทา PCS Gel ทิ้งไว้ บนพื้นผิวโลหะแต่ละชนิด

ชนิดของพื้นผิวโลหะ	ระยะเวลาการทา PCS Gel ทิ้งไว้ (นาที)
อลูมิเนียมสีอ่อน	15
เหล็กกล้าไร้สนิม	20
อลูมิเนียมสีชาโลหะเคลือบสีดำ	25
สังกะสี อัลลอยด์ ทองเหลือง	

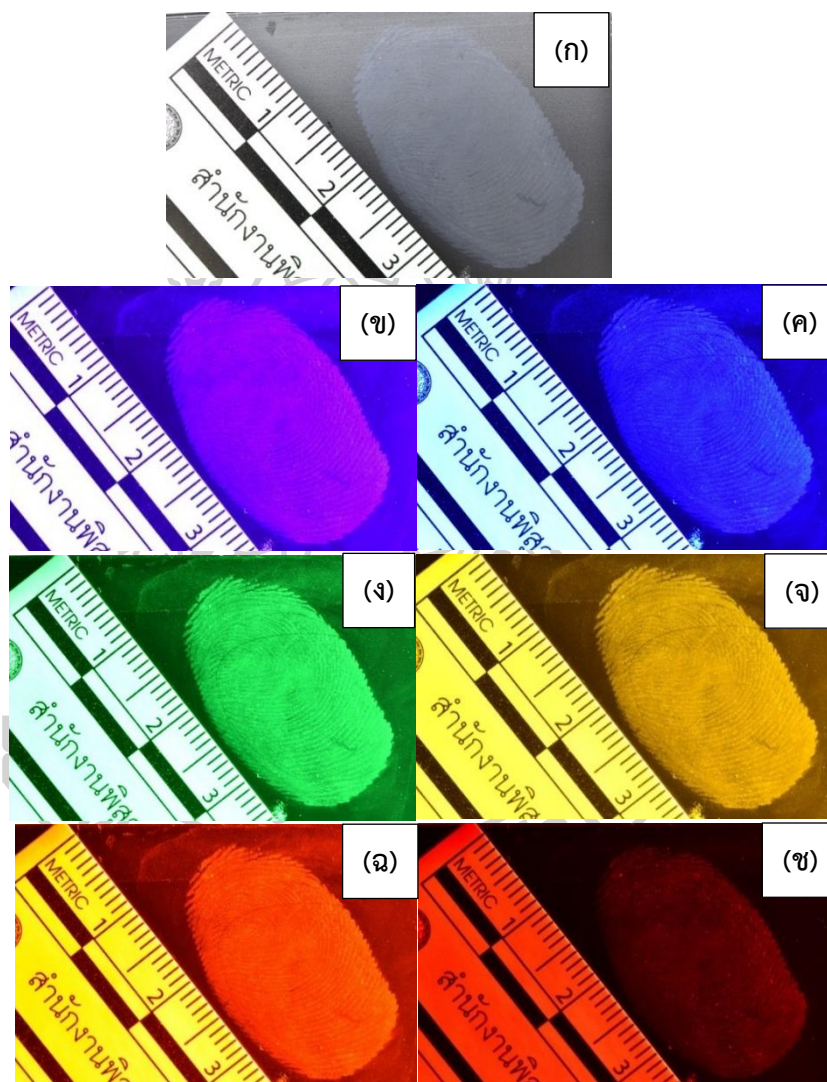
ตารางที่ 10 ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏ ด้วยวิธี PCS gel อัตราส่วน 1:1:1 5% w/v KMnO_4 :1% w/v CaCl_2 :silica powder ค่าคะแนนรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏบนพื้นผิวเท่ากับ 4

พื้นผิวโลหะ	เวลาที่ทา PCS Gel ทิ้งไว้บนพื้นผิวโลหะ	ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝง
อลูมิเนียม	15 นาที	
เหล็กกล้าไร้สนิม	20 นาที	
อัลลอยด์	25 นาที	
ทองเหลือง	25 นาที	
สังกะสี	25 นาที	

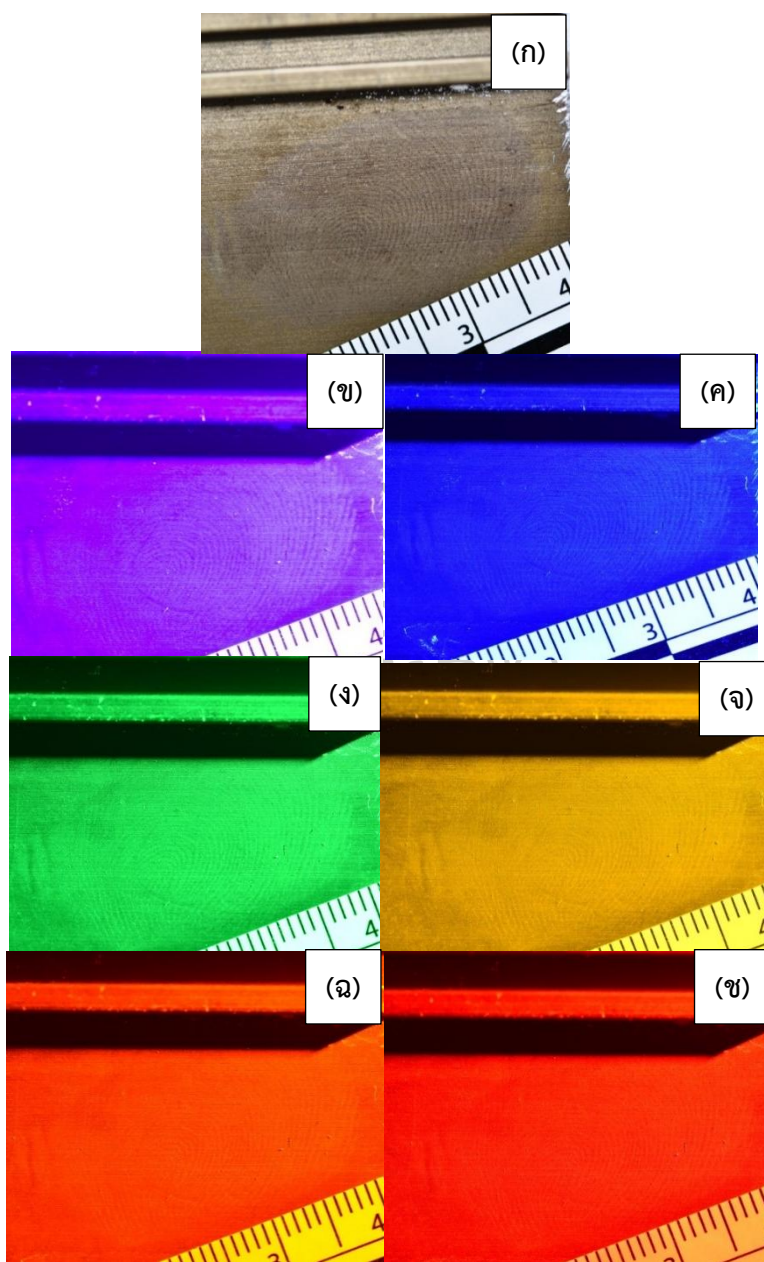
จากผลการทดลองที่ได้ พบว่าการทา PCS Gel (5%w/v KMnO_4 5 ml : 1%w/v CaCl_2 5 ml : Silica Powder 5 g) ทำให้ปรากฏรอยลายนิ้วมือขึ้น โดยการทา PCS Gel ทิ้งไว้บนพื้นผิว อลูมิเนียม เป็นเวลาประมาณ 15 นาที เหล็กกล้าไร้สนิม เป็นเวลาประมาณ 20 นาที และพื้นผิวโลหะ อื่นๆ เป็นเวลาประมาณ 25 นาที

4.5 การศึกษาทำการถ่ายภาพด้วยการส่องด้วยไฟฉายหลายความถี่ ที่ความยาวคลื่น 400-700 nm.

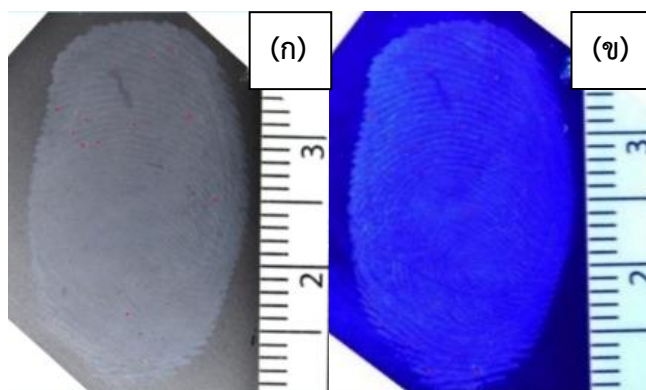
จากการทดลองในภาพที่ 26 รอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏขึ้นบนพื้นผิวอลูมิเนียมสีชาเมื่อทำ PCS Gel ทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 25 นาที จากนั้น ทำการถ่ายภาพด้วยการส่องด้วยไฟฉายหลายความถี่ที่ความยาวคลื่น 400-700 nm.



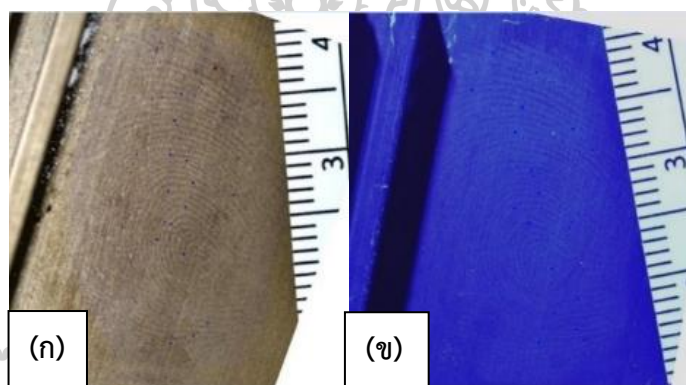
ภาพที่ 26 ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏบนพื้นผิวโลหะสีดำ
มีค่าคะแนนรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏบนพื้นผิวเท่ากับ 4 (ก) ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงที่ภายใต้การใช้
แสงขาว (ข) ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงที่ภายใต้การใช้แสงสีม่วง (415 nm) (ค) ภายใต้การใช้แสงน้ำ
เงิน (450 nm) (ง) ภายใต้การใช้แสงสีเขียว (505 nm) (จ) ภายใต้การใช้แสงสีเหลือง (530 nm) (ฉ)
ภายใต้การใช้แสงสีส้ม (590 nm) (ช) ภายใต้การใช้แสงสีแดง (650 nm)



ภาพที่ 27 ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏบนพื้นผิวอลูมิเนียมสีชา
มีค่าคะแนนรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏบนพื้นผิวเท่ากับ 4 (ก) ภายใต้การใช้แสงขาว โดยส่องด้วยไฟฉาย
หลายความถี่ (ข) ภายใต้การใช้แสงสีม่วง (415 nm) (ค) ภายใต้การใช้แสงน้ำเงิน (450 nm) (ง)
ภายใต้การใช้แสงสีเขียว (505 nm) (จ) ภายใต้การใช้แสงสีเหลือง (530 nm) (ฉ) ภายใต้การใช้แสงสี
ส้ม (590 nm) (ช) ภายใต้การใช้แสงสีแดง (650 nm)



ภาพที่ 28 จุดลักษณะสำคัญพิเศษของลายนิ้วมือแฝงภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏบนพื้นผิวอลูมิเนียมสีดำ เปรียบเทียบระหว่าง (ก) ภายใต้การใช้แสงขาว (ข) โดยส่องด้วยไฟฉายหลายความถี่ภายใต้การใช้แสงน้ำเงิน (450 nm)



ภาพที่ 29 จุดลักษณะสำคัญพิเศษของลายนิ้วมือแฝงภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏบนพื้นผิวอลูมิเนียมสีชา เปรียบเทียบระหว่าง (ก) ภายใต้การใช้แสงขาว (ข) โดยส่องด้วยไฟฉายหลายความถี่ภายใต้การใช้แสงน้ำเงิน (450 nm)

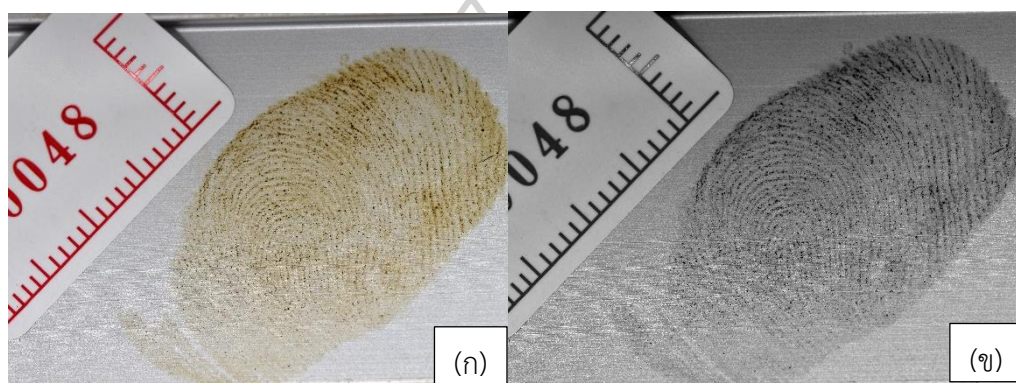
จากการทดลองพบว่า การถ่ายภาพโดยใช้ชุดไฟฉายหลายความถี่ (Polylight) เพื่อเพิ่มการมองเห็นรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะสีชาค่าความยาวคลื่นที่เหมาะสม คือ ค่าความยาวคลื่นที่ 450 (แสงสีน้ำเงิน) ดังภาพที่ 26 และ 27 และสามารถเห็นจุดลักษณะสำคัญพิเศษเพิ่มมากขึ้น ตามภาพที่ 28 และ 29

4.6 ทำการปรับภาพให้เป็นภาพระดับสีเทา (Grayscale) ด้วยโปรแกรม Photoshop

CS6

4.6.1 การศึกษาการถ่ายภาพด้วยการส่องด้วยแสงขาวปรับภาพให้เป็นภาพระดับสีเทา (Grayscale) ด้วยโปรแกรม Photoshop CS6 บนพื้นผิวอลูมิเนียม

จากการทดลองในภาพที่ ถึง เป็นตัวอย่างที่ปรากฏขึ้นบนพื้นผิวอลูมิเนียม เมื่อทา PCS Gel ด้วยความเข้มข้น 5% w/v KMnO_4 ใช้ผงซิลิกา 5 กรัม เท่ากัน ปรับค่าความเข้มข้นของ 1% w/v CaCl_2 โดยทา PCS Gel ทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 10 นาที



ภาพที่ 30 ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏบนพื้นผิวอลูมิเนียม ที่มีค่าคะแนนเท่ากับ 4

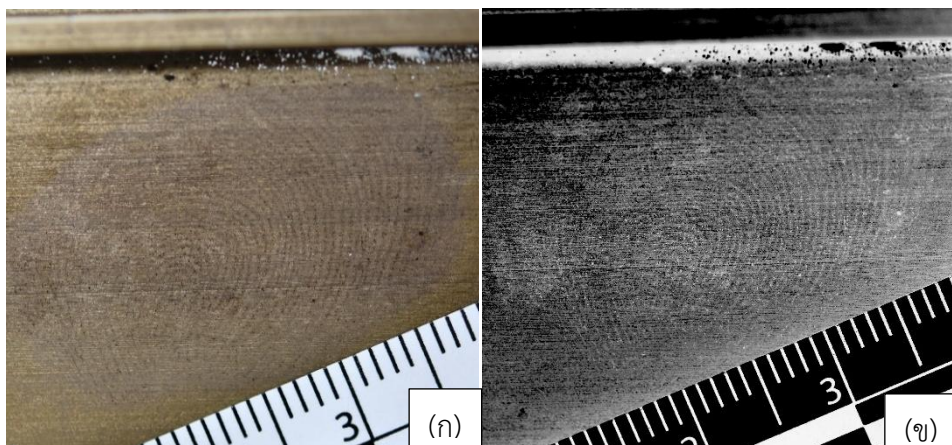
(ก) ภายใต้การใช้แสงขาว

(ข) ภายใต้การปรับเป็นภาพระดับสีเทา (Grayscale) ด้วยโปรแกรม Photoshop CS6.

จากการทดลองพบว่าอัตราส่วน PCS Gel (5%w/v KMnO_4 5 ml : 1%w/v CaCl_2 5 ml : Silica Powder 5 g) จากภาพที่ 30 ค่าคะแนนรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏบนพื้นผิวอลูมิเนียมเท่ากับ 4 สามารถหาจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้เกิน 10 จุดและยืนยันตัวบุคคลได้ โดยการปรับภาพเป็นภาพระดับสีเทา (Grayscale) เพื่อให้เห็นเส้นสลับชัดเจนขึ้นและง่ายต่อการหาจุดลักษณะสำคัญพิเศษ

4.6.2 การศึกษาการถ่ายภาพด้วยการส่องด้วยแสงขาวปรับภาพให้เป็นภาพระดับสีเทา (Grayscale) ด้วยโปรแกรม Photoshop CS6 บนพื้นผิวอลูมิเนียมสีชา

จากการทดลองในภาพที่ ถึง เป็นตัวอย่างที่ปรากฏขึ้นบนพื้นผิวอลูมิเนียมสีชา เมื่อทา PCS Gel ด้วยความเข้มข้น 5% w/v KMnO_4 ใช้ผงซิลิกา 5 กรัม เท่ากัน ปรับค่าความเข้มข้นของ 1% w/v CaCl_2 โดยทา PCS Gel ทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 25 นาที



ภาพที่ 31 ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏบนพื้นผิวอลูมิเนียมสีชา มีค่าคะแนนเท่ากับ 4

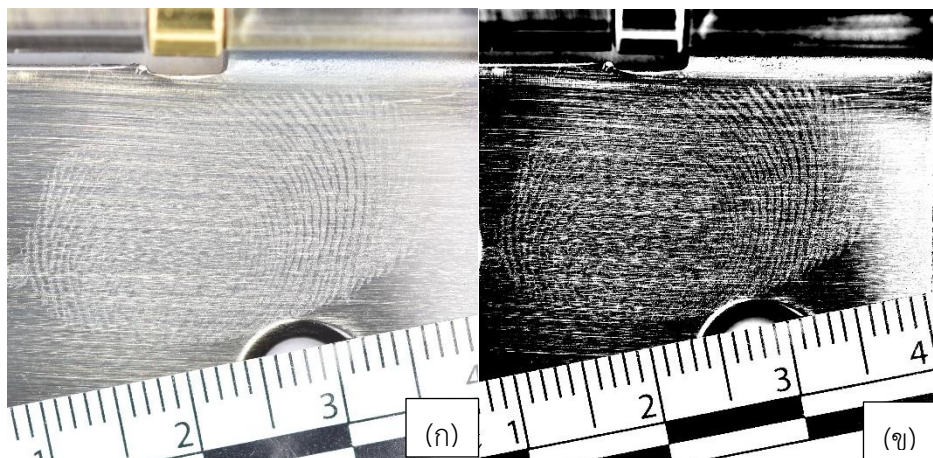
(ก) ภายใต้การใช้แสงขาว

(ข) ภายใต้การปรับเป็นภาพระดับสีเทา (Grayscale) ด้วยโปรแกรม Photoshop CS6.

จากการทดลองพบว่าอัตราส่วน PCS Gel (5%w/v KMnO_4 5 ml : 1%w/v CaCl_2 5 ml : Silica Powder 5 g) จากภาพที่ 31 ค่าคะแนนรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏบนพื้นผิวอลูมิเนียมสีชาเท่ากับ 4 สามารถหาจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้เกิน 10 จุดและยืนยันตัวบุคคลได้ โดยการปรับภาพเป็นภาพระดับสีเทา (Grayscale) เพื่อให้เห็นเส้นสลับชัดเจนขึ้นและง่ายต่อการหาจุดลักษณะสำคัญพิเศษ

4.6.3 การศึกษาการถ่ายภาพด้วยการส่องด้วยแสงขาวปรับภาพให้เป็นภาพระดับสีเทา (Grayscale) ด้วยโปรแกรม Photoshop CS6 บนพื้นผิวอัลลอยด์

จากการทดลองในภาพที่ 32 เป็นตัวอย่างที่ปรากฏขึ้นบนพื้นผิวอัลลอยด์ เมื่อทา PCS Gel ด้วยความเข้มข้น 5% w/v KMnO_4 ใช้ผงซิลิกา 5 กรัม เท่ากัน ปรับค่าความเข้มข้น ของ 1% w/v CaCl_2 โดยทา PCS Gel ทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 25 นาที



ภาพที่ 32 ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏบนพื้นผิวอัลลอยด์ มีค่าคะแนนเท่ากับ 4

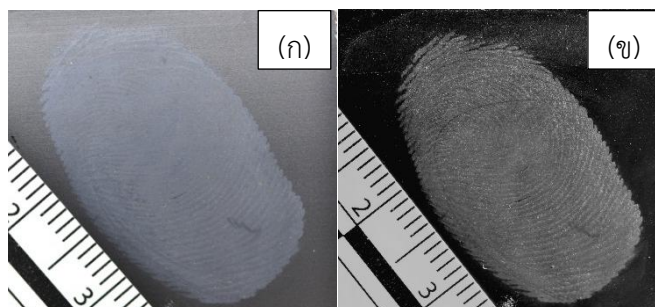
(ก) ภายใต้การใช้แสงขาว

(ข) ภายใต้การปรับเป็นภาพระดับสีเทา (Grayscale) ด้วยโปรแกรม Photoshop CS6.

จากการทดลองพบว่าอัตราส่วน PCS Gel (5%w/v KMnO_4 5 ml : 1%w/v CaCl_2 5 ml : Silica Powder 5 g) จากภาพที่ 39 ค่าคะแนนรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏบนพื้นผิวอัลลอยด์ เท่ากับ 4 สามารถหาจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้เกิน 10 จุดและยืนยันตัวบุคคลได้ โดยการปรับภาพเป็นภาพระดับสีเทา (Grayscale) เพื่อให้เห็นเส้นสลับชัดเจนขึ้นและง่ายต่อการหาจุดลักษณะสำคัญพิเศษ

4.6.4 การศึกษาการถ่ายภาพด้วยการส่องด้วยแสงขาวและส่องด้วยไฟฉายหลายความถี่ภายใต้การใช้แสงน้ำเงิน (450 nm) ปรับภาพให้เป็นภาพระดับสีเทา (Grayscale) ด้วยโปรแกรม Photoshop CS6 บนพื้นผิวโลหะเคลือบสีดำ

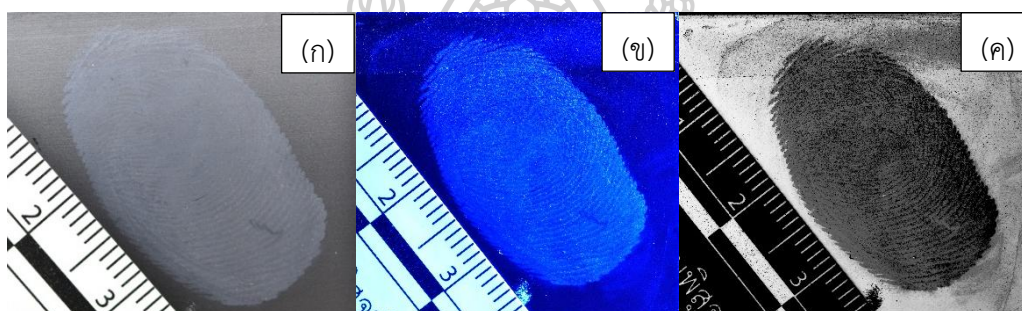
จากการทดลองในภาพที่ 33 ถึง 34 เป็นตัวอย่างที่ปรากฏขึ้นบนพื้นผิวโลหะเคลือบสีดำ เมื่อทา PCS Gel ด้วยความเข้มข้น 5% w/v KMnO_4 ใช้ผงซิลิกา 5 กรัม เท่ากัน ปรับค่าความเข้มข้น ของ 1% w/v CaCl_2 โดยทา PCS Gel ทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 25 นาที



ภาพที่ 33 ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏบนพื้นผิวโลหะสีดำ ที่มีค่าคะแนนเท่ากับ 4

(ก) ภายใต้การใช้แสงขาว

(ข) ภายใต้การปรับเป็นภาพระดับสีเทา (Grayscale) ด้วยโปรแกรม Photoshop CS6.

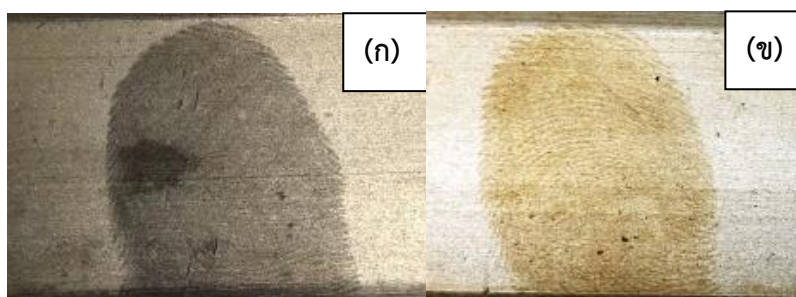


ภาพที่ 34 ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏบนพื้นผิวโลหะเคลือบสีมีค่าคะแนนเท่ากับ 4

(ก) ภายใต้การใช้แสงขาว (ข) ภายใต้การใช้แสงน้ำเงิน (450 nm) (ค) ภายใต้การปรับเป็นภาพระดับสีเทา (Grayscale) ด้วยโปรแกรม Photoshop CS6.

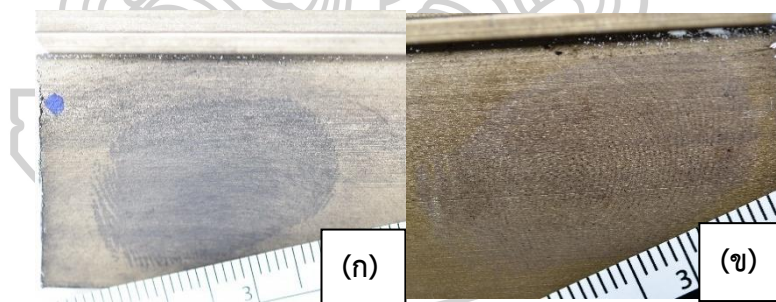
จากการทดลองพบว่าอัตราส่วน PCS Gel (5%w/v KMnO_4 5 ml : 1%w/v CaCl_2 5 ml : Silica Powder 5 g) จากภาพที่ 33 และ 34 ค่าคะแนนรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏบนพื้นผิวโลหะเคลือบสีดำ เท่ากับ 4 สามารถหาจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้เกิน 10 จุดและยืนยันตัวบุคคลได้ โดยการปรับภาพเป็นภาพระดับสีเทา (Grayscale) เพื่อให้เห็นเส้นสลับชัดเจนขึ้นและง่ายต่อการหาจุดลักษณะสำคัญพิเศษในภาพที่ 33(ข) แต่จากภาพ 34 จะเห็นว่า เมื่อถ่ายภาพโดยใช้ชุดไฟฉายหลายความถี่ (Polylight) ค่าความยาวคลื่นที่ 450 (แสงสีน้ำเงิน) และปรับภาพเป็นภาพระดับสีเทา (Grayscale) จะเห็นว่า ภาพที่ 34 (ค) จะเห็นความชัดของรอยลายนิ้วมือแฝงกว่าภาพที่ 34(ข)

4.7 ศึกษาการหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะ เปรียบเทียบระหว่างวิธีปัดผงฝุ่นดำ และวิธี PCS Gel



ภาพที่ 35 ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏบนพื้นผิวอลูมิเนียมสีอ่อน เปรียบเทียบระหว่างการพัฒนารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยวิธีผงฝุ่นดำ (ก) กับวิธี PCS gel (ข)

จากการทดลองพบว่าการหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยวิธีด้วยบนผงฝุ่นดำค่าคะแนนรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏเท่ากับ 4 และการหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยวิธี PCS Gel (5%w/v KMnO_4 5 ml : 1%w/v CaCl_2 5 ml : Silica Powder 5 g) จากภาพที่ 35 ค่าคะแนนรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏบนพื้นผิวอลูมิเนียมสีอ่อน เท่ากับ 4 สามารถหาจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้เกิน 10 จุดและยืนยันตัวบุคคลได้



ภาพที่ 36 ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏบนพื้นผิวอลูมิเนียมสีชา เปรียบเทียบระหว่างการพัฒนารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยวิธีผงฝุ่น(ก) กับวิธี PCS gel (ข)

จากการทดลองพบว่าการหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยวิธีผงฝุ่นดำค่าคะแนนรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏเท่ากับ 1 และการหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยวิธี PCS Gel (5%w/v KMnO_4 5 ml : 1%w/v CaCl_2 5 ml : Silica Powder 5 g) จากภาพที่ 36 ค่าคะแนนรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏบนพื้นผิวอลูมิเนียมสีชา เท่ากับ 4 สามารถหาจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้เกิน 10 จุดและยืนยันตัวบุคคลได้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการปรากฏขึ้นของลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะ (อลูมิเนียม สีส่อน อลูมิเนียมสีชา เหล็กกล้าไร้สนิม โลหะเคลือบสีดำ สังกะสี อัลลอยด์ ทองเหลือง) ด้วยวิธีการทา ละลายอิเล็กโทรไลต์แบบเจล (PCS Gel) ซึ่งตัวอย่างรอยลายนิ้วมือแฝงที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็น นิ้วหัวแม่มือขวาของผู้วิจัย โดยประทับรอยลายนิ้วมือแฝงโดยใช้นิ้วหัวแม่มือขวาบนพื้นผิวโลหะชนิด ต่างๆ หลังจากประทับรอยลายนิ้วมือแฝง ทา PCS Gel เพื่อให้รอยลายนิ้วมือปรากฏ ทำการถ่ายภาพ รอยลายนิ้วมือ ให้ค่าคะแนนและนับตรวจจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (minutiae)

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอวิธีการใหม่สำหรับการประยุกต์ใช้ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ สามารถหารอยลายนิ้วมือแฝงได้ในที่เกิดเหตุจริงโดยสรุปได้ 4 ข้อคือ

5.1.1 การทดลองหาส่วนผสมของ Potassium permanganate, Calcium chloride และ Silica powder (PCS gel)

สำหรับการหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะ ได้แก่ อลูมิเนียม เหล็กกล้าไร้สนิม ทองเหลือง อัลลอยด์ ซึ่งเป็นวัตถุพยานที่พบบ่อยในที่เกิดเหตุ โดยใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์แบบเจล และผงซิลิกาเป็นองค์ประกอบหลัก ปรับความเข้มข้นของสารละลายอิเล็กโทรไลต์แบบเจล (PCS gel) โดยใช้ 1-10 %w/v Potassium permanganate, 1-10 %w/v Calcium chloride และ Silica powder 1-10 g จากผลการทดสอบพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมของ PCS gel คือ 5 %w/v Potassium permanganate 5 ml: 5 %w/v Calcium chloride 5 ml: Silica powder 5 g

5.1.2 การทดลองหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำ PCS gel บนพื้นผิวโลหะ

เมื่อทำการทา PCS gel ทิ้งไว้บนพื้นผิวอลูมิเนียมสีอ่อนเป็นเวลา 15 นาที บนพื้นผิว เหล็กกล้าไร้สนิมจะใช้เวลาทาทิ้งไว้ 20 นาที และทำการถ่ายภาพกล้องดิจิตอล DSRL โดยใช้แสงขาว สำหรับพื้นผิวอลูมิเนียมสีชา สังกะสี โลหะเคลือบสีดำ อัลลอยด์ จะทา PCS gel ใช้เวลาทาทิ้งไว้ 25 นาที ซึ่งกลไกการเกิดรอยลายนิ้วมือแฝงที่ชัดเจนบนพื้นผิวโลหะ เกิดจากสารละลายอนิก ของ แคลเซียมคลอไรด์ ก่อตัวเป็นฟิล์มเคลือบพื้นผิวโลหะโดยปฏิกิริยารีดอกซ์ ซึ่งรอยลายนิ้วมือแฝง ประกอบไปด้วยน้ำ กรดไขมัน สารอินทรีย์ต่างๆ ดังนั้น ไอออนแคลเซียมจะจับตัวกับคาร์บอเนตที่ไม่ ละลายน้ำ เกลือซัลเฟต ทำปฏิกิริยากับกรดไขมัน กรดอะมิโน รวมตัวกันเป็นสารเชิงซ้อนที่ไม่ละลาย น้ำ

5.1.3 การทดลองเพื่อเพิ่มความชัดเจนของรอยลายนิ้วมือแฝงด้วยการเติม สารออกซิไดซ์ ใน PCS gel

เพื่อเพิ่มความชัดเจนของรอยลายนิ้วมือแฝง จึงเติมโปรแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตซึ่งเป็นสารออกซิไดซ์ที่แรง ดังนั้นเมื่อใช้แคลเซียมคลอไรด์ผสมกับโปรแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต จะทำปฏิกิริยาพร้อมกันก่อเป็นฟิล์มบางๆ ดังที่อธิบายไว้ข้างต้นทำให้ปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝงชัดเจนและใส่ผงซิลิกาเพื่อให้เกิดเกาะพื้นผิวโลหะได้ดีขึ้น ซึ่งการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัย Jasuja, Om P. et al ที่ได้ทำการทดลองโดยใช้ผงซิลิกาพัฒนาผงฝุ่นแบบใหม่โดยใช้ซิลิกา (Silica gel G) หารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวต่างๆ ได้แก่ พลาสติก แก้ว กระดาษธรรมดา รวมถึง กระดาษคาร์บอน, กล่องไม้ขีดไฟ, กระดาษแข็ง, พื้นผิวไม้เคลือบเงา, พื้นผิวด้านบนที่สามารถเขียนได้ของแผ่นซีดีและพื้นผิวกระดาษนิตยสาร ซึ่งให้รอยลายนิ้วมือแฝงที่ชัดเจนมาก (Singh et al., 2013) ซึ่งได้ทดลองสารเคมีที่ใช้ในการกัดกร่อนโลหะ ซึ่ง แคลเซียมคลอไรด์เหมาะสมที่สุด (Jasuja et al., 2015) และพัฒนาโดยการเติมซิลิกาเจล G ลงไปในอิเล็กโทรไลต์ที่เป็นของเหลวเพื่อพัฒนารอยลายนิ้วมือบนพื้นผิวสแตนเลสและอลูมิเนียม (Jasuja & Singh, 2017)

5.1.4 การทดลองใช้ PCS gel ร่วมกับการใช้แสงถ่ายภาพรอยลายนิ้วมือแฝง

เมื่อได้รอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏบนพื้นผิวด้วยวิธี PCS Gel ทำการถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิทัล DSRL การถ่ายภาพรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏบนพื้นผิวสีเข้มพบว่าควรใช้ไฟฉายหลายความถี่ให้แสงสีน้ำเงิน (450 nm) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงและการตรวจหาจุดลักษณะสำคัญพิเศษ พบว่าเมื่อใช้ไฟฉายหลายความถี่ส่องวัตถุพยานและทำการถ่ายภาพสามารถหาจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้เพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 26 และ 27 ซึ่งได้เปรียบเทียบวิธีผงฝุ่นดำ จากรูปที่ 35 และ 36 ปรากฏว่าวิธีผงฝุ่นดำไม่มีรอยลายเส้นหรือจุดลักษณะสำคัญพิเศษบนพื้นผิวโลหะที่มีรอยลายนิ้วมือแฝง แต่วิธี PCS gel นับเป็นวิธีการใหม่ที่มีประสิทธิภาพและสามารถทำในสถานที่เกิดเหตุได้ทันที

5.2 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ระดับความสามารถในการปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะสีเข้มสามารถถ่ายภาพโดยใช้ไฟฉายหลายความถี่ ที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร และปรับภาพขาวดำด้วยโปรแกรม Photoshop CS6 เนื่องจากเทคนิคการหารอยลายนิ้วมือแฝงที่พัฒนาขึ้นนี้ใช้งานง่าย สะดวก และสามารถทำในสถานที่เกิดเหตุได้ทันที

5.3 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

5.3.1 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมหลังจากผสม Potassium permanganate, Calcium chloride และ Silica powder (PCS gel) ก่อนนำไปใช้และพัฒนา PCS gel ให้อยู่ในรูปแบบที่ง่ายต่อการพกพาได้พร้อมใช้งาน

5.3.2 ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมสำหรับสารละลายอิเล็กโทรไลต์โดยทำการทดลองด้วยสารเคมีชนิดอื่นๆ

5.3.3 ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมสำหรับรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏขึ้นบนพื้นผิวชนิดต่างๆ สามารถเก็บรอยลายนิ้วแฝงด้วยวิธีอื่นได้อีกหรือไม่นอกเหนือจากการถ่ายภาพ



รายการอ้างอิง

- Bersellini, C., Garofano, L., Giannetto, M., Lusardi, F., & Mori, G. (2001). Development of latent fingerprints on metallic surfaces using electropolymerization processes. *Journal of forensic sciences*, 46(4), 871-877.
- Bond, J. W. (2008). The thermodynamics of latent fingerprint corrosion of metal elements and alloys. *Journal of forensic sciences*, 53(6), 1344-1352.
- Choi, M. J., Smoother, T., Martin, A. A., McDonagh, A. M., Maynard, P. J., Lennard, C., & Roux, C. (2007). Fluorescent TiO₂ powders prepared using a new perylene diimide dye: Applications in latent fingerprint detection. *Forensic science international*, 173(2-3), 154-160.
- Divya, V., Agrawal, B., Srivastav, A., Bhatt, P., Bhowmik, S., Agrawal, K. Y., & Maity, P. (2018). Fluorescent amphiphilic silica nanopowder for developing latent fingerprints. *Australian Journal of Forensic Sciences*, 52(3), 354-367.
- Jasuja, O., & Singh, K. (2017). Visualizing latent fingermarks by aqueous electrolyte gel on fixed aluminum and steel surfaces. *Canadian Society of Forensic Science Journal*, 50(4), 181-196.
- Jasuja, O., Singh, K., Kumar, P., & Singh, G. (2015). Development of latent fingermarks by aqueous electrolytes on metallic surfaces: further studies. *Canadian Society of Forensic Science Journal*, 48(3), 122-136.
- Jasuja, O. P., Singh, G., & Almog, J. (2011). Development of latent fingermarks by aqueous electrolytes. *Forensic science international*, 207(1-3), 215-222.
- Kim, Y.-J., Jung, H.-S., Lim, J., Ryu, S.-J., & Lee, J.-K. (2016). Rapid imaging of latent fingerprints using biocompatible fluorescent silica nanoparticles. *Langmuir*, 32(32), 8077-8083.
- LeŚniewski, A. (2016). Hybrid organic-inorganic silica based particles for latent fingermarks development: a review. *Synthetic Metals*, 222, 124-131.
- Li, Y., Sun, Y., Deng, Y., Liu, J., Fu, J., Ouyang, R., & Miao, Y. (2019). An AEE-active probe combined with cyanoacrylate fuming for a high resolution fingerprint optical detection. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 283, 99-106.

- Ramos, A., & Vieira, M. (2012). An efficient strategy to detect latent fingerprints on metallic surfaces. *Forensic science international*, 217(1-3), 196-203.
- Rohatgi, R., & Kapoor, A. (2016). Development of latent fingerprints on wet non-porous surfaces with SPR based on basic fuchsin dye. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 6(2), 179-184.
- San Miguel, J. C. J., Piñas, J. C., Mosquera, S. M., & Mediavilla, E. R. (2021). An identification case study from fingerprint photographs. *Forensic science international*, 324, 110826.
- Sandhyarani, A., Basavaraj, R., Darshan, G., Nagabhushana, H., & Kokila, M. (2019). Influence of surface modification on enhancement of luminescent properties of SiO₂@ SrTiO₃: Dy³⁺ nanopowders: probe for visualization of sweat pores present in latent fingerprints. *Optik*, 181, 1139-1157.
- Singh, K., Sharma, S., & Garg, R. K. (2013). Visualization of latent fingerprints using silica gel G: a new technique. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 3(1), 20-25.
- Williams, S. F., Pulsifer, D. P., Lakhtakia, A., & Shaler, R. C. (2015). Columnar-Thin-Film-Assisted Visualization of Depleted Sebaceous Fingermarks on Nonporous Metals and Hard Plastics. *Journal of forensic sciences*, 60(1), 179-185.
- Yu, I.-H., Jou, S., Chen, C.-M., Wang, K.-C., Pang, L.-J., & Liao, J. S. (2011). Development of latent fingerprint by ZnO deposition. *Forensic science international*, 207(1-3), 14-18.
- อรรถพล แซ่มสุวรรณ. (2546). นิตยวิทยาศาสตร์ 2 เพื่อการสืบสวน. บริษัท ทีซีจี พรินติ้ง จำกัด.



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	พันตำรวจโทหญิง วรรณิศา กลิ่นจันทร์
วุฒิการศึกษา	พ.ศ.2551 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต วิชาเอกเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
	พ.ศ.2556 สำเร็จการศึกษาปริญญาโทสาขานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
	พ.ศ.2561 ศึกษาต่อระดับปริญญาดุษฎีบัณฑิต สาขานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

