

การตรวจหาสารเคมีที่ติดมากับรอยลายนิ้วมือแฝง โดยเทคนิคไมโครสโคป ฟูเรียร์ ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

Examination of chemical substances adhered to latent fingerprints by Microscope -Fourier transform infrared spectroscopy (Microscope-FTIR)

อรัญญ์ เขียวพุ่ม¹, ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง², ปิยาภา จันทร่มล³, ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี⁴

ภาควิชาฟิสิกส์¹ ภาควิชาเคมี^{2,3,4} คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร^{1, 2, 3, 4}

Orathai Khaewpum¹, Sirirat Choosakoonkriang², Piyapa Junmon³,
Supachai Supaluknari⁴

Department of Physics¹, Department of Chemistry^{2,3,4}

Faculty of Science, Silpakorn University^{1, 2, 3, 4}

E-mail: Khaewpum_o@su.ac.th ¹ E-Mail: Choosakoonkrian_s@silpakorn.edu²

E-Mail: Junmon_p@silpakorn.edu³ E-Mail: Supaluknari_s@su.ac.th⁴

Received: December 16, 2023; Revised: April 4, 2024; Accepted: May 14, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการวิเคราะห์หาสารเคมีบนเปื้อนบนรอยลายนิ้วมือแฝงโดยใช้เทคนิค Microscope-Fourier transform infrared spectroscopy (Microscope-FTIR) ซึ่งตัวอย่างที่นำมาศึกษาในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย เมทแอมเฟตามีน (Methamphetamine) คาเฟอีน (Caffeine) และ อะเซตามิโนเฟน (Acetaminophen) ในการทดลองผู้วิจัยประทับรอยลายนิ้วมือหลังจากการสัมผัสกับสารตัวอย่างลงบนกระจกสไลด์ จากนั้นทำการปิดด้วยผงฝุ่นดำ และทำการเก็บตัวอย่างโดยใช้เทปกาวใสลอกลายนิ้วมือแฝงก่อนจะนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคไมโครสโคป ฟูเรียร์ ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโคปีและมีการศึกษาการคงอยู่ของสารเคมีบนรอยลายนิ้วมือแฝง ผลการวิจัยพบว่าเทคนิค ดังกล่าวสามารถใช้วิเคราะห์สารตัวอย่างบนรอยลายนิ้วมือแฝงได้ และถึงแม้จะผ่านการสัมผัสและทิ้งไว้ 6 ชั่วโมง ยังสามารถตรวจพบสารเคมีตัวอย่างในรอยลายนิ้วมือแฝง จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของเทคนิคไมโครสโคป ฟูเรียร์ ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี ในการวิเคราะห์สารตกค้างปริมาณน้อยที่ติดอยู่บนรอยลายนิ้วมือแฝง ซึ่งเป็นประโยชน์ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์

คำสำคัญ: นิติวิทยาศาสตร์ รอยลายนิ้วมือแฝง เทปกาว เทคนิคไมโครสโคป ฟูเรียร์ ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

ABSTRACT

The objective of this research was to develop methods for analyzing chemical contaminants on latent fingerprints using techniques microscope-Fourier transform infrared spectroscopy (Microscope-FTIR) techniques. Samples chosen for this study included methamphetamine, caffeine, and acetaminophen. The latent fingermarks deposited on glass surface after handling the samples were collected by using black powder and tape lifting techniques. Moreover, the effects of persistence time of these substances deposited within the latent fingerprints were also investigated. The results showed that the technique used in this experiment could detect all substances deposited on the finger of fingermark donors even at 6 hours after handling the substances. The results from this study demonstrated the potential of using the microscope-FTIR technique in the examination the traces of substances on the revealed fingermarks for forensic purpose.

KEYWORDS: Forensic Science, Latent Fingerprints, Adhesive tape, Microscope-Fourier transform infrared spectroscopy

บทนำ

ในปีปัจจุบันพยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ถูกนำมาใช้ในกระบวนการยุติธรรมเนื่องจากพยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์นั้นสามารถใช้พิสูจน์ได้อย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งพยานวัตถุที่สามารถตรวจพบในสถานที่เกิดเหตุ จะบ่งบอกถึงข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องกับผู้ต้องสงสัย พยานหลักฐานเหล่านี้มีจุดเด่นคือ มีความเที่ยงตรงและความแน่นอนไม่สามารถบิดเบือนข้อเท็จจริงได้ (อวิศารัตน์ นิยมไทย, 2563) จากทฤษฎีของ Edmond Locard ถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวางในการตรวจพิสูจน์หลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับคดี กล่าวว่า “ทุกการสัมผัส จะมีการทิ้งร่องรอย” เมื่อมีการสัมผัสกันของวัตถุ 2 ชิ้น จะเกิดการแลกเปลี่ยนบริเวณพื้นผิวที่สัมผัสกันของวัตถุนั้น นำมาซึ่งพยานหลักฐานในสถานที่เกิดเหตุ (กองบรรณาธิการ, (ม.ป.ป.)) รอยลายนิ้วมือและรอยลายนิ้วมือแฝงจัดเป็นพยานวัตถุ

ประเภทรอยประทับที่สามารถตรวจเก็บได้จากสถานที่เกิดเหตุ ใช้พิสูจน์ว่าบุคคลที่เป็นเจ้าของลายนิ้วมือนั้นอยู่ในสถานที่เกิดเหตุหรือไม่ เมื่อเกิดการสัมผัสจะมีการทิ้งร่องรอยไว้เสมอ โดยพิจารณาจากรูปแบบต่างๆที่เฉพาะเจาะจงของลายนิ้วมือที่ปรากฏของแต่ละบุคคล เมื่อนิ้วมือสัมผัสกับวัตถุต่างๆ ลายเส้นบนนิ้วมือจะทำให้เกิดการจำลองรูปแบบลายเส้นของนิ้วมือบนวัตถุนั้นๆ ที่ถูกสัมผัส (สถาบันนิติเวชกรรมการเรียนรู้ ม.มหิดล, 2563) ทำให้สืบค้นและนำไปสู่การยืนยันตัวบุคคลและจับกุมผู้กระทำผิดได้

การตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงที่มักพบเจอในสถานที่เกิดเหตุสามารถทำได้หลายวิธี ไม่ว่าจะเป็นการใช้น้ำยาเคมี เช่น นิโนไฮดริน แกลีซีลเวอร์ในเตรท การรมควันด้วยไอโอดีน หรือวิธีชุบเปอร์กลู เป็นต้น การใช้ผงฝุ่นที่มีหลายประเภท ซึ่งผงฝุ่นแต่ละประเภทมีคุณสมบัติแตกต่างกัน เช่น ผงฝุ่นดำ

ผงแม่เหล็ก เป็นต้น สามารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสมของพื้นผิวของพยานวัตถุ สำหรับกรณีพื้นผิวเรียบ ไม่มีรูพรุน ผงฝุ่นดำถูกนำมาใช้ในการปิดเพื่อให้รอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏ ก่อนที่จะมีการใช้เทปกาวใสมาเพื่อเก็บรอยลายนิ้วมือหลังจากปิดผงฝุ่นแล้ว เพื่อนำไปตรวจหาจุดลักษณะสำคัญพิเศษต่อไป เพราะการใช้วิธีเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงจะสามารถเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงที่อาจจะปรากฏบนวัตถุที่เคลื่อนที่ไม่ได้ด้วย (ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 7, 2558) นอกจากนี้ยังมีการใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ เครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์ (Fourier Transform Infrared Spectrometer : FTIR) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้ศึกษาหมู่ฟังก์ชันของโมเลกุล โดยอาศัยหลักการเกี่ยวกับการสั่นของโมเลกุล ตรงกับความถี่การสั่นของพันธะโคเวเลนต์ในโมเลกุลของสาร โดยจะวิเคราะห์ได้ทั้งสารตัวอย่างในรูปของแข็ง ของเหลว และก๊าซ (สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน, 2562) มาช่วยในการตรวจพิสูจน์รอยลายนิ้วมือแฝง แต่การใช้เครื่อง FTIR spectrometer เพียงอย่างเดียวในการวิเคราะห์ทำให้มีข้อจำกัดหลายอย่าง โดยเฉพาะการวิเคราะห์สารปนเปื้อนขนาดเล็กในวัสดุ และข้อจำกัดในด้านการเตรียมตัวอย่างที่มีขนาดเล็ก จึงได้มีการพัฒนา FT-IR Imaging โดยนำเอากล้องจุลทรรศน์มาต่อเข้ากับเครื่อง FTIR spectrometer (วรารคนา อนุชิตโอฬาร, 2546) ทำให้เทคนิคนี้ถูกนำมาประยุกต์ใช้เข้ากับงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างเช่นงานวิจัยการวิเคราะห์สารที่ตกค้างอยู่บนรอยลายนิ้วมือที่มีขนาดเล็กถึงไมโครเมตร โดยใช้เทคนิค Infrared (IR) Micro Spectroscopy สามารถนำมาวิเคราะห์สเปกตรัมของรอยนิ้วมือได้ และสามารถนำมาใช้แยกรอยนิ้วมือของผู้ใหญ่และของเด็กได้ เป็นเทคนิคที่ง่าย สะดวก สามารถเก็บข้อมูลไว้ศึกษา

ต่อไปได้ (Williams et al., 2004) ในงานวิจัยนี้เป็น การนำเทคนิค Microscope-Fourier Transform Infrared Spectrometer (Microscope-FTIR) เป็น เทคนิคที่มีความทันสมัย รวดเร็ว และลดขั้นตอนหรือสารเคมีที่ต้องใช้มาใช้ตรวจรอยลายนิ้วมือแฝงและสิ่งปนเปื้อนที่อาจติดมากับรอยลายนิ้วมือแฝง พร้อมทั้งศึกษาผลของการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงด้วยผงฝุ่นดำและการลอกลายนิ้วมือแฝงโดยใช้เทปกาวประเภทต่างๆ และระยะเวลาการคงอยู่ของสารเคมีที่ติดมากับรอยลายนิ้วมือแฝง เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการสืบสวน และใช้เป็นหลักฐานในกระบวนการยุติธรรมต่อไป

วัตถุประสงค์

1) เพื่อพัฒนาวิธีการเก็บตัวอย่างรอยลายนิ้วมือแฝงภายหลังการสัมผัสกับสารเคมี ด้วยการปิดผงฝุ่นดำและการลอกเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงด้วยเทคนิคการใช้เทปกาวใช้เทคนิค microscope-Fourier transforms infrared spectroscopy (Microscope-FTIR)

2) เพื่อศึกษาระยะเวลาการคงอยู่ของสารเคมีตัวอย่างที่สามารถวิเคราะห์ได้บนรอยลายนิ้วมือแฝง

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปีค.ศ. 2008 Sue M. Jickells ศึกษาการตรวจสารเสพติดและวัตถุระเบิดบนรอยลายนิ้วมือแฝงโดยใช้เทคนิค Fourier Transform Infrared (FTIR) และ Raman spectroscopy ผลการศึกษาพบว่าสามารถตรวจหาร่องรอยการสัมผัสกับตัวอย่างได้ (Jickells, 2008) นอกจากนี้ Hazarika et al. (2008) ใช้ เทคนิค Fourier Transform Infrared spectroscopy และ Raman spectroscopy

ร่วมกับ principal components analysis (PCA) ในการตรวจหารอยลายนิ้วมือบนพื้นผิวตัวอย่างที่มีรูพรุนและไม่มีรูพรุน พบว่าสามารถใช้ในการตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคลได้ (Hazarika et al., 2008) ในปี ค.ศ. 2009 Tsoching Chen และคณะ ศึกษาตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวของวัสดุต่าง ๆ โดยเป็น การ ส ร ้าง โดย เท ค นิ ค Vibrational spectroscopy และการวิเคราะห์พหุตัวแปร (multivariate analysis) ซึ่งสามารถทั้งสองในการแยกแยะ องค์ประกอบของลายนิ้วมือที่มีการทับซ้อนกันได้ดี (Chen et al., 2009)

ในปี ค.ศ. 2017 Andrew V. Ewing และ Sergei G. Kazarian นำ Microscopy ATR-FTIR spectroscopy และ Raman spectroscopy ไปวิเคราะห์สารเคมีตกค้างบนนิ้วมือ ผลการศึกษาพบสารเคมีที่ติดอยู่บนรอยลายนิ้วมือได้ และมีข้อดีคือเป็นเทคนิคที่ไม่ทำลายตัวอย่าง (Ewing & Kazarian, 2017) ในปี ค.ศ. 2018 Johnston A. ใช้เทคนิค FTIR spectroscopy ในการวิเคราะห์ สารพวก ammonium nitrate , sodium chlorate และ cocaine ที่ปนเปื้อนในรอยลายนิ้วมือแฝง ผลการตรวจพบว่า หลังจากผ่านไป 30 วันยังสามารถตรวจพบสารปนเปื้อน (Johnston & Rogers, 2018) ในปี ค.ศ. 2021 Francesca Coletti และคณะ ใช้เทคนิค Microscopy ATR-FTIR spectroscopy ใน การ วิเคราะห์หลักฐานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ อาทิเช่น เส้นใย และสิ่งทอต่าง ๆ ทั้งสามารถวิเคราะห์การเสื่อมสภาพของเส้นใยตามระยะเวลาต่างๆ สามารถประยุกต์ใช้กับวัตถุพยานได้ (Coletti et al., 2021) ในปี ค.ศ. 2022 มีการใช้เทคนิค Fourier transform infrared spectroscopy และ เท ค นิ ค X-ray fluorescence microscopy ใน การ วิเคราะห์ สารเคมีบนรอยลายนิ้วมือ พบว่าสามารถประกอบกัน

ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี บนรอยลายนิ้วมือได้ดี (Boseley, 2022) Marco Antonio de Souza และคณะ (2023) ใช้เทคนิค Diffuse Reflectance FTIR ในการศึกษารอยลายนิ้วมือแฝงและสามารถใช้จำแนกเพศได้ มีความถูกต้องมากกว่า 80% โดยใช้พิกที่เพิ่มขึ้นในช่วง เลขคลื่นในช่วง $3000 - 2800 \text{ cm}^{-1}$ และ $1790 - 1150 \text{ cm}^{-1}$ (Souza et al., 2023)

ประโยชน์ที่ได้รับ

สามารถหาวิธีการตรวจเก็บสารเคมีที่ติดมากับรอยลายนิ้วมือแฝง และนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Microscope-FTIR และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสถานที่เกิดเหตุได้

วิธีดำเนินการวิจัย

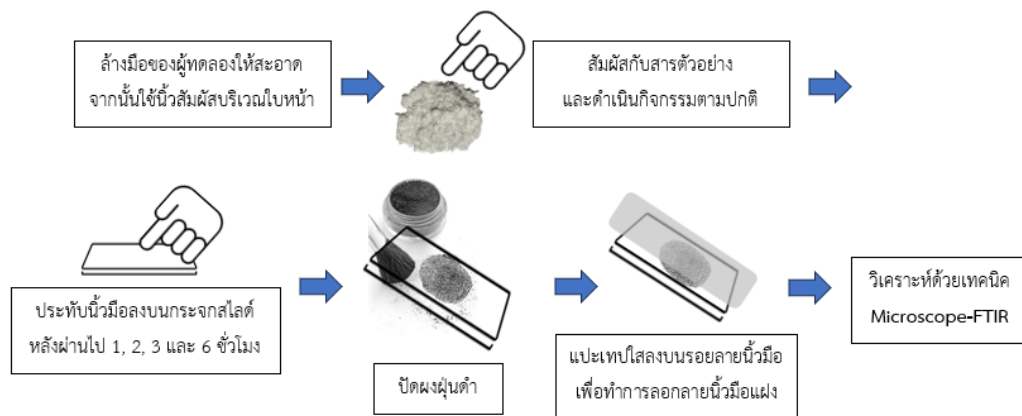
การวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง โดยสารเคมีตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองนี้ คือ คาเฟอีน อะเซตามิโนเฟน และเมทแอมเฟตามีน รูปแบบเม็ดยาและรูปแบบผลึกใส ในการเตรียมตัวอย่างเพื่อใช้ในการวิเคราะห์โดยทำความสะอาดกระจกสไลด์และบริเวณนิ้วมือของผู้ทดลอง นำนิ้วมือสัมผัสบริเวณใบหน้าบริเวณที่โซน และสัมผัสกับสารเคมีตัวอย่างปริมาณเล็กน้อย ปิดสารเคมีออกจากปลายนิ้ว จากนั้นประทับลายนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ ทำการปิดรอยลายนิ้วมือแฝงด้วยผงฝุ่นดำเพื่อให้รอยลายนิ้วมือปรากฏ จากนั้นนำเทปใสมาลอกลายนิ้วมือนำรอยลายนิ้วมือที่ลอกมาแล้วบนเทปใสไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Microscope-FTIR ต่อไป

สภาวะของเครื่อง Microscope-FTIR ยี่ห้อ Perkin Elmer รุ่น spotlight 200i โดยโปรแกรมที่ใช้วิเคราะห์ คือ Spectrum 100 วิเคราะห์ในโหมด ATR ที่เลขคลื่น (Wavenumber) $4000 - 600 \text{ cm}^{-1}$ จำนวนครั้งในการสแกนคือ 32 สแกน ความละเอียด (Resolutions) 4 cm^{-1} และใช้แรงที่ใช้กดให้ ATR

แนบกับตัวอย่างที่ค่าน้ำหนัก 50-70 % นำภาพรอยลายนิ้วมือและสเปกตรัมที่ได้มาวิเคราะห์ผลการทดลองต่อไป ทำการทดลองซ้ำตัวอย่างละ 3 ครั้ง ทำการทดลองกับสารเคมีตัวอย่างจนครบ 3 ตัวอย่าง

ทำการศึกษาระยะเวลาการคงอยู่ของสารเคมีตัวอย่างตกค้างบนรอยลายนิ้วมือแฝงโดยให้ผู้ทดลองสัมผัสกับสารเคมีตัวอย่างแล้วทิ้งระยะเวลาไว้ที่เวลา 1, 2, 3, และ 6 ชั่วโมง โดยดำเนินชีวิตปกติ

(ไม่ผ่านการล้างมือ) ก่อนที่จะประทับรอยลายนิ้วมือแฝงลงบนกระจกสไลด์ และนำไปเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Microscope-FTIR ตามวิธีการทดลองข้างต้น โดยทำการทดลองที่ระยะเวลาต่างๆ อย่างละ 3 ซ้ำ วิเคราะห์ผลสเปกตรัมที่ได้ โดยเปรียบเทียบเอกลักษณ์ของสเปกตรัมของสารเคมีตัวอย่างกับสเปกตรัมของสารเคมีที่วิเคราะห์ได้จากรอยลายนิ้วมือแฝง แผนผังการทดลองแสดงในรูปที่ 1



ภาพที่ 1 แผนผังการทดลอง

ผลการวิจัย

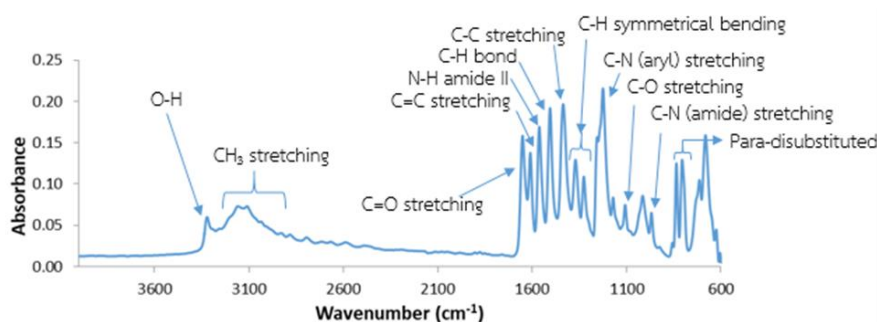
ผลการทดลองที่ได้เมื่อผู้ทดลองนำนิ้วมือสัมผัสบริเวณใบหน้าเพื่อเป็นการจำลองเหตุที่ออกที่บริเวณนิ้วมือและนำนิ้วมือไปสัมผัสสารเคมีตัวอย่าง ประทับนิ้วมือลงบนกระจกสไลด์ นำกระจกสไลด์ไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Microscope-FTIR จะได้ผลการทดลองดังรูปที่ 2 ซึ่งแสดงสเปกตรัมของอะเซตามิโนเฟนที่ติดอยู่บนรอยลายนิ้วมือแฝงบนกระจกสไลด์ และรูปที่ 3 แสดงภาพถ่ายบริเวณที่วิเคราะห์ตัวอย่างจากเครื่อง Microscope-FTIR

จากรูปที่ 2 แสดงสเปกตรัมของอะเซตามิโนเฟน ที่สามารถนำพีคมาระบุหมู่ฟังก์ชันนอลที่ใช้

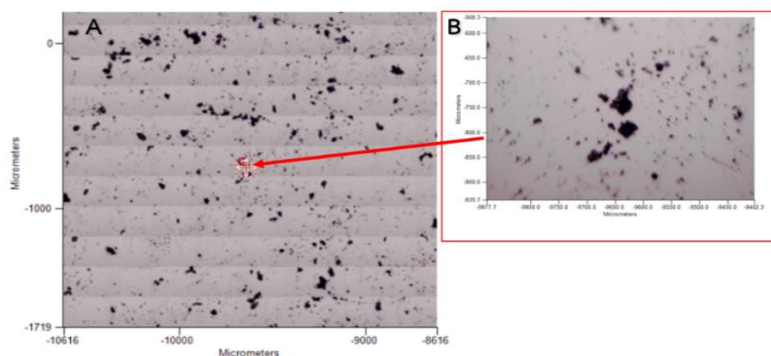
ยืนยันโครงสร้างของสารเคมีที่ติดมากับรอยลายนิ้วมือแฝงได้ และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับสเปกตรัมของอะเซตามิโนเฟนอ้างอิง (Trivedi et al., 2015) พบว่าลักษณะของพีคที่ได้ตรงกัน สามารถระบุยืนยันได้ว่าสารที่นำมาวิเคราะห์ คือ อะเซตามิโนเฟน หรือ อะเซตามิโนเฟน ซึ่งผลการทดลองกับสารตัวอย่างอื่นๆ คือ คาเฟอีน และเมทแอมเฟตามีนก็ได้ผลการทดลอง เป็นสเปกตรัมของสารเคมีดังกล่าว ทำให้สามารถระบุได้ว่าเป็นสารเคมีชนิดนั้น ๆ สำหรับ Microscope-FTIR เป็นเทคนิคที่สามารถถ่ายภาพได้จากตัวอย่างที่มีขนาดเล็กถึงระดับไมโครเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งพบว่าสามารถถ่ายให้เห็นร่องของลายนิ้วมือ

และจากรูปในกรอบสีแดงจะเป็นบริเวณที่การบันทึกสเปกตรัมที่ปรากฏในรูปที่ 2 ซึ่งจากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างเพียงเล็กน้อยที่

ติดมากับรอยลายนิ้วมือแฝงก็สามารถวิเคราะห์และบ่งชี้ได้อย่างชัดเจนว่าเป็นสารตัวใด



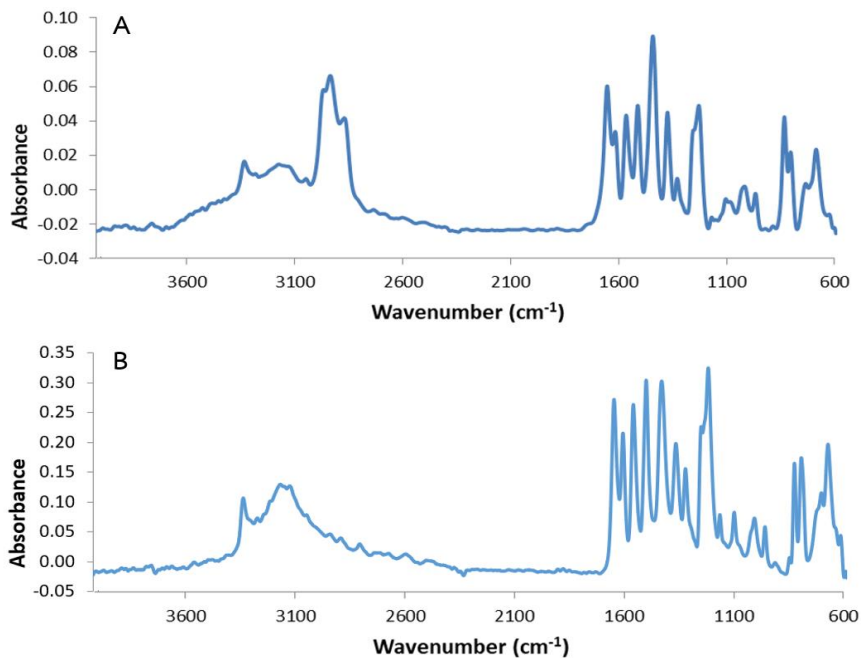
ภาพที่ 2 สเปกตรัมของอะเซตามิโนเฟนที่ติดอยู่บนรอยลายนิ้วมือแฝงบนกระจกสไลด์



ภาพที่ 3 A) ภาพถ่ายจากเครื่อง Microscope-FTIR ขนาด 2,000 x 2,000 ไมโครเมตร บริเวณรอบตำแหน่งที่วิเคราะห์ B) ภาพถ่ายบริเวณที่วิเคราะห์จากเครื่อง Microscope-FTIR

ในการศึกษาวิธีการเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์ โดยทำการปัดรอยลายนิ้วมือแฝงด้วยผงฝุ่นดำเพื่อให้รอยลายนิ้วมือปรากฏซึ่งเป็นเทคนิคพื้นฐานที่ใช้ในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวเรียบและไม่มีรูพรุน จากนั้นนำเทปใสมาลอกลายนิ้วมือเพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Microscope-FTIR การเก็บตัวอย่างเช่นนี้จะทำให้สามารถนำตัวอย่างที่ผู้ต้องสงสัยอาจจะมีการสัมผัสกับวัตถุหรือกระจกหน้าต่าง ประตู ที่อาจพบเจอในสถานที่เกิดเหตุ แต่วัตถุเหล่านั้นไม่สามารถ

เคลื่อนย้ายได้หรือมีขนาดใหญ่ จึงไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือในห้องปฏิบัติการได้ ดังนั้นผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์อะเซตามิโนเฟนที่ติดมากับรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากประทับรอยลายนิ้วมือลงบนพื้นผิวกระจกสไลด์และใช้เทปใสในการเก็บตัวอย่าง ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4 A) และวิเคราะห์อะเซตามิโนเฟนที่ติดมากับรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากประทับรอยลายนิ้วมือลงบนพื้นผิวกระจกสไลด์ปิดด้วยผงฝุ่นดำและใช้เทปใสในการเก็บตัวอย่าง ดังรูป 4 B)

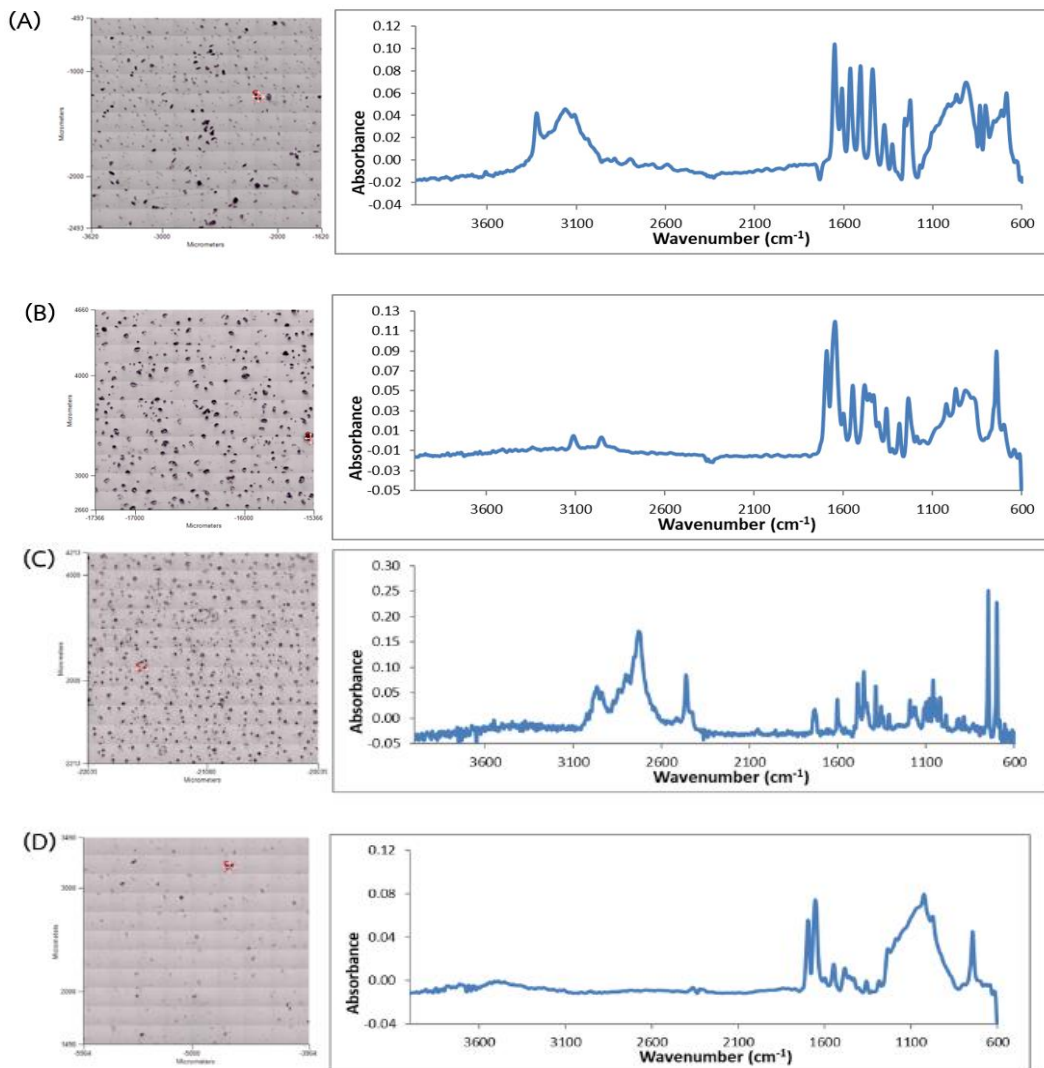


ภาพที่ 4 A) FTIR สเปกตรัมของอะเซตามีนโนเฟนที่ติดมากับรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากประทับรอยลายนิ้วมือลงบนพื้นผิวกระจกสไลด์และใช้เทปใสในการเก็บตัวอย่าง

B) FTIR สเปกตรัมของอะเซตามีนโนเฟนที่ติดมากับรอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากประทับรอยลายนิ้วมือลงบนพื้นผิวกระจกสไลด์ ปิดด้วยผงฝุ่นดำและใช้เทปใสในการเก็บตัวอย่างในการวิเคราะห์บนพื้นผิวเทปใส

จากการเปรียบเทียบ รูปที่ 4 A) และ B) พบว่าสเปกตรัมทั้งสองมีลักษณะคล้ายคลึงกัน มีตำแหน่งของพีคที่ตำแหน่งเดียวกัน เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับรูปที่ 1 ซึ่งก็คือ สเปกตรัมของอะเซตามีนโนเฟนที่ติดอยู่บนรอยลายนิ้วมือแฝงบนกระจกสไลด์ ดังนั้นจากผลการทดลองที่ได้นี้แม้ว่ารอยลายนิ้วมือแฝงที่มีการปิดด้วยผงฝุ่นดำ และใช้เทปใสในการลอกลายนิ้วมือแฝงเพิ่มเติมยังคงสามารถตรวจพบสารที่ปนเปื้อน นั่นคืออะเซตามีนโนเฟนที่อยู่ในรอยลายนิ้วมือได้ แสดงให้เห็นว่าในสถานการณ์จริงหากพื้นผิวที่มองเห็นรอยลายนิ้วมือแฝงได้ยากจะต้องนำผงฝุ่นมาปิดช่วยในเกิดรอยที่ชัดเจน เมื่อนำเทปใสไปเก็บรอย

ลายนิ้วมือได้หลังจากส่งตรวจหาจุดสำคัญระบุตัวตนของผู้ต้องสงสัย ยังสามารถนำมาวิเคราะห์สารที่ปนเปื้อนบนรอยลายนิ้วมือได้เพื่อสืบหาพยานแวดล้อมที่ผู้ต้องสงสัยได้สัมผัส เมื่อทำการทดลองกับสารตัวอย่าง คือ คาเฟอีน และเมทแอมเฟตามีน รูปแบบเม็ดยาและรูปแบบผลึกใส ได้ผลการทดลองในทำนองเดียวกันคือ การปิดผงฝุ่นดำและการใช้เทปใสในการลอกลายนิ้วมือแฝงยังคงสามารถตรวจพบสารปนเปื้อนซึ่งผู้ทำการทดลองสัมผัสก่อนที่จะประทับรอยลายนิ้วมือแฝงลงบนกระจกสไลด์ได้



ภาพที่ 5 ภาพถ่ายจากกล้องไมโครสโคป (ซ้าย) และสเปกตรัม (ขวา) ของอะเซตามีนเฟน (A) คาเฟอีน (B) เมทแอมเฟตามีน รูปแบบผลึก (C) และ เมทแอมเฟตามีน รูปแบบเม็ด (D) บนลายนิ้วมือแฝงที่จัดเก็บโดยการปิดผงฝุ่นดำและลอกด้วยเทปใส ภายหลังจากการสัมผัสสารตัวอย่างแล้วทิ้งไว้เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ก่อนประทับรอยลายนิ้วมือลงบนพื้นผิวกระจกสไลด์ เก็บตัวอย่างจากการปิดผงฝุ่นดำและนำเทปใสมาลอกลายนิ้วมือ

จากการวิเคราะห์การคงอยู่ของสารเคมีที่สัมผัสบนรอยลายนิ้วมือแฝง แล้วเก็บตัวอย่างโดยการลอกลายบนเทปใส นำมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Microscope-FTIR จากรูปที่ 5 พบว่าแม้สัมผัสสารตัวอย่างแล้วทิ้งไว้เป็นเวลาถึง 6 ชั่วโมง ยังตรวจพบสารเคมีที่สัมผัส และยืนยันด้วยสเปกตรัมของสารเคมีเหล่านั้น สำหรับทุกสารตัวอย่างที่นำมาทำการทดลอง อย่างไรก็ตามจากภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อินฟราเรดของสารที่คงเหลือที่เก็บตัวอย่าง

ได้บนเทปกาวยใส อยู่จะเห็นว่าปริมาณค่อนข้างน้อย แสดงให้เห็นว่าลักษณะทางกายภาพของสารเคมีที่ปนเปื้อนบนรอยลายนิ้วมือแฝงที่ลดลงไปตามระยะเวลาที่ผ่านไป หรือสารเคมีตัวอย่างที่ติดมาบนรอยนิ้วมือแฝงหายไปตามระยะเวลาที่ทิ้งไว้ภายหลังการสัมผัสสารเคมีนั่นเอง และการใช้ผงคาร์บอนและเทปใสในการเก็บตัวอย่าง สามารถนำมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Microscope-FTIR ได้ดี แต่เมื่อปริมาณของสารลดลง อาจจะมีพิกของ background ปน

มาบ้าง แต่ก็ยังคงพบลักษณะสเปกตรัม และตำแหน่งของพีคที่ยืนยันว่าเป็นสารตัวอย่างได้ที่ได้ จากการเปรียบเทียบกับสเปกตรัมของสารตัวอย่างเริ่มต้นได้

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์สารเคมีคือ อะเซตามิโนเฟน คาเฟอีน เมทแอมเฟตามีน ในรูปแบบผลึกใส และ เมทแอมเฟตามีน รูปแบบเม็ด ที่ติดมาบนรอยลายนิ้วมือแฝงภายหลังการสัมผัส และการเก็บตัวอย่างโดยวิธีปิดผงฝุ่นดำและใช้เทปใสในการเก็บ

ตัวอย่าง ด้วยเทคนิค Microscope-FTIR ผลการวิจัยที่ได้พบว่าเป็นวิธีการและเทคนิคที่เหมาะสม สามารถตรวจวัดสารตัวอย่างได้ แม้สารตัวอย่างที่ได้ติดมาเพียงเล็กน้อย ได้ ทั้งรูปภาพจากกล้องไมโครสโคป และสเปกตรัมเพื่อใช้ในการยืนยัน ว่าเป็นสารเคมีชนิดนั้นใหม่ และเมื่อนำไปใช้ตรวจวิเคราะห์ความคงอยู่ของสารเคมีบนรอยลายนิ้วมือแฝง ดังแสดงผลการทดลองโดยสรุปในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์การคงอยู่ของสารเคมีบนรอยลายนิ้วมือแฝงด้วยเทคนิค Microscope-FTIR

สารตัวอย่าง	การศึกษาการคงอยู่ของสารบนเปื้อน (ชั่วโมง)			
	1	2	3	6
อะเซตามิโนเฟน (Acetaminophen)	✓	✓	✓	✓
คาเฟอีน (Caffeine)	✓	✓	✓	✓
เมทแอมเฟตามีน (Methamphetamine) รูปแบบผลึกใส	✓	✓	✓	✓
เมทแอมเฟตามีน (Methamphetamine) ในรูปแบบเม็ด	✓	✓	✓	✓
หมายเหตุ	✓ คือ สามารถวิเคราะห์สารเคมีบนรอยลายนิ้วมือแฝงได้ ✗ คือ ไม่สามารถวิเคราะห์สารเคมีบนรอยลายนิ้วมือแฝงได้			

จากตารางจะเห็นได้ว่าเมื่อศึกษาการคงอยู่ของสารเคมีบนรอยลายนิ้วมือแฝงบนเทปกาวยใส ด้วยเทคนิค Microscope-FTIR ซึ่งเป็นเทคนิคที่ให้ผลการวิเคราะห์เป็นภาพถ่ายและสเปกตรัมของสารที่ทำการวิเคราะห์ได้นั้น ยังคงพบและตรวจวัดได้แม้สารตัวอย่างจะสัมผัสบนนิ้วมือมาแล้วถึง 6 ชั่วโมง เนื่องจากบนรอยนิ้วมือมีเส้นร่องและเส้นนูนที่บริเวณลายนิ้วมือ สารเคมี จะติดอยู่บนช่องระหว่างเส้นร่องและเส้นนูนนั่นเอง เมื่อสารเคมีเพียงเล็กน้อยก็สามารถติดอยู่ได้ดี สามารถใช้เทคนิคนี้ตรวจสอบสารเคมีที่หลงเหลือภายหลังการสัมผัสได้ดี ข้อดีของการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคนี้คือเป็นเทคนิค

ที่ไม่ยุ่งยาก ไม่ต้องเตรียมตัวอย่างก่อนการวิเคราะห์ เป็นการวิเคราะห์ที่ไม่ทำลายตัวอย่าง ทำให้มีความสะดวก รวดเร็วในการวิเคราะห์ สามารถใช้ประเมินลักษณะทางกายภาพและปริมาณของสารเคมีตัวอย่างที่หลงเหลืออยู่บนรอยลายนิ้วมือแฝงได้ และการเก็บตัวอย่างด้วยวิธีปิดผงฝุ่นดำและใช้เทปใสในการเก็บตัวอย่าง เป็นวิธีที่สะดวก ไม่มีผลต่อการปรากฏขึ้นของสเปกตรัม และสามารถใช้ในการเก็บตัวอย่างรอยลายนิ้วมือแฝงที่อยู่บนวัตถุที่มีขนาดใหญ่ ที่ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยที่ใช้เทคนิค Microscope-FTIR ในการวิเคราะห์ตรวจสอบแยกสารเคมีบาง

ประเภทบนรอยลายนิ้วมือแฝง (Ewing & Kazarian, 2017) (Coletti et al., 2021) (Boseley, 2022) และสามารถใช้เทคนิคนี้ในการถ่ายภาพและวิเคราะห์สารเคมีได้ สามารถนำไปใช้ให้กับประโยชน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ได้ (Coletti et al., 2021) (Boseley, 2022) (Souza et al., 2023)

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงด้วยเทคนิคอื่น และควรศึกษาสารเคมีหรือสารเสพติดประเภทอื่นๆ ที่อาจติดตาม

กับรอยลายนิ้วมือแฝงเพิ่มเติม ควรเพิ่มระยะเวลาในการศึกษาการคงอยู่ของสารเคมีบนรอยนิ้วมือแฝงด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ “ทุนอุดหนุนการวิจัยโครงการหลักสูตรบัณฑิตศึกษา สาขานิติวิทยาศาสตร์ จากกองทุนพัฒนามหาวิทยาลัยศิลปากรในส่วนของคณะวิทยาศาสตร์ สาขานิติวิทยาศาสตร์” จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร สัญญาเลขที่ SC-FS-2565-02

เอกสารอ้างอิง

- กองบรรณาธิการ. (ม.ป.ป.). บุคคลสำคัญ – Edmond Locard. เข้าถึงได้จาก <http://www.forensicchula.net/FMJ/journal/topic/locard.pdf>
- วรารัณ อนุชิตโอฬาร. (2546). FI-IR Imaging. เข้าถึงได้จาก https://www2.mtec.or.th/th/emagazine/admin/upload/212_67-70.pdf
- สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ ม.มหิดล. (2563). ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลายมือ. เข้าถึงได้จาก <https://il.mahidol.ac.th/th/wp-content/uploads/2020/06/ข้อมูลลายนิ้วมือ.pdf>
- สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน. (2562). การให้บริการวิเคราะห์ทดสอบระบบลำแสงที่ 4.1 Infrared Spectroscopy and Imaging วิเคราะห์หมู่ ฟังก์ชันของสาร. เข้าถึงได้จาก <https://www.slri.or.th/bdd/th/component/content/article?layout=edit&id=40>
- ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 7. (2558). การหาลายนิ้วมือแฝงด้วยวิธีการต่างๆ. เข้าถึงได้จาก <https://scdc7.forensic.police.go.th/index.php/component/k2/item/323-2015-12-11-09-18-30>
- อภิวรรตน์ นิยมไทย. (2563). พยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์. เข้าถึงได้จาก https://www.senate.go.th/assets/portals/93/fileups/272/files/S%E0%B9%88ub_Jun/10reform/reform73.pdf
- Boseley, R. (2022). *Using Synchrotron Infrared Spectroscopy and X-ray Fluorescence Microscopy to Explore Fingerprint Chemistry* (Doctoral dissertation, Curtin University).
- 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.
- Ewing, A. V., & Kazarian, S. G. (2017). Infrared spectroscopy and spectroscopic imaging in forensic science. *Analyst*, 142(2), 257-272.
- 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.
- Johnston, A., & Rogers, K. (2018). *The temporal degradation of illicit contaminants in latent fingerprints using fourier transform infrared spectroscopic imaging*. ANDREW JOHNSTON, 116.
- Souza, M. A. D., Santos, A. S., Silva, S. W. D., Braga, J. W. B., & Sousa, M. H. (2023). Diffuse Reflectance FTIR of Latent Fingerprints and Discriminant Analysis for Sex Identification in Humans. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 34, 819-825.
- Trivedi, M., Patil, S., Shettigar, H., Bairwa, K., & Jana, S. (2015). Effect of biofield treatment on spectral properties of paracetamol and piroxicam. *Chemical Sciences Journal*, 3(6).
- Williams, D. K., Schwartz, R. L., & Bartick, E. G. (2004). Analysis of latent fingerprint deposits by infrared microspectroscopy. *Applied spectroscopy*, 58(3), 313-316.