



การตรวจวัดรอยลายนิ้วมือแฝงโดยใช้สารอิลีกโทรไลต์บนพื้นผิวของวัตถุที่แตกต่างกัน



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

การตรวจวัดรอยลายนิ้วมือแฝงโดยใช้สารอิเล็กทรอนิกส์บนพื้นผิวของวัตถุที่แตกต่างกัน



โดย
นางสาวกัญญาพัชร همانหะ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

THE DETECTION OF LATENT FINGERPRINTS USING ELECTROLYTE SOLUTIONS
ON VARIOUS TYPES OF SURFACES



By
MISS Kanyaphat MANYA

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for Master of Science (FORENSIC SCIENCE)

Academic Year 2024

Copyright of Silpakorn University

หัวข้อ	การตรวจวัดรอยลายนิ้วมือแฝงโดยใช้สารอเล็กโทรไลต์บนพื้นผิว ของวัตถุที่แตกต่างกัน
โดย	นางสาวกัญญาพัชร همانหยะ
สาขาวิชา	นิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ดร. อรทัย เขียวพุ่ม
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ดร. ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นรงค์ ฉิมพาลี)

พิจารณาเห็นชอบโดย

..... ประธานกรรมการ
(ดร. ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ดร. อรทัย เขียวพุ่ม)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ดร. ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง)

..... ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(รองศาสตราจารย์ ดร. ยุภาพร สมิน้อย)

640720077 : นิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2

คำสำคัญ : รอยลายนิ้วมือแฝง, อิเล็กโทรไลต์, พื้นผิววัสดุ

นางสาว กัญญาพัชร หมานหะ: การตรวจวัดรอยลายนิ้วมือแฝงโดยใช้สารอิเล็กโทรไลต์บนพื้นผิวของวัตถุที่แตกต่างกัน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ดร. อรทัย เขียวพุ่ม

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปรากฏของรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิววัตถุชนิดต่าง ๆ ด้วยการใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์ โดยพื้นผิวของวัตถุที่ศึกษาในการทดลองนี้คือ พื้นผิวโลหะ ได้แก่ ทองแดง, ทองเหลือง, เหล็ก, สแตนเลส และอลูมิเนียม, พื้นผิวกระเบื้องเซรามิก, พลาสติกPVC, กระจกเคลือบ, เทปกาวไฟเบอร์ และเทปกาวแบบใส และพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ กระจกA4 และแผ่น Polystyrene foam จากการทดลองได้ศึกษาถึงอัตราส่วนของสารเคมีที่เหมาะสมในการปรากฏของรอยลายนิ้วมือแฝง รวมทั้งเวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง จากนั้นถ่ายรูปและส่งให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้าน การตรวจรอยลายนิ้วมือ จากกองพิสูจน์หลักฐานภาค 7 จังหวัดนครปฐมเป็นผู้ตรวจพิสูจน์ให้คะแนน ผลการวิจัยพบว่า อัตราส่วนของความเข้มข้นสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ 4%w/v และความเข้มข้นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ 0.5 %w/v พบว่าสามารถตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงได้คะแนนระดับดีถึงดีมากบนพื้นผิวที่ศึกษาบางชนิด คือ ทองเหลือง, อลูมิเนียม, พลาสติกPVC และเทปกาวไฟเบอร์ สามารถใช้ตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงในการยืนยันตัวบุคคลได้ อย่างไรก็ตามบนพื้นผิวที่ศึกษาบางประเภท คือ กระจกA4 และแผ่น Polystyrene foam มีคุณภาพการปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝงที่ต่ำมากอาจเกิดจากการดูดซับของสารละลาย ซึ่งส่งผลให้คุณภาพรอยลายนิ้วมือแฝงลดลง ผลการวิจัยในการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์บนพื้นผิวชนิดต่าง ๆ ที่ได้ศึกษาและอาจสามารถนำมาใช้ในการตรวจรอยลายนิ้วมือแฝงได้จริงในทางนิติวิทยาศาสตร์

640720077 : Major (FORENSIC SCIENCE)

Keyword : Latent fingerprint Electrolyte Materials surfaces

MISS Kanyaphat MANYA : The detection of latent fingerprints using electrolyte solutions on various types of surfaces Thesis advisor : Orathai Kheawpum, Ph.D.

The objective of this research was to detect latent fingerprints on various types of surfaces using an electrolyte solution. The various types of surfaces studied include metal surfaces such as copper, brass, iron, stainless steel, and aluminum; ceramic tiles; PVC plastic; coated paper; fiberglass tape and transparent adhesive tape. Additionally, porous surfaces such as A4 paper and polystyrene foam sheets were also examined. In this experiment, the optimal chemical ratio of KMnO_4 and CaCl_2 solutions for detecting latent fingerprints, as well as the time required for sample collection were studied. Then, photos of the developed latent fingerprints were taken and sent to the fingerprint expert from the Forensic Evidence Division, Region 7, Nakhon Pathom Province, for examination and evaluation. The results revealed that a potassium permanganate solution at a concentration of 4%w/v and a calcium chloride solution at 0.5%w/v were effective in detecting latent fingerprints, yielding "good" to "very good" results on certain surfaces studied, such as brass, aluminum, PVC plastic and fiberglass tape. These solutions can be used to detect latent fingerprints for individual identification. However, on A4 paper and polystyrene foam surfaces, the quality of fingerprint development was very poor, possibly due to the absorption of this solution, which resulted in a reduction in fingerprint quality. The results of this study demonstrate the effectiveness of using electrolyte solutions on various surfaces that were studied, and they may be applicable for the detection of latent fingerprints in forensic science.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นผลจากความร่วมมือ ความทุ่มเท และการสนับสนุนจากหลายฝ่ายที่ข้าพเจ้ารู้สึกสำนึกในพระคุณเป็นอย่างยิ่ง จึงขอแสดงความขอบพระคุณแต่ทุกท่านที่มีส่วนสำคัญต่อความสำเร็จครั้งนี้

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้ให้คำแนะนำและสนับสนุนอย่างใกล้ชิดตลอดระยะเวลาการทำงานวิจัย รวมถึงท่านประธานกรรมการและท่านผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ได้ชี้แนะแนวทาง เสนอแนะวิธีการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ และสร้างแรงบันดาลใจในการพัฒนางานวิจัยให้สมบูรณ์ ขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำสาขานิติวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากรที่ถ่ายทอดความรู้และข้อคิดอันทรงคุณค่าทำให้ข้าพเจ้าได้เรียนรู้และเข้าใจในศาสตร์ของรอยลายนิ้วมือแฝงอย่างลึกซึ้ง อีกทั้งขอขอบพระคุณท่านผู้เชี่ยวชาญจากศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 7 จังหวัดนครปฐมที่ได้มอบคำแนะนำและความช่วยเหลือซึ่งมีความสำคัญต่อความสำเร็จของงานวิจัยนี้

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณบิดา มารดา และน้องสาว ที่ได้ให้กำลังใจในการทำงานวิจัยครั้งนี้ ขอขอบพระคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ สาขานิติวิทยาศาสตร์ที่คอยให้คำปรึกษาแบ่งปันความรู้ และคอยให้กำลังใจอันอบอุ่นทำให้ข้าพเจ้ามุ่งมั่นก้าวผ่านอุปสรรคต่าง ๆ ด้วยใจที่เข้มแข็ง

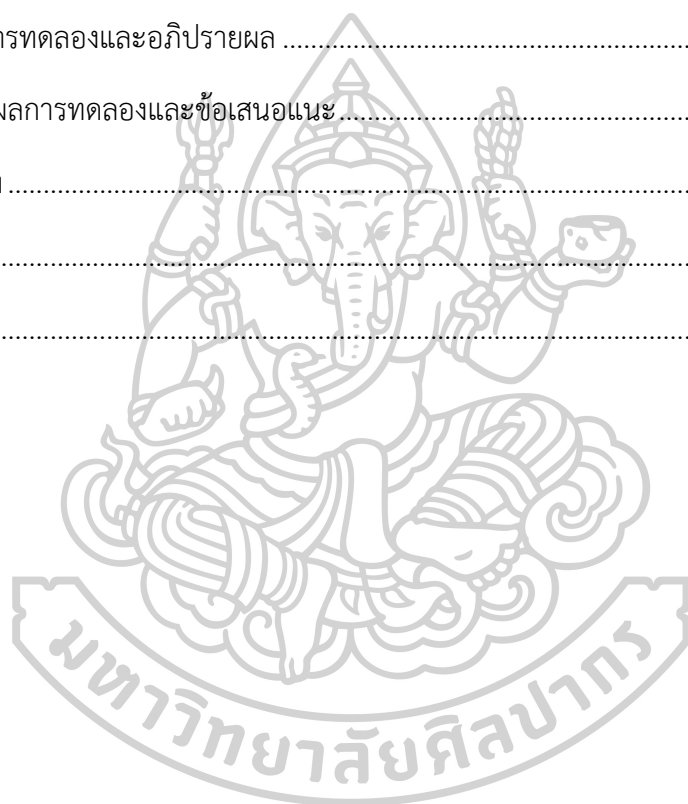
ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณทุกท่านจากใจที่ได้ร่วมสนับสนุนในการทำงานวิจัยฉบับนี้ให้เสร็จสมบูรณ์ จึงขอคุณมา ณ โอกาสนี้

กัญญาพัชร หมานหะ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
สมมติฐานของการวิจัย.....	3
ขอบเขตการวิจัย.....	3
ข้อจำกัด.....	3
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	3
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....	4
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	4
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	5
กระบวนการเกิดรอยลายนิ้วมือ.....	5
องค์ประกอบของรอยลายนิ้วมือ.....	6
ประเภทของรอยลายนิ้วมือ.....	7
จุดลักษณะสำคัญพิเศษ (Minutiae).....	12
ลักษณะของรอยลายนิ้วมือแฝง.....	13

เทคนิคการตรวจพิสูจน์รอยลายนิ้วมือแฝง	14
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	19
ขั้นตอนการเตรียมวัสดุ อุปกรณ์และตัวอย่างในการทดลอง.....	19
ขั้นตอนวิธีการดำเนินการทดลอง	23
วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล	23
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	26
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	36
รายการอ้างอิง	38
ภาคผนวก.....	40
ประวัติผู้เขียน	45



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	19
ตารางที่ 2 พื้นผิวตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา	21
ตารางที่ 3 อัตราส่วนของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตและแคลเซียมคลอไรด์	23
ตารางที่ 4 ค่าคะแนนคุณภาพรอยลายนิ้วมือแฝง (Bandey & Gibson, 2006).....	23
ตารางที่ 5 ค่าคะแนนรอยลายนิ้วมือแฝงที่ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตและแคลเซียมคลอไรด์	26
ตารางที่ 6 ค่าคะแนนรอยลายนิ้วมือแฝงที่ใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต	28
ตารางที่ 7 ระยะเวลาที่รอให้รอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏหลังการทาสารอเล็กโทรไลต์	30
ตารางที่ 8 ค่าคะแนนคุณภาพรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิววัตถุประเภทต่าง ๆ	33



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย	4
ภาพที่ 2 ลายนิ้วมือแสดงรอยสันนูนและร่องลึก	6
ภาพที่ 3 รอยลายนิ้วมือโค้งราบ.....	8
ภาพที่ 4 รอยลายนิ้วมือโค้งกระโจม.....	8
ภาพที่ 5 รอยลายนิ้วมือมัดหวายปิดขวา.....	9
ภาพที่ 6 รอยลายนิ้วมือมัดหวายปิดซ้าย.....	9
ภาพที่ 7 รอยลายนิ้วมือมัดหวายแบบคู่.....	10
ภาพที่ 8 รอยลายนิ้วมือกั้นหอยธรรมดา.....	10
ภาพที่ 9 รอยลายนิ้วมือกั้นหอยกระเป่ากลาง.....	11
ภาพที่ 10 รอยลายนิ้วมือกั้นหอยกระเป่าข้าง.....	11
ภาพที่ 11 รอยลายนิ้วมือแบบซับซ้อน.....	12
ภาพที่ 12 จุดลักษณะสำคัญพิเศษ.....	13
ภาพที่ 13 โครงสร้างโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต.....	15
ภาพที่ 14 โครงสร้างแคลเซียมคลอไรด์.....	15
ภาพที่ 15 โครงสร้างซิลิกา	16
ภาพที่ 16 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบการใช้สารอิเล็กทรอนิกส์บนพื้นผิวต่าง ๆ.....	34
ภาพที่ 17 รอยลายนิ้วมือแฝงที่แสดงบนพื้นผิววัตถุต่าง ๆ	35
ภาพที่ 18 รอยลายนิ้วมือแฝงบนทองเหลืองครั้งที่1-4	41
ภาพที่ 19 รอยลายนิ้วมือแฝงบนอลูมิเนียมครั้งที่1-4.....	41
ภาพที่ 20 รอยลายนิ้วมือแฝงบนพลาสติกPVCครั้งที่1-4	41
ภาพที่ 21 รอยลายนิ้วมือแฝงบนเทปกาวไฟเบอร์ครั้งที่1-4	42

ภาพที่ 22 รอยลายนิ้วมือแฝงบนทองแดงครั้งที่1-4 42

ภาพที่ 23 รอยลายนิ้วมือแฝงบนสแตนเลสครั้งที่1-4 42

ภาพที่ 24 รอยลายนิ้วมือแฝงบนเหล็กครั้งที่1-4 43

ภาพที่ 25 รอยลายนิ้วมือแฝงบน Polystyrene foamครั้งที่1-4 43

ภาพที่ 26 รอยลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเคลือบครั้งที่1-4 43

ภาพที่ 27 รอยลายนิ้วมือแฝงบนเทปกาวแบบใสครั้งที่1-4 44

ภาพที่ 28 รอยลายนิ้วมือแฝงบนกระเบื้องเซรามิกครั้งที่1-4 44

ภาพที่ 29 รอยลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษ A4 ครั้งที่1-4 44



บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยกำลังเผชิญปัญหาความเหลื่อมล้ำทางเศรษฐกิจและสังคมที่รุนแรง ส่งผลให้เกิดปัญหาการว่างงาน ขาดโอกาสทางเศรษฐกิจ และการเข้าถึงการศึกษา จนนำไปสู่การก่ออาชญากรรมหลายรูปแบบ เช่น การลักทรัพย์ ค้ายาเสพติด และการทุจริต ดังนั้นกระบวนการยุติธรรมจำเป็นต้องใช้หลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะการตรวจพิสูจน์รอยลายนิ้วมือแฝงที่มีความน่าเชื่อถือสูง เนื่องจากเป็นข้อมูลเฉพาะบุคคลที่ไม่เปลี่ยนแปลงตลอดชีวิตเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวอย่างเป็นระบบ จำเป็นต้องมีการพัฒนาเชิงโครงสร้างทั้งทางเศรษฐกิจและสังคม สร้างโอกาสที่เท่าเทียม ส่งเสริมคุณภาพชีวิตของประชาชนอย่างครอบคลุมและต่อเนื่องเพื่อลดความเหลื่อมล้ำและป้องกันการก่ออาชญากรรมในระยะยาว

ตัวอย่างคดีที่สามารถจับตัวผู้กระทำความผิดจากลายนิ้วมือแฝง เช่น คดีลอตเตอรี่ที่เป็นที่สนใจจากเหตุเกิดขึ้นเมื่อวันที่ 12 ธันวาคม 2560 โดย พ.ต.อ.สมภพ สังข์กรทอง ผู้กำกับการสภ. นางรอง จังหวัดบุรีรัมย์ ได้แถลงผลตรวจทางนิติวิทยาศาสตร์ของลอตเตอรี่ที่ถูกขโมยจากนายพันธุศักดิ์ เสือชุมแสง ผู้เข้าแจ้งความว่าลอตเตอรี่รางวัลที่ 1 ถูกขโมยเมื่อเดือนสิงหาคมที่ผ่านมา จากการตรวจสอบพบว่าลอตเตอรี่ชุดดังกล่าวนั้นถูกนำไปขึ้นเงินโดยนายวิทยาและนางขวัญศิริ ธนทรัพย์สิน สองสามีภรรยาชาวร้อยเอ็ดโดยทั้งคู่ให้ปากคำว่าตนถูกรางวัล 18 ล้านบาทและผลการตรวจรอยลายนิ้วมือแฝงบนลอตเตอรี่พบว่ามีรอยลายนิ้วมือของสองสามีภรรยาแต่ไม่พบรอยลายนิ้วมือของนายพันธุศักดิ์ เสือชุมแสงแต่อย่างใด (ไทยรัฐออนไลน์, 2560) สำหรับการตรวจพิสูจน์รอยลายนิ้วมือแฝงต้องอาศัยวิธีการที่เหมาะสมกับลักษณะพื้นผิววัสดุที่ตรวจสอบไม่ว่าจะเป็นพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน กึ่งรูพรุน หรือมีรูพรุน เนื่องจากรอยลายนิ้วมือแฝงเป็นหลักฐานที่บอบบางและสูญหายได้ง่าย ปัจจุบันมีการพัฒนาเทคนิคการตรวจจับรอยลายนิ้วมือแฝงหลากหลายรูปแบบ เช่น การใช้ผงฝุ่น สารเคมี หรือก๊าซ รวมถึงการใช้สารอิเล็กทรอนิกส์เป็นวิธีการใหม่ที่ได้รับ ความสนใจในวงการนิติวิทยาศาสตร์ เนื่องจากสามารถทำปฏิกิริยากับองค์ประกอบทางเคมีของลายนิ้วมือแฝงส่งผลให้ลายเส้นมีความชัดเจนบนพื้นผิววัสดุที่หลากหลาย อย่างไรก็ตามการประยุกต์ใช้สารอิเล็กทรอนิกส์ในการตรวจจับลายนิ้วมือแฝง

จำเป็นต้องอาศัยความเข้าใจอย่างลึกซึ้งเกี่ยวกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารละลายอิเล็กโทรไลต์และพื้นผิววัสดุที่ตรวจสอบรวมถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการตรวจจับ เช่น ความเข้มข้นของสารละลายระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา และสภาพแวดล้อมตรวจสอบ ดังนั้นการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้สารอิเล็กโทรไลต์ในการพัฒนาลายนิ้วมือแฝงจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาวิธีการนิติวิทยาศาสตร์และการสืบสวนอาชญากรรมในประเทศไทย จากการศึกษางานวิจัยพบว่ามีย่อยมากที่ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการอิเล็กโทรไลต์เพื่อหาลายนิ้วมือแฝงตัวอย่างในงานวิจัยของ Bersellini C and F (2001) งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีใหม่ในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะโดยเฉพาะกับอาวุธที่ยังไม่ถูกใช้งาน วัสดุโลหะที่ศึกษาเป็นชนิดพิเศษที่เรียกว่า “Ergal” โดยอาศัยหลักการกรดไขมันในรอยนิ้วมือจะทำหน้าที่เหมือนฉนวนไฟฟ้าป้องกันกระบวนการเคลือบพอลิเมอร์บนโลหะบริเวณที่มีรอยนิ้วมือ ซึ่งทำให้เกิดภาพเชิงลบของรอยนิ้วมือที่ชัดเจน กระบวนการนี้ใช้สารเคมีอย่างโพโรซิลและฟอร์พรีนที่ทำปฏิกิริยากับไฟฟ้า ทำให้เกิดการสร้างชั้นฟิล์มพอลิเมอร์เฉพาะในส่วนที่ไม่มีรอยนิ้วมือ งานวิจัยยังได้ตรวจสอบลักษณะของฟิล์มพอลิเมอร์ด้วยเทคนิคการถ่ายภาพใช้ความละเอียดสูงเพื่อให้ได้คุณภาพและความคมชัดของรอยนิ้วมือที่พัฒนาได้ ผลลัพธ์ที่ได้สามารถเพิ่มโอกาสสำเร็จในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะได้อย่างดี อีกทั้งยังมีข้อดีคือ ค่าใช้จ่ายต่ำ กระบวนการทำงานรวดเร็ว และง่ายต่อการใช้งานซึ่งเหมาะที่จะนำไปใช้ร่วมกับวิธีการอื่น ๆ ในการตรวจสอบหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์

จากที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยจึงสนใจทำงานวิจัยเรื่อง การตรวจวัดรอยลายนิ้วมือแฝงโดยใช้สารอิเล็กโทรไลต์บนพื้นผิวของวัตถุที่แตกต่างกัน เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในงานคดีต่าง ๆ ในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการปรากฏขึ้นของรอยลายนิ้วมือแฝงด้วยสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต (KMnO_4) และแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2)
2. เพื่อศึกษาหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์ในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง
3. เพื่อศึกษาการเปรียบเทียบการใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์บนพื้นผิวต่าง ๆ รวมถึงพื้นผิวที่มีรูพรุนและไม่มีรูพรุน

สมมติฐานของการวิจัย

1. คุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงโดยใช้สารอิลเล็กโทรไลต์บนพื้นผิวไม่มีรูพรุนดีกว่าพื้นผิวที่มีรูพรุน
2. การตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงจากตัวอย่างสามารถนำมาเปรียบเทียบเพื่อใช้ระบุยืนยันตัวบุคคลได้ในระยะเวลาอันสั้น

ขอบเขตการวิจัย

1. ขอบเขตด้านตัวแปร
 - 1.1 ตัวแปรต้น ได้แก่
 - 1.1.1 ประเภทของพื้นผิวทั้ง 2 ประเภท มีดังนี้ พื้นผิวโลหะ ได้แก่ ทองแดง ทองเหลือง เหล็ก สแตนเลส และอลูมิเนียม, พื้นผิวกระเบื้องเซรามิก ,พลาสติก การPVC, กระดาษเคลือบ, เทปกาวไฟเบอร์ ,เทปกาวใส และพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ กระดาษA4 และแผ่น Polystyrene foam
 - 1.1.2 อัตราส่วนที่เหมาะสมของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) และแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$)
 - 1.1.3 ระยะเวลาการปรากฏของรอยลายนิ้วมือแฝง
 - 1.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ คุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏบนพื้นผิวประเภทต่าง ๆ
 - 1.3 ตัวแปรควบคุม ได้แก่ อุณหภูมิและความชื้นสำหรับการทดลอง

ข้อจำกัด

1. ปริมาณของเหงื่อและไขมันที่อยู่บนใบหน้าในแต่ละครั้งไม่เท่ากัน
2. สารอิลเล็กโทรไลต์ที่เตรียมไว้ใช้สำหรับทาบนพื้นผิวจำเป็นต้องใช้งานทันทีไม่สามารถเตรียมทิ้งไว้ได้

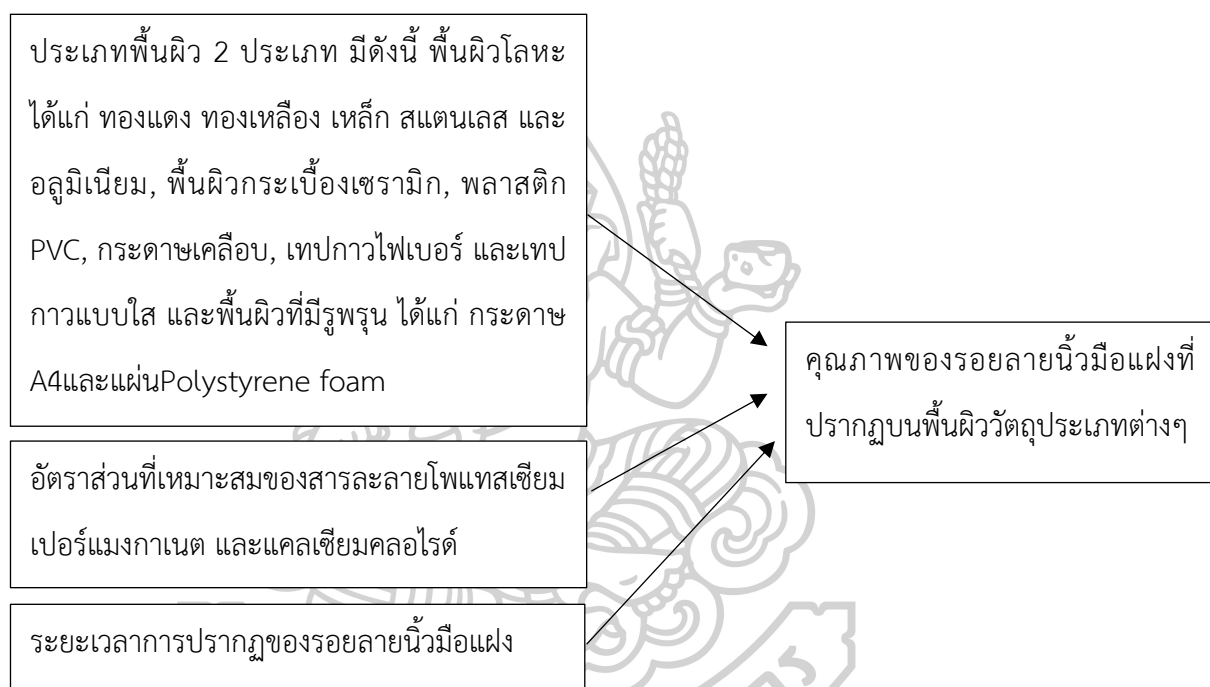
นิยามศัพท์เฉพาะ

1. รอยลายนิ้วมือแฝง คือ รอยประทับลายนิ้วมือที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า
2. อิลเล็กโทรไลต์ คือ สารละลายที่นำไฟฟ้าเมื่อละลายน้ำจะมีการแตกตัวเป็นไอออนบวกและลบ
3. พื้นผิววัตถุ คือ ส่วนนอกของวัตถุที่มีการมองเห็นและสัมผัสได้โดยมีลักษณะต่างกัน เช่น ผิวเรียบ ผิวขรุขระ ผิวหยาบ ผิวมัน ผิวด้าน หรือมีรูพรุน เป็นต้น

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. เป็นแนวทางในการเลือกใช้สารอิเล็กทรอนิกส์ที่เหมาะสมกับพื้นผิววัสดุเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง
2. สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาเทคนิคในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงในอนาคต

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเรื่องการตรวจวัดรอยลายนิ้วมือแฝงโดยใช้สารอเล็กโทรไลต์บนพื้นผิวของวัตถุที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลในงานวิจัยโดยแบ่งสาระสำคัญของหัวข้อสำหรับการศึกษา ดังนี้

1. กระบวนการเกิดรอยลายนิ้วมือ
2. องค์ประกอบของรอยลายนิ้วมือ
3. ประเภทของรอยลายนิ้วมือ
4. ลักษณะของรอยลายนิ้วมือแฝง
5. เทคนิคการตรวจพิสูจน์รอยลายนิ้วมือแฝง
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กระบวนการเกิดรอยลายนิ้วมือ

รอยลายนิ้วมือ (Fingerprint) คือ ลักษณะเฉพาะบนผิวหนังของปลายนิ้วมือมนุษย์ซึ่งมี ลวดลายซับซ้อนและต่างกันในแต่ละบุคคล รอยลายนิ้วมือนี้ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดชีวิต การศึกษาและวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือจึงมีบทบาทสำคัญในหลายสาขา เช่น การระบุตัวตนทาง กฎหมาย, นิติวิทยาศาสตร์, การวิจัยทางพันธุกรรม และการแพทย์ กระบวนการเกิดรอยลายนิ้วมือ เป็นกระบวนการที่ซับซ้อนและได้รับอิทธิพลจากหลายปัจจัยรวมถึงพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมใน ครรภ์ กระบวนการนี้เริ่มต้นตั้งแต่ช่วงแรกของการตั้งครรภ์และดำเนินไปจนกระทั่งรอยลายนิ้วมือมี ลักษณะเฉพาะตัวและไม่เปลี่ยนแปลง ในระหว่างสัปดาห์ที่ 6-7 ของการตั้งครรภ์ เป็นช่วงที่ผิวหนัง ชั้นนอก (epidermis) และชั้นใน (dermis) เริ่มพัฒนาขึ้น เซลล์ผิวหนังในชั้นนอกจะเจริญเติบโตและ แปรตัวอย่างรวดเร็ว นำไปสู่การก่อตัวของโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็นต่อการพัฒนารอยลายนิ้วมือ ระหว่างสัปดาห์ที่ 10-12 ของการตั้งครรภ์จะมีการก่อตัวของเนินผิวหนัง (ridges) บนผิวหนังชั้นนอก ซึ่งเป็นพื้นฐานของรอยลายนิ้วมือ เนินผิวหนังก่อตัวเป็นลวดลายที่มีลักษณะเฉพาะ เช่น ลายก้นหอย (whorls), ลายโค้ง (arches), และลายวงแหวน (loops) การบิดเบือนและการเจริญเติบโตของเนิน ผิวหนังตามโครงสร้างของผิวหนังและแรงกดดันภายในครรภ์นั้น ทำให้ลายนิ้วมือของแต่ละบุคคลมี ลักษณะเฉพาะที่แตกต่างกันเมื่อเนินผิวหนังและลายนิ้วมือพัฒนาเต็มที่แล้วในช่วงสัปดาห์ที่ 17-19 ของการตั้งครรภ์ รอยลายนิ้วมือจะเริ่มคงตัวและไม่เปลี่ยนแปลงอีกต่อไป รอยลายนิ้วมือเหล่านี้จะคง อยู่ตลอดชีวิตและไม่มีการเปลี่ยนแปลง เว้นแต่จะเกิดความเสียหายอย่างรุนแรงที่ผิวหนัง

โดยปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดรอยลายนิ้วมือ มีดังนี้

1. พันธุกรรม มีบทบาทสำคัญในการกำหนดรูปแบบและลักษณะของรอยลายนิ้วมือ โดยรอยลายนิ้วมือของบุคคลหนึ่งอาจมีลักษณะคล้ายคลึงกับพ่อแม่หรือพี่น้องแต่จะไม่มีใครมีรอยลายนิ้วมือที่เหมือนกัน 100% แม้กระทั่งฝาแฝด รอยลายนิ้วมือยังได้รับอิทธิพลจากหลายยีนที่ทำงานร่วมกันในกระบวนการพัฒนา
2. สิ่งแวดล้อมในครรภ์ เช่น ระดับฮอร์โมน ความดันในครรภ์ และตำแหน่งของทารกในครรภ์ สามารถมีผลต่อการพัฒนาของรอยลายนิ้วมือได้สิ่งเหล่านี้ทำให้อรอยลายนิ้วมือของแต่ละคนมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว แม้แต่ในคู่แฝดที่เหมือนกันก็ยังมีลายนิ้วมือที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า รอยลายนิ้วมือเป็นลักษณะทางกายภาพที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการระบุตัวตนของการศึกษาในหลายสาขาวิชา เนื่องจากเป็นลักษณะที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดชีวิตจึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการพิสูจน์อัตลักษณ์และสืบสวนในทางกฎหมายและนิติวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบของรอยลายนิ้วมือ

รอยลายนิ้วมือ ประกอบด้วยลวดลายที่ปรากฏบนผิวหนังบริเวณปลายนิ้วมือเกิดจากการยกตัวของผิวหนังชั้นหนังแท้ (Dermis) ทำให้เกิดสันนูน (Ridges) สลับกับร่องลึก (Furrows) มีลักษณะเฉพาะในแต่ละบุคคล โดยลายนิ้วมือจะเริ่มปรากฏตั้งแต่ทารกอยู่ในครรภ์มารดาประมาณ สัปดาห์ที่ 12-16 และจะคงอยู่ตลอดชีวิต



ภาพที่ 2 ลายนิ้วมือแสดงรอยสันนูนและร่องลึก

ที่มา : <https://cja.rsu.ac.th/ลายนิ้วมือ>

ในรอยลายนิ้วมือของมนุษย์มีองค์ประกอบหลักเป็นน้ำในปริมาณสูงถึง 95-99% นอกเหนือจากน้ำแล้วยังมีสารประกอบทั้งอินทรีย์และอนินทรีย์ที่ตกค้างอยู่บนผิวหนัง องค์ประกอบอินทรีย์ที่พบในลายนิ้วมือประกอบด้วย กรดอะมิโน โปรตีน กลูโคส แล็กเตส ยูเรีย ไพรูเวต กรดไขมัน และสเตอรอล ซึ่งเป็นสารที่ร่างกายผลิตขึ้นมาเอง นอกจากนี้ยังมีไอออนอนินทรีย์ เช่น คลอไรด์ โซเดียม โพแทสเซียมและเหล็กซึ่งอาจมาจากเหงื่อหรือสิ่งแวดล้อม (Cadd, Islam, Manson, & Bleay, 2015) นอกจากนี้สารที่มาจากร่างกายแล้วลายนิ้วมือยังอาจมีสารปนเปื้อนอื่นๆ ที่มาจากสิ่งแวดล้อมภายนอก เช่น น้ำมันที่อยู่ในเครื่องสำอาง ยา และเมตาบอลิต์ของยา รวมถึงเศษอาหารที่เราอาจสัมผัสในชีวิตประจำวัน สิ่งเหล่านี้สะท้อนให้เห็นถึงวิถีชีวิตและสภาพแวดล้อมที่บุคคลนั้นสัมผัสอยู่ทำให้รอยลายนิ้วมือกลายเป็นหลักฐานสำคัญในการตรวจสอบและการติดตามข้อมูลของบุคคล (Khare & Singla, 2022)

ประเภทของรอยลายนิ้วมือ

รอยลายนิ้วมือแบ่งออกเป็น 3 แบบหลัก ๆ ดังนี้

1. แบบโค้ง แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ โค้งราบและโค้งกระโจม
2. แบบมัดหวาย แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ มัดหวายปัดขวา มัดหวายปัดซ้าย และมัดหวายแบบคู่
3. แบบก้นหอย แบ่งออกเป็น 4 ชนิด ได้แก่ ก้นหอยธรรมดา ก้นหอยกระเป๋ากลาง ก้นหอยกระเป๋ายาว และก้นหอยแบบซับซ้อน

โดยรอยลายนิ้วมือทั้ง 3 แบบสามารถจำแนกได้โดยละเอียด 9 ชนิด ดังต่อไปนี้

1. โค้งราบ (Plain arch) มีลักษณะเป็นเส้นลายนิ้วมือวิ่งหรือไหลออกไปข้างหนึ่งโดยไม่เกิดมุมแหลมหรือพุ่งขึ้นตรงกลาง



ภาพที่ 3 รอยลายนิ้วมือโค้งราบ

ที่มา : <https://www.crime-scene-investigator.net/fbiscienceoffingerprints.html>

2. โค้งกระโจม (Tented arch) มีลักษณะคล้ายส่วนโค้งราบโดยเป็นเส้นพุ่งขึ้นจากแนวนอนเป็นมุมแหลมหรือเป็นมุมฉาก



ภาพที่ 4 รอยลายนิ้วมือโค้งกระโจม

ที่มา : <https://www.crime-scene-investigator.net/fbiscienceoffingerprints.html>

3. มัดหวายปัดขวา (Radial Loop) เป็นรูปแบบลายนิ้วมือที่มีปลายเส้นเกือบมาปิดปลายไปทางขวา หรือนิ้วหัวแม่มือเมื่อมีการหงายมือ



ภาพที่ 5 รอยลายนิ้วมือมัดหวายปัดขวา

ที่มา : <https://www.crime-scene-investigator.net/fbiscienceoffingerprints.html>

4. มัดหวายปัดซ้าย (Left loop) มีจุดสันตอนเพียงจุดเดียวและมีเส้นที่วกกลับสมบูรณ์อย่างน้อย 1 เส้นที่มีทิศทางไปทางซ้าย



ภาพที่ 6 รอยลายนิ้วมือมัดหวายปัดซ้าย

ที่มา : <https://www.crime-scene-investigator.net/fbiscienceoffingerprints.html>

5. มัดหวายแบบคู่ (Double loop) มีลักษณะคล้ายกับลายนิ้วมือมัดหวายทั้งสองชนิดก่อนหน้า คือมัดหวายปิดขวาและมัดหวายปิดซ้าย แต่มัดหวายคู่นี้จะมากอดกันจนทำให้เกิดสันตอน 2 จุด โดยมัดหวายแต่ละเส้นไม่จำเป็นจะต้องมีขนาดที่เท่ากัน



ภาพที่ 7 รอยลายนิ้วมือมัดหวายแบบคู่

ที่มา : <https://www.crime-scene-investigator.net/fbiscienceoffingerprints.html>

6. ก้นหอยธรรมดา (Plain whorl) มีลักษณะที่เส้นลายนิ้วมือมีการไหลเวียนของเส้นครบวงจร คล้ายกับวงนาฬิกาหรือวงแบบวงกลม



ภาพที่ 8 รอยลายนิ้วมือก้นหอยธรรมดา

ที่มา : <https://www.crime-scene-investigator.net/fbiscienceoffingerprints.html>

7. ก้นหอยกระเป๋ากลาง (Central pocket) มีลักษณะลายเส้นนิ้วมือมีการไหลของเส้นคล้ายกับแบบก้นหอยธรรมดาแต่จะแตกต่างกันตรงที่หากลากเส้นสมมติเชื่อมระหว่างสันตอนทั้งสองจุดพบว่าจะไม่มีการสัมผัสกับเส้นวงจรที่อยู่ด้านในของวงหรือส่วนที่ปิดของวงอยู่ในแนวตรงกลางนิ้วมือ



ภาพที่ 9 รอยลายนิ้วมือก้นหอยกระเป๋ากลาง

ที่มา : <https://www.crime-scene-investigator.net/fbiscienceoffingerprints.html>

8. ก้นหอยกระเป๋ข้าง (Lateral pocket) มีลักษณะที่เส้นลายนิ้วมือมีการไหลคล้ายแบบก้นหอยธรรมดา แต่จะมีส่วนปิดของวงหันไปเ็นทางด้านซ้ายหรือด้านขวาของนิ้วมือ



ภาพที่ 10 รอยลายนิ้วมือก้นหอยกระเป๋ข้าง

ที่มา : <https://www.crime-scene-investigator.net/fbiscienceoffingerprints.html>

9. แบบซัซซ็อน (Accidental whorl) มีลักษณะที่ซัซซ็อนมักเป็นลายนิ้วมือที่มีรูปแบบลักษณะพิเศษที่ไม่ใช่ลายนิ้วมือทั้ง 8 แบบที่กล่าวมา หรืออาจจะเป็นลายนิ้วมือ 2 แบบหรือ 3 แบบมารวมกันโดยทั่วไปมักจะรูปแบบที่ไม่แน่นอน



ภาพที่ 11 รอยลายนิ้วมือแบบซัซซ็อน

ที่มา : <https://www.crime-scene-investigator.net/fbiscienceoffingerprints.html>

จุดลักษณะสำคัญพิเศษ (Minutiae)

จุดลักษณะสำคัญพิเศษ หรือ มินูเชีย (Minutiae) คือ รายละเอียดเล็ก ๆ ที่พบในลายนิ้วมือ ซึ่งใช้ในการแยกแยะและระบุตัวบุคคล จุดเหล่านี้เป็นสิ่งที่ทำให้ลายนิ้วมือของแต่ละคนมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ความสำคัญของจุดลักษณะเหล่านี้อยู่ที่การนำไปใช้ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ เพื่อเปรียบเทียบลายนิ้วมือจากตัวอย่างหรือข้อมูลที่บันทึกไว้ เพื่อยืนยันตัวตนและตรวจสอบความถูกต้องได้อย่างแม่นยำ

จุดลักษณะสำคัญพิเศษ หรือ มินูเชีย (Minutiae) ประกอบด้วย 7 ชนิด ดังนี้

1. Ridge Endings (จุดสิ้นสุดของเส้นลาย) เป็นจุดที่เส้นของลายนิ้วมือหยุดลงหรือสิ้นสุดที่ปลายใช้ในการระบุและสร้างเอกลักษณ์ของรอยลายนิ้วมือ
2. Bifurcations (การแตกแขนง) เป็นจุดที่เส้นลายแยกออกเป็นสองเส้นหรือมากกว่านั้นเป็นลักษณะที่สำคัญในการเปรียบเทียบรอยลายนิ้วมือ
3. Dots (จุดเล็กๆ) จุดที่ไม่มีเส้นลายหลักแต่เป็นจุดที่พบในรอยลายนิ้วมือมีผลต่อการสร้างลักษณะเฉพาะของรอยลายนิ้วมือ

4. Short Ridges (เส้นลายสั้น) เส้นลายที่มีความยาวสั้นและมักจะอยู่ระหว่างเส้นลายหลักใช้ในการเสริมความถูกต้องของรอยลายนิ้วมือ
5. Enclosures (วงกลมหรือพื้นที่ที่ปิดล้อม) จุดที่เส้นลายสร้างรูปแบบวงกลมหรือปิดล้อมสามารถเป็นส่วนหนึ่งของลักษณะเอกลักษณ์ของรอยลายนิ้วมือ
6. Ridge Crossovers (การข้ามของเส้นลาย) จุดที่เส้นลายข้ามกันเป็นลักษณะที่พบได้ทั่วไปและสำคัญในการเปรียบเทียบรอยลายนิ้วมือ
7. Island (เกาะหรือพื้นที่แยก) คือปึกเล็กๆ ในรอยลายนิ้วมือ ใช้ในการวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือ



ภาพที่ 12 จุดลักษณะสำคัญพิเศษ

ที่มา : <https://hosdoc.com/ccioc-topmenu-36/22-about-fingerprints/90-rudiment.html>

ลักษณะของรอยลายนิ้วมือแฝง

รอยลายนิ้วมือแฝง หมายถึง ร่องรอยของลายนิ้วมือที่ติดอยู่บนพื้นผิวต่าง ๆ โดยไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าเนื่องจากเกิดจากเหงื่อ น้ำมัน หรือสารคัดหลั่งจากต่อมใต้ผิวหนังที่มีการสัมผัสกับวัตถุหรือพื้นผิวนั้น ๆ โดยรอยลายนิ้วมือแฝงมักถูกนำมาใช้เป็นหลักฐานสำคัญในทางนิติวิทยาศาสตร์จึงต้องใช้วิธีการตรวจแบบพิเศษ เช่น การใช้ผงฝุ่น การใช้สารเคมี หรือการใช้แสง UV เพื่อช่วยให้มองเห็นรอยลายนิ้วมือและนำไปใช้ในการพิสูจน์ยืนยันตัวบุคคลที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์หรือบริเวณจุดเกิดเหตุ

รอยลายนิ้วมือแฝงที่พบในจุดเกิดเหตุแบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลัก ๆ ได้แก่

1. รอยลายนิ้วมือแฝง (Latent fingerprints) เป็นรอยลายนิ้วมือที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า เกิดจากเหงื่อ น้ำมัน โพรตีน หรือสารคัดหลั่งจากผิวหนังที่ติดบนพื้นผิวเมื่อมีการสัมผัสกับวัตถุ หลักฐานที่พบในจุดเกิดเหตุ เช่น ลูกบิดประตู โต๊ะ กระจก หน้าจอโทรศัพท์ เอกสาร หรือสิ่งของที่ถูกรับสัมผัส
2. รอยลายนิ้วมือที่มองเห็นได้ (Patent fingerprints) เป็นรอยลายนิ้วมือที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งเกิดจากนิ้วมือมีการเปื้อนสารบางอย่าง เช่น หมึก เลือด ฝุ่น หรือสี ก่อนจะสัมผัสกับพื้นผิววัตถุ หลักฐานที่พบในจุดเกิดเหตุ เช่น รอยลายนิ้วมือเปื้อนเลือดบนกำแพง รอยลายนิ้วมือจากหมึกปากกาบนกระดาษ
3. รอยลายนิ้วมือกดทับ (plastic fingerprints) เป็นรอยลายนิ้วมือที่เกิดจากการกดลงบนพื้นผิววัตถุที่มีความอ่อนนุ่มทำให้เกิดรอยลึกสามารถมองเห็นได้ชัดโดยไม่ต้องใช้วิธีทางนิติวิทยาศาสตร์ในการตรวจสอบ หลักฐานที่พบในจุดเกิดเหตุ เช่น รอยลายนิ้วมือบนซีดี ดินเหนียว สบู่ หรือพื้นผิวที่มีความอ่อนตัว

เทคนิคการตรวจพิสูจน์รอยลายนิ้วมือแฝง

การตรวจพิสูจน์รอยลายนิ้วมือแฝงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการสืบสวนสอบสวนทางนิติวิทยาศาสตร์เพื่อใช้เป็นการระบุยืนยันตัวบุคคลโดยขึ้นอยู่กับประเภทของพื้นผิวและเงื่อนไขอื่น ๆ ที่พบรอยลายนิ้วมือแฝง สามารถแบ่งออกเป็น 3 วิธีดังนี้

1. วิธีการใช้ผงฝุ่น (Powder dusting) เป็นวิธีการที่เก่าแก่ที่สุดและใช้กันอย่างแพร่หลายคือวิธีการใช้ผงละเอียด (สีดำหรือสีขาว) จะถูกปัดหรือตบเบา ๆ ลงบนพื้นผิวที่อาจเกิดรอยนิ้วมือแฝง ผงจะเกาะติดกับคราบมันหรือสารคัดหลั่งที่ตกค้างทำให้มองเห็นภาพพิมพ์บนพื้นหลังที่ตัดกัน ตัวอย่างของผงฝุ่น ได้แก่ ผงฝุ่นแม่เหล็ก, ผงฝุ่นเรืองแสง เป็นต้น
2. วิธีการทางเคมี (Chemical methods) สารเคมีที่ใช้บางชนิดสามารถทำปฏิกิริยากับสารตกค้างจากรอยนิ้วมือ ทำให้มองเห็นได้ ตัวอย่างเช่น Cyanoacrylate (super glue), Ninhydrin, Iodine และ Small particle reagent เป็นต้น

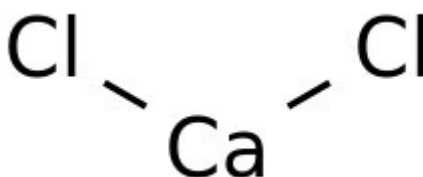
3. วิธีการใช้แสง (Lighting detection) เป็นเทคนิคที่ใช้แสงเพื่อเปิดเผยหรือเพิ่มความชัดเจนของรอยลายนิ้วมือที่ซ่อนอยู่ในพื้นผิวต่าง ๆ โดยมีเทคนิคหลายวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ตัวอย่างเช่น UV Light, แหล่งกำเนิดแสงสำรอง (Alternate light sources) เช่น แสงสีน้ำเงินหรือแสงอินฟราเรด (IR) เป็นต้น

สำหรับงานวิจัยนี้ขอกกล่าวถึงเฉพาะการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยวิธีการทางเคมีโดยใช้สารอเล็กโทรไลต์บนพื้นผิวของวัตถุที่แตกต่างกัน สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการนี้มีดังนี้

1. โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต หรือ ด่างทับทิม (KMnO_4) เป็นสารประกอบประเภทเกลือ มีฤทธิ์เป็นเบสอ่อน ๆ มีลักษณะเป็นของแข็งผลึกมีสีม่วงเข้ม ไม่มีกลิ่น สามารถใช้เป็นยาฆ่าเชื้อโรค เป็นสารฟอกขาวในการชุบโลหะ และเป็นสารตั้งต้นของยาเสพติด



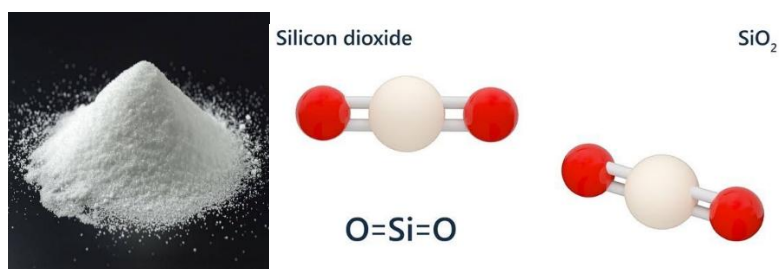
2. แคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว การเกษตร เป็นสารที่ดูดซับความชื้น และละลายได้ดีในน้ำ เมื่อละลายน้ำจะเกิดกรดไฮโดรคลอริกและเกิดแคลเซียมประจุบวก มักใช้ในงานอุตสาหกรรมทั่วไป อุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรม



ภาพที่ 14 โครงสร้างแคลเซียมคลอไรด์

ที่มา : <https://pattarkan.com/service/calcium-chloride/>

3. ซิลิกาหรือซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2) เป็นสารประกอบของซิลิกอนและออกซิเจน ไม่มีกลิ่น และรสชาติ มักพบในดิน หินและเป็นธาตุที่มีมากเป็นอันดับ 2 บนเปลือกโลกรองจากออกซิเจนถูกนำมาใช้ประโยชน์ในหลายด้าน เช่น เป็นสารดูดซับความชื้น เป็นสารเพิ่มความเงา เป็นส่วนผสมของวัสดุก่อสร้าง และใช้เป็นสารเพิ่มความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ เป็นต้น



ภาพที่ 15 โครงสร้างซิลิกา

ที่มา : <https://www.leternalgroup.com/product/ซิลิกา-silica>

4. การอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) เป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายโอนหรือการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสารที่เกิดขึ้นจากการใช้กระแสไฟฟ้าผ่านสารละลายหรือของแข็งที่นำไฟฟ้าได้ โดยสามารถแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ ดังนี้
- 4.1 การอิเล็กโทรไลต์ในสารละลาย (Aqueous Electrolyte) จะเกิดขึ้นเมื่อสารประกอบที่เป็นอิเล็กโทรไลต์ถูกละลายในน้ำหรือสารละลายอื่น ๆ เพื่อให้เกิดการแยกตัวของไอออน เช่น การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้าโดยการใช้งานของสารอิเล็กโทรไลต์ในกระบวนการชุบโลหะ, การทำความสะอาดผิวโลหะ และการผลิตก๊าซ
- 4.2 การอิเล็กโทรไลต์ในสถานะของแข็ง (Solid Electrolyte) จะถูกใช้ในสารที่เป็นของแข็งในการนำไฟฟ้าแทนการใช้สารละลายการใช้งานการอิเล็กโทรไลต์ในสถานะของแข็ง มักใช้ในแบตเตอรี่แบบแข็ง, เซลล์ไฟฟ้าเคมี
- 4.3 การอิเล็กโทรไลต์แบบหลอมละลาย (Molten Electrolyte) ใช้กับสารประกอบที่หลอมละลายเป็นอิเล็กโทรไลต์ เช่น การแยกโลหะอลูมิเนียมจากแร่บอกไซต์ โดยการใช้งานของสารอิเล็กโทรไลต์แบบหลอมละลายใช้ในการผลิตโลหะบริสุทธิ์และการชุบโลหะ

สำหรับงานวิจัยนี้มีการประยุกต์ใช้วิธีการอิเล็กโทรไลต์ในสารละลาย (Aqueous Electrolytes) เป็นเทคนิคหนึ่งที่สามารถตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะได้โดยกระบวนการนี้เรียกว่า “กระบวนการอิเล็กโทรไลซิส (Electrolysis)” ซึ่งใช้กระแสไฟฟ้ากระตุ้นปฏิกิริยาทางเคมีในสารละลายทำให้อรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏชัดเจนมากขึ้น เทคนิคนี้มีความได้เปรียบในกรณีที่พื้นผิวโลหะมีการปนเปื้อนหรือเคลือบสารเนื่องจากสารละลายอิเล็กโทรไลต์ช่วยเพิ่มความชัดเจนของรอยลายนิ้วมือ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยต่างประเทศ

Om Prakash Jasuja, Singh, and Almog (2011) การศึกษานี้มุ่งเน้นการตรวจสอบปฏิสัมพันธ์ระหว่างอิเล็กโทรไลต์ในน้ำกับสารตกค้างจากรอยลายนิ้วมือที่ติดอยู่บนพื้นผิวโลหะ (สังกะสี อะลูมิเนียม เหล็ก ทองเหลือง ทองแดง) และพื้นผิวที่ไม่ใช่โลหะ (แก้ว พลาสติก) โดยใช้วิธีการจุ่มพื้นผิวที่มีรอยลายนิ้วมือประทับลงในสารละลายที่มีค่า pH แตกต่างกันตั้งแต่ต่างเข้มข้นถึงกรดเข้มข้น ผลการทดลองพบว่ารอยลายนิ้วมือที่มีสารไขมันให้ผลลัพธ์ที่มีคุณภาพดีกว่าบนทุกพื้นผิวที่ทดลอง

Singh, Sharma, and Garg (2013) การศึกษาเกี่ยวกับการใช้ Silica gel เป็นเทคนิคใหม่ในการพัฒนารอยลายนิ้วมือแฝงพบว่าผง silica gel มีราคาถูกและหาซื้อได้ง่าย สามารถใช้ในการพัฒนารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวที่หลากหลาย เช่น พลาสติก แก้ว กระจก อะลูมิเนียม กระจกคาร์บอน กล้องไม้ขีดไฟ กระจกแข็ง พื้นผิวไม้เคลือบเงา ซีดี และนิตยสารเคลือบสี ผลการทดลองพบว่าผง silica gel ให้ผลลัพธ์ในการพัฒนารอยลายนิ้วมือแฝงที่มีคุณภาพเทียบเท่าผงชนิดอื่น ๆ และสามารถใช้ทดแทนผงชนิดอื่นได้ในกรณีที่ขาดแคลน

O. P. Jasuja and Singh (2019) การศึกษานี้มุ่งเน้นการใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์ในน้ำสำหรับพัฒนารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวที่มีพรุณและไม่มีพรุณ แม้ว่าวิธีการเหล่านี้จะมีประสิทธิภาพแต่ยังมีข้อจำกัดในด้านระยะเวลาการปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝงที่ยาวนานและการทำลายพื้นผิววัตถุซึ่งส่งผลกระทบต่อการใช้งานจริง การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นที่การลดระยะเวลาในการปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวที่ไม่มีพรุณโดยเฉพาะพื้นผิวโลหะโดยใช้เกลืออนินทรีย์ที่ต้องการทดลอง

ตามลำดับของธาตุและมีการปรับปริมาณของเกลือให้เหมาะสมกับโลหะแต่ละชนิด ผลการทดลองพบว่ารอยลายนิ้วมือแฝงสามารถมองเห็นได้ภายในระยะเวลาที่สั้นลงเกิดจากการผสมผสานระหว่างปฏิกิริยาแทนที่และการกัดกร่อนจากคลอไรด์บนโลหะ กลไกนี้การป้องกันการกัดกร่อนจะแตกต่างกันไปตามประเภทของโลหะและเกลือที่ใช้

งานวิจัยในประเทศไทย

ฐิติมา ปานมณี (2555) การศึกษานี้ได้ตรวจสอบการพัฒนาการรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะ (ทองแดง, อลูมิเนียม, สแตนเลส, ทองเหลือง, สังกะสี) และพื้นผิวโลหะ (แก้ว, พลาสติก) โดยใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์ การทดลองได้ศึกษา pH ที่เหมาะสมของสารละลายอิเล็กโทรไลต์และระยะเวลาที่ใช้ในการปรากฏของรอยลายนิ้วมือแฝง ผลการทดลองพบว่ารอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏบนพื้นผิวโลหะที่แช่ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ในช่วง pH 2-11 สามารถระบุตัวบุคคลได้ภายใน 10 นาที ยกเว้นพื้นผิวสแตนเลสและอลูมิเนียมที่ต้องแช่ในระยะเวลาสั้นขึ้นและเมื่อใช้ทองแดงหรือสังกะสีจะสามารถลดระยะเวลาในการปรากฏของรอยลายนิ้วมือแฝงได้ ในการทดสอบเพื่อวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของอลูมิเนียมในสารละลายกรด-เบส CuSO_4 และ ZnCl_2 ที่ความเข้มข้น 0.001-0.100 M พบว่าการเพิ่มขึ้นของค่าศักย์ไฟฟ้าในระหว่างการทดลองทำให้รอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏมีความชัดเจนขึ้นแสดงให้เห็นว่าเทคนิคดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ยามิละห์ กาเร็ง (2562) งานวิจัยนี้ได้พัฒนาวิธีการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะที่ง่ายและรวดเร็วโดยใช้เทคนิคการเกาะติดทางเคมีไฟฟ้าด้วยสารละลายผสมของเงินไอออนและทองแดงไอออนในดีฟยูเทคติกโซลเวนต์ (Deep Eutectic Solvent) โดยการเชื่อมต่อขั้วแอโนดกับวัตถุพยานโลหะและขั้วแคโทดกับสารละลายผสมจากนั้นวางสำลึบนพื้นผิวโลหะบริเวณที่ต้องการตรวจหาผลการศึกษาแสดงว่ารอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏชัดเจนที่ศักย์ไฟฟ้า 5.0 โวลต์, กระแสไฟฟ้า 1.5 แอมแปร์, เวลาทำงาน 30 วินาที และอัตราส่วนสารละลายเงินไอออนและทองแดงไอออน 1:1 สามารถตรวจสอบจุดลักษณะสำคัญได้อย่างน้อย 12 จุด ซึ่งเทคนิคนี้ยังสามารถทำซ้ำได้ดีและสามารถประยุกต์ใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษางานวิจัยเรื่อง การตรวจวัดรอยลายนิ้วมือแฝงโดยใช้สารอเล็กโทรไลต์บนพื้นผิวของวัตถุที่แตกต่างกัน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตและแคลเซียมคลอไรด์ ระยะเวลาการปรากฏรอยนิ้วมือแฝงและเปรียบเทียบการใช้สารละลายอเล็กโทรไลต์บนพื้นผิวต่าง ๆ รวมถึงพื้นผิวที่มีรูพรุนและไม่มีรูพรุน โดยผู้วิจัยกำหนดขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยไว้ 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนการเตรียมวัสดุ อุปกรณ์และตัวอย่างในการทดลอง
2. ขั้นตอนวิธีการดำเนินการทดลอง
3. วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นตอนการเตรียมวัสดุ อุปกรณ์และตัวอย่างในการทดลอง

1. อาสาสมัคร







อาสาสมัครประทับรอยลายนิ้วมือเป็นเพศหญิง อายุ 20 ปี น้ำหนัก 90 กิโลกรัม ส่วนสูง 165 เซนติเมตร เป็นบุคคลที่มีเหงื่อออกง่ายและนิ้วมือไม่แห้งจนผิดปกติ

2. วัสดุ อุปกรณ์และตัวอย่างในการทดลอง

ตารางที่ 1 วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ลำดับ	ตัวอย่าง	รูปภาพประกอบ	แหล่งที่มาและรายละเอียด
1	แคลเซียมคลอไรด์		ยี่ห้อ Carlo Erba™
2	โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต		ยี่ห้อ Ajax-Finechem (Univar)
3	ซิลิกาเจล		-

ตารางที่ 1 วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง (ต่อ)

4	น้ำกลั่น		Siam Ultimate Chem (SU CHEM)
5	ปิ๊กเกอร์ 50ml และ 250ml		ยี่ห้อ Pyrex
6	แท่งคนสาร		-
7	ตราชั่งดิจิทัล 2 ตำแหน่ง		รุ่นEK-610i ยี่ห้อ AND
8	แปรงสังเคราะห์		รุ่น Super soft synthesis brush
9	โทรศัพท์มือถือ		รุ่น iphone 11 128GB สีขาว

ตารางที่ 2 พื้นผิวตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

ลำดับ	ตัวอย่าง	รูปภาพประกอบ	แหล่งที่มาและรายละเอียด
1	ทองแดง		แผ่นทองแดง หนา 0.5 มม. ขนาด 100*100 มม. ร้านคิดใหม่
2	ทองเหลือง		แผ่นทองเหลือง หนา 0.3 มม. ขนาด 4*1 นิ้ว
3	เหล็ก		เหล็กเพลทสีเหลี่ยม หนา 6 มม. SC รุ่น SC-0100946 ขนาด 3 x 3 นิ้ว สีดำ
4	สแตนเลส		แผ่นสแตนเลส 304 หนา 3 มม. ขนาด 30*30 ซม. ร้านกิจวัฒนาสแตนเลส แอนด์สตีล นครปฐม
5	อลูมิเนียม		แผ่นอลูมิเนียม หนา 1 มม. ขนาด 13*12 ซม.
6	พื้นผิวกระเบื้องเซรามิค		กระเบื้องพื้น SMILE รุ่นอิงหมอก ขนาด 30 x 30 ซม. (กล่อง 11 แผ่น) สีขาว
7	พลาสติกPVC		แผ่นพลาสติกแข็ง สีขาว ขนาด 71x120 ซม

ตารางที่ 2 พื้นผิวตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)

ลำดับ	ตัวอย่าง	รูปภาพประกอบ	แหล่งที่มาและรายละเอียด
8	กระดาษเคลือบ		กระดาษเคลือบ ลายหนังสือพิมพ์ สีน้ำตาล ยาว 8 ม. หน้ากว้าง 30 ซม.
9	เทปกาวไฟเบอร์		GIANT KINGKONG รุ่น SD-201 สีขาว
10	เทปกาวแบบใส		เทปใสแกน 3 นิ้ว SCOTCH รุ่น 500 XT002082466 ขนาด 24 มม. x 33
11	กระดาษ A4		กระดาษ A4 80 แกรม DOUBLE A (จำนวน 100 แผ่น)
12	แผ่น Polystyrene foam		โฟมแผ่น 1 1/2 นิ้ว GIANT KINGKONG ขนาด 60 x 120 ซม. สีขาว

ขั้นตอนวิธีการดำเนินการทดลอง

1. ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างรอยลายนิ้วมือ

อาสาสมัครที่ไม่ผ่านการล้างมือนำนิ้วหัวแม่มือมาสัมผัสบริเวณที่มีต่อมเหงื่อและไขมัน ได้แก่ บริเวณหน้าผากหรือจมูก จากนั้นมาประทับรอยลายนิ้วมือบนพื้นผิวของวัตถุตั้งตารางที่ 2 โดยใช้แรงกดประมาณ 1,000-1,500 กรัม ระยะเวลาในการกด 10 วินาที เมื่อประทับรอยลายนิ้วมือเสร็จแล้วรอให้รอยลายนิ้วมือติดอยู่บนตัวอย่างใช้ระยะเวลา 30 นาที

2. ขั้นตอนการเตรียมสารละลาย

เตรียมสารละลายอิเล็กโทรไลต์ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 อัตราส่วนของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตและแคลเซียมคลอไรด์

KMnO ₄ (%w/v)	CaCl ₂ (%w/v)	Silica (g)	Volume (10 ml)
4-8	1-5	1	5:5

นำสารละลายที่เตรียมไว้สำหรับการทดลองทาบนพื้นผิวของวัตถุที่มีการประทับรอยลายนิ้วมือโดยทาให้เป็นแนวตั้งและมีน้ำหนักการทาที่สม่ำเสมอเพื่อป้องกันการสูญหายของรอยลายนิ้วมือและตั้งทิ้งไว้จนกว่ารอยลายนิ้วมือแฝงจะปรากฏ เมื่อรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏแล้วให้นำตัวอย่างไปล้างน้ำตากให้แห้งด้วยวิธีธรรมชาติ หลังจากนั้นนำมาถ่ายรูปด้วยกล้องโทรศัพท์ไอโฟน 11 และส่งภาพให้ผู้เชี่ยวชาญของสำนักงานตำรวจพิสูจน์หลักฐานเป็นผู้ตรวจ

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์และประเมินคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงสำหรับการหาปริมาณอัตราส่วนของสารเคมีที่เหมาะสมโดยเกณฑ์การให้ค่าคะแนนคุณภาพรอยลายนิ้วมือแฝงดังตารางที่ 4 จากการประเมินด้วยตาเปล่า ดังนี้

ตารางที่ 4 ค่าคะแนนคุณภาพรอยลายนิ้วมือแฝง (Bandey & Gibson, 2006)

ค่าคะแนน	รายละเอียดของรอยลายนิ้วมือแฝง
0	ไม่มีการปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝง
1	มีการปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝงโดยมีรอยสันนูนน้อยกว่า 1/3 ของรอยประทับ
2	มีการปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝงโดยมีรอยสันนูนต่อเนื่อง 1/3 – 2/3 ของรอยประทับ
3	มีการปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝงโดยมีรอยสันนูนต่อเนื่องมากกว่า 2/3 ของรอยประทับ
4	มีการปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝงโดยมีรอยสันนูนต่อเนื่องครบถ้วนของรอยประทับ

2. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์งานวิจัยเพื่อหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานด้วยโปรแกรม Microsoft Excel สำหรับการประเมินคุณภาพรอยลายนิ้วมือแฝงจากการทาสารละลายอิลีกโทรไลต์บนพื้นผิวของวัตถุชนิดต่าง ๆ โดยทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมดซ้ำ 4 ครั้งสำหรับการวิเคราะห์และการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิววัตถุ ผู้วิจัยได้อ้างอิงผลจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านการตรวจลายนิ้วมือจากศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 7 จังหวัดนครปฐม

การประเมินผลระดับค่าคะแนนเฉลี่ยคุณภาพรอยลายนิ้วมือแฝงสามารถแบ่งออกเป็น 5 ระดับ โดยการคำนวณช่วงความกว้างอัตราภาคชั้นเป็นการให้คะแนนเฉลี่ยในแต่ละชั้นสามารถแบ่งได้ดังนี้

$$\text{ความกว้างอัตราภาคชั้น} = \frac{(\text{ข้อมูลที่มีค่าสูงสุด} - \text{ข้อมูลที่มีค่าต่ำสุด})}{\text{จำนวนระดับชั้น}} = \frac{(4-0)}{5} = 0.8$$

เกณฑ์คะแนนค่าเฉลี่ยของคุณภาพรอยลายนิ้วมือแฝง

คะแนนเฉลี่ย 0.00-0.80 = ไม่มีการปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝง

คะแนนเฉลี่ย 0.81-1.60 = มีคุณภาพต่ำ

คะแนนเฉลี่ย 1.61-2.40 = มีคุณภาพพอใช้

คะแนนเฉลี่ย 2.41-3.20 = มีคุณภาพดี

คะแนนเฉลี่ย 3.21-4.00 = มีคุณภาพดีมาก



แผนภาพแสดงขั้นตอนการทดลอง

ประทับรอยลายนิ้วมือบนตัวอย่างน้ำหนักประมาณ 1,000-1,500 กรัม ระยะเวลาในการกด 10 วินาที เมื่อประทับรอยลายนิ้วมือเสร็จแล้วรอให้รอยลายนิ้วมือติดอยู่บนตัวอย่างใช้ระยะเวลา 30 นาที

เตรียมสารละลายอิเล็กโทรไลต์ดังตารางที่ 3

นำสารละลายที่เตรียมไว้สำหรับการทดลองมาทาบนพื้นผิวของวัตถุที่มีรอยประทับรอยลายนิ้วมือโดยทาเป็นแนวตั้งและมีน้ำหนักการทาที่สม่ำเสมอเพื่อป้องกันการสูญหายของรอยลายนิ้วมือ ตั้งทิ้งไว้จนกว่ารอยลายนิ้วมือแฝงจะปรากฏเมื่อรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏแล้วให้นำตัวอย่างไปล้างน้ำตากให้แห้งด้วยวิธีธรรมชาติ นำตัวอย่างที่รอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏมาถ่ายรูปด้วยกล้องโทรศัพท์ไอโฟน 11 และส่งภาพให้ผู้เชี่ยวชาญของสำนักงานตำรวจพิสูจน์หลักฐานเป็นผู้ตรวจและให้ค่าคะแนนคุณภาพตามตารางที่ 4

บทที่ 4


ผลการทดลองและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับการปรากฏของรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิววัตถุประเภทต่าง ๆ โดยใช้สารอิเล็กโทรไลต์พื้นผิวที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยพื้นผิวโลหะ ได้แก่ ทองแดง ทองเหลือง เหล็ก สแตนเลส และอลูมิเนียม, พื้นผิวกระเบื้องเซรามิก, พลาสติก PVC, กระจกเคลือบ, เทปกาวไฟเบอร์ และเทปกาวใส รวมทั้งพื้นผิวที่มีรูพรุน เช่น กระจก A4 และแผ่น Polystyrene foam นอกจากนี้ยังได้ศึกษาระยะเวลาการปรากฏของรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากทาสารอิเล็กโทรไลต์บนพื้นผิวของวัตถุชนิดต่าง ๆ ผลการวิจัยมีดังนี้





1. การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝงด้วยสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตและแคลเซียมคลอไรด์

จากผลการทดลองในตารางที่ 5 และ 6 พบว่าการใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตความเข้มข้น 4%w/v และสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5%w/v ในปริมาณ 10 มิลลิลิตร ร่วมกับซิลิกา 1 กรัม ทาบนพื้นผิวสแตนเลสให้ค่าคะแนนรอยลายนิ้วมือแฝงสูงสุดอยู่ที่ระดับคะแนน 4 ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการเกิดปฏิกิริยา โดยคุณสมบัติการเป็นสารออกซิไดซ์ของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตสามารถทำปฏิกิริยากับสารประกอบอินทรีย์ในรอยลายนิ้วมือได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขณะที่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ได้ทำหน้าที่ควบคุมสมดุล pH ของสารละลายผสมประกอบกับการใช้ซิลิกาเจลในการควบคุมความชื้นส่งผลให้สามารถปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝงได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่จำเป็นต้องใช้ความร้อนในการเร่งปฏิกิริยา

ตารางที่ 5 ค่าคะแนนรอยลายนิ้วมือแฝงที่ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตและแคลเซียมคลอไรด์

KMnO ₄ (%w/v)	CaCl ₂ (%w/v)	Silica (g)	ค่าคะแนนรอย ลายนิ้วมือแฝง	ภาพประกอบ
2	0.5	1	2	

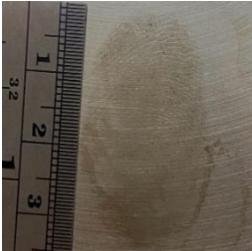
ตารางที่ 5 ค่าคะแนนรอยลายนิ้วมือแฝงที่ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตและแคลเซียมคลอไรด์ (ต่อ)

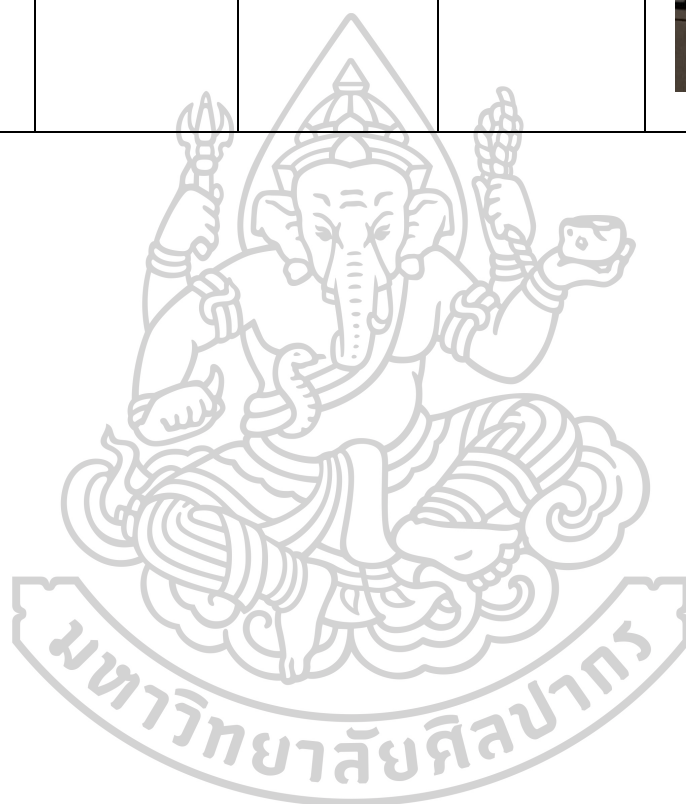
KMnO ₄ (%w/v)	CaCl ₂ (%w/v)	Silica (g)	ค่าคะแนนรอย ลายนิ้วมือแฝง	ภาพประกอบ
2.5	0.5	1	3	
3	0.5	1	2	
3.5	0.5	1	1	
4	0.5	1	4	

ตารางที่ 6 ค่าคะแนนรอยลายนิ้วมือแฝงที่ใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และโพแทสเซียมเปอร์แมงกานัต

CaCl ₂ (%w/v)	KMnO ₄ (%w/v)	Silica (g)	ค่าคะแนนรอย ลายนิ้วมือแฝง	ภาพประกอบ
0.5	4	1	4	
1	4	1	2	
1.5	4	1	2	
2	4	1	3	

ตารางที่ 6 ค่าคะแนนรอยลายนิ้วมือแฝงที่ใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต (ต่อ)

CaCl ₂ (%w/v)	KMnO ₄ (%w/v)	Silica (g)	ค่าคะแนนรอย ลายนิ้วมือแฝง	ภาพประกอบ
2.5	4	1	2	



2. การศึกษาระยะเวลาการปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากทาสารอิเล็กทรอนิกส์โพลีโตนบนพื้นผิวของวัสดุชนิดต่าง ๆ

จากผลการทดลองในตารางที่ 7 พบว่า ระยะเวลาที่รอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏหลังการทาสารอิเล็กทรอนิกส์โพลีโตนบนพื้นผิวโลหะประเภทต่างๆ ได้แก่ สแตนเลสและเหล็ก ใช้เวลาเพียง 5 นาที ในขณะที่พลาสติก PVC และอลูมิเนียมใช้เวลา 7 นาที และ 15 นาที ตามลำดับ สำหรับพื้นผิวโลหะบางชนิด เช่น ทองแดงและทองเหลือง รวมถึงพื้นผิวกระเบื้องเซรามิกนั้นใช้เวลาปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝง 20 นาที ส่วนพื้นผิวที่มีรูพรุน เช่น กระดาษ A4 แผ่น Polystyrene foam และกระดาษเคลือบ ใช้เวลาในการปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝง 30 นาที และพื้นผิวที่มีลักษณะผิวมันบางชนิด เช่น เทปกาวไฟเบอร์และเทปกาวใส ใช้เวลา 37 นาที จากข้อมูลดังกล่าวพบว่าการปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะบางชนิดจะเร็วกว่าพื้นผิวที่มีรูพรุนและพื้นผิวที่มีลักษณะผิวมัน เนื่องจากสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตมีการยึดเกาะกับพื้นผิวที่เป็นโลหะได้ดีทำให้รอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏเด่นชัดขึ้นอย่างรวดเร็ว ตรงกันข้ามกับพื้นผิวที่มีรูพรุนซึ่งเกิดการดูดซึมของสารละลายเข้าสู่พื้นผิวแทนที่จะยึดเกาะอยู่บนรอยลายนิ้วมือส่งผลให้การปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝงต้องใช้เวลาเพิ่มขึ้นและให้ผลลัพธ์ที่ไม่ชัดเจนเท่าที่ควร

ตารางที่ 7 ระยะเวลาที่รอให้รอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏหลังการทาสารอิเล็กทรอนิกส์โพลีโตน

พื้นผิวตัวอย่าง	ระยะเวลาที่รอให้รอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏ (นาที)
สแตนเลส	5
เหล็ก	5
พลาสติกPVC	7
อลูมิเนียม	15
ทองแดง	20
ทองเหลือง	20
พื้นผิวกระเบื้องเซรามิก	20
กระดาษ A4	30
แผ่นPolystyrene foam	30
กระดาษเคลือบ	30
เทปกาวไฟเบอร์	37
เทปกาวแบบใส	37

3. ศึกษาการเปรียบเทียบการใช้สารอิเล็กทรอนิกส์โทรไลต์ทาบนพื้นผิววัสดุชนิดต่าง ๆ ซึ่งรวมถึงพื้นผิวที่มีรูพรุน และไม่มีรูพรุน

จากผลการทดลองในตารางที่ 8 พบว่าค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณภาพรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิววัสดุชนิดต่าง ๆ สามารถจำแนกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มพื้นผิวที่มีคุณภาพดีถึงดีมาก ซึ่งประกอบด้วย ทองเหลืองที่มีค่าเฉลี่ย 3.00 ± 0.00 ทองเหลืองเป็นโลหะที่มีความทนทานและสามารถเก็บรอยลายนิ้วมือได้ดี แต่มีปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้คุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงต่ำกว่าพลาสติก PVC หรืออลูมิเนียมเล็กน้อย ต่อมาเป็นอลูมิเนียมและเทปกาวไฟเบอร์ที่มีค่าเฉลี่ย 3.25 ± 0.43 อลูมิเนียมมีการตอบสนองต่อการปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝงได้ดีโดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพ ในขณะที่เทปกาวไฟเบอร์มีพื้นผิวที่ไม่เรียบทำให้อรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏมีรอยสันนูนที่ไม่ครบถ้วนแต่ยังคงเห็นรอยลายนิ้วมือแฝงได้ชัดเจนสามารถยืนยันตัวบุคคลได้ สุดท้ายคือพลาสติก PVC ที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 3.50 ± 0.50 พลาสติก PVC มีพื้นผิวเรียบและไม่ดูดซับสารคัดหลั่งจากผิวหนังมากเกินไปทำให้อรอยลายนิ้วมือแฝงที่เกิดขึ้นจึงคมชัดและสามารถระบุจุดลักษณะสำคัญได้ดี

กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มพื้นผิวที่มีคุณภาพพอใช้ถึงดี ประกอบด้วย สแตนเลสและแผ่น polystyrene foam ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 2.25 ± 0.43 โดยสแตนเลสเป็นโลหะที่มีผิวเรียบและแข็งแรง แต่บางครั้งอาจปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝงไม่ชัดเจนเนื่องจากการสะท้อนแสงหรือการขีดทางเคมี ส่วนแผ่น polystyrene foam ซึ่งเป็นวัสดุพลาสติกที่มีรูพรุนทำให้สามารถดูดซับสารคัดหลั่งได้มากจึงไม่สามารถปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝงได้ดีเท่าวัสดุอื่น ๆ เหล็กมีค่าเฉลี่ย 2.50 ± 0.50 เหล็กสามารถปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝงในระดับที่พอใช้แต่มีการเกิดสนิมหรือการกัดกร่อนที่ทำให้รอยลายนิ้วมือแฝงไม่ชัดเจน ทองแดงมีค่าเฉลี่ย 2.75 ± 0.43 ทองแดงเป็นโลหะที่ตอบสนองต่อการปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝงได้ดี แต่มีการเกิดออกซิเดชันเมื่อสัมผัสกับสารต่าง ๆ ทำให้อรอยลายนิ้วมือมีความคมชัดขึ้น ซึ่งเป็นเหตุผลที่ทองแดงมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าพื้นผิวอื่น ๆ ในกลุ่มนี้

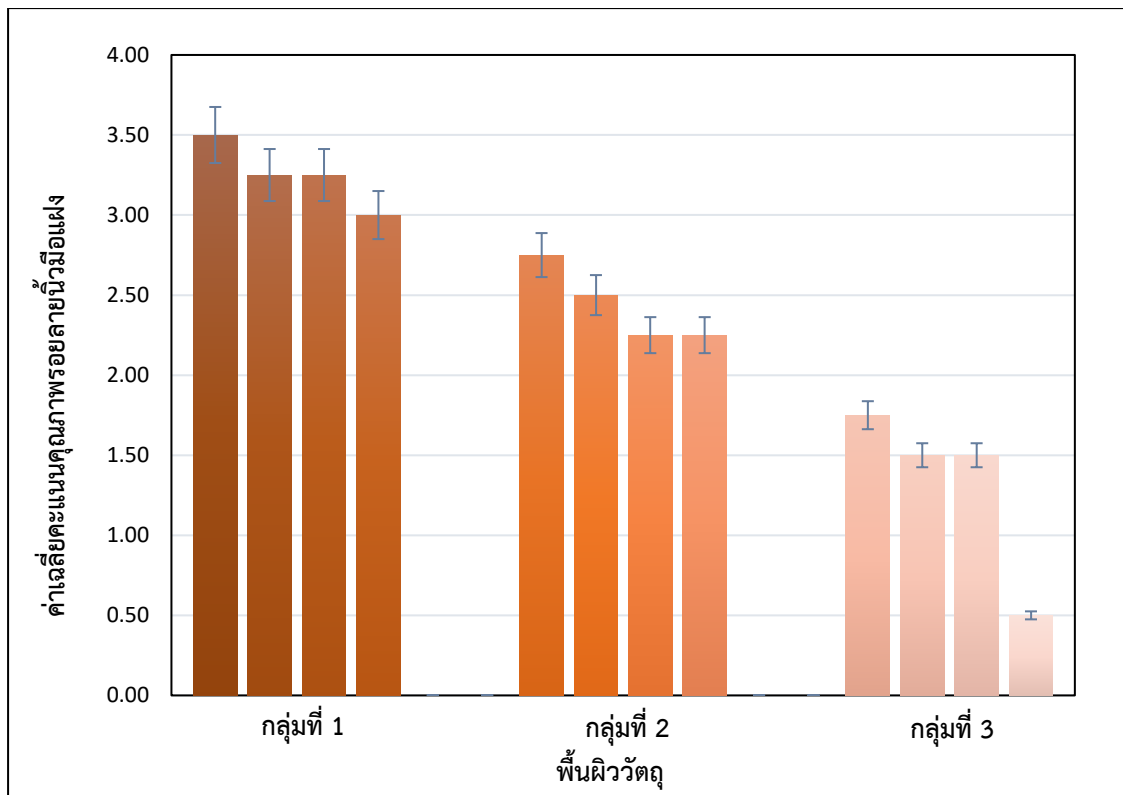
กลุ่มที่ 3 คือ กลุ่มพื้นผิวที่ไม่มีการปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝงถึงคุณภาพระดับพอใช้ ประกอบด้วย กระจก A4 ที่มีค่าเฉลี่ย 0.50 ± 0.50 เนื่องจากกระจก A4 มีคุณสมบัติในการดูดซับสารคัดหลั่งจาก ผิวหนังได้ดี ซึ่งทำให้ปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝงได้ยากเมื่อเทียบกับพื้นผิวอื่นๆ กระจกเคลือบและเทปกาวแบบใสมีค่าเฉลี่ย 1.50 ± 0.50 โดยเฉพาะกระจกเคลือบที่มีพื้นผิวเรียบและมันวาวช่วยให้รอยลายนิ้วมือแฝงมีความชัดเจนมากขึ้น ในขณะที่พื้นผิวกระเบื้องเซรามิกมีค่าเฉลี่ย 1.75 ± 0.83 ซึ่งสามารถสะท้อนแสงและทำให้เห็นรอยลายนิ้วมือแฝงได้เนื่องจากกระเบื้องเซรามิกสามารถเก็บสารคัดหลั่งบางอย่างได้แม้จะไม่ชัดเจนเท่าพื้นผิวในกลุ่มที่ 1 และ 2

สำหรับค่าคะแนนคุณภาพรอยลายนิ้วมือแฝงมีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อมีจำนวนครั้งของการประทับรอยลายนิ้วมือเพิ่มขึ้นสามารถอธิบายได้ 2 ปัจจัยหลัก ๆ ดังนี้

1. ปริมาณของสารคัดหลั่งบนผิวหนัง (Residues Depletion Factor) เมื่อมีการประทับรอยลายนิ้วมือซ้ำ ๆ ทำให้ปริมาณของสารคัดหลั่ง ได้แก่ น้ำมัน เหงื่อและโปรตีนที่อยู่บนผิวหนังลดลงส่งผลให้รอยลายนิ้วมือที่ประทับในครั้งที่ 2-4 มีค่าคะแนนคุณภาพรอยลายนิ้วมือแฝงต่ำลง
2. ปัจจัยสิ่งแวดล้อม (Environmental Factor) ได้แก่ อุณหภูมิและความชื้นมีผลต่อการคงอยู่ของสารคัดหลั่ง โดยเมื่ออุณหภูมิสูงจะเร่งการระเหยของเหงื่อและน้ำมันบนนิ้วมือทำให้รอยลายนิ้วมือที่มีประทับบนพื้นผิววัตถุจางเร็วขึ้น

ตารางที่ 8 ค่าคะแนนคุณภาพรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิววัตถุประเภทต่าง ๆ

พื้นผิววัตถุ	ค่าคะแนนคุณภาพรอยลายนิ้วมือแฝง				ค่าเฉลี่ย (n=4)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D)
	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่3	ครั้งที่4		
พลาสติกPVC	4	4	3	3	3.50	0.50
อลูมิเนียม	4	3	3	3	3.25	0.43
เทปกาวไฟเบอร์	4	3	3	3	3.25	0.43
ทองเหลือง	3	3	3	3	3.00	0.00
ทองแดง	3	3	3	2	2.75	0.43
เหล็ก	3	3	2	2	2.50	0.50
สแตนเลส	3	2	2	2	2.25	0.43
แผ่นPolystyrene foam	3	2	2	2	2.25	0.43
พื้นผิวกระเบื้องเซรามิก	3	2	1	1	1.75	0.83
เทปกาวแบบใส	2	2	1	1	1.50	0.50
กระดาษเคลือบ	2	2	1	1	1.50	0.50
กระดาษ A4	1	1	0	0	0.50	0.50

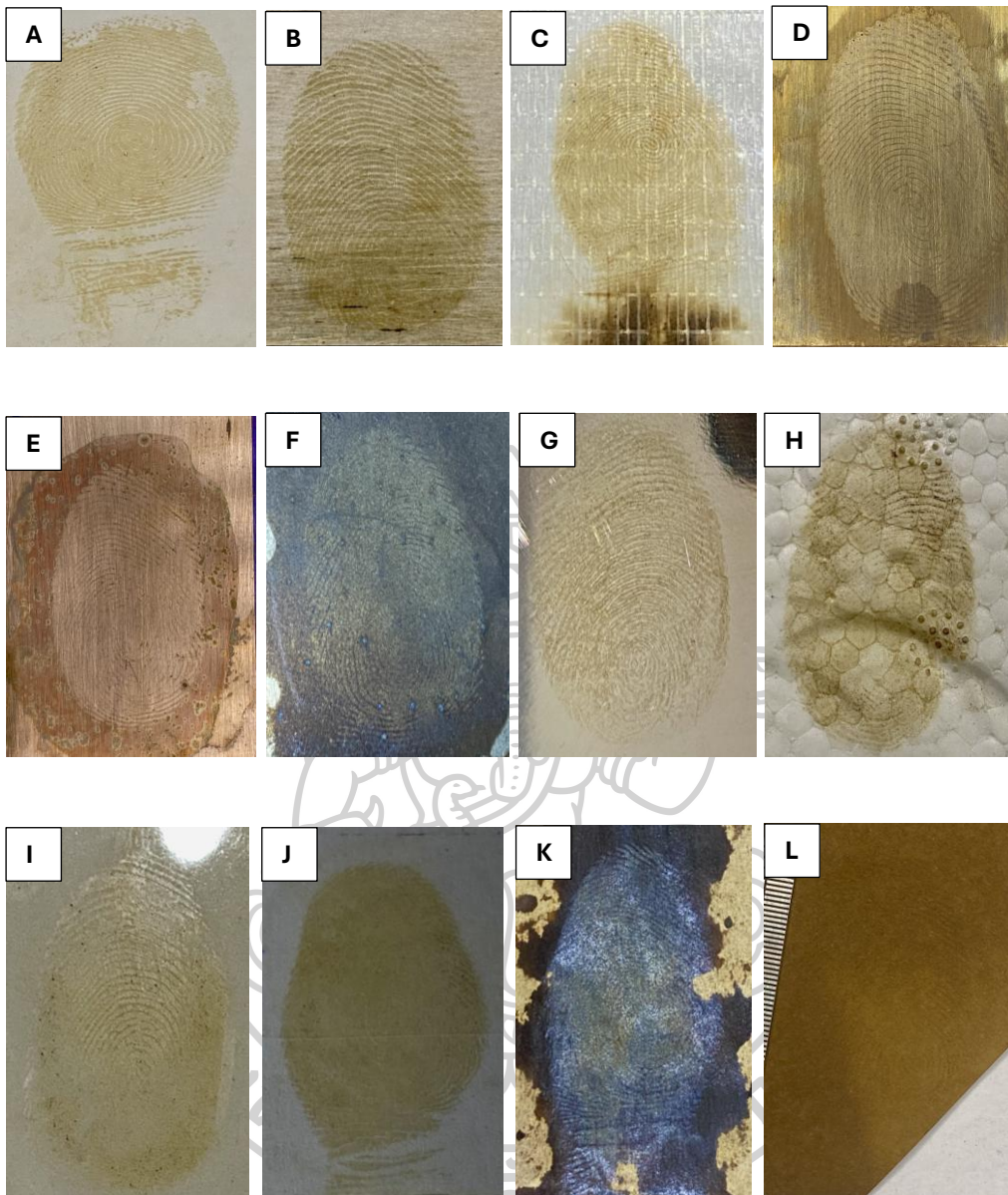


ภาพที่ 16 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบการใช้สารอิเล็กทรอนิกส์ไลต์บนพื้นผิวต่าง ๆ โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ได้แก่ พลาสติกPVC, อลูมิเนียม, เทปกาวไฟเบอร์ และทองเหลือง

กลุ่มที่ 2 ได้แก่ ทองแดง, เหล็ก, สแตนเลส และแผ่น Polystyrene foam

กลุ่มที่ 3 ได้แก่ พื้นผิวกระเบื้องเซรามิก, เทปกาวแบบใส, กระจกเคลือบ และกระจกA4



ภาพที่ 17 รอยลายนิ้วมือแฝงที่แสดงบนพื้นผิววัสดุต่าง ๆ

- (A) พลาสติกPVC (B) อลูมิเนียม (C) เทปกาวไฟเบอร์ (D) ทองเหลือง (E) ทองแดง (F) เหล็ก
 (G) สแตนเลส (H) แผ่น Polystyrene foam (I) กระเบื้องเซรามิก (J) เทปกาวแบบใส
 (K) กระดาษเคลือบ (L) กระดาษ A4

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นงานวิจัยเชิงการทดลองที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปรากฏของรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิววัสดุชนิดต่าง ๆ โดยการใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์บนพื้นผิวของวัสดุที่ใช้ศึกษาในการทดลองนี้คือ พื้นผิวโลหะ ได้แก่ ทองแดง ทองเหลือง เหล็ก สแตนเลสและอลูมิเนียม พื้นผิวกระเบื้องเซรามิก พลาสติกPVC กระจกเคลือบ เทปกาวไฟเบอร์และเทปกาวแบบใส และพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ กระจก A4 และ แผ่น Polystyrene foam และศึกษาระยะเวลาการปรากฏของรอยลายนิ้วมือแฝง

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่าอัตราส่วนของความเข้มข้นสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต 4 %w/v และความเข้มข้นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.5 %w/v ให้ค่าคะแนนรอยลายนิ้วมือแฝงสูงสุดอยู่ที่ระดับคะแนน 4 ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการเกิดปฏิกิริยา จึงสามารถตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงได้คะแนนระดับดีถึงดีมากบนพื้นผิวที่ศึกษาบางชนิด ได้แก่ ทองเหลือง อลูมิเนียม พลาสติกPVC และเทปกาวไฟเบอร์ สามารถใช้ตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงในการยืนยันตัวบุคคลได้ อย่างไรก็ตามบนพื้นผิวที่ศึกษาบางประเภท ได้แก่ บนพื้นผิวกระจก A4 ไม่มีการปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝง อาจเกิดจากการดูดซับสารละลายไปบนกระจกส่งผลให้คุณภาพรอยลายนิ้วมือแฝงลดลง ถึงแม้ว่าอัตราส่วนของความเข้มข้นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์จะต่ำกว่างานวิจัย O. P. Jasuja and Singh (2019) ที่ใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 8 %w/v และต้องใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50-55 °C แต่การศึกษางานวิจัยครั้งนี้มีการใช้ซิลิกาเจลปริมาณ 1 กรัมช่วยควบคุมความชื้นได้อย่างเหมาะสมส่งผลให้สามารถปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝงชัดเจนโดยไม่ต้องใช้ความร้อน ดังนั้นผลการวิจัยในการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์บนพื้นผิวชนิดต่างๆที่ได้ศึกษาและอาจสามารถนำมาใช้ในการตรวจรอยลายนิ้วมือได้จริงในทางนิติวิทยาศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

1. การพัฒนาสูตรสารละลายควรทดลองใช้สารละลายอิเล็กทรอนิกส์ในสัดส่วนและชนิดอื่นๆ เพื่อหาประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้นในพื้นที่หลากหลายโดยเฉพาะพื้นที่ที่มีรบกวน เช่น กระจก A4 หรือ แผ่นPolystyrene foam ที่ยังคงมีปัญหาในการตรวจพบรอยฉนวนมือแฝง
2. การประยุกต์ใช้ในภาคสนามควรทดสอบวิธีการนี้ในสภาพแวดล้อมจริงเพื่อประเมินความเหมาะสมในการใช้งาน เช่น การตรวจสอบรอยฉนวนมือในสถานที่เกิดเหตุ ซึ่งมีปัจจัยแวดล้อมที่ซับซ้อนกว่าในห้องปฏิบัติการ
3. การพัฒนาวิธีการใหม่ควรศึกษาวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีหรือสารเคมีใหม่ ๆ ที่มีศักยภาพในการตรวจจ็บรอยฉนวนมือแฝงบนพื้นผิวที่หลากหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของวัสดุที่มีรบกวน



รายการอ้างอิง

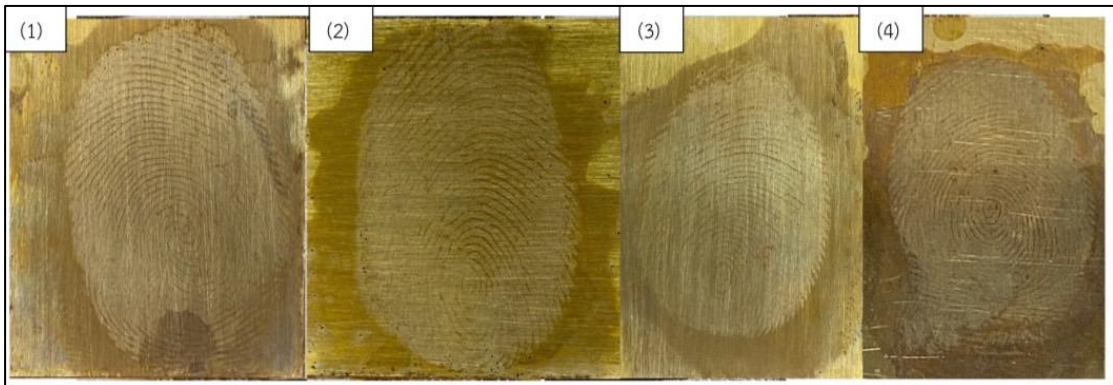
- Bandey, Helen L, & Gibson, Andrew P. (2006). *THE POWDERS PROCESS, STUDY 2: Evaluation of Fingerprint Powders on Smooth Surfaces*. Retrieved from https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5ef5f7af86650c129fbc1daa/Fingerprint_Update_Special_Edition_-_The_Powders_Process_Study_2_-_Evaluation_of_Fingerprint_Powders_on_Smooth_Surfaces_08-06.pdf
- Bersellini C, Garofano L, Giannetto M, Lusardi , & F, Mori G. (2001). Development of latent fingerprints on metallic surfaces using electropolymerization processes. *Journal of forensic*, 46(4), 871-877. doi:<https://doi.org/10.1520/JFS15060J>
- Cadd, Samuel, Islam, Meez, Manson, Peter, & Bleay, Stephen. (2015). Fingerprint composition and aging: A literature review. *Science & Justice*, 55(4), 219-238. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scijus.2015.02.004>
- Jasuja, O. P., & Singh, Kulvir. (2019). The next level aqueous electrolyte reagent (AER) for development of latent fingermarks. *Canadian Society of Forensic Science Journal*, 52(1), 33-52. doi:10.1080/00085030.2019.1581691
- Jasuja, Om Prakash, Singh, Gagandeep, & Almog, Joseph. (2011). Development of latent fingermarks by aqueous electrolytes. *Forensic Science International*, 207(1), 215-222. doi:<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2010.10.011>
- Khare, Vartika, & Singla, Anu. (2022). A review on the advancements in chemical examination of composition of latent fingerprint residues. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 12(1), 6. doi:10.1186/s41935-021-00262-2
- Singh, Kulvir, Sharma, Sahil, & Garg, Rakesh K. (2013). Visualization of latent fingerprints using silica gel G: A new technique. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 3(1), 20-25. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ejfs.2012.09.001>
- ฐิติมา ปานมณี. (2555). การหาลายนิ้วมือแฝงโดยใช้สารละลายยอเล็กโทโรไลต์. 6(2), 953-962.
- ไทยรัฐออนไลน์. (2560). ป้ายนี้รู้กัน ตำรวจแถลงDNAใครบนลอตเตอรี่ 18 ล้าน. Retrieved from <https://www.thairath.co.th/news/local/northeast/1150617>
- ยามีละห์ กาเร้ง. (2562). การพัฒนาการหาลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวที่เป็นโลหะโดยวิธีเคมีไฟฟ้า. (วิทยานิพนธ์ (วท.ม. (นิติวิทยาศาสตร์))), มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. Retrieved from

<http://kb.psu.ac.th/psukb/handle/2016/17162>

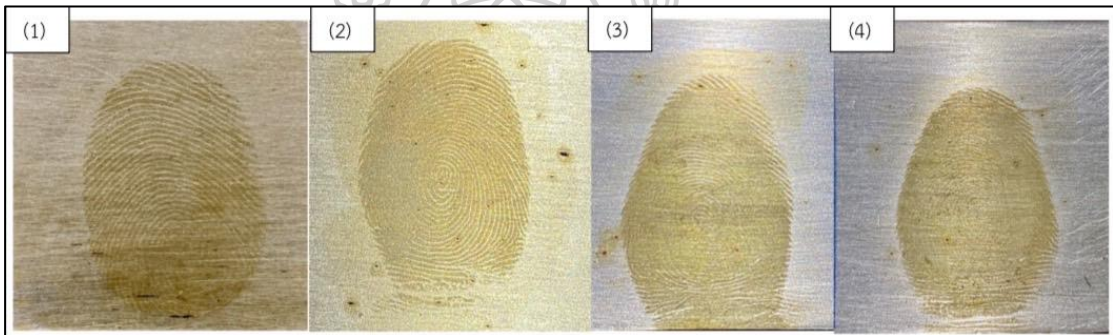




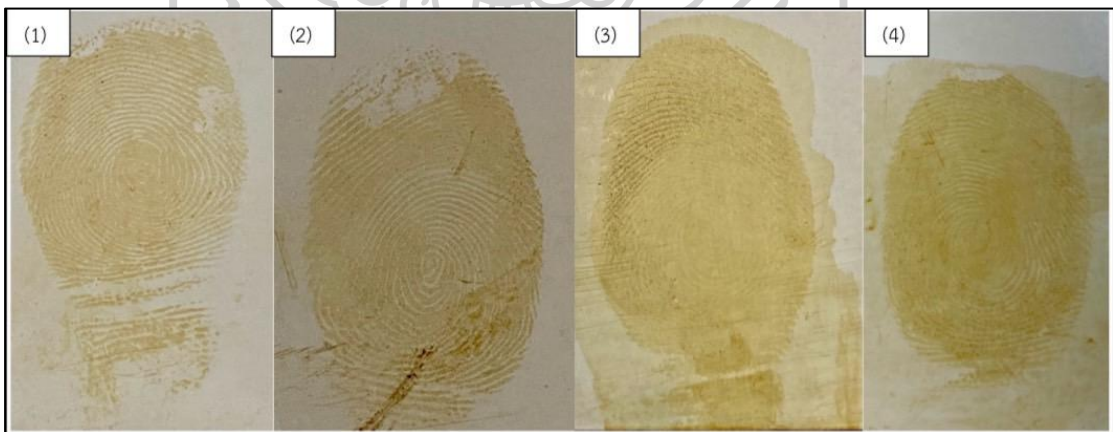
ภาคผนวก



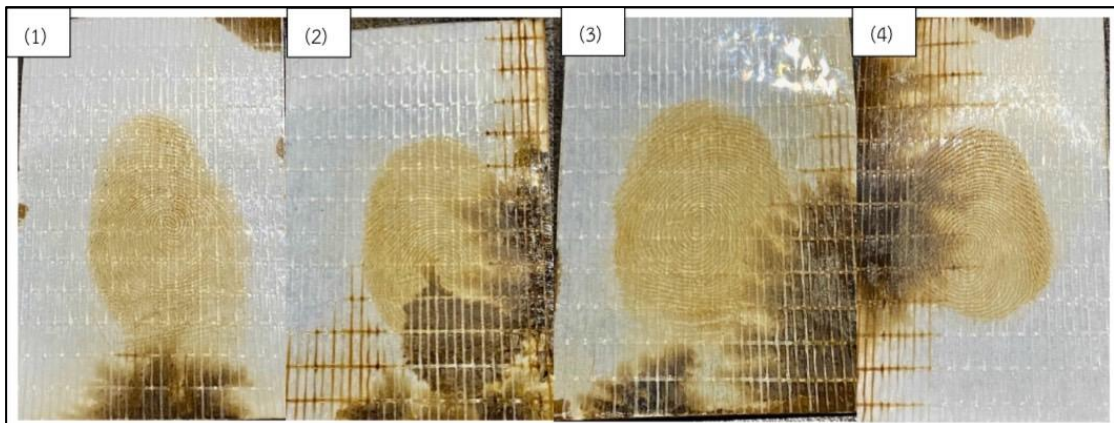
ภาพที่ 18 รอยลายนิ้วมือแฝงบนทองเหลืองครั้งที่1-4



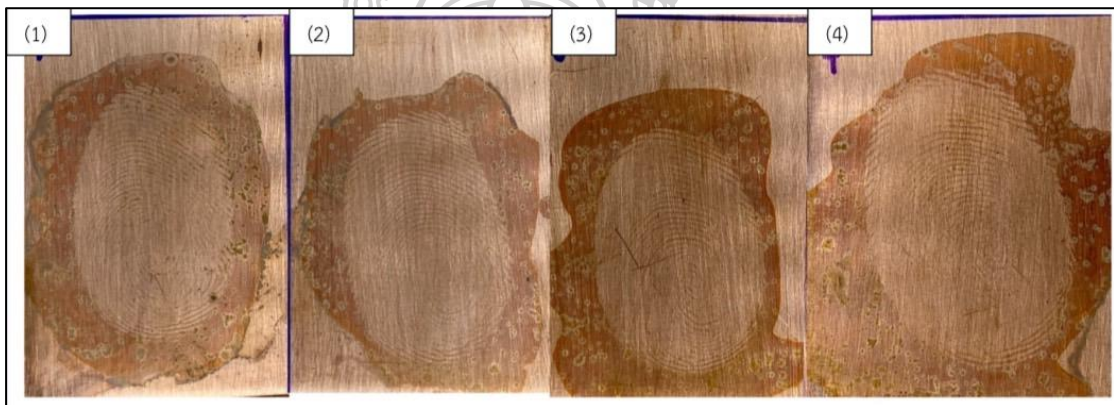
ภาพที่ 19 รอยลายนิ้วมือแฝงบนอลูมิเนียมครั้งที่1-4



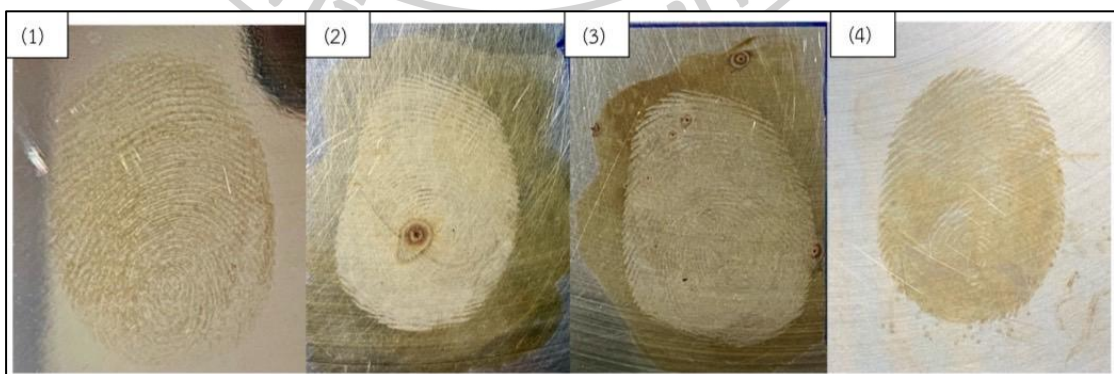
ภาพที่ 20 รอยลายนิ้วมือแฝงบนพลาสติกPVCครั้งที่1-4



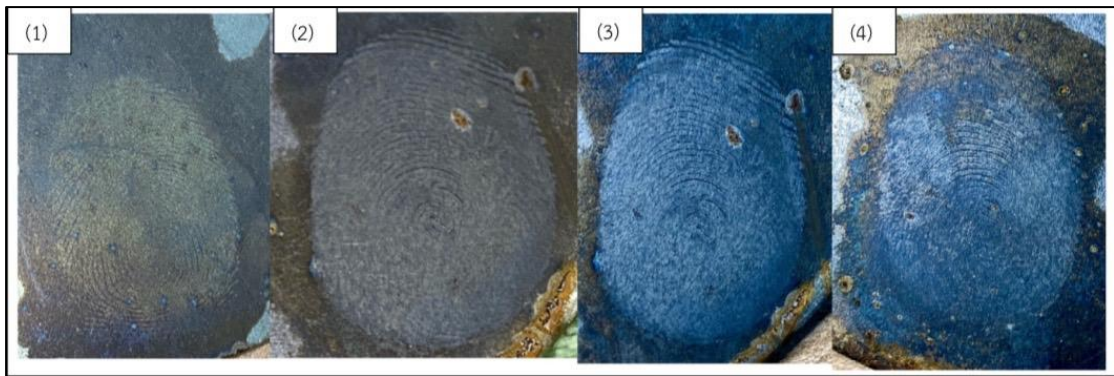
ภาพที่ 21 รอยลายนิ้วมือแฝงบนเทปกาวไฟเบอร์ครั้งที่1-4



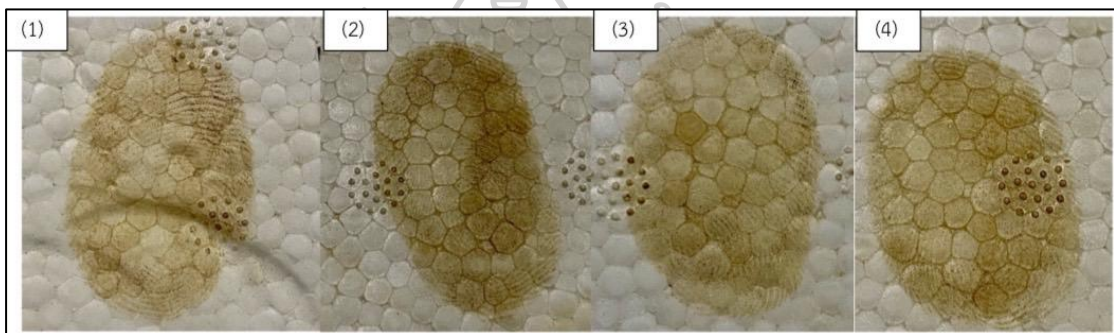
ภาพที่ 22 รอยลายนิ้วมือแฝงบนทองแดงครั้งที่1-4



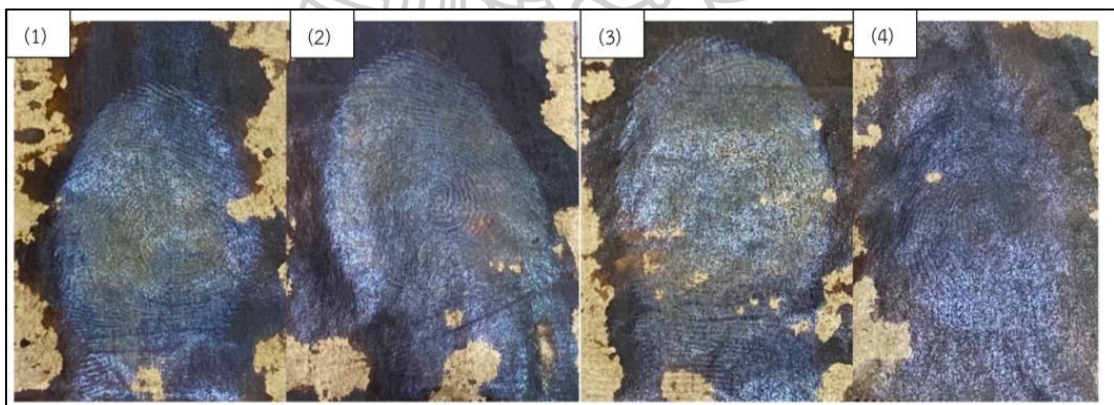
ภาพที่ 23 รอยลายนิ้วมือแฝงบนสแตนเลสครั้งที่1-4



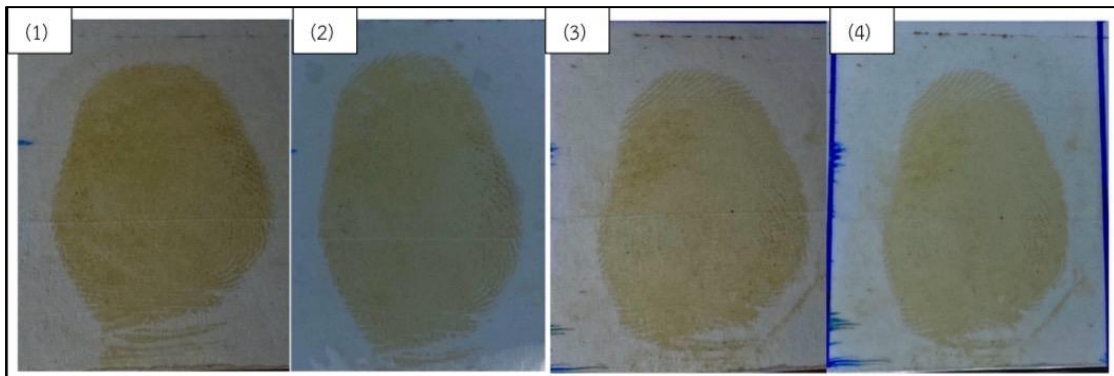
ภาพที่ 24 รอยลายนิ้วมือแฝงบนเหล็กครั้งที่1-4



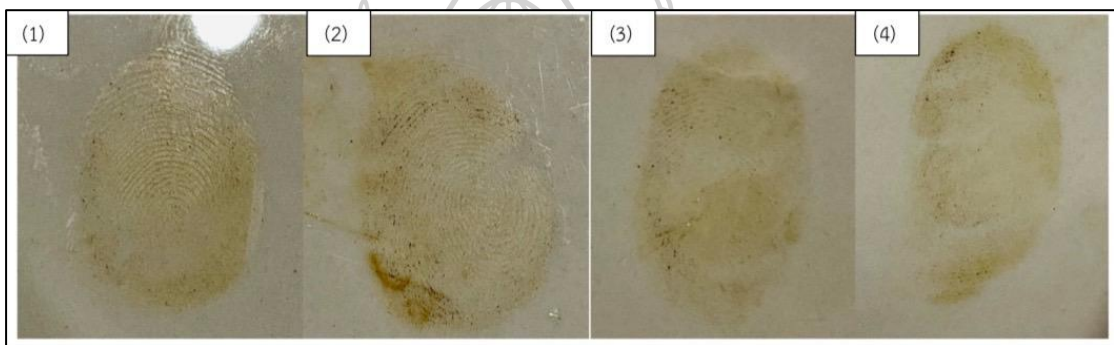
ภาพที่ 25 รอยลายนิ้วมือแฝงบน Polystyrene foamครั้งที่1-4



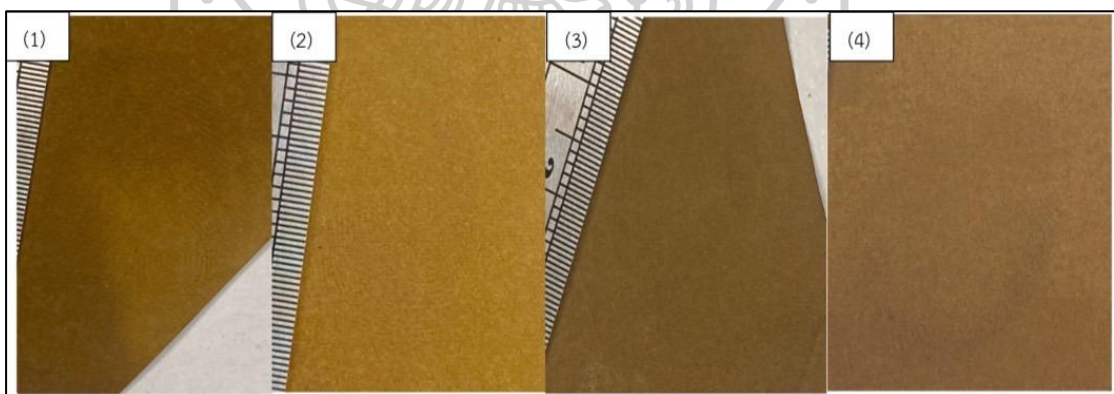
ภาพที่ 26 รอยลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเคลือบครั้งที่1-4



ภาพที่ 27 รอยลายนิ้วมือแฝงบนเทปกาวแบบใสครั้งที่1-4



ภาพที่ 28 รอยลายนิ้วมือแฝงบนกระเบื้องเซรามิกครั้งที่1-4



ภาพที่ 29 รอยลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษ A4 ครั้งที่1-4

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล

กัญญาพัชร หมานหะยะ

วุฒิการศึกษา

พ.ศ. 2564 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีบัณฑิต สาขาวิศวกรรมวัสดุ
มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย

พ.ศ. 2564 ศึกษาต่อระดับปริญญาโทบัณฑิต สาขานิติวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศิลปากร อำเภอเมืองนครปฐม จังหวัดนครปฐม

