https://doi.org/10.14456/jeir.2024.14

การตรวจหาสารเคมีที่ติดมากับรอยลายนิ้วมือแฝง โดยเทคนิคไมโครสโคป ฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโคปีสำหรับการประยุกต์ใช้ทางนิติวิทยาศาสตร์

Detection of chemical substances adhered to latent fingerprints by using Microscope–Fourier transform infrared spectroscopy for forensic application

อรทัย เขียวพุ่ม[1], ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง[2], ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี[3] และ ปิยาภา จันทร์มล[4]

Orathai Kheawpum[1], Sirirat Choosakoonkriang[2], Supachai Supaluknari[3] and Piyapa Junmon[4]

[1]ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

[2,3,4]ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

[1]Department of Physics, Faculty of Science, Silpakorn University, Thailand

[2,3,4]Department of Chemistry, Faculty of Science, Silpakorn University, Thailand

Corresponding Author, E-mail: [2]Choosakoonkrian_s@silpakorn.edu

Received August 1, 2022; **Revised** November 2, 2022; **Accepted** November 18, 2022

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ 1) เพื่อศึกษาการใช้เทคนิคไมโครสโคป ฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์ม อินฟราเรด (FTIR) สเปกโตรสโคปี ในการวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงที่ติดอยู่บนวัตถุ 2) เพื่อตรวจหาชนิดของสารเคมีที่ปนเปื้อนอยู่บริเวณรอยลายนิ้วมือแฝงโดยใช้ภาพจากสเปกตรัมของเทคนิค FT-IR 3) เพื่อศึกษาระยะเวลาการคงอยู่ของสารเคมีที่ปนเปื้อนบนรอยลายนิ้วมือแฝงภายหลังการสัมผัสกับสารนั้น ๆ กลุ่มตัวอย่างสารเคมีที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นตัวอย่างที่มักจะพบได้ในการสืบค้นที่เกิดขึ้นทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ ได้แก่ เมทแอมเฟตามีน, คาเฟอีน, พาราเซตามอล, ผงกระท่อม และดินส่งกระสุนปืน ในงานวิจัยนี้รอยลายนิ้วมือแฝงที่วิเคราะห์จะถูกเก็บจากอาสาสมัคร โดยอาสาสมัครสัมผัสกับสารตัวอย่างชนิดต่าง ๆ จากนั้นประทับลายนิ้วมือลงบนพื้นแผ่นกระจกสไลด์ ภายหลังจากการสัมผัสเป็นเวลาทันทีและ 1, 3, และ 6 ชั่วโมง ตามลำดับ ผลการวิจัยพบว่า

1. ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวกระจกที่ได้จากกล้องไมโครสโคปสามารถตรวจวัดได้โดยสังเกตจากการลดลงของจุดลักษณะสำคัญพิเศษเมื่อลายนิ้วมือแฝงถูกทิ้งไว้นานขึ้นภายหลังจากการสัมผัสกับสารตัวอย่าง

2. เทคนิค FT–IR ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ สามารถใช้วิเคราะห์สารเคมีที่ปนเปื้อนอยู่บนรอยลายนิ้วมือแฝงภายหลังการสัมผัสกับสารเคมีได้

3. เทคนิคที่ใช้ในงานวิจัยนี้ สามารถใช้ในการตรวจสอบสารตกค้างบนลายนิ้วมือแฝง หลังจากอาสาสมัครสัมผัสสารตัวอย่าง แม้ว่าจะสัมผัสกับสารตัวอย่างมานานถึง 6 ชั่วโมง

ผลการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการใช้ภาพถ่ายจากเทคนิค FT–IR ในการตรวจหาสารเคมีต่าง ๆ ที่ตกค้างบนรอยลายนิ้วมือแฝง เพื่อประโยชน์ในงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์

คำสำคัญ: รอยลายนิ้วมือแฝง; เทคนิค Microscope–FTIR; นิติวิทยาศาสตร์

Abstract

The objectives of this study are (1) to use microscope–Fourier transforms infrared (FTIR) spectroscopy in the analysis of fingermark traces, (2) to detect the exogenous substances deposited within the latent fingermarks by the FTIR spectral imaging, and (3) to investigate the persistence time of the substances on the latent fingermarks. Samples for the study were substances often encountered in forensic cases, namely, methamphetamine, caffeine, acetaminophen, kratom powder and bullet propellants. The latent fingermarks deposited on glass surface were collected from an individual immediately and at 1 hour, 3 hours, and 6 hours after handling the substances. The results were as follows;

1. The images of aged degradation of latent fingermarks on glass surfaces can be observed with the decrease in the number of minutiae counts over time.

2. The FT–IR technique can be used to analyze chemical contaminants on latent fingerprints.

3. The technique used in this work can detect the substances deposited on the finger of fingermark donors even at 6 hours after handling the substances.

The results from this study have demonstrated the potential of using the FTIR imaging technique in the detection of substances deposited within the fingermark for forensic purpose.

Keywords: Latent Fingerprint; Microscope FT–IR; Forensic Science

บทนำ

นิติวิทยาศาสตร์ คือการนำวิทยาศาสตร์ในทุกสาขาที่เกี่ยวข้องมาประยุกต์ใช้ เพื่อให้เกิดประโยชน์ในการพิสูจน์ความจริง หาพยานหลักฐานที่สามารถแก้ต่างให้ผู้บริสุทธิ์และช่วยนำตัวผู้กระทำผิดที่แท้จริงมาลงโทษทางกฎหมาย การตรวจพิสูจน์ทางเคมีเป็นงานที่สำคัญงานหนึ่งในทางนิติวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้เป็นการวิเคราะห์คุณลักษณะโดยทั่วไปและคุณลักษณะเฉพาะขององค์ประกอบทางเคมี ช่วยในการบ่งชี้ว่าเป็นสารเคมีชนิดใด รวมถึงการหาปริมาณของสารเคมีนั้น ๆ ที่ตรวจเก็บได้ในสถานที่เกิดเหตุ และยังใช้ช่วยในการพิสูจน์ บงชี้ หาความสัมพันธ์ของพยานวัตถุประเภทต่าง ๆ จากที่เกิดเหตุ และใช้เชื่อมโยงกับผู้ต้องสงสัยหรือกระทำความผิดได้ (Ngaamkijpinyo, 2022) นอกจากนี้ในปัจจุบันมีการใช้นิติวิทยาศาสตร์ช่วยในการสืบสวนในหลาย ๆ ประเภทคดี โดยเฉพาะเพื่อจัดการกับปัญหาคดีอุกฉกรรจ์และสะเทือนขวัญต่าง ๆ โดยอ้างถึงทฤษฎีของ Edmond Locard ที่ว่า “ทุกการสัมผัส จะมีการทิ้งร่องรอย” โดยมีหลักการว่าเมื่อวัตถุ 2 ชิ้น สัมผัสกันจะเกิดการแลกเปลี่ยนบริเวณพื้นผิวที่สัมผัสกันของวัตถุนั้น (Editorial Department, n.d.) ดังนั้นหากผู้ต้องสงสัยสัมผัส หรือทิ้งร่องรอยไว้ทุกสิ่งทุกอย่างสามารถสืบค้นและนำไปสู่การจับกุมได้ พยานหลักฐานที่สำคัญที่พบได้ในทุกสถานที่เกิดเหตุ นั่นคือ รอยลายนิ้วมือและรอยลายนิ้วมือแฝง จัดเป็นวัตถุพยานประเภทรอยประทับ สามารถตรวจเก็บได้จากสถานที่เกิดเหตุ เป็นหลักฐานที่แสดงว่าบุคคลที่เป็นเจ้าของลายนิ้วมืออยู่ในสถานที่เกิดเหตุ หรือสัมผัสกับวัตถุต้องสงสัย ซึ่งสิ่งสำคัญที่ทำให้ลายนิ้วมือเป็นพยานหลักฐานที่สามารถระบุตัวตนได้นั้นคือ ลายนิ้วมือประกอบด้วยส่วนที่เป็นร่อง (furrow) และเส้นนูน (ridge) อยู่บริเวณชั้นหนังแท้ ซึ่งเป็นสิ่งที่ใช้ในการพิจารณาแยกแยะประเภทรูปแบบลายนิ้วมือ บริเวณนิ้วมือนี้จะเป็นส่วนที่สัมผัสกับวัตถุ และเมื่อนิ้วมือสัมผัสกับวัตถุพื้นเรียบ ลายเส้นนูนที่มีต่อมเหงื่อจะชื้นขึ้นทำให้เกิดการจำลองแบบลายเส้นของนิ้วมือบนวัตถุนั้นๆ ที่ถูกสัมผัส ร่องรอยนี้สามารถใช้บ่งชี้ถึงตัวบุคคลได้ (Veangchai, 2013) และเมื่อผู้ต้องสงสัยหรืออยู่ในเหตุการณ์มีการสัมผัสกับสารเคมี หรือสารต่าง ๆ สารเหล่านั้นสามารถทิ้งร่องรอยไว้บนรอยลายนิ้วมือแฝง และติดอยู่ได้ ตามทฤษฎีของ Edmond Locard สำหรับการสัมผัสใด ๆ ก็จะทิ้งร่องรอยไว้และสามารถนำมาใช้ในการเชื่อโยงผู้กระทำผิดได้ มีผู้ทำงานวิจัยที่นำเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT–IR) มาช่วยในงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ เช่น การตรวจคราบอสุจิบนกระเบื้องและผ้าชนิดต่าง ๆ (Imsin et al., 2016) การตรวจพิสูจน์เศษสีของรถยนต์ (Timad et al., 2017) ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำเทคนิค FT–IR มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์สารเสพติดบนรอยลายนิ้วมือแฝง เป็นต้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำเทคนิค FT–IR ร่วมกับกล้องจุลทรรศน์ (Microscope) มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์สารเสพติด และสารเคมีต่าง ๆ ที่มักพบในสถานที่เกิดเหตุ ที่ติดมาบนรอยลายนิ้วแฝง โดยเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยสามารถบันทึกภาพรอยลายนิ้วมือได้อีกด้วย มีงานวิจัยที่นำเอาเทคนิคนี้มาใช้กันอย่างแพร่หลาย ดังต่อไปนี้

การใช้เทคนิค Infrared (IR) Micro Spectroscopy วิเคราะห์สารที่ตกค้างอยู่บนรอยลายนิ้วมือบน ผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่าสามารถวิเคราะห์สเปกตรัมของรอยนิ้วมือได้ ซึ่งมีข้อดีคือสามารถใช้แยกรอยนิ้วมือระหว่างผู้ใหญ่กับลายนิ้วมือของเด็กได้ และไม่ทำลายตัวอย่างอีกทั้งยังสามารถเก็บข้อมูลไว้ศึกษาได้เป็นระยะเวลานาน (Williams et al., 2004) และมีการศึกษาการใช้เทคนิค FT–IR ร่วมกับกล้องจุลทรรศน์ในการตรวจหาสารเคมีที่อาจติดอยู่บนลายนิ้วมือ ทำให้สามารถตรวจได้ทั้งรอยลายนิ้วมือและสารเคมีที่อาจจะติดมาได้ (Grant et al., 2005) และมีการนำเทคนิค Infrared Spectroscopy (IR) มาใช้ตรวจรอยลายนิ้วมือแฝงและสิ่งปนเปื้อนที่อาจติดมากับรอยลายนิ้วมือแฝง ด้วยการใช้เทปกาวแปะทับลงบนรอยลายนิ้วมือแฝงที่จำลองการสัมผัสสารเคมีก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ATR–FT–IR spectroscopy ผลวิเคราะห์ที่ได้จากการศึกษาพบว่าตรวจพบร่องรอยของการสัมผัสสารเสพติดและวัตถุระเบิดบนรอยลายนิ้วมือได้ และยังสามารถแยกแยะรอยลายนิ้วระหว่างเด็กและผู้ใหญ่ได้ (Jickells, 2008) สังเกตได้ว่าการใช้เทคนิค FT–IR ร่วมกับกล้องจุลทรรศน์ เป็นเทคนิคที่มีความนิยมนำมาวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงที่สามารถได้ข้อมูลทั้งภาพถ่ายที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์ และข้อมูลองค์ประกอบสารเคมีที่อาจหลงเหลืออยู่บนรอยลายนิ้วมือแฝง

จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นสามารถวิเคราะห์สารเคมีที่ติดมากับรอยลายนิ้วมือแฝงได้ ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาเกี่ยวกับการตรวจหาสารเคมีที่ทิ้งร่องรอยไว้บนรอยลายนิ้วมือแฝงที่อาจตรวจเก็บได้จากสถานที่เกิดเหตุ ที่เวลาต่าง ๆ เนื่องจากยังไม่มีงานวิจัยที่คำนึงระยะเวลาในการนำวัตถุพยานมาตรวจ โดยในงานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์คือ Microscope–FTIR มาวิเคราะห์สารเคมีที่อยู่บนลายนิ้วมือ และศึกษาเทคนิคที่มีความทันสมัย รวดเร็ว และลดขั้นตอนหรือสารเคมีที่ต้องใช้ เพื่อนำไปเป็นหลักฐานสำคัญที่ช่วยในการสืบสวน และใช้ในกระบวนการยุติธรรมต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาการใช้เทคนิค Microscope–FTIR สำหรับการวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝง
2. เพื่อศึกษาการใช้เทคนิค Microscope–FTIR ตรวจวิเคราะห์สารเคมีปนเปื้อนบนรอยลายนิ้วมือแฝง
3. เพื่อศึกษาการคงอยู่ของสารเคมี บนรอยลายนิ้วมือแฝง

การทบทวนวรรณกรรม

การวิจัยการตรวจหาสารเคมีที่ติดมากับรอยลายนิ้วมือแฝง โดยเทคนิคไมโครสโคปฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโคปีสำหรับการประยุกต์ใช้ทางนิติวิทยาศาสตร์นั้นผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลงานวิจัยจากแหล่งต่าง ๆ ให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้ที่จะนำไปพัฒนางานงานวิจัย ดังนี้

Grant et al. (2005) ได้ศึกษาสารเคมีบนรอยลายนิ้วมือโดยใช้เทคนิคสำหรับการตรวจหารอยลายนิ้วมือ จากการถ่ายภาพโดยอนุภาคแม่เหล็กที่เคลือบโปรตีนที่ติดฉลากด้วยสีย้อม โดยใช้เทคนิค Fourier Transform Infrared spectroscopy ในการตรวจสารเคมีที่อาจติดบนรอยลายนิ้วมือ ซึ่งมีการใช้กล้องจุลทรรศน์ร่วมด้วย ทำให้สามารถตรวจวิเคราะห์ได้ทั้งรอยลายนิ้วมือแฝงและสารเคมีที่ปนเปื้อนมากับรอยลายนิ้วมือแฝงได้ ซึ่งในการใช้อนุภาคแม่เหล็กยังคงเป็นการเตรียมตัวอย่างที่ยากต่อมาจึงได้มีการพัฒนาการตรวจวิเคราะห์ให้ง่ายมายิ่งขึ้น

Jickells (2008) ศึกษาการตรวจจับร่องรอยของการสัมผัสสารเสพติดและวัตถุระเบิดบนรอยนิ้วมือโดยใช้เทคนิค FT–IR และ Raman spectroscopy เพื่อแยกแยะความแตกต่างของสารเคมีบนรอยลายนิ้วมือ ซึ่งผลการทดลองพบว่าสามารถแยกแยะรอยลายนิ้วระหว่างเด็กและ ผู้ใหญ่ได้และพบว่าเทคนิคทั้งสองสามารถตรวจจับร่องรอยการสัมผัสได้ ซึ่งเป็นการแยกโดยวิเคราะห์จากโปรตีนและไขมันที่อยู่บริเวณรอยลายนิ้วมือ

Hazarika et al. (2008) มีการพัฒนาเทคนิคการหารอยลายนิ้วมือบนวัสดุที่มีรูพรุนและไม่มีรูพรุนโดยใช้เทคนิค Fourier Transform Infrared spectroscopy และ Raman spectroscopy ร่วมกับการวิเคราะห์แบบ principal components analysis (PCA) ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้พิสูจน์เอกลักษณ์ของลายนิ้วมือได้โดยใช้หลักการทางสถิติเข้ามาร่วมด้วย

Chen et al. (2009) มีการศึกษาการประยุกต์การถ่ายภาพโดยเทคนิค Vibrational spectroscopy ซึ่งใช้ในการถ่ายภาพและตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวของวัสดุต่าง ๆ โดยเป็นการสร้าง ลายนิ้วมือขึ้นใหม่จาก เหงื่อจากต่อมเหงื่อทั่ว ๆ ไป (Eccrine sweat glands) ที่ตกค้างและไขมันจากสารประกอบภายนอกซึ่งสามารถแยกแยะ องค์ประกอบของลายนิ้วมือที่มีการทับซ้อนกันได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังสามารถตรวจวิเคราะห์พบสารเคมีบางชนิดที่หลงเหลือในรอยลายนิ้วมือ ซึ่งสามารถบอกถึงประวัติการสัมผัสสารต่าง ๆ ของบุคคลจากรอยลายนิ้วมือแฝงได้

Ewing and Kazarian (2017) มีการศึกษางานวิจัยที่นำเอาเทคนิค Microscopy ATR–FTIR spectroscopy ไปใช้วิเคราะห์สารเคมีบนวัสดุต่าง ๆ ที่แตกต่างกัน เมื่อถูกสัมผัสด้วยนิ้วมือ โดยมีการใช้ Raman spectroscopy ร่วมด้วย พบว่าผลการวิเคราะห์ที่ได้สามารถวิเคราะห์สารเคมีที่ติดอยู่บนรอยลายนิ้วมือได้ และไม่ทำลายตัวอย่างเหมือนกับเทคนิคการเก็บรอยลายนิ้วมือ ๆ ที่ต้องมีการใช้ผงฝุ่นดำซึ่งทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์สารที่ติดอยู่บนรอยลายนิ้วมือได้

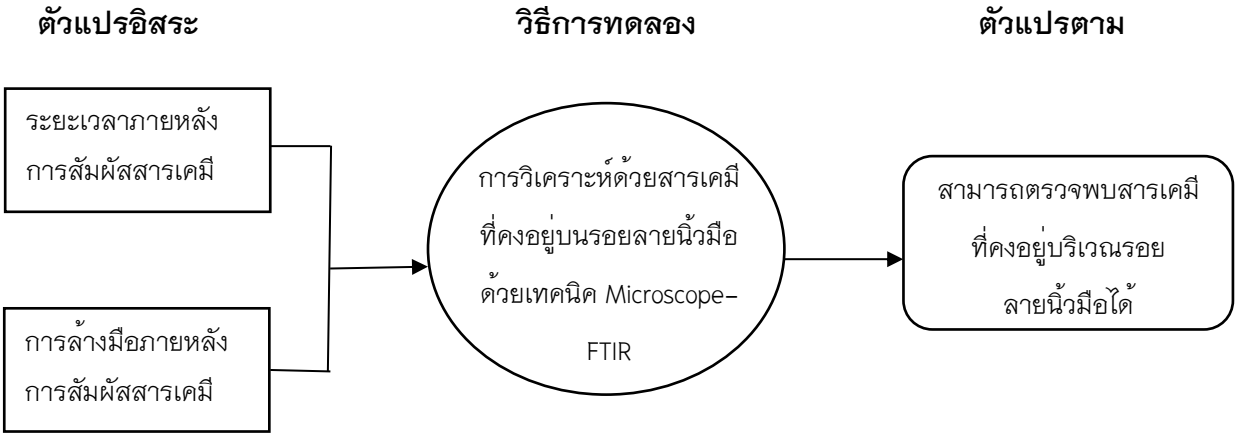
Coletti et al. (2021) ใช้เทคนิค Microscopy ATR–FTIR spectroscopy ในงานวิจัยทางด้านนิติวิทยาศาสตร์อีกหลากหลาย ตัวอย่างเช่นการวิเคราะห์เส้นใย หรือสิ่งทอประเภทต่าง ๆ เห็นได้ว่าเส้นใยมีการศึกษาในหลายแขนงทั้งในด้านการอนุรักษ์ และการวิเคราะห์หาการเสื่อมสภาพของเส้นใยตามระยะเวลาในการเก็บรักษาสภาพซึ่งสามารถระบุระยะเวลา และการเก็บรักษาของวัตถุพยานประเภทเส้นใย

Boseley et al. (2022) ศึกษาการใช้เทคนิคในการวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือด้วยวิธีการทางสเปกโตรสโกปีเนื่องจากมีความสำคัญในการวิเคราะห์ลายนิ้วมือที่ใช้เพื่อระบุองค์ประกอบทางเคมีที่มีอยู่ โดยเปรียบเทียบความแปรผันในปัจจัยทางกายภาพของเจ้าของลายนิ้วมือ ซึ่งวิธีไมโครสโคปีนั้นเป็นวิธีการสร้างภาพทางเคมี คือการใช้ไมโครสเปกโตรสโคปีอินฟราเรดสามารถจับภาพสารเคมีบนรอยลายนิ้วมือ ซึ่งในงานวิจัยนี้เป็นการใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการถ่ายภาพรอยลายนิ้วมือระหว่างเทคนิค FT–IR และ เทคนิค X–ray fluorescence microscopy นอกจากนี้ยังมีการนำเอาเทคนิคการวิเคราะห์ไอออนและโลหะ ที่อาจเจอได้ในรอยลายนิ้วมือมาประยุกต์ใช้ร่วมด้วย

จากการศึกษางานวิจัยที่กล่าวข้างต้นเห็นได้ว่า การใช้เทคนิคทางสเปกโตรสโกปี โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคนิค Microscopy ATR–FTIR spectroscopy ในการวิเคราะห์สารเคมีบนรอยลายนิ้วมือแฝง ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ทั้งรอยลายนิ้วมือแฝง และสารเคมีที่คงอยู่บนรอยลายนิ้วมือ ถือว่าเป็นประโยชน์และน่าสนใจเป็นอย่างยิ่งในงานวิจัยทางนิติวิทยาศาสตร์ งานวิจัยจึงศึกษาการคงอยู่ของรอยลาบนิ้วมือแฝงภายหลังจากการสัมผัสกับสารเคมี เพื่อมาประยุกต์ใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์ เนื่องจากรอยลายนิ้วมือที่ได้จากสถานที่เกิดเหตุ ผู้ต้องสงสัยหรือผู้กระทำผิด อาจจะสัมผัสสารเคมีเป็นเวลานานก่อนที่จะมาตรวจเก็บรอบลายนิ้วมือ

กรอบแนวคิดการวิจัย

งานวิจัยนี้ เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยกำหนดกรอบแนวคิดการวิจัย โดยมีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ ซึ่งกลุ่มตัวอย่างสารเคมีที่นำมาใช้ในการทดลอง มีจำนวน 6 ตัวอย่าง ประกอบไปด้วย เมทแอมเฟตามีน (Methamphetamine) รูปแบบอัดเม็ด และรูปแบบผลึกสีขาว,

คาเฟอีน (Caffeine), พาราเซตามอล (Acetaminophen), ผงกระท่อม (Kratom powder) และ ดินส่งกระสุน (Bullet propellants) โดยจะแทนตัวอย่างด้วย A – F ตามลำดับ โดยตัวอย่างในงานวิจัยทั้งหมดที่กล่าวมามาผู้วิจัยเลือกมาจากความเกี่ยวข้องกับงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ เครื่อง Microscope–FTIR รุ่น Spotlight 200i ยี่ห้อ Perkin Elmer การตั้งค่าการวิเคราะห์ที่เลขคลื่น (Wavenumber) 4000 – 600 cm^{-1} จำนวนครั้งในการสแกน 32 รอบ และมีความละเอียดในการสแกน (Resolutions) อยู่ที่ 4 cm^{-1}

โดยมีขั้นตอนการวิจัยดังนี้

1. การวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝง โดยใช้เทคนิค Microscope FT–IR

โดยในการทำลองได้เตรียมกระจกสไลด์ที่ทำความสะอาดเรียบร้อย และทำความสะอาดบริเวณนิ้วมือของผู้ทดลอง เพื่อป้องกันสิ่งปนเปื้อนอื่น ๆ ทำการทดลองโดยใช้นิ้วมือสัมผัสบริเวณทีโซน แล้วประทับนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ จากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Microscope FT–IR

2. วิเคราะห์หาสารเคมีที่ปนเปื้อนอยู่บริเวณรอยลายนิ้วมือแฝงโดยใช้เทคนิค Microscope FT–IR

ทำเช่นเดียวกันกับข้อ 1 โดยหลังจากสัมผัสบริเวณทีโซนแล้ว ให้สัมผัส หรือหยิบจับสารเคมีตัวอย่างก่อนประทับลงบนกระจกสไลด์ แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Microscope FT–IR

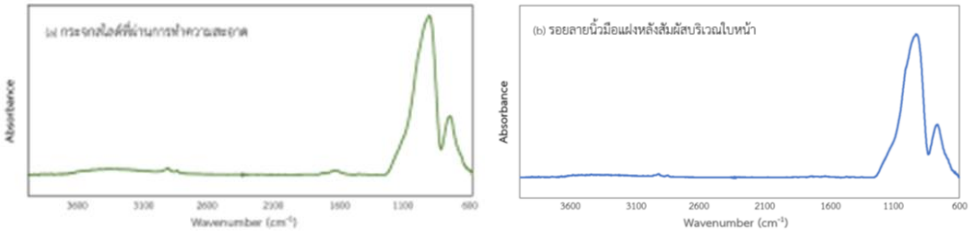
3. ศึกษาการคงอยู่ของสารเคมีบนรอยลายนิ้วมือแฝงด้วยเทคนิค Microscope FT–IR

ทำเช่นเดียวกันกับข้อ 2 หลังจากสัมผัส หรือหยิบจับสารเคมีตัวอย่างแล้วให้ผู้ทดลองทำกิจกรรมตามปกติ แล้วประทับนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ภายหลังการสัมผัสแล้วทิ้งไว้ 1, 3, และ 6 ชั่วโมง ก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Microscope FT–IR

ผลการวิจัย

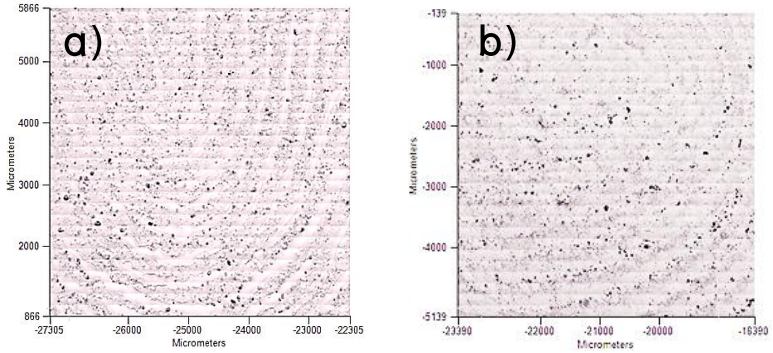
จากการศึกษาความคงอยู่ของสารเคมีที่ปนเปื้อนบนรอยลายนิ้วมือแฝง ด้วยเทคนิค Microscope–FTIR ให้ผลลัพธ์ข้อมูลเป็นภาพถ่ายในระดับไมโครเมตร และสเปกตรัมของสารเคมีตัวอย่าง โดยผลการวิจัยผู้วิจัยได้ออกแบบการทดลองและสรุปผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

วัตถุประสงค์ที่ 1 ผลการวิจัยพบว่าจากการใช้เทคนิค Microscope FT–IR ในการตรวจรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวกระจก คือสามารถตรวจลายนิ้วมือแฝงได้ผลการทดลองวิเคราะห์กระจกสไลด์ที่ผ่านการทำความสะอาดเรียบร้อยแล้ว เทียบกับรอยลายนิ้วมือแฝงที่ถูกประทับลงบนกระจกสไลด์หลังจากผ่านการสัมผัสบริเวณในหน้า เพื่อตรวจสอบพีคที่อาจขึ้นรบกวนการวิเคราะห์สารเคมีตัวอย่าง แสดงดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 2 สเปกตรัมของ
(a) กระจกสไลด์ที่ผ่านการทำความสะอาด (b) รอยลายนิ้วมือแฝงหลังสัมผัสบริเวณใบหน้า

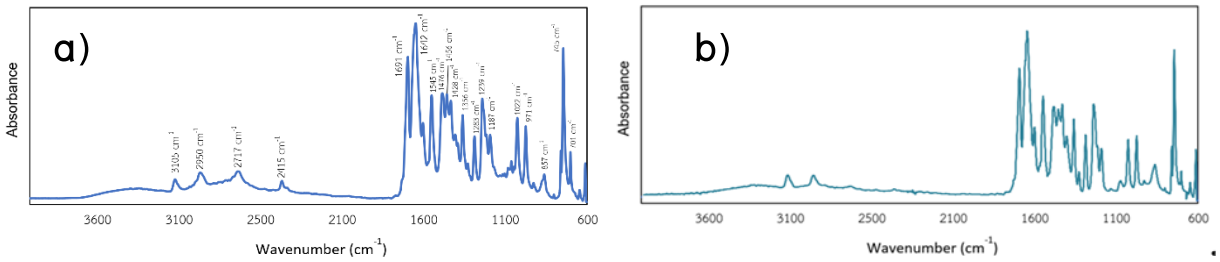
จากภาพที่ 2 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกัน ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าสเปกตรัมไม่มีความแตกต่างกัน และไม่มีพีคที่ขึ้นรบกวนการวิเคราะห์สารตัวอย่างที่เกิดจากเหงื่อบริเวณนิ้วมือ หรือจากความมันบนใบหน้า ซึ่งเทคนิค Microscope FT–IR สามารถถ่ายภาพรอยลายนิ้วมือได้ ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ภาพถ่ายรองลายนิ้วมือแฝง จากเทคนิค Microscope FT–IR
a) รอยลายนิ้วมือที่ประทับลงบนพื้นผิวกระจกสไลด์แล้วถ่ายภาพทันที
b) รอยลายนิ้วมือที่ประทับลงบนพื้นผิวกระจกสไลด์ แล้วถ่ายภาพหลังผ่านไป 1 วัน

จากภาพที่ 3a จะเห็นได้ว่ารอยลายนิ้วมือแฝงที่ถ่ายได้ปรากฏเส้นร่อง และเส้นนูนชัดเจน สามารถประเมินร่อยลายนิ้วมือได้จากการสังเกตจุดลักษณะสำคัญพิเศษ และใช้ถ่ายภาพเก็บเป็นฐานข้อมูลได้ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับภาพ 3b จะเห็นว่าการสังเกตจุดลักษณะสำคัญพิเศษจะมองเห็นได้ยาก

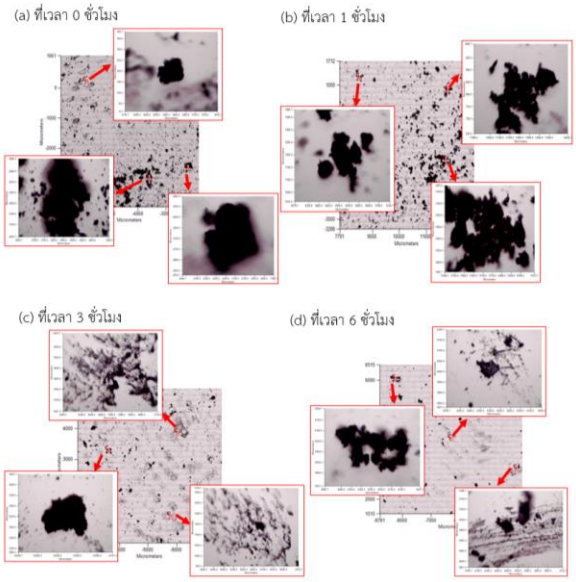
วัตถุประสงค์ที่ 2 การวิเคราะห์หาสารเคมีที่ปนเปื้อนอยู่บริเวณรอยลายนิ้วมือแฝงโดยใช้เทคนิค Microscope FT–IR เริ่มต้นจากการวิเคราะห์สารตัวอย่างโดยที่ไม่ผ่านการสัมผัสบริเวณนิ้วมือเพื่อใช้สำหรับการเปรียบเทียบสเปกตรัมของสารเคมีที่คงอยู่บนลายนิ้วมือ ยกตัวอย่างสเปกตรัมของสารตัวอย่าง A แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 a) สเปกตรัมของสารตัวอย่าง A b) สเปกตรัมของสารตัวอย่าง A ที่คงอยู่บนรอยลายนิ้วมือแฝง

จากภาพที่ 4a สเปกตรัมของสารตัวอย่าง A โดยพีคที่ตำแหน่ง 701 cm^{-1} (C–H aromatic), 745 cm^{-1} (C–H aromatic), 1022 cm^{-1} (CH3), 1476 cm^{-1} (CH2), 1545 cm^{-1} (C=C aromatic), 1642 cm^{-1} (N–H), 1691 cm^{-1} (C=O), 2717 cm^{-1} (C–H) ซึ่งแสดงถึงเอกลักษณ์ของหมู่ฟังก์ชันในสารตัวอย่าง A โดยเมื่อนำลักษณะพีคที่ได้มาเปรียบเทียบกับ ภาพที่ 4b จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้เทคนิคดังกล่าววิเคราะห์สารเคมีที่คงเหลืออยู่บนรอยลายนิ้วมือ จะได้พีคที่เป็นลักษณะเดียวกันกับภาพ 4a ซึ่งใช้ยืนยันได้ว่าสารเคมีที่อยู่บนรอยลายนิ้วมือเป็นสารตัวอย่าง A จริง

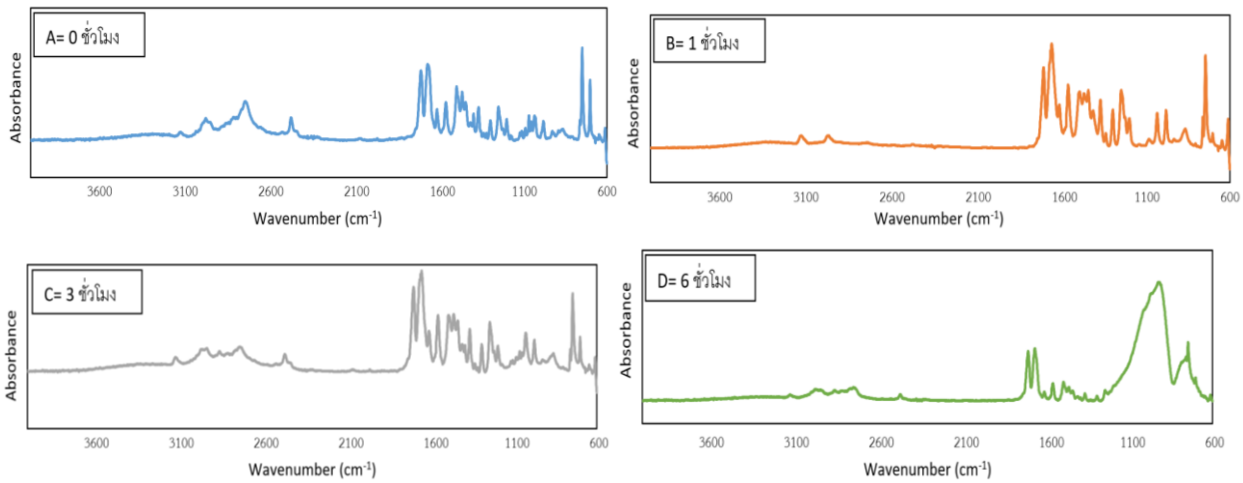
วัตถุประสงค์ที่ 3 จากเทคนิค Microscope–FTIR แสดงดังนี้เมื่อวิเคราะห์ความคงอยู่ของสารเคมีที่ปนเปื้อนบนรอยลายนิ้วมือการสัมผัสสารเคมีตัวอย่างแล้วประทับลายนิ้วมือแล้วทิ้งไว้เป็นเวลา 0, 1, 3, และ 6 ชั่วโมง แล้วประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ จากนั้นใช้เทคนิค Microscope–FTIR ในการวิเคราะห์หาสารเคมีที่ปนเปื้อนอยู่ในรอยรายนิ้วมือแฝง เทียบกับสเปกตรัมของสารตัวอย่างในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 บริเวณขยายตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสสาร A แล้วประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อินฟาเรด (a) ที่เวลา 0 ชั่วโมง, (b) ที่เวลา 1 ชั่วโมง, (c) ที่เวลา 3 ชั่วโมง, (d) ที่เวลา 6 ชั่วโมง

จากภาพที่ 5 จากถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อินฟาเรดแสดงความละเอียดในการถ่ายภาพขนาด 5000 x 5000 ไมโครเมตร ซึ่งสามารถถ่ายเส้นลายนิ้วมือได้ชัดเจน และในการวิเคราะห์สารเคมีจะวิเคราะห์ครั้งละ 3 บริเวณ ดังแสดงในภาพส่วนของการขยาย เพื่อให้เห็นลักษณะทางกายภาพของสารเคมีที่ปนเปื้อนบนรอยลายนิ้วมือแฝงที่ลดลงไปตามระยะเวลาที่ผ่านไป โดยเทียบจากภาพที่ 5(a) ซึ่งเป็นการสัมผัสแล้วประทับลงบนกระจกสไลด์ทันที จะเห็นว่าสามารถถ่ายภาพให้เห็นเป็นลักษณะกลุ่มก้อนสีดำซึ่งขนาดใหญ่กว่า ภาพ 5(d) ซึ่งสารเคมีที่ตรวจพบจะมีลักษณะเล็กลง และตรวจพบได้น้อย

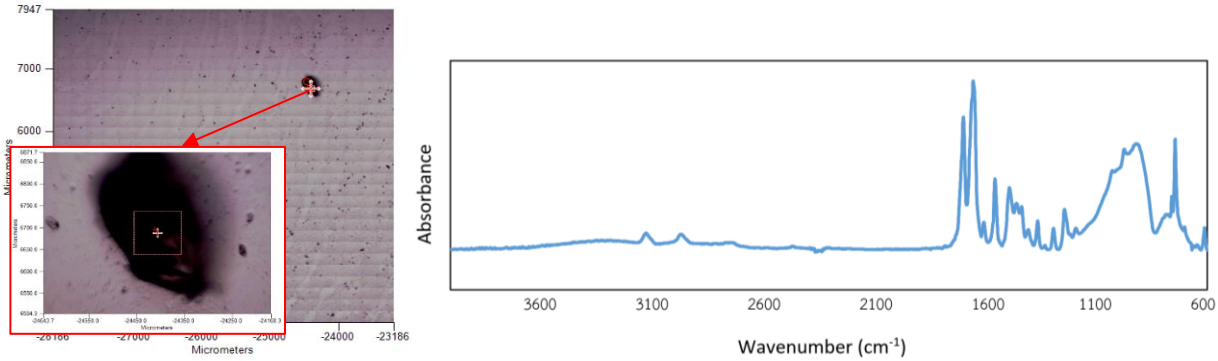
ซึ่งในการเปรียบเทียบเพื่อวิเคราะห์การคงอยู่ของสารเคมีบนรอยลายนิ้วมือ นอกจากจะสังเกตจะภาพที่ถ่ายได้แล้ว ยังต้องมีการยืนยันว่าที่ถ่ายได้เป็นสารตัวอย่างจริง โดยในภาพที่ 6 จะเป็นสเปกตรัมของสารตัวอย่าง A ซึ่งไม่ผ่านการสัมผัส แต่ใช้เทคนิคเดียวกันนั่นคือ Microscope–FTIR ในการวิเคราะห์ จากนั้นจึงนำมาใช้เปรียบเทียบลักษณะของพีคในภาพที่ 5 ซึ่งเป็นสเปกตรัมที่ได้จากการวิเคราะห์สารเคมีบนรอยลายนิ้วมือแฝงเมื่อเวลาผ่านไป



ภาพที่ 6 สเปกตรัมของรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสสารตัวอย่าง A แล้วประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ที่เวลา (A) 0 ชั่วโมง, (B) 1 ชั่วโมง, (C) 3 ชั่วโมง, (D) 6 ชั่วโมง

จากภาพที่ 6 จะเห็นได้ว่าแม้เวลาผ่านไปถึง 6 ชั่วโมงลักษณะสเปกตรัมที่ได้จากรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสสารตัวอย่าง A ยังคงสามารถตรวจวิเคราะห์ได้ว่ามีสารเคมีติดอยู่บนรอยลายนิ้วมือจริงและสามารถระบุเปรียบเทียบกับสเปกตรัมของสารตัวอย่างเริ่มต้นได้

การวิเคราะห์สารเคมีบนรอยลายนิ้วมือแฝงโดยการสัมผัสแล้วทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง จากนั้นล้างมือแบบถูมือผ่านน้ำ โดยไม่ใช่สบู่ล้างมือผลที่ได้จากเทคนิค Microscope–FTIR แสดงดังนี้



ภาพที่ 7 a) ถาพถ่ายบริเวณขยายตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์ b) สเปกตรัม ของรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสสาร A แล้วล้างมือก่อนทำการประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์

จากภาพที่ 7a และ 7b แสดงให้เห็นว่าสเปกตรัมของรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการสัมผัสสาร A แล้วล้างมือก่อนประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ พบว่าสามารถตรวจวิเคราะห์สารตัวอย่างที่หลงเหลืออยู่บนนิ้วมือได้ เนื่องมาจากลักษณะของสาร ละเอียด และเป็นผงอัดแน่นทำให้ติดอยู่บริเวณนิ้วมือได้ดี และผลการทดลองวิเคราะห์สารตัวอย่างทั้งหมดแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 สรุปผลการวิเคราะห์สารเคมีบนรอยลายนิ้วมือแฝงด้วยเทคนิค Microscope–FTIR

ตัวอย่าง	ระยะเวลาในการสัมผัสสารแล้วปล่อยทิ้งไว้ก่อนประทับรอยลายนิ้วมือแฝง				สัมผัสสารแล้วทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง แล้วล้างมือก่อนประทับลายนิ้วมือ
	ทันที	1 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง	
A	✓	✓	✓	✓	✓
B	✓	✓	✓	✓	✗
C	✓	✓	✓	✓	✗
D	✓	✓	✓	✓	✗
E	✓	✓	✓	✓	✗
F	✓	✓	✗	✗	✗

หมายเหตุ ✓ คือ สามารถวิเคราะห์สารเคมีบนรอยลายนิ้วมือแฝงได้

✗ คือ ไม่สามารถวิเคราะห์สารเคมีบนรอยลายนิ้วมือแฝงได้

จากตารางจะเห็นได้ว่าเมื่อศึกษาการคงอยู่ของสารเคมีบนรอยลายนิ้วมือแฝงด้วยเทคนิค Microscope–FTIR ซึ่งเป็นเทคนิคที่ให้ผลการวิเคราะห์เป็นภาพถ่ายและสเปกตรัมของสารที่ทำการวิเคราะห์ได้ เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลทั้งจากภาพถ่ายและสเปกตรัมประกอบกัน จะสามารถวิเคราะห์ผลการศึกษาที่ได้ขึ้นได้ ซึ่งในการขั้นแรกจะเป็นการดูจากภาพถ่ายเพื่อสังเกตบริเวณรอยลายนิ้วมือ และใช้เส้นสปกตรัมในการระบุยืนยันจากหมู่ฟังก์ชันของสารนั้น ๆ

อภิปรายผลการวิจัย

ผลจากการวิจัยวัตถุประสงค์ที่ 1 พบว่ารอยลายนิ้วมือที่พบได้ทั่วไปนอกจากจะสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า หรืออาจต้องมีการใช้สารเคมีอื่นๆ เพื่อให้เห็นลักษณะของลายนิ้วมือชัดขึ้น ซึ่งจากการทดลองการตรวจวิเคราะห์หาสารเคมีบนรอยลายนิ้วมือแฝงด้วยเทคนิค Microscope–FTIR สามารถวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Grant et al. ปี 2005 ที่ใช้เทคนิคเดียวกันนี้ในการศึกษารอยลายนิ้วมือแฝง และงานวิจัยของ Ricci et al ปี 2007ซึ่งใช้เทคนิค FT–IR ในการตรวจพิสูจน์รอยลายนิ้วมือแฝง ซึ่งพบว่าวิธีนี้ไม่ต้องเตรียมตัวอย่างในยุ่งยากหรือเสียเวลา เป็นการวิเคราะห์ที่ไม่ทำลายตัวอย่าง ทำให้มีความสะดวก รวดเร็วในการวิเคราะห์ และจะเห็นได้ว่าผู้วิจัยได้ตรวจวิเคราะห์สเปกตรัมของพื้นผิวและบริเวณนิ้วมือ พบว่าพีคที่เกิดขึ้นไม่รบกวนการวิเคราะห์สารตัวอย่าง และเมื่อถ่ายภาพรอยลายนิ้วมือจะเห็นลักษณะของเส้นร่องและเส้นนูนชัดเจน และสามารถถ่ายภาพเพื่อเก็บลายนิ้วมือเป็นฐานข้อมูลในการวิเคราะห์เอกลักษณ์ของบุคคลต่อไปได้

ผลจากการวิจัยวัตถุประสงค์ที่ 2 พบว่าในนอกจากการวิเคราะห์จากภาพถ่าย ยังคงต้องการการยืนยันด้วยการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของสารเคมีเพื่อให้สามารถยืนยันได้ว่าสารที่เห็นจากภาพเป็นสารตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์จริง โดยจะเห็นถึงสารเคมีที่ผู้วิจัยได้สัมผัสก่อนนำมาประทับ ซึ่งข้อดีข้อการใช้เทคนิคนี้สามารถใช้ประเมินลักษณะและปริมาณของสารเคมีที่หลงเหลืออยู่บนรอยลายนิ้วมือแฝง เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับงานวิจัยของ Ewing and Kazarian ปี 2017 ที่สามารถหาสารเคมีที่ติดมากับรอยลายนิ้วมือแฝงได้โดยไม่ต้องอาศัยสารเคมีประเภทอื่นเพื่อให้สามารถระบุได้ว่าเป็นรอยลายนิ้วมือแฝง และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jickells ปี 2008 ที่ใช้เทคนิคเดียวกันนี้ในการแยกประเภทของสารที่ติดมากับรอยลายนิ้วมือแฝงว่าเป็นสารเสพติด หรือสารประกอบวัตถุระเบิด นอกจากนี้การทดลองมีการจำลองสถานการณ์ คือให้ผู้ทดลองสัมผัสสารตัวอย่างแล้วดำเนินกิจกรรมตามปกติเป็นเวลา 1 ชั่วโมงก่อนจะล้างมือแบบถูมือให้น้ำไหลผ่าน จากนั้นปล่อยให้มือแห้งโดยไม่ต้องใช้ผ้าซับ จากนั้นประทับลงบนกระจกสไลด์ จากการใช้เทคนิค Microscope–FTIR ในการวิเคราะห์เช่นเดียวกับการทดลองแรก พบว่าไม่สามารถวิเคราะห์สารตัวอย่างได้ ยกเว้นตัวอย่างแรก ซึ่งอาจเกิดจากลักษณะของสารตัวอย่างที่เป็นผงซึ่งเมื่อถูมือ

ผ่านน้ำทำให้สารตัวอย่างนี้ยังคงติดอยู่ที่บริเวณรอยลายนิ้วมือที่มีลักษณะเป็นร่อง แต่อย่างไรก็ตามสารตัวอย่างอื่น ๆ ไม่สามารถวิเคราะห์ได้

ผลจากการวิจัยวัตถุประสงค์ที่ 3 พบว่าการใช้เทคนิค Microscope–FTIR ในการวิเคราะห์สารเคมีบนรอยลายนิ้วมือแฝง สามารถทำได้ง่ายและไม่ทำลายตัวอย่าง สารเคมีตัวอย่างที่นำมาทดลอง ผู้วิจัยเลือกให้มีความสอดคล้องกับขอบเขตงานในด้านนิติวิทยาศาสตร์ ซึ่งคำนึงถึงลักษณะของแต่ละตัวอย่างเพื่อให้ครอบคลุมได้มากที่สุด และเนื่องด้วยสารที่เกี่ยวข้องกับงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ เช่น สารประกอบวัตถุระเบิด สารเสพติดประเภทอื่น ๆ มีข้อจำกัดในการนำมาใช้ และเมื่อทดลองกับสารตัวอย่างทั้ง 6 ชนิด พบว่าสารเคมีที่มีลักษณะเป็นผง เกล็ด ผลึก จะสามารถติดอยู่บนรอยรายนิ้วมือได้นานถึง 6 ชั่วโมง ซึ่งเทคนิค Microscope–FTIR สามารถวิเคราะห์พบได้แม้มีปริมาณเล็กน้อย แต่สารตัวอย่างที่มีลักษณะที่เป็นของแข็งขนาดใหญ่ขึ้น อย่างเช่น ดินส่งกระสุน จะติดอยู่บนมือได้ไม่นาน เนื่องมาจากลักษณะพื้นผิว และน้ำหนักทำให้เมื่อมือผู้ทำการทดลองสัมผัสไปบริเวณอื่น และยังมีการพัฒนาการนำเอาวิธีการทางสถิติเข้ามาใช้ร่วมด้วยดังในงานวิจัยของ Hazarika et al. ปี 2008 ที่ใช้เทคนิค Principal components analysis (PCA) มาใช้พิสูจน์เอกลักษณ์ของลายนิ้วมือร่วมกับเทคนิค Microscope–FTIR ซึ่งข้อดีของเทคนิคนี้คือบริเวณที่วิเคราะห์มีลักษณะเล็ก ทำให้แม้มีตัวอย่างน้อยยังคงสามารถวิเคราะห์ได้ และยังมีการใช้กล้องจุลทรรศน์มาร่วมกับเครื่องมือ ทำให้สามารถถ่ายภาพรอยลายนิ้วมือได้ครบทั้งรอยที่ต้องการซึ่งใช้เก็บเป็นฐานข้อมูลเพื่อใช้พิสูจน์เอกลักษณ์ของบุคคลได้ จะเห็นได้ว่าเทคนิคนี้ยังใช้ได้ในการพิสูจน์วัสดุอื่น ๆ ดังในงานวิจัยของ Coletti et al. ปี 2021 ใช้เทคนิค Microscopy ATR–FTIR spectroscopy ในการวิเคราะห์เส้นใยหรือสิ่งทอประเภทต่าง ๆ เพื่อหาการเสื่อมสภาพของเส้นใย ซึ่งมีประโยชน์ในงานทางนิติวิทยาศาสตร์เช่นเดียวกัน

องค์ความรู้ใหม่จากการวิจัย

ผลการวิจัยในครั้งนี้ได้จากการใช้เทคนิค Microscope–FTIR ในการตรวจวิเคราะห์สารเคมีบนรอยลายนิ้วมือแฝง จำลองสถานการณ์ให้คล้ายจริง นั้นคือการสัมผัสสารใด ๆ แล้วดำเนินกิจกรรมตามปกติทั้งมีการล้างมือและไม่ล้างมือ โดยคำนึงถึงทฤษฎีของ Edmond Locard ที่นำเสนอแนวความคิด “ทุกการสัมผัส จะมีการทิ้งร่องรอย” คือเมื่อวัตถุ 2 ชิ้น สัมผัสกันจะเกิดการแลกเปลี่ยนบริเวณพื้นผิวที่สัมผัสกัน

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้พัฒนาเทคนิคและวิธีที่จะทำให้สามารถวิเคราะห์สารเคมีที่อาจปนเปื้อนอยู่บนรอยลายนิ้วมือให้ในการตรวจวิเคราะห์ใช้เวลา และสารเคมีอื่น ๆ น้อยที่สุดและเป็นโมเดลสำหรับเลือกใช้ในหน้างานทางการตรวจพิสูจน์หลักฐาน และเพื่อให้เป็นประโยชน์ในการเลือกใช้เทคนิคการตรวจวิเคราะห์วัตถุพยานในสถานที่เกิดเหตุจริงที่อาจมีความหลากหลาย

สรุป

จากการวิเคราะห์สารเคมีบนรอยลายนิ้วมือแฝง ด้วยเทคนิค Microscope–FTIR พบว่าสารเคมีตัวอย่างที่มีลักษณะเป็นผงละเอียดสามารถวิเคราะห์และคงอยู่บนนิ้วมือได้ถึง 6 ชั่วโมง เนื่องจากบริเวณลายนิ้วมือจะมีเส้นร่องและเส้นนูนที่สารเคมีต่าง ๆ สามารถเกาะอยู่บนนิ้วได้ อีกทั้งความชื้นจากเหงื่อที่อาจทำให้สารเคมีต่าง ๆ เกาะติดได้ดีมากยิ่งขึ้น จึงเป็นวิธีที่ไม่ต้องเตรียมตัวอย่างให้เสียเวลา และเป็นการวิเคราะห์ที่ไม่ทำลายตัวอย่าง แล้วยังสามารถบันทึกภาพที่ได้ไว้ตรวจสอบอีกได้ด้วย ซึ่งเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้งานในทางนิติวิทยาศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยเรื่องการตรวจหาสารเคมีที่ติดมากับรอยลายนิ้วมือแฝง โดยเทคนิค Microscope–FTIR สำหรับการประยุกต์ใช้ทางนิติวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลจากการวิจัยวัตถุประสงค์ที่ 1 พบว่าจากการใช้เทคนิค Microscope–FTIR ในการวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝง พบว่าสามารถถ่ายภาพรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏได้ ซึ่งสามารถใช้ในการระบุเอกลักษณ์ของบุคคล ซึ่งสามารถเก็บเป็นฐานข้อมูลต่อไปในอนาคตได้

ผลจากการวิจัยวัตถุประสงค์ที่ 2 พบว่าจากการใช้เทคนิค Microscope–FTIR ตรวจหาสารเคมีบริเวณรอยลายนิ้วมือแฝง ซึ่งสามารถตรวจพบสารเคมีต่าง ๆ ที่ผู้ร่วมการทดลองสัมผัสก่อนประทับลายนิ้วมือได้ แสดงให้เห็นว่าหากมีการนำเทคนิคดังกล่าวไปใช้ในการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ในสถานที่จริง อาจทำให้สามารถหาพยานหลักฐานเพื่อใช้ในการสืบสวนต่อไปได้เร็วยิ่งขึ้น และเมื่อสัมผัสสารเคมีแล้วล้างมือก่อนทำการวิเคราะห์พบว่าเมื่อทดลองกับสารเคมีที่มีลักษณะเป็นผงละเอียดจะสามารถตรวจพบได้แม้ล้างมือแล้วก็ตาม แต่อย่างไรก็ตามในสถานการณ์จริงอาจมีการใช้น้ำยาล้างมือ หรือผลิตภัณฑ์ล้างมือ ซึ่งอาจทำให้ไม่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้

ผลจากการวิจัยวัตถุประสงค์ที่ 3 พบว่าเทคนิค Microscope–FTIR เป็นเทคนิคที่ง่าย สะดวก และรวดเร็วในสำหรับการใช้งานด้านการวิเคราะห์ลายนิ้วมือ และสารเคมีที่ปนเปื้อนอยู่บนรอยลายนิ้วมือ โดยไม่ต้องผ่านการเตรียมตัวอย่างและไม่ทำลายตัวอย่าง ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรดำเนินการ ดังนี้ เลือกวิธีดังกล่าวมาใช้ในการตรวจวัตถุพยานเพื่อใช้ในที่เกิดเหตุเพื่อให้สามารถตรวจวิเคราะห์ และเก็บตัวอย่างไว้ตรวจวิเคราะห์ต่อไปได้ในอนาคต

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

งานวิจัยนี้ได้ข้อค้นพบเทคนิคที่ช่วยใช้ในการตรวจวิเคราะห์สารเคมีบนรอยลายนิ้วมือที่สำคัญ คือ การใช้เทคนิค Microscope–FTIR ตรวจหาสารเคมีบริเวณรอยลายนิ้วมือแฝง สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการตรวจวัตถุพยานในสถานที่เกิดเหตุ โดยควรให้ความสำคัญกับลายนิ้วมือที่ค้นพบได้มากที่สุดในสถานที่เกิดเหตุ สำหรับประเด็นในการวิจัยครั้งต่อไปควรทำวิจัยในประเด็นเกี่ยวกับสภาวะที่จำกัดมากยิ่งขึ้นในการเก็บ และวิเคราะห์ลายนิ้วมือที่เจอในสถานที่เกิดเหตุ และทำวิจัยการเก็บรอยลายนิ้วแฝงจากพื้นผิวชนิดต่าง ๆ ที่มีความยากง่ายแตกต่างกัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ “ทุนอุดหนุนการวิจัยโครงการหลักสูตรบัณฑิตศึกษา สาขานิติวิทยาศาสตร์ จากกองทุนพัฒนามหาวิทยาลัยศิลปากรในส่วนของคณะวิทยาศาสตร์ สาขานิติวิทยาศาสตร์” จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร สัญญาเลขที่ SC–FS–2564–02

References

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, 34*(3), 22–26. https://doi.org/10.1255/sew.2022.a8

Chen, T., Schultz, Z. D., & Levin, I. W. (2009). Infrared spectroscopic imaging of latent fingerprints and associated forensic evidence. *Analyst*, *134*(9), 1902–1904. https://doi.org/10.1039%2Fb908228j

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. https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2021.102794

Editorial Department. (n.d.). Personage – Edmond Locard. Retrieved February 1, 2022, from http://www.forensicchula.net/FMJ/journal/topic/locard.pdf

Ewing, A. V., & Kazarian, S. G. (2017). Infrared spectroscopy and spectroscopic imaging in forensic science. *Analyst*, *142*(2), 257–272. https://doi.org/10.1039/C6AN02244H

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. https://doi.org/10.1016/j.saa.2020.119422

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. https://doi.org/10.1366/0003702055012618

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. https://doi.org/10.1002/anie.200804348

Imsin, A., Supaluknar, S., Choosakoonkriang, S., and Kheawpum, O. (2016). Detection of seminal stains on ceramic tiles and fabrics byAttenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR–FTIR). *Veridian E–Journal,Science and Technology Silpakorn University*, *3*(3), 59–69.

Jickells, S. M. (2008). Fingerprinting: into the future. *Measurement and Control, 41*(8), 243–247. https://doi.org/10.1177/002029400804100802

Ngaamkijpinyo, N. (2022). *Chemistry in forensic science.* Retrieved March 10, 2022, from https://www.scimath.org/article–chemistry/item/12483–2021–10–19–04–37–09

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. https://doi.org/ 10.1366/ 000370207780807849

Timad, N., Supaluknar, S., and Choosakoonkriang, S. (2017). Examination of automotive paint flakes by A Attenuated Total Reflectance Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR–FTIR) and Color determination). *Veridian E–Journal,Science and Technology Silpakorn University*, *4*(4), 114–129.

Veangchai, P. (2013). *Biological trace evidence.* Retrieved February 1, 2022, from http://biology.ipst.ac.th/?p=102

Williams, D. K., Schwartz, R. L., & Bartick, E. G. (2004). Analysis of latent fingerprint deposits by infrared microspectroscopy. *Applied Spectroscopy*, 58(3), 313–316. https://doi.org/10.1366/ 000370204322886663