การวิเคราะห์สารที่ติดบนรอยลายนิ้วมือแฝงด้วยเทคนิค Microscope-Fourier transform infrared spectroscopy (Microscope-FTIR) เพื่อการประยุกต์ใช้ในทางนิติวิทยาศาสตร์

โดย

นางสาวปิยาภา จันทร์มล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2564

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

การวิเคราะห์สารที่ติดบนรอยลายนิ้วมือแฝงด้วยเทคนิค Microscope-Fourier transform infrared spectroscopy (Microscope-FTIR) เพื่อการประยุกต์ใช้ในทางนิติวิทยาศาสตร์

โดย
นางสาวปิยาภา จันทร์มล

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

ANALYSES OF DEPOSITED SUBSTANCES ON LATENT FINGERPRINTS USING MICROSCOPE-FOURIER TRANSFORM INFRARED SPECTROSCOPY (MICROSCOPE-FTIR) FOR FORENSIC APPLICATION

By

MISS Piyapa JUNMON

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	การวิเคราะห์สารที่ติดบนรอยลายนิ้วมือแฝงด้วยเทคนิค Microscope-Fourier transform infrared spectroscopy (Microscope-FTIR) เพื่อการประยุกต์ใช้ในทางนิติวิทยาศาสตร์
โดย	นางสาวปิยาภา จันทร์มล
สาขาวิชา	นิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	อาจารย์ ดร. ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

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

พิจารณาเห็นชอบโดย

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

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(อาจารย์ ดร. ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง)

.....ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน
(อาจารย์ ดร. อรทัย เขียวพุ่ม)

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

630720041 : นิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
คำสำคัญ : นิติวิทยาศาสตร์, รอยลายนิ้วมือแฝง, เทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดไมโครสเปกโตรสโคปี

นางสาว ปิยาภา จันทร์มล: การวิเคราะห์สารที่ติดบนรอยลายนิ้วมือแฝงด้วยเทคนิค Microscope-Fourier transform infrared spectroscopy (Microscope-FTIR) เพื่อการประยุกต์ใช้ในทางนิติวิทยาศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : อาจารย์ ดร. ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ การใช้เทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดไมโครสเปกโตรสโคปี (Fourier-Transform Infrared (FTIR) Microspectroscopy) ในการวิเคราะห์สารเคมีที่ปนเปื้อนบนรอยลายนิ้วมือ ซึ่งเทคนิค Microscope-FTIR สามารถถ่ายภาพรอยลายนิ้วมือแฝงและวิเคราะห์สารเคมีที่ปนเปื้อนอยู่บริเวณนิ้วมือได้ โดยในการทดลองมีการสัมผัสสารเคมีทั้ง 6 ชนิด ได้แก่ คาเฟอีน, พาราเซตามอล, กระท่อม, ดินส่งกระสุน และ สารเสพติดเมทแอมเฟตามีน หลังจากสัมผัสสารเคมีแต่ละชนิดเมื่อเวลาผ่านไป 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง จึงประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์แล้วนำไปวิเคราะห์ความคงอยู่ของสารเคมีบนรอยลายนิ้วมือแฝง ผลลัพธ์ที่ได้จากเทคนิคนี้ไม่ใช่เพียงแต่ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแต่ยังสามารถวิเคราะห์สารเคมีที่ปนเปื้อนอยู่บนนิ้วมือได้อีกด้วย ซึ่งวิธีนี้เป็นประโยชน์ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยศิลปากร

630720041 : Major (FORENSIC SCIENCE)
Keyword : Forensic Science, Latent Fingerprint, Microscope-Fourier Transform Infrared Spectroscopy

MISS PIYAPA JUNMON : ANALYSES OF DEPOSITED SUBSTANCES ON LATENT FINGERPRINTS USING MICROSCOPE-FOURIER TRANSFORM INFRARED SPECTROSCOPY (MICROSCOPE-FTIR) FOR FORENSIC APPLICATION THESIS ADVISOR : SIRIRAT CHOOSAKOONKRIANG, Ph.D.

The objective of this work is to use of fourier-transform infrared (FTIR) microspectroscopy for the analysis of fingerprint residues. FTIR spectral imaging can be used to simultaneously image a latent fingerprint and detect exogenous substances deposited within it. In this experiment, the detection of caffeine, acetaminophen, kratom powder, gunpowder and metamphetamine in fingermarks deposited on glass surfaces has been performed. To examine the effect of persistence time on the fingerprints, the specimens were developed immediately and at 1 hour, 3 hours, and 6 hours after the exposure to the chemicals. The results from this technique allowed not only the imaging of the fingerprints but also demonstrated the benefit of this chemical imaging methodology in being able to detect heterogeneously distributed contained compounds after surfaces contaminated with various types of compound residues had been touched. These results show a possible extension of the applicability of FTIR imaging to forensic science.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจับฉบับนี้สำเร็จลงได้ เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก อาจารย์ ดร.ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย และ อาจารย์ ดร.ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี ที่กรุณาให้คำแนะนำปรึกษาตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่ง ผู้วิจัยตระหนักถึงความตั้งใจจริงและความทุ่มเทของอาจารย์ และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่ให้ความอนุเคราะห์ในด้านเครื่องมือในการทำงานวิจัย รวมไปจนถึงทุนการศึกษา ตลอดจนเจ้าหน้าที่ และบุคลากรที่เกี่ยวข้องทุกท่าน ขอขอบคุณผู้กำกับสถานีตำรวจภูธรบางโทรัด จังหวัดสมุทรสาคร และร้อยตำรวจตรี สว่าง ขาวคำ ที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย จนทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

อนึ่ง ผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยฉบับนี้จะมีประโยชน์อยู่ไม่น้อย ผู้วิจัยมีความซาบซึ้งในความกรุณาของทุกท่านที่ได้กล่าวถึง และผู้ที่ไม่ได้เอ่ยนามในที่นี้ได้มีส่วนช่วยเหลือในการสนับสนุนให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา จึงขอกราบขอบพระคุณทุกท่านด้วยความจริงใจ และขอมอบคุณประโยชน์อันเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นกตเวทิตาคุณแด่ บิดามารดา ครู อาจารย์ และผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจด้วยดีเสมอมา ขอน้อมคารวะแด่ผู้เขียนตำราวิชาการที่ได้ศึกษาค้นคว้าและใช้อ้างอิงทุกท่าน

นางสาว ปิยาภา จันทร์มล

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูปภาพ ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ในการวิจัย 3

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

สมมติฐานการวิจัย 3

ขอบเขตการวิจัย 3

นิยามศัพท์เฉพาะ 3

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับนิติวิทยาศาสตร์ 5

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับพยานหลักฐาน 6

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับรอยลายนิ้วมือ 9

เทคนิคไมโครสโคปฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี 14

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17

บทที่ 3 วิธีวิจัย 19

เครื่องมือและอุปกรณ์ 19

สารเคมี 19
วิธีการทดลอง 20
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 22
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ 47
สรุป และอภิปรายผล 47
ข้อเสนอแนะในการวิจัย 48
รายการอ้างอิง 49
ประวัติผู้เขียน 54

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 การตั้งค่าสภาวะในการวิเคราะห์ตัวอย่าง 20

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความคงอยู่ของสารเคมีบนรอยลายนิ้วมือแฝงด้วยเทคนิค Microscope-FTIR 47

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ลายนิ้วมือ 9

ภาพที่ 2 แสดงบริเวณผิวหนัง 10

ภาพที่ 3 ประเภทของลายนิ้วมือ 11

ภาพที่ 4 ช่วงอินฟาเรด 15

ภาพที่ 5 ไดอะแกรมของเทคนิค FTIR spectrometer และ Synchrotron radiation-based IR spectromicroscopy 16

ภาพที่ 6 เครื่อง Microscope-Fourier Transform Infrared Spectrometer (Microscope-FTIR) รุ่น Spotlight 200i ยี่ห้อ Perkin Elmer 19

ภาพที่ 7 สารเคมีตัวอย่าง 20

ภาพที่ 8 สเปกตรัมของกระจกสไลด์ที่ผ่านการทำความสะอาด 22

ภาพที่ 9 สเปกตรัมของรอยลายนิ้วมือแฝงหลังสัมผัสบริเวณใบหน้า 23

ภาพที่ 10 แสดงภาพรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสบริเวณในหน้า ก่อนประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อินฟาเรด 23

ภาพที่ 11 แสดงบริเวณขยายของตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสบริเวณในหน้า ก่อนประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อินฟาเรด ประกอบด้วยตำแหน่งที่ 1, 2 และ 3 24

ภาพที่ 12 สเปกตรัมของคาเฟอีน 25

ภาพที่ 13 สเปกตรัมของพาราเซตามอล 26

ภาพที่ 14 สเปกตรัมของผงกระท่อม 27

ภาพที่ 15 สเปกตรัมของดินส่งกระสุน 27

ภาพที่ 16 สเปกตรัมของเมทแอมเฟตามีนรูปแบบผลึกสีขาว 28

ภาพที่ 17 สเปกตรัมของเมทแอมเฟตามีนรูปอัดเม็ดที่ผ่านการบดก่อนวิเคราะห์ 28

ภาพที่ 18 แสดงบริเวณขยายของตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสคาเฟอีนแล้วประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อินฟาเรด 29

ภาพที่ 19 สเปกตรัมของรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสคาเฟอีน แล้วประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ที่เวลาต่าง ๆ 30

ภาพที่ 20 แสดงบริเวณขยายของตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการ สัมผัสคาเฟอีนแล้วล้างมือก่อนทำการประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อินฟาเรด 31

ภาพที่ 21 สเปกตรัมของรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสคาเฟอีน แล้วล้างมือก่อนประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ 31

ภาพที่ 22 แสดงบริเวณขยายของตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสพาราเซตามอลแล้วประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อินฟาเรด 32

ภาพที่ 23 สเปกตรัมของรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสพาราเซตามอล แล้วประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ที่เวลาต่าง ๆ 33

ภาพที่ 24 แสดงบริเวณขยายของตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการ สัมผัสพาราเซตามอลแล้วล้างมือก่อนทำการประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อินฟาเรด 34

ภาพที่ 25 สเปกตรัมของรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสพาราเซตามอล แล้วล้างมือก่อนประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ 34

ภาพที่ 26 แสดงบริเวณขยายของตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสดินส่งกระสุนแล้วประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อินฟาเรด 35

ภาพที่ 27 สเปกตรัมของรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสดินส่งกระสุน แล้วประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ที่เวลาต่าง ๆ 36

ภาพที่ 28 แสดงบริเวณขยายของตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการ สัมผัสดินส่งกระสุนแล้วล้างมือก่อนทำการประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อินฟาเรด 37

ภาพที่ 29 สเปกตรัมของรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสดินส่งกระสุน แล้วล้างมือก่อนประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ 37

ภาพที่ 30 แสดงบริเวณขยายของตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัส ผงกระท่อมแล้วประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อินฟาเรด 38

ภาพที่ 31 สเปกตรัมของรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสผงกระท่อม แล้วประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ที่เวลาต่าง ๆ 39

ภาพที่ 32 แสดงบริเวณขยายของตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการ สัมผัสกระท่อมแล้วล้างมือก่อนทำการประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อินฟาเรด 40

ภาพที่ 33 สเปกตรัมของรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสผงกระท่อม แล้วล้างมือก่อนประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ 40

ภาพที่ 34 แสดงบริเวณขยายของตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการ สัมผัสเมทแอมเฟตามีนรูปแบบผลึกสีขาว แล้วประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อินฟาเรด 41

ภาพที่ 35 สเปกตรัมของรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสเมทแอมเฟตามีนรูปแบบผลึกสีขาว แล้วประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ที่เวลาต่าง ๆ 42

ภาพที่ 36 แสดงบริเวณขยายของตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการ สัมผัสเมทแอมเฟตามีนรูปแบบผลึกสีขาว แล้วล้างมือก่อนทำการประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อินฟาเรด 43

ภาพที่ 37 สเปกตรัมของรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสเมทแอมเฟตามีนรูปแบบผลึกสีขาว แล้วล้างมือก่อนประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ 43

ภาพที่ 38 แสดงบริเวณขยายของตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการ สัมผัสเมทแอมเฟตามีนรูปแบบอัดเม็ดแล้วประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อินฟาเรด 44

ภาพที่ 39 สเปกตรัมของรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสเมทแอมเฟตามีนรูปแบบอัดเม็ดแล้วประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ที่เวลาต่าง ๆ 45

ภาพที่ 40 แสดงบริเวณขยายของตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการ สัมผัสเมทแอมเฟตามีนรูปแบบอัดเม็ด แล้วล้างมือก่อนทำการประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อินฟาเรด 46

ภาพที่ 41 สเปกตรัมของรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสเมทแอมเฟตามีนรูปแบบอัดเม็ด แล้วล้างมือก่อนประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ 46

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การตรวจพิสูจน์หลักฐานเพื่อช่วยในการคลี่คลายคดีของตำรวจในด้านของการทำงานทางนิติวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการนำวิทยาศาสตร์ในทุกสาขาที่เกี่ยวข้องมาประยุกต์ใช้ เพื่อให้เกิดประโยชน์ทางด้านการทำงานของกฎหมายและการพิสูจน์ความจริง ในการพิสูจน์หลักฐานมีหลักการคืออาศัยความรู้ ทฤษฎี ทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ และผนวกเข้ากับการบังคับใช้ทางกฎหมาย เพื่อเป็นประโยชน์ต่อกระบวนการยุติธรรม ซึ่งวิธีการที่สำคัญอย่างหนึ่งคือ การตรวจทางเคมีเพื่อใช้ในเป็นการวิเคราะห์คุณลักษณะโดยทั่วไป และคุณลักษณะเฉพาะขององค์ประกอบทางเคมี รวมถึงการหาปริมาณของสารเคมีที่ตรวจเก็บได้จากพยานวัตถุจากที่เกิดเหตุ (ณัฏฐิกา งามกิจภิญโญ, 2565) ซึ่งถ้ากล่าวถึงพยานหลักฐาน นั่นคือ สิ่งใดที่สามารถจับต้องได้ตามกฎหมายและเป็นสิ่งที่สามารถพิสูจน์ข้อเท็จจริงที่มีการกล่าวอ้างในการดำเนินคดี ไม่ว่าจะเป็นคดีแพ่งหรือคดีอาญา โดยสามารถประเภทของพยานหลักฐาน ออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้ พยานบุคคล พยานเอกสาร พยานวัตถุ พยานผู้เชี่ยวชาญ หรือหลักฐานอื่น ๆ ซึ่งอาจใช้เป็นเครื่องพิสูจน์การกระทำผิดได้ (อรรถพล แช่มสุวรรณวงษ์, 2546) โดยในงานวิจัยชิ้นนี้ได้เล็งเห็นถึงพยานที่สามารถพบได้ในทุกสถานที่เกิดเหตุ นั่นคือ รอยลายนิ้วมือ ซึ่งเป็นวัตถุพยานประเภทรอยประทับ ที่สามารถเก็บได้จากสถานที่เกิดเหตุ ซึ่งเป็นหลักฐานที่แสดงว่าบุคคลที่เป็นเจ้าของลายนิ้วมืออยู่ในสถานที่เกิดเหตุ หรือสัมผัสกับวัตถุต้องสงสัย ซึ่งสิ่งสำคัญที่ทำให้ลายนิ้วมือเป็นพยานหลักฐานที่สามารถระบุตัวตนได้นั้นคือ ลายนิ้วมือประกอบด้วยส่วนที่เป็นร่อง (furrow) และเส้นนูน (ridge) อยู่บริเวณชั้นหนังแท้ ซึ่งทั้งเส้นร่องและเส้นนูนทั้งหมดเป็นสิ่งที่ใช้ในการพิจารณาแยกแยะประเภทรูปแบบลายนิ้วมือ ซึ่งบริเวณนิ้วมือนี้จะเป็นส่วนที่สัมผัสกับวัตถุ ระหว่างเส้นนูนมีร่อง บนสันมีรูเล็กๆ ซึ่งเป็นรูเหงื่อให้เหงื่อไหลซึม เมื่อนิ้วใดนิ้วหนึ่งจับต้องวัตถุพื้นเรียบ ลายเส้นนูนที่มีต่อมเหงื่อจะชื้นขึ้นทำให้เมื่อสัมผัสหรือกดนิ้วลงบนวัตถุทำให้เกิดการจำลองแบบลายเส้นบนนิ้วมือ (เวียงชัย, 2556) โดยลายนิ้วมือในสถานที่เกิดเหตุนั้นจะแบ่งเป็น 2 ลักษณะคือ รอยลายนิ้วมือที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า และลายมือที่มองไม่เห็น ซึ่งอาจต้องใช้สารเคมีบางชนิด เช่น ผงฝุ่นดำ นินไฮดริน ซิลเวอร์ไนเตรท ซุปเปอร์กลู ฯลฯ มาใช้เพื่อช่วยให้มองเห็นรอยลายนิ้วมือได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ซึ่งในงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงลายนิ้วมือที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าที่เกิดจากรอยประทับของนิ้วมือที่เปื้อนเหงื่อ ไขมัน หรือสารเคมีต่าง ๆ ทำให้เกิดเป็นรอยให้สามารถสังเกตได้ โดยในงานวิจัยนี้ได้มีการนำเอาเทคนิคการใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์มาเพื่อช่วยในการตรวจสารเคมีที่อยู่บนรอยลายนิ้วมือ นั่นคือ เครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์ (Fourier Transform Infrared Spectrometer : FTIR) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้ศึกษาหมู่ฟังก์ชัน

ของโมเลกุล โดยอาศัยหลักการเกี่ยวกับการสั่น (Vibartion) ของโมเลกุลแสงอินฟาเรดช่วงกลาง (2.5-25 μm) มีความถี่ตรงกับความถี่การสั่นของพันธะโควาเลนซ์ในโมเลกุลของสาร ที่ให้ข้อมูลได้ทั้งในเชิงคุณภาพและ เชิงปริมาณ โดยจะวิเคราะห์ได้ทั้งสารในรูปของแข็ง ของเหลว และก๊าซ (สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน, 2562) แต่การใช้เครื่อง FTIR spectrometer เพียงอย่างเดียวในการวิเคราะห์ทำให้มีข้อจำกัดหลายอย่าง โดยเฉพาะการวิเคราะห์สารปนเปื้อนขนาดเล็กในวัสดุ และข้อจำกัดในด้านการเตรียมตัวอย่าง และยากที่จะเห็นได้ด้วยตาเปล่า จึงได้มีการพัฒนา FT-IR Imaging เพื่อลดข้อจำกัดต่าง ๆ นั่นคือการนำเอากล้องจุลทรรศน์มาต่อเข้ากับเครื่อง FTIR spectrometer (วรางคณา อนุชิตโอฬาร, 2546) ทำให้เทคนิคนี้ถูกนำมาประยุกต์ใช้เข้ากับงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างเช่นงานวิจัยการใช้เทคนิค Infrared (IR) Micro Spectroscopy วิเคราะห์สารที่ตกค้างอยู่บนรอยลายนิ้วมือ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ในระดับประมาณ 10 ไมโครเมตร ผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่าสามารถวิเคราะห์สเปกตรัมของรอยนิ้วมือได้ รวมถึงสามารถใช้แยกรอยนิ้วมือระหว่างผู้ใหญ่กับลายนิ้วมือของเด็กได้ และไม่ทำลายตัวอย่างอีกทั้งยังสามารถเก็บข้อมูลไว้ศึกษาได้เป็นระยะเวลานาน (Williams et al., 2004) และการศึกษาการใช้ Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) ร่วมกับกล้องจุลทรรศน์ในการตรวจหาสารเคมีที่อาจติดอยู่บนลายนิ้วมือ ทำให้สามารถตรวจได้ทั้งรอยลายนิ้วมือ และสารเคมีที่อาจจะติดมาได้ (Grant et al., 2005) และมีการนำเทคนิค Infrared Spectroscopy (IR) มาใช้ตรวจรอยลายนิ้วมือแฝงและสิ่งปนเปื้อนที่อาจติดมากับรอยลายนิ้วมือแฝง ด้วยการใช้เทปกาว 2 ชนิดคือ เทปใส และเทปกาว PDMS (Polydimetylsiloxane) แปะทับลงบนรอยลายนิ้วมือแฝงที่จำลองการสัมผัสสารเคมีก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ATR-FT-IR spectroscopic ผลวิเคราะห์ที่ได้จากการศึกษาพบว่าตรวจจับร่องรอยของการสัมผัสสารเสพติดและวัตถุระเบิดบนรอยลายนิ้วมือได้ และยังสามารถแยกแยะรอยลายนิ้วระหว่างเด็กและผู้ใหญ่ได้และสามารถตรวจจับร่องรอยการสัมผัสได้สังเกตได้ว่าการใช้เทคนิค FT-IR ร่วมกับกล้องจุลทรรศน์ เป็นเทคนิคที่มีความนิยมนำมาวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝง ที่สามารถได้ข้อมูลทั้งภาพถ่ายที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์ และข้อมูลองค์ประกอบสารเคมีที่อาจหลงเหลืออยู่บนรอยลายนิ้วมือแฝง

ผู้วิจัยจึงได้วิจัยเกี่ยวกับการตรวจหาสารเคมีที่ทิ้งร่องรอยไว้บนรอยลายนิ้วมือแฝงที่อาจตรวจเก็บได้จากสถานที่เกิดเหตุ โดยการใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์คือ Microscope-Fourier Transform Infrared Spectrometer (Microscope-FTIR) มาวิเคราะห์สารเคมีที่อยู่บนลายนิ้วมือและศึกษาเทคนิคที่มีความทันสมัย รวดเร็ว และลดขั้นตอนหรือสารเคมีที่ต้องใช้ เพื่อนำไปเป็นหลักฐานสำคัญที่ช่วยในการสืบสวน และใช้ในกระบวนการยุติธรรมต่อไป

วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความคงอยู่ของสารเคมีปนเปื้อนบนรอยลายนิ้วมือแฝง ที่เวลาต่าง ๆ ภายหลังการสัมผัส

2. เพื่อศึกษาและพัฒนาเทคนิคการตรวจวิเคราะห์สารเคมีบนรอยลายนิ้วมือแฝง ให้สะดวก รวดเร็วมากยิ่งขึ้น

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถพัฒนาเทคนิคที่มีความสะดวก รวดเร็ว ลดขั้นตอนในการตรวจวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแง และสารเคมีที่ปนเปื้อนบริเวณนิ้วมือ

2. เกิดองค์ความรู้ และเทคนิคที่สามารถนำไปใช้ในกระบวนการทางนิติวิทยาสาสตร์

สมมติฐานการวิจัย

สามารถใช้เครื่องมือ Microscope-Fourier Transform Infrared Spectrometer (Microscope-FTIR) ในการวิเคราะห์หาสารเคมีที่หลงเหลืออยู่บนรอยลายนิ้วมือได้ แม้เวลาผ่านไปหลายชั่วโมง

ขอบเขตการวิจัย

1. การศึกษาในครั้งนี้มุ่งเน้นการพัฒนาเทคนิคการตรวจวิเคราะห์สารเคมีบนรอยลายนิ้วมือแฝง ให้สะดวก และรวดเร็ว

2. ผู้วิจัยทำการศึกษาจากสารเคมี และอุปกรณ์ที่สามารถหาได้ภายในห้องปฏิบัติการ

3. กลุ่มตัวอย่างสารเคมีที่ใช้เป็นสารที่สามารถหาได้จากภายในห้องปฏิบัติ แต่มีความสอดคล้องกับงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ และสารตัวอย่างจริงที่สามารถหาได้

นิยามศัพท์เฉพาะ

นิติวิทยาศาสตร์ หมายถึง การนำเอาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทุกสาขา เช่น ชีววิทยา ฟิสิกส์ กายภาพ เคมี คอมพิวเตอร์ และกีฏวิทยา เป็นต้นมาประยุกต์ใช้ในการค้นหาความจริง เพื่อประโยชน์ในการสืบสวน และดำเนินคดีทางกฎหมาย

ลายนิ้วมือ หมายถึง ลายเส้นนูนที่ปรากฏอยู่บนผิวหนังด้านหน้าของนิ้วมือซึ่งจะมีคุณลักษณะที่แตกต่างกันในแต่ละบุคคล และจะไม่เปลี่ยนแปลงตลอดชีวิต ซึ่งจะมีรูปแบบที่แตกต่างที่ประกอบขึ้นจากเส้นร่องและเส้นนูน ลายนิ้วมือจะไม่ซ้ำกันไม่ว่าจะเป็นฝาแฝดที่เกิดจากไข่ใบเดียวกันก็ตาม

รอยลายนิ้วมือ หมายถึง รอยที่เกิดจากการประทับนิ้วมือลงบนวัสดุประเภทต่าง ๆ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ รอยลายนิ้วมือที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า และรอยลายนิ้วมือที่มองไม่เห็นซึ่งต้องใช้เทคนิคทางแสง หรือสารเคมีมาช่วยให้สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

เทคนิคไมโครสโคปฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี (Microscope-Fourier Transform Infrared Spectroscopy; Microscope-FTIR) หมายถึง เทคนิคการวิเคราะห์ทางเคมีของกล้องจุลทรรศน์แบบออปติคัลและฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโคป เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในตัวเอง ผลข้อมูลให้ทั้งความละเอียดเชิงพื้นที่ของกล้องจุลทรรศน์และข้อมูลทางเคมีที่มีให้โดยสเปกตรัมที่สามารถวิเคราะห์พื้นที่ทางเคมีได้ เทคนิคที่วิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันในโมเลกุล โดยอาศัยหลักการเกี่ยวกับการสั่น (Vibartion) ของโมเลกุล โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงเลขคลื่น 4000 - 400 cm-1 ซึ่งลักษณะสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติเฉพาะของโมเลกุล

สารเสพติด หมายถึง ยาหรือสารเคมีหรือวัตถุชนิดใดๆ ก็ตามที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ หรือสารที่สังเคราะห์ขึ้น เมื่อเสพเข้าสู่ร่างกายแล้ว ไม่ว่าจะโดยรับประทาน ดม สูบ ฉีด หรือวิธีใดก็ตาม ทำให้เกิดผลต่อร่างกายและจิตใจ

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์สารเคมีบนรอยลายนิ้วมือแฝง ด้วยเทคนิคไมโครสโคป-ฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี (Microscope-Fourier Transform Infrared Spectroscopy; Microscope-FTIR) สำหรับการประยุกต์ใช้ทางนิติวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

1. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับนิติวิทยาศาสตร์
2. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับพยานหลักฐาน
3. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับรอยลายนิ้วมือ
4. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับสารเสพติด
5. เทคนิคไมโครสโคปฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี
6. วิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับนิติวิทยาศาสตร์

ปัญหาทางด้านอาชญากรรมที่เกิดขึ้นในประเทศไทยถือเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อความความสงบเรียบร้อยของสังคม ถ้าในสังคมเต็มไปด้วยอาชญากรรมก็จะทำให้เกิดความไม่เป็นระเบียบเรียบร้อยภายในสังคม ประชาชนไม่สามารถใช้ชีวิตอยู่ได้อย่างปลอดภัย โดยพบว่าในการที่จะนำตัวผู้กระทำผิดที่แท้จริงหรือผู้ต้องหาที่กระทำความผิดหรือก่ออาชญากรรมในแต่ละครั้งมาลงโทษตาม ในกระบวนการยุติธรรมนั้น การรวบรวมพยานหลักฐาน ไม่ว่าจะเป็นหลักฐานประเภทใดล้วนเป็นเรื่องที่สำคัญอย่างยิ่งโดยเฉพาะจะต้องสามารถยืนยันความบริสุทธิ์ และสามารถพิสูจน์ความผิดได้ ดังนั้นจึงมีการนำเอาความรู้ทางด้านเทคโนโลยีต่าง ๆ และวิทยาศาสตร์ในทุกแขนงมาประยุกต์ใช้ในการตรวจพิสูจน์หลักฐาน โดยการเลือกใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ค้นคว้าวิจัย และผลิตขึ้นอย่างทันสมัย เพื่อให้ได้ผลของพยานหลักฐานที่ถูกต้องแท้จริงตามหลักวิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับหลักนิติวิทยาศาสตร์ ทำให้พยานหลักฐานมีความน่าเชื่อถือได้มากยิ่งขึ้น (สนธิกาญจน์ เพื่อนสงคราม, 2559) ในต่างประเทศมีการนำนิติวิทยาศาสตร์มาใช้ในกระบวนการยุติธรรมตั้งแต่กลางศตวรรษที่ 18 โดยมีการชี้ยืนยันตัวบุคคลจากการใช้ระบบการวัดขนาดของอวัยวะส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย การใช้ลายนิ้วมือมาใช้ในการยืนยันตัวบุคคล การตรวจลักษณะที่แตกต่างกันบนปลอกกระสุนปืนที่ยิงออกจากปืนแต่ละกระบอก และการตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่เก็บได้จากสถานที่เกิดเหตุมา

เปรียบเทียบกับลายพิมพ์ดีเอ็นเอของผู้ต้องสงสัย ซึ่งวิธีการตรวจเหล่านี้ได้รับการพัฒนาต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน และประเทศไทยภาครัฐก็ได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนางานด้านนิติวิทยาศาสตร์อย่างจริงจัง มีการจัดตั้งสถาบันนิติวิทยาศาสตร์ในสังกัดกระทรวงยุติธรรมขึ้น เพื่อให้ประชาชนและหน่วยงานของรัฐสามารถเข้าถึงการให้บริการด้านนิติวิทยาศาสตร์ได้ง่ายขึ้น และเป็นหน่วยงานหลักในการกำหนดมาตรฐานกลางในการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผลการตรวจพิสูจน์เป็นที่น่าเชื่อถือตลอดจนประสานงานกับหน่วยงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ทั้งในประเทศและต่างประเทศ (ศรันยา สีมา, 2563)

ปัจจุบันในกระบวนการยุติธรรมมีการนำนิติวิทยาศาสตร์เข้ามาใช้ เพื่อลดการโต้แย้งความหวาดระแวงในความไม่ยุติธรรม และช่องว่างของหลักฐานระหว่างผู้ควบคุมกฎหมายกับผู้ถูกกล่าวหา (สารานุกรมเสรี, 2547) เนื่องมาจากวิทยาศาสตร์เป็นข้อเท็จจริงซึ่งได้มาจากการสังเกต มีการตั้งสมมติฐานและการทดสอบโดยการทดลอง เพื่อให้รู้ถึงความจริงในเรื่องนั้นๆ (บ้านจอมยุทธ, 2543) โดยในความหมายของนิติวิทยาศาสตร์ คือ การนำเอาวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์ หรือวิทยาศาสตร์ประยุกต์มาประยุกต์ใช้ในการพิสูจน์หลักฐาน เพื่อประโยชน์ในด้านกฎหมาย ซึ่งจำแนกประเภทของนิติวิทยาศาสตร์ได้เป็น 2 ประเภท คือ นิติวิทยาศาสตร์ที่เป็นวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์ เช่น การเก็บรวบรวมวัตถุพยานในสถานที่เกิดเหตุ การตรวจสถานที่เกิดเหตุ และวิชาพิสูจน์หลักฐาน และนิติวิทยาศาสตร์ที่เป็นวิทยาศาสตร์ประยุกต์ โดยการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในแขนงต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อพนายหลัก1บานในกระบวนการยุติธรรม (สมพงษ์ เตชะสมบูรณ์, 2559)

ซึ่งบุคคลที่สำคัญในวงการนิติวิทยาศาสตร์นั่นคือ Dr.Edmond Locard ผู้ที่นำเสนอแนวคิด “ทุกการสัมผัส จะมีการทิ้งร่องรอย” (Every contact leaves a trace) มีหลักการคือ เมื่อวัตถุ 2 ชิ้นสัมผัสกันจะเกิดการแลกเปลี่ยนบริเวณพื้นที่ผิวที่สัมผัสกันของวัตถุนั้น (กองบรรณาธิการ, ม.ป.ป.) จะเห็นได้ว่าในการพิสูจน์หลักฐานต้องทำงานโดยอาศัยความรู้ ทฤษฎี ตลอดจนทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับพยานหลักฐาน

ตามประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญา มาตรา 226 “พยานหลักฐาน” หมายถึงพยานวัตถุ พยานเอกสาร หรือพยานบุคคล ตลอดจนหลักฐานอื่น ๆ ซึ่งอาจใช้เป็นเครื่องพิสูจน์การกระทำผิดได้ ซึ่งในการกระทำความผิดอย่างใดอย่างหนึ่ง การที่จะไม่ทิ้งร่องรอยเป็นไปได้น้อยมาก ซึ่งจากการศึกษาวิจัย พนายหลักฐานที่ชี้ตัวผู้กระทำความผิดได้มากที่สุดจะเป็นพยานบุคคลเป็นส่วนใหญ่ หรือที่เห็นได้ชัดจากการที่ผู้เสียหายเป็นคนที่ชี้ตัวอาชญากรด้วยตนเอง ทำให้ในการสืบสวนตำรวจมักจะหาพยานประเภทบุคคลก่อนเป็นอันดับแรก ซึ่งเป็นสิ่งที่พนักงานสอบสวนจะหาได้และนำเอา

เทคนิคหรือวิธีการสอบสวนที่ถูกฝึกฝนมาใช้เค้นหาความจริง แต่ในหลายครั้งพนักงานสอบสวนเหล่านั้นก็ไม่สามารถหาพยานบุคคลได้ หรือการใช้พยานบุคคลในชั้นศาลก็มักจะมีปัญหาในด้านของพยานไม่มาให้การตามการนัด พยานกลับคำให้การ พยานจดจำรายละเอียดไม่ได้ รวมทั้งอาจเกิดการว่าจ้างหรือโดนลอบสังหาร ดังนั้นพยานวัตถุจึงมีความสำคัญเพิ่มมากยิ่งขึ้น และยิ่งไปกว่านั้นความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ที่ทำให้มีเทคโนโลยีทางเครื่องมือที่สามารถใช้ตรวจสอบมีการพัฒนาเพิ่มมากขึ้นหลายเครื่อง จึงมีการพิสูจน์พยานวัตถุได้ครอบคลุมและมีความหลายหลาย แม้พยานวัตถุเหล่านั้นจะมีปริมาณน้อย และพยานวัตถุยังเป็นหลักฐานที่มีน้ำหนักมากในชั้นศาล เนื่องจากเป็นสิ่งที่เป็นรูปธรรม สามารถจับต้องได้ สามารถพิสูจน์ให้เห็นได้ ซึ่งพยานวัตถุไม่ได้มีคำจำกัดความที่ชัดเจนเพียงแต่เป็นสิ่งที่จับต้องได้และสามารถโยงไปถึงตัวผู้กระทำผิดได้ โดยในการวิเคราะห์พยานวัตถุจะศึกษาใน 2 คุณลักษณะ นั่นคือ คุณลักษณะทั่วไปที่ใช้บอกชนิดหรือประเภท และคุณลักษณะเฉพาะที่ใช้บ่งบอกเอกลักษณ์ของวัตถุชิ้นนั้นๆ

พยานหลักฐานแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. พยานหลักฐานโดยตรง (Direct Evidence) หรือที่เรียนว่า พยานบุคคล คือ หลักฐานที่มาจากคำให้การของบุคคลที่สัมผัสกับเหตุการณ์นั้นๆ ด้วยประสาทสัมผัสทั้ง 5 ของตัวเองเท่านั้น การให้การจากคำบอกเล่าของคนอื่น หรือ จากเรื่องเล่าที่ไม่มีมูลไม่นับเป็นพยานบุคคล

2. พยานแวดล้อมกรณี (Circumstantial Evidence) หรือที่เรียกอีกอย่างว่า พยานหลักฐานทางอ้อม ซึ่งไม่สามารถใช้หลักฐานนี้ในการพิสูจน์ข้อเท็จจริงในคดีได้ แต่สามารถนำเอาหลักฐานประเภทนี้มาใช้ในการปะติดปะต่อเรื่องราวในการสืบคดีได้

3. พยานหลักฐานที่แท้จริง (Real Evidence) คือ พยานวัตถุทุกชนิดที่สามารถใช้พิสูจน์ข้อเท็จจริงในคดีได้ไม่ว่าจะอยู่ในสถานะใดก็ตาม มีความชัดแจ้งในตัวของวัตถุเอง ซึ่งพยานวัตถุเองนั้นสามารถแบ่งออกได้อีก 2 ชนิด คือ

3.1 พยานวัตถุที่เคลื่อนย้ายไม่ได้ นั่นคือ วัตถุที่มีขนาดใหญ่มาก มีน้ำหนักมาก เคลื่อนย้ายไม่ได้ โดยวิธีการเก็บพยานเหล่านั้นจะทำโดยการถ่ายภาพตามมาตราส่วนจริง หรือใช้ปูนปลาสเตอร์มาหล่อไว้

3.2 พยานวัตถุที่เคลื่อนย้ายได้ คือ วัตถุที่สามารถเคลื่อนย้าย นำกลับมาพิสูจน์ความจริงได้

ซึ่งสิ่งสำคัญในการเก็บวัตถุพยานจะต้องคำนึงถึงสิ่งที่เรียกว่า กฎแห่งพยานหลักฐาน หรือ Law of evidence ที่ประกอบด้วย ความเป็นสาระสำคัญ และการยอมรับฟังได้ (Material and Admissible) โดยการที่จะให้พยานหลักฐานที่ถูกตรวจเก็บมาสามารถใช้ในชั้นศาลได้ต้องปฏิบัติตามกฎ 4 ข้อ ดังนี้

1. การป้องกันรักษาสถานที่เกิดเหตุ ซึ่งเริ่มตั้งแต่เจ้าหน้าที่ตำรวจคนแรกไปถึงสถานที่เกิดเห็นและมีการกั้นแนวในการสืบสวน ไปจนกว่าที่จะทำการตรวจสถานที่นั้น ๆ เสร็จสิ้น

2. เก็บพยานหลักฐานอย่างถูกต้องตามกฎหมาย คือจะต้องเริ่มจากการที่บุคคลที่ทำหน้าที่ในการเก็บพยานวัตถุจะต้องเป็นบุคคลที่กฎหมายให้อำนาจไว้

3. กระทำการค้นหาพยานหลักฐานอย่างเหมาะสม คือผู้ที่กระทำการตรวจสถานที่ต้องไม่ละเลยพยานหลักฐานทุกชิ้น สามารถระบุรายละเอียดของวัตถุพยานได้ และจัดเก็บรักษาไว้อย่างเหมาะสม

4. มีลูกโซ่การครอบครองพยานหลักฐานโดยตลอด ซึ่งอยู่ภายใต้การคุ้มครองดูแลของบุคคลหรือหน่วยงานที่รับผิดชอบตั้งแต่เริ่มเก็บจนถึงแสดงในชั้นศาล

ถ้าพูดถึงคุณค่าของพยานวัตถุนอกจากจะสามารถพิสูจน์การกระทำผิดที่เกิดขึ้นได้แล้ว ยังสามารถเชื่อมโยงผู้ต้องสงสัยเข้ากับผู้เสียหาย หรือสถานที่เกิดเหตุได้ สามารถป้องกันกับผู้บริสุทธิ์ได้ สามารถยืนยันคำให้การของผู้เสียหาย และทำให้เกิดการยอมรับสารภาพ และถ้าหากมีการตรวจยืนยันผ่านวิธีการทางวิทยาศาสตร์จะเพิ่มความน่าเชื่อถือได้มากยิ่งขึ้นไปอีก โดยแหล่งที่จะสามารถค้นพบพยานหลักฐาน รวมไปถึงพยานเอกสารด้วย โดยหลักๆแล้วจะมีอยู่ 4 แห่ง นั่นคือ สถานที่เกิดเหตุ ที่ตัวของผู้เสียหาย ที่ตัวคนร้าย และที่อื่น ๆ เช่น รอบบริเวณสถานที่เกิดเหตุ (อรรถพล แช่มสุวรรณวงษ์, 2546) ซึ่งประเภทของพยานจะแบ่งไปตามวัตถุประสงค์ โดยหลักๆแล้วจะประกอบไปด้วย พยานบุคคล (Witness) คือบุคคลที่มาเบิกความให้ข้อเท็จจริงในคดีต่อศาล พยานบุคคลเรียกได้อีกอย่างว่า “พยานถ้อยคำ (Oral Evidence) และในคดีอาญาพยานบุคคลถือเป็นพยานที่สำคัญที่สุดในการสืบพยาน การเบิกความนั้นก็ต้องเบิกความโดยพยานนั้นสมัครใจ อีกทั้งยังมีรายละเอียดค่อนข้างมาก ต่อมาคือพยานเอกสาร (documentary evidence) สิ่งซึ่งมีการบันทึกตัวอักษร ตัวเลขหรือเครื่องหมายไว้ สิ่งนั้นจะเป็นอะไรก็ได้ จะบันทึกด้วยวิธีใด ๆ ก็ได้ และพยานวัตถุ (physical evidence, real evidence หรือ material evidence) ได้แก่ วัตถุหรือสิ่งอื่นใดที่อาจจะพิสูจน์ความจริงต่อศาลได้โดยการตรวจดู พยานโดยตรง (Direct Evidence) เป็นพยานหลักฐานที่แสดงให้เห็นข้อเท็จจริงที่จะพิสูจน์ได้โดยตรง พยานแวดล้อมกรณี (Circumstantial Evidence) เป็นพยานที่ไม่ได้แสดงถึงข้อเท็จจริงที่พิสูจน์โดยตรง แต่อาจทำให้ศาลอนุมานได้ว่าข้อเท็จจริงที่คู่ความประสงค์จะพิสูจน์มีอยู่จริงหรือไม่มี ประจักษ์พยาน (Eye Witness) เป็นพยานที่มาเบิกความให้ข้อเท็จจริงแก่ศาลตามที่ตนได้รับรู้มาจากประสาทของตน มิใช่รู้มาจากการบอกเล่าของผู้อื่น พยานบอกเล่า (Hearsay) คือ พยานที่ไม่ได้เห็นเหตุการณ์หรือไม่ได้รับรู้เรื่องราวที่เกิดขึ้นด้วยตนเอง แต่เป็นพยานที่รับฟังมาจากผู้อื่น แล้วเอาความที่ได้รับฟังมาเล่าหรือมาเบิกความต่อศาลอีกที ซึ่งเป็นพยานที่ไม่น่าเชื่อถือ

(unreliable) พยานชั้น 1 พยานชั้น 2 ไม่มีในกฎหมายไทย แต่นำมาจากหลักกฎหมายของประเทศอังกฤษ ตามหลักที่ว่า ต้องนำพยานหลักฐานที่ดีที่สุดมาสืบในศาล (The best Evidence) และพยานนำและพยานหมาย เป็นภาษาที่ใช้เรียกประเภทพยานที่มาเบิกความในศาล โดยหากพยานบุคคลนั้นเป็นพยานที่คู่ความพามาศาลเอง (เฉลิมวุฒิ สาระกิจ, ม.ป.ป.)

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับรอยลายนิ้วมือ

เส้นลายนิ้วมือ ประกอบด้วยลักษณะเส้น 2 ชนิด ดังนี้

เส้นนูน หรือสันลายนิ้วมือ (Ridge) ซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นนูนโค้งที่ยกสูงกว่าพื้นผิวหน้านิ้วมือบริเวณดังกล่าวนิยมใช้เก็บเป็นหลักฐานแสดงเอกลักษณ์บุคคลด้วยการพิมพ์ลายนิ้วมือ เมื่อประทับพื้นผิวหน้านิ้วมือที่เปียกหมึกลงบนกระดาษจะปรากฏเส้นนูนให้เห็นชัดเจน

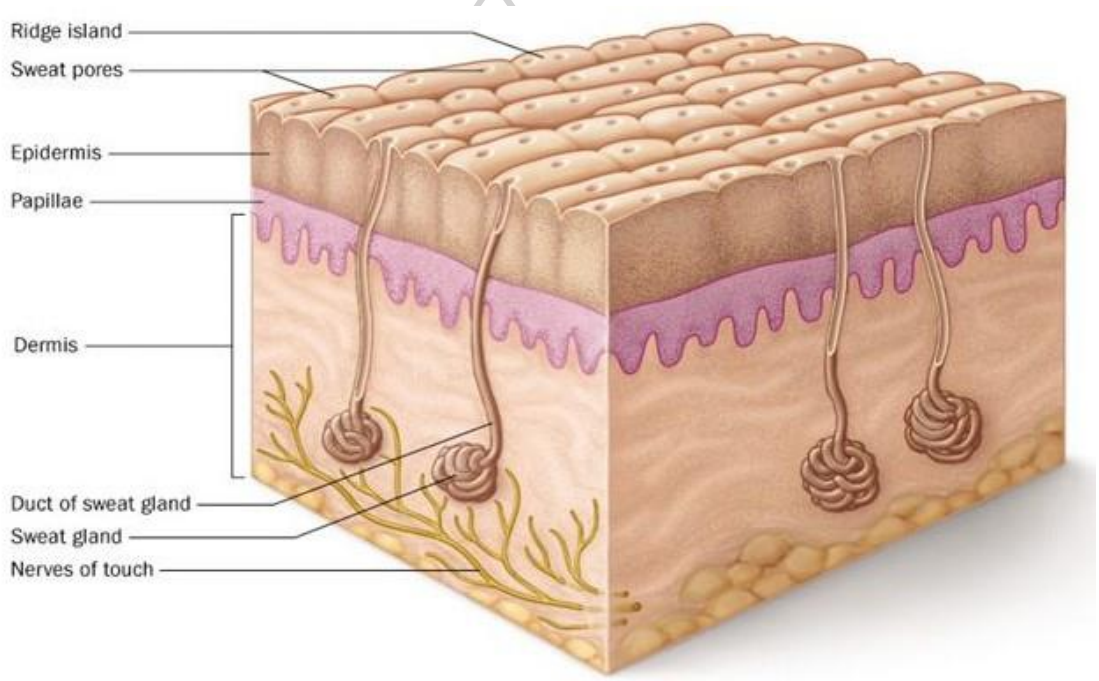
ร่องลายนิ้วมือ (Furrow) มีลักษณะเป็นร่องสีขาวสลับอยู่ระหว่างเส้นนูน ไม่ปรากฏให้เห็นเมื่อพิมพ์ลายนิ้วมือ แต่ในการพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคลต้องใช้ลักษณะเส้นทั้ง 2 ชนิดประกอบกันจึงจะได้เส้นลายนิ้วมือที่สามารถบ่งชี้เจ้าของลายนิ้วมือได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์และถูกต้องแม่นยำ (วันบี ลีฟ, 2562)

ซึ่งลายนิ้วมือของแต่ละบุคคลก็จะมีความเป็น เอกลักษณ์ ที่แตกต่างกันออกไป และจะมีโอกาสเพียงแค่ 1 ใน 64,000 ล้าน เท่านั้นที่ลายนิ้วมือของเราจะไปซ้ำกับบุคคลอื่นบนโลกใบนี้ เพราะกระบวนการพัฒนาลายนิ้วมือของมนุษย์แต่ละคนมีความแตกต่างกัน โดยจะเริ่มมีการพัฒนาตั้งแต่ในครรภ์มารดาจนเสร็จสมบูรณ์ในช่วงเดือนที่ 7 ของการตั้งครรภ์ และถึงแม้จะเป็นฝาแฝดที่เกิดมาจากไข่ใบเดียวกัน แต่แรงดันภายในมดลูกก็มีส่วนทำให้ลายนิ้วมือของฝาแฝดทั้งคู่มีความแตกต่างกัน

ภาพที่ 1 ลายนิ้วมือ

อ้างอิง: จาก https://review.thaiware.com/upload_misc/review/2020_01/images/1760_20012416320623_104.jpg

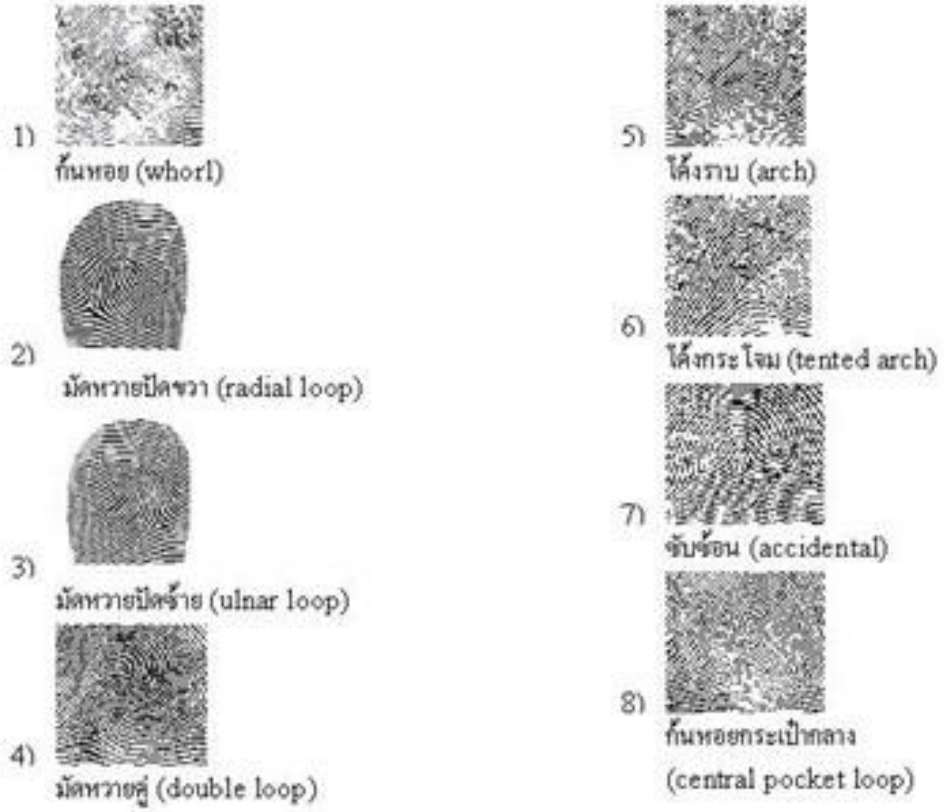
อย่างที่เราทราบกันดีว่าลายนิ้วมือของมนุษย์เป็นสิ่งที่ติดตัวมาตั้งแต่กำเนิดและ ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เพราะเส้นนูนของลายนิ้วมือที่เราเห็นนั้นจะปรากฏอยู่บนชั้นหนังกำพร้า (Epidermis) แต่รูปแบบของลายนิ้วมือของเรานั้นถูกฝังลึกลงไปถึงเนื้อเยื่อบริเวณชั้นหนังแท้ (Dermis) จึงทำให้เมื่อเกิดความเสียหายบริเวณปลายนิ้วอย่างการโดนมีดบาดหรือแม้กระทั่งการถูกไฟไหม้ (เล็กน้อย) นั้นไม่สามารถทำให้ลายนิ้วมือของเราหายไปได้ เพราะผิวหนังในส่วน Basal Layer หรือ Papillae ที่อยู่ระหว่างชั้นหนังกำพร้าและหนังแท้จะดันเนื้อด้านล่างขึ้นมาทดแทนผิวหนังที่เกิดความเสียหายไปนั่นเอง (l3uch, 2563)



ภาพที่ 2 แสดงบริเวณผิวหนัง

อ้างอิง: จาก https://review.thaiware.com/1760.html

รูปแบบของลายนิ้วมือจำแนกรูปแบบลายนิ้วมือที่เป็นชนิดเส้นนูนออกเป็น 8 ประเภท ดังนี้



ภาพที่ 3 ประเภทของลายนิ้วมือ

อ้างอิง: จาก จาก https://review.thaiware.com/1760.html

1. ก้นหอยธรรมดา (plain whorl)

เป็นลักษณะลายนิ้วมือที่พบได้ประมาณ 25-35% ของลายนิ้วมือทั้งหมด สังเกตได้ง่าย ๆ จากเส้นนูนที่เวียนวนเป็นรอบวงกลมรูปร่างคล้ายก้นหอยหรือลานนาฬิกา ทั้งนี้ ลายนิ้วมือของมนุษย์เกิดขึ้นขณะเป็นตัวอ่อนในครรภ์มารดา หากแผ่นหนาที่ต่อมาจะพัฒนาเป็นมือมีลักษณะแบนและสมมาตรก็มีความเป็นไปได้สูงที่มือดังกล่าวจะมีรอยนิ้วมือแบบก้นหอยธรรมดา

2. มัดหวายปัดขวา (right slant loop หรือ radial loop)

ลายนิ้วมือแบบมัดหวายพบได้มากที่สุดในคนทั่วโลก โดยลายนิ้วมือแบบมัดหมายปัดขวาสังเกตได้จากจุดสันดอนเพียงหนึ่งจุด และเส้นวกหลักอย่างน้อยหนึ่งเส้นที่ปัดไปทางทิศขวาตามชื่อมัดหวายปัดขวา

3. มัดหวายปัดซ้าย (left slant loop หรือ ulnar loop)

มีลักษณะเด่นคือ ปลายเส้นเกือกม้าปัดไปทางซ้าย หรือทางนิ้วก้อยของมือที่หงายขึ้น เรียกอีกอย่างหนึ่งได้ว่า มัดหวายปัดก้อย

4. มัดหวายคู่ หรือมัดหวายแฝด (double loop / twin loop)

ลายนิ้วมือลักษณะนี้มีจุดเด่นคือมี 2 สันดอน รูปร่างคล้ายลายนิ้วมือแบบมัดหมาย 2 รูปประกบเข้าหากัน

5. โค้งราบ (plain arch)

เป็นลักษณะลายนิ้วมือที่กล่าวได้ว่าดูง่ายที่สุด มีจุดเด่นคือเส้นวิ่งจากขอบด้านหนึ่งไปจรดอีกด้านหนึ่งในลักษณะโค้งราบตามชื่อ

6. โค้งกระโจม (tented arch)

ลักษณะคล้ายลายนิ้วมือแบบโค้งราบ แต่มีจุดที่แตกต่างชัดเจน คือ เส้นที่อยู่ตรงกลางของลายนิ้วมือมีรูปร่างพุ่งขึ้นมาจากแนวนาน หรือมีลักษณะเป็นเส้นจำนวนสองเส้นมาบรรจบกันตรงกลางก่อเป็นมุมคล้ายมุมฉากหรือมุมแหลมคม

7. ซับซ้อน (accidental whorl)

ลายนิ้วมือลักษณะนี้มีความซับซ้อนสมชื่อ เนื่องจากเป็นลายนิ้วมือที่ผสมผสานลายนิ้วมือแบบต่าง ๆ เข้าด้วยกัน โดยมีตั้งแต่ 2 สันดอนขึ้นไป

8. ก้นหอยกระเป๋ากลาง (central pocket loop whorl)

ลายนิ้วมือลักษณะนี้คล้ายกับแบบก้นหอยธรรมดา แต่มีจุดที่แตกต่างชัดเจน คือ หากลากเส้นจากสันดอนหนึ่งไปอีกสันดอน เส้นที่ลากจะไม่ตัดกับเส้นวงจรที่อยู่ภายในจึงจะแยกออกว่านี่คือ เส้นลายนิ้วมือแบบก้นหอยกระเป๋ากลาง ไม่ใช่แบบก้นหอยธรรมดา (วันบีลีฟ, 2562)

องค์ประกอบลายนิ้วมือที่ใช้ชี้บ่งเอกลักษณ์บุคคล

1. ลักษณะทั่วไป คือ ลักษณะที่สายตาทั่วไปสามารถมองเห็น และวิเคราะห์ได้แบบผิวเผิน ได้แก่ รูปแบบลายนิ้วมือ พื้นที่ทั้งหมดลายนิ้วมือ และจุดใจกลาง

2. ลักษณะเฉพาะที่ คือ โครงสร้างของเส้นลายนิ้วมือที่สามารถจำแนกได้หลายลักษณะแตกต่างกันบนลายนิ้วมือ ได้แก่

– เส้นแตก หรือ เส้นส้อม (bifurcation) คือ เส้นลายนิ้วมือที่มีปลายด้านหนึ่งแยกหรือแตกออกเป็น 2 เส้น หรือมากกว่า หรือหากมองจากอีกด้านหนึ่งจะมีเส้น 2 เส้น หรือมากกว่ามารวมกันกลายเป็นเส้นเดียว

– เส้นสั้นๆ (short ridge) คือ เส้นลายนิ้วมือที่มีขนาดเส้นสั้นกว่าเส้นลายนิ้วมือทั่วไปแต่จะไม่สั้นมากจนกลายเป็นจุด

– จุด (dot) คือ ลายเส้นนิ้วมือที่สั้นมากจนแลดูเป็นจุดหรือขีดเล็กๆ

– เส้นขาด (ending ridge) คือ เส้นลายนิ้วมือที่เป็นเส้นเดียวในแนวเดียวกับเส้นอื่นซึ่งจะมีช่องว่างเป็นรอยขาดออกจากกันจากเส้นอื่น

– เส้นทะเลสาบ (island) คือ เส้นลายนิ้วมือที่มีปลายแยกออกเป็น 2 เส้น แล้ววกกลับมารวมกันกลายเป็นเส้นเดียว ซึ่งจะมีลักษณะโค้งออกหลังการแยก และโค้งเข้าเมื่อใกล้จุดบรรจบทำให้เกิดเป็นพื้นที่ว่างตรงกลางคล้ายกับแอ่งน้ำหรือทะเลสาบ

– เส้นตะขอ คือ เส้นลายนิ้วมือที่ปลายเส้นแยกออกเป็น 2 เส้น แต่ละเส้นแยกโค้งออกจากกัน และแต่ละเส้นมีความยาวไม่เท่ากันทำให้มีลักษณะเป็นตะขอ

– เส้นอื่นๆ คือ เส้นลายนิ้วมือที่แตกต่างกับเส้นลายนิ้วมือที่กล่าวมาข้างต้น เส้นเดียวที่มีปลายแยกออกเป็น 3 เส้น เรียกว่า “trifurcation” เป็นต้น

จำนวนเส้นลายนิ้วมือ และการนับ

1. จำนวนเส้นลายนิ้วมือ คือ จำนวนเส้นลายนิ้วมือที่อยู่ระหว่างจุดใจกลางกับจุดสันดอนของลายนิ้วมือแบบมัดหวายหรือก้นหอย

2. การนับจำนวนเส้นลายนิ้วมือ คือ การนับเส้นลายนิ้วมือทุกเส้นที่สัมผัสเส้นจำลองที่ลากจากจุดใจกลางถึงจุดสันดอน ดังนั้น แบบลายนิ้วมือที่มีจุดสันดอนมากกว่า 1 จุดจะมีค่าจำนวนเส้นลายนิ้วมือสองค่า และแบบลายนิ้วมือโค้งจะจำนวนเส้นลายนิ้วมือเป็นศูนย์เนื่องจากไม่มีจุดสันดอน

ความหนาแน่นของเส้นลายนิ้ว และการนับ

1. ความหนาแน่นของเส้นลายนิ้วมือ คือ จำนวนเส้นที่สัมผัสเส้นทแยงมุมของสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีพื้นที่ 25 ตารางมิลลิเมตร ที่วางเหนือจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ

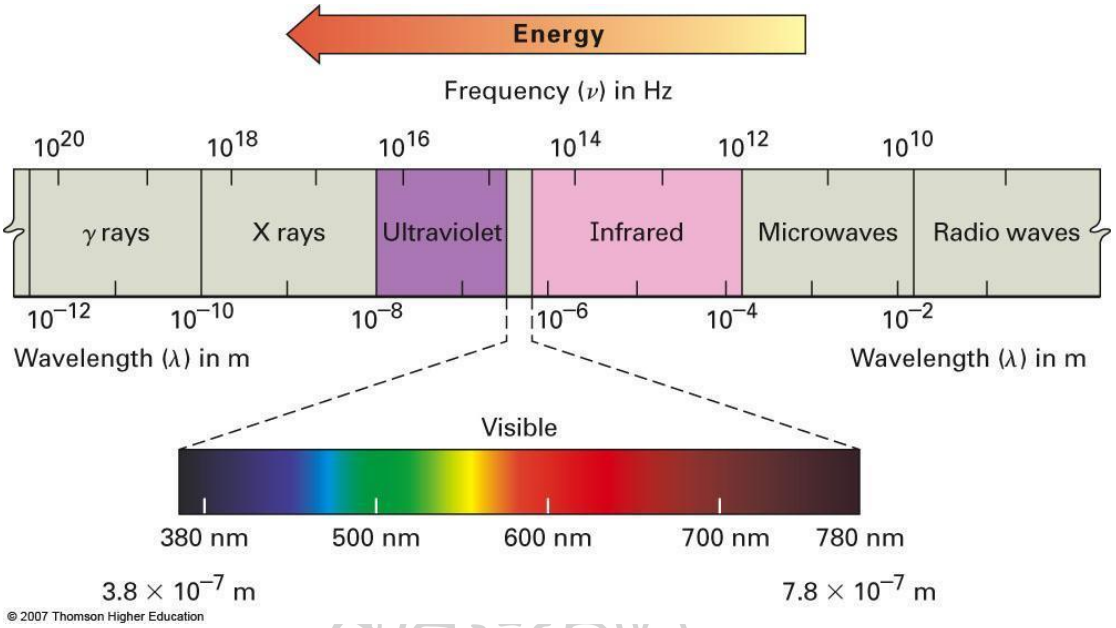
2. การนับค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของจำนวนเส้นลายนิ้วมือ คือ การนับจำนวนเส้นทุกเส้นที่สัมผัสเส้นทแยงมุมภายในสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่กำหนด 5 x 5 มิลลิเมตร ที่วางเหนือจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ เส้นที่สัมผัสเส้นทแยงมุมให้นับเป็น 1 เส้น ยกเว้นเส้นจุดไม่นับ (มหิดล, 2563)

การตรวจเก็บลายนิ้วมือแฝงมีด้วยกันหลายวิธี เช่น การปัดฝุ่น การอบซุปเปอร์กลู การรมไอโอดีน เป็นต้น วิธีการทางเคมีถูกน ามาใช้เมื่อหลายปีมาแล้วเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจร่องรอยของลายนิ้วมือที่เกิดจากเลือดโดย Leucomalachite green, amido black และ ninhydrin เป็นสารเคมีที่สามารถทำปฏิกิริยากับสารที่เป็นองค์ประกอบในเลือด (กรดอะมิโนหรือโปรตีน) แล้ว

เกิดเป็นสารประกอบที่มีสีดำและสามารถใช้ได้กับวัสดุที่มีสีพื้นสว่างหรือโปร่งใส นินไฮดริน (Ninhydrin) เป็นสารเคมีที่ทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนให้ผลเป็นสารประกอบสีม่วงที่ เรียกว่า “ Ruhemann’s purple ” และสามารถใช้ตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษได้ซึ่งมีรายงานว่า การตรวจพบลายนิ้วมือแฝงด้วยวิธีนินไฮดรินมีอายุมากกว่า 40 ปี การตรวจลายนิ้วมือแฝงบนคราบเลือดในสถานที่เกิดเหตุสามารถท าได้หลายวิธีเช่นการใช้นินไฮดรินในวัตถุมีรูพรุน การใช้ซิลเวอร์ไนเตรทในวัตถุที่เปียกและซึมได้ เป็นต้น การพัฒนาการตรวจพบลายนิ้วแฝงมือในสถานที่เกิดเหตุเป็นหลักฐานสำคัญในการจำแนกบุคคลได้ (วัลลภ เสมาทอง & ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี, 2012)

เทคนิคไมโครสโคปฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

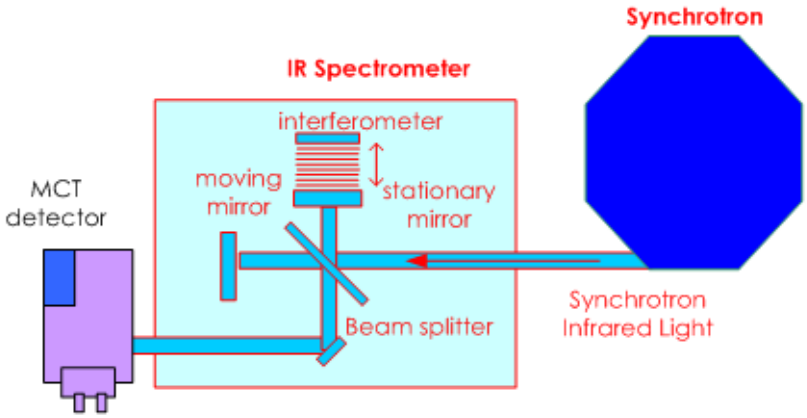
เทคนิค FT-IR Spectroscopy ย่อมาจาก Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) เป็นเทคนิคการกระตุ้นสารด้วยพลังงานแสงช่วงแสงอินฟราเรด (Infrared light) ที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ เป็นอีกเทคนิคหนึ่งที่สามารถบอกหมู่ฟังก์ชันคร่าว ๆ ในสารที่ไม่ทราบว่าเป็นสารอะไรได้ โดยเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลในตัวเครื่อง เป็นอีกเทคนิคหนึ่งที่นิยมใช้ในการตรวจยืนยันเอกลักษณ์ของสารเช่นเดียวกับเทคนิครามานสเปกโทรสโคปี ข้อดีคือเป็นเทคนิคที่สามารถตรวจวัดสารที่มีความเป็นฟลูออเรสเซนต์ได้ดี แต่เป็นเทคนิคที่ต้องสัมผัสสารโดยตรง นิยมใช้ในการตรวจสารเสพติด สารระเบิด สารตั้งต้น ฯลฯ เช่นเดียวกับเทคนิครามานสเปกโทรสโคปี เนื่องจากมีความรวดเร็วในการออกผล และถูกต้อง แม่นยำ (Scispec, 2022) เป็นการวัดปริมาณของแสงที่ถูกดูดกลืน ด้วยการกระตุ้นสารด้วยพลังงานช่วงแสงอินฟราเรด เนื่องจากโมเลกุลของสารดูดกลืนแสงอินฟราเรดเข้าไปจะทำให้พันธะในโมเลกุลเกิดการสั่นและการหมุน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ของโมเลกุล การที่โมเลกุลจะดูดกลืนแสงอินฟราเรดได้นั้นความถี่ของแสงอินฟราเรดต้องเท่ากับความถี่การสั่นของโมเลกุลของสารนั้นๆ ซึ่งสารอินทรีย์แต่ละชนิดจะมีค่าความถี่ของการสั่นที่จำเพาะและแตกต่างกันไป จึงใช้สันนิฐานหมู่ฟังก์ชันในสารได้ (NMIS, 2022)



ภาพที่ 4 ช่วงอินฟาเรด

อ้างอิง: จาก https://www.slri.or.th/th/beamline/bl41.html

การนำแสงซินโคตรอนย่านพลังงานอินฟาเรดมาใช้กับเทคนิค Infrared Spectroscopy ร่วมกับการใช้กล้องจุลทรรศน์ หรือที่เรียกว่า Synchrotron Radiation-Based IR Spectromicroscopy เป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของเทคนิค Infrared Spectroscopy ให้มีความสามารถนำไปใช้ตรวจวิเคราะห์สารตัวอย่างที่มีขนาดเล็ก หรือตัวอย่างที่มีความเข้มข้นต่ำมากๆ เนื่องมาจากมีคุณสมบัติของแสงซินโครตรอนที่ให้ความเข้มและความสว่างจ้าของแสงสูงกว่าแหล่งกำเนิดแสงทั่วไปมาก นอกจากนี้ยังช่วยให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้มีอัตราส่วนระหว่างสัญญาณและสัญญาณรบกวน (signal/noise ratio) ที่ดีขึ้น โดยไม่สูญเสียรายละเอียดเชิงพื้นที่ (Spatial resolution) และยังช่วยลดระยะเวลาตรวจวิเคราะห์เมื่อเทียบกับการใช้ Conventional IR source



ภาพที่ 5 ไดอะแกรมของเทคนิค FTIR spectrometer และ Synchrotron radiation-based IR spectromicroscopy

อ้างอิง: จาก https://www.slri.or.th/th/beamline/bl41.html

ในทางชีววิทยาช่วงที่จะใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ส่วนใหญ่เป็นช่วงอินฟาเรดกลาง (mid-IR) เป็นส่วนใหญ่ สเปคตรัมการดูดกลืนของแสงอินฟาเรดจะมีประโยชน์อย่างมากในงานวิจัยด้านตัวอย่างทางชีววิทยา โดยสามารถวัดการเปลี่ยนแปลงของโปรตีน ไขมัน หรือกรดนิวคลีอิกซึ่งจะมีสเปคตรัมการดูดกลืนอยู่ในช่วงที่แตกต่างกัน การใช้งานจึงมีประโยชน์อย่างมากในการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและโครงสร้างที่มีขนาดเล็กมากๆ ของสารชีวโมเลกุลได้ ข้อดีอีกประการหนึ่งของเทคนิคนี้คือ การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ไม่มีความยุ่งยากซับซ้อน ทำให้สามารถใช้ในการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างโดยไม่ทำลายพันธะเคมีของตัวอย่าง เนื่องจากแสงที่ใช้อยู่ในย่านพลังงานที่ค่อนข้างต่ำเกินกว่าที่จะทำลายพันธะทางเคมีหรือการทำให้เกิดปฏิกริยาการแตกตัวของโมเลกุลได้ การใช้ประโยชน์ของเทคนิคดังกล่าวมีประโยชน์อย่างยิ่งโดยเฉพาะในงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์การแพทย์และวิทยาศาสตร์ชีวภาพ เช่น การตรวจสอบโครงสร้างเนื้อเยื่อ อาทิเส้นผม ผิวหนัง กระดูก เป็นต้น ใช้เป็นเครื่องมือทางการแพทย์ในการตรวจวินิจฉัยโรค อาทิเช่น การวินิจฉัยมะเร็งปากมดลูกในระยะเริ่มต้น การตราจสอบความผิดปกติของเซลล์สมองที่เป็นสาเหตุของโรงอัลไซเมอร์ การตรวจวินิจฉัยโรคกระดูกพรุน ร่วมไปถึงงานวิจัยด้านเซลล์ต้นกำเนิด (Stem cell)

เทคนิค FTIR microspectroscopy สามารถนำมาใช้ศึกษาองค์ประกอบของการเปลี่ยนแปลงสารชีวโมเลกุลจากตัวอย่างเซลล์หรือเนื้อเยื่อที่สนใจ ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็น Spectral signature ของตัวอย่างที่สนใจได้ โดยลักษณะสเปคตรัมจาก IR จะให้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เป็นต้น ที่เป็นลักษณะสเปคตรัมของการดูดกลืนแสงอินฟาเรดในสารแต่

ละชนิด ทำให้สามารถสร้างเป็น Molecular fingerprint ขององค์ประกอบสารชีวเคมีในตัวอย่างเซลล์หรือเนื้อเยื่อได้ (สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน, 2562)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์สารเคมีบนรอยลายนิ้วมือแฝง ด้วยเทคนิคไมโครสโคป-ฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี (Microscope-Fourier Transform Infrared Spectroscopy; Microscope-FTIR) สำหรับการประยุกต์ใช้ทางนิติวิทยาศาสตร์ ได้มีการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในส่วนวิธีการ และเทคนิคที่เกี่ยวข้อง

มีการศึกษาการตรวจจับร่องรอยของการสัมผัสสารเสพติดและวัตถุระเบิดบนรอยนิ้วในปี 2008 มือโดยใช้เทคนิค Fourier Transform Infrared (FTIR) และ Raman spectroscopy เพื่อแยกแยะความ แตกต่างของสารเคมีบนรอยลายนิ้วมือซึ่งผลการทดลองพบว่าสามารถแยกแยะรอยลายนิ้วระหว่างเด็กและ ผู้ใหญ่ได้และพบว่าเทคนิคทั้งสองสามารถตรวจจับร่องรอยการสัมผัสได้ (Jickells, 2008)

ในปี 2005 พัฒนาเทคนิคสำหรับการตรวจหารอยลายนิ้ว จากการถ่ายภาพโดยอนุภาคแม่เหล็กที่เคลือบ โปรตีนที่ติดฉลากด้วยเศษสีย้อมใช้ FTIR-spectroscopy ใน การตรวจสารเคมีที่อาจติดมาสู่รอยลายนิ้วมือ พบว่าสามารถใช้ตรวจสอบได้ดี โดยมีการใช้ร่วมกับกล้องจุลทรรศน์ ทำ ให้สามารถตรวจได้ทั้งรอยลายนิ้วมือ และวัสดุที่อาจจะติดมาได้และ การตรวจรอยลายนิ้วมือแฝงและสิ่งปนเปื้อนที่อาจติดมากับรอยลายนิ้วมือ แฝง โดยควบคุมสภาวะแวดล้อมที่ศึกษาต่อเวลา (Grant et al., 2005) ในปี 2008 มีการศึกษาการพัฒนาการหารอยลายนิ้วมือบนวัสดุที่มีรูพรุนและไม่มีรู พรุนเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ principal components analysis (PCA) ซึ่งเป็นวิธีทั่วไปที่ใช้พิสูจน์เอกลักษณ์ บุคคลได้ดี (Hazarika et al., 2008)

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการประยุกต์การถ่ายภาพโดยเทคนิค Vibrational spectroscopy ซึ่งใช้ในการถ่ายภาพและตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวของวัสดุต่าง ๆ โดยเป็นการสร้าง ลายนิ้วมือขึ้นใหม่จาก eccrine ที่ตกค้างและไขมันจากสารประกอบภายนอก และสามารถแยกแยะองค์ประกอบของลายนิ้วมือที่มีการทับซ้อนกันได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังสามารถตรวจไปถึงสารบางตัวที่ อาจหลงเหลือในรอยลายนิ้วมือเพื่อที่จะสามารถบอกถึงประวัติการสัมผัสของผู้คนนั้นจากรอยลายนิ้วมือแฝง ได้ (Chen et al., 2009) อีกทั้งยังมีการศึกษาการใช้เทคนิค FT-IR micro spectroscopy ในการวิเคราะห์สารที่ตกค้างอยู่บนรอยลายนิ้วมือ ซึ่งเป็นเทคนิคที่มีความสามารถในการวิเคราะห์ในระดับประมาณ 10 ไมโครเมตรโดยสามารถวิเคราะห์ตัวอย่างได้โดยไม่ทำลายตัวอย่างในการ ทดลองนี้สามารถตรวจพบสารทีตกค้างได้ (Williams et al., 2004)

ซึ่งเทคนิคในการวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือมีหลากหลายเทคนิคให้เลือกวิเคราะห์ แต่ด้วยวิธีการทางสเปกโตรสโกปีมีความสำคัญในการวิเคราะห์ลายนิ้วมือที่ใช้เพื่อระบุองค์ประกอบทางเคมีที่มีอยู่และวิเคราะห์การคงอยู่ของสารเมื่อเวลาผ่านไป โดยเปรียบเทียบความแปรผันในปัจจัยทางกายภาพของเจ้าของลายนิ้วมือ ซึ่งวิธีไมโครสโคปีนั้นเป็นวิธีการสร้างภาพทางเคมี คือการใช้ไมโครสเปกโตรสโคปีอินฟราเรดสามารถจับภาพสารเคมีบนรอยลายนิ้วมือ ซึ่งในงานวิจัยนี้เป็นการใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการถ่ายภาพรอยลายนิ้วมือระหว่างเทคนิค Fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopy และ เทคนิค X-ray fluorescence microscopy นอกจากนี้ยังมีการนำเอาเทคนิคการวิเคราะห์ไอออนและโลหะ ที่อาจเจอได้ในรอยลายนิ้วมือมาประยุกต์ใช้ร่วมด้วย (Boseley et al., 2022)

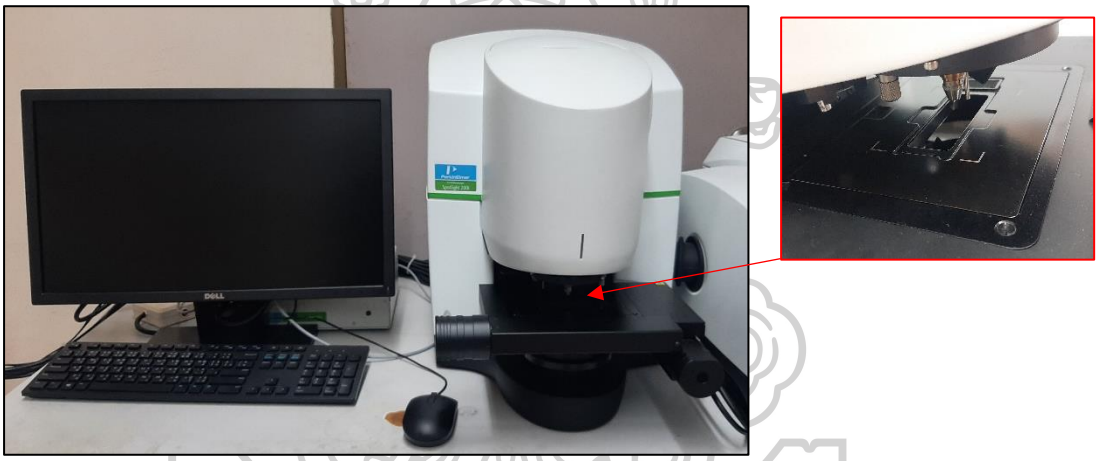
นอกจากนี้เทคนิค microscopy ATR-FTIR spectroscopy ยังถูกนำมาใช้ในงานวิจัยทางด้านนิติวิทยาศาสตร์อีกหลากหลาย ตัวอย่างเช่นการวิเคราะห์เส้นใย หรือสิ่งทอประเภทต่าง ๆ เห็นได้ว่าเส้นใยมีการศึกษาในหลายแขนงทั้งในด้านการอนุรักษ์ และการวิเคราะห์หาการเสื่อมสภาพของเส้นใยตามระยะเวลาในการเก็บรักษาสภาพ (Coletti et al., 2021) และมีงานวิจัยที่นำเอาเทคนิค microscopy ATR-FTIR ไปใช้วิเคราะห์สารเคมีบนวัสดุต่าง ๆ ที่แตกต่างกัน เมื่อถูกสัมผัสด้วยนิ้วมือ โดยมีการใช้ Raman spectroscopy ร่วมด้วย พบว่าผลการวิเคราะห์ที่ได้สามารถวิเคราะห์สารเคมีที่ติดอยู่ได้ และยังไม่ทำลายตัวอย่างเหมือนกับเทคนิคการเก็บรอยลายนิ้วมือ ๆ ที่ต้องมีการใช้ผงฝุ่นดำที่ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์สารที่ติดอยู่บนรอยลายนิ้วมือได้ (Ewing & Kazarian, 2017)

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 3
วิธีวิจัย

เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องมือในการศึกษาวิจัย คือ Microscope-Fourier Transform Infrared Spectrometer (Microscope-FTIR) รุ่น Spotlight 200i ยี่ห้อ Perkin Elmer ซึ่งในส่วนของอุปกรณ์ที่นำมาเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์ตัวอย่าง Single Reflection Attenuated total reflectance (ATR) ชนิด Ge Crystal ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ประกอบรวมอยู่กับกล้องจุลทรรศน์อินฟาเรด มีพื้นที่สัมผัสกับตัวอย่างขนาดเล็กรูปกรวย ทำให้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างไม่จำเป็นต้องเตรียมตัวอย่าง



ภาพที่ 6 เครื่อง Microscope-Fourier Transform Infrared Spectrometer (Microscope-FTIR) รุ่น Spotlight 200i ยี่ห้อ Perkin Elmer

อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัยคือ กระจกสไลด์สำหรับกล้องจุลทรรศน์ ยี่ห้อ SAIL BRAND, กระดาษเช็ดทำความสะอาดยี่ห้อ Kimberly-Clark และ อะซิโตน (Acetone) ยี่ห้อ RCI Labscan

สารเคมี

สารเคมีตัวอย่างที่ใช้เป็นสารที่สามารถหาได้จากภายในห้องปฏิบัติ ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ และสารเสพติดที่ได้รับความอนุเคราะห์จากสถานีตำรวจ รวมทั้งหมด 6 ตัวอย่าง คือ คาเฟอีน (Caffeine), พาราเซตามอล (Acetaminophen), ผงกระท่อม (Kratom powder), ดินปืน (Gunpowder), เมทแอมเฟตามีน (Methamphetamine) ในรูปแบบผลึกสีขาว และแบบอัดเม็ด

ภาพที่ 7 สารเคมีตัวอย่าง

A; คาเฟอีน (Caffeine), B; พาราเซตามอล (Acetaminophen) ผ่านการบดเรียบร้อยแล้ว,
C; ผงกระท่อม (Kratom powder), D; ดินส่งกระสุน (Gunpowder),
E; เมทแอมเฟตามีน (Methamphetamine) รูปแบบผลึกสีขาว,
F; เมทแอมเฟตามีน (Methamphetamine) รูปแบบอัดเม็ด (ผ่านการบดเรียบร้อยแล้ว)

วิธีการทดลอง

1. การตั้งค่าสภาวะของเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

โปรแกรมที่ใช้ PerkinElmer Spectrum โดยการตั้งค่าการวิเคราะห์ดังนี้

ตารางที่ 1 การตั้งค่าสภาวะในการวิเคราะห์ตัวอย่าง

Parameter Name	Value
Wavenumber	4000-600 cm^{-1}
Accumulations	32 scans
Resolutions	4 cm^{-1}

2. การดำเนินการวิจัยทดลอง

2.1 ทำความสะอาดกระจกสไลด์ด้วยอะซิโตน และเช็ดด้วยกระดาษทำความสะอาด เพื่อลดการปนเปื้อนจากสารอื่น ๆ และฝุ่นผงที่อาจรบกวนในการวิเคราะห์ตัวอย่าง

2.2 ทำความสะอาดบริเวณมือและนิ้วมือของผู้ทดลอง จากนั้นสัมผัสบริเวณใบหน้า และหยิบจับหรือสัมผัสกับสารเคมีตัวอย่าง

2.3 ประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ โดยกำหนดระยะเวลาที่ปล่อยให้สารเคมีตัวอย่างอยู่บนนิ้วมือก่อนประทับลงบนกระจกสไลด์ ดังนี้

2.3.1 สัมผัสแล้วประทับลายนิ้วมือทันที และทิ้งไว้ 1, 3, และ 6 ชั่วโมง แล้วประทับลายนิ้วมือ

2.3.2 สัมผัสแล้วทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง และล้างมือแบบถูมือผ่านน้ำ โดยไม่ใช่สบู่ล้างมือก่อนประทับลายนิ้วมือ

2.4 นำกระจกสไลด์ไปวิเคราะห์สารเคมีที่หลงเหลืออยู่บนรอยลายนิ้วมือแฝงด้วยเทคนิค Microscope-FTIR

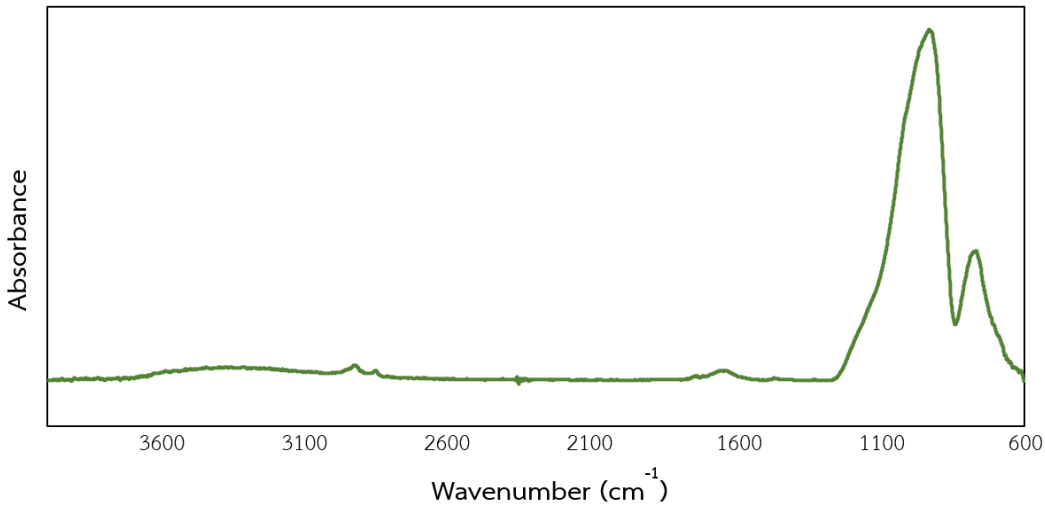
2.5 วิเคราะห์ผลสเปกตรัมที่ได้

มหาวิทยาลัยศิลปากร

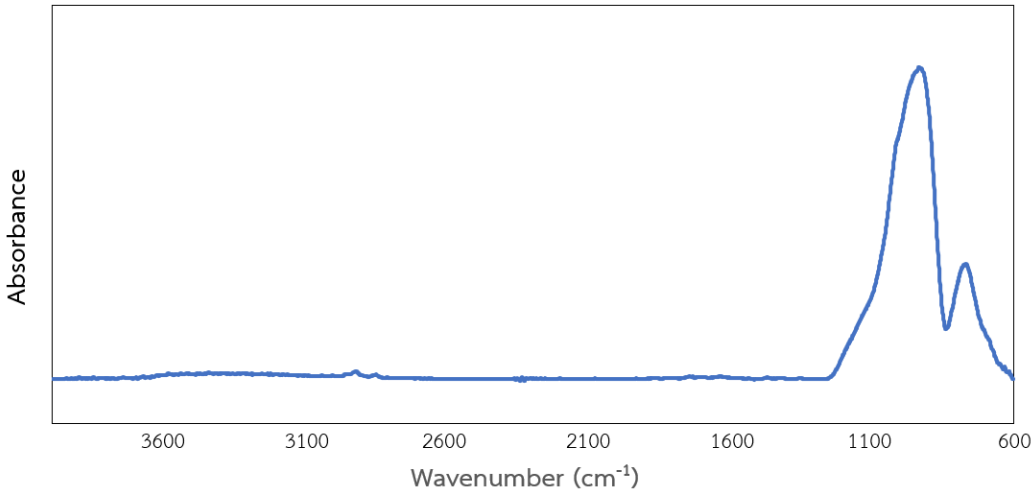
บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการศึกษาความคงอยู่ของสารเคมีที่ปนเปื้อนบนรอยลายนิ้วมือแฝง ด้วยเทคนิค Microscope-Fourier transform infrared spectroscopy (Microscope-FTIR) ในการตั้งค่าสภาวะในการวิเคราะห์สารตัวอย่าง เลือกใช้เลขคลื่น (Wavenumber) 4000 – 600 cm^{-1} เป็นรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดรังสีอินฟาเรดช่วงกลาง (4000-200 cm^{-1}) ซึ่งเครื่องมือที่ใช้สามารถวิเคราะห์ได้ตั้งแต่ 4000 – 450 cm^{-1} แต่ที่เลือกใช้เลขคลื่น 4000 – 600 cm^{-1} เนื่องมาจากช่วงตั้งแต่ 600 cm^{-1} ลงไป ผลของสเปกตรัมที่ได้จะเกิดการรบกวน (Noise) ทำให้สเปกตรัมที่ได้ไม่สามารถวิเคราะห์ผลได้ โดยใช้จำนวนครั้งในการสแกน 32 รอบ ซึ่งจะช่วยเพิ่มความละเอียดของผลสเปกตรัมที่วิเคราะห์ได้ และมีความละเอียดในการสแกน (Resolutions) อยู่ที่ 4 cm^{-1} ซึ่งให้ความละเอียดของสเปกตรัมเพียงพอในการวิเคราะห์พีคต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ โดยเทคนิค Microscope-FTIR ให้ผลลัพธ์ข้อมูลเป็นภาพถ่ายในระดับไมโครเมตร และสเปกตรัมของสารเคมีที่วิเคราะห์ได้

โดยในการทดลองจะทำการวิเคราะห์กระจกสไลด์ที่ผ่านการทำความสะอาดเรียบร้อยแล้ว แสดงสเปกตรัมดังภาพที่ 8 เพื่อใช้เทียบกับรอยลายนิ้วมือแฝงที่ถูกประทับลงบนกระจกสไลด์หลังจากผ่านการสัมผัสบริเวณในหน้าแสดงสเปกตรัมดังภาพที่ 9 และเพื่อตรวจสอบพีคที่อาจขึ้นรบกวนการวิเคราะห์สารเคมีตัวอย่าง

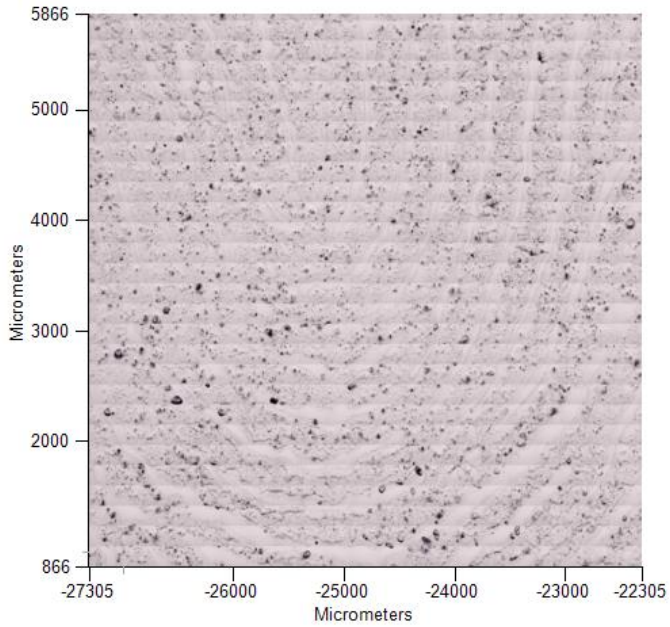


ภาพที่ 8 สเปกตรัมของกระจกสไลด์ที่ผ่านการทำความสะอาด



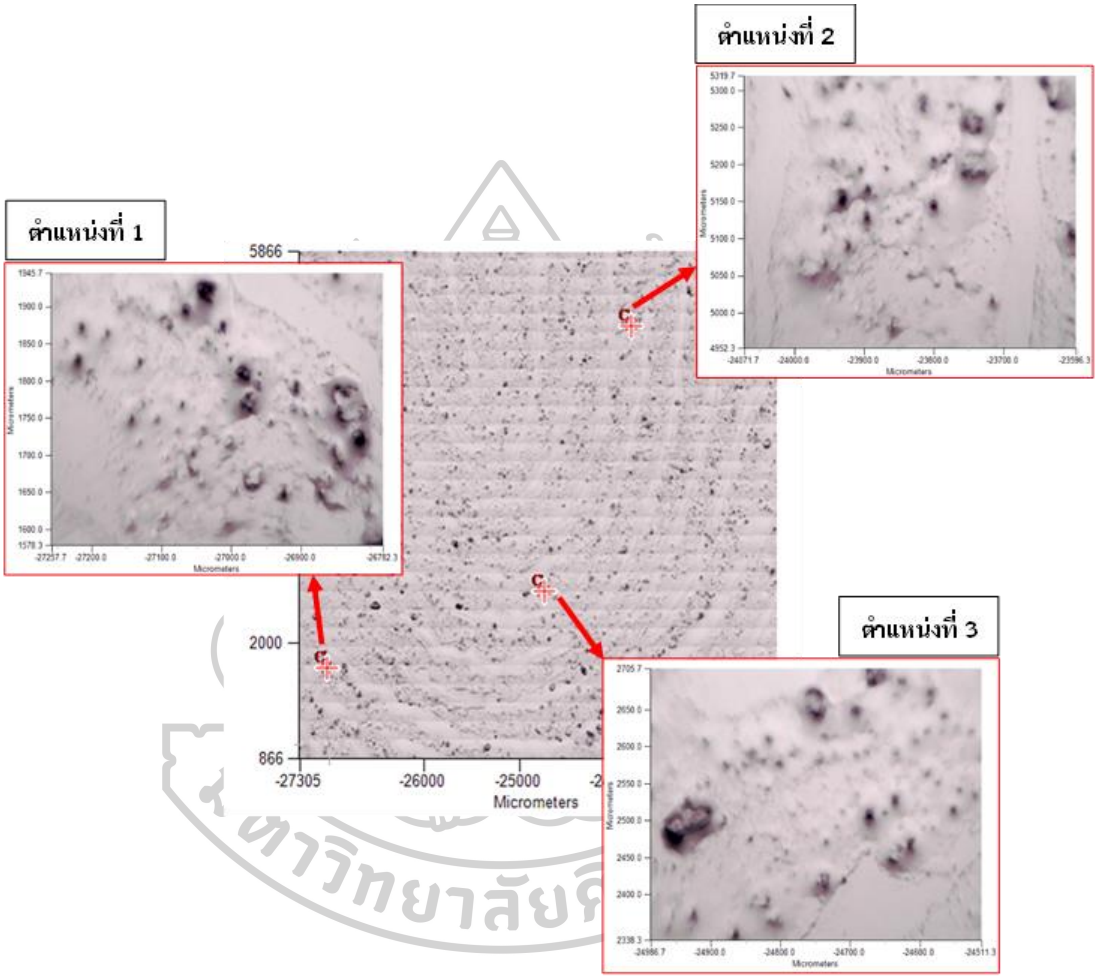
ภาพที่ 9 สเปกตรัมของรอยลายนิ้วมือแฝงหลังสัมผัสบริเวณใบหน้า

จากภาพที่ 8 และ 9 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกัน ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าสเปกตรัมไม่มีความแตกต่างกัน และเมื่อถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์ในระดับไมโครเมตร โดยเลือกพื้นที่ในการถ่ายภาพ 5000 x 5000 ไมโครเมตร แสดงดังภาพที่ 10 เมื่อพิจารณาภาพที่ได้จะเห็นว่าสามารถถ่ายให้เห็นรอยลายนิ้วมือได้ชัดเจนทั้งเส้นร่องและเส้นนูน ซึ่งเป็นข้อดีของเทคนิคนี้ที่สามารถถ่ายภาพและเก็บข้อมูลไว้เป็นฐานข้อมูลเพื่อพิสูจน์เอกลักษณ์ของบุคคลได้



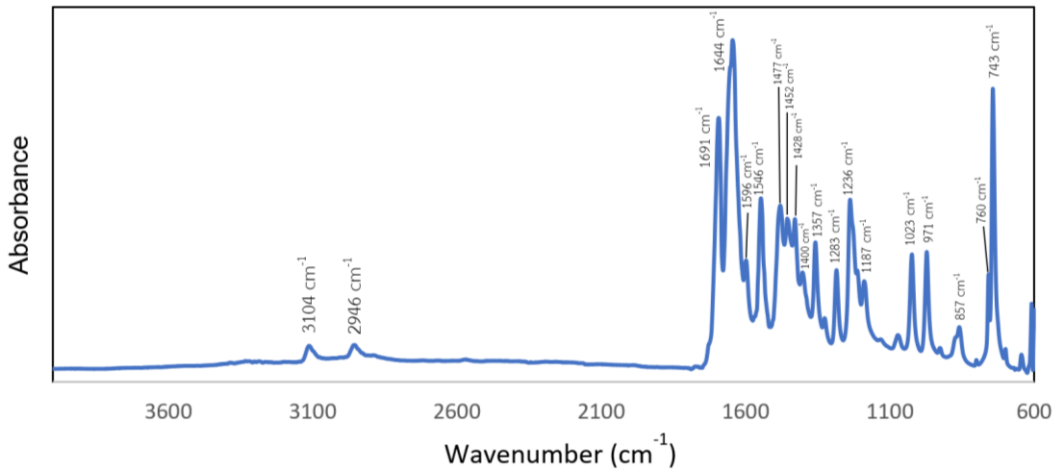
ภาพที่ 10 แสดงภาพรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสบริเวณในหน้า ก่อนประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อินฟาเรด

จากภาพที่ 10 จะเห็นเป็นร่องของลายนิ้วมือชัดเจน โดยภาพมีขนาด 5,000 x 5,000 ไมโครเมตร โดยทั้งสองแกนจะแสดงตำแหน่งของภาพบนกระจกสไลด์ที่เลือกบริเวณถ่ายภาพมา ซึ่งในการวิเคราะห์จะทำการเลือก 3 ตำแหน่งมาวิเคราะห์เพื่อให้มีความกระจายในการเลือกวิเคราะห์ โดยแต่ละตำแหน่งสามารถขยายดูบริเวณที่ต้องการวิเคราะห์ได้แสดงดังภาพที่ 11



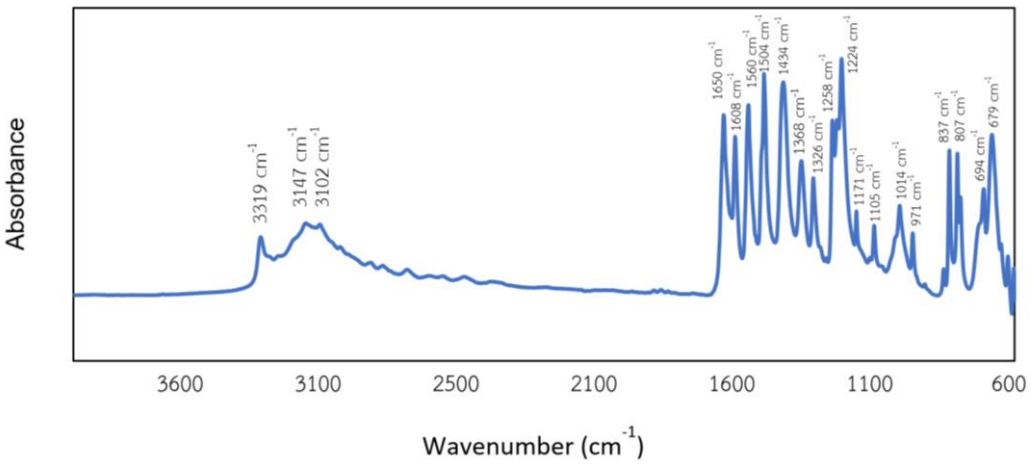
ภาพที่ 11 แสดงบริเวณขยายของตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสบริเวณในหน้า ก่อนประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อินฟาเรด ประกอบด้วยตำแหน่งที่ 1, 2 และ 3

จากนั้นจึงได้มีการวิเคราะห์สารตัวอย่างทั้ง 6 ตัวอย่าง เพื่อดูความแตกต่างของสเปกตรัมที่ได้ โดยในการเลือกใช้สารตัวอย่างที่เป็นสารที่สามารถหาได้จากภายในห้องปฏิบัติ ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ นั่นคือ คาเฟอีนซึ่งมีการนำไปใช้ในทางที่ผิดกฎหมายคือ ใช้เป็นส่วนผสมในยาเสพติดเพื่อลดปริมาณการใช้ของเมทแอมเฟตามีน เช่นเดียวกับพาราเซตามอลที่เป็นส่วนผสมกับสารเสพติดบางชนิดที่สามารถใช้เป็นยาทางการแพทย์ แต่ถ้าหากใช้ในปริมาณที่มากเกิดอาจส่งผลให้เสพติดได้ และกระท่อม ถึงแม้จะเป็นพืชที่ถูกออกจากยาเสพติดให้โทษ ตามพระราชบัญญัติยาเสพติดให้โทษ (ฉบับที่ 8) พ.ศ. 2564 แต่ยังคงต้องมีข้อควรระวังในการบริโภค เนื่องจากมีสารที่ออกฤทธิ์กดประสาทส่วนกลาง และดินส่งกระสุนที่อาจพบได้จากกระสุนที่เกิดระเบิดโดยที่ยังเผาไหม้ไม่หมด และมีตัวอย่างสารเสพติดจริงประเภทเมทแอมเฟตามีน อีก 2 รูปแบบ ซึ่งผลที่ได้ดังแสดงสเปกตรัมต่อไปนี้



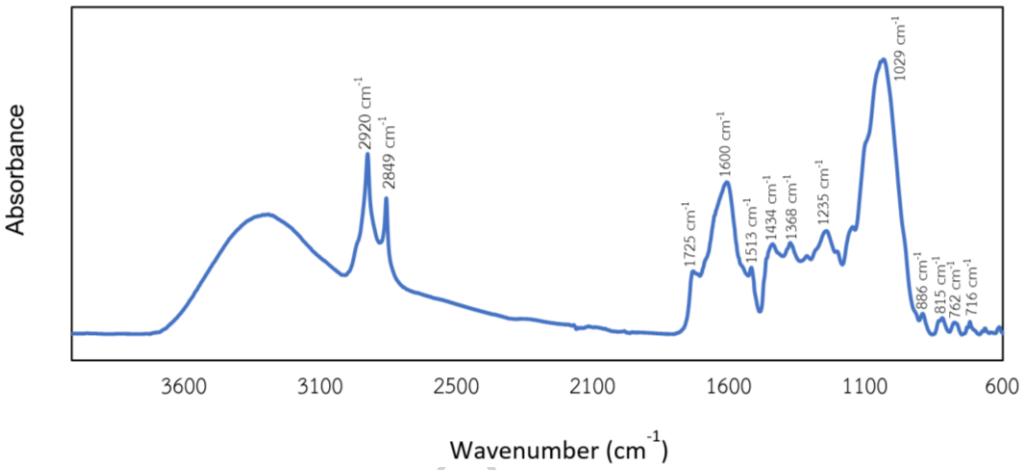
ภาพที่ 12 สเปกตรัมของคาเฟอีน

ลักษณะสเปกตรัมของคาเฟอีนปรากฏในภาพที่ 12 แสดงพีคที่ตำแหน่ง 1557 – 1596 cm^{-1} ซึ่งเกิดจากการ stretching ของ หมู่ C=C หรือ C=N, ตำแหน่ง 1691 cm^{-1} ซึ่งเกิดจากหมู่ C=O, ตำแหน่ง 2946 cm^{-1} ซึ่งเกิดจาก หมู่ $-CH_3$, และ ตำแหน่ง 3104 cm^{-1} ซึ่งเกิด หมู่ -CH (ELISABETH et al., 1991)



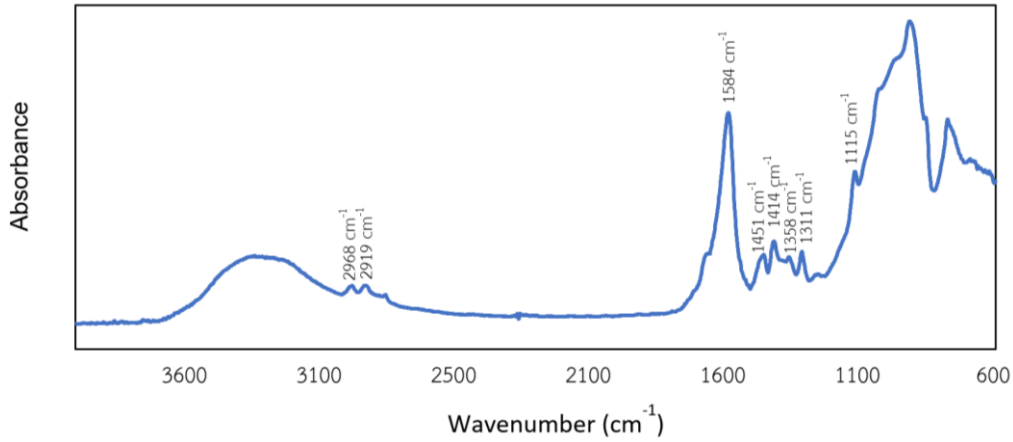
ภาพที่ 13 สเปกตรัมของพาราเซตามอล

ลักษณะสเปกตรัมของพาราเซตามอล แสดงพีคที่ตำแหน่ง 3319 cm^{-1} และ 3140-3102 cm^{-1} ของ หมู่ O-H และ CH_3 ตามลำดับ, ตำแหน่ง 1650 cm^{-1} และ 1608 cm^{-1} ซึ่งเกิดจากการ stretching ของ หมู่ C=O หรือ C=C ตามลำดับ, และ ตำแหน่ง 1560 cm^{-1} ซึ่งเกิดจากหมู่ N-H amide II, Asymmetrical bending ของพันธะ C-H แสดงที่ตำแหน่ง 150 cm^{-1}, และการ stretching ของ C-C แสดงที่ 1434 cm^{-1}, พีคที่ตำแหน่ง 1368-1326 และ 1258-784 cm^{-1} แสดงถึง symmetrical bending ของ C-H และ C-N (aryl) stretching ตามลำดับ, พีคที่เกิดจากการ stretching ของ C-O และ C-N (amide) ปรากฏที่ตำแหน่ง 1171 และ 971 cm^{-1}, และที่ตำแหน่ง 837 และ679 cm^{-1} แสดงพีคบริเวณวงอะโรมาติก (Trivedi et al., 2015)



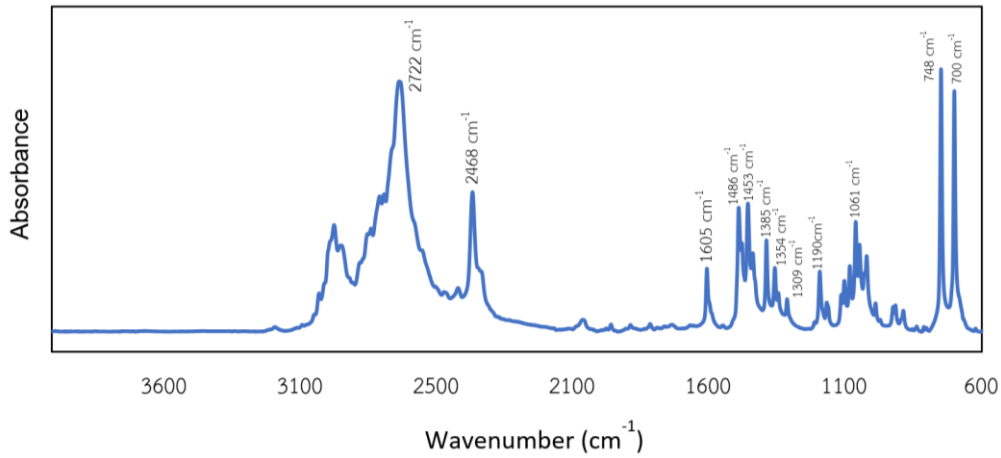
ภาพที่ 14 สเปกตรัมของผงกระท่อม

สเปกตรัมของผงกระท่อม หรือ Tetrahydrocannabinol (THC) แสดงพีคที่ 1600 cm^{-1} แนน -C=C- ในวงอะโรมาติก 1434 cm^{-1} (CH_2, CH_3 , aliphatic), 1252 cm^{-1} (carboxylic) และ 886 -716 cm^{-1} ($C=CH_2$) (Geskovski et al., 2021)

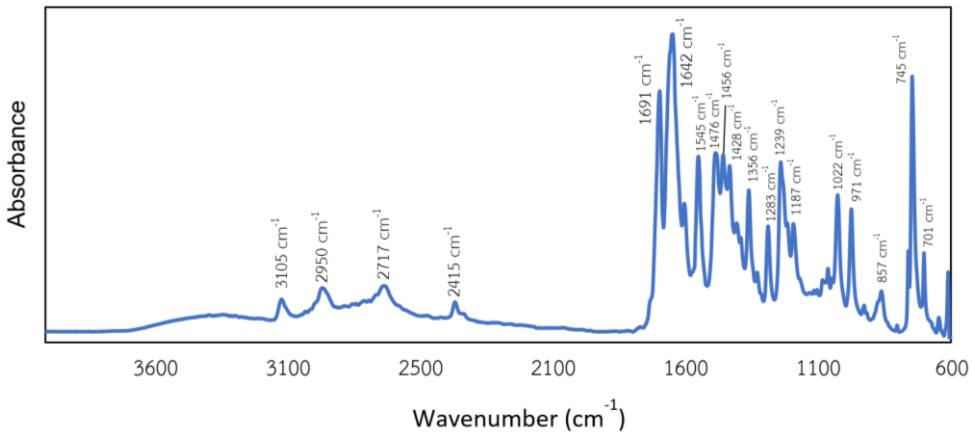


ภาพที่ 15 สเปกตรัมของดินส่งกระสุน

ลักษณะของสเปกตรัมดินส่งกระสุนจะวิเคราะห์อยู่ที่บริเวณ 1800 – 600 cm^{-1} โดยพีคที่ขึ้นนั้นจะเด่งชัดที่บริเวณ 1584, 1414 และ 1311 cm^{-1} แสดงตำแหน่งของ NO_2 asymmetric และ symmetric stretching และ NO stretching, ตามลำดับ (Bueno et al., 2013)



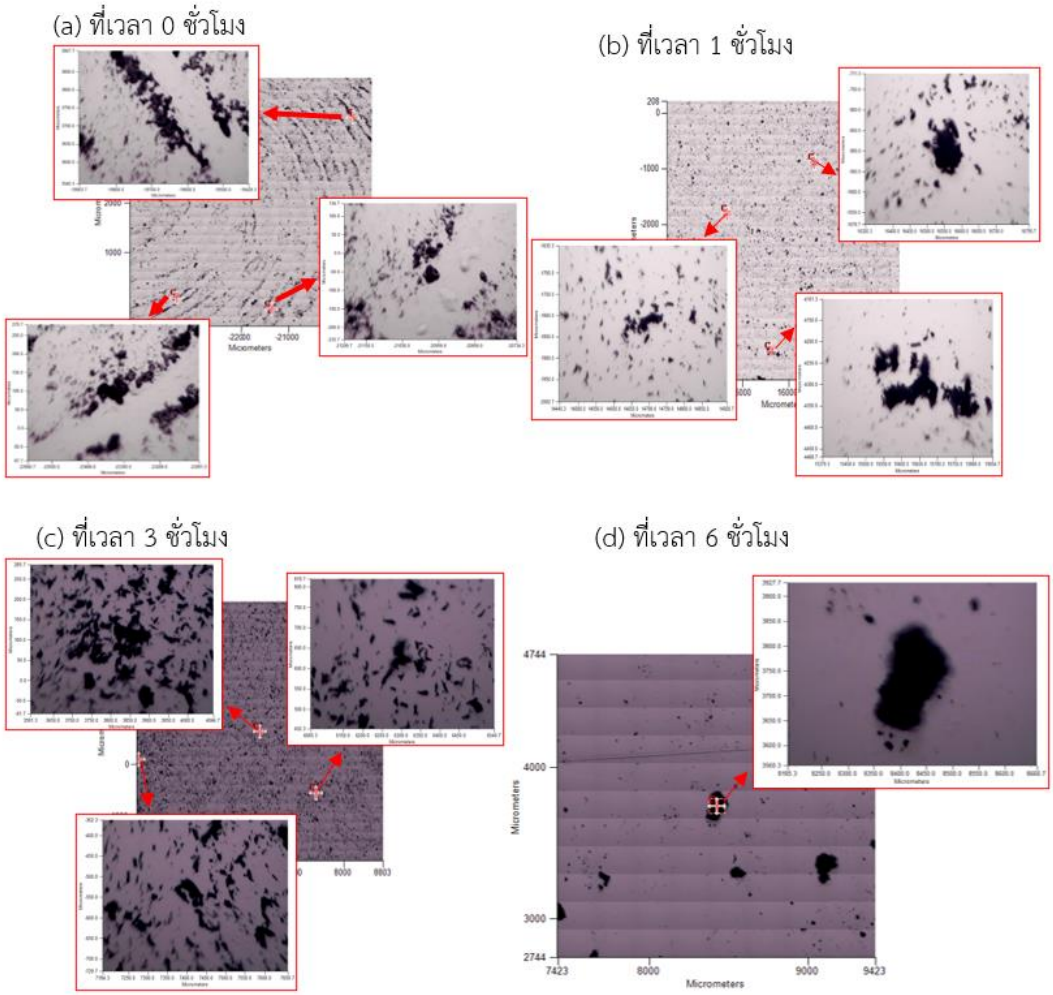
ภาพที่ 16 สเปกตรัมของเมทแอมเฟตามีนรูปแบบผลึกสีขาว



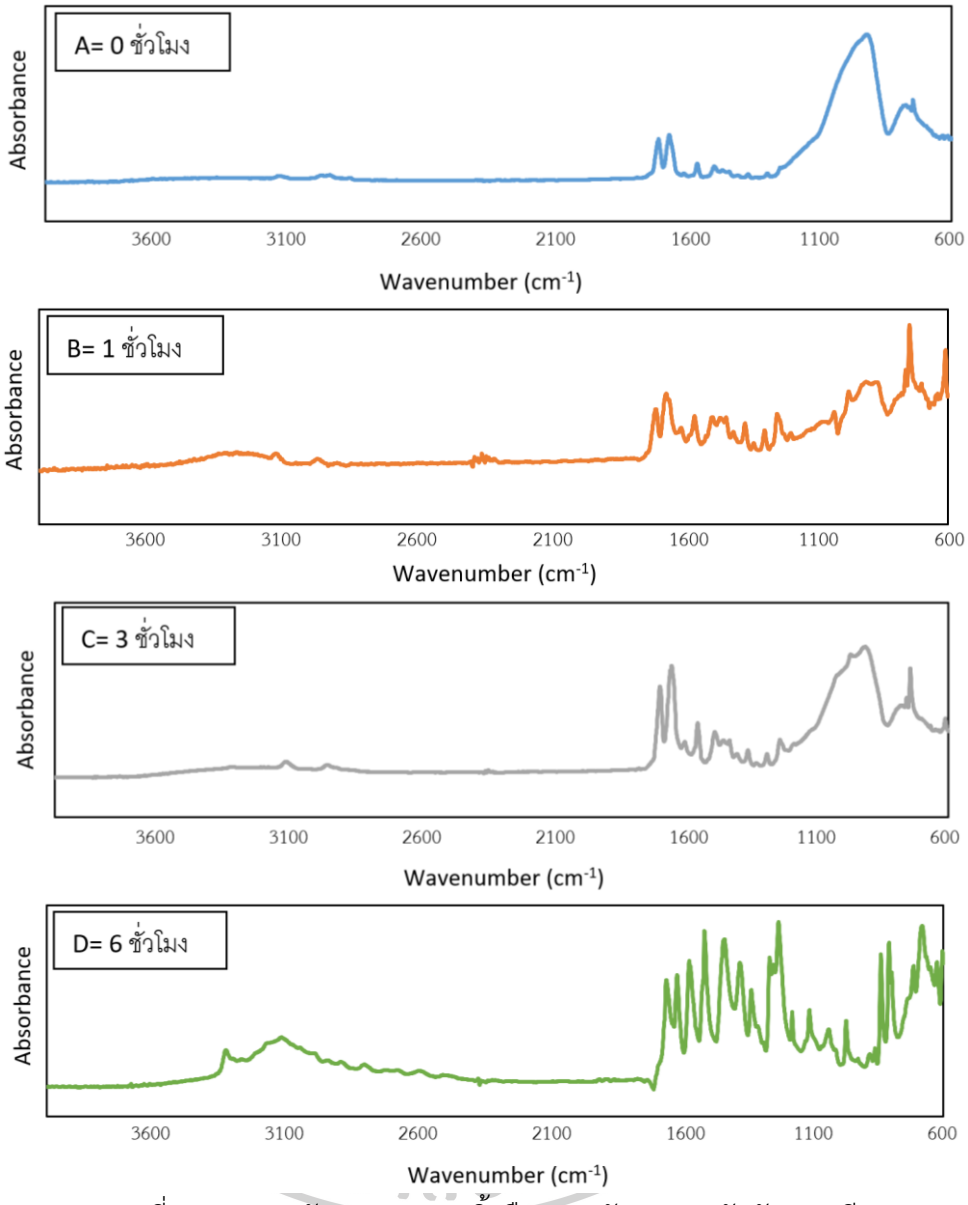
ภาพที่ 17 สเปกตรัมของเมทแอมเฟตามีนรูปอัดเม็ดที่ผ่านการบดก่อนวิเคราะห์

จากภาพที่ 16 และ 17 แสดงสเปกตรัมของเมทแอมเฟตามีนในรูปแบบของปริมาณที่ต่างกัน โดยภาพที่ 16 จะมีความบริสุทธิ์ของเมทแอมเฟตามีน และมีปริมาณเยอะกว่าซึ่งจะอยู่ในรูปแบบผลึกสีขาว ในขณะที่ภาพที่ 17 เป็นสเปกตรัมของเมทแอมเฟตามีนในรูปแบบอัดเม็ดซึ่งจะมีปริมาณเมทแอมเฟตามีนอยู่น้อยกว่าและยังมีสารอื่นผสมอยู่ด้วย อย่างเช่น 1691 cm^{-1} ซึ่งเกิดจากหมู่ C=O ที่เป็นพีคของคาเฟอีนที่ปนอยู่ด้วย และพีคที่แสดงว่าเป็นเมทแอมเฟตามีน ที่ตำแหน่ง 700 cm^{-1} (C-H aromatic), 748 cm^{-1} (C-H aromatic), 1061 cm^{-1} (CH_3), 1486 cm^{-1} (CH_2), 1453 cm^{-1} (C=C aromatic), 1605 cm^{-1} N-H, 2722 cm^{-1} (C-H) (Riyanto & Nas, 2016)

โดยในการวิจัยได้มีการออกแบบการทดลองการวิเคราะห์ความคงอยู่ของสารเคมีที่ปนเปื้อนบนรอยลายนิ้วมือการสัมผัสสารเคมีตัวอย่างแล้วประทับลายนิ้วมือแล้วทิ้งไว้เป็นเวลา 0, 1, 3, และ 6 ชั่วโมง และประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ที่ผ่านการทำความสะอาดเรียบร้อยแล้ว ผลที่ได้จากการใช้เทคนิค Microscope-FTIR ประกอบได้ด้วยภาพที่ถ่ายจากล้องจุลทรรศน์อินฟาเรด และสเปกตรัมของสารเคมีที่วิเคราะห์ได้

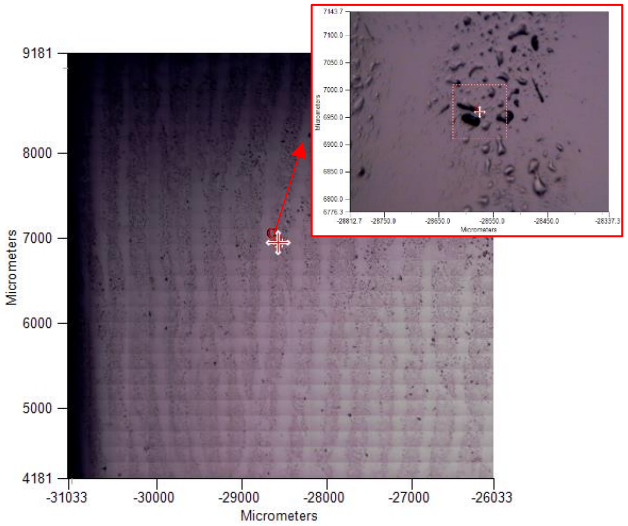


ภาพที่ 18 แสดงบริเวณขยายของตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสคาเฟอีนแล้วประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อินฟาเรด (a) ที่เวลา 0 ชั่วโมง, (b) ที่เวลา 1 ชั่วโมง, (c) ที่เวลา 3 ชั่วโมง, (d) ที่เวลา 6 ชั่วโมง

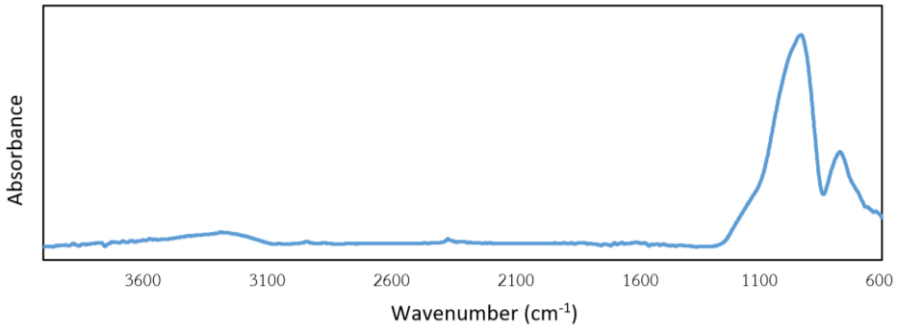


ภาพที่ 19 สเปกตรัมของรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสคาเฟอีน แล้วประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ที่เวลาต่าง ๆ (A) ที่เวลา 0 ชั่วโมง, (B) ที่เวลา 1 ชั่วโมง, (C) ที่เวลา 3 ชั่วโมง, (D) ที่เวลา 6 ชั่วโมง

จากสเปกตรัมจะเห็นได้ว่าแม้เวลาผ่านไปถึง 6 ชั่วโมงยังคงสามารถวิเคราะห์คาเฟอีนบนรอยลายนิ้วมือแฝงได้ เนื่องจากลักษณะของคาเฟอีนที่เป็นผงละเอียดสีขาวติดอยู่บนรอยลายนิ้วมือ ในลำดับถัดมาได้มีการทดลองด้วยการล้างนิ้วมือที่สัมผัสสารตัวอย่างเป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยในการล้างมือจะเป็นการล้างมือผ่านน้ำ ไม่ใช้สบู่ จากนั้นประทับนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Microscope-FTIR ผลที่ได้แสดงดังนี้

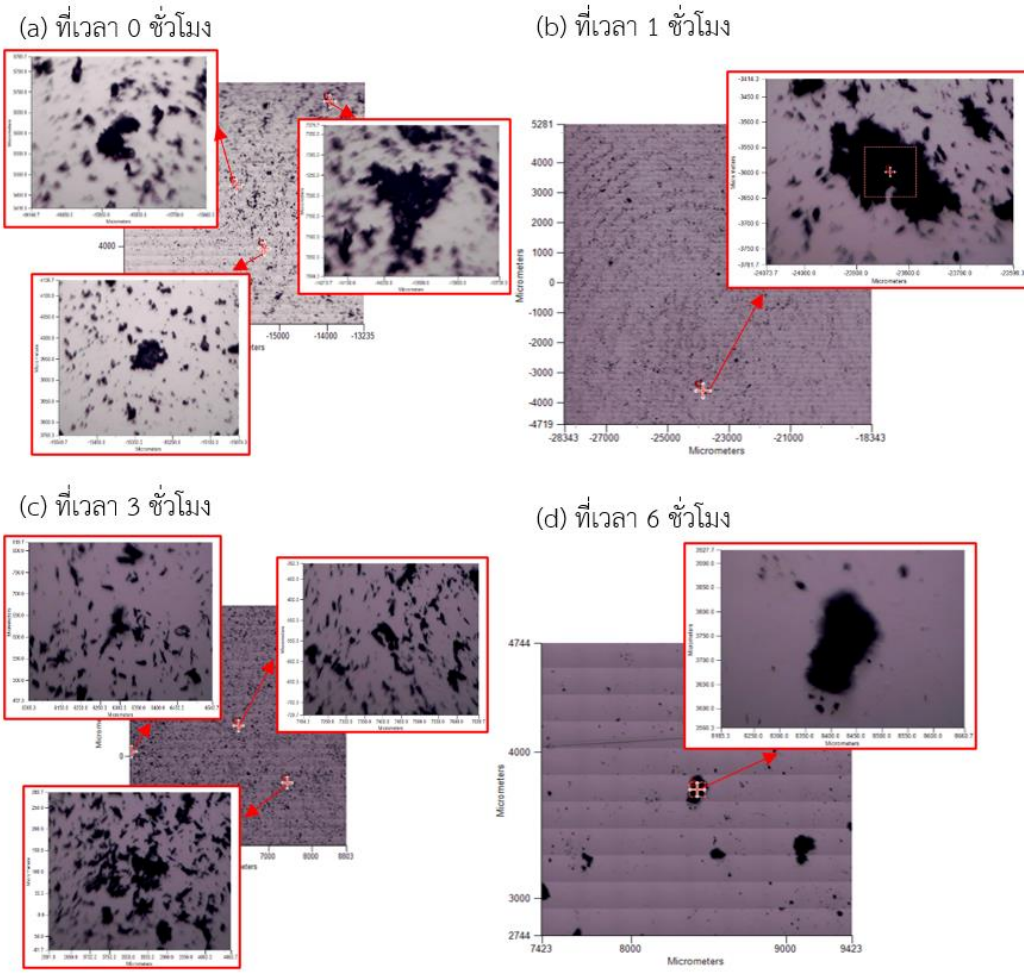


ภาพที่ 20 แสดงบริเวณขยายของตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสคาเฟอีนแล้วล้างมือก่อนทำการประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อินฟาเรด

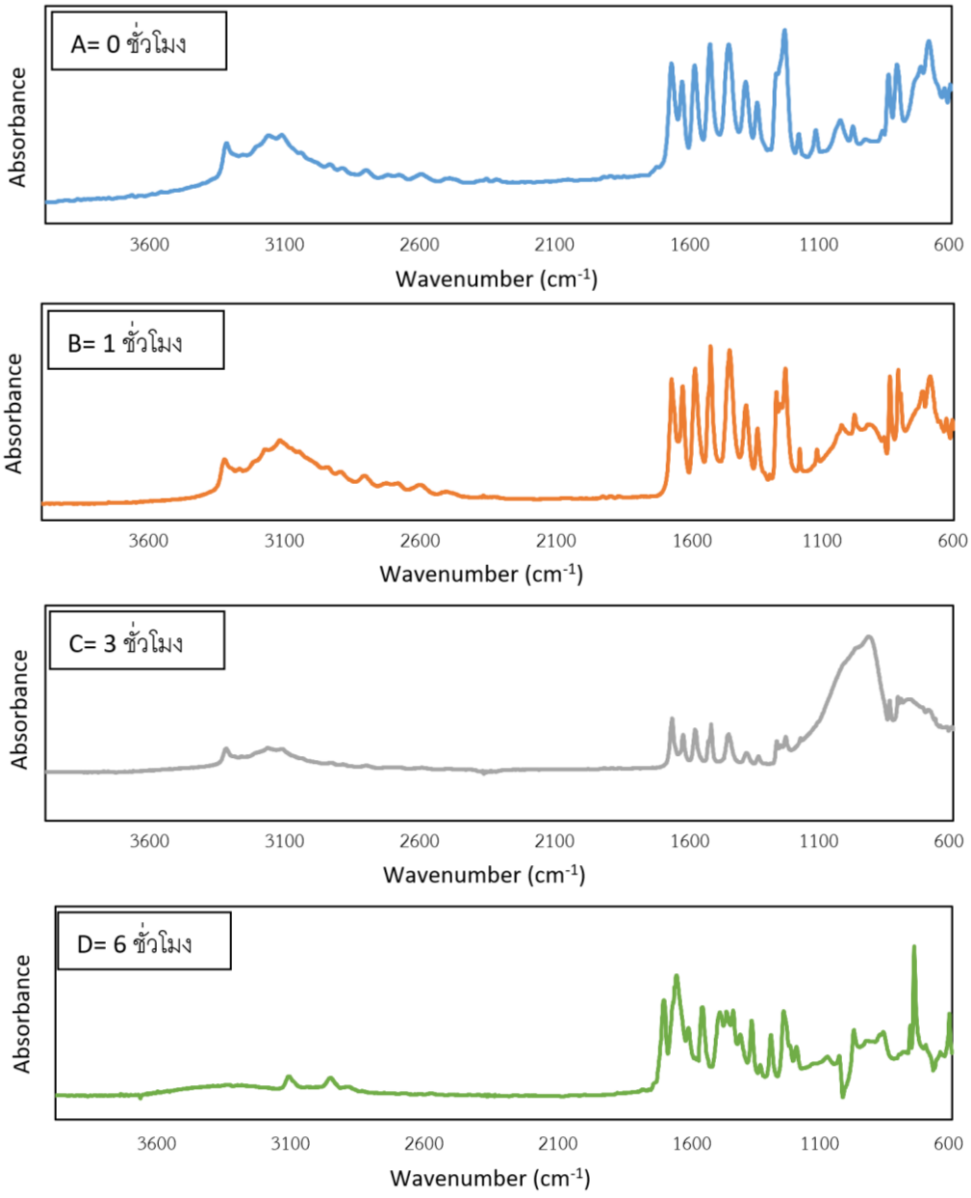


ภาพที่ 21 สเปกตรัมของรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสคาเฟอีน แล้วล้างมือก่อนประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์

จากภาพแสดงสเปกตรัมของรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสคาเฟอีนแล้วล้างมือก่อนประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ พบว่าไม่สามารถตรวจวิเคราะห์สารตัวอย่างที่หลงเหลืออยู่บนนิ้วมือได้เช่นเดียวกันกับสารตัวอย่างอื่น ๆ

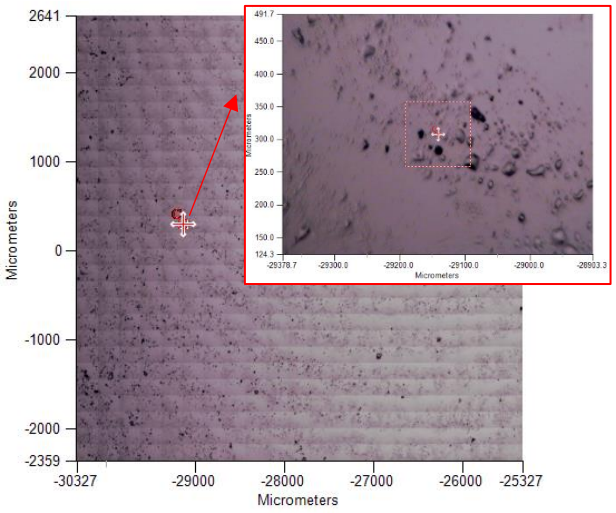


ภาพที่ 22 แสดงบริเวณขยายของตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสพาราเซตามอลแล้วประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อินฟาเรด (a) ที่เวลา 0 ชั่วโมง, (b) ที่เวลา 1 ชั่วโมง, (c) ที่เวลา 3 ชั่วโมง, (d) ที่เวลา 6 ชั่วโมง

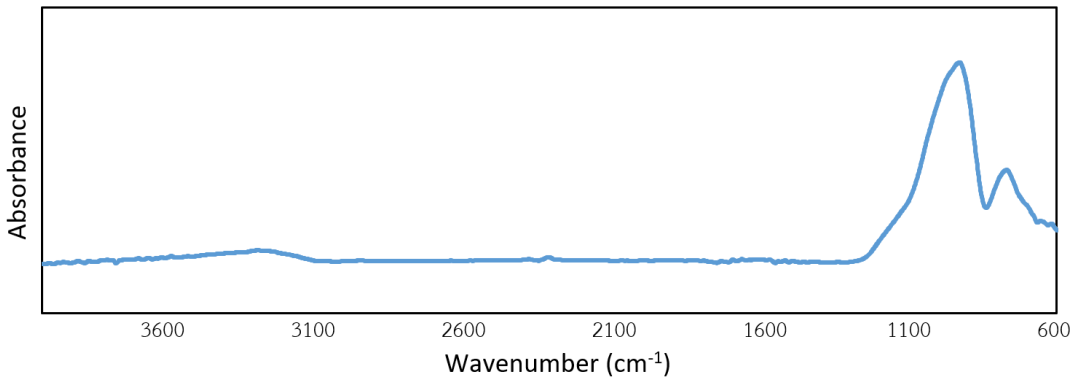


ภาพที่ 23 สเปกตรัมของรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสพาราเซตามอล แล้วประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ที่เวลาต่าง ๆ
(A) ที่เวลา 0 ชั่วโมง, (B) ที่เวลา 1 ชั่วโมง, (C) ที่เวลา 3 ชั่วโมง, (D) ที่เวลา 6 ชั่วโมง

การวิเคราะห์พาราเซตามอลบนรอยลายนิ้วมือแฝงที่เวลาผ่านไปถึง 6 ชั่วโมง ยังคงสามารถวิเคราะห์ได้ว่าสารที่อยู่บริเวณนิ้วมือเป็นพาราเซตามอล จากนั้นล้างนิ้วมือที่สัมผัสสารตัวอย่างเป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยในการล้างมือจะเป็นการล้างมือผ่านน้ำ ไม่ใช้สบู่ จากนั้นประทับนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Microscope-FTIR ผลที่ได้แสดงดังนี้

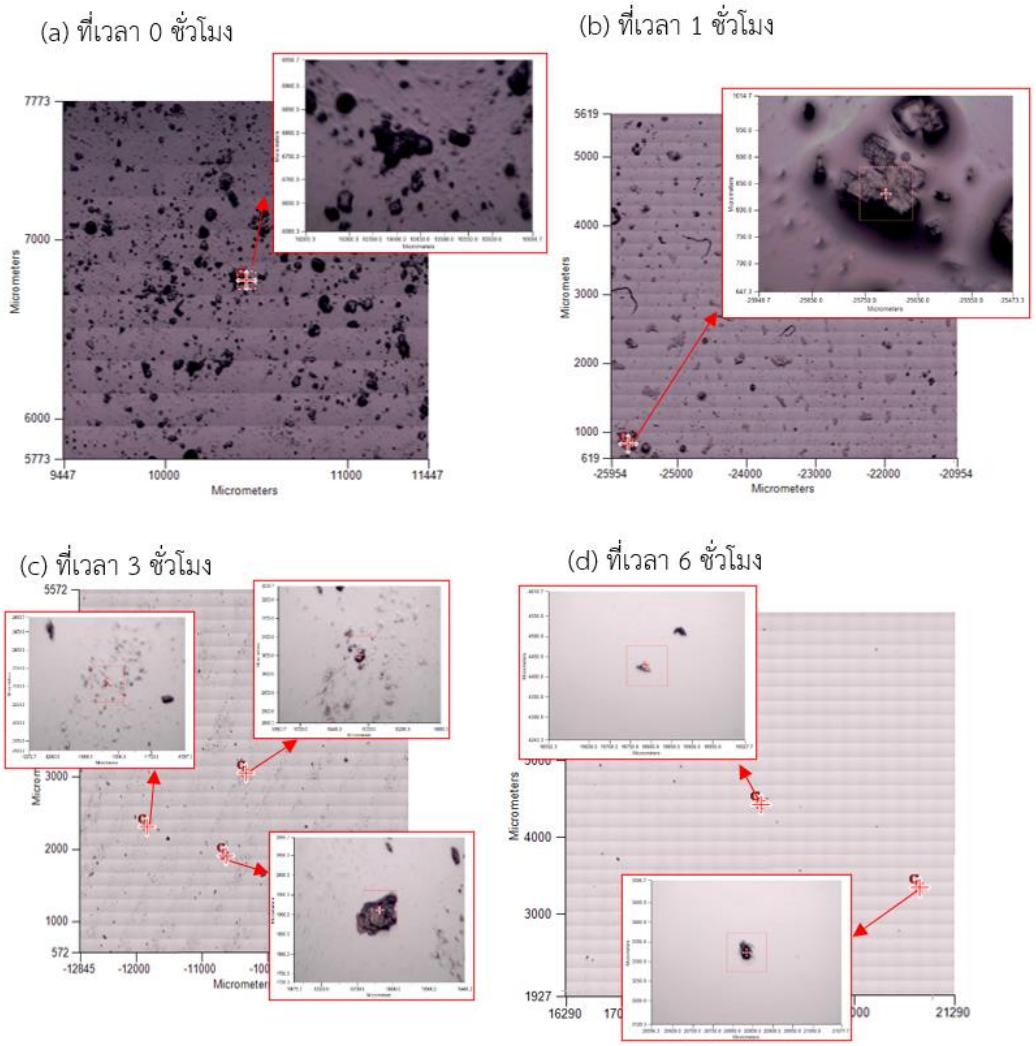


ภาพที่ 24 แสดงบริเวณขยายของตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสพาราเซตามอลแล้วล้างมือก่อนทำการประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อินฟาเรด

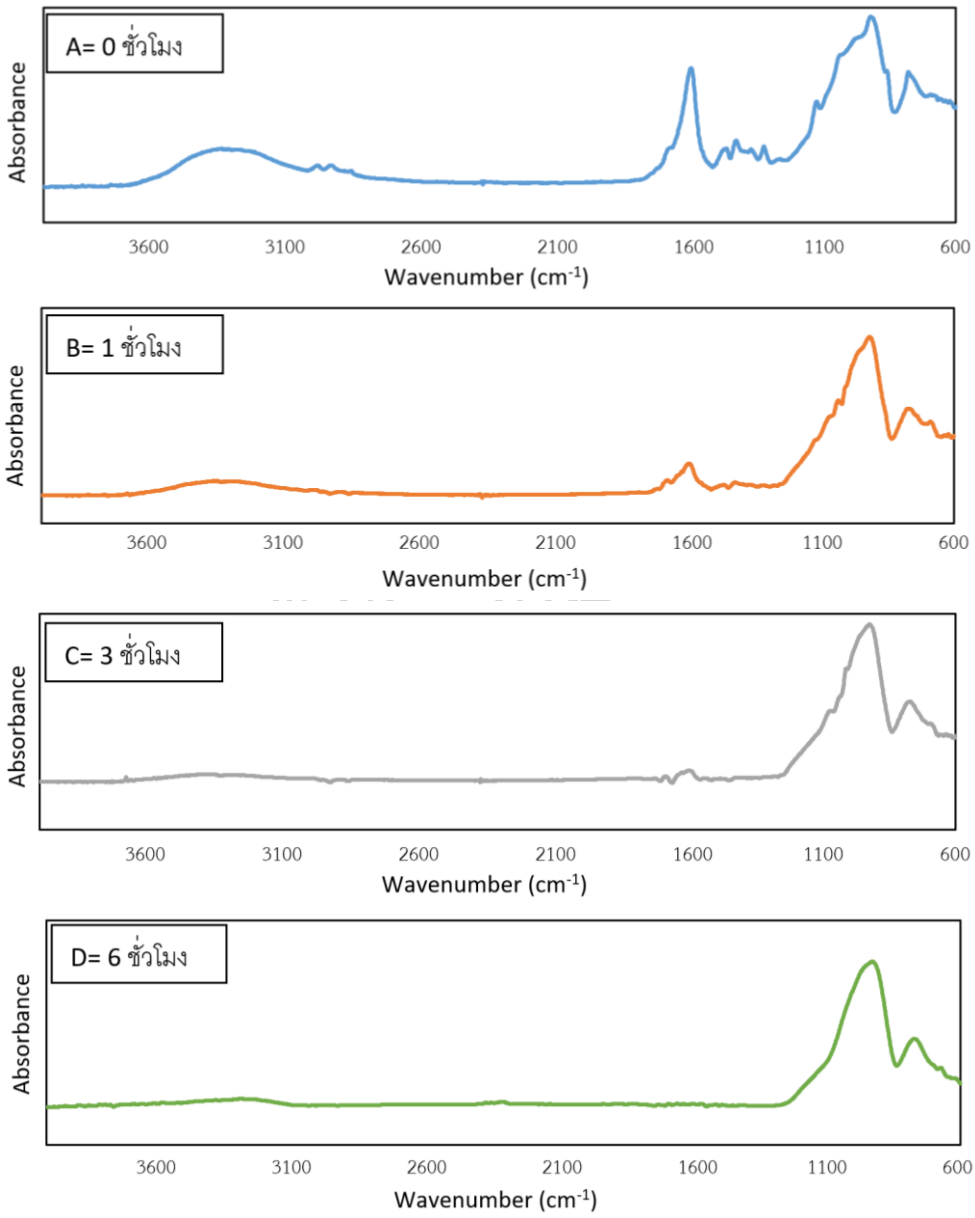


ภาพที่ 25 สเปกตรัมของรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสพาราเซตามอล แล้วล้างมือก่อนประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์

จากภาพแสดงสเปกตรัมของรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสพาราเซตามอลแล้วล้างมือก่อนประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ พบว่าไม่สามารถตรวจวิเคราะห์สารตัวอย่างที่หลงเหลืออยู่บนนิ้วมือได้เช่นเดียวกันกับสารตัวอย่างอื่น ๆ

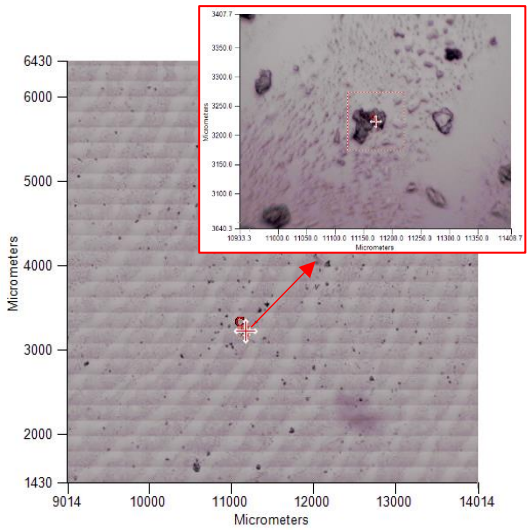


ภาพที่ 26 แสดงบริเวณขยายของตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสดินส่งกระสุนแล้วประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อินฟาเรด (a) ที่เวลา 0 ชั่วโมง, (b) ที่เวลา 1 ชั่วโมง, (c) ที่เวลา 3 ชั่วโมง, (d) ที่เวลา 6 ชั่วโมง

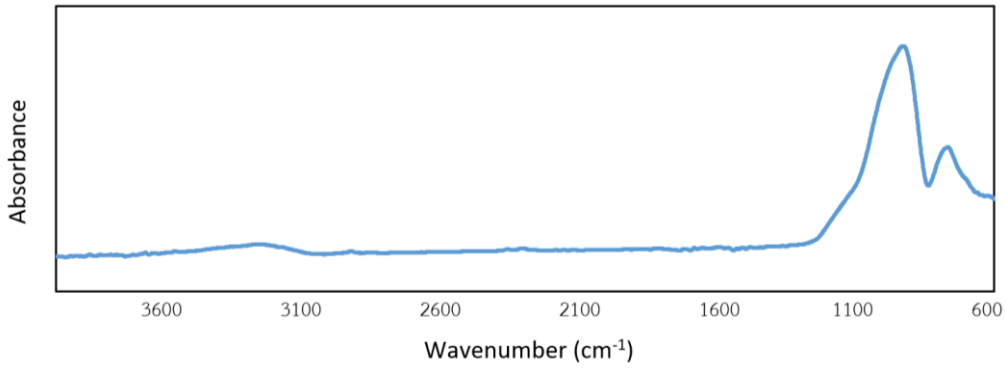


ภาพที่ 27 สเปกตรัมของรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสดินส่งกระสุน แล้วประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ที่เวลาต่าง ๆ (A) ที่เวลา 0 ชั่วโมง, (B) ที่เวลา 1 ชั่วโมง, (C) ที่เวลา 3 ชั่วโมง, (D) ที่เวลา 6 ชั่วโมง

การวิเคราะห์พาราเซตามอลบนรอยลายนิ้วมือแฝงที่เวลาผ่านไปถึง 6 ชั่วโมง ยังคงสามารถวิเคราะห์ได้ว่าสารที่อยู่บริเวณนิ้วมือเป็นพาราเซตามอล จากนั้นล้างนิ้วมือที่สัมผัสสารตัวอย่างเป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยในการล้างมือจะเป็นการล้างมือผ่านน้ำ ไม่ใช้สบู่ จากนั้นประทับนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Microscope-FTIR ผลที่ได้แสดงดังนี้

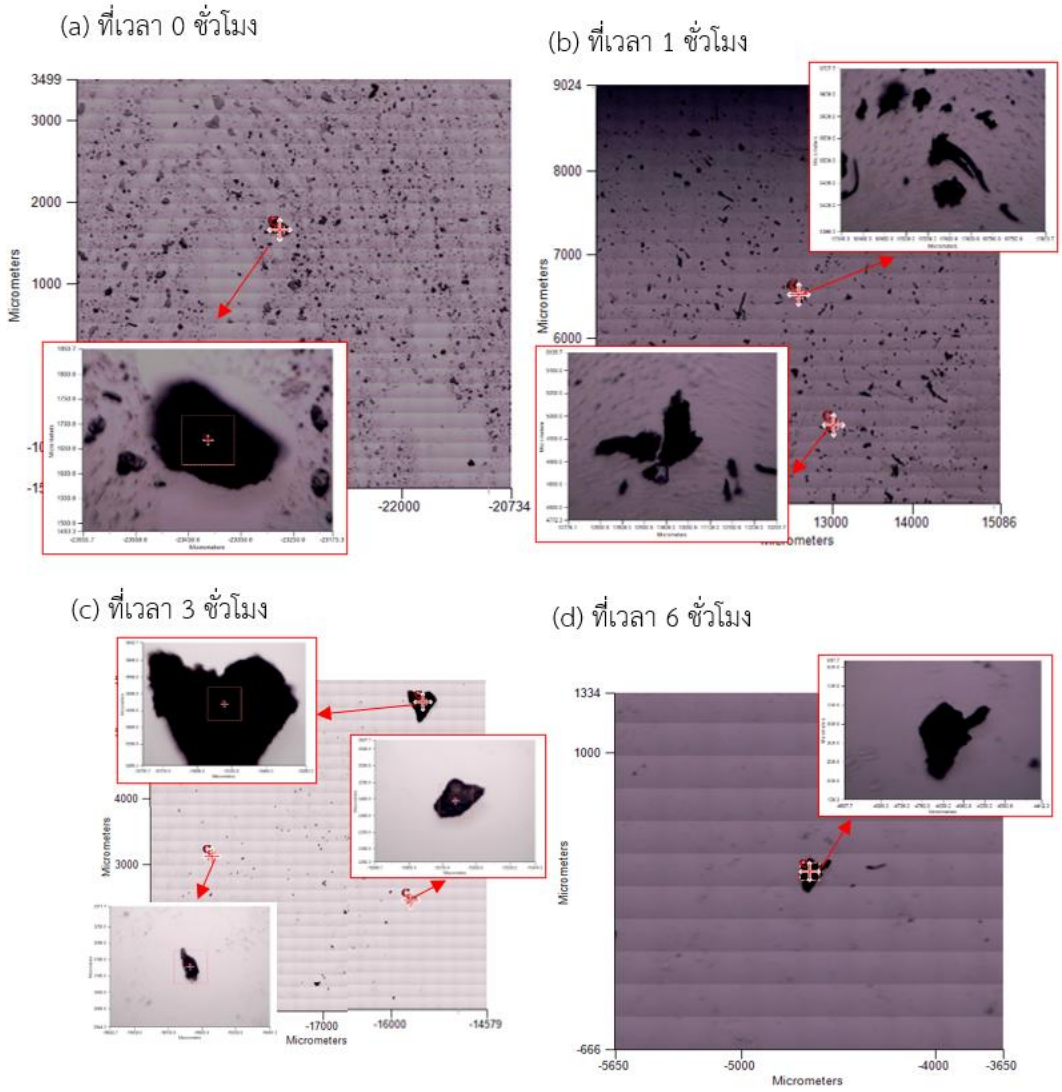


ภาพที่ 28 แสดงบริเวณขยายของตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสดินส่งกระสุนแล้วล้างมือก่อนทำการประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อินฟาเรด

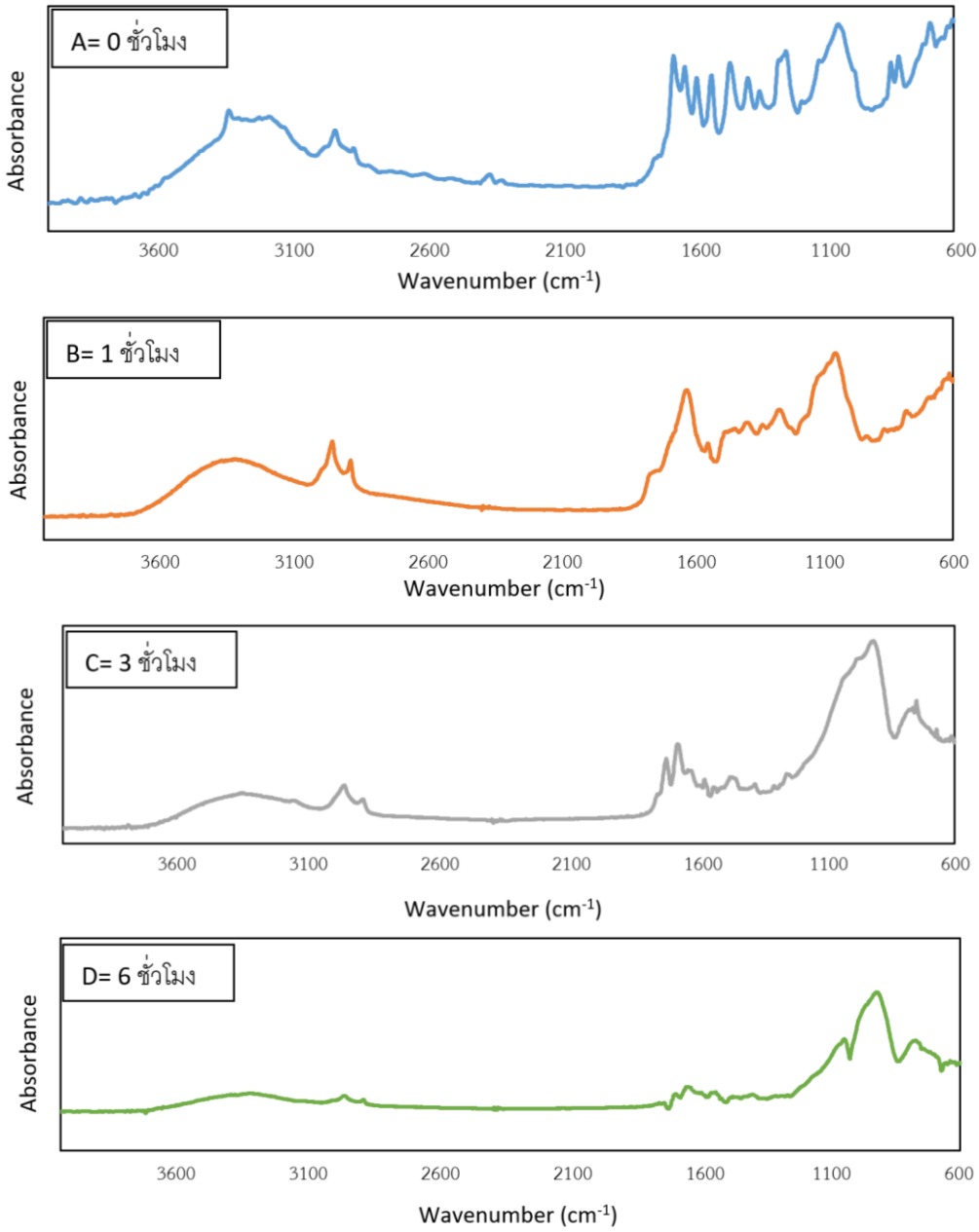


ภาพที่ 29 สเปกตรัมของรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสดินส่งกระสุน แล้วล้างมือก่อนประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์

จากภาพแสดงสเปกตรัมของรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสดินส่งกระสุนแล้วล้างมือก่อนประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ พบว่าไม่สามารถตรวจวิเคราะห์สารตัวอย่างที่หลงเหลืออยู่บนนิ้วมือได้เช่นเดียวกันกับสารตัวอย่างอื่น ๆ

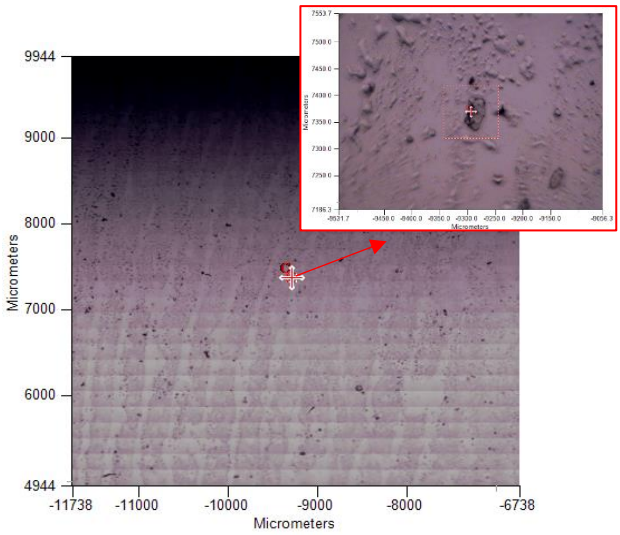


ภาพที่ 30 แสดงบริเวณขยายของตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสผงกระท่อมแล้วประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อินฟาเรด (a) ที่เวลา 0 ชั่วโมง, (b) ที่เวลา 1 ชั่วโมง, (c) ที่เวลา 3 ชั่วโมง, (d) ที่เวลา 6 ชั่วโมง

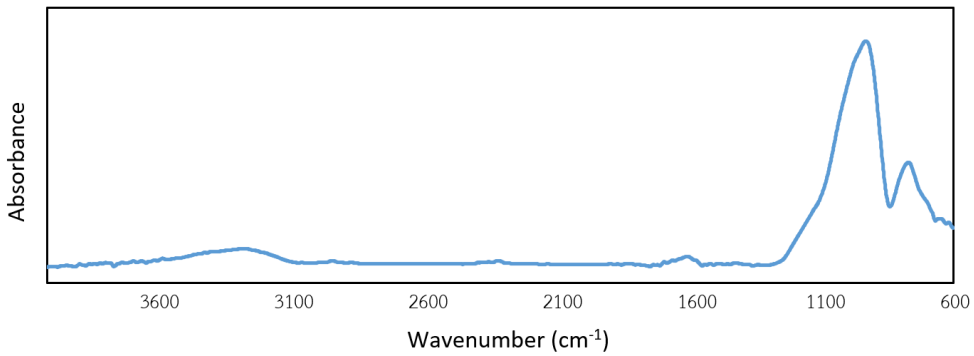


ภาพที่ 31 สเปกตรัมของรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสผงกระท่อม แล้วประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ที่เวลาต่าง ๆ (A) ที่เวลา 0 ชั่วโมง, (B) ที่เวลา 1 ชั่วโมง, (C) ที่เวลา 3 ชั่วโมง, (D) ที่เวลา 6 ชั่วโมง

การวิเคราะห์กระท่อมบนรอยลายนิ้วมือแฝงที่เวลาผ่านไปถึง 6 ชั่วโมง ยังคงสามารถวิเคราะห์ได้ว่าสารที่อยู่บริเวณนิ้วมือเป็นกระท่อม จากนั้นล้างนิ้วมือที่สัมผัสสารตัวอย่างเป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยในการล้างมือจะเป็นการล้างมือผ่านน้ำ ไม่ใช้สบู่ จากนั้นประทับนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Microscope-FTIR ผลที่ได้แสดงดังนี้

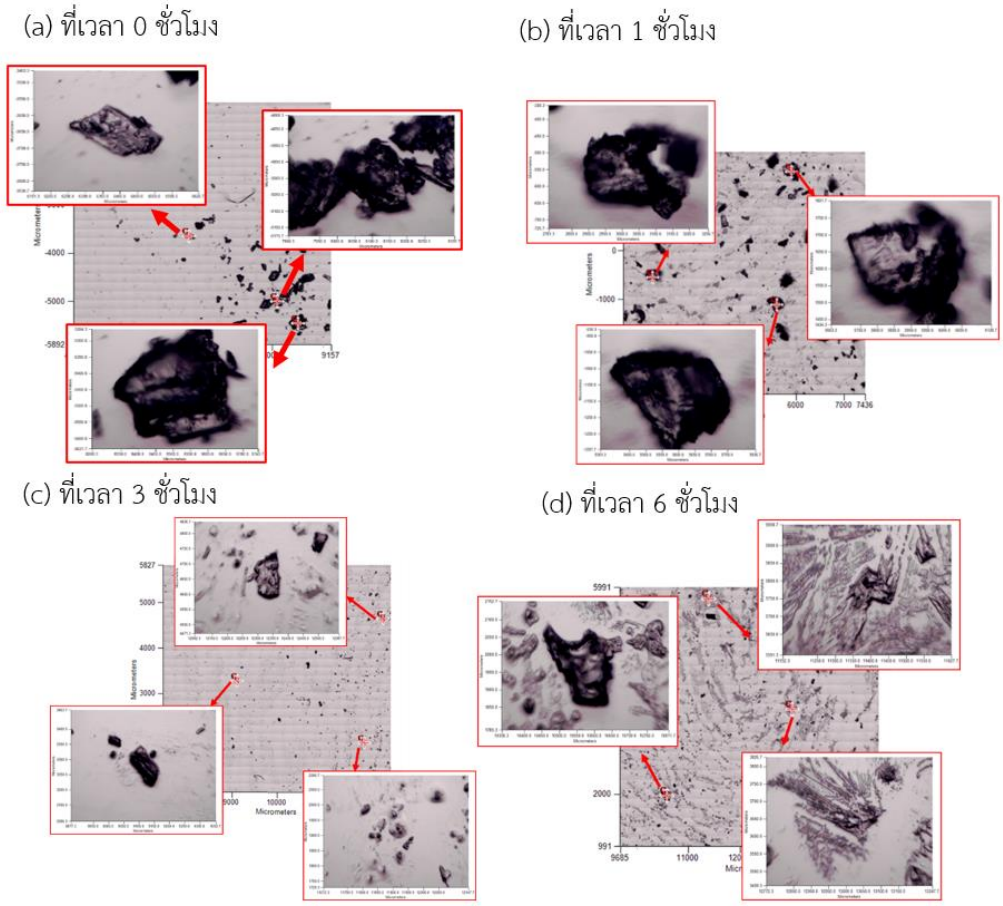


ภาพที่ 32 แสดงบริเวณขยายของตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสกระท่อมแล้วล้างมือก่อนทำการประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อินฟาเรด



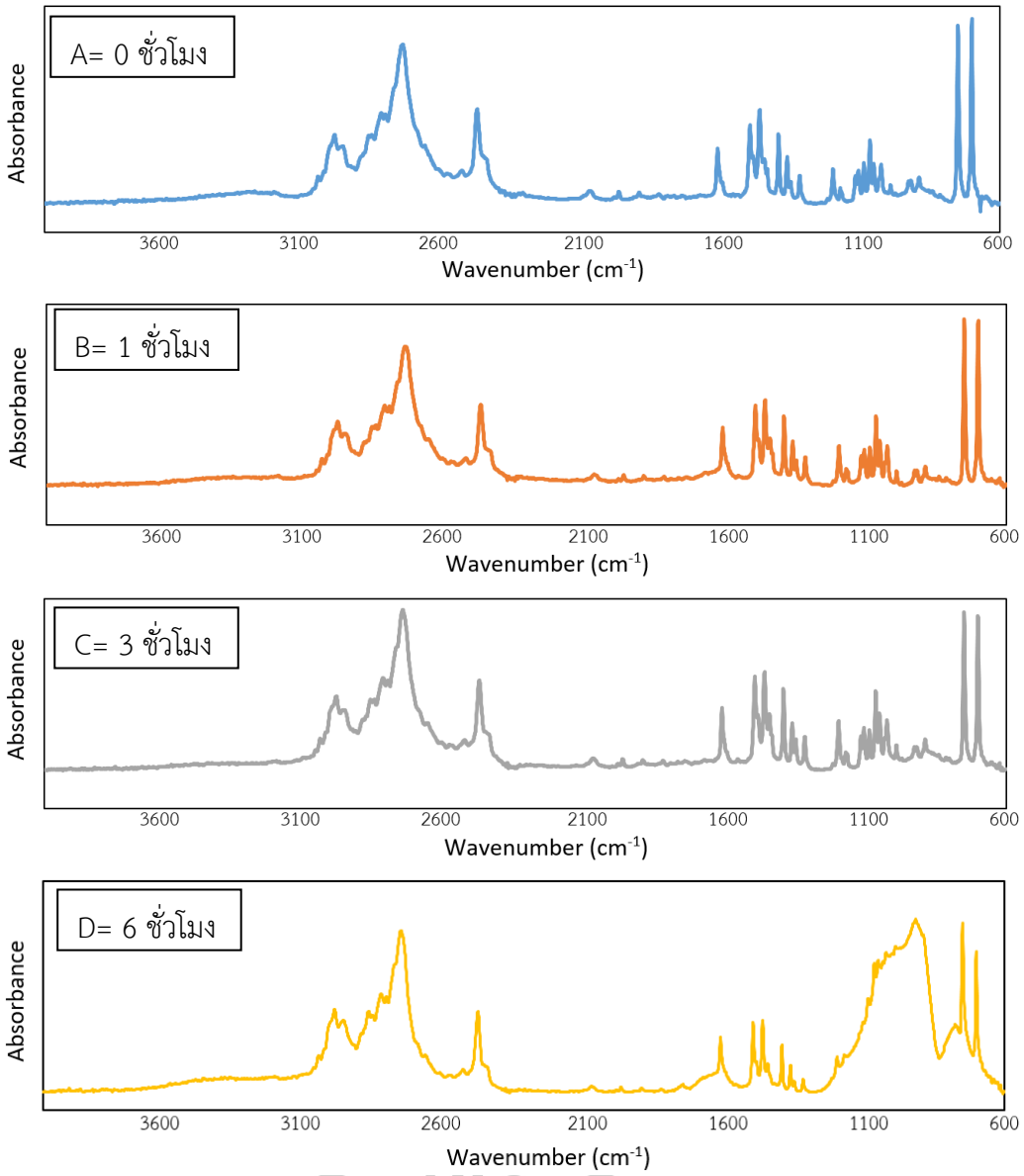
ภาพที่ 33 สเปกตรัมของรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสผงกระท่อม แล้วล้างมือก่อนประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์

จากภาพแสดงสเปกตรัมของรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสกระท่อมแล้วล้างมือก่อนประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ พบว่าไม่สามารถตรวจวิเคราะห์สารตัวอย่างที่หลงเหลืออยู่บนนิ้วมือได้เช่นเดียวกันกับสารตัวอย่างอื่น ๆ



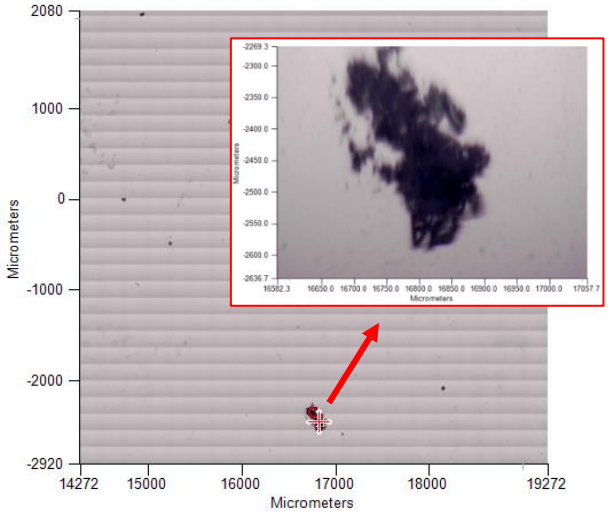
ภาพที่ 34 แสดงบริเวณขยายของตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสเมทแอมเฟตามีนรูปแบบผลึกสีขาว แล้วประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อินฟาเรด
(a) ที่เวลา 0 ชั่วโมง, (b) ที่เวลา 1 ชั่วโมง, (c) ที่เวลา 3 ชั่วโมง, (d) ที่เวลา 6 ชั่วโมง

จากภาพแสดงให้เห็นว่าสารเคมีที่มีลักษณะเป็นผงหรือผลึก เมื่อสัมผัสแล้วจะติดอยู่บริเวณนิ้วมือได้มากกว่า และจะคงค้างอยู่บริเวณนิ้วมือได้เป็นระยะเวลายาวนานกว่าหากไม่ล้างมือ หรือชำระล้างด้วยสารอื่นๆ ซึ่งเมทแอมเฟตามีนรูปแบบผลึกสีขาว หรือชื่อที่เรียกว่า “ยาไอซ์” นั่นคือรูปแบบของยาเสพติดประเภทเมทแอมเฟตามีนที่มีความบริสุทธิ์สูงกว่าแบบอัดเม็ด ดังนั้นเมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Microscope- FTIR จึงสามารถวิเคราะห์ได้รวดเร็ว ดังแสดงในภาพสเปกตรัมที่เวลาต่างๆ ต่อไปนี้

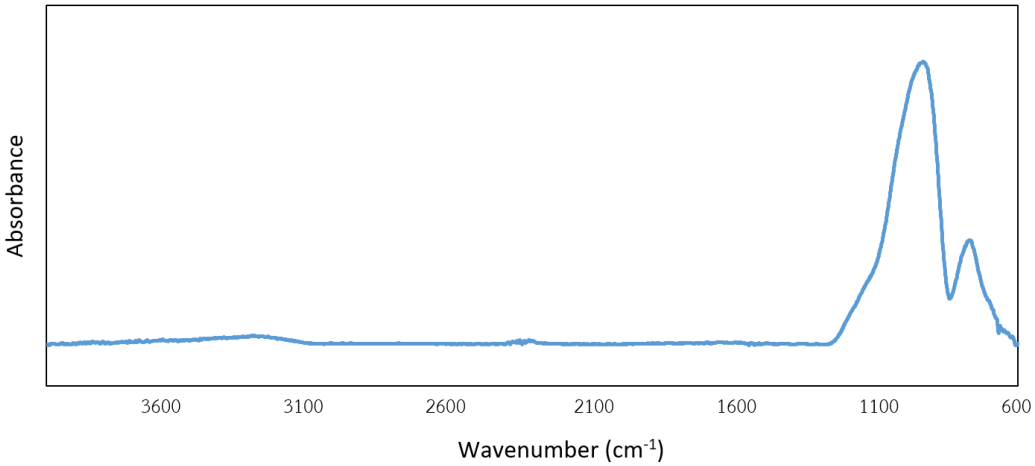


ภาพที่ 35 สเปกตรัมของรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสเมทแอมเฟตามีนรูปแบบผลึกสีขาว แล้วประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ที่เวลาต่าง ๆ
(A) ที่เวลา 0 ชั่วโมง, (B) ที่เวลา 1 ชั่วโมง, (C) ที่เวลา 3 ชั่วโมง, (D) ที่เวลา 6 ชั่วโมง

จะเห็นได้ว่าแม้เวลาผ่านไปถึง 6 ชั่วโมงลักษณะสเปกตรัมที่ได้จากรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสเมทแอมเฟตามีนรูปแบบผลึกสีขาว ยังคงสามารถตรวจวิเคราะห์ได้ว่ามีเมทแอมเฟตามีนรูปแบบผลึกสีขาว ติดอยู่บนรอยลายนิ้วมือจริง ในลำดับถัดมาได้มีการทดลองด้วยการล้างนิ้วมือที่สัมผัสสารตัวอย่างเป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยในการล้างมือจะเป็นการล้างมือผ่านน้ำ ไม่ใช้สบู่ จากนั้นประทับนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Microscope-FTIR ผลที่ได้แสดงดังนี้

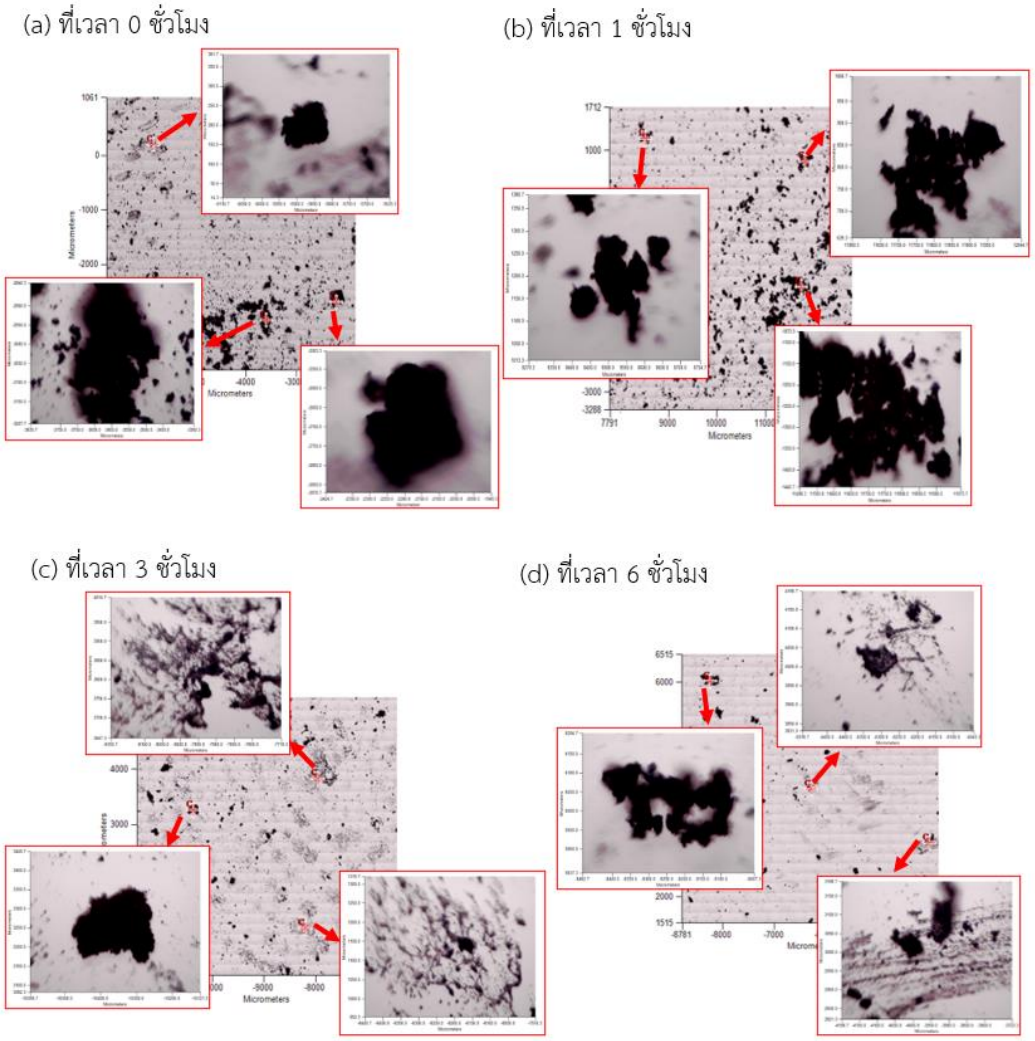


ภาพที่ 36 แสดงบริเวณขยายของตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสเมทแอมเฟตามีนรูปแบบผลึกสีขาว แล้วล้างมือก่อนทำการประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อินฟาเรด



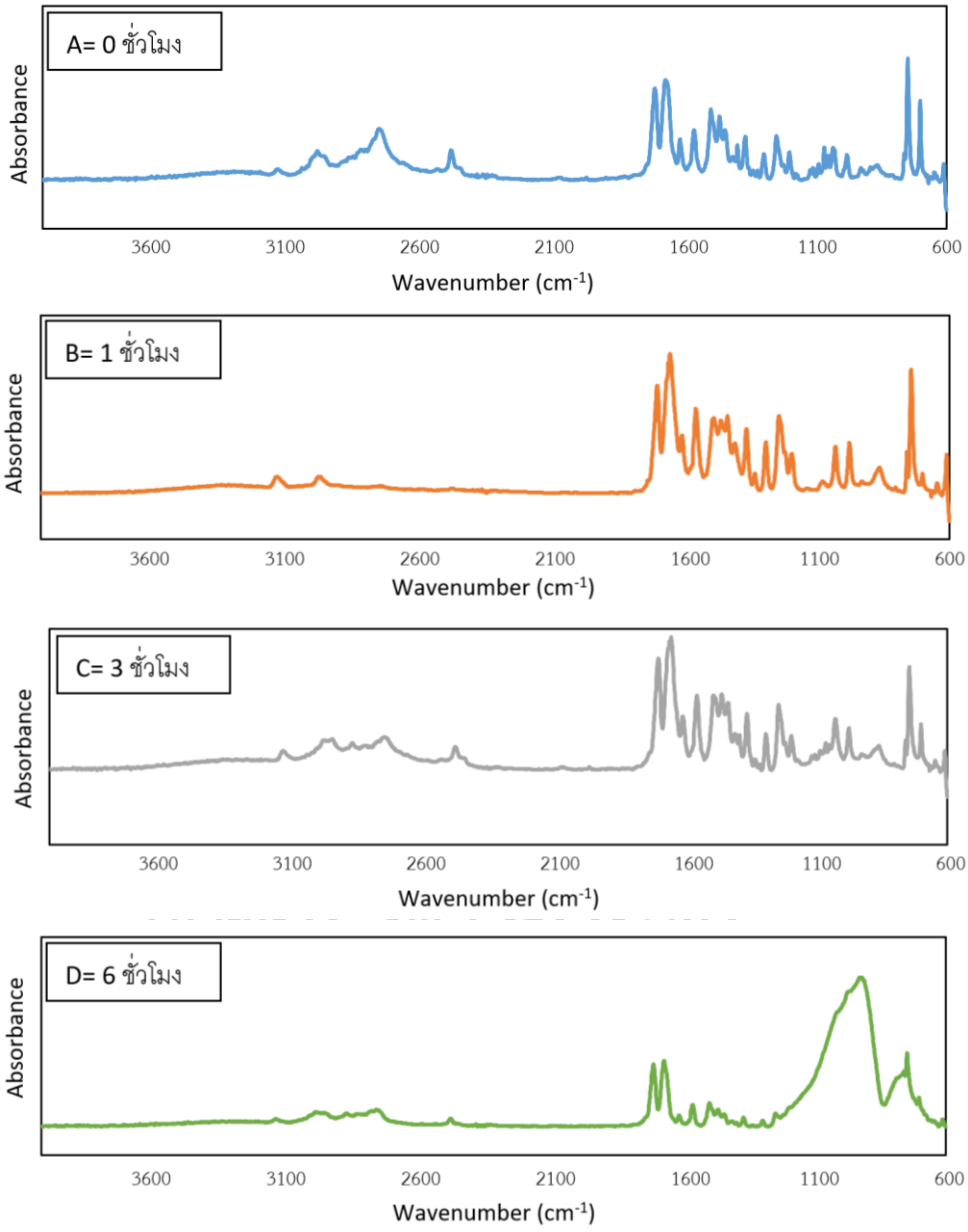
ภาพที่ 37 สเปกตรัมของรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสเมทแอมเฟตามีนรูปแบบผลึกสีขาว แล้วล้างมือก่อนประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์

จากภาพแสดงสเปกตรัมของรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสเมทแอมเฟตามีนรูปแบบผลึกสีขาว แล้วล้างมือก่อนประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ พบว่าไม่สามารถตรวจวิเคราะห์สารตัวอย่างที่หลงเหลืออยู่บนนิ้วมือได้ เนื่องมาจากลักษณะของสารตัวอย่างที่เป็นผลึก เมื่อถูกน้ำชะล้างทำให้สารต่าง ๆ ที่ติดอยู่บริเวณนิ้วมือถูกชำระล้างออกไป เห็นได้จากลักษณะสเปกตรัมที่เหมือนกับสเปกตรัมของกระจกสไลด์ในภาพที่ 8



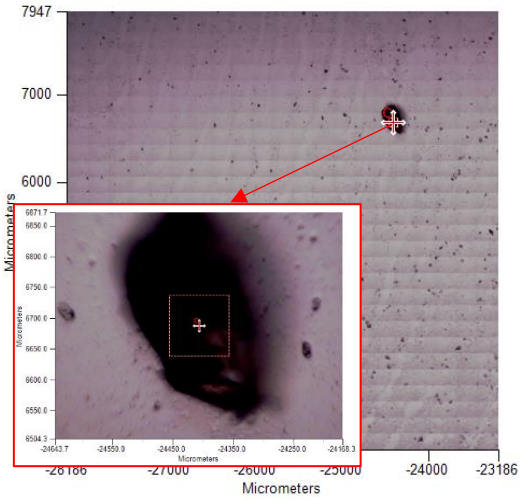
ภาพที่ 38 แสดงบริเวณขยายของตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสเมทแอมเฟตามีนรูปแบบอัดเม็ดแล้วประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อินฟาเรด

(a) ที่เวลา 0 ชั่วโมง, (b) ที่เวลา 1 ชั่วโมง, (c) ที่เวลา 3 ชั่วโมง, (d) ที่เวลา 6 ชั่วโมง

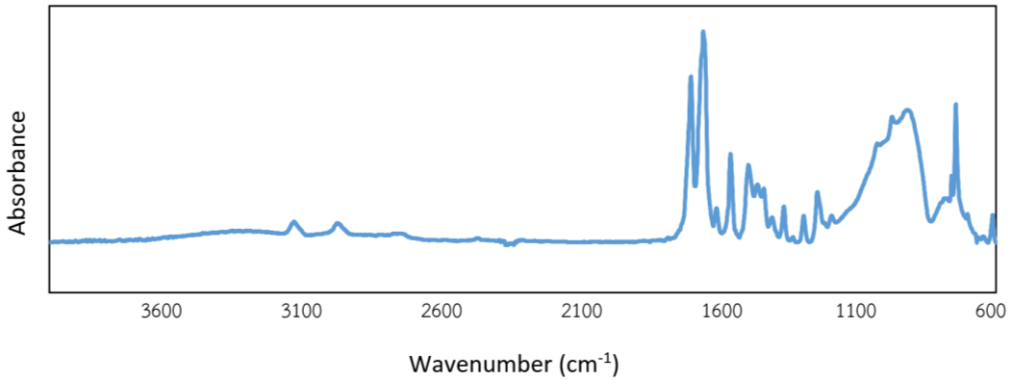


ภาพที่ 39 สเปกตรัมของรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสเมทแอมเฟตามีนรูปแบบอัดเม็ดแล้วประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ที่เวลาต่าง ๆ
(A) ที่เวลา 0 ชั่วโมง, (B) ที่เวลา 1 ชั่วโมง, (C) ที่เวลา 3 ชั่วโมง, (D) ที่เวลา 6 ชั่วโมง

จะเห็นได้ว่าแม้เวลาผ่านไปถึง 6 ชั่วโมงลักษณะสเปกตรัมที่ได้จากรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสเมทแอมเฟตามีนรูปแบบอัดเม็ด ยังคงสามารถตรวจวิเคราะห์ได้ว่ามีเมทแอมเฟตามีนรูปแบบอัดเม็ด ติดอยู่บนรอยลายนิ้วมือจริง ในลำดับถัดมาได้มีการทดลองด้วยการล้างนิ้วมือที่สัมผัสสารตัวอย่างเป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยในการล้างมือจะเป็นการล้างมือผ่านน้ำ ไม่ใช้สบู่ จากนั้นประทับนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Microscope-FTIR ผลที่ได้แสดงดังนี้



ภาพที่ 40 แสดงบริเวณขยายของตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสเมทแอมเฟตามีนรูปแบบอัดเม็ด แล้วล้างมือก่อนทำการประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อินฟาเรด



ภาพที่ 41 สเปกตรัมของรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสเมทแอมเฟตามีนรูปแบบอัดเม็ด แล้วล้างมือก่อนประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์

จากภาพแสดงสเปกตรัมของรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสเมทแอมเฟตามีนรูปแบบอัดเม็ด แล้วล้างมือก่อนประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ พบว่าสามารถตรวจวิเคราะห์สารตัวอย่างที่หลงเหลืออยู่บนนิ้วมือได้ ซึ่งจากการวิเคราะห์ตัวอย่างทั้งหมดพบว่าลักษณะของผงที่ได้จากการบดยาเสพติดชนิดนี้นั้นติดอยู่บริเวณนิ้วมือได้คงทนและเป็นเวลานาน

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

สรุป และอภิปรายผล

จากการวิเคราะห์สารเคมีบนรอยลายนิ้วมือแฝง ด้วยเทคนิค Microscope-Fourier transform infrared spectroscopy (Microscope-FTIR) ผลการวิจัยที่ได้พบว่าเป็นวิธีที่เหมาะแก่การนำไปใช้ตรวจวิเคราะห์ความคงอยู่ของสารเคมีบนรอยลายนิ้วแฝง โดยสารเคมีที่มีลักษณะเป็นผงหรือมีขนาดเล็ก หรืออาจมีลักษณะที่เกาะผิวหนังได้ดี ดังแสดงผลโดยสรุปในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความคงอยู่ของสารเคมีบนรอยลายนิ้วมือแฝงด้วยเทคนิค Microscope-FTIR

ตัวอย่าง	ระยะเวลาในการสัมผัสสารแล้วปล่อยทิ้งไว้ก่อนประทับรอยลายนิ้วมือแฝง				สัมผัสสารแล้วทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง และล้างมือก่อนประทับลายนิ้วมือ
	ทันที	1 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง	
คาเฟอีน (Caffeine)	✓	✓	✓	✓	✗
พาราเซตามอล (Acetaminophen) ผ่านการบดเรียบร้อยแล้ว	✓	✓	✓	✓	✗
ผงกระท่อม (Kratom powder)	✓	✓	✓	✓	✗
ดินปืน (Gunpowder)	✓	✓	✗	✗	✗
เมทแอมเฟตามีน (Methamphetamine) รูปแบบผลึกสีขาว	✓	✓	✓	✓	✗
เมทแอมเฟตามีน (Methamphetamine) รูปแบบอัดเม็ด (ผ่านการบดเรียบร้อยแล้ว)	✓	✓	✓	✓	✓

หมายเหตุ ✓ คือ สามารถวิเคราะห์สารเคมีบนรอยลายนิ้วมือแฝงได้

✗ คือ ไม่สามารถวิเคราะห์สารเคมีบนรอยลายนิ้วมือแฝงได้

ผลการทดลองที่แสดงในตารางพบว่าสารเคมีตัวอย่างที่มีลักษณะเป็นผงสามารถวิเคราะห์และคงอยู่บนนิ้วมือได้ถึง 6 ชั่วโมง เนื่องจากสารที่มีลักษณะเป็นผงละเอียดจะสามารถติดอยู่ที่บริเวณนิ้วมือที่มีเส้นร่องและเส้นนูนที่บริเวณลายนิ้วมือ แต่ลักษณะสารตัวอย่างที่เป็นเม็ดหรือ เช่น ดินปืน สามารถติเคราะห์ความคงอยู่ได้เพียง 1 ชั่วโมงเท่านั้น เนื่องมากจากพื้นที่ผิวของดินปืนยึดติดกับรอยนิ้วมือได้ไม่ดีพอ จากการวิจัยพบว่าสามารถใช้เทคนิคนี้ตรวจสอบสารเคมีที่หลงเหลืออยู่ได้ สอดคล้องกับงานวิจัยที่ใช้เทคนิค Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR) นำไปใช้ในการแยกรอยลายนิ้วมือระหว่างเด็กและผู้ใหญ่ วิเคราะห์สเปกตรัมของรอยลายนิ้วมือ (Williams et al., 2004) และวิเคราะห์สารเคมีบนรอยลายนิ้วมือ (Grant et al., 2005), (Ricci et al., 2006) และสามารถใช้เทคนิคนี้ในการถ่ายภาพและวิเคราะห์สารเคมีได้ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของคุณ Ricci และคณะ (Ricci et al., 2007)โดยวิธีนี้ไม่ต้องเตรียมตัวอย่างในยุ่งยากหรือเสียเวลา เป็นการวิเคราะห์ที่ไม่ทำลายตัวอย่าง ทำให้มีความสะดวก รวดเร็วในการวิเคราะห์ (Ewing & Kazarian, 2017) แล้วยังสามารถบันทึกภาพที่ได้ไว้ตรวจสอบอีกได้ด้วย

ข้อเสนอแนะในการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งต่อไปผู้วิจัยอาจหาตัวอย่างจริงจากสถานที่เกิดเหตุ เพื่อการจำลองสถานการณ์จริง และให้ได้ผลงานวิจัยที่สมจริงมากยิ่งขึ้น และเพิ่มเวลาในการทดลองในนานมากกว่า 6 ชั่วโมงเพื่อจำลองให้ได้ระยะเหมือนจริง

มหาวิทยาลัยศิลปากร

รายการอ้างอิง

Boseley, R. E., Howard, D. L., Vongsvivut, J., Hackett, M. J., & Lewis, S. W. (2022). Leaving a mark on forensic science: how spectroscopic techniques have revealed new insights in fingerprint chemistry. *Spectroscopy Europe*.

Bueno, J., Sikirzhytski, V., & Lednev, I. K. (2013). Attenuated total reflectance-FT-IR spectroscopy for gunshot residue analysis: potential for ammunition determination. *Analytical chemistry*, 85(15), 7287-7294.

Chen, T., Schultz, Z. D., & Levin, I. W. (2009). Infrared spectroscopic imaging of latent fingerprints and associated forensic evidence. *Analyst*, 134(9), 1902-1904.

Coletti, F., Romani, M., Ceres, G., Zammit, U., & Guidi, M. C. (2021). Evaluation of microscopy techniques and ATR-FTIR spectroscopy on textile fibers from the Vesuvian area: A pilot study on degradation processes that prevent the characterization of bast fibers. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 36, 102794.

ELISABETH, P., YOSHIOKA, M., YAMAUCHI, Y., & SAITO, M. (1991). Infrared and nuclear magnetic resonance spectrometry of caffeine in roasted coffee beans after separation by preparative supercritical fluid chromatography. *Analytical sciences*, 7(3), 427-431.

Ewing, A. V., & Kazarian, S. G. (2017). Infrared spectroscopy and spectroscopic imaging in forensic science. *Analyst*, 142(2), 257-272.

Geskovski, N., Stefkov, G., Gigopulu, O., Stefov, S., Huck, C. W., & Makreski, P. (2021). Mid-infrared spectroscopy as process analytical technology tool for estimation of THC and CBD content in Cannabis flowers and extracts. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 251, 119422.

Grant, A., Wilkinson, T., Holman, D. R., & Martin, M. C. (2005). Identification of recently handled materials by analysis of latent human fingerprints using infrared spectromicroscopy. *Applied Spectroscopy*, 59(9), 1182-1187.

Hazarika, P., Jickells, S. M., Wolff, K., & Russell, D. A. (2008). Imaging of latent fingerprints through the detection of drugs and metabolites. *Angewandte Chemie*

International Edition, 47(52), 10167-10170.

Jickells, S. M. (2008). Fingerprinting: into the future. *Measurement and Control*, 41(8), 243-247.

l3uch. (2563). ลายนิ้วมือ (Fingerprint) คืออะไร ทำไมลายนิ้วมือคนเราต้องแตกต่างกัน ? https://review.thaiware.com/1760.html

NMIS, N. a. M. A. I. S. U. (2022). Fourier Transform Infrared Spectrometer (เครื่องฟูเรียร์ทรานฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์). http://www.nano.kmitl.ac.th/ftir/

Ricci, C., Chan, K. A., & Kazarian, S. G. (2006). Combining the tape-lift method and Fourier transform infrared spectroscopic imaging for forensic applications. *Applied Spectroscopy*, 60(9), 1013-1021.

Ricci, C., Phiriyavityopas, P., Curum, N., Chan, K. A., Jickells, S., & Kazarian, S. G. (2007). Chemical imaging of latent fingerprint residues. *Applied Spectroscopy*, 61(5), 514-522.

Riyanto, N. S., & Nas, S. (2016). W., Validation of Analytical Methods for Determination of Methamphetamine Using Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy. *Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 11(5), 51-59.

Scispec. (2022). Handheld FTIR Spectrometer. https://www.scispec.co.th/FTIR.html

Trivedi, M. K., Patil, S., Shettigar, H., Bairwa, K., & Jana, S. (2015). Effect of biofield treatment on spectral properties of paracetamol and piroxicam. *Chemical Sciences Journal*, 6(3).

Williams, D. K., Schwartz, R. L., & Bartick, E. G. (2004). Analysis of latent fingerprint deposits by infrared microspectroscopy. *Applied Spectroscopy*, 58(3), 313-316.

เฉลิมวุฒิ สาระกิจ. (ม.ป.ป.). กฎหมายลักษณะพยาน. https://sites.google.com/view/chalermwut/%E0%B8%81%E0%B8%8E%E0%B8%AB%E0%B8%A1%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B8%A5%E0%B8%81%E0%B8%A9%E0%B8%93%E0%B8%B0%E0%B8%9E%E0%B8%A2%E0%B8%B2%E0%B8%99

เวียงชัย, ป. (2556). วัตถุพยานทางชีววิทยา. http://biology.ipst.ac.th/?p=102

กองบรรณาธิการ. (ม.ป.ป.). บุคคลสำคัญ — *Edmond Locard*. http://www.forensicchula.net/FMJ/journal/topic/locard.pdf

ณัฏฐิกา งามกิจภิญโญ. (2565). เคมีกับงานพิสูจน์หลักฐาน. https://www.scimath.org/article-

chemistry/item/12483-2021-10-19-04-37-09

บ้านจอมยุทธ. (2543). ทักษะกระบวนการคิดทางวิทยาศาสตร์. https://www.baanjomyut.com/library_2/scientific_thinking_skills/04.html

มหิดล. (2563). ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลายมือ. https://il.mahidol.ac.th/th/wp-content/uploads/2020/06/%E0%B8%82%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%A1%E0%B8%B9%E0%B8%A5%E0%B8%A5%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B8%99%E0%B8%B4%E0%B9%89%E0%B8%A7%E0%B8%A1%E0%B8%B7%E0%B8%AD.pdf

วรางคณา อนุชิตโอหาร. (2546). *FI-IR Imaging*. https://www2.mtec.or.th/th/e-magazine/admin/upload/212_67-70.pdf

วันบีลีฟ. (2562). ประเภทของลายนิ้วมือ และประโยชน์ของลายนิ้วมือ กับการใช้งานในด้านต่างๆ. https://www.1belief.com/article/fingerprint-types/

วัลลภ เสมาทอง, & ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี. (2012). การตรวจรอยลายนิ้วมือแฝงจากคราบเลือดบนกระดาษชนิดต่างๆ ด้วยเทคนิคนินไฮดริน. *Veridian E-Journal*, 5(2), 709-720. file:///C:/Users/piyap/OneDrive/%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%AA%E0%B8%81%E0%B9%8C%E0%B8%97%E0%B9%87%E0%B8%AD%E0%B8%9B/boonsri1,+Journal+manager,+1_%E0%B8%A7%E0%B8%B1%E0%B8%A5%E0%B8%A5%E0%B8%A0%20(1).pdf

ศรันยา สีมา. (2563). บทบาทนิติวิทยาศาสตร์กับกระบวนการยุติธรรม. https://library.parliament.go.th/th/radioscript/bthbathnitiwithyasastrkabkrabwnkaryutithrrm

สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน. (2562). ระบบลำเลียงแสงที่ 4.1: *IR Spectroscopy and Imaging*. https://www.slri.or.th/th/beamline/bl41.html

สนธิกาญจน์ เพื่อนสงคราม. (2559). บทความวิทยุ เรื่อง พระราชบัญญัติการให้บริการด้านนิติวิทยาศาสตร์ พ.ศ. 2559. https://www.parliament.go.th/ewtadmin/ewt/elaw_parcy/ewt_dl_link.php?nid=1793

สมพงษ์ เตชะสมบูรณ์. (2559). นิติวิทยาศาสตร์กับการเสริมสร้างความยุติธรรม. http://www.dsdw2016.dsdw.go.th/doc_pr/ndc_2560-2561/PDF/8546p/8546%E0%B8%9E%E0%B8%A5%E0%B8%95%E0%B8%B3%E0%B8%A3%E0%B8%A7%E0%B8%88%E0%B8%95%E0%B8%A3%E0%B8%B5%20%E

0%B8%AA%E0%B8%A1%E0%B8%9E%E0%B8%87%E0%B8%A9%E0%B9%8C%20%E0%B9%80%E0%B8%95%E0%B8%8A%E0%B8%B0%E0%B8%AA%E0%B8%A1%E0%B8%9A%E0%B8%B9%E0%B8%A3%E0%B8%93%E0%B9%8C.pdf

สารานุกรมเสรี. (2547). นิติวิทยาศาสตร์. https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%99%E0%B8%B4%E0%B8%95%E0%B8%B4%E0%B8%A7%E0%B8%B4%E0%B8%97%E0%B8%A2%E0%B8%B2%E0%B8%A8%E0%B8%B2%E0%B8%AA%E0%B8%95%E0%B8%A3%E0%B9%8C

อรรถพล แช่มสุวรรณวงษ์. (2546). นิติวิทยาศาสตร์ 1. ทีจีซี พริ้นติ้ง.

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ปิยาภา จันทร์มล	
วัน เดือน ปี เกิด	16 เมษายน 2541	
สถานที่เกิด		
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2562	ปริญญาตรี วท.บ.(เคมี) มหาวิทยาลัยศิลปากร