การพัฒนาผงฝุ่นซิลิกาเพื่อใช้ในการตรวจรอยเท้าแฝง

โดย
นางสาวนฤภร คุสินธุ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

การพัฒนาผงฝุ่นซิลิกาเพื่อใช้ในการตรวจรอยเท้าแฝง

โดย
นางสาวนฤภร คุสินธุ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

DEVELOPMENT OF SILICA DUST FOR LATENT FOOTPRINT DETECTION

By

MISS Naruephorn KHUSIN

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for Master of Science (FORENSIC SCIENCE)

Graduate School, Silpakorn University

Academic Year 2021

Copyright of Silpakorn University

หัวข้อ	การพัฒนาผงฝุ่นซิลิกาเพื่อใช้ในการตรวจรอยเท้าแฝง
โดย	นางสาวนฤภร คุสินธุ์
สาขาวิชา	นิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	อาจารย์ ดร. ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ นันทานิช)

พิจารณาเห็นชอบโดย

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร. ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(อาจารย์ ดร. ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี)

.....ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(รองศาสตราจารย์ ดร. ยุภาพร สมีน้อย)

620720038 : นิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
คำสำคัญ : รอยเท้าแฝง, พยานหลักฐานระบุตัวตน, จุดลักษณะสำคัญพิเศษ, ซิลิกา

นางสาว นฤภร คุสินธุ์: การพัฒนาผงฝุ่นซิลิกาเพื่อใช้ในการตรวจรอยเท้าแฝง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : อาจารย์ ดร. ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี

รอยฝ่าเท้าเป็นพยานหลักฐานที่เชื่อถือได้เช่นเดียวกันกับลายนิ้วมือ เป็นหลักฐานทางกายภาพในการระบุตัวอาชญากรในการสอบสวน รอยเท้าของแต่ละคนมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว เนื่องจากมีความแตกต่างของลายเส้นนูนบนรอยลายนิ้วเท้า การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการหารอยเท้าที่ได้จากผงซิลิกา และประเมินการใช้ผงซิลิกากับรอยเท้าแฝงบนพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้องแกรนิตขัดสีดำ กระเบื้องแกรนิตขัดสีขาว และกระเบื้องแกรนิตเผาที่มีลักษณะพื้นหยาบ การประเมินผลลัพธ์จากการทดลองทำโดยการนับจำนวนจุดเล็ก ๆ บนรอยเท้าที่ตรวจพบได้ หรือที่เรียกว่าจุกลักษณะสำคัญพิเศษ ผงซิลิกาที่ใช้ในการทดลองมีสีขาว สีเขียว และสีชมพู และขนาดอนุภาคอยู่ระหว่างช่วง 10 - 40 ไมโครเมตร เมื่อใช้ผงซิลิกาที่ผสมกับยางสนในสัดส่วนต่างๆ พบว่าคุณภาพของรอยเท้าให้ผลลัพธ์ดีที่สุดที่ใช้ผงซิลิกาผสมยางสนที่ 25 % โดยน้ำหนักของซิลิกา โดยเฉพาะกับพื้นผิวของกระเบื้องแกรนิตขัดสีดำและสีขาว อย่างไรก็ตามผงซิลิกาที่พัฒนาขึ้นทั้งหมดไม่สามารถตรวจจับรอยเท้าแฝงบนกระเบื้องแกรนิตเผาได้ โดยรวมแล้วการใช้ผงซิลิกาที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเองกับรอยเท้าแฝงให้ผลลัพธ์ที่ดีเทียบเท่าการใช้ผงฝุ่นดำ ผลจากงานวิจัยแสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมของการใช้ผงซิลิกาสำหรับการวิเคราะห์รอยเท้าแฝงบนกระเบื้องแกรนิตขัดเงา เพื่อประโยชน์ในงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์

620720038 : Major (FORENSIC SCIENCE)
Keyword : latent footprints, identification evidence, minutiae, silica

MISS NARUEPHORN KHUSIN : DEVELOPMENT OF SILICA DUST FOR LATENT FOOTPRINT DETECTION THESIS ADVISOR : SUPACHAI SUPALAKNARI, Ph.D.

Footprints like fingerprints was a source of physical evidence to identify the criminal in an investigation. Footprint of every person was unique because of the differences in pattern and ridges. The objective of this study was to produce a prototype of footprint powder made from silica powder and evaluate the application of the powder to the latent footprints on some nonporous surfaces namely, the black polished granite tiles, the white polished granite tiles and flamed granite tiles. The evaluation of the results was carried out by counting the number of minutiae on the detectable footprints. The produced powders are white, green and pink in color and its particle sizes are in the range of 10 - 40 μm. When the powder was used with rosin in different proportions, it was found that the best quality of the developed footprint was obtained by applying the formulation of 25 wt.% powder, especially on the surfaces of the black and the white polished granite tiles. However, all of the formulated silica powders could not detect the latent footprints on flamed granite tiles. Overall, the application of our homemade powder to latent footprints gives the result that were comparable with those obtained by using the black powder. The results from this work demonstrated the practicability of the silica powder in the analysis of the latent footprint on polished granite tiles for forensic purpose.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีหากไม่ได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่านที่ได้สละเวลาให้คำแนะนำ คำปรึกษา ข้อคิดและความรู้ต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัย

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร. ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี อาจารย์ที่ปรึกษาหลักและอาจารย์ ดร.ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง ที่ให้คำปรึกษา ความช่วยเหลือและสนับสนุนแก่ผู้ทำวิจัย และขอขอบพระคุณ พ.ต.อ. เชิดพงศ์ ชูกลิ่น ที่มีส่วนช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงทั้งให้คำแนะนำปรึกษา ให้ความรู้ต่าง ๆ รวมถึงให้ความช่วยเหลือตลอดจนงานวิจัยนี้มีความสมบูรณ์ และงานวิจัยนี้ยังได้รับความอนุเคราะห์การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการทดลองจากคณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยศิลปากร

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณครอบครัว เพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ สาขานิติวิทยาศาสตร์ทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ และเป็นกำลังใจ ตลอดจนงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นางสาว นฤภร คุสินธุ์

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ญ
บทที่ 1 1
บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3
1.3 สมมุติฐานของงานวิจัย 3
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย 4
1.5 ข้อจำกัดในงานวิจัย 4
1.6 นิยามศัพท์ที่ใช้ในงานวิจัย 4
1.7 กรอบแนวคิดในงานวิจัย 5
1.8 ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย 5
1.9 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 7
บทที่ 2 8
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8
2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 8
2.2 โครงสร้างของเท้าและชั้นผิวหนัง 28

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....32
2.3.1 งานวิจัยภายในประเทศ....32
2.3.2 งานวิจัยภายนอกประเทศ....34
บทที่ 3....37
วิธีดำเนินการวิจัย....37
3.1 พื้นผิววัตถุที่นำใช้ในการวิจัย....37
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย....38
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง....41
3.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล....43
บทที่ 4....46
ผลการวิจัย....46
4.1 ผลจากการวิเคราะห์คุณภาพของรอยเท้าจากผู้เชี่ยวชาญ....46
4.2 ผลจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FE-SEM/EDS....56
บทที่ 5....58
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ....58
รายการอ้างอิง....61
ภาคผนวก....64
ภาคผนวก ก....65
การทดลองผงซิลิกากับลายนิ้วมือ บนกระเบื้องหยาบ....65
ภาคผนวก ข....67
ตัวอย่างการใช้แสงโพลิไลท์ บนกระเบื้องตัวอย่างทั้ง 3 ตัวอย่าง....67
ภาคผนวก ค....71
วิธีการแก้ไขภาพเป็นภาพขาวดำ....71
ประวัติผู้เขียน....74

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3. 1 พื้นผิววัตถุและแหล่งที่มาของวัตถุ 37

ตารางที่ 3. 2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยและแหล่งที่มา 38

ตารางที่ 3. 3 การเตรียมสาร 41

ตารางที่ 4. 1 ผลคะแนนจากการวิเคราะห์คุณภาพของรอยเท้า 47

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1. 1 กรอบแนวคิดในงานวิจัย.....5

ภาพที่ 2. 1 ภาพเส้นแตกหรือเส้นแยก.....14
ภาพที่ 2. 2 ภาพเส้นขาด.....14
ภาพที่ 2. 3 ภาพเส้นทะเลสาบ.....14
ภาพที่ 2. 4 ภาพจุด.....15
ภาพที่ 2. 5 ภาพเส้นสั้น ๆ.....15
ภาพที่ 2. 6 โค้งราบ.....16
ภาพที่ 2. 7 โค้งกระโจม.....16
ภาพที่ 2. 8 มัดหวายปัดขวา.....17
ภาพที่ 2. 9 มัดหวายปัดซ้าย.....17
ภาพที่ 2. 10 ก้นหอยธรรมดา.....18
ภาพที่ 2. 11 ลายฝ่าเท้าแบบก้นหอย.....18
ภาพที่ 2. 12 ก้นหอยกระเป๋ากลาง.....18
ภาพที่ 2. 13 ลายฝ่าเท้าแบบก้นหอยกระเป๋ากลาง.....19
ภาพที่ 2. 14 มัดหวายแฝด.....19
ภาพที่ 2. 15 ลายฝ่าเท้าแบบมัดหวายคู่.....19
ภาพที่ 2. 16 ก้นหอยกระเป๋าข้าง.....20
ภาพที่ 2. 17 แบบซับซ้อน.....20
ภาพที่ 2. 18 ลายพิมพ์ฝ่าเท้าซ้ายและขวา.....22
ภาพที่ 2. 19 ภาพลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษแบคกราวด์.....24

ภาพที่ 2. 20 โครงสร้างของ silicon dioxide.....26

ภาพที่ 2. 21 กรดอะบีติก.....27

ภาพที่ 2. 22 โครงสร้างของเท้า.....29

ภาพที่ 2. 23 โครงสร้างของชั้นผิวหนัง.....31

ภาพที่ 3. 1 (a) กระเบื้องแกรนิตพื้นหยาบ (b) กระเบื้องแกรนิตพื้นเรียบสีดำ (c) กระเบื้องแกรนิตพื้นเรียบสีขาว.....38

ภาพที่ 3. 2 ผงตัวอย่างการทดลอง.....41

ภาพที่ 3. 3 ทำการปัดผงตัวอย่างลงบนพื้นกระเบื้องตัวอย่างโดย พ.ต.อ.เชิดพงศ์ ชูกลิ่น.....42

ภาพที่ 3. 4 ทำการถ่ายภาพรอยประทับที่ได้โดยกล้องดิจิตอลและใช้แสงจากเครื่อง polilight pl500 โดย ส.ต.ต. พงศ์ภัค กรีจังหรีด.....43

ภาพที่ 3. 5 รูปรอยประทับที่ทำการปรับแต่งก่อนนำไปตรวจวิเคราะห์จุด minutiae.....43

ภาพที่ 3. 6 เครื่อง FE-SEM/EDS.....44

ภาพที่ 4. 1 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นดำบนกระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ).....48

ภาพที่ 4. 2 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นซิลิกาบนกระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ).....49

ภาพที่ 4. 3 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นซิลิกาผสมยางสน 5% บนกระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ) 49

ภาพที่ 4. 4 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นซิลิกาผสมยางสน 15% บนกระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ) 49

ภาพที่ 4. 5 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นซิลิกาผสมยางสน 25% บนกระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ).....50

ภาพที่ 4. 6 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นซิลิกาผสมยางสน 5% และสีผสมอาหารสีเหลือง บนกระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ)...50

ภาพที่ 4. 7 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นซิลิกาผสมยางสน 15% และสีผสมอาหารสีเหลือง บน กระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ)...50

ภาพที่ 4. 8 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นซิลิกาผสมยางสน 25% และสีผสมอาหารสีเหลือง บน กระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ)...51

ภาพที่ 4. 9 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นซิลิกาผสมยางสน 5% และสีผสมอาหารสีเขียว บน กระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ)...51

ภาพที่ 4. 10 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นซิลิกาผสมยางสน 15% และสีผสมอาหารสีเขียว บน กระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ)...51

ภาพที่ 4. 11 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นซิลิกาผสมยางสน 25% และสีผสมอาหารสีเขียว บน กระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ)...52

ภาพที่ 4. 12 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นซิลิกาผสมยางสน 5% และสีผสมอาหารสีฟ้า บนกระเบื้อง ทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ) 52

ภาพที่ 4. 13 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นซิลิกาผสมยางสน 15% และสีผสมอาหารสีฟ้า บน กระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ)...52

ภาพที่ 4. 14 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นซิลิกาผสมยางสน 25% และสีผสมอาหารสีฟ้า บน กระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ)...53

ภาพที่ 4. 15 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นซิลิกาผสมยางสน 5% และสีผสมอาหารสีชมพู บน กระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ)...53

ภาพที่ 4. 16 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นซิลิกาผสมยางสน 15% และสีผสมอาหารสีชมพู บน กระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ)...53

ภาพที่ 4. 17 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นซิลิกาผสมยางสน 25% และสีผสมอาหารสีชมพู บน กระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ)...54

ภาพที่ 4. 18 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นซิลิกาผสมยางสน 5% และสีผสมอาหารสีม่วง บน กระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ)...54

ภาพที่ 4. 19 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นซิลิกาผสมยางสน 15% และสีผสมอาหารสีม่วง บน กระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ)...54

ภาพที่ 4. 20 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นซิลิกาผสมยางสน 25% และสีผสมอาหารสีม่วง บนกระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ)...55

ภาพที่ 4. 21 แสดงผลการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscope (SEM) ที่กำลังขยาย1000x สเกลภาพที่ 50 ไมครอน (mm) ทั้ง 3 ตัวอย่าง (1-ผงซิลิกาผสมยางสน 5% และสีผสมอาหาร, 2-ผงซิลิกาผสมยางสน 15% และสีผสมอาหาร, 3-ผงซิลิกาผสมยางสน 25% และสีผสมอาหาร).....56

ภาพภาคผนวก ก. 1 รอยลายนิ้วมือที่ได้จากการปัดผงซิลิกาผสมยางสน 25% บนกระเบื้องพื้นหยาบ 66

ภาพภาคผนวก ข. 1 การส่องด้วยแสงโพลิไลท์ด้วยแสงสีต่าง ๆ บนกระเบื้องพื้นเรียบสีดำ 68

ภาพภาคผนวก ข. 2 การส่องด้วยแสงโพลิไลท์ด้วยแสงสีต่าง ๆ บนกระเบื้องพื้นเรียบสีขาว 69

ภาพภาคผนวก ข. 3 การส่องด้วยแสงโพลิไลท์ด้วยแสงสีต่าง ๆ บนกระเบื้องพื้นหยาบ.....70

ภาพภาคผนวก ค. 1 ภาพต้นฉบับ แล้วทำการกดแก้ไขรูปภาพ.....72

ภาพภาคผนวก ค. 2 โหมดแก้ไขรูปภาพ 72

ภาพภาคผนวก ค. 3 ทำการปรับสเกลที่เมนูเส้นโค้ง 73

ภาพภาคผนวก ค. 4 ทำการปรับสเกลที่เมนูแสงไฟและขาวดำ.....73

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันพยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญเป็นอย่างมากในกระบวนการยุติธรรม เนื่องจากรอยนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้าคือพยานหลักฐานที่พบได้ในที่เกิดเหตุซึ่งเป็นเบาะแสที่จะนำไปสู่การค้นหาผู้กระทำความผิดได้ และเป็นการพิสูจน์การกระทำความผิดของผู้ต้องสงสัย และพิสูจน์ความบริสุทธิ์ของผู้ถูกกล่าวหา พยานหลักฐานในที่เกิดเหตุจะทำให้ทราบว่ามีเหตุการณ์ใดเกิดขึ้น พฤติการณ์เป็นอย่างไร กระทำด้วยวิธีการใด ใครเป็นผู้กระทำความผิด ใครเป็นผู้ถูกกระทำ หรือใครเป็นผู้เกี่ยวข้อง เป็นต้น และเมื่อมีการกระทำความผิดเกิดขึ้น คนร้ายมักจะทิ้งร่องรอยและพยานหลักฐานไว้ในที่เกิดเหตุเสมอ เนื่องจากคนร้ายได้สัมผัสพื้นผิวในสถานที่เกิดเหตุโดยตั้งใจหรือไม่ได้ตั้งใจสิ่งเหล่านี้จะทำให้เจ้าหน้าที่สามารถพบร่องรอยของพยานหลักฐานต่าง ๆ และนำมาทำการตรวจพิสูจน์ หลังฐานที่สามารถพบได้ เช่น คราบโลหิต เส้นผม เส้นขน รอยเครื่องมือ รอยนิ้วมือรวมไปถึงรอยเท้าถือว่าเป็นวัตถุพยานที่สำคัญ โดยวัตถุพยานประเภทรอยประทับลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า ที่ได้มาจากร่างกายของผู้กระทำความผิดเป็นคุณลักษณะเฉพาะบุคคล ซึ่งแต่ละคนจะมีลักษณะของลายเส้นที่ไม่เหมือนกันและไม่เปลี่ยนแปลงที่ใช้ในการยืนยันระบุตัวบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับคดีอาชญากรรมที่เกิดขึ้นได้ และเมื่อได้ทำการตรวจพิสูจน์ด้วยกระบวนการทางนิติวิทยาศาสตร์แล้ว วัตถุพยานเหล่านี้จะมีความน่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับในขั้นตอนของกระบวนการยุติธรรม การใช้ประโยชน์จากวัตถุพยานจึงเป็นเรื่องที่นักนิติวิทยาศาสตร์ให้ความสำคัญเป็นที่สุด เนื่องจากวัตถุพยานเหล่านี้จะส่งผลต่อรูปคดีเพื่อใช้ในการตัดสินตามกระบวนการยุติธรรม หากมีความผิดพลาดเกิดขึ้นกับวัตถุพยานเพียงเล็กน้อย อาจทำให้ไม่สามารถระบุตัวผู้กระทำความผิดได้

รอยเท้า คือ การแสดงผลหรือภาพที่คนเดินหรือวิ่งทิ้งไว้ ซึ่งเป็นรอยประทับของเท้าที่ทำให้เห็นบนพื้นผิว และรอยเท้าแฝง คือ รอยเท้าที่เกิดจากการที่เท้าประทับลงพื้นผิวของวัตถุ แล้วปรากฏเป็นรูปลักษณะของรอยเท้าที่มองไม่เห็นหรือเห็นได้ยากด้วยตาเปล่า ดังนั้นรอยประทับที่ทิ้งไว้ในที่เกิดเหตุสามารถใช้เป็นหลักฐานที่สำคัญในการระบุตัวผู้กระทำความผิดได้ เวลาหลายปีที่นักสืบสวนอาชญากรรมและนักนิติวิทยาศาสตร์ใช้ลายนิ้วมือเพื่อระบุตัวตน และรอยเท้ายังถูกค้นพบว่าเป็นตัวระบุตัวตนที่เชื่อถือได้เท่าเทียมกันกับลายนิ้วมือ รอยแยกของเส้นผิวหนังที่มีอยู่ที่ฝ่าเท้าและนิ้วเท้ามีลักษณะเฉพาะเช่นเดียวกับนิ้วมือและฝ่ามือ รอยฝ่าเท้าถือเป็นพยานหลักฐานประเภทรอยประทับที่

มักพบเป็นลำดับต้นๆ และพบได้ง่ายในสถานที่เกิดเหตุ เนื่องจากในการก้าวเดินแต่ละฝ่าเท้าจะมีการสัมผัสลงบนพื้นผิวเสมอจนเกิดเป็นรอยประทับรูปฝ่าเท้า ตามแรงกดของน้ำหนักตัวและจังหวะของการก้าวเท้าของบุคคลนั้น เท้าของทุกคนมีเส้นรอยแยกที่เป็นเอกลักษณ์ ซึ่งประกอบขึ้นเป็นลายพิมพ์ที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะ และบุคคลอื่นไม่สามารถเหมือนได้เช่นเดียวกับลายนิ้วมือ รูปแบบของรอยเท้าเป็นลักษณะเฉพาะที่สามารถระบุบุคคลใดบุคคลหนึ่งได้ สามารถตรวจสอบรอยเท้าจริงและจับคู่กับงานพิมพ์ที่มีอยู่ ลักษณะเฉพาะของรอยเท้า เช่น รอยพับจำนวนมาก ลักษณะเท้าแบน แนวนอนและแนวตั้งของเส้น ตาปลา รวมไปถึงความผิดปกติอื่น ๆ สามารถช่วยให้นักนิติวิทยาศาสตร์ในกรณีที่เกี่ยวข้องกับการระบุตัวบุคคลในทางอาญาได้ (Krishan, 2008) หลักฐานเท้าเปล่าถูกนำมาใช้ในศาลตั้งแต่ พ.ศ. 2431 ในฝรั่งเศส เมื่อมีการระบุอาชญากรชื่อ LeDru ผ่านการวิเคราะห์รอยเท้า (Shelly Massey, 2013) หากรอยฝ่าเท้าที่พบในที่เกิดเหตุมีลายเส้นนูนปรากฏอยู่มากพอสมควร ก็สามารถที่จะนำรอยฝ่าเท้านั้นไปใช้ในการเปรียบเทียบกับรอยฝ่าเท้าของผู้ต้องสงสัย ด้วยวิธีการเดียวกันกับการตรวจรอยลายนิ้วมือ (Bodziak, 2000) ดังนั้นวิธีการนำพยานหลักฐานรอยประทับขึ้นมาจากที่เกิดเหตุในรูปแบบของภาพพิมพ์ ไม่ว่าจะเป็นการลอกลาย หรือการถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิตอลจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากภาพรอยประทับนั้นจะต้องอยู่ในรูปแบบที่สมบูรณ์ที่สุด

การตรวจพิสูจน์พยานหลักฐานประเภทรอยฝ่าเท้ายังคงได้รับความสนใจน้อยมาก ทั้งที่ความจริงแล้วมีโอกาสตรวจพบได้ง่ายและพบได้มากกว่าพยานหลักฐานชิ้นอื่น พนักงานสอบสวนหรือเจ้าหน้าที่ผู้ตรวจมักจะมองข้าม ทำให้การตรวจหาและตรวจเก็บรอยฝ่าเท้าขาดความละเอียด และสำหรับในประเทศไทยปัญหาที่เกิดขึ้นคือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องยังไม่นิยมที่จะให้ความสนใจในด้านการศึกษาค้นคว้าและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรอยฝ่าเท้า เนื่องจากรอยฝ่าเท้าเป็นหนึ่งในหลักฐานทางกายภาพที่พบบ่อยที่สุดในสถานที่เกิดเหตุ ที่เป็นหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการระบุตัวตนของบุคคล ดังนั้นการตรวจสอบจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งจากการสังเกตและเปรียบเทียบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของรอยฝ่าเท้ากับผู้กระทำความผิด การทำให้ปรากฏของลายเส้นของรอยฝ่าเท้าจะต้องมีความชัดเจนและมีลักษณะพิเศษมากในระดับหนึ่ง จึงจะสามารถนำมาตรวจพิสูจน์เพื่อยืนยันตัวบุคคลได้ ซึ่งโดยปกติแล้ววิธีการเก็บรอยลายนิ้วมือนั้นมีหลายวิธี ได้แก่ วิธีแห้ง (ผงฝุ่น) วิธีเปียก วิธีก๊าซ วิธีลอกลายนิ้วมือ วิธีการถ่ายภาพ วิธีใช้แสง วิธีหล่อร่องรอย และวิธีใช้เครื่องมือ Electrostatic Dust Print Lifter ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วจะใช้วิธีการตรวจเก็บวิธีเดียว แต่ในบางกรณีใช้ 2 วิธีหรือมากกว่า (Chamsuwanwong, 2009) ซึ่งการเก็บลายนิ้วมือนั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดและลักษณะของพื้นผิวบนสิ่งของ หรือวัตถุพยานนั้น ๆ โดยวิธีผงฝุ่นดำเป็นวิธีที่ง่ายที่สุดและเป็นวิธีพื้นฐานที่ใช้ในการ

ตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝง มีงานวิจัยการแสดงลายนิ้วมือแฝงโดยใช้ซิลิกาเจล สำหรับการพัฒนาหารอยนิ้วมือแฝงบนวัสดุต่าง ๆ บนพื้นผิวที่แตกต่างกัน ได้แก่ พลาสติก, แก้ว, กระจกธรรมดา, พื้นผิวโลหะ, แผ่นอลูมิเนียมฟอยล์, กระดาษคาร์บอน, กล่องไม้ขีดไฟ, กระดาษแข็ง, พื้นผิวไม้เคลือบเงา, พื้นผิวของซีดี และพื้นผิวกระดาษนิตยสารเคลือบสี พบว่าซิลิกาเจล G แบบผง ให้ผลลัพธ์ที่ชัดเจนมากกับพื้นผิวส่วนใหญ่ (Kulvir Singh, 2012)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการแสดงรอยแฝงโดยใช้ซิลิกา โดยเลือกศึกษาการใช้รอยฝ่าเท้า เนื่องจากรอยฝ่าเท้ายังคงได้รับความสนใจน้อย และรอยเท้ายังสามารถระบุตัวตนที่เชื่อถือได้เท่าเทียมกันกับลายนิ้วมือ อีกทั้งเป็นพยานหลักฐานประเภทรอยประทับที่มักพบเป็นลำดับต้นๆ ในที่เกิดเหตุได้ จากความสำคัญข้างต้นผู้วิจัยจึงเลือกศึกษาการพัฒนาผงฝุ่นซิลิกาเพื่อใช้ในการตรวจรอยเท้าแฝง และนำมาวิเคราะห์คุณภาพของรอยเท้าแฝงที่ตรวจเก็บได้ โดยผลที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถเป็นทางเลือกในวิธีการตรวจเก็บรอยเท้าแฝงในการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ หรือเป็นแนวทางในการพัฒนาเทคนิคการตรวจหารอยแฝงต่าง ๆ ด้วยผงซิลิกาเจล

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาการปรากฏขึ้นของรอยเท้าแฝงบนพื้นกระเบื้องที่มีลักษณะของพื้นผิวแตกต่างกันจากผงซิลิกาเจล
2. เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของรอยเท้าแฝงที่ตรวจเก็บด้วยวิธีจากผงซิลิกาเจลบนพื้นกระเบื้องที่มีลักษณะของพื้นผิวแตกต่างกัน
3. เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของรอยเท้าแฝงที่ตรวจเก็บด้วยวิธีจากผงซิลิกาเจลกับผงฝุ่นดำ

1.3 สมมุติฐานของงานวิจัย

1. วิธีเก็บรอยเท้าแฝงด้วยผงซิลิกาเจล สามารถทำให้ปรากฏรอยเท้าแฝงบนพื้นกระเบื้องที่มีลักษณะของพื้นผิวแตกต่างกัน
2. คุณภาพของรอยเท้าแฝงที่ตรวจเก็บด้วยวิธีจากผงซิลิกาเจลให้คุณภาพความชัดของรอยเท้าแฝงใกล้เคียงหรือดีกว่าวิธีผงฝุ่นดำ
3. กระเบื้องที่มีลักษณะของพื้นผิวแตกต่างกันมีผลต่อคุณภาพความชัดของรอยเท้าแฝงที่ปรากฏ

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

ในการศึกษางานวิจัยครั้งนี้ ศึกษาการตรวจหารอยเท้าแฝงโดยใช้ตัวอย่างจากฝ่าเท้าข้างซ้าย บริเวณนิ้วเท้าจนถึงกลางฝ่าเท้า จากบุคคลเพียงคนเดียว ประทับฝ่าเท้าลงบนพื้นกระเบื้องที่มีลักษณะของพื้นผิวที่แตกต่างกัน 3 แบบ ได้แก่ กระเบื้องหยาบ กระเบื้องเรียบสีเข้ม และกระเบื้องเรียบสีอ่อน และทำการเปรียบเทียบระดับคุณภาพความคมชัดของรอยเท้าแฝงจากการนับจำนวนจุด minutiae ที่ทำการตรวจโดยผู้เชียวชาญ

1.5 ข้อจำกัดในงานวิจัย

1. ในการประทับรอยฝ่าเท้าลงบนพื้นกระเบื้องในแต่ละครั้ง อาจทำให้มีความแตกต่างในเรื่องของปริมาณเหงื่อและไขมันที่ไม่สามารถควบคุมได้
2. การนับจำนวนจุดลักษณะพิเศษจำเป็นต้องมีผู้เชี่ยวชาญในการตรวจลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้าช่วยตรวจสอบจุด minutiae

1.6 นิยามศัพท์ที่ใช้ในงานวิจัย

รอยเท้า หมายถึง ร่องรอยของเท้าที่เป็นหลักฐานแสดงให้เห็นว่ามีการเดิน หรือย่ำผ่านบริเวณนั้น

รอยเท้าแฝง หมายถึง รอยเท้าที่เกิดจากการที่เท้าประทับลงพื้นผิวของวัตถุ แล้วปรากฏเป็นรูปลักษณะของรอยเท้าที่มองไม่เห็นหรือเห็นได้ยากด้วยตาเปล่า

รอยฝ่าเท้า หมายถึง รอยประทับของเท้าในรูปแบบ 2 มิติที่ประทับลงบนพื้นผิวของวัตถุ อาจทำให้ปรากฏรูปลักษณะของรอยลายเส้นที่เกิดจากเส้นร่อง เส้นนูน หรือตำหนิบริเวณผิวหน้าของฝ่าเท้า

วิธีการใช้ผงฝุ่น หมายถึง การนำเอาสสารที่เป็นของแข็งบางอย่างมาทำเป็นผงฝุ่นสีต่าง ๆ ซึ่งแต่ละสีมีคุณสมบัติและความเหมาะสมต่างกันในอันที่จะทำให้รอยแฝงมองเห็นได้ชัดเจน และพร้อมที่จะนำไปตรวจเปรียบเทียบ

ผงฝุ่นดำ หมายถึง ผงฝุ่นสีดำ เป็นผงละเอียดและเบา มีส่วนผสมของคาร์บอนแบล็คและแกรไฟต์ ใช้สำหรับตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุมากมายหลายชนิด เช่น แก้ว กระจก พลาสติก เซรามิค ยางสังเคราะห์ เปลือกไข่ กระเบื้องปูพื้น เป็นต้น

ซิลิกา เจล หมายถึง สารสังเคราะห์ที่สกัดจากทรายขาวผสมกรดกำมะถันมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า ซิลิกอนไดออกไซด์ (Silicon Dioxide) มีลักษณะเป็นเม็ดกลม โดยทั่วไปซิลิกาเจลจะมีลักษะณะ

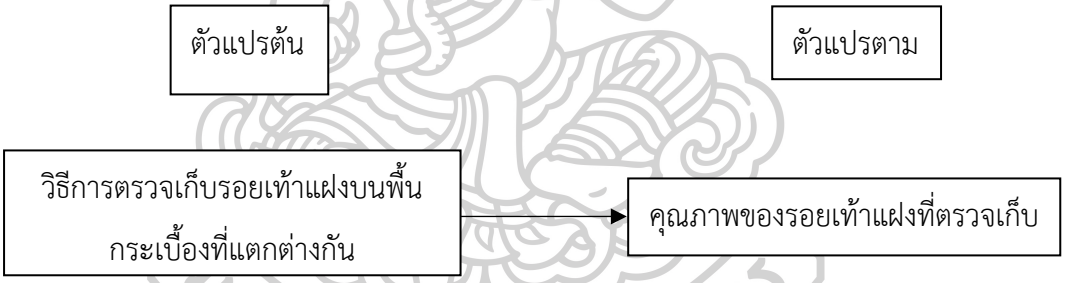
เป็นโพรง มีรูพรุน จึงทำให้มีพื้นผิวที่ใช้ในการดูดความชื้นเป็นจำนวนมากประมาณ 35 - 40 % ของน้ำหนักตัวเอง

การตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคล หมายถึง การนำเอาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ทางการแพทย์และวิทยาศาสตร์ในแขนงต่าง ๆ มาใช้ในการตรวจพิสูจน์เพื่อที่จะยืนยันตัวบุคคล ว่าเป็นบุคคลที่มีชีวิต ศพ เศษชิ้นส่วนจากศพ โครงกระดูก เศษชิ้นส่วนของกระดูก เลือดหรือเนื้อเยื่อ รวมไปถึงคราบต่าง ๆ ที่เกิดจากเนื้อเยื่อหรือสารคัดหลั่งจากมนุษย์ว่าเป็นใครหรือเป็นของใคร

จุด Minutiae หมายถึง จุดสำคัญบนเส้นลายนิ้วมือ บนลายนิ้วมือแต่ละนิ้วที่มาจากต่างบุคคลหรือต่างนิ้วมือ จะมีจุดสำคัญบนเส้นลายนิ้วมือที่แตกต่างกันออกไป โดยเอกลักษณ์หรือความแตกต่างจะพิจารณาจากจุดสำคัญบนเส้นลายนิ้วมือเป็นสำคัญ

1.7 กรอบแนวคิดในงานวิจัย

การพัฒนาผงฝุ่นซิลิกาเพื่อใช้ในการตรวจรอยเท้าแฝง แสดงตามกรอบแนวคิด ดังนี้



ภาพที่ 1. 1 กรอบแนวคิดในงานวิจัย

1.8 ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย

ตัวแปรต้น ได้แก่ วิธีการเก็บรอยเท้าแฝง

1. ผงฝุ่นดำ
2. ผงซิลิกาเจล
3. ผงซิลิกาเจลผสมยางสน 5%
4. ผงซิลิกาเจลผสมยางสน 15%
5. ผงซิลิกาเจลผสมยางสน 25%
6. ผงซิลิกาเจลผสมยางสน 5% ผสมสีผสมอาหารสีเหลือง
7. ผงซิลิกาเจลผสมยางสน 15% ผสมสีผสมอาหารสีเหลือง

8. ผงซิลิกาเจลผสมยางสน 25% ผสมสีผสมอาหารสีเหลือง
9. ผงซิลิกาเจลผสมยางสน 5% ผสมสีผสมอาหารสีเขียว
10. ผงซิลิกาเจลผสมยางสน 15% ผสมสีผสมอาหารสีเขียว
11. ผงซิลิกาเจลผสมยางสน 25% ผสมสีผสมอาหารสีเขียว
12. ผงซิลิกาเจลผสมยางสน 5% ผสมสีผสมอาหารสีฟ้า
13. ผงซิลิกาเจลผสมยางสน 15% ผสมสีผสมอาหารสีฟ้า
14. ผงซิลิกาเจลผสมยางสน 25% ผสมสีผสมอาหารสีฟ้า
15. ผงซิลิกาเจลผสมยางสน 5% ผสมสีผสมอาหารสีชมพู
16. ผงซิลิกาเจลผสมยางสน 15% ผสมสีผสมอาหารสีชมพู
17. ผงซิลิกาเจลผสมยางสน 25% ผสมสีผสมอาหารสีชมพู
18. ผงซิลิกาเจลผสมยางสน 5% ผสมสีผสมอาหารสีม่วง
19. ผงซิลิกาเจลผสมยางสน 15% ผสมสีผสมอาหารสีม่วง
20. ผงซิลิกาเจลผสมยางสน 25% ผสมสีผสมอาหารสีม่วง

ตัวแปรตาม ได้แก่ คุณภาพของรอยเท้าแฝง โดยอาศัยเกณฑ์การนับจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (minutiae)

โดยกำหนดให้เกณฑ์การนับจุด minutiae หรือจุดสำคัญพิเศษในการระบุตัวบุคคลต้องมีมากกว่า 10 จุด จึงจะผ่านเกณฑ์การตรวจพิสูจน์ ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ 10 จุดขึ้นไป โดยอ้างอิงข้อมูลตามที่ผู้เชี่ยวชาญด้านลายนิ้วมือส่วนใหญ่ในประเทศไทยที่ใช้ในการตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมือสองรอยตรงกัน ซึ่งการนับจุดลักษณะสำคัญพิเศษหรือจุด minutiae จะกำหนดคะแนนโดย

0 คะแนน = ไม่มีลายเส้นปรากฏให้เห็น

1 คะแนน = รอยเท้ามีคุณภาพต่ำ สามารถมองเห็นลายเส้นน้อยมาก (จุด minutiae ≤ 5 จุด)

2 คะแนน = รอยเท้ามีคุณภาพอใช้ สามารถมองเห็นรายละเอียดของลายเส้นได้บางส่วน แต่ยังไม่สามารถชี้เฉพาะบุคคลได้ (จุด minutiae < 10 จุด)

3 คะแนน = รอยเท้ามีคุณภาพที่เหมาะสม สามารถมองเห็นรายละเอียดของลายเส้นได้ชัดเจนและสามารถชี้เฉพาะบุคคลได้ (จุด minutiae ≥10 จุด)

4 คะแนน = รอยเท้ามีคุณภาพดีมาก สามารถมองเห็นรายละเอียดของลายเส้นได้ชัดเจนและสามารถชี้เฉพาะบุคคลได้ (จุด minutiae ≥ 15 จุด)

ตัวแปรควบคุม ได้แก่

1. น้ำหนักที่ใช้ในการกดหรือประทับรอยเท้าลงบนวัตถุพยาน ประมาณ 53 กิโลกรัม
2. ความมสะอาดของเท้า ก่อนทำการประทับรอยเท้าจะทำความสะอาดเท้าโดยใช้กระดาษทิชชู่เปียกเช็ดบริเวณฝ่าเท้า ทิ้งไว้ให้แห้งประมาณ 30 วินาที และใช้ถุงพลาสติกคลุมเท้าประมาณ 10 - 15 นาที
3. ความสะอาดของกระเบื้อง ก่อนทำการประทับรอยเท้าจะทำความสะอาดกระเบื้องด้วยน้ำสะอาดและเช็ดให้แห้ง

1.9 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเทคนิคการตรวจเก็บรอยเท้าแฝง
2. เพื่อใช้เป็นแนวทางในการหารอยเท้าแฝงจากผงซิลิกาเจล
3. เพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องทางด้านการตรวจรอยแฝงต่าง ๆ
4. เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการตรวจหารอยแฝงต่าง ๆ บนพื้นผิวประเภทอื่น ๆ จากผงซิลิกาเจล

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาวิจัยเรื่องการพัฒนาผงฝุ่นซิลิกาเพื่อใช้ในการตรวจรอยเท้าแฝง ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลด้านแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มาใช้ประกอบในการศึกษาค้นคว้า โดยแบ่งสาระสำคัญขอหัวข้อในการศึกษา ดังนี้

1. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. โครงสร้างของเท้าและชั้นผิวหนัง
3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

นิติวิทยาศาสตร์ (Forensic Science) คือ การนำความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ทุกสาขามาประยุกต์ใช้ในขั้นตอนการเก็บและพิสูจน์หลักฐาน ตรวจร่างกาย และวัตถุพยาน เช่น ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา คอมพิวเตอร์ เป็นต้น เพื่อทำการพิสูจน์ข้อเท็จจริงในคดีต่าง ๆ เพื่อผลในการบังคับใช้กฎหมาย และการลงโทษผู้กระทำความผิด โดยขอบเขตของงานพิสูจน์หลักฐานมีดังนี้

1. การตรวจสถานที่เกิดเหตุ และการถ่ายรูป (Crime Scene Investigation and Forensic) ขั้นตอนแรกของงานพิสูจน์หลักฐานคือการตรวจสถานที่เกิดเหตุ โดยทีมสืบสวนร่วมกับตำรวจพื้นที่เข้าสำรวจพื้นที่เกิดเหตุเบื้องต้น และกำหนดแนวทางค้นหาวัตถุพยาน เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลของคดี เจ้าหน้าที่จะกำหนดจุดกองบัญชาการสำหรับเตรียมอุปกรณ์ พร้อมถ่ายรูปสถานที่เกิดเหตุและพื้นที่โดยรอบ และใช้แถบสีเหลือง (Police line) กันพื้นที่เพื่อไม่ให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องเข้าใกล้พื้นที่เกิดเหตุ เพื่อป้องกันการสูญหายหรือถูกทำลายของวัตถุพยาน

2. การตรวจลายนิ้วมือ ฝ่ามือและฝ่าเท้า (Fingerprint, Palmprint, Footprint) รวมไปถึงระบบตรวจสอบลายนิ้วมืออัตโนมัติ (Automated Fingerprint Identification System หรือ AFIS) การหาลายนิ้วมือแฝงสามารถทำได้โดยการใช้ผงฝุ่นที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจนบนพื้นผิววัตถุ ใช้ควบคู่กับอุปกรณ์สำหรับปัดหาคือ แปรงปัด และเทปสำหรับเก็บลอกรอยแฝง โดยในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์มาใช้งานร่วมกับหลักวิชาการทางด้านการตรวจสอบลายนิ้วมือ ซึ่งการตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมือแฝงโดยระบบตรวจสอบลายนิ้วมืออัตโนมัติ หรือ AFIS ถูกนำมาใช้ในการ

ตรวจสอบประวัติข้อมูลของผู้กระทำความผิด ร่วมกับการตรวจสอบข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลทะเบียนประวัติอาชญากรของสำนักงานนิติวิทยาศาสตร์ตำรวจ

3. การตรวจเอกสาร (Document) การตรวจพิสูจน์โดยการเทียบจากลายมือเขียนชื่อหรือลายเซ็นที่เคยเขียนไว้กับลายเซ็นที่ส่งตรวจสอบ โดยลักษณะและขั้นตอนของการตรวจพิสูจน์ลายเซ็นจะมีวิธีหลักคือการตรวจดูทุกลายเส้น เพื่อหาเอกลักษณ์การเขียนของแต่ละตัวบุคคล

4. การตรวจอาวุธปืน และกระสุนปืน (Forensic Ballistics) การตรวจพิสูจน์โดยเปรียบเทียบตำหนิพิเศษหรือเอกลักษณ์ของร่องรอยการใช้งานของเครื่องมือต่าง ๆ เช่น ลูกกระสุนปืน ปลอกกระสุนปืน รอยขูดลบแก้ไขเครื่องหมายทะเบียนเลขหมายประจำปืน ตรวจร่องรอยบนวัตถุ วิถีกระสุนเขม่าปืน เป็นต้น

5. การตรวจทางเคมีและฟิสิกส์ (Forensic Chemistry and Physics) การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารต่าง ๆ หรือการวิเคราะห์วัตถุพยานด้วยเทคนิคฟิสิกส์ ไม่ว่าสารจะอยู่ในสถานะของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซ เพื่อวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างโมเลกุลและธาตุองค์ประกอบภายในวัตถุ

6. การตรวจทางชีววิทยาและดีเอ็นเอ (Biological Trace Evidence) เป็นการตรวจพิสูจน์เกี่ยวกับลักษณะบุคคล เช่น ตรวจเส้นผม ขน เลือด อสุจิ และสารพันธุกรรม(DNA) โดยใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์

7. การตรวจทางนิติเวช (Forensic Medicine) เป็นการนำความรู้ทางการแพทย์และวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ เช่น งานนิติพยาธิ งานนิติวิทยา งานชีวเคมี งานพิสูจน์บุคคล หรือการชันสูตรพลิกศพ เพื่อจะหาที่มาของการเสียชีวิตและพฤติกรรมของการเสียชีวิต

ความหมายของการพิสูจน์หลักฐาน มีคำจำกัดความคือ “เป็นกฎเกณฑ์ทางวิชาชีพและทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมุ่งในการให้การยอมรับ การชี้เฉพาะ การจำแนก และการตีความหมายของวัตถุพยานโดยนำวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์มาประยุกต์ใช้ ในกรณีที่เกี่ยวข้องระหว่างกฎหมายกับวิทยาศาสตร์” โดยอาศัยหลักการสำคัญ 2 ประการ ได้แก่

1. การจำแนก (Individualization)

แสดงความแตกต่าง การจัดวัตถุ จัดประเภท เช่น กรณีรถหายแจ้งความกับตำรวจ เมื่อตำรวจพบรถ ผู้เสียหายต้องสอบถามก่อนว่าเป็นรถชนิดอะไร สีอะไร ยี่ห้ออะไร นั่นคือการจำแนกก่อนที่จะมาถึงขั้นตอนการชี้เฉพาะ (Identification)

2. การชี้เฉพาะ (Identification)

ทางด้านวิชาปรัชญา คือ ความหายากหรือว่าสิ่งของที่มีเพียงหนึ่งเท่านั้นไม่สามารถนำสิ่งอื่นมาทดแทนได้ ดังนั้นของทั้งสองสิ่งย่อมจะไม่เหมือนกัน นอกจากตัวของมันเอง การชี้เฉพาะ เป็นกรรมวิธีที่จะจัดให้สิ่งของที่มีตัวตนสิ่งหนึ่ง ไปรวมอยู่ในประเภทหรือจำพวกที่ได้กำหนดขอบเขตหรือคุณลักษณะตายตัวเอาไว้ เช่น การชี้เฉพาะลายนิ้วมือ ได้แก่ การตรวจสอบลายนิ้วมือที่ต้องสงสัย ว่าจะเกิดจากมือของบุคคลที่ต้องสงสัยหรือไม่ โดยอาศัยหลักการกำหนดตายตัวไว้แล้วในเรื่องจำนวนและชนิดสำคัญของลักษณะสำคัญพิเศษต่าง ๆของลายเส้นนิ้วมือ เป็นต้น โดยการชี้เฉพาะต้องอาศัยคุณลักษณะ 2 ประการ

2.1 คุณลักษณะโดยทั่วไป (Class Characteristics)

2.2 คุณลักษณะเฉพาะ (Individual Characteristics) ซึ่งอาจเกิดจากเหตุต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1) ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เช่น ลักษณะของลายเส้นของนิ้วมือ นิ้วเท้า ร่องรอยความไม่เรียบร้อยบนพื้นรองเท้าซึ่งผลิตจากโรงงานหรือรอยอันเกิดจากเหล็กสว่านที่ใช้เจาะภายในลำกล้องปืน

2) การเสียหายเล็กน้อยจากการใช้งานไม่เหมาะสม เช่น กรณีของการใช้เครื่องมือที่ไม่เหมาะสมกับชนิดของงานเช่นใช้มีดทำครัวในการผ่าฟัน เป็นต้น

3) การเสียหายมาก ๆ จากการที่ใช้งานผิด ๆ เช่น การใช้เครื่องมืออย่างไม่ระมัดระวัง เช่น ใช้เลื่อยไม้ไปตัดโดนเหล็ก หรือใช้ขวานผ่าตู้เซฟซึ่งเป็นโลหะหนามาก ๆ เป็นต้น

4) การสึกหรอ ไม่สม่ำเสมอ หรือโดยอุบัติเหตุ เช่น ยางรถยนต์ ซึ่งสึกหรอไม่เท่ากันทั้งหน้ายาง เนื่องมาจากตั้งศูนย์ไม่ดี หรือรอยถลอกที่บริเวณสันรองเท้ารอยสึกที่ปรากฏเพียงบางส่วนของรอยรองเท้าอันเกิดจากลักษณะการเดิน เป็นต้น

โดยในปัจจุบันได้มีการปรับปรุงเครื่องมือเครื่องใช้ต่าง ๆในการสืบสวนหาตัวคนร้ายและพิสูจน์ความผิดให้ก้าวหน้าทันสมัยขึ้นกว่าเดิม และทางด้านการพิสูจน์หลักฐานได้มีการนำเทคนิควิทยาศาสตร์ใหม่ ๆ ตลอดจนเครื่องมือการตรวจวิเคราะห์ต่าง ๆ มาใช้เช่นกันเทคนิคดังกล่าวนี้ ได้แก่ การใช้เครื่องมือเช่น Infrared Spectrophotometer, Electron Microscope ทั้ง Scanning และ Transmission, Atomic Absorption Gas และ Liquid Chromatography, Polygraph

(เครื่องจับเท็จ), Sound Spectrograph (เครื่องพิสูจน์เสียง), Polylight (ตรวจหาโดยอาศัยการเรืองแสงของพยานวัตถุ) เป็นต้น (Chamsuwanwong, 2009)

พยานหลักฐาน หมายถึง สิ่งที่สามารถจับต้องได้ตามกฎหมายและสามารถที่จะนำเสนอได้ในชั้นศาลเพื่อพิสูจน์หาข้อเท็จจริงในคดีนั้น ๆได้ ตามประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญามาตรา 226 พยานหลักฐาน หมายถึง พยานวัตถุ พยานเอกสาร หรือพยานบุคคล ตลอดจนหลักฐานอื่น ๆ ซึ่งจะใช้เป็นเครื่องพิสูจน์การกระทำผิดได้ แต่ต้องไม่เกิดจากการจูงใจ มีคำมั่นสัญญา ขู่เข็ญ หลอกลวง หรือโดยมิชอบประการอื่น และให้สืบตามบทบัญญัติแห่งประมวลกฎหมายนี้หรือกฎหมายอื่นว่าด้วยการสืบพยาน

พยานวัตถุประเภทรอยประทับ รอยลายนิ้วมือ ลายฝ่ามือและฝ่าเท้าของมนุษย์ ถือเป็นพยานวัตถุประเภทรอยประทับที่พบได้ง่ายและพบได้มากที่สุดในสถานที่เกิดเหตุ ผู้กระทำความผิดหรืออาชญากรมักใช้มือหรือเท้าสัมผัสกับวัตถุในที่เกิดเหตุด้วยความตั้งใจหรือไม่ตั้งใจ จึงเกิดเป็นรอยประทับแฝงอยู่บนพื้นผิวของวัตถุต่าง ๆ ลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้าในสถานที่เกิดเหตุจะแบ่งออกเป็น

1. ลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า ที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า มี 2 ชนิด คือ
    1.1 ชนิด 2 มิติ คือลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้าที่เกิดจากการเปื้อนสารต่าง ๆ เช่น เปื้อนฝุ่น เปื้อนน้ำหมึก หรือเปื้อนเลือดติดบนพื้นผิวต่าง ๆ ที่สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน
    1.2 ชนิด 3 มิติ คือลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า ที่ไปสัมผัสหรือกดลงบนผิววัตถุที่เป็นของอ่อน เช่น ดินเหนียวหรือดินน้ำมัน ทำให้เกิดร่องรอยบนวัตถุนั้น ๆ เป็น 3 มิติ เช่น ลายนิ้วมือบนดินน้ำมัน รอยเท้าบนดินเหนียว เป็นต้น
2. ลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้าแฝง คือ รอยลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้าที่มองเห็นไม่ชัดหรือไม่สามารถเห็นด้วยตาเปล่า เช่น ลายนิ้วมือติดบนกระจก อาวุธปืน กระดาษ หรือไม้ เป็นต้น

การเลือกวิธีการตรวจเก็บและการหล่อร่องรอย รอยลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้าแฝง จะขึ้นอยู่กับประเภทของรอยลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้าแฝงที่ติดอยู่บนวัตถุนั้น ๆ ดังนี้

1. รอยลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้าแฝงที่มองเห็นด้วยตาเปล่า เช่น รอยลายนิ้วมือแฝงเปื้อนเลือด เปื้อนสี ฯลฯ ควรตรวจเก็บโดยการถ่ายรูปรอยลายนิ้วมือแฝง ซึ่งได้วางมาตราส่วนไว้แล้วด้วยกล้องถ่ายภาพที่มี CLOSED UP LENS เพื่อป้องกันมิให้หลักฐานหายไป สำหรับรอยเท้าที่เหยียบบนดินเหนียวเมื่อถ่ายรูปแล้วให้ทำการเก็บโดยการหล่อร่องรอยเท้าด้วยปูนปลาสเตอร์

2. รอยลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้าแฝงที่มองเห็นไม่ชัดด้วยตาเปล่า เช่น กรณีรอยลายนิ้วมือแฝงติดบนวัตถุของกลาง ที่มีพื้นผิวเรียบ มัน ไม่ดูดซึมและไม่เปียก สามารถทำการตรวจเก็บด้วยผงฝุ่นเคมีหรือสารเคมีบางชนิด
3. รอยลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้าแฝงที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า เช่น กรณีที่รอยลายนิ้วมือแฝงติดบนวัตถุของกลางจำพวกกระดาษ หนังพลาสติก ฯลฯ สามารถตรวจเก็บโดยใช้สารเคมี เช่น ซุปเปอร์กลู นินไฮดริน ฯลฯ

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการคงอยู่ของรอยแฝง

การที่นิ้วมือ ฝ่ามือ หรือฝ่าเท้าของคนเรานั้นประทับลงบนพื้นผิวของวัตถุจะทำให้เกิดรอยแฝง หากมีการป้องกันและเก็บรักษาที่ดีจะสามารถช่วยให้รอยลายนิ้วมือแฝงคงสภาพอยู่ได้นาน โดยปัจจัยที่จะส่งผลต่อการคงอยู่หรือการเปลี่ยนแปลงของรอยแฝงนั้น ๆ มีอยู่หลายประการ

1. สารประกอบของเหงื่อ ได้แก่
    1.1 สามารถพบ Eccring Glands ได้ทั่วร่างกาย โดยจะพบได้มากที่บริเวณฝ่ามือและฝ่าเท้า ซึ่งจะประกอบด้วยน้ำประมาณ 98-99 % แคลเซียม ยูเรีย เกลือ และกรดอะมิโน เป็นต้น
    1.2 สามารถพบ Sebaceous Glands ได้ทั่วร่างกาย ยกเว้นบริเวณฝ่ามือและฝ่าเท้า ซึ่งจะประกอบไปด้วย กรดไขมันและกลีเซอร์ไรด์ เป็นต้น
    1.3 สามารถพบ Apocrin Glands ได้บริเวณรูหู รักแร้ แผ่นหลัง ก้นรวมไปถึงอวัยวะเพศ โดยเหงื่อที่ได้จากบริเวณเหล่านี้จะเหงื่อชนิดนี้มีกลิ่น เนื่องจากมีลักษณะเหนียว ใส และมีส่วนผสมของไขมันอยู่เป็นจำนวนมาก

หากรอยลายนิ้วมือแฝงมีองค์ประกอบของไขมันอยู่เป็นจำนวนมาก จะสามารถทำให้รอยลายนิ้วมือแฝงนั้นจะติดอยู่ได้นานยิ่งขึ้น

2. ปริมาณของสารประกอบของเหงื่อ
    2.1 ต่อมเหงื่อของแต่ละบุคคลจะขับปริมาณของสารออกมาแตกต่างกัน โดยปริมาณของสารประกอบที่ขับออกมานั้นจะขึ้นอยู่กับอาหารที่รับประทาน ลักษณะการทำงาน กิจกรรม การดำเนินชีวิต สุขภาพหรือการเจ็บป่วย และยังรวมไปถึงสภาพจิตใจ ก็สามารถส่งผลต่อปริมาณการหลั่งของเหงื่อได้เช่นกัน

2.2 ระยะเวลา และแรงกดที่ใช้ในการสัมผัสกับวัตถุ รวมไปถึงลักษณะการหยิบจับหรือสัมผัสกับวัตถุ ยิ่งออกแรงกดมากก็จะยิ่งทำให้รอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏขึ้นชัดเจน

3. ตำแหน่งที่สารประกอบของเหงื่อจะติดอยู่ เช่น โทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์ หรือเอกสาร มักมีโอกาสที่จะเกิดการสัมผัสซ้ำหรือถูกทำลายได้ง่าย เช่น การตรวจพบลายนิ้วมือแฝงที่อยู่บนภาพถ่ายที่นานถึง 10 ปี โดยทำการตรวจเก็บด้วยผงฝุ่นผสมระหว่างอลูมิเนียมและไลโคโปเดียม
4. พื้นผิวที่ประทับ โดยรอยลายนิ้วมือแฝงจะสามารถติดได้ดีกว่าวัตถุอื่น ๆ บนวัตถุที่มีผิวมันเงาเรียบและสะอาด
5. สภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น สภาพอากาศ หรือน้ำ ล้วนมีผลต่อการคงอยู่ของลายนิ้วมือแฝง
6. ระยะเวลาตั้งแต่ที่รอยลายนิ้วมือแฝงมีการประทับลงบนพื้นผิวของวัตถุต่าง ๆ เมื่อเวลาผ่านไปสารประกอบของเหงื่อติดอยู่นั้นก็จะค่อย ๆ หายไป (Jomrit, 2011)

หลักการตรวจพิสูจน์เปรียบเทียบลายนิ้วมือ จากการที่ลายนิ้วมือของมนุษย์นั้นมีลักษณะที่แตกต่างกัน เราจึงใช้นิ้วมือของมนุษย์ในการตรวจพิสูจน์ตัวบุคคล โดยเปรียบเทียบจากลักษณะตำหนิพิเศษต่าง ๆ คือ เส้นแตก เส้นขาด เส้นทะเลสาบ และจุด ซึ่งการกำหนดจำนวนจุดตำหนิพิเศษที่ตรงกันเพื่อยืนยันว่าลายนิ้วมือนั้นเป็นของบุคคลเดียวกันจะแตกต่างกัน ซึ่งในบางประเทศกำหนดให้ตั้งแต่ 7 จุดขึ้นไป แต่สำหรับประเทศไทยที่กองพิสูจน์หลักฐานได้กำหนดไว้ตั้งแต่ 10 จุดขึ้นไป ซึ่งทำให้การลงความเห็นในการตรวจพิสูจน์มีความถูกต้องสูงมาก หรือแทบจะไม่มีความผิดพลาดเกิดขึ้นเลย

การตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า

1. เส้นนูน-เส้นร่อง (ridges-furrows)

ผิวหนังบริเวณลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้าของมนุษย์จะประกอบไปด้วยลายเส้น 2 ชนิด คือเส้นนูน และเส้นร่อง

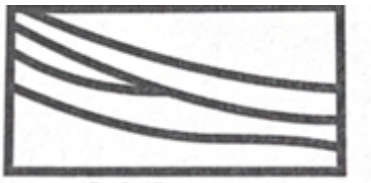
1.1 เส้นนูน (ridges) คือ รอยนูนที่อยู่สูงกว่าผิวหนังส่วนนอก

1.2 เส้นร่อง (furrows) คือ รอยลึกที่อยู่ต่ำกว่าระดับของเส้นนูน

2. จุดลักษณะสำคัญพิเศษหรือจุดตำหนิ (special characteristics or minutiae)

ลายเส้นที่อยู่บนลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า ประกอบด้วยลายเส้นที่มีลักษณะเฉพาะจุด เรียกว่า **จุดลักษณะสำคัญพิเศษหรือจุดตำหนิ** คือ

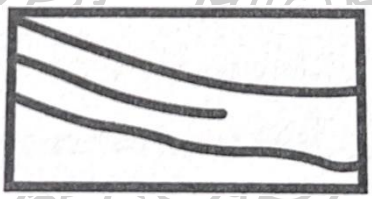
2.1 เส้นแตกหรือเส้นแยก (ridges forking หรือ bifurcation)



ภาพที่ 2. 1 ภาพเส้นแตกหรือเส้นแยก

ที่มา : Chamsuwanwong, A. (2009). *Forensic Science For Crime Investigation 2*. Bangkok: G.B.P Center co., LTD.

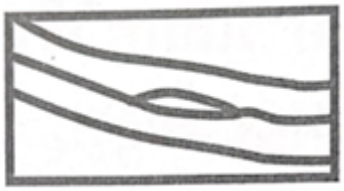
2.2 เส้นขาด (ridges beginning or ending suddenly)



ภาพที่ 2. 2 ภาพเส้นขาด

ที่มา : Chamsuwanwong, A. (2009). *Forensic Science For Crime Investigation 2*. Bangkok: G.B.P Center co., LTD.

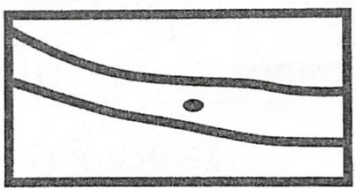
2.3 เส้นทะเลสาบ (closures or lakes)



ภาพที่ 2. 3 ภาพเส้นทะเลสาบ

ที่มา : Chamsuwanwong, A. (2009). *Forensic Science For Crime Investigation 2*. Bangkok: G.B.P Center co., LTD.

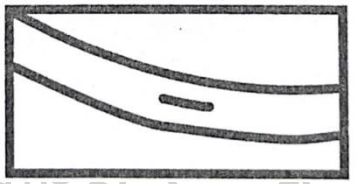
2.4 จุด (dot)



ภาพที่ 2. 4 ภาพจุด

ที่มา : Chamsuwanwong, A. (2009). *Forensic Science For Crime Investigation 2*. Bangkok: G.B.P Center co., LTD.

2.5 เส้นสั้นๆ (short ridge)



ภาพที่ 2. 5 ภาพเส้นสั้น ๆ

ที่มา : Chamsuwanwong, A. (2009). *Forensic Science For Crime Investigation 2*. Bangkok: G.B.P Center co., LTD.

ประเภทของลายนิ้วมือ

1. โค้งราบ (plain arch) ลักษณะของลายเส้นในลายนิ้วมือจะเริ่มจากขอบเส้นข้างหนึ่งแล้ววิ่งออกไปอีกข้างหนึ่ง โดยลายนิ้วมือแบบโค้งราบเป็นลักษณะลายเส้นชนิดที่ดูได้ง่ายที่สุด ซึ่งจะไม่มีเส้นเกือกม้า ไม่มีเส้นพุ่งสูงขึ้นตรงกลาง ไม่มีจุดสันดอน หรือไม่มีมุมแหลมคม ดังนั้นจำนวนเส้นลายนิ้วมือจึงเป็นศูนย์

ภาพที่ 2. 6 โค้งราบ

ที่มา : Chamsuwanwong, A. (2009). *Forensic Science For Crime Investigation 2*. Bangkok: G.B.P Center co., LTD.

2. โค้งกระโจม (tented arch)

2.1 มีลายเส้นที่ไม่ได้วิ่งออกไปยังอีกข้างหนึ่ง มีลายเส้นหนึ่งหรือมากกว่าอยู่ตอนกลาง หรือ

2.2 ลายเส้นที่อยู่ตรงกลางของลายนิ้วมือเป็นเส้นพุ่งขึ้นจากแนวนอน มีหนึ่งเส้นหรือมากกว่า

2.3 มีเส้นสองเส้นมาบรรจบกันตรงกลางทำให้เกิดเป็นมุมฉากหรือมุมแหลม

ภาพที่ 2. 7 โค้งกระโจม

ที่มา : Chamsuwanwong, A. (2009). *Forensic Science For Crime Investigation 2*. Bangkok: G.B.P Center co., LTD.

3. มัดหวายปัดขวา (radial loop) ลายนิ้วมือลักษณะแบบนี้มักจะพบได้มากที่สุดในคนทั่วโลก โดยสังเกตได้จากจุดสันดอนเพียงหนึ่งจุด และเส้นวกหลักอย่างน้อยหนึ่งเส้นที่ปัดไปทางทิศขวา

ภาพที่ 2. 8 มัดหวายปัดขวา

ที่มา : Chamsuwanwong, A. (2009). *Forensic Science For Crime Investigation 2*. Bangkok: G.B.P Center co., LTD.

4. มัดหวายปัดซ้าย (ulnar loop) ปลายเส้นเกือกม้าปัดไปทางซ้าย หรือทางนิ้วก้อยของมือที่หงายขึ้น

ภาพที่ 2. 9 มัดหวายปัดซ้าย

ที่มา : Chamsuwanwong, A. (2009). *Forensic Science For Crime Investigation 2*. Bangkok: G.B.P Center co., LTD.

5. ก้นหอยธรรมดา (plain whorl) เป็นลักษณะของลายนิ้วมือที่สามารถพบได้ประมาณ 25 ถึง 35% ของลายนิ้วมือทั้งหมด สังเกตได้จากเส้นนูนที่เวียนวนเป็นรอบวงกลมรูปร่างคล้ายก้นหอยหรือลานนาฬิกา โดยสังเกตได้จาก

5.1 หน้าจุดสันดอนจะต้องมีรูปวงจรหรือเส้นเวียนอยู่ข้างหน้าจุดสันดอนทั้ง 2 จุด

5.2 ถ้าลากเส้นสมมุติจากจุดสันดอนข้างหนึ่งไปยังสันดอนอีกข้างหนึ่ง เส้นสมมุติจะต้องสัมผัสเส้นวงจรหน้าจุดสันดอนทั้ง 2 ข้างอย่างน้อย 1 เส้น

ภาพที่ 2. 10 ก้นหอยธรรมดา

ที่มา : Chamsuwanwong, A. (2009). *Forensic Science For Crime Investigation 2*. Bangkok: G.B.P Center co., LTD.

ภาพที่ 2. 11 ลายฝ่าเท้าแบบก้นหอย

ที่มา : Chamsuwanwong, A. (2009). *Forensic Science For Crime Investigation 2*. Bangkok: G.B.P Center co., LTD.

6. ก้นหอยกระเป๋ากลาง (central pocket loop whorl) หากลากเส้นจากสันดอนหนึ่งไปอีกสันดอน เส้นที่ลากจะไม่ตัดกับเส้นวงจรที่อยู่ภายใน

ภาพที่ 2. 12 ก้นหอยกระเป๋ากลาง

ที่มา : Chamsuwanwong, A. (2009). *Forensic Science For Crime Investigation 2*. Bangkok: G.B.P Center co., LTD.

ภาพที่ 2. 13 ลายฝ่าเท้าแบบก้นหอยกระเป๋ากลาง

ที่มา : Chamsuwanwong, A. (2009). *Forensic Science For Crime Investigation 2*. Bangkok: G.B.P Center co., LTD.

7. มัดหวายคู่ หรือมัดหวายแฝด (double loop / twin loop) จะมี 2 สันดอนรูปร่างคล้ายลายนิ้วมือแบบมัดหวาย 2 รูปที่ประกบเข้าหากัน

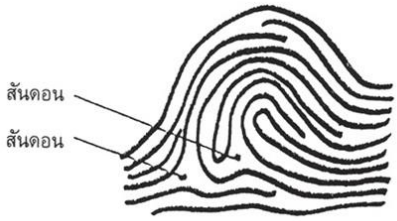
ภาพที่ 2. 14 มัดหวายแฝด

ที่มา : Chamsuwanwong, A. (2009). Forensic Science For Crime Investigation 2. Bangkok: G.B.P Center co., LTD.

ภาพที่ 2. 15 ลายฝ่าเท้าแบบมัดหวายคู่

ที่มา : Chamsuwanwong, A. (2009). Forensic Science For Crime Investigation 2. Bangkok: G.B.P Center co., LTD.

8. แบบก้นหอยกระเป๋าข้าง (lateral Pocket) เป็นรูปแบบเส้นลายนิ้วมือแบบมัดหวายคู่ แต่มีสันดอนทั้ง 2 อยู่ข้างเดียวกัน



ภาพที่ 2. 16 ก้นหอยกระเป๋าข้าง

ที่มา : Chamsuwanwong, A. (2009). Forensic Science For Crime Investigation 2. Bangkok: G.B.P Center co., LTD.

9. ซับซ้อน (accidental whorl) เป็นลายนิ้วมือที่ผสมผสานลายนิ้วมือแบบต่าง ๆ เข้าด้วยกัน โดยมีตั้งแต่ 2 สันดอนขึ้นไป

ภาพที่ 2. 17 แบบซับซ้อน

ที่มา : Chamsuwanwong, A. (2009). Forensic Science For Crime Investigation 2. Bangkok: G.B.P Center co., LTD.

การตรวจหารอยเท้าในสถานที่เกิดเหตุ ทุกครั้งที่มีอาชญากรรมเกิดขึ้น คนร้านมักทิ้งร่องรอยของเท้าเอาไว้ตามเส้นทางที่คนร้ายใช้เคลื่อนที่ทั้งบริเวณทางเข้าและทางออกจากสถานที่เกิดเหตุ ถึงแม้ว่าคนร้ายจะทิ้งร่องรอยของเท้าไว้ในสถานที่เกิดเหตุเสมอ แต่รอยเท้าที่ตรวจพบนั้นมีปริมาณน้อยกว่าที่คาดว่ามีอยู่จริง ซึ่งอาจมาจากหลายเหตุผลด้วยกัน ตัวอย่างเช่น

1. ตำแหน่งของรอยเท้าที่อยู่บนพื้น บางครั้งก็ยากที่จะตรวจพบ โดยเฉพาะรอยเท้าแฝงหรือรอยเท้าที่มองไม่เห็นได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งบ่อยครั้งต้องใช้เทคนิคในเรื่องแสงเข้ามาช่วยด้วย อีกทั้งร่องรอยเหล่านี้ยังอาจถูกเหยียบทับโดยเจ้าหน้าที่อื่น ๆ ที่เข้ามาในสถานที่เกิดเหตุก่อน ทำให้ผู้ตรวจสอบสถานที่เกิดเหตุให้ความสำคัญน้อยและไม่ทำการเก็บรอยเท้านั้น ซึ่งในความจริงแล้วการที่รอยเท้านั้นถูกทับไม่ได้หมายความว่าร่อยรอยนั้นถูกทำลายเสมอไป

2. พนักงานสอบสวน อัยการ และศาล อาจจะยังไม่ให้ความสำคัญกับพยานหลักฐานประเภทรอยเท้า เนื่องจากบุคคลเหล่านี้ยังไม่มีความรู้ในด้านนี้อย่างเพียงพอ ดังนั้นผู้ชำนาญมักจะถูกตั้งคำถามว่า “คุณสามารถตรวจสอบอะไรได้จากการเปรียบเทียบรอยรองเท้ากับรองเท้า” และในกรณีที่ผลการตรวจพิสูจน์ให้ผลที่ตรงกัน อาจถูกถามว่า “คุณกล้ายืนยันไหมว่ารอยรองเท้าที่พบในสถานที่เกิดเหตุมาจากรองเท้าคู่นี้จริง” ผลจากการที่บุคคลในกระบวนการยุติธรรมไม่เห็นความสำคัญของรอยรองเท้าหรือรอยเท้านั่นอาจทำให้ผู้ตรวจสถานที่เกิดเหตุมีความรู้สึกท้อใจและไม่ทำการตรวจหารอยรองเท้าได้

3. รอยเท้าที่พบเป็นรอยเท้าแฝงหรือรอยเท้าที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า อาจทำให้ผู้ตรวจสถานที่เกิดเหตุเข้าใจผิดว่าไม่มีรอยประทับดังกล่าวปรากฏอยู่ ดังนั้นข้อมูลความรู้เกี่ยวกับพยานหลักฐานประเภทนี้คนบรรจุให้อยู่ในหลักสูตรการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ด้านนิติวิทยาศาสตร์และพนักงานสอบสวน

4. มีการป้องกันรักษาสถานที่เกิดเหตุที่ไม่ดีพอ ซึ่งเจ้าหน้าที่ผู้ตรวจสถานที่เกิดเหตุและพนักงานสอบสวนมีความจำเป็นต้องทราบถึงความสำคัญของวัตถุพยานประเภทรอยประทับ เพื่อที่จะป้องกันรักษาสถานที่เกิดเหตุโดยคำนึงถึงพยานหลักฐานที่เป็นรอยประทับดังกล่าวเป็นสำคัญ

ดังนั้นเพื่อให้ได้มาซึ่งพยานหลักฐานรอยฝ่าเท้าที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการตรวจพิสูจน์เปรียบเทียบเอกลักษณ์ของบุคคล ขั้นตอนที่ต้องให้ความสำคัญลำดับแรกก็คือ การป้องกันสถานที่เกิดเหตุที่ดี สิ่งแรกที่ผู้ตรวจสถานที่เกิดเหตุควรปฏิบัติในการเข้าตรวจสถานที่เกิดเหตุคือ การค้นหาตำแหน่งของรอยประทับต่าง ๆ ที่อาจปรากฏอยู่บนพื้นในสถานที่เกิดเหตุ ไม่ว่าจะเป็นรอยรองเท้าหรือรอยฝ่าเท้า จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการตรวจสอบให้เห็นถึงลักษณะเฉพาะของรอยนั้น ๆ ซึ่งเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสถานที่เกิดเหตุ เมื่อได้รับแจ้งเหตุเจ้าหน้าที่จะต้องแจ้งให้ผู้เสียหายหรือบุคคลที่อยู่ในสถานที่เกิดเหตุออกไปจากสถานที่เกิดเหตุ เพื่อป้องกันการเสียหายของร่องรอยที่คนร้ายทิ้งเอาไว้

โดยทั่วไปการเกิดอาชญากรรมและตำแหน่งของวัตถุพยานมักจะให้แนวทางสำหรับการค้นหารอยเท้า อาชญากรรมที่เกิดขึ้นภายในหรือภายนอกอาคารบริเวณที่เป็นทางเข้าและทางออกของคนร้าย หากรอยเท้านั้นถูกพบภายในอาคาร จะต้องมีการค้นหารอยเท้าบริเวณทางเข้าและบนพื้นต่าง ๆ เช่น บนพรม พื้นไม้ หรือเสื่อน้ำมัน และในบางครั้งอาจจะเป็นการยากสำหรับการค้นหารอยเท้าบนพื้นบางประเภท ซึ่งรูปแบบการดีไซน์ของพื้น เช่น ชนิดของเนื้อไม้อาจทำให้ไม่สามารถมองเห็นรอยเท้าได้ ซึ่งแตกต่างจากพื้นหินที่อาจสามารถเห็นรอยเท้าได้ง่ายกว่า ดังนั้นชนิด สี และรูปแบบของพื้น จึงเป็นปัจจัยสำคัญในการตรวจหารอยเท้าเช่นกัน รอยฝ่าเท้านั้นมักจะมองเห็นได้ง่ายบนพื้นที่มีสีอ่อนมากกว่าพื้นที่มีสีเข้ม ดังนั้นรอยฝ่าเท้าที่เปื้อนเลือดจึงอาจจะมองเห็นได้ชัดบนพื้นที่มีสีขาว สีเทา หรือบนพื้นกระเบื้องสีน้ำตาล แต่อาจจะเป็นการยากที่จะเห็นรอยเท้าบนพื้นที่มีสีน้ำตาลเข้มหรือพื้นที่มีสีแดง และในทางตรงกันข้ามรอยฝ่าเท้าในฝุ่นก็มักจะมองเห็นได้เด่นชัดบนพื้นที่มีสีเข้ม (Sukhaboon, 2008)

วิธีตรวจเก็บลายนิ้วมือฝ่ามือและฝ่าเท้าแฝง

ภาพที่ 2. 18 ลายพิมพ์ฝ่าเท้าซ้ายและขวา

ที่มา : Chamsuwanwong, A. (2009). Forensic Science For Crime Investigation 2. Bangkok: G.B.P Center co., LTD.

วิธีการตรวจเก็บลายนิ้วมือแยกได้ 8 วิธี ได้แก่

1) วิธีแห้งหรือผงฝุ่น

2) วิธีเปียก

3) วิธีก๊าซ

4) วิธีลอกลายนิ้วมือ

5) วิธีการถ่ายภาพ

6) วิธีใช้แสง

7) วิธีหล่อร่องรอย

8) วิธีใช้เครื่องมือ Dust Print Lifter Electrostatic

ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วจะใช้วิธีเก็บเพียงวิธีเดียว แต่บางกรณีใช้ 2 วิธีหรือมากกว่า โดยในงานวิจัยนี้สนใจวิธีแห้งหรือวิธีฝุ่น วิธีการถ่ายภาพและวิธีการใช้แสงเท่านั้น

วิธีแห้ง (ผงฝุ่น) แบ่งออกเป็น 3 วิธีคือ

1. วิธีปัดผงฝุ่น เป็นวิธีพื้นฐานที่ใช้ในการปัดผงฝุ่น และใช้เทปลอกติดบนกระดาษรองรับหรือใช้วิธีการถ่ายภาพ โดยผงฝุ่นจะเกาะติดกับความชื้นและไขมันของสารที่ขับถ่ายออกมาทางนิ้วมือ ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีทางฟิสิกส์เพื่อให้ได้ลายนิ้วมือที่มีสีที่แตกต่างไปจากวัตถุ โดยอุปกรณ์ที่ใช้ ได้แก่

1.1 แปรงที่ใช้ในการปัดฝุ่นมีหลายชนิด คือ แปรงขนกระต่าย แปรงขนอูฐ หรือขนกระรอก แปรงแม่เหล็ก แปรงขนนก

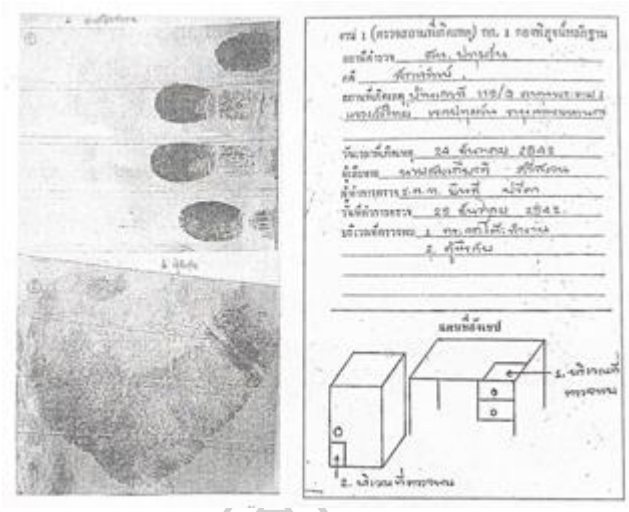
1.2 ผงฝุ่น

1.3 เทปใสหรือเจลลาติน สำหรับใช้ในการลอกลายนิ้วมือแฝง

1.4 กระดาษแบ็คกราวด์ สำหรับติดรอยลายนิ้วมือแฝง

1.5 กรรไกรตัดเทป

กระดาษแบคกราวด์ติดรอยลายนิ้วมือแฝง จะต้องเป็นสีที่ตัดกับฝุ่นที่ใช้ เช่น ใช้ฝุ่นสีดำควรติดบนกระดาษแบคกราวด์สีขาว หรือใช้ฝุ่นสีเทาควรติดลงบนกระดาษแบคกราวด์สีดำ ด้านหลังของกระดาษแบคกราวด์ติดรอยลายนิ้วมือแฝงจะต้องพิมพ์ข้อความเพื่อบันทึกรายละเอียดของคดีดังภาพ



ภาพที่ 2. 19 ภาพลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษแบคกราวด์

ที่มา : Chamsuwanwong, A. (2009). Forensic Science For Crime Investigation 2. Bangkok: G.B.P Center co., LTD.

วิธีปฏิบัติการปัดฝุ่น ทำการจุ่มแปรงขนกระต่ายลงบนผงฝุ่นเล็กน้อยแล้วปัดกวาดแปรงเบา ๆ ผงฝุ่นที่ติดปลายแปรงจะติดลายนิ้วมือ เมื่อเห็นลายเส้นแล้วจะเปลี่ยนไปใช้แปรงขนอูฐหรือขนกระรอกปัดไปตามลักษณะของลายเส้นจนลายเส้นมีความคมชัด จากนั้นใช้แปรงที่ไม่มีผงฝุ่นปัดเบา ๆ เอาฝุ่นส่วนที่เกินออกแล้วจึงทำการติดเทปใสลงบนลายนิ้วมือแฝง แล้วค่อย ๆ ลอกเทปใสที่ติดลายนิ้วมือแฝงขึ้นมาติดลงบนกระดาษแบคกราวด์สำหรับติดรอยลายนิ้วมือแฝง จากนั้นเขียนรายละเอียดคดีลงบนด้านหลังของกระดาษติดรอยลายนิ้วมือแฝง

2. วิธีการกลิ้งฝุ่น เป็นวิธีใส่ผงฝุ่นลงบนวัตถุที่ต้องการตรวจหารอยลายนิ้วมือ แล้วทำการเอียงวัตถุไปมาเบา ๆ เพื่อให้ผงฝุ่นกระจายทั่ววัตถุเพื่อให้ผงติดรอยลายนิ้วมือจนทั่ว จากนั้นเอียงวัตถุเพื่อเอาผงฝุ่นส่วนเกินออก วิธีนี้เหมาะสำหรับวัตถุที่เป็นกระดาษ ฟิล์มถ่ายภาพ กระดาษตะกั่ว หรือวัตถุอื่นที่เคลื่อนได้ง่าย

3. วิธีตบเบา ๆ โดยใช้แปรงขนกระต่ายจุ่มผงฝุ่นเล็กน้อยและตบเบา ๆ บนวัตถุ และใช้แปรงที่ไม่มีผงฝุ่นติดปัดให้รอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏ จากนั้นทำการเป่าหรือพ่นลมให้ผงฝุ่นส่วนเกินออกไป วิธีนี้เหมาะกับวัตถุผิวรูพรุนหรือผิวที่มีความเหนียว

4. วิธีการทำให้วัตถุคืนสภาพเดิม เมื่อทำการตรวจเก็บลายนิ้วมือด้วยวิธีแห้งเรียบร้อยแล้ว ควรทำให้วัตถุพยานกลับคืนสภาพเดิม โดยการเอาผงฝุ่นที่ติดวัตถุออกโดยการถูด้วยผ้า

หรือปัดด้วยแปรงซึ่งมี 0.5% น้ำยาทำความสะอาดสังเคราะห์หรือ 2.59% น้ำสบู่แล้วเช็ดถูวัตถุพยานด้วยน้ำและผ้าแห้ง (Chamsuwanwong, 2009)

ผงฝุ่นสำหรับการตรวจลายนิ้วมือแฝง

ผงฝุ่นอาจจำแนกได้เป็น 3 ชนิดดังนี้

1. ผงฝุ่นธรรมดา ประกอบไปด้วยเรซิ่นโพลีเมอร์สำหรับการยึดติดและสีสำหรับความคมชัด เป็นวิธีที่นิยมใช้มากที่สุด

2. ผงฝุ่นแม่เหล็ก เป็นผงฝุ่นที่มีส่วนผสมของเหล็กเนื้อละเอียด ซึ่งต้องใช้กับแปรงแม่เหล็ก

3. ผงฝุ่นเรืองแสง ผงฝุ่นชนิดนี้จะบรรจุด้วยสารประกอบธรรมชาติหรือสารสังเคราะห์ เช่น ฟลูออเรเซนต์หรือฟอสฟอเรเซนต์ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับช่วงการมองเห็นของแสงอัลตราไวโอเลต (UV) แสงเลเซอร์และแหล่งแสงจากอื่น ๆ (Songnonlek, 2012)

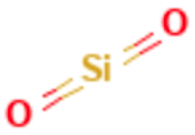
วิธีการถ่ายภาพ การตรวจเก็บลายนิ้วมือโดยการบันทึกภาพถ่ายภายใต้แสงปกติ หรือแสงเฉียง แสงอุลตราไวโอเลตหรืออินฟาเรด

วิธีการใช้แสง โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้แสงโพลีไลท์

แสงโพลิไลท์ ใช้ตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุต่าง ๆ แหล่งกำเนิดแสงของโพลิไลท์ คือ XENON ARC LAMP มีแสงสีขาวซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นแสงสีต่าง ๆ ได้ (Chamsuwanwong, 2009)

ซิลิกา เป็นอีกชื่อหนึ่งของสารประกอบทางเคมีที่ประกอบด้วยซิลิกอนและออกซิเจน โดยมีสูตรทางเคมี SiO_2 หรือซิลิกอนไดออกไซด์ ซิลิกามีหลายรูปแบบ ซิลิกาทุกรูปแบบมีองค์ประกอบทางเคมีเหมือนกัน แต่มีการจัดอะตอมต่างกัน สารประกอบซิลิกาสามารถแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม ได้แก่ crystalline (or c-silica) และ amorphous silica (a-silica or non-crystalline silica) สารประกอบ c-Silica มีโครงสร้างที่มีรูปแบบการทำซ้ำของซิลิกอนและออกซิเจน โครงสร้างทางเคมี a-Silica มีการเชื่อมโยงแบบสุ่มมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ c-silica ซิลิกาทุกรูปแบบเป็นของแข็งที่ไม่มีกลิ่นซึ่งประกอบด้วยอะตอมของซิลิกอนและออกซิเจน อนุภาคซิลิกาจะลอยอยู่ในอากาศและก่อตัวเป็นฝุ่นที่ไม่ระเบิด ซิลิกาอาจรวมกับธาตุโลหะและออกไซด์อื่น ๆ เพื่อสร้างซิลิเกต โดยซิลิคอนไดออกไซด์เป็นซิลิกอนออกไซด์ที่ประกอบด้วยโมเลกุลไตรอะตอมเชิงเส้นตรง ซึ่งอะตอมของซิลิกอนถูกพันธะโควาเลนต์กับออกซิเจนสองชนิด เนื่องจากซิลิคอนไดออกไซด์เป็นสารประกอบตามธรรมชาติของซิลิกอนและออกซิเจนซึ่งพบมากในทราย ซิลิกามีผลึกสามประเภทหลัก ได้แก่ ควอทซ์ ไตรไดไมต์ และคริสโต

บาไลต์ ฝุ่นซิลิกาอนุภาคละเอียดจากหินควอทซ์ทำให้เกิดการบาดเจ็บที่ปอดในระยะยาว ซิลิโคซิส (NCI04) (Medicine, 2022)



ภาพที่ 2. 20 โครงสร้างของ silicon dioxide

ที่มา : https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/image/imgsrv.fcgi?cid=24261&t=l

ซิลิกาเจล เป็นรูปแบบ amorphous silica ที่มีองค์ประกอบทางเคมี $SiO_2.xH_2O$. ซิลิกาเจลเป็นตัวดูดซับที่ได้รับการศึกษามาเป็นอย่างดีและใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับการใช้งานที่หลากหลาย เนื่องจากมีสัมพรรคภาพกับไอน้ำสูง ความสามารถในการดูดซับที่มากที่ความชื้นต่ำ ต้นทุนต่ำ และการสร้างใหม่ได้ง่าย (สามารถใช้ได้กับแหล่งความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า 120 องศาเซลเซียส) ขนาดรูพรุนของพวกมันอาจแตกต่างกันตั้งแต่ไมโครจนถึงเมโซพอร์ ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขการสังเคราะห์ที่เลือก และพื้นที่ผิวจำเพาะสามารถรับได้ในช่วง ~ 100–1000 $m^2 g^{-1}$ การปรับเปลี่ยนขนาดรูพรุนสามารถปรับปรุงความสามารถในการดูดซับได้อย่างมาก (Larysa Ratel, 2022)

สีผสมอาหาร เป็นสีย้อม สารสีหรือสารใด ๆ ที่ให้สี มีความปลอดภัยและหาได้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

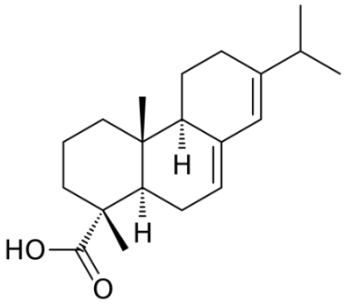
1. สีสังเคราะห์ แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ
    1.1 สีสังเคราะห์เลียนแบบสารธรรมชาติ ได้แก่ บีตา-อะโป-8-แครอทีนาล, บีตาแครอทีน เป็นต้น
    1.2 สีอินทรีย์สังเคราะห์ (certified color หรือ synthetic colorant) จะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม

    - สีสังเคราะห์ที่ละลายน้ำ แต่ไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ (dyes) เหมาะสำหรับอาหารที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบ

- สีสังเคราะห์ที่ละลายได้ในน้ำมัน (lakes) เหมาะสำหรับอาหารประเภทไขมัน ส่วนสีสังเคราะห์ที่อนุญาตให้ใช้ในอาหาร ได้แก่ ไรโบฟลาวิน (riboflavin), ตาร์ตราซีน (tartasine), ซันเซ็ต เย็ลโลว์ เอ็ฟ ซี เอ็ฟ (sutset yellow FCF) จัดอยู่ในกลุ่มของสีเหลือง คาร์โมอีซีน หรือ เอโซรูบิน (carmosine or azorubine), ปองโซ 4 อาร์(ponceau4 R), เออริโทรซีน (erythrosine) จัดอยู่ในกลุ่มของสีแดง ฟาสต์ กรีน เอ็ฟ ซี เอ็ฟ (fast green FCF) จัดอยู่ในกลุ่มของสีเขียว และอินดิโกคาร์มีน หรือ อินดิโกติน (indigocarmine or indigotie), บริลเลียนท์ บลู เอ็ฟ ซี เอ็ฟ (brilliant blue FCF) จัดอยู่ในกลุ่มของสีน้ำเงิน

2. สีจากธรรมชาติ แบ่งเป็น 2 ชนิด ได้แก่
   2.1 สีที่สกัดได้จากธรรมชาติ (natural pigment) ได้แก่ สีที่สกัดจากส่วนใดส่วนหนึ่งของพืช ผัก ผลไม้ สัตว์ รวมไปถึงจุลินทรีย์
   2.2 สีอนินทรีย์ ได้แก่ ปูนขาว ผงถ่าน และไทเทเนียมไดออกไซด์ เป็นต้น ("Wikipedia, the free encyclopedia," 2022)

ยางสน มีลักษณะเปราะและแตกง่าย มีกลิ่นฉุนเล็กน้อย โดยทั่วไปแล้วจะเป็นของแข็งคล้ายแก้ว แม้ว่าบางชนิดจะก่อตัวเป็นผลึก จุดหลอมเหลวจะแตกต่างกันไปตามตัวอย่างที่แตกต่างกัน บางอย่างเป็นแบบกึ่งของเหลวละลายที่อุณหภูมิของน้ำเดือด ส่วนอื่น ๆ จะหลอมละลายที่ 100 °C ถึง 120 °C ไวไฟสูง เผาไหม้ด้วยไฟ ดังนั้นควรระมัดระวังในการหลอมละลาย และละลายได้ในแอลกอฮอล์ อีเทอร์ เบนซิน และคลอโรฟอร์ม ยางสนจะประกอบด้วยกรดอะบีติกเป็นส่วนใหญ่ และรวมกับด่างที่กัดกร่อนเพื่อสร้างเกลือ (โรซิเนตหรือพิเนต)



ภาพที่ 2. 21 กรดอะบีติก

ที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/Abietic_acid#/media/File:Abietic_acid.svg

ลักษณะพื้นผิว สามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ พื้นผิวที่มีรูพรุน พื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน และพื้นผิวกึ่งรูพรุน

1. พื้นผิวไม่มีรูพรุน (Non-Porous Surface) เป็นลักษณะของพื้นผิวต่าง ๆ ที่ไม่สามารถดูดซับส่วนประกอบของรอยลายนิ้วมือแฝงได้ แต่จะเกาะอยู่ด้านบนพื้นผิว ซึ่งอาจถูกทำลายได้ง่ายถ้าหากไม่มีการป้องกัน แต่หากทิ้งไว้เป็นเวลานานสารประกอบของรอยลายนิ้วมือแฝงอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงด้วยเวลาหรือผลกระทบจากสิ่งแวดล้อม ลายนิ้วมือที่อยู่บนพื้นผิวไม่มีรูพรุนจะบอบบางและอ่อนไหวเป็นอย่างมาก ต้องปฏิบัติการด้วยความระมัดระวังเป็นอย่างยิ่ง อีกทั้งรอยนิ้วมืออาจถูกทำลายด้วยสารละลายอินทรีย์บางประเภท ได้ ในขณะเดียวอาจจะไปเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของส่วนที่ละลายน้ำได้ ส่วนองค์ประกอบที่ไม่ละลายน้ำเองก็อาจไม่ถูกกระทบจากน้ำ ตัวอย่างพื้นผิวชนิดนี้ เช่น ถุงพลาสติก กระจก และพื้นผิวโลหะเคลือบเงา เป็นต้น

2. พื้นผิวที่มีรูพรุน (Porous Surface) เป็นลักษณะของพื้นผิวต่าง ๆ ที่สามารถดูดซับเอา เหงื่อที่อยู่บนลายนิ้วมือได้อย่างรวดเร็ว โดยสารประกอบของรอยลายนิ้วมือแฝงส่วนที่จะลอยน้ำได้จะถูกดูดซับเข้าในชั้นของพื้นผิว หลังจากนั้นจะค่อยๆระเหยออกและเหลือสิ่งที่ปะปนอยู่ อันได้แก่ กรดอะมิโนยูเรีย และคลอไรด์ (โซเดียมคลอไรด์) องค์ประกอบเหล่านี้เป็นที่มาของรูปพรรณสัณฐานของลายนิ้วมือแฝง การคงอยู่ของลายนิ้วมือแฝงขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อม ความชื้นสัมพัทธ์ และความเป็นรูพรุน เมื่อลายนิ้วมือถูกดูดซับไว้บนพื้นผิวในภาวะที่ปกติรอย ลายนิ้วมือแฝงจะไม่ถูกลบหรือเลื่อนได้ง่ายๆ แต่สามารถถูกทำลายได้จากการชะล้างด้วยน้ำ ตัวอย่างพื้นผิวชนิดนี้ เช่น กระดาษเอกสาร กล่องกระดาษ ผ้าดิบ เป็นต้น

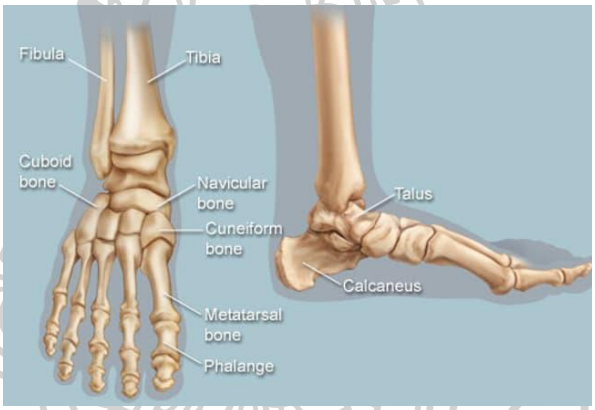
3. พื้นผิวกึ่งรูพรุน (Semiporous Surface) เป็นลักษณะของพื้นผิวที่มีคุณลักษณะระหว่างพื้นผิวที่มีรูพรุนและพื้นผิวไม่มีรูพรุน พื้นผิวประเภทนี้จะดูดซับเอาส่วนประกอบที่ละลายน้ำได้แต่เป็นไปอย่างช้า ๆ เมื่อเทียบกับพื้นผิวที่มีรูพรุน ส่วนองค์ประกอบที่ไม่ลายน้ำจะยังคงติดอยู่ ส่วนบนของพื้นผิวได้เป็นเวลานานกว่าพื้นผิวที่มีรูพรุนแต่ไม่เท่าพื้นผิวไม่มีรูพรุน ตัวอย่างของพื้นผิวชนิดนี้ เช่น พื้นผิววัตถุทาสีบางประเภท ธนบัตร กระดาษห่อของที่เคลือบไข เป็นต้น (Songnonlek, 2012)

2.2 โครงสร้างของเท้าและชั้นผิวหนัง

เท้า เป็นโครงสร้างที่ยืดหยุ่นของกระดูก ข้อต่อ กล้ามเนื้อ และเนื้อเยื่ออ่อนที่ทำให้เรายืนตัวตรงและทำกิจกรรมต่าง ๆ เช่น เดิน วิ่ง และกระโดดได้ โดยเท้าแบ่งออกเป็นสามส่วน ได้แก่ ปลายเท้า กลางเท้า และหลังเท้า

- ปลายเท้า จะประกอบด้วยนิ้วเท้าห้านิ้ว (phalanges) และกระดูกที่ยาวกว่าห้านิ้ว (metatarsal)
- กลางเท้า คือกลุ่มกระดูกที่มีลักษณะเหมือนพิรามิด ซึ่งสร้างส่วนโค้งของเท้า ได้แก่ กระดูกรูปลิ่ม 3 ชิ้น กระดูกทรงลูกบาศก์ และกระดูกnavicular
- หลังเท้า สร้างส้นเท้าและข้อเท้า กระดูกฝ่าเท้ารองรับกระดูกขา (กระดูกหน้าแข้งและกระดูกน่อง) สร้างข้อเท้า calcaneus (กระดูกส้นเท้า) เป็นกระดูกที่ใหญ่ที่สุดในเท้า

กล้ามเนื้อ เส้นเอ็นและเอ็นยึดจะวิ่งไปตามพื้นผิวของเท้า ทำให้มีการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อนซึ่งจำเป็นสำหรับการเคลื่อนไหวและการทรงตัว เส้นเอ็นร้อยหวายเชื่อมต่อส้นเท้ากับกล้ามเนื้อน่องและจำเป็นสำหรับการวิ่ง การกระโดด และการยืนบนนิ้วเท้า (Hoffman, 2021)



ภาพที่ 2. 22 โครงสร้างของเท้า

ที่มา : https://www.webmd.com/pain-management/picture-of-the-feet

ผิวหนังของเท้า ที่ส่วนหลังของเท้าผิวหนังมีความบางและเคลื่อนที่ได้ ผิวบริเวณฝ่าเท้าจะหนาขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะบริเวณที่รับน้ำหนักจะมีไขมันส่วนเกินที่ฝ่าเท้า ที่ส้นเท้าผิวหนังบริเวณฝ่าเท้าผูกติดกับเนื้อเยื่อส่วนลึกด้วยเนื้อเยื่อเส้นใยที่แน่นหนาจำนวนมาก เส้นเหล่านี้เกิดขึ้นจากกระดูกที่อยู่ด้านล่างและฝ่าเท้า aponeurosis และผ่านไขมันเข้าไปในผิวหนังชั้นใต้ผิวหนัง ทำให้ผิวหนังรับน้ำหนักได้อย่างมั่นคง

ผิวหนังด้านฝ่าเท้าจะหนาโดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณส้นเท้าและฐานของนิ้วหัวแม่เท้า ผิวหนังด้านฝ่าเท้าจะไวต่อความรู้สึก โดยพบต่อมเหงื่อและต่อมไขมันในชั้นเนื้อเยื่อใต้ผิวหนัง องค์ประกอบของฝ่าเท้าถูกออกแบบมาสำหรับรับน้ำหนักและป้องกันหลอดเลือดกับเส้นประสาท ซึ่งบริเวณผิวหนังใต้ฝ่าเท้า (Plantar Surface) จะแบ่งออกเป็น 8 ส่วน ได้แก่

1. นิ้วเท้าใหญ่
2. ด้านส้นเท้า (Proximal)
3. บริเวณด้านในฝ่าเท้า (Tibial Side)
4. บริเวณด้านนอกฝ่าเท้า (Fibular Side)
5. บริเวณเนินบนใน (Ball Pattern Zone)
6. โซนกลางใน (Rare Tibial Pattern Zone)
7. โซนกลางนอก (Rare Fibular Pattern Zone)
8. ส่วนอุ้งเท้า (Tread Area) (Sukhaboon, 2008)

โครงสร้างผิวหนัง ผิวหนังประกอบด้วย 3 ชั้น ได้แก่ ชั้นหนังกำพร้า (Epidermis), ชั้นหนังแท้ (Dermis) และชั้นไขมัน (Subcutis) ซึ่งความหนาของผิวแต่ละชั้นจะแตกต่างกันตามอวัยวะ เช่น ผิวบริเวณฝ่ามือและฝ่าเท้าเป็นส่วนที่หนาที่สุด และผิวบริเวณเปลือกตาจะบางที่สุด โดยแต่ละชั้นผิวมีโครงสร้างและหน้าที่ต่างกันดังนี้

1. ชั้นหนังกำพร้า

ชั้นหนังกำพร้าเป็นผิวหนังชั้นนอกสุด ทำหน้าที่ป้องกันผิวจากเชื้อโรคที่จะเข้าสู่ร่างกาย และปกป้องผิวจากสภาพแวดล้อมภายนอก อย่างฝุ่นและแสงแดด และสร้างเซลล์ผิวใหม่เพื่อทดแทนเซลล์ผิวเก่าทุก 30 วัน

ชั้นหนังกำพร้าประกอบด้วยเซลล์สำคัญ 3 ชนิดคือ เคราติโนไซต์ (Keratinocytes) หรือเซลล์ผิวหนัง เมลาโนไซต์ (Melanocytes) ทำหน้าที่ผลิตเมลานิน (Melanin) หรือเม็ดสีผิวที่ทำให้คนเรามีสีผิวแตกต่างกัน และเซลล์แลงเกอร์ฮานส์ (Langerhans Cells) เป็นเซลล์ภูมิคุ้มกันที่ช่วยป้องกันผิวจากการติดเชื้อ

โดยชั้นหนังกำพร้าประกอบด้วย 5 ชั้นผิวย่อย ได้แก่

- Stratum Corneum เป็นชั้นที่อยู่ด้านนอกสุด ประกอบด้วยเซลล์เคราติโนไซต์ที่ตายแล้วหรือขี้ไคล ซึ่งจะหลุดออกตามกระบวนการผลัดผิวตามธรรมชาติ ผิวชั้นนี้มีหน้าที่ปกป้องผิวจากการถูกทำลายจากภายนอก และช่วยรักษาความชุ่มชื้นในผิวหนัง
- Stratum Lucidum เป็นผิวหนังส่วนหนา (Thick Skin) โดยพบบริเวณฝ่ามือและฝ่าเท้า
- Stratum Granulosum เป็นชั้นผิวที่สร้างไกลโคลิพิด (Glycolipids) ซึ่งเป็นสารที่ประกอบด้วยไขมันและคาร์โบไฮเดรต ทำหน้าที่เป็นตัวประสานให้เซลล์ยึดเกาะกัน

- Stratum Spinosum เป็นชั้นผิวที่หนาที่สุดในชั้นหนังกำพร้า ประกอบด้วยเซลล์เคราติโนไซต์และเซลล์เดนดริติก (Dendritic Cells) ซึ่งเป็นเซลล์ในระบบภูมิคุ้มกัน มีหน้าที่ป้องกันและจำกัดเชื้อโรคที่เข้าสู่ผิวหนัง
- Stratum Basale เป็นชั้นผิวที่ลึกที่สุดของชั้นหนังกำพร้า ทำหน้าที่ผลิตเคราติโนไซต์ที่เป็นเกราะป้องกันผิว เมื่อเคราติโนไซต์สะสมมากขึ้นจะดันเซลล์เก่าขึ้นสู่ชั้นผิวด้านบนและกลายเป็นขี้ไคลที่ชั้น Stratum Corneum นอกจากนี้อาจพบเมลาโนไซต์ที่ผลิตเม็ดสีผิวที่ผิวชั้นนี้เช่นกัน

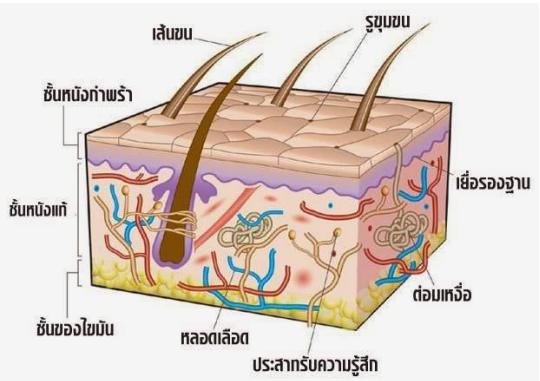
2. ชั้นหนังแท้

ผิวชั้นหนังแท้มีความสำคัญต่อโครงสร้างของผิวหนัง เพราะประกอบด้วยคอลลาเจน (Collagen) ซึ่งเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งที่ช่วยให้ความแข็งแรงแก่ผิวหนัง อีลาสติน (Elastin) ซึ่งสร้างความยืดหยุ่นให้กับผิวหนัง ต่อมเหงื่อที่ผลิตเหงื่อเพื่อปรับอุณหภูมิของร่างกาย และต่อมไขมันที่รักษาความผิวชุ่มชื้นของผิวหนัง

นอกจากนี้ ชั้นหนังแท้ยังประกอบด้วยรูขุมขน เส้นเลือด เส้นประสาท และปลายประสาทรับความรู้สึกจำนวนมาก ทำให้เรารับความรู้สึกต่าง ๆ เช่น ความร้อนและความเจ็บปวด และช่วยลำเลียงสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อผิวไปให้ชั้นหนังกำพร้าและทำให้ผิวมีสุขภาพดี

3. ชั้นไขมัน

ชั้นไขมันเป็นชั้นผิวที่ลึกที่สุดในโครงสร้างของผิวหนัง มีองค์ประกอบหลักคือไขมัน ทำหน้าที่ปกป้องกล้ามเนื้อและกระดูกจากการได้รับบาดเจ็บ และช่วยให้ร่างกายอบอุ่น นอกจากนี้ ในชั้นไขมันประกอบด้วยเส้นเลือด เส้นประสาท และเนื้อเยื่อที่เชื่อมระหว่างชั้นผิวและกล้ามเนื้อหรือกระดูกเข้าด้วยกัน ("pobpad.com," 2016)



ภาพที่ 2. 23 โครงสร้างของชั้นผิวหนัง

ที่มา : http://2.bp.blogspot.com/-r6nMFP4iRO8/VOnQ4zdrl8I/AAAAAAAABDs/fdZT-9j3PBg/s1600/39_Hypodermis.jpg

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 งานวิจัยภายในประเทศ

กาญจนา สุขาบูรณ์ (2551: บทคัดย่อ) ศึกษาเปรียบเทียบรอยพิมพ์ฝ่าเท้าเพื่อหาวิธีการพิสูจน์เอกลักษณ์ของรอยฝ่าเท้า และทำการเปรียบเทียบรอยพิมพ์ฝ่าเท้าของบุคคลคนเดียวกันในท่ายืน เดิน และวิ่ง รวมทั้งการหาวิธีการใหม่ๆ โดยใช้วิธีการทาบรอยและพิจารณาลักษณะทางกายภาพและวิธีการวัดความกว้าง ความยาว และมุม ด้วยการวัด 21 รูปแบบ ศึกษากลุ่มตัวอย่างนักศึกษาชายที่มีอายุระหว่าง 18-25 ปี จำนวน 50 คน ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การแจกแจงความถี่ค่าร้อยละ t-test และ F-test ทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งพบว่ารอยพิมพ์ฝ่าเท้าของกลุ่มตัวอย่างมีลักษณะแตกต่างกัน โดยรอบโค้งหยักบนแนวนิ้วเท้าจำนวน 2 เนิน และ 3 เนินมีอัตราการเกิดใกล้เคียงกัน อัตราการเกิดขึ้นของรูปแบบเท้าที่เป็นแบบ fibularis จะสูงที่สุด ตามมาด้วย tibialis และ intermediate ตามลำดับ สภาพเท้าที่เป็นแบบแบนราบ เท่ากับ 6.67% ส่วนรอยข้อนิ้วเท้า มักปรากฏที่นิ้วเท้าที่ 1 มากที่สุด ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของรูปแบบวิธีการวัดความยาวจากปลายส้นเท้าไปยังปลายนิ้วเท้าที่ 1 ถึง 5 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Sukhaboon, 2008)

ณัฏฐิรา สงฆ์โนนเหล็ก (2555: บทคัดย่อ) ศึกษาการปรากฏขึ้นของลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวไม่มีรูพรุนหลายชนิด โดยใช้ผงขมิ้นซึ่งเป็นวัตถุดิบจากธรรมชาติ โดยนำผงขมิ้นมาบดและร่อนผ่านตะแกรง และศึกษาลักษณะเฉพาะของผงขมิ้น และทำการเปรียบเทียบคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงจากการนับจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (minutiae) จากการวิจัยพบว่าอนุภาคของผงขมิ้นที่ผลิตได้มีขนาดในช่วง 18-153.8 mm และพบว่าลักษณะของผงขมิ้นที่มีการกระจายตัวของอนุภาค ไม่เกาะกันเป็นกลุ่มก้อน ผงขมิ้นจึงสามารถเกาะติดรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวได้ดี และพบว่าเมื่อใช้ผงขมิ้นเพียงอย่างเดียว และผงขมิ้นผสมยางสน 5% จะได้รอยลายนิ้วมือที่มีคุณภาพดี ซึ่งสังเกตจากจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษของรอยลายนิ้วมือแฝง จากการศึกษานี้สามารถสรุปได้ว่าผงขมิ้นสามารถหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวไม่มีรูพรุนได้ (Songnonlek, 2012)

นภาพร บุญพิทักษ์ (2555: บทคัดย่อ) ศึกษาความสัมพันธ์ของรอยฝ่าเท้าในฝาแฝด โดยการหาความสัมพันธ์ของรอยพิมพ์ฝ่าเท้าในแต่ละข้างของคู่ฝาแฝดเหมือนด้วยกัน 2 วิธีคือ วิธีการพิจารณา

ลักษณะทางกายภาพและวิธีการวัดความกว้าง ความยาวและมุม กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาคือ ฝาแฝดเหมือนอายุระหว่าง 6-72 ปี ใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลสำเร็จรูปโดยใช้ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน Independent t-test และChi-square test ซึ่งผลพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีรูปแบบความยาวนิ้วเท้าเป็นแบบ F-type มากที่สุด และพบว่ามีสรีระเท้าเป็นแบบปกติมากที่สุด ส่วนจำนวนรอยโค้งหยักบนแนวนิ้วเท้าพบมากที่สุด อยู่ที่2-3 เนิน ลักษณะทางกายภาพของรอยฝ่าเท้าของฝาแฝดเหมือน พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจึงไม่สามารถใช้แยกรอยฝ่าเท้าระหว่างฝาแฝดเหมือนได้ ส่วนการเปรียบเทียบขนาดความกว้าง ความยาว และมุมต่าง ๆ ที่ได้จากการวัดรอยพิมพ์ฝ่าเท้า พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Boonpitak, 2012)

สุภาภรณ์ โจมฤทธิ์ (2554: บทคัดย่อ) ศึกษาวิธีการลอกเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงบนผิวหนังของคนที่มีชีวิตกับการปดผงฝุ่นดำ และหาสารลอกเก็บรอยลายนิ้วมือแฝง โดยทำการประทับรอยลายนิ้วแฝงบนผิวหนังของอาสาสมัครที่มีชีวิตจากนั้นทำการปดด้วยผงฝุ่นดำ สารลอกเก็บรอยลายนิ้วมือที่ใชในการลอกเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงชนิดต่าง ๆ พบวารอยลายนิ้วมือแฝงที่ลอกเก็บด้วยเทปกาวใสให้ผลดีที่สุด และนำตัวอย่างของรอยลายนิ้วมือไปตรวจนับจำนวนจุดลักษณะสำคัญ เพื่อศึกษาความคมชัดของรอยลายนิ้วมือแฝงในชวงเวลาที่แตกต่างกัน แลวนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบวารอยลายนิ้วมือแฝงที่ลอกเก็บบนผิวหนังสามารถเพิ่มความคมชัดด้วยผงฝุ่นดำ ที่ลอกเก็บหลังจากประทับทันทีใหรอยลายนิ้วมือแฝงที่ชัดเจนกวารอยลายนิ้วมือแฝงที่เก็บหลังจากผ่านไป (Jomrit, 2011)

สมหมาย แสงแก้ว (2556: บทคัดย่อ) ทำการผลิตผงฝุ่นต้นแบบจากถ่านหินที่เก็บได้ในประเทศไทยและทำการประเมินการนำไปใช้หารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวไม่มีรูพรุน โดยการนับค่าเฉลี่ยของจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษ พบว่าผงฝุ่นที่ผลิตได้เป็นสีน้ำตาลและมีขนาดอนุภาคอยู่ระหว่าง 26 ถึง 154 μm เมื่อนำมาเปรียบเทียบขนาดของผงฝุ่นที่ผลิตได้กับผงฝุ่นที่มีขายอยู่ทั่วไป พบว่าขนาดของอนุภาคเฉลี่ยมีขนาดใกล้เคียงกับผงฝุ่นที่นำเข้ามาจากประเทศสหรัฐอเมริกา แต่ขนาดใหญ่กว่าผงฝุ่นที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น และพบว่าผงฝุ่นที่ผสมยางสนในอัตราส่วน 20% โดยน้ำหนัก ให้คุณภาพของลายนิ้วมือแฝงดีที่สุด ผลการวิจัยนี้สรุปได้ว่าผงฝุ่นที่ผลิตจากงานวิจัยนี้มีคุณภาพใกล้เคียงกับผงฝุ่นนำเข้าจากต่างประเทศที่ใช้อยู่ในปัจจุบันแต่พบว่ามีค่าใช้จ่ายในการผลิตที่ถูกกว่า (Sangkaew, 2012)

2.3.2 งานวิจัยภายนอกประเทศ

Kewal Krishan (2007: บทคัดย่อ) การศึกษานี้ดำเนินการโดยเก็บตัวอย่างจากชาว Gujjars เพศชาย 1,040 คน ที่อาศัยอยู่ในภูมิภาคย่อยของเทือกเขาหิมาลัยทางตอนเหนือของอินเดีย การศึกษาอธิบายประโยชน์ของการกำหนดลักษณะเฉพาะของรอยเท้าในการตรวจทางนิติเวช ศึกษาลักษณะต่างๆ ของนิ้วเท้า โคกในแนวนิ้วเท้า รอยถ่าง สภาพเท้าแบน หลุม รอยแตก ตาปลา ฯลฯ พบว่าสภาพเท้าแบนมีอยู่ในกลุ่มตัวอย่าง 1.54% และรอยพับ, หลุม, ความผิดปกติ ฯลฯ ถูกแสดงให้เห็นด้วยตัวอย่างที่เหมาะสมในประชากรปัจจุบัน คุณลักษณะเฉพาะเหล่านี้สามารถให้เบาะแสที่เป็นประโยชน์ในการสร้างอัตลักษณ์ส่วนบุคคลเมื่อใดก็ตามที่รอยเท้าทั้งหมดหรือบางส่วนถูกกู้คืนในที่เกิดเหตุ และสามารถช่วยในการรวมหรือยกเว้นการมีอยู่ของบุคคลในที่เกิดเหตุ (Krishan, 2007)

Kewal Krishan (2008: บทคัดย่อ) การประมาณความสูงของแต่ละบุคคลเป็นตัวแปรสำคัญในการตรวจทางนิติเวช การตรวจสอบรอยเท้าเป็นหลักฐานสำคัญในการสืบสวนที่เกิดเหตุและช่วยในการประมาณความสูงของอาชญากร การวิเคราะห์รอยเท้าเปล่ามักดำเนินการในประเทศกำลังพัฒนา เช่น อินเดีย ซึ่งมักจะพบรอยเท้าเปล่าในที่เกิดเหตุ การศึกษาในปัจจุบันพยายามที่จะสร้างความสูงขึ้นใหม่ในตัวอย่างรอยเท้าทวิภาคี 2080 รอยและโครงร่างเท้าที่รวบรวมจาก Gujjar เพศชาย 1040 ตัวอย่างจากอินเดียตอนเหนือ ที่มีอายุระหว่าง 18 ถึง 30 ปี รอยเท้าทวิภาคีและโครงร่างเท้าของแต่ละคนถูกวัดสำหรับการวัด 10และ 8 ครั้งตามลำดับ ผลลัพธ์ระบุว่าความยาว T-2 (ความยาวของรอยเท้าจากส้นเท้าถึงนิ้วเท้าที่ 2) และความยาว T-5 ในรอยเท้าและความยาว T-1, ความยาวและความกว้าง T-4 ที่ลูกบอลในโครงร่างเท้าแสดงความไม่สมดุลทวิภาคีที่มีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญและเป็นบวกระหว่างความสูงกับการวัดรอยเท้าและโครงร่างเท้าแบบต่าง ๆ ($P < 0.001$ และ 0.01) ยกเว้นมุมเอียง 1-5 ของนิ้วเท้าซึ่งแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ไม่มีนัยสำคัญ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุดแสดงโดยการวัดความยาวนิ้วเท้า (0.82–0.87) ซึ่งบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ที่ใกล้ชิดระหว่างความสูงกับการวัดเหล่านี้ การวิเคราะห์การถดถอยแสดงข้อผิดพลาดเฉลี่ยที่เล็กกว่า (2.12–3.92 ซม.) ในการประมาณความสูงมากกว่าวิธีแบบปัจจัยหาร (3.29–4.66 ซม.) ดังนั้นจึงให้ความน่าเชื่อถือของการประมาณที่ดีกว่าแบบหลัง สมการถดถอยยังได้รับการตรวจสอบความถูกต้องโดยการเปรียบเทียบความสูงจริงกับสัดส่วนโดยประมาณ (Krishan, 2008)

Kulvir Singh (2012: บทคัดย่อ) ได้นำเสนอวิธีผงแบบใหม่สำหรับการพัฒนารอยนิ้วมือแฝงบนวัสดุพิมพ์ต่าง ๆ ในการศึกษานี้ศึกษาซิลิกาเจล G แบบผง (มักใช้ในการเตรียมเพลต TLC) ที่มีราคาไม่แพง และหาได้ง่าย ได้ถูกนำมาใช้เพื่อพัฒนารอยนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวที่แตกต่างกัน 8 ชนิด ได้แก่

พลาสติก, แก้ว, กระจกธรรมดา, พื้นผิวโลหะ, แผ่นอลูมิเนียมฟอยล์, กระดาษคาร์บอน, กล่องไม้ขีดไฟ , กระดาษแข็ง, พื้นผิวไม้เคลือบเงา, พื้นผิวของซีดี และพื้นผิวกระดาษนิตยสารเคลือบสี พบว่าซิลิกาเจล G แบบผง ให้ผลลัพธ์ที่ชัดเจนมากกับพื้นผิวส่วนใหญ่ (Kulvir Singh, 2012)

Richa Mukhra (2018: บทคัดย่อ) การเปรียบเทียบความเกี่ยวข้องกันอาจถูกสร้างขึ้นโดยการสังเกตและเปรียบเทียบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของรอยเท้ากับผู้กระทำความผิด โดยภาพพิมพ์เท้าเปล่าเหล่านี้อาจปรากฏเป็นภาพพิมพ์สองมิติหรือสามมิติ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัสดุพิมพ์ที่ใช้ในการพิมพ์ และด้วยเหตุนี้จึงได้นำวิธีการและเทคนิคต่าง ๆ มาใช้เพื่อระบุภาพพิมพ์เท้าที่เป็นปัญหา หลังจากดำเนินการตามขั้นตอนแล้ว ภาพพิมพ์เหล่านี้จะถูกเปรียบเทียบกับภาพพิมพ์ที่เป็นแบบอย่าง เช่น ภาพพิมพ์ของผู้ต้องสงสัยเพื่อทำให้การระบุตัวตนให้แคบลง การวิเคราะห์รอยเท้าเปล่าถูกนำมาใช้เพื่อให้ความรู้มากมายเกี่ยวกับรูปแบบการพิมพ์ที่แตกต่างกัน ดังนั้น งานปัจจุบันจึงขยายภาพรวมของวิธีการและดัชนีต่าง ๆ ที่ใช้ในการประเมินรอยเท้าเพื่อวัตถุประสงค์ในการเปรียบเทียบและระบุตัวตน การประเมินและตีความรอยเท้าไม่เพียงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการตรวจทางนิติเวชเท่านั้น แต่ยังช่วยในการตรวจชี้แจงความผิดปกติของเท้าต่าง ๆ โดยบทความนี้ยังเน้นที่การเกิดหลักฐานรอยเท้า การฝึกอบรมและการศึกษาทางนิติเวช ความน่าเชื่อถือและความถูกต้องของวิธีการวิเคราะห์รอยเท้า (Richa Mukhra, 2018)

Scott Chadwick (2018: บทคัดย่อ) การศึกษานี้เกี่ยวข้องกับการพัฒนาและประเมินรอยนิ้วมือธรรมชาติกว่า 14,000 รอยที่สะสมอยู่บนพื้นผิวต่าง ๆ เพื่อตรวจสอบผลกระทบของพื้นผิว อายุ ความแปรปรวนของผู้บริจาค (ทั้งระหว่างและภายใน) การพร่อง และประเภทของนิ้วต่อการพัฒนารอยนิ้วมือ รอยนิ้วมือถูกวางบนวัสดุพิมพ์ 4 ชนิด (2 ชนิดไม่มีรูพรุนและ 2 ชนิดมีรูพรุน) และได้รับการพัฒนาด้วยอินดานิไดโอน-สังกะสี (IND-Zn) หรือไซยาโนอะคริเลตที่ตามด้วยการย้อมโรดามีน 6G (CA+R6G) ผู้ประเมินอิสระสามคนให้คะแนนแต่ละคะแนนในด้านคุณภาพของการพัฒนาโดยใช้มาตราส่วนสัมบูรณ์ที่เสนอโดยศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีประยุกต์แห่งสหราชอาณาจักร (CAST) ข้อมูลที่สร้างขึ้นจากการประเมินเหล่านี้จะถูกวิเคราะห์หาแนวโน้มหรือข้อมูลเชิงลึกที่เป็นประโยชน์อื่น ๆ โดยผลลัพธ์จากงานนี้ช่วยยืนยันว่าคุณลักษณะของพื้นผิวแต่ละรายการ (และการเลือกเทคนิคการพัฒนา) มีบทบาทสำคัญในการกำหนดจำนวนและคุณภาพของเครื่องหมายที่พัฒนาขึ้น พบว่ารอยนิ้วมือมีแนวโน้มที่จะตรวจพบบนพื้นผิวที่มีรูพรุนและมีคุณภาพสูงกว่าบนวัสดุที่ไม่มีรูพรุน นอกจากนี้ยังมีการสำรวจผลกระทบของความแปรปรวนของผู้บริจาคด้วยลายนิ้วมือโดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างผู้บริจาคและภายในผู้บริจาค งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าเทคนิคการตรวจหารอยนิ้วมือใน

ปัจจุบันไม่ได้ตรวจหารอยนิ้วมือที่มีอยู่ทั้งหมด ตอกย้ำความจำเป็นในการวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับพื้นฐานของการตรวจจับรอยนิ้วมือเพื่อให้เข้าใจเทคนิคที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมากขึ้น การศึกษาได้ระบุข้อควรพิจารณาสำหรับการพัฒนาเทคนิคใหม่ๆ และวิธีที่เราต้องพิจารณาความแปรปรวนเมื่อออกแบบการทดลองวิจัยด้วยรอยนิ้วมือ (ScottChadwick, 2018)

Young-Jae Kim (2016: บทคัดย่อ) ได้นำอนุภาคนาโนซิลิกาเรืองแสง (FSNPs) มาสังเคราะห์โดยวิธีสโตเบอร์ โดยทำการผสมผสานโมเลกุลของสีย้อมอินทรีย์ที่ดัดแปลงด้วยไซเลน โมเลกุลของสีย้อมอินทรีย์เรืองแสงที่ดัดแปลงสามารถเตรียมได้โดยปฏิกิริยาอัลไลเลชันและปฏิกิริยาไฮโดรซิลิเลชัน คุณสมบัติทางแสงของ FSNPs ที่เตรียมไว้แสดงคุณสมบัติทางแสงที่คล้ายคลึงกันของ PR254A (allylated Pigment Red 254) และมีความคงตัวของแสงที่โดดเด่น พอลิไวนิลไพร์โรลิโดน (PVP) ถูกนำมาใช้บนพื้นผิวของ FSNP เพื่อเพิ่มความสัมพันธ์ในการจับของ FSNP ที่เคลือบด้วย PVP สำหรับการตรวจจับลายนิ้วมือแฝง (LFPs) การเตรียมตัวอย่างและการควบคุมคุณสมบัติพื้นผิวของ FSNP ที่ง่ายดาย แสดงให้เห็นว่าวัสดุติดสารเรืองแสงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจจับลายนิ้วมือแฝง บนพื้นผิวที่ชอบน้ำและไม่ชอบน้ำในนิติวิทยาศาสตร์เพื่อการระบุตัวบุคคล (Young-Jae Kim, 2016)

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ผู้ทำการวิจัยได้ทำการศึกษาวิจัยเชิงการทดลอง เพื่อศึกษาการปรากฏขึ้นของรอยเท้าแฝงบนพื้นกระเบื้องในแบบต่าง ๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปรากฏขึ้นของรอยเท้าแฝงบนพื้นกระเบื้องที่มีลักษณะของพื้นผิวแตกต่างกันจากผงซิลิกาเจล เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของรอยเท้าแฝงที่ตรวจเก็บด้วยวิธีจากผงซิลิกาเจลบนพื้นกระเบื้องที่มีลักษณะของพื้นผิวแตกต่างกัน และเพื่อทำการเปรียบเทียบคุณภาพของรอยเท้าแฝงที่ตรวจเก็บด้วยวิธีจากผงซิลิกาเจลกับผงฝุ่นดำ

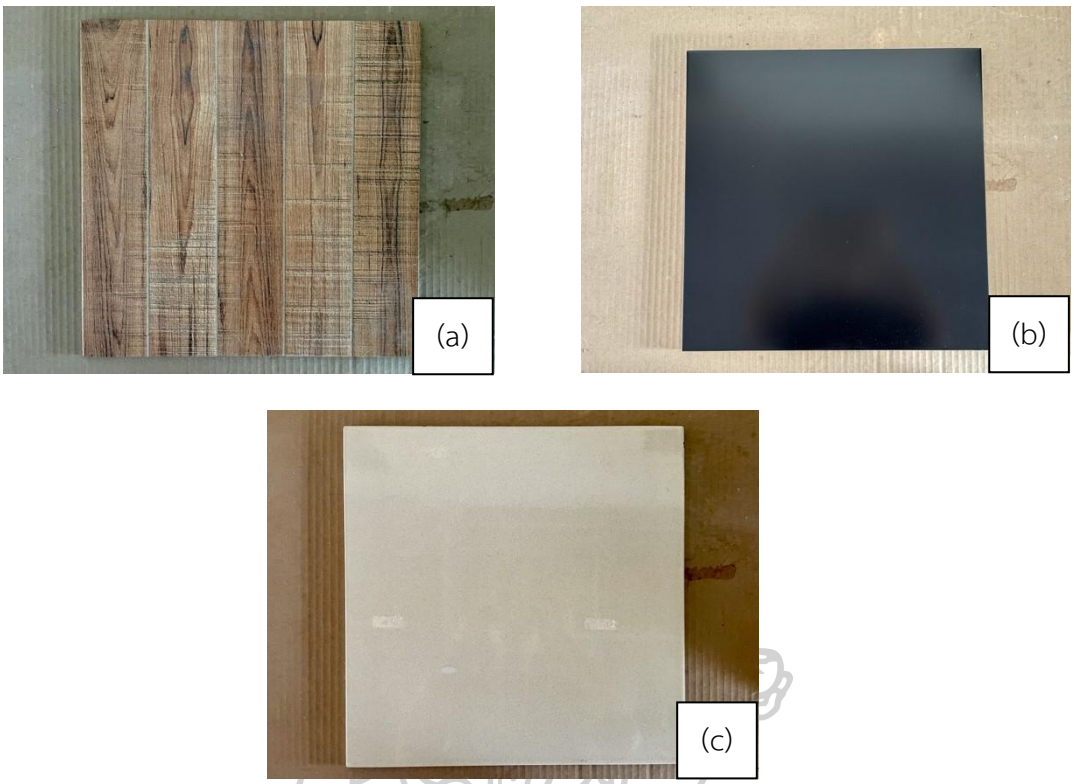
โดยมีขั้นตอนและรายละเอียดที่เกี่ยวกับวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. พื้นผิววัตถุที่ใช้ในการวิจัย
2. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย
3. ขั้นตอนและวิธีการทดลอง
4. วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 พื้นผิววัตถุที่นำใช้ในการวิจัย

ตารางที่ 3. 1 พื้นผิววัตถุและแหล่งที่มาของวัตถุ

พื้นผิววัตถุ	แหล่งที่มา
กระเบื้องแกรนิตพื้นเรียบ สีดำ	โฮมโปร สาขาราชบุรี
กระเบื้องแกรนิตพื้นเรียบ สีขาว กระเบื้องแกรนิตพื้นหยาบ	ร้านทรัพย์เจริญ จำหน่ายกระเบื้องพื้น-ผนัง ราชบุรี

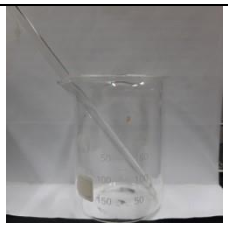


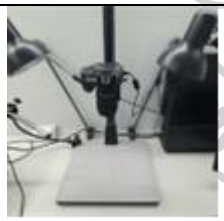
ภาพที่ 3. 1 (a) กระเบื้องแกรนิตพื้นหยาบ (b) กระเบื้องแกรนิตพื้นเรียบสีดำ (c) กระเบื้องแกรนิตพื้นเรียบสีขาว

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

ตารางที่ 3. 2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยและแหล่งที่มา

รูปภาพประกอบ	เครื่องมือและอุปกรณ์	แหล่งที่มา
	ผง silica gel 60 PF_{254} containing gypsum	ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
	ยางสน	ศิริชัย ศึกษาภัณฑ์ นครปฐม

รูปภาพประกอบ	เครื่องมือและอุปกรณ์	แหล่งที่มา
	สีผสมอาหาร แบบผง	ตลาดดำเนินสะดวก ราชบุรี
	ทินเนอร์	ร้านบัวแสงจันทร์ นครปฐม
	บีกเกอร์	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
	แท่งแก้วคนสาร	
	เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง	
	เครื่อง hot air oven	
	เครื่อง Scanning Electron Microscopy (SEM)	

รูปภาพประกอบ	เครื่องมือและอุปกรณ์	แหล่งที่มา
	โกร่งบดยา	ห้างขายยาเฮงชุนตึ๊ง ตลาดนครปฐม
	แปรงขนกระรอก สำหรับปัดฝุ่น	บริษัท ดิ แอสคอน จำกัด
	โต๊ะปัดผงฝุ่น	พิสูจน์หลักฐานจังหวัดสมุทรสงคราม
	เครื่อง polilight pl500	
	กล้องถ่ายภาพดิจิตอล	
	ผงฝุ่นดำ	

มหาวิทยาลัยศิลปากร

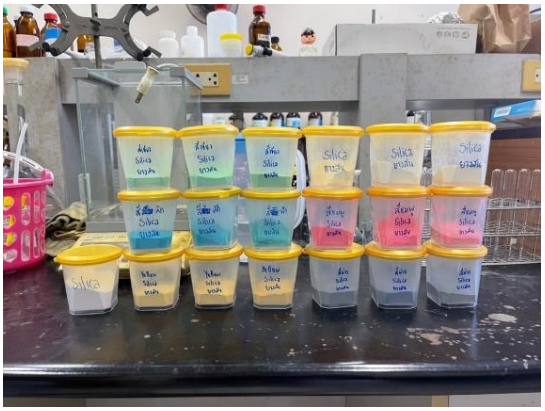
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

1. การเตรียมตัวอย่างการทดลอง

นำซิลิกาเจล ยางสน และสีผสมอาหารไปชั่งน้ำหนักดังตารางที่ 3.3 แล้วใส่บีกเกอร์ จากนั้นนำทินเนอร์เทลงในบีกเกอร์ เพื่อให้ยางสนละลายเข้ากับซิลิกาเจลและสีผสมอาหาร จากนั้นตั้งทิ้งไว้จนทินเนอร์ระเหยจนหมดและนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมงด้วยเครื่อง hot air oven เพื่อทำการไล่ความชื้น จากนั้นนำไปบดด้วยโกร่งบดยาเพื่อลดขนาดตัวอย่างให้มีความละเอียดมากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 3. 3 การเตรียมสาร

สูตร	การเตรียมสาร
ผงซิลิกาเจล	ชั่งผงซิลิกาเจล 10 กรัม
ผงซิลิกาเจลผสมยางสน 5%	ชั่งผงซิลิกาเจล 10 กรัม ผสมกับยางสน 0.5 กรัม
ผงซิลิกาเจลผสมยางสน 15%	ชั่งผงซิลิกาเจล 10 กรัม ผสมกับยางสน 1.5 กรัม
ผงซิลิกาเจลผสมยางสน 25%	ชั่งผงซิลิกาเจล 10 กรัม ผสมกับยางสน 2.5 กรัม
ผงซิลิกาเจลผสมยางสน 5% และสีผสมอาหาร	ชั่งผงซิลิกาเจล 10 กรัม ผสมกับยางสน 0.5 กรัม และสีผสมอาหาร 2 กรัม
ผงซิลิกาเจลผสมยางสน 15% และสีผสมอาหาร	ชั่งผงซิลิกาเจล 10 กรัม ผสมกับยางสน 1.5 กรัม และสีผสมอาหาร 2 กรัม
ผงซิลิกาเจลผสมยางสน 25% และสีผสมอาหาร	ชั่งผงซิลิกาเจล 10 กรัม ผสมกับยางสน 2.5 กรัม และสีผสมอาหาร 2 กรัม



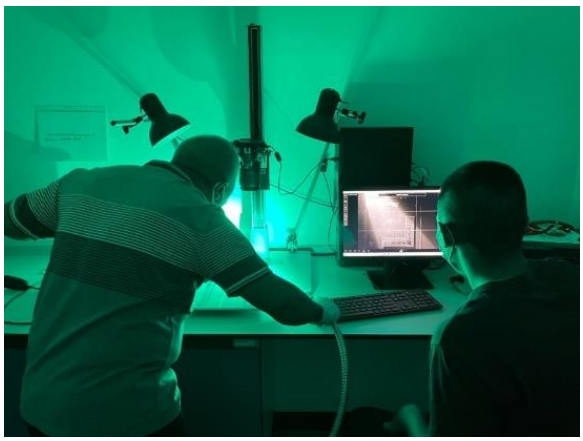
ภาพที่ 3. 2 ผงตัวอย่างการทดลอง

2. วิธีการทดลอง

1) ทำความสะอาดพื้นกระเบื้องในภาพที่ 3.1 ด้วยน้ำสะอาดและกระดาษทิชชู่เปียก และเช็ดให้แห้งก่อนทำการประทับ
2) ใส่ถุงพลาสติกคลุมเท้าและใส่ถุงเท้าก่อนทำการประทับรอยเท้าประมาณ 15 – 20 นาที เพื่อทำให้เท้ามีปริมาณเหงื่อเพียงพอสำหรับการประทับรอยเท้า
3) ทำการประทับรอยเท้าเปล่า จากฝ่าเท้าข้างซ้ายบริเวณนิ้วเท้าจนถึงกลางฝ่าเท้า ประทับฝ่าเท้าลงบนพื้นกระเบื้อง โดยเหยียบค้างไว้ประมาณ 15 – 20 วินาที และทิ้งไว้ประมาณ 10 – 15 นาที ก่อนทำการปัดผงฝุ่นตัวอย่าง
4) จากนั้นนำผงตัวอย่างที่ได้ดังภาพที่ 3.2 และผงฝุ่นดำ ไปทำการปัดบนพื้นกระเบื้องตัวอย่างตามรูป 3.1 โดยได้รับการช่วยเหลือในการปัดผงฝุ่นจากผู้เชี่ยวชาญ พ.ต.อ. เชิดพงศ์ ชูกลิ่น นวท.(สบ ๔) พฐ.จว.ราชบุรี เพื่อทำการศึกษาและเปรียบเทียบการปรากฏขึ้นของรอยเท้าแฝงบนพื้นกระเบื้องที่มีลักษณะของพื้นผิวแตกต่างกันจากผงซิลิกาเจล

ภาพที่ 3. 3 ทำการปัดผงตัวอย่างลงบนพื้นกระเบื้องตัวอย่างโดย พ.ต.อ.เชิดพงศ์ ชูกลิ่น

5) ทำการถ่ายภาพรอยประทับที่ได้โดยกล้องดิจิตอล โดยได้รับการช่วยเหลือการถ่ายภาพจาก ส.ต.ต. พงศ์ภัค กรีจังหรีด โดยการถ่ายภาพจะใช้แสงจากเครื่อง polilight pl500 ฉายที่คลื่นความถี่ของแสงต่าง ๆ เพื่อทำให้การมองเห็นรอยประทับชัดขึ้น



ภาพที่ 3. 4 ทำการถ่ายภาพรอยประทับที่ได้โดยกล้องดิจิตอลและใช้แสงจากเครื่อง polilight pl500 โดย ส.ต.ต. พงศ์ภัค กรีจังหรีด

6) จากนั้นทำการส่งรูปรอยประทับที่ได้ไปตรวจวิเคราะห์จุด minutiae โดยผู้เชี่ยวชาญ ที่ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 7 จังหวัดนครปฐม

ภาพที่ 3. 5 รูปรอยประทับที่ทำการปรับแต่งก่อนนำไปตรวจวิเคราะห์จุด minutiae

3.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FE-SEM/EDS

เครื่อง Field emission Scanning Electron Microscope and Energy Dispersive X-ray Spectroscropy ยี่ห้อ Tescan รุ่น Mira 3 ของมหาวิทยาลัยศิลปากร โดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ชนิดฟิลด์อิมิชชั่น (FESEM) เป็นกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่สามารถ

ถ่ายภาพกำลังขยายสูงได้ถึง 1,000,000 เท่า และสามารถวิเคราะห์ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของตัวอย่างด้วยเทคนิคการกระจายพลังงานรังสีเอ็กซ์ได้ (EDS) โดยสามารถวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบในเชิงคุณภาพและเชิงกึ่งปริมาณ (Semi-Quantitative) วิเคราะห์ลักษณะของอนุภาคในตัวอย่างทั้ง 3 ชุด ได้แก่ ผงซิลิกาเจลผสมยางสน 5% และสีผสมอาหาร ผงซิลิกาเจลผสมยางสน 15% และสีผสมอาหารและผงซิลิกาเจลผสมยางสน 25% และสีผสมอาหาร

ภาพที่ 3. 6 เครื่อง FE-SEM/EDS

2. การวิเคราะห์และตรวจหาจุด minutiae

เกณฑ์การนับจุด minutiae หรือจุดสำคัญพิเศษในการระบุตัวบุคคลต้องมีมากกว่า 10 จุด จึงจะผ่าน เกณฑ์การตรวจพิสูจน์ โดยผู้วิจัยได้กำหนดคะแนนโดยอ้างอิงจากหลักการตรวจโดยผู้เชี่ยวชาญการตรวจลายนิ้วมือที่ยืนยันตัวบุคคลโดยการนับจุด minutiae อย่างน้อย 10 จุด

คุณภาพของรอยเท้าประเมินจากระดับคะแนนของคุณภาพของรอยลายนิ้วมือและฝ่ามือแฝงเกณฑ์ เนื่องจากใช้เกณฑ์เดียวกันในการตรวจพิสูจน์ โดยทำการตรวจให้คะแนนโดยผู้เชี่ยวชาญและนับจุดลักษณะพิเศษหรือจุด minutiae โดยการใช้เครื่อง AFIS ซึ่งการนับจุดลักษณะสำคัญพิเศษหรือจุด minutiae จะกำหนดคะแนนโดยให้

0 คะแนน = ไม่มีลายเส้นปรากฏให้เห็น

1 คะแนน = รอยเท้ามีคุณภาพต่ำ สามารถมองเห็นลายเส้นน้อยมาก (จุด minutiae ≤ 5 จุด)

2 คะแนน = รอยเท้ามีคุณภาพพอใช้ สามารถมองเห็นรายละเอียดของลายเส้นได้บางส่วน แต่ยังไม่สามารถชี้เฉพาะบุคคลได้ (จุด minutiae < 10 จุด)

3 คะแนน = รอยเท้ามีคุณภาพที่เหมาะสม สามารถมองเห็นรายละเอียดของลายเส้นได้ชัดเจนและสามารถชี้เฉพาะบุคคลได้ (จุด minutiae ≥10 จุด)

4 คะแนน = รอยเท้ามีคุณภาพดีมาก สามารถมองเห็นรายละเอียดของลายเส้นได้ชัดเจนและสามารถชี้เฉพาะบุคคลได้ (จุด minutiae ≥ 15 จุด)

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปรากฏขึ้นของรอยเท้าแฝงบนพื้นกระเบื้องที่มีลักษณะของพื้นผิวแตกต่างกันจากผงซิลิกาเจล เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของรอยเท้าแฝงที่ตรวจเก็บด้วยวิธีจากผงซิลิกาเจลบนพื้นกระเบื้องที่มีลักษณะของพื้นผิวแตกต่างกัน และเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของรอยเท้าแฝงที่ตรวจเก็บด้วยวิธีจากผงซิลิกาเจลกับผงฝุ่นดำ โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัยโดยการนำผงซิลิกาเจลที่ทำการพัฒนาและผงฝุ่นดำมาปัดบนพื้นกระเบื้องที่แตกต่างกันเพื่อทำการเปรียบเทียบคุณภาพของรอยเท้าที่ปรากฏ

4.1 ผลจากการวิเคราะห์คุณภาพของรอยเท้าจากผู้เชี่ยวชาญ

โดยผลจากการวิเคราะห์คุณภาพของรอยเท้าดังตารางที่ 4.1 ประเมินจากระดับคะแนนของคุณภาพของรอยลายนิ้วมือและฝ่ามือแฝงเกณฑ์ เนื่องจากใช้เกณฑ์เดียวกันในการตรวจพิสูจน์ โดยทำการตรวจให้คะแนนโดยผู้เชี่ยวชาญและนับจุดลักษณะพิเศษหรือจุด minutiae โดยการใช้เครื่อง AFIS ซึ่งกำหนดคะแนนโดยให้

0 คะแนน = ไม่มีลายเส้นปรากฏให้เห็น

1 คะแนน = รอยเท้ามีคุณภาพต่ำ สามารถมองเห็นลายเส้นน้อยมาก (จุด minutiae ≤ 5 จุด)

2 คะแนน = รอยเท้ามีคุณภาพอใช้ สามารถมองเห็นรายละเอียดของลายเส้นได้บางส่วน แต่ยังไม่สามารถชี้เฉพาะบุคคลได้ (จุด minutiae < 10 จุด)

3 คะแนน = รอยเท้ามีคุณภาพที่เหมาะสม สามารถมองเห็นรายละเอียดของลายเส้นได้ชัดเจนและสามารถชี้เฉพาะบุคคลได้ (จุด minutiae ≥10 จุด)

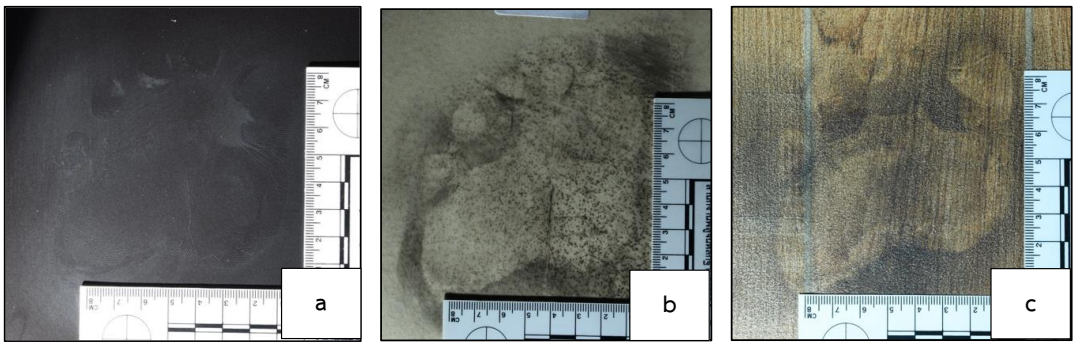
4 คะแนน = รอยเท้ามีคุณภาพดีมาก สามารถมองเห็นรายละเอียดของลายเส้นได้ชัดเจนและสามารถชี้เฉพาะบุคคลได้ (จุด minutiae ≥ 15 จุด)

ตารางที่ 4. 1 ผลคะแนนจากการวิเคราะห์คุณภาพของรอยเท้า

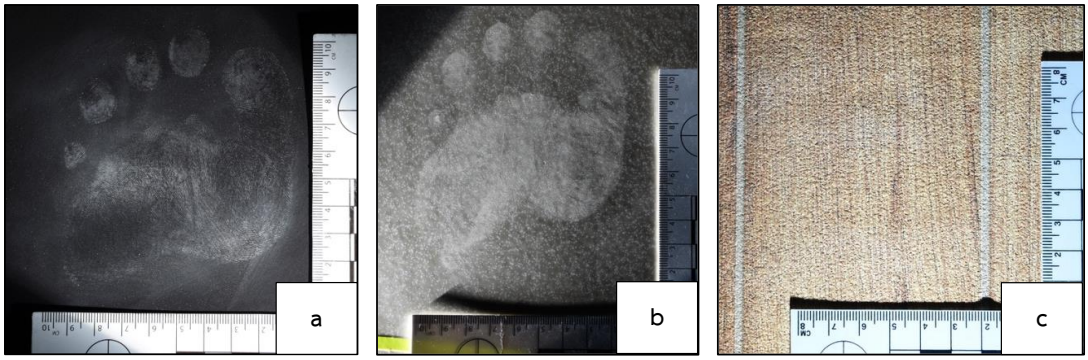
ผงฝุ่น	กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ	กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว	กระเบื้องพื้นหยาบ
1. ผงฝุ่นดำ	4	4	4
2. ผงซิลิกา	4	4	0
3. ผงซิลิกาผสมยางสน 5%	4	4	0
4. ผงซิลิกาผสมยางสน 15%	4	4	0
5. ผงซิลิกาผสมยางสน 25%	4	4	0
6. ผงซิลิกาผสมยางสน 5% ผสมสีผสมอาหารสีเหลือง	4	4	0
7. ผงซิลิกาผสมยางสน 15% ผสมสีผสมอาหารสีเหลือง	4	4	0
8. ผงซิลิกาผสมยางสน 25% ผสมสีผสมอาหารสีเหลือง	4	4	0
9. ผงซิลิกาผสมยางสน 5% ผสมสีผสมอาหารสีเขียว	4	1	0
10. ผงซิลิกาผสมยางสน 15% ผสมสีผสมอาหารสีเขียว	4	1	0
11. ผงซิลิกาผสมยางสน 25% ผสมสีผสมอาหารสีเขียว	4	4	0
12. ผงซิลิกาผสมยางสน 5% ผสมสีผสมอาหารสีฟ้า	4	4	0
13. ผงซิลิกาผสมยางสน 15% ผสมสีผสมอาหารสีฟ้า	4	4	0
14. ผงซิลิกาผสมยางสน 25% ผสมสีผสมอาหารสีฟ้า	4	4	0

ผงฝุ่น	กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ	กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว	กระเบื้องพื้นหยาบ
15. ผงซิลิกาผสมยางสน 5% ผสมสีผสมอาหารสีชมพู	4	4	0
16. ผงซิลิกาผสมยางสน 15% ผสมสีผสมอาหารสีชมพู	4	4	0
17. ผงซิลิกาผสมยางสน 25% ผสมสีผสมอาหารสีชมพู	4	4	0
18. ผงซิลิกาผสมยางสน 5% ผสมสีผสมอาหารสีม่วง	4	4	0
19. ผงซิลิกาผสมยางสน 15% ผสมสีผสมอาหารสีม่วง	4	4	0
20. ผงซิลิกาผสมยางสน 25% ผสมสีผสมอาหารสีม่วง	4	4	0

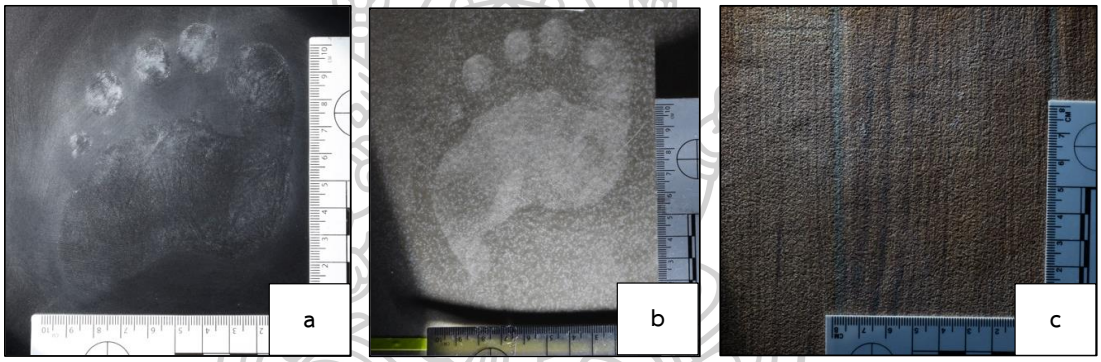
จากตารางที่ 4.1 สามารถสรุปได้ว่าผงซิลิกา ผงซิลิกาผสมยางสน และผงซิลิผสมยางสนและสีผสมอาหารส่วนใหญ่ สามารถตรวจให้ผลลัพธ์คุณภาพของลายเส้นดีมากบนกระเบื้องพื้นเรียบสีดำและสีขาว แต่ให้ผลลัพธ์คุณภาพต่ำบนกระเบื้องพื้นเรียบสีขาวที่ใช้ตัวอย่างผงซิลิกาผสมยางสน 5% และ 15 % ผสมสีผสมอาหารสีเขียว และผงซิลิกา ผงซิลิกาผสมยางสน และผงซิลิผสมยางสนและสีผสมอาหารยังไม่สามารถตรวจพบลายเส้นได้บนพื้นกระเบื้องหยาบ ยกเว้นผงฝุ่นดำที่สามารถตรวจให้คุณภาพของผลลัพธ์ลายเส้นดีมากในตัวอย่างกระเบื้องทั้ง 3 แบบ



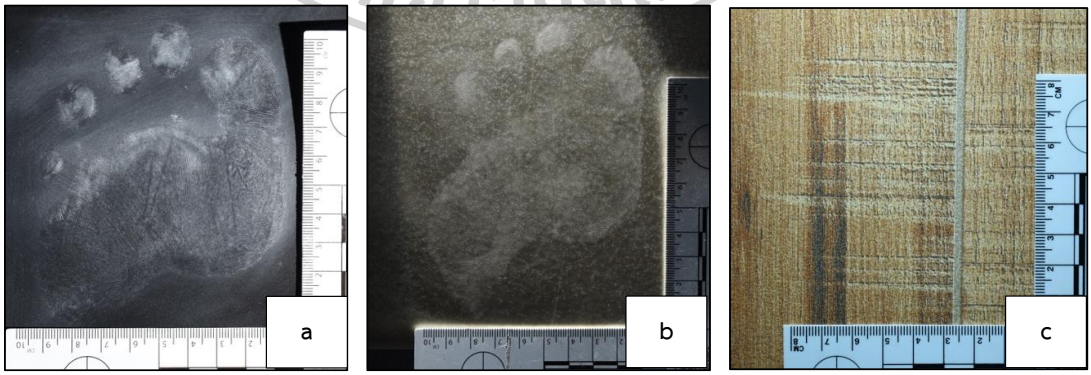
ภาพที่ 4. 1 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นดำบนกระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ)



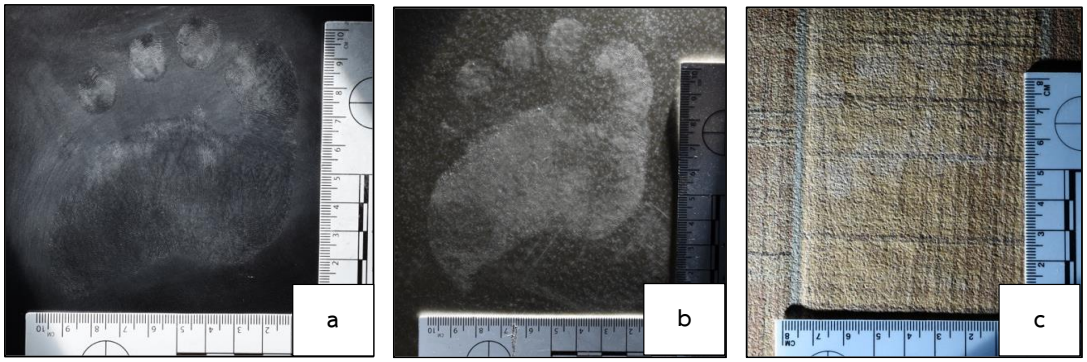
ภาพที่ 4. 2 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นซิลิกาบนกระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ)



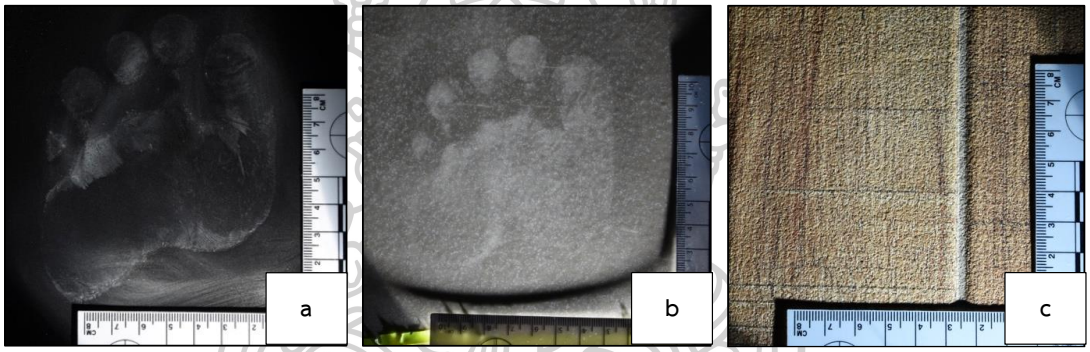
ภาพที่ 4. 3 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นซิลิกาผสมยางสน 5% บนกระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ)



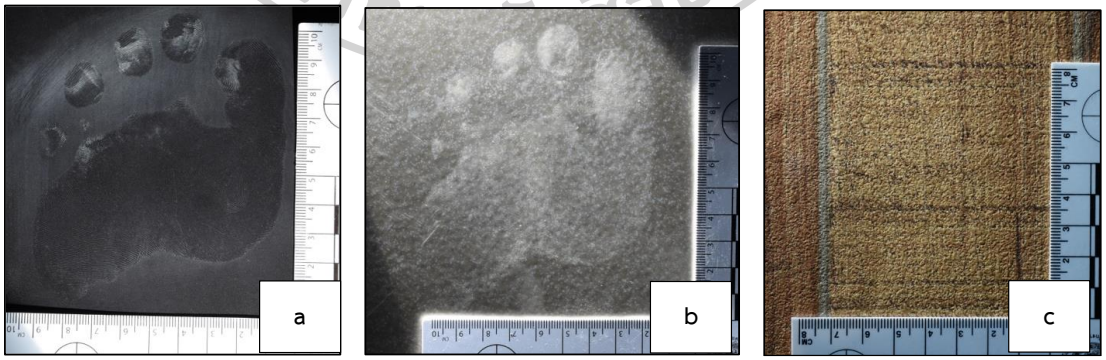
ภาพที่ 4. 4 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นซิลิกาผสมยางสน 15% บนกระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ)



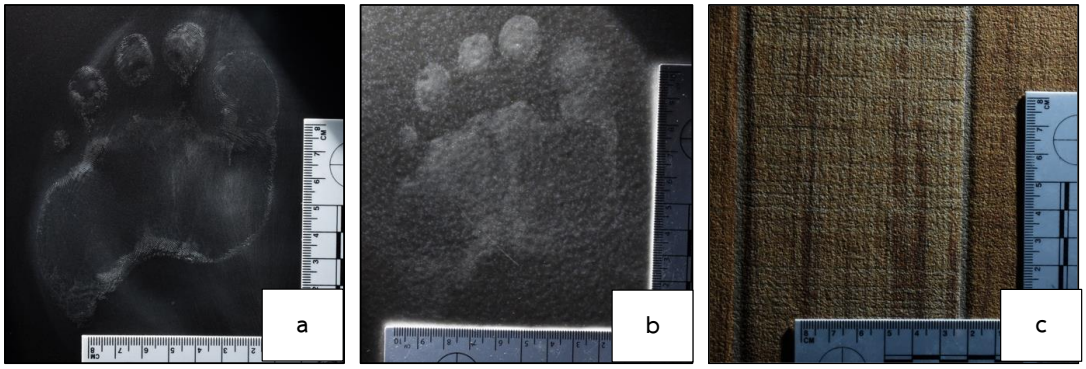
ภาพที่ 4. 5 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นซิลิกาผสมยางสน 25% บนกระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ)



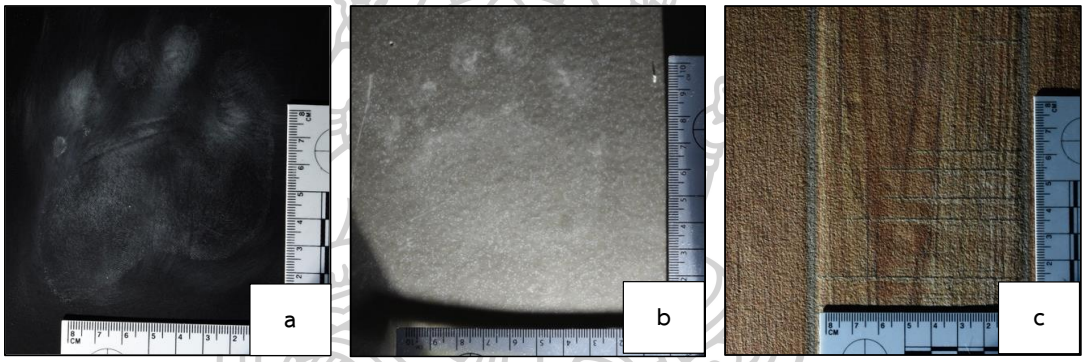
ภาพที่ 4. 6 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นซิลิกาผสมยางสน 5% และสีผสมอาหารสีเหลือง บนกระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ)



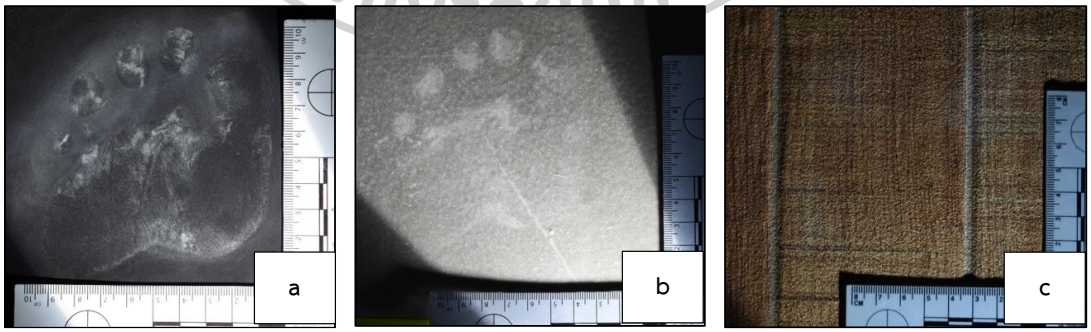
ภาพที่ 4. 7 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นซิลิกาผสมยางสน 15% และสีผสมอาหารสีเหลือง บนกระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ)



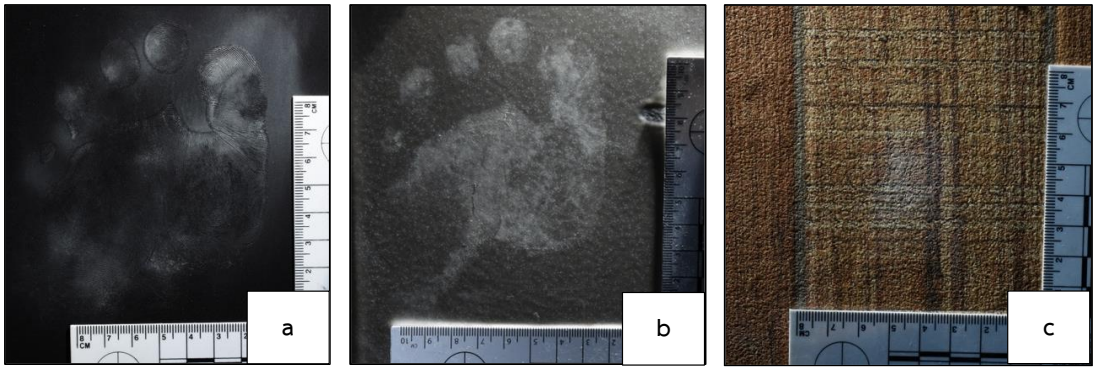
ภาพที่ 4. 8 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นซิลิกาผสมยางสน 25% และสีผสมอาหารสีเหลือง บน กระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ)



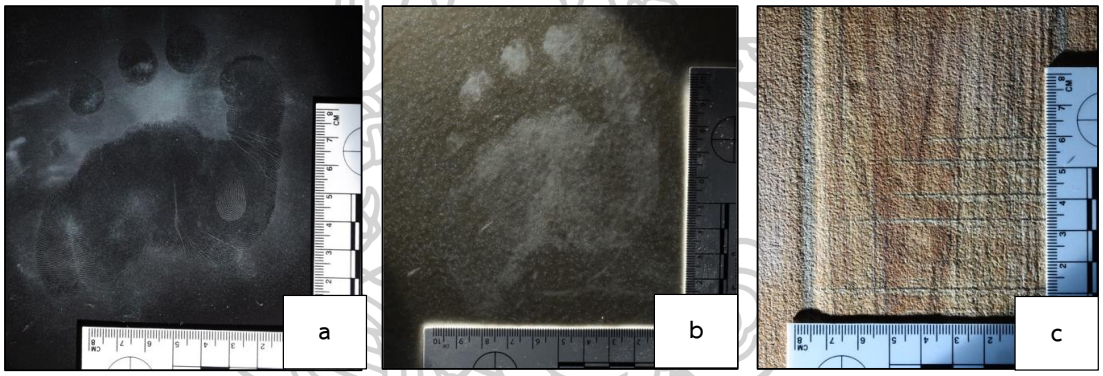
ภาพที่ 4. 9 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นซิลิกาผสมยางสน 5% และสีผสมอาหารสีเขียว บน กระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ)



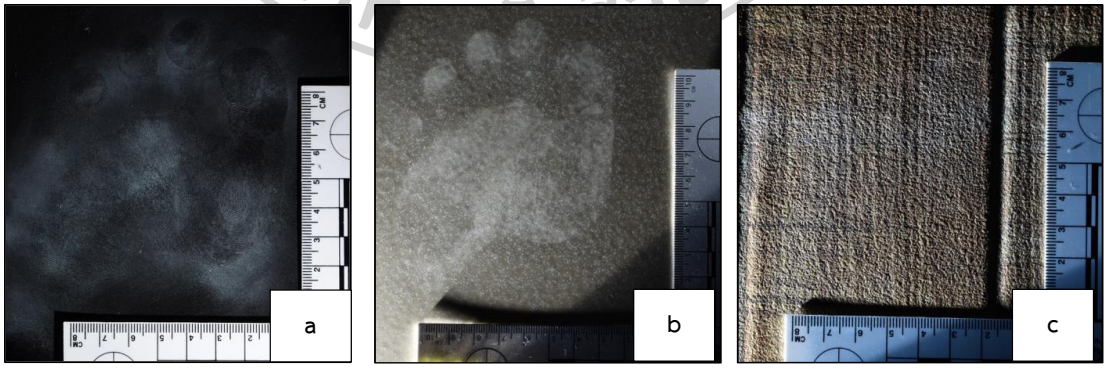
ภาพที่ 4. 10 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นซิลิกาผสมยางสน 15% และสีผสมอาหารสีเขียว บน กระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ)



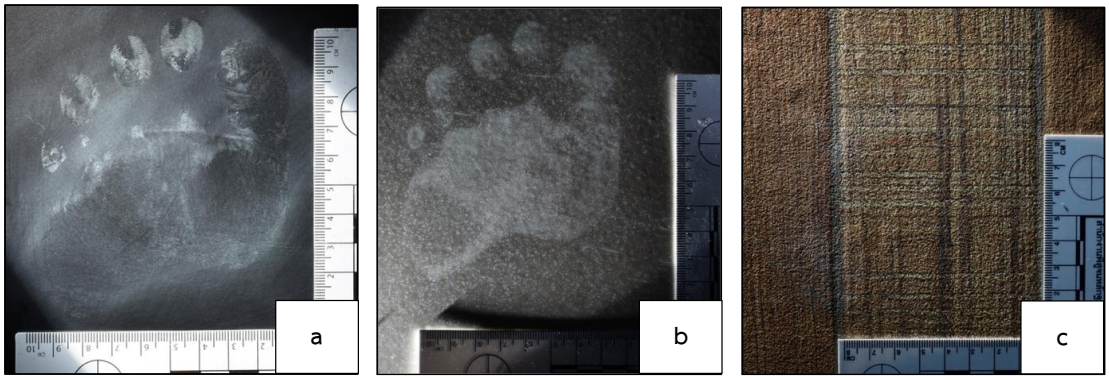
ภาพที่ 4. 11 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นซิลิกาผสมยางสน 25% และสีผสมอาหารสีเขียว บนกระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ)



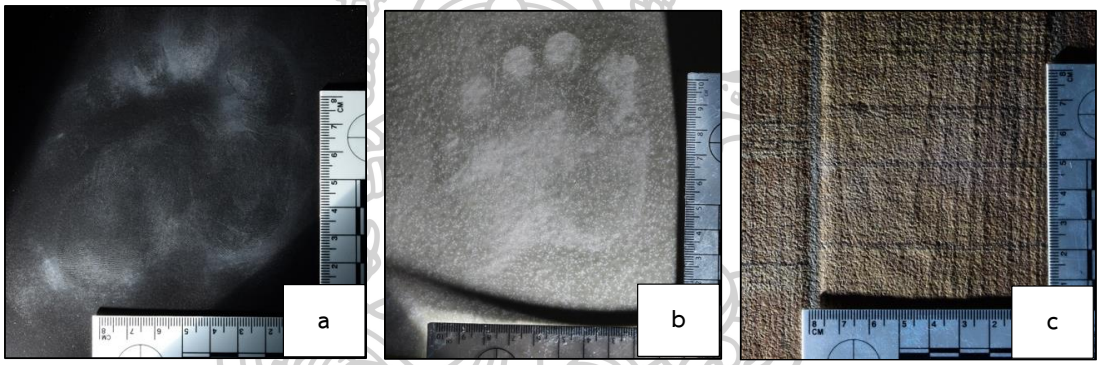
ภาพที่ 4. 12 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นซิลิกาผสมยางสน 5% และสีผสมอาหารสีฟ้า บนกระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ)



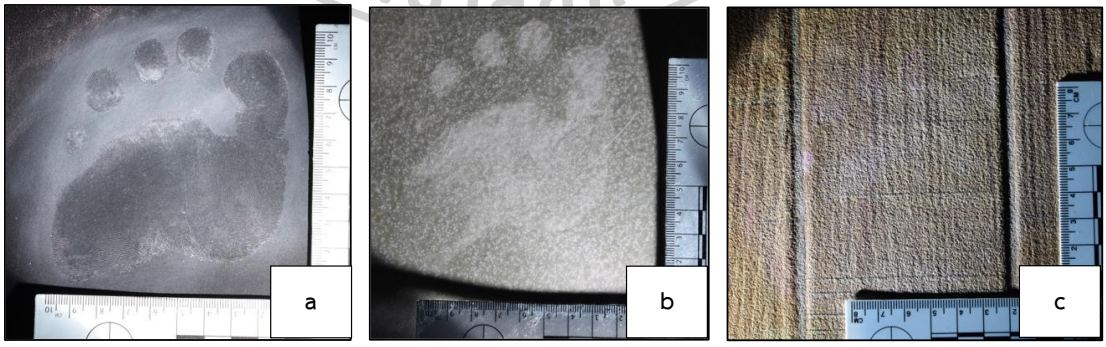
ภาพที่ 4. 13 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นซิลิกาผสมยางสน 15% และสีผสมอาหารสีฟ้า บนกระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ)



ภาพที่ 4. 14 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นซิลิกาผสมยางสน 25% และสีผสมอาหารสีฟ้า บน กระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ)

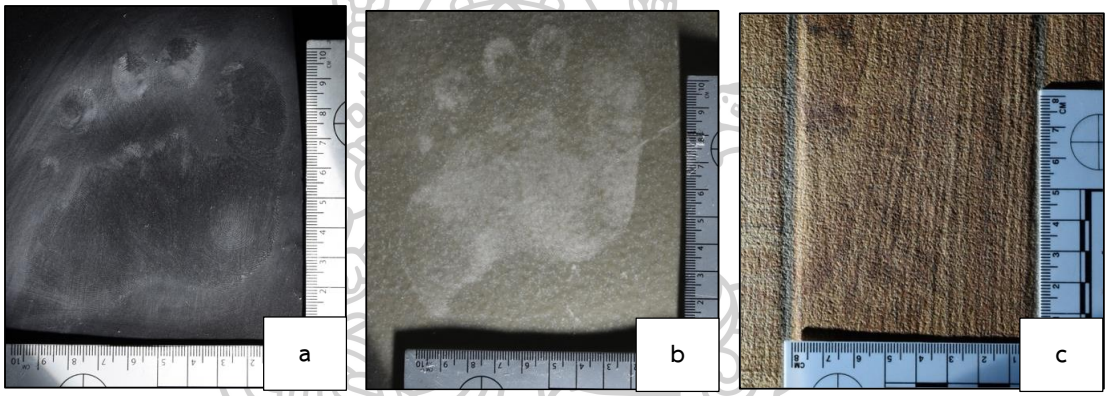


ภาพที่ 4. 15 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นซิลิกาผสมยางสน 5% และสีผสมอาหารสีชมพู บน กระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ)

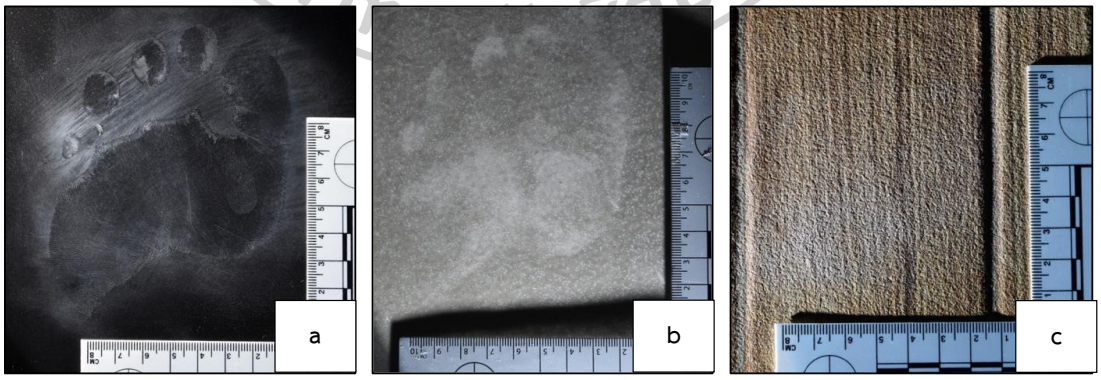


ภาพที่ 4. 16 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นซิลิกาผสมยางสน 15% และสีผสมอาหารสีชมพู บน กระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ)

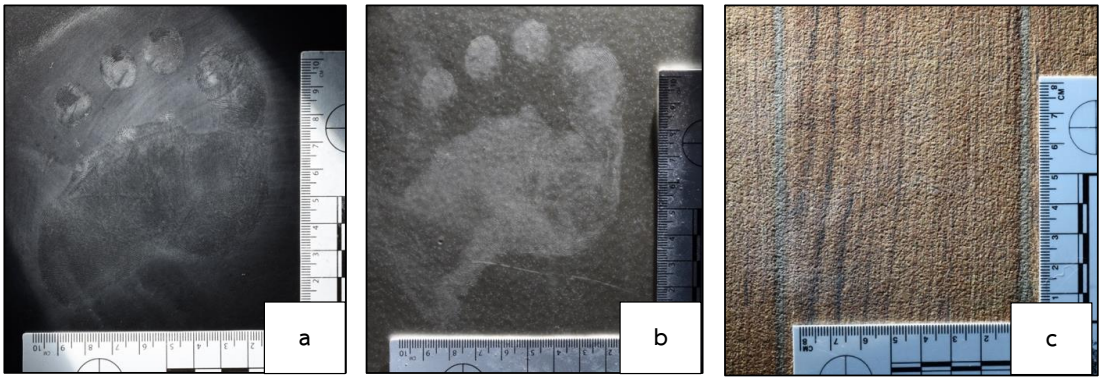
ภาพที่ 4. 17 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นซิลิกาผสมยางสน 25% และสีผสมอาหารสีชมพู บน กระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ)



ภาพที่ 4. 18 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นซิลิกาผสมยางสน 5% และสีผสมอาหารสีม่วง บน กระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ)



ภาพที่ 4. 19 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นซิลิกาผสมยางสน 15% และสีผสมอาหารสีม่วง บน กระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ)



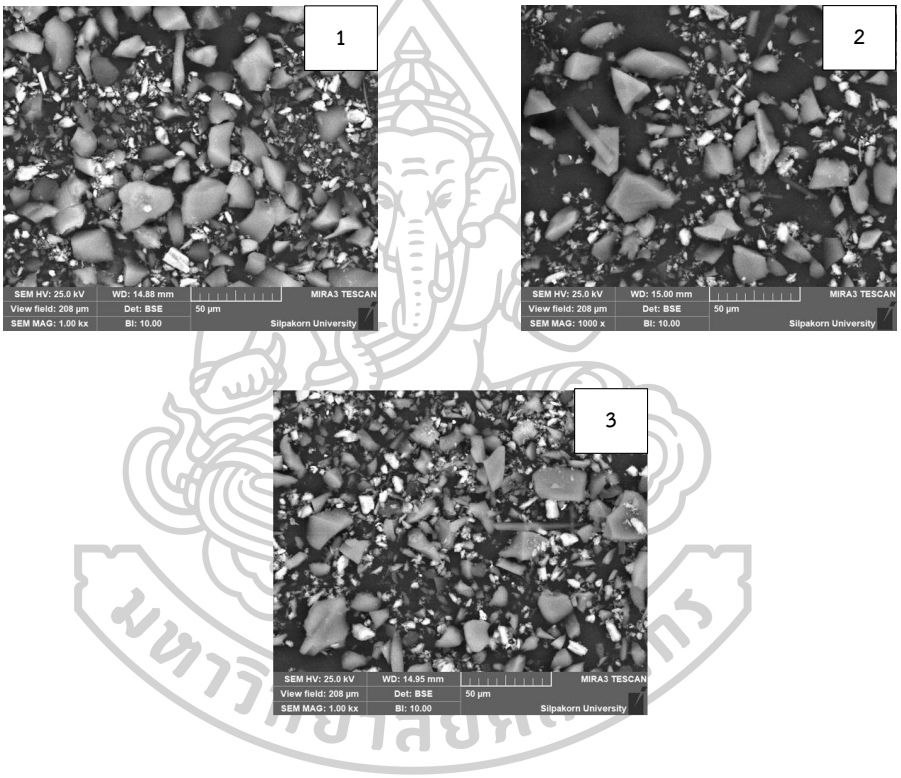
ภาพที่ 4. 20 รอยเท้าแฝงที่ปัดด้วยวิธีผงฝุ่นซิลิกาผสมยางสน 25% และสีผสมอาหารสีม่วง บนกระเบื้องทั้ง 3 แบบ (a-กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ, b-กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว, c-กระเบื้องพื้นหยาบ)

จากภาพที่ 4.1 ถึงภาพที่ 4.20 และจากตารางที่ 4.1 ที่แสดงผลคะแนนจากการวิเคราะห์คุณภาพของรอยเท้า จะเห็นได้ว่าบนกระเบื้องพื้นเรียบสีดำที่ทำการปัดด้วยผงฝุ่นดำในภาพที่ 4.1 - a สามารถมองเห็นรอยเท้าด้วยตาเปล่าค่อนข้างยาก เนื่องจากผงฝุ่นและพื้นผิวมีความ contrast กันน้อยมาก ในขณะที่ผงฝุ่นซิลิกาและผงฝุ่นซิลิกาที่พัฒนาขึ้นมีสีขาวพื้นผิวมีความ contrast กันมาก ดังภาพที่ 4.2 - a ถึงภาพที่ 4.20 – a ซึ่งสามารถมองเห็นลายเส้นได้ค่อนข้างง่ายกว่าผงฝุ่นดำ อีกทั้งยังให้ผลลัพธ์ที่มีคุณภาพเทียบเท่าผงฝุ่นดำ รวมไปถึงกระเบื้องพื้นเรียบสีขาวถึงแม้ว่าจะสามารถมองเห็นลายเส้นด้วยตาเปล่าได้ไม่ชัดเจนเท่าผงฝุ่นดำ แต่ยังสามารถมองเห็นลายเส้นได้ด้วยตาเปล่าและยังให้ผลลัพธ์คุณภาพดีมากเทียบเท่าผงฝุ่นดำ และจากผลการทดลองยังเห็นได้ว่าในภาพที่ 4.9 – b และภาพที่ 4.10 – b สามารถมองเห็นลายเส้นด้วยตาเปล่าได้น้อยมาก ให้ผลลัพธ์คุณภาพของลายเส้นต่ำ แต่เมื่อทำการเพิ่มปริมาณยางสนเป็น 25% ในภาพที่ 4.11 – b สามารถมองเห็นลายเส้นด้วยตาเปล่าได้มากขึ้นและยังให้ผลลัพธ์คุณภาพดีมากเทียบเท่าผงฝุ่นดำ ส่วนการใช้ผงฝุ่นซิลิกาและผงฝุ่นซิลิกาที่พัฒนาขึ้นปัดบนกระเบื้องพื้นหยาบในภาพที่ 4.2 – c ถึงภาพที่ 4.20 – c ยังไม่สามารถมองเห็นลายเส้นด้วยตาเปล่าได้ และเมื่อทำการตรวจด้วยเครื่อง AFIS ก็ยังไม่สามารถตรวจพบจุด minutia ได้ และเมื่อทำการทดลองเพิ่มเติมโดยประทับรอยลายนิ้วมือบนประเบื้องตัวอย่างพื้นหยาบ และปัดด้วยผงซิลิกาผสมยางสน 25% พบว่ายังไม่สามารถมองเห็นลายเส้นด้วยตาเปล่าได้ ยกเว้นผงฝุ่นดำในภาพที่ 4.1 – c ที่พบว่าสามารถมองเห็นลายเส้นด้วยตาเปล่าได้ไม่ชัดเจน แต่เมื่อทำการตรวจด้วยเครื่อง AFIS สามารถพบจุด minutia ได้มากกว่า 15 จุด

จากการทดลองได้เลือกใช้แสงขาวจากเครื่องโพลิไลท์ เนื่องจากทำให้มองเห็นความชัดเจนของลายเส้นมากที่สุด การมองเห็นของสียังคงมองเห็นเป็นสีของผงฝุ่นสีขาวของซิลิกาอยู่เป็นส่วนใหญ่ สามารถมองเห็นสีผสมอาหารที่ผสมได้อยู่บ้างแต่ยังไม่ชัดเจน ทำให้ยังสามารถมองเห็นสีและลายเส้น

ได้บนกระเบื้องพื้นเรียบสีขาวมีความยากในการมอง และไม่สามารถมองเห็นสีและลายเส้นได้บนพื้นกระเบื้องหยาบ แต่การมองเห็นลายเส้นด้วยตาเปล่าบนกระเบื้องพื้นเรียบสีดำมีความชัดเจนที่สุด จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าผงฝุ่นซิลิกาและผงฝุ่นซิลิกาที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้เก็บรอยเท้าแฝงบนพื้นเรียบทั้งสีดำและสีขาวได้ แต่จะสามารถเห็นลายเส้นได้ชัดเจนด้วยตาเปล่าบนพื้นผิวที่มีความ contrast กันมาก ๆ ดังนั้นจึงสามารถใช้ผงฝุ่นจากซิลิกาเป็นทางเลือกในการเก็บรอยแฝงต่าง ๆ ได้

4.2 ผลจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FE-SEM/EDS



ภาพที่ 4. 21 แสดงผลการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscope (SEM) ที่กำลังขยาย1000x สเกลภาพที่ 50 ไมครอน (mm) ทั้ง 3 ตัวอย่าง (1-ผงซิลิกาผสมยางสน 5% และสีผสมอาหาร, 2-ผงซิลิกาผสมยางสน 15% และสีผสมอาหาร, 3-ผงซิลิกาผสมยางสน 25% และสีผสมอาหาร)

จากรูปที่ 4.1 จากการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscope (SEM) ในรูปที่ 3 พบว่าขนาดของอนุภาคทั้ง 3 ตัวอย่างมีขนาดใกล้เคียงกัน มีการกระจายตัวกันไม่ยึดเกาะ

กันเป็นกลุ่ม ทำให้สามารถเกาะติดลายเส้นได้ดี และพบว่าขนาดของอนุภาคในตัวอย่างเดียวกันมีความแตกต่างกัน โดยที่ขนาดของอนุภาคของซิลิกาจะอยู่ระหว่าง 10 ถึง 40 μm

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปรากฏขึ้นของรอยเท้าแฝงบนพื้นกระเบื้องที่มีลักษณะของพื้นผิวแตกต่างกันได้แก่ กระเบื้องพื้นเรียบสีดำ กระเบื้องพื้นเรียบสีขาว และกระเบื้องพื้นหยาบ จากผงซิลิกาเจลที่ได้พัฒนาขึ้น โดยได้ทำการนำผงซิลิกาเจลมาผสมกับยางสนและสีผสมอาหารซึ่งเป็นวัตถุดิบที่สามารถหาได้ง่ายโดยทั่วไปตามท้องตลาดและมีราคาไม่แพง มาทำการทดลองเพื่อพัฒนาสำหรับใช้ในการปัดหารอยเท้าแฝงบนพื้นผิวต่าง ๆ จากนั้นทำการเปรียบเทียบคุณภาพของรอยเท้าแฝงที่ตรวจเก็บด้วยวิธีจากผงซิลิกาเจลบนพื้นกระเบื้องทั้ง 3 ตัวอย่างที่มีลักษณะของพื้นผิวแตกต่างกัน และเปรียบเทียบคุณภาพของรอยเท้าแฝงที่ตรวจเก็บด้วยวิธีจากผงซิลิกาเจลที่ได้พัฒนากับผงฝุ่นดำ โดยมีการศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพของรอยเท้าแฝงด้วยวิธีการนับจุดลักษณะสำคัญพิเศษหรือจุด minutia ด้วยเครื่อง Automated Fingerprint Identification System (AFIS) และตรวจโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านลายนิ้วมือแฝง และทำการศึกษาลักษณะพื้นผิวของซิลิกาที่ทำการทดลองโดยใช้เทคนิค Scanning Electron Microscope (SEM) ซึ่งในขั้นตอนการทดลอง ผู้วิจัยได้ทำการประทับรอยเท้าเปล่าของตนเองลงบนพื้นกระเบื้องทั้ง 3 ตัวอย่าง โดยทำการคลุมเท้าด้วยถุงพลาสติกและถุงเท้า เพื่อให้เท้ามีปริมาณเหงื่อเพียงพอสำหรับการประทับก่อนทำการประทับรอยเท้าลงบนพื้นกระเบื้องตัวอย่าง จากนั้นทำตรวจเก็บรอยเท้าแฝงโดยการปัดผงฝุ่นตัวอย่างแล้วนำผลที่ได้ไปทำการวิเคราะห์คุณภาพของรอยเท้า

จากผลการทดลองในครั้งนี้พบว่า ผงซิลิกาเจล ผงซิลิกาเจลผสมยางสน และผงซิลิเจลผสมยางสนและสีผสมอาหาร สามารถตรวจให้ผลลัพธ์คุณภาพของลายเส้นดีมากบนกระเบื้องพื้นเรียบสีดำและสีขาว แต่ยังไม่สามารถตรวจพบลายเส้นได้บนพื้นกระเบื้องหยาบ ยกเว้นผงฝุ่นดำที่สามารถตรวจให้คุณภาพของผลลัพธ์ลายเส้นดีมากในตัวอย่างกระเบื้องทั้ง 3 แบบ เมื่อใช้ผงซิลิกาที่ผสมกับยางสนในสัดส่วนต่างๆ พบว่าคุณภาพของรอยเท้าให้ผลลัพธ์ดีที่สุดที่ใช้ผงซิลิกาผสมยางสนที่ 25 % โดยน้ำหนักของซิลิกา โดยเฉพาะกับพื้นผิวของกระเบื้องแกรนิตขัดสีดำและสีขาว และยังพบว่าสามารถมองเห็นรอยแฝงได้อย่างชัดเจนที่สุดบนพื้นเรียบสีดำที่มีความ contrast ของสีของพื้นผิวกันมาก ๆ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Kulvir Singh, 2012) ที่ได้ทำการศึกษาผงซิลิกาเจล G เพื่อนำพัฒนาในการหารอยนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวที่แตกต่างกัน ได้แก่ พลาสติก แก้ว กระจกธรรมดาและพื้นผิวที่เป็นโลหะ แผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ กระดาษคาร์บอน กล่องไม้ขีด กระดาษแข็ง แผ่นไม้เคลือบเงา พื้นผิว

ด้านบนและด้านเขียนของซีดี และพื้นผิวกระดาษนิตยสารเคลือบสี ผลการทดลองพบว่าหลังจากการพัฒนาด้วยวิธีนี้สามารถมองเห็นลายเส้นได้ชัดเจน และนอกจากนี้ยังพบว่าลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวด้านบนและด้านเขียนได้ของซีดีแล้วให้ผลลัพธ์ของลายเส้นที่ดีแล้ว ข้อมูลในซีดีก็ไม่ได้รับผลกระทบใด ๆ และยังสามารถอ่านข้อมูลในแผ่นซีดีได้ และพบว่าผงซิลิกาเจล G ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าบนพื้นผิวที่ contrast กันเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ และจากผลการทดลองผู้วิจัยพบว่าลักษณะและขนาดของอนุภาคของผงฝุ่นมีขนาดใกล้เคียงกัน กระจายตัวกันไม่ยึดเกาะกันเป็นกลุ่ม ทำให้สามารถเกาะติดลายเส้นได้ดี และพบว่าขนาดของอนุภาคในตัวอย่างเดียวกันมีความแตกต่างกัน โดยที่ขนาดของอนุภาคของซิลิกาจะอยู่ระหว่าง 10 ถึง 40 μm

ในปัจจุบันผู้เชี่ยวชาญด้านตรวจลายนิ้วมือแฝง จากสำนักงานพิสูจน์หลักฐานได้ยืนยันว่า รอยฝ่าเท้านำไปใช้ในการเปรียบเทียบด้วยวิธีการเดียวกันกับการตรวจรอยลายนิ้วมือ โดยระบุว่าตรวจนับจุดลักษณะสำคัญพิเศษยืนยันตัวบุคคลอย่างน้อย 10 จุด ซึ่งสอดคล้องกับ (Bodziak, 2000) ที่กล่าวว่ารอยฝ่าเท้าที่ใช้ในการเปรียบเทียบกับรอยฝ่าเท้าของผู้ต้องสงสัย ใช้วิธีการเดียวกันกับการตรวจรอยลายนิ้วมือ และจากการทดลองพบว่ารอยเท้าเปล่ามีลักษณะของรอยเท้า เช่น รอยพับจำนวนมาก, ความยาวของนิ้วเท้า, เส้นบอล, รอยถลอก, หลุม, สภาพเท้าต่างๆ ซึ่งสอดคล้องกับ (Krishan, 2007) ที่สามารถช่วยให้นักนิติวิทยาศาสตร์ในกรณีที่เกี่ยวข้องกับการระบุตัวบุคคลได้

จากการศึกษานี้ผลที่ได้จากการนับจุดลักษณะพิเศษหรือจุด minutiae โดยการใช้เครื่อง AFIS และทำการวิเคราะห์โดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่าผงซิลิกาเจลสามารถใช้ในการตรวจหารอยเท้าแฝงได้และให้ผลลัพธ์ดีมากเทียบเท่ากับคุณภาพที่ได้จากผงฝุ่นดำเฉพาะพื้นผิวเรียบและไม่มีรูพรุนเท่านั้น และเมื่อทำการผสมส่วนผสมต่าง ๆ เข้ากับซิลิกายังไม่สามารถพบลายเส้นได้บนพื้นกระเบื้องหยาบ มีรูพรุน ยกเว้นผงฝุ่นดำที่ยังคงให้คุณภาพของลายเส้นดีมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าชนิดของผงฝุ่นและชนิดของพื้นผิวมีผลต่อคุณภาพของรอยเท้าแฝง อย่างไรก็ตามผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการศึกษาในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่องานด้านนิติวิทยาศาสตร์ได้ไม่มากก็น้อย โดยอาจนำไปปรับ ประยุกต์หรือแก้ไขวิธีการเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีในอนาคต

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัย

1. เนื่องจากการวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการทดลองนำยางสนและสีผสมอาหารมาผสมกับซิลิกาเจลเพื่อเพิ่มคุณภาพสำหรับการยึดเกาะและการมองเห็นของสี ดังนั้นจึงควรทำการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับวิธีพัฒนาผงซิลิกาเจล ให้สามารถยึดเกาะกับพื้นผิวหยาบ มีรูพรุนได้ หรือพัฒนาให้สามารถมองเห็นสีได้อย่างชัดเจน

2. เนื่องจากการวิจัยในครั้งนี้ใช้วิธีการประทับรอยฝ่าเท้า ซึ่งอาจมีปริมาณเหงื่อและไขมันไม่มากพอ หรือมีปริมาณไม่เท่ากันสำหรับการประทับในแต่ละครั้ง จึงควรมีการเพิ่มระยะเวลาหรือใช้วิธีการอื่นนอกเหนือจากผู้วิจัย ในการทำให้เท้ามีปริมาณเหงื่อและไขมันมากพอสำหรับการประทับในสภาพพื้นผิวต่าง ๆ

3. เนื่องจากการวิจัยในครั้งนี้ทำการศึกษาวัตถุพยานประเภทรอยฝ่าเท้า จึงควรทำการศึกษาวัตถุพยานประเภทรอยประทับอื่น ๆ หรือทำการศึกษาเพิ่มเติมบนพื้นผิวที่หลากหลายมากขึ้น โดยใช้ผงซิลิกาเจลเพิ่มเติม

รายการอ้างอิง

Bodziak, W. J. (2000). *Footwear Impression Evidence : detection, recovery, and examination*: CRC Press.

Boonpitak, N. (2012). *Relative of footprint in identical twin for individualization.* (Master's degree). Retrieved from http://www.sure.su.ac.th/xmlui/handle/123456789/11897

Chamsuwanwong, A. (2009). *Forensic Science For Crime Investigation 2*. Bangkok: G.B.P Center co., LTD.

Hoffman, M. (2021). webmd.com. Retrieved from https://www.webmd.com/pain-management/picture-of-the-feet

Jomrit, S. (2011). *The study of lifting techniques for latent fingerprint on human skin.* (Master Degree Master of science program in forensic science). Silpakorn, Nakhon Pathom. Retrieved from http://www.sure.su.ac.th/xmlui/handle/123456789/11885

Krishan, K. (2007). Individualizing characteristics of footprints in Gujjars of North India—Forensic aspects. *Forensic Science International, 169*(2-3), 137-144. doi:https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2006.08.006

Krishan, K. (2008). Estimation of stature from footprint and foot outline dimension in Gujjars of North India. *Forensic Science International, 175*, 93-101. doi:10.1016/j.forsciint.2007.05.014

Kulvir Singh, S. S., Rakesh K. Garg. (2012). Visualization of latent fingerprints using silica gel G:A new technique. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ejfs.2012.09.001

Larysa Ratel, F. K., Kévyn Johannes. (2022). Open Sorption Systems. *Encyclopedia of Energy Storage, 1*, 526-541. doi:https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819723-3.00120-7

Medicine, N. L. o. (2022). pubchem.ncbi.nlm.nih.gov. Retrieved from https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Silicon-dioxide

pobpad.com. (2016). Retrieved from https://www.pobpad.com/%E0%B9%82%E0%B8%84%E0%B8%A3%E0%B8%87%E0%B8%AA%E0%B8%A3%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B8%82%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B8%9C%E0%B8%B4%E0%B8%A7%E0%B8%AB%E0%B8%99%E0%B8%B1%E0%B8%87%E0%B9%81%E0%B8%A5%E0%B8%B0

Richa Mukhra, K. K., Tanuj Kanchan. (2018). Bare footprint metric analysis methods for comparison and identification in forensicexaminations: A review of literature. *Journal of Forensic and Legal Medicine*. doi:10.1016/j.jflm.2018.05.006

Sangkaew, S. (2012). *Production and evaluation of fingerprint powder made from coal.* (Master's degree). Retrieved from http://www.sure.su.ac.th/xmlui/handle/123456789/11899

ScottChadwick, S. M., Nilesh Jayashanka, Chris Lennard, Xanthe Spindler, Claude Roux. (2018). Investigationofsomeofthefactorsinfluencingfingermarkdetection. *Forensic Science International, 289*, 381-389. doi:https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2018.06.014

Shelly Massey, R. B. K. (2013). Bare Footprint Marks. *Encyclopedia of Forensic Sciences, Second Edition, 4*, 16-22. doi:http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-382165-2.00275-0

Songnonlek, N. (2012). *Development of latent fingerprint on non-porous surface by using turmeric powder.* (Master Master of Science Program in Forensic Science). Silpakorn, Nakhon Pathom. Retrieved from http://www.sure.su.ac.th/xmlui/handle/123456789/11902

Sukhaboon, K. (2008). *The comparison of barefoot impressions for individualization.* (Master Degree Master of science program in forensic science). Silpakorn, Nakhon Pathom. Retrieved from http://www.sure.su.ac.th/xmlui/handle/123456789/11780

Wikipedia, the free encyclopedia. (2022). Retrieved from https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%AA%E0%B8%B5%E0%B8%9C%E0%B8%AA%E0%B8%A1%E0%B8%AD%E0%B8%B2%E0%B8%AB%E0%B8%B2%E0%B8%A3

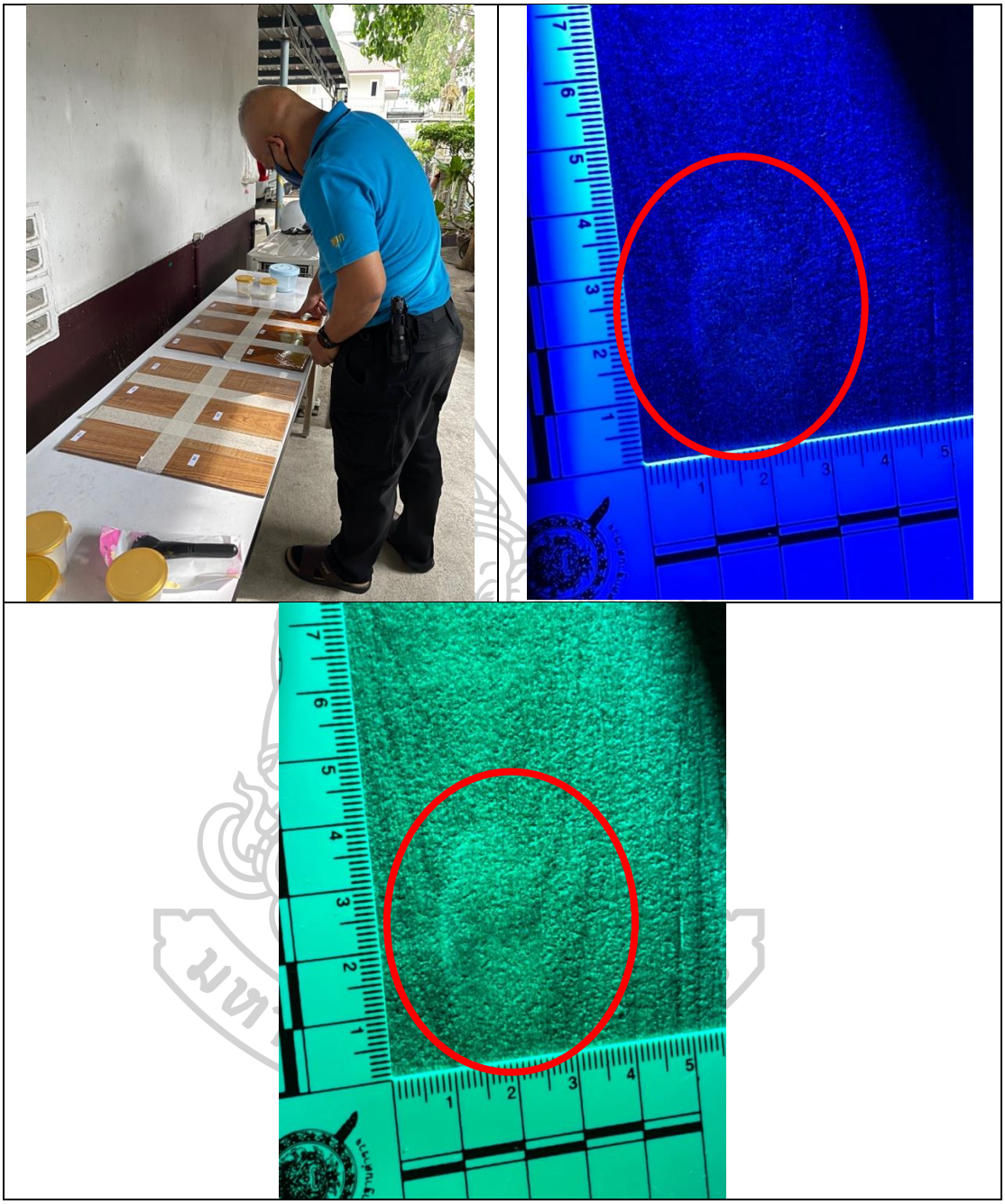
Young-Jae Kim, H.-S. J., Joohyun Lim, Seung-Jin Ryu, and Jin-Kyu Lee. (2016). Rapid Imaging of Latent Fingerprints Using BiocompatibleFluorescent Silica

Nanoparticles. *American Chemical Society, 32*, 8077-8083. doi:10.1021/acs.langmuir.6b01977

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

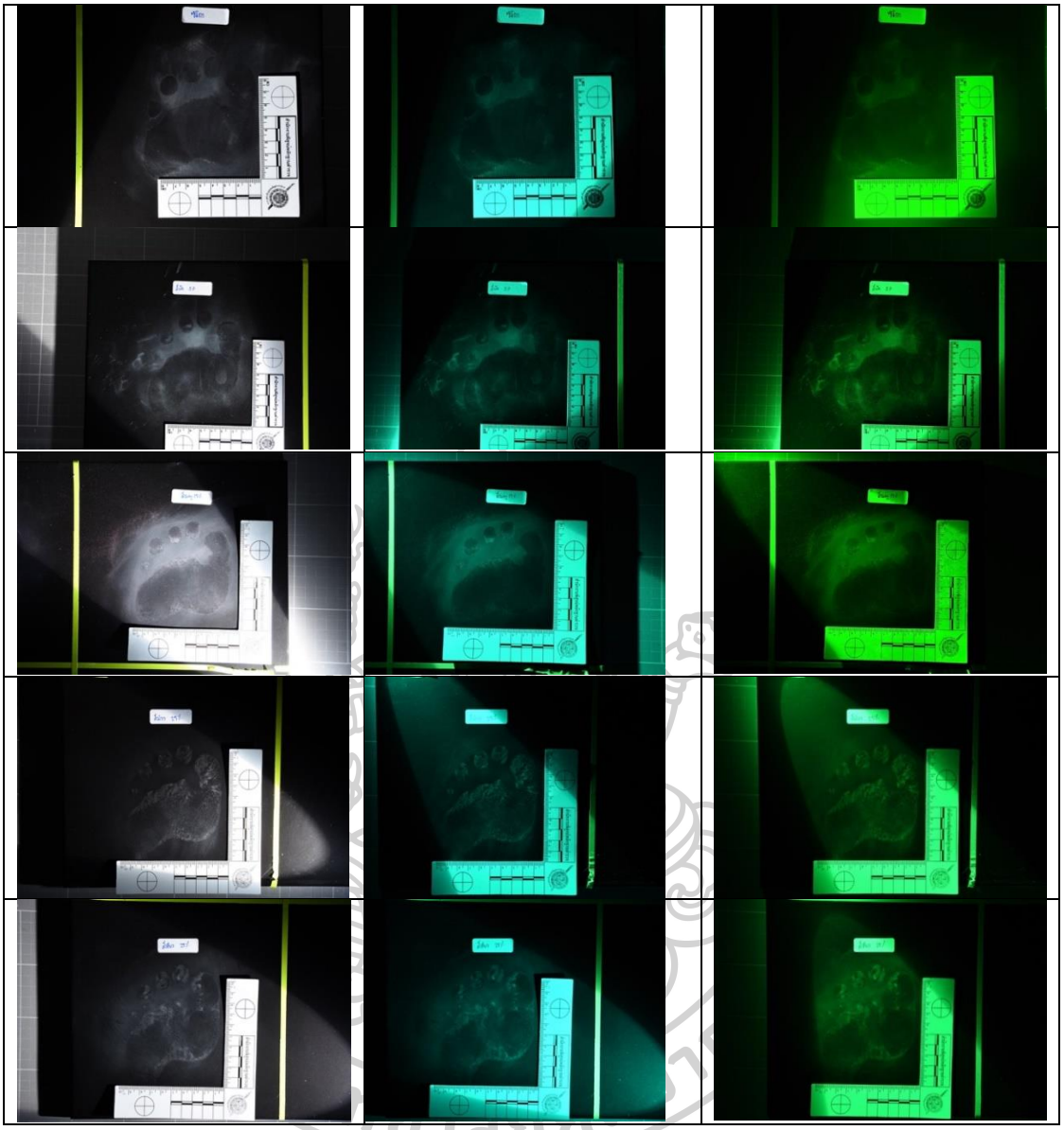
การทดลองผงซิลิกากับลายนิ้วมือ บนกระเบื้องหยาบ



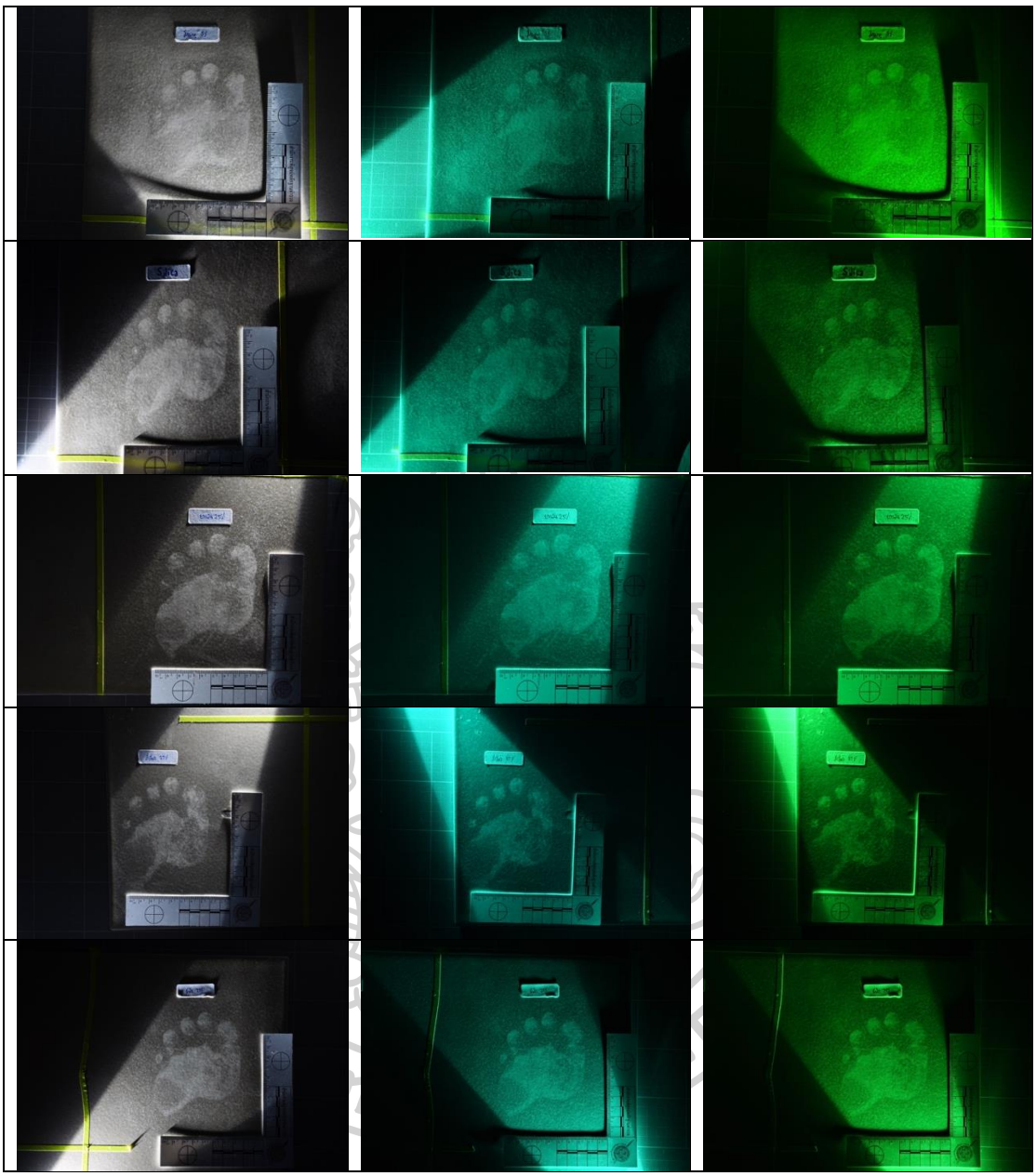
ภาพภาคผนวก ก. 1 รอยลายนิ้วมือที่ได้จากการปัดผงซิลิกาผสมยางสน 25% บนกระเบื้องพื้นหยาบ

ภาคผนวก ข

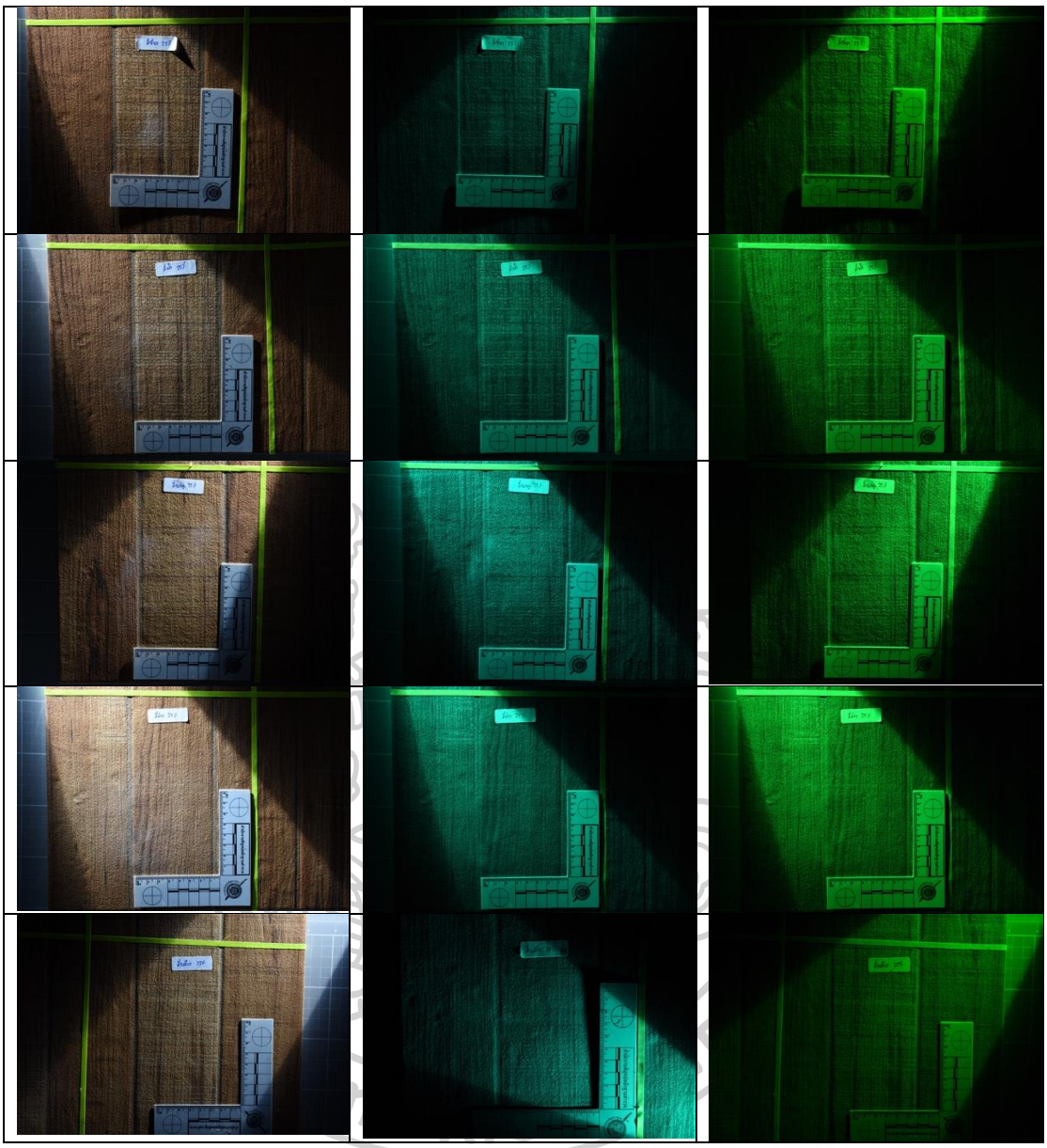
ตัวอย่างการใช้แสงโพลิไลท์ บนกระเบื้องตัวอย่างทั้ง 3 ตัวอย่าง



ภาพภาคผนวก ข. 1 การส่องด้วยแสงโพลิไลท์ด้วยแสงสีต่าง ๆ บนกระเบื้องพื้นเรียบสีดำ



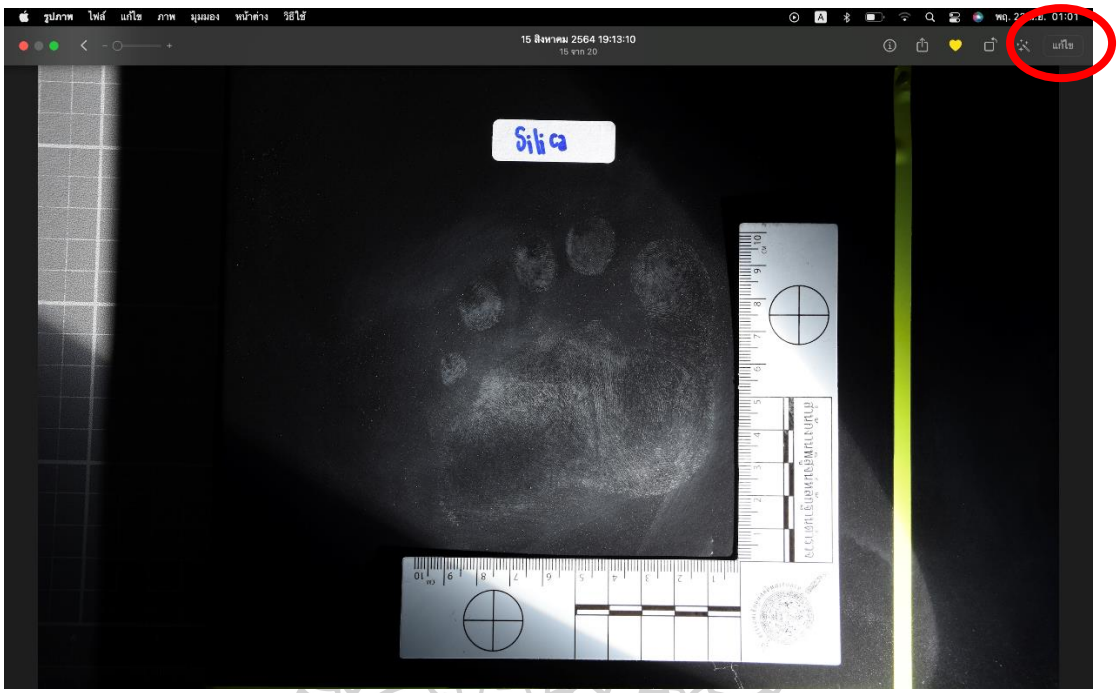
ภาพภาคผนวก ข. 2 การส่องด้วยแสงโพลิไลท์ด้วยแสงสีต่าง ๆ บนกระเบื้องพื้นเรียบสีขาว



ภาพภาคผนวก ข. 3 การส่องด้วยแสงโพลิไลท์ด้วยแสงสีต่าง ๆ บนกระเบื้องพื้นหยาบ

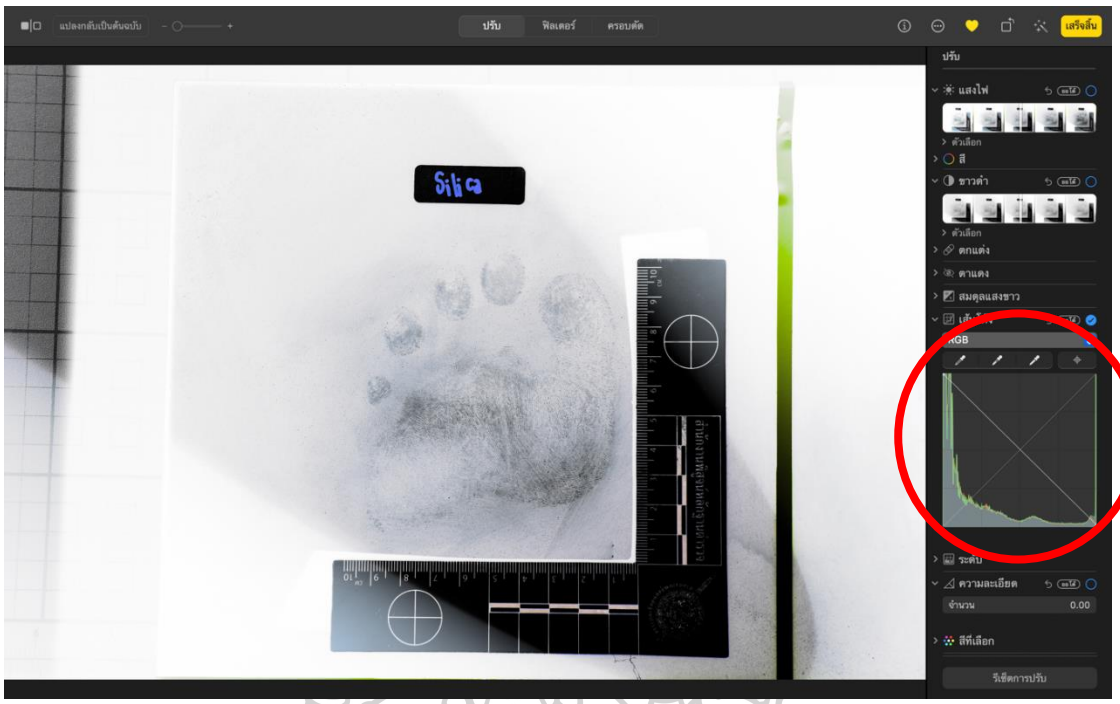
ภาคผนวก ค

วิธีการแก้ไขภาพเป็นภาพขาวดำ

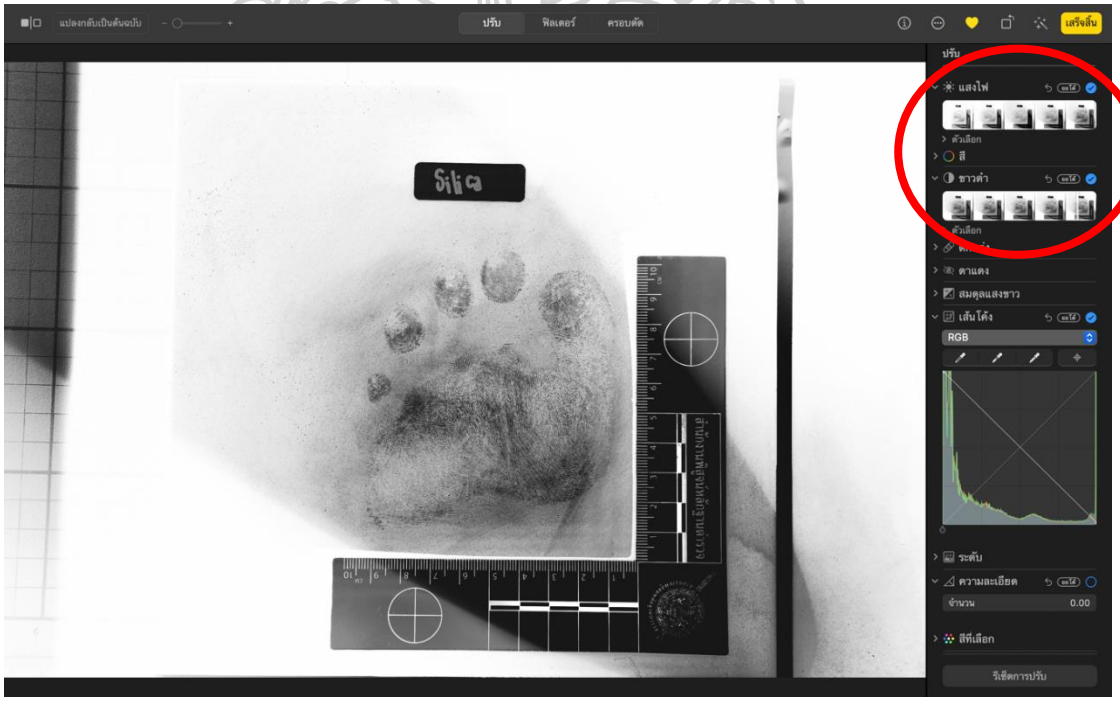


ภาพภาคผนวก ค. 1 ภาพต้นฉบับ แล้วทำการกดแก้ไขรูปภาพ

ภาพภาคผนวก ค. 2 โหมดแก้ไขรูปภาพ



ภาพภาคผนวก ค. 3 ทำการปรับสเกลที่เมนูเส้นโค้ง



ภาพภาคผนวก ค. 4 ทำการปรับสเกลที่เมนูแสงไฟและขาวดำ

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นฤภร คุสินธุ์
วัน เดือน ปี เกิด	5 พฤษภาคม 2540
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2561 สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ จังหวัดนครปฐม พ.ศ. 2562 ศึกษาต่อระดับปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขานิติวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ จังหวัดนครปฐม
ที่อยู่ปัจจุบัน	40/2 หมู่ 6 ต.เขาแร้ง อ.เมืองราชบุรี จ.ราชบุรี 70000

มหาวิทยาลัยศิลปากร