

การตรวจพิสูจน์คราบน้ำมันเบนซินบนพื้นรองเท้าของผู้ต้องสงสัยด้วยเทคนิค
เฮดสเปซ-แก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี

Detection of gasoline on suspects' shoes using the technique of Headspace - Gas Chromatography – Mass Spectrometry (HS-GC-MS)

ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง¹, ศุภชัย ศุภลักษณ์นาริ², อรทัย เขียวพุ่ม³, ปังกร ราชสาวงค์⁴,
ปิยาภา จันทรมูล⁵

ภาควิชาเคมี^{1,2,5}, ภาควิชาฟิสิกส์³, หลักสูตรนิติวิทยาศาสตร์⁴ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร^{1,2,3,4,5}

Sirirat Choosakoonkriang¹, Supachai Supaluknari²,

Orathai Kheawpum³, Papangkon Rachsawong⁴, Piyapa Junmon⁵

Department of Chemistry^{1,2}, Department of Physics³,

Forensic science Program⁴, Faculty of Science, Silpakorn University^{1,2,3,4,5}

E-mail: sirath157@gmail.com^{1,2,3,4,5}

Received: March 11, 2025; Revised: April 31, 2025; Accepted: June 21, 2025

บทคัดย่อ

ศึกษาการคงอยู่ของคราบน้ำมันเบนซินบนพื้นรองเท้าทำจากวัสดุ 6 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์ อีวีเอ พียู โฟล่อน และพีวีซี เหยี่ยบนแผ่นกระเบื้องที่มีหยดน้ำมันเบนซิน 100 μ l เก็บตัวอย่างคราบน้ำมันเบนซินบนพื้นรองเท้าภายหลังจากการเหยี่ยบน้ำมันบนพื้นกระเบื้องที่ระยะเวลา 0, 3 และ 6 ชั่วโมง โดยใช้ activated carbon ที่บรรจุในถุงชา นำไปตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันเบนซินด้วยเทคนิค HS-GC-MS พบว่า เวลาที่ 0 ตัวอย่างพื้นรองเท้าทั้ง 6 ชนิด พบโครมาโทแกรมที่มีพีคบ่งชี้องค์ประกอบของน้ำมันเบนซินจำนวน 12 พีค เวลาที่ 3 ชั่วโมง มีตัวอย่างพื้นรองเท้า 4 ชนิด และเวลาที่ 6 ชั่วโมง มีตัวอย่างพื้นรองเท้าเพียง 2 ชนิด ที่ยังคงให้โครมาโทแกรมที่มีพีคบ่งชี้องค์ประกอบของน้ำมันเบนซินจำนวน 12 พีค คือ พื้นยางสังเคราะห์และโฟล่อน และเมื่อเก็บตัวอย่างหลังจากเหยี่ยบนพื้นกระเบื้องนานขึ้นจะพบโครมาโทแกรมมีจำนวนพีคและพื้นที่ใต้พีคลดลง ผลการศึกษาการเก็บตัวอย่างคราบน้ำมันบนพื้นรองเท้าสามารถนำไปใช้ในการตรวจพิสูจน์งานด้านนิติวิทยาศาสตร์ เพื่อเชื่อมโยงผู้กระทำความผิดกับสถานที่เกิดเหตุได้

คำสำคัญ: เฮดสเปซ-แก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี น้ำมันเบนซิน การวางเพลิง

ABSTRACT

This study aimed to investigate the persistence of gasoline residues on six types of shoe sole materials, including natural rubber, synthetic rubber, ethylene-vinyl acetate (EVA), polyurethane (PU), nylon, and polyvinyl chloride (PVC). Volunteers wore shoes made with each sole type and stepped onto ceramic tiles containing 100 μ L of gasoline droplets. Samples of gasoline residues were collected from the soles at 0, 3, and 6 hours after contact using activated carbon enclosed in tea bags. The collected samples were analyzed for gasoline components using Headspace Gas Chromatography-Mass Spectrometry (HS-GC-MS). The analysis found that at 0 hr. all six samples of shoe sole materials were detected the presence of gasoline components in 12 peaks, at 3 hr. four samples of shoe sole materials were detected the presence of gasoline components in 12 peaks, and at 6 hr, only synthetic rubber and phylon were detected the presence of gasoline components in 12 peaks. The results also showed that gasoline residues remained on the shoe soles even after 6 hours of stepping on the tile, evidenced by the decrease in both the number of peaks and the area under the peaks in the chromatogram. This method could be applied in forensic science to detect gasoline residues on footwear and help link the perpetrator to the crime scene.

KEYWORDS: HS-GC-MS, Gasoline, Arson

บทนำ

การเกิดเหตุอัคคีภัยหรือเพลิงไหม้ มักเกิด ความรุนแรงและนำความเสียหายต่อชีวิตและ ทรัพย์สินอย่างยิ่ง ในปี พ.ศ. 2565 พบการเกิดเพลิง ไหม้คิดเป็นร้อยละ 70.93 หรือ 737 ครั้งเมื่อเทียบ กับสาธารณภัยอื่น (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณ ภัย, 2566) การตรวจสอบสาเหตุของการเกิดเพลิงไหม้ ในทางนิติวิทยาศาสตร์ จึงเป็นกระบวนการที่สำคัญ เพื่อตรวจพิสูจน์หาตัวผู้กระทำความผิดหรือ ผู้รับผิดชอบในการลอบวางเพลิง ดังนั้นการหา พยานหลักฐานเพื่อยืนยันบุคคลที่กระทำผิดเป็นสิ่ง สำคัญ ในการจุดไฟนั้น มีองค์ประกอบหลักเพียง ออกซิเจน (Oxygen) ความร้อน (Heat) และ เชื้อเพลิง (Fuel) (J. Fan & L. Lau, 2009) ตาม ทฤษฎีของ Locard พบว่าเมื่อวัตถุสองชิ้นสัมผัสกัน จะเกิดการแลกเปลี่ยนพื้นที่ผิวระหว่างกัน ดังนั้น

มักจะตรวจพบร่องรอยของผู้กระทำความผิด หรือ เหยื่อ ในสภาพแวดล้อมที่เป็นสถานที่เกิดเหตุทั้ง ทางตรงและทางอ้อมเสมอ (Jaquet-Chiffelle & Casey, 2021) สำหรับเชื้อเพลิงหรือสารไวไฟที่มัก พบได้ในสถานที่เกิดเหตุและมักพบในเหตุการณ์ วางเพลิง คือ น้ำมันเบนซิน (Gasoline) เนื่องจาก น้ำมันเบนซินหาซื้อง่าย อุดมหมู่จุดติดไฟต่ำ ทำให้มี ความไวไฟสูง ระเหยเป็นไอได้ง่าย มีจุดวาบไฟต่ำกว่า ที่อุณหภูมิห้อง ติดไฟได้ง่ายในทุกสภาวะอากาศ เมื่อเทียบกับน้ำมันประเภทอื่น ประกอบด้วย คาร์บอน (Carbon) และ ไฮโดรเจน (Hydrogen) ที่ ต่อกันเป็นสายโซ่ โดยสายไฮโดรคาร์บอนที่มีความ ยาวต่างกันทำให้มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน (ปราโมทย์ ไชยเวช, 2552) น้ำมันเชื้อเพลิงอาจจะ กระเด็นติดตามเสื้อผ้าหรือรองเท้าของผู้กระทำ ความผิดมาจากที่เกิดเหตุ ร่องรอยที่ปรากฏแสดงถึง

ความสัมพันธ์ ช่วยในการสืบสวนในการยืนยันตัวผู้กระทำผิดได้ ตามมาตรฐานของ American Society for Testing and Materials (ASTM E1618) ซึ่งใช้เป็นแนวทางมาตรฐานในการวิเคราะห์และสกัดน้ำมันเชื้อเพลิงต่าง ๆ ร่วมกับเทคนิค GC-MS และตัวดูดซับในการเก็บตัวอย่างคดีเพลิงไหม้ให้เป็น ถ่าน กัมมันต์ (Activated carbon) ตามมาตรฐาน ASTM E1412 (ธีรวัฒน์ อังสิทธิพูนพร และคณะ, 2564)

การตรวจพิสูจน์พยานหลักฐานในคดีเพลิงไหม้โดยวิธีทางนิติวิทยาศาสตร์ เพื่อยืนยันผู้กระทำผิดมีความสำคัญมาก มีการพัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์ในการตรวจหาสารระเหยจากเศษซากเพลิงไหม้ในหลายรูปแบบในการวิเคราะห์ในคดีเพลิงไหม้ซึ่งแต่ละเทคนิค มีทั้งข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันในทางนิติวิทยาศาสตร์ สำหรับงานที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาในเรื่องนี้

มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำการศึกษาในเรื่องนี้ Almirall et al. (2000) ได้ทำการทดลองศึกษาการตรวจพิสูจน์น้ำมันเชื้อเพลิงที่ผิวหนังของมนุษย์โดยใช้เทคนิค SPME/GC โดยเทคนิค Gas Chromatography- Mass spectrometry พบว่าเป็นวิธีที่มี sensitivity ดีมากวิเคราะห์ได้ถึงระดับ 10 μL แต่ต้องทำในห้องปฏิบัติการเท่านั้น ในการศึกษาของ Coulson and Morgan-Smith (2000) ได้ศึกษาทำการทดลองศึกษาหาปริมาณของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ตรวจพบบนเสื้อผ้าเครื่องแต่งกายและรองเท้า ขณะที่เทน้ำมันเชื้อเพลิงลงบนพื้นห้อง โดยได้ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากปัจจัยที่แตกต่างกัน คือ ความสูงในการเทน้ำมัน (ระดับเข่าและสะโพก) และชนิดของพื้นห้องที่แตกต่างกัน (พรมและคอนกรีต) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์พบว่า

การเทน้ำมันที่ความสูงระดับสะโพกจะมีปริมาณของน้ำมันที่ตรวจพบได้มากที่สุด บนพื้นห้องที่แตกต่างกัน โดยพบมากที่สุดที่รองเท้า กางเกงและเสื้อตามลำดับ

S.A. Coulson et al. (2008) ศึกษาการตรวจพิสูจน์น้ำมันเชื้อเพลิงบนเสื้อผ้าและรองเท้าของพยานวัตถุที่เก็บได้ พบว่าการตรวจพบร่องรอยของน้ำมันเชื้อเพลิงบนเสื้อผ้า และรองเท้าอาจมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับกิจกรรมต่างๆ ที่ทำกับพยานวัตถุนั้น เช่น มีการเคลื่อนย้ายหรือตัดแบ่งวัตถุพยาน เป็นต้น และ Melinda Darrar et al. (2008) ทำการเก็บตัวอย่างน้ำมัน เบนซินที่หลงเหลืออยู่บนมือของผู้ต้องสงสัย พบว่าการตรวจพบน้ำมันเบนซินบนมือได้นานถึง 4 ชั่วโมงเมื่อมีการใช้น้ำมันเบนซินไม่เกิน 1000 μL เท่านั้น และจากการศึกษาตรวจหาความคงอยู่ของน้ำมันเบนซินบนฝ่ามือโดยใช้ถุงมือชนิดต่าง ๆ เช่น PVC, PE, Latex และกระดาษกรองความชื้น โดยใช้ Charcoal strip (DFLEX) ในการดูดซับและวิเคราะห์ด้วย GC-FID พบว่าถุงมือ PVC สามารถเก็บตัวอย่างน้ำมันเชื้อเพลิงได้ดีที่สุด นอกจากนี้ จันทนา วรรณรัมย์ (2551) ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันเบนซินของ Activated carbon และ Charcoal strip ที่มีขายสำเร็จรูปในการตรวจพิสูจน์น้ำมันเชื้อเพลิงพบว่า Activated carbon มีประสิทธิภาพการดูดซับใกล้เคียงกับการใช้ Charcoal strip โดยมีประสิทธิภาพการดูดซับ เท่ากับ 67.76% และ 69.74% ตามลำดับ ต่อมาการศึกษาของ Ferreira-González et al. (2015) ได้ตรวจเก็บน้ำมันเบนซินด้วย Activated charcoal strip (ACS) และวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Headspace Gas Chromatography -Mass spectrometry เทียบกับ

การสกัดด้วย Dichloromethane แล้ววิเคราะห์ด้วย Gas Chromatography-Mass spectrometry พบว่าผลการทดลองทั้งสองวิธีสามารถเทียบเคียงกันได้ และ ธนัญญา ศูนย์คุ้ม (2557) ได้ทำการทดลองศึกษาการตรวจพิสูจน์น้ำมันเบนซินบนฝ่ามือและฝ่ามือที่ผ่านการล้างด้วยน้ำ น้ำยาล้างจาน และบนเสื้อผ้า โดยเทคนิค Gas Chromatography ซึ่งมีการใช้ Activated carbon ในการดูดซับ ผลการทดลองพบว่าปริมาณที่ตรวจพบนั้นมีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมงบนมือ ในขณะที่บนเสื้อผ้านั้นจะตรวจพบน้ำมันเบนซินที่เวลาไม่เกิน 3 ชั่วโมง Nizio and Forbes (2018) ได้พัฒนาการเก็บตัวอย่างซากเพลิงไหม้โดยใช้เทคนิค dynamic headspace และวิเคราะห์ด้วยเทคนิค TD-GC×GC-TOFMS พบว่าสามารถวิเคราะห์และใช้ยืนยันพิกที่ออกมาว่าเป็นเชื้อเพลิงประเภทไหน ชนิดไหนได้ Pandohee et al. (2020) ใช้ เทคนิค two-dimensional gas chromatography ร่วมกับการใช้ flame ionization และ ใช้ สถิติ multivariate analysis ในการวิเคราะห์ข้อมูล ในการศึกษาหาสารเคมีที่ยืนยันการวางเพลิง พบว่าสามารถหาโปรไฟล์สารเคมีที่บ่งชี้ถึงน้ำมันเชื้อเพลิงที่จุดไฟ Büchler et al. (2021) ศึกษาวิธีการเก็บตัวอย่างน้ำมันบนมือของผู้ต้องสงสัยวางเพลิง โดยใช้ Activated Charcoal Strips (ACS) และ Activated Carbon Cloth (ACC) ผลการทดลองในงานวิจัยนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการเก็บตัวอย่างที่หลงเหลืออยู่จากการวางเพลิงได้ดี นอกจากนี้ Yadav et al. (2021) ศึกษาความแตกต่างของซากวัสดุที่เป็นต้นเพลิงและวิธีการสกัดด้วยสารละลายที่มีผลต่อการตรวจพบน้ำมันดีเซลที่ตกค้างในซากเพลิงไหม้ ด้วยเทคนิค GC-MS เพื่อประโยชน์ในทางนิติวิทยาศาสตร์

พบว่าอาจจะนำไปใช้ประโยชน์ในทางคดีได้ Capistran and Sisco (2022) พบว่าการใช้ GC-MS เป็นเครื่องมือในการตรวจเบื้องต้นในตัวอย่างซากที่หลงเหลือจากกรณีเพลิงไหม้ โดยใช้เวลาในการตรวจไม่เกิน 1 นาที ตัวอย่างที่มีปริมาณน้อย ๆ ในระดับความเข้มข้น ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และสามารถใช้ยืนยันว่าเป็นน้ำมันหรือของเหลวประเภทอื่นได้

ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาการตรวจพิสูจน์น้ำมันเบนซินบนพื้นรองเท้าชนิดต่าง ๆ ของผู้ต้องสงสัยที่ได้สัมผัสกับน้ำมันเบนซินปริมาณเล็กน้อยในหน่วยไมโครลิตรบนพื้นกระเบื้อง โดยใช้เทคนิค HS-GC-MS ซึ่งเป็นเทคนิคที่เหมาะสม ง่ายสะดวก ในการตรวจวิเคราะห์น้ำมันเชื้อเพลิงหรือสารเคมีที่อยู่ในสถานะก๊าซได้ง่ายและสามารถตรวจได้แม้มีปริมาณเพียงเล็กน้อยในระดับ ppm หรือ ppb เท่านั้น โดยจะทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบการคงอยู่ของน้ำมันเบนซินที่ตรวจพบบนพื้นรองเท้าชนิดต่างๆซึ่งเป็นรองเท้าที่นิยมใช้มาก ภายหลังการเหยียบหรือสัมผัสกับน้ำมันเบนซินบนพื้นกระเบื้อง โดยตรวจเก็บตัวอย่างโดยใช้ Activated carbon ที่มีขายทั่วไปในท้องตลาดมีคุณสมบัติดูดซับสารประเภทนี้ได้ดี เพื่อความสะดวกในการใช้งาน เพื่อที่จะได้พัฒนาวิธีในการเก็บตัวอย่างได้จริงสามารถใช้ในสถานที่เกิดเหตุได้ โดยใช้อุปกรณ์ที่หาได้ง่าย มีราคาถูก สะดวก มีขั้นตอนง่าย และรวดเร็ว เพื่อที่จะสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจพิสูจน์หาหลักฐานเพื่อใช้ในการยืนยันตัวต้นผู้กระทำความผิด และเป็นประโยชน์ต่อกระบวนการสืบสวนสอบสวนต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการคงสภาพของคราบน้ำมันเนซึนบนพื้นรองเท้าชนิดต่าง ๆ ที่สัมผัสกับหยดน้ำมันเบนซิน
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบตัวอย่างชนิดพื้นรองเท้าที่เหมาะสมสำหรับประยุกต์ในการใช้เก็บตัวอย่างคราบน้ำมัน ในเหตุการณ์ไฟไหม้

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. สามารถหาเทคนิคที่เหมาะสม ง่ายสะดวก ในการตรวจวิเคราะห์น้ำมันเชื้อเพลิงได้ง่ายและสามารถตรวจได้แม้มีปริมาณเพียงเล็กน้อย
2. สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจพิสูจน์หาหลักฐานเพื่อใช้ในการยืนยันตัวตนผู้กระทำความผิดในคดีเพลิงไหม้ และเป็นประโยชน์ต่อกระบวนการสืบสวนสอบสวน

วิธีดำเนินการวิจัย

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ HS-GC-MS

พื้นรองเท้าชนิดต่าง ๆ ได้แก่ อีวีเอ (EVA) ยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์ พียู (PU) พีวีซี (PVC) และไพล่อน ซื้อมาจากตลาดนครปฐม แผ่นกระเบื้องสีขาวจากร้านวัสดุก่อสร้าง ตลาดนครปฐม ถุงใส่ชา (Tea Bag) ขนาด 9.5x0.1x7 ซม. จากร้าน Daiso ถุงพลาสติกใสขนาด 10x15 นิ้ว จากร้านทีเคพลาสติกนครปฐม ไดร์เป่าผมยี่ห้อ Xiaomi ความเร็วมอเตอร์ 20,000 รอบ/นาที ขวด vial ขนาด 20 มล. จาก CeExpert น้ำมันเบนซินจากปั้มน้ำมันเชลล์ Activated carbon ชนิดผงละเอียดพิเศษ (40.615 µm) จากบริษัท Amouriq

เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปคโตรมิเตอร์ (Gas Chromatography-Mass spectrometer) รุ่น Trace 1310 GC จากบริษัท

Thermo SCIENTIFIC ประกอบกับคอลัมน์ TraceGOLD TG-5MS GC Columns (30m x 0.25mm x 0.25µm), Head space-Vial ขนาด 20 mL จากบริษัท Thermo SCIENTIFIC ประกอบกับอุปกรณ์ฉีดสารตัวอย่างอัตโนมัติ ITEX Dynamic Headspace Tool for TriPlus™ RSH Autosampler โดยจะศึกษาตามสภาวะการทดลองดังนี้

Incubation parameter

Agitator temperature : 100 °C

Incubation time: 10 min

Agitator on/off : 10 min / 2 min

Injection parameter

Injected volume : 100 µl

Injection temperature : 200 °C

Chromatograph parameter

Carrier gas : Helium

Carrier gas flow rate : 1ml/min

Oven temperature : 60 °C to 100 °C

เพิ่มขึ้นด้วยอัตรา 10 °C

: 100 °C to 200 °C

เพิ่มขึ้นด้วยอัตรา 15 °C

Mass Spectrometry parameter

Transfer line temperature : 250 °C

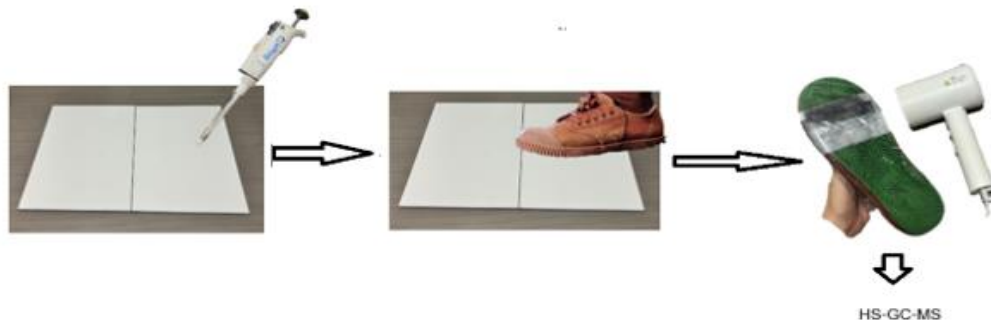
Full scan mass range : 50–500 amu

การเก็บตัวอย่างน้ำมันเบนซินบนพื้นรองเท้า

หยดน้ำมันเบนซินปริมาตร 100 µl บนแผ่นกระเบื้องที่ทำความสะอาดแล้ว ให้อาสาสมัครเพศหญิง (น้ำหนัก 59 kg ส่วนสูง 164 cm) สวมรองเท้าที่มีพื้นรองเท้าชนิดต่าง ๆ ได้แก่ พื้นอีวีเอ (EVA) พื้นยางธรรมชาติ พื้นยางสังเคราะห์ พื้นพียู (PU) พื้น

พีวีซี (PVC) และพื้นโฟล่อน เหยียบบนแผ่นกระเบื้องเป็นเวลา 30 วินาที จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างทันที โดยวางถุงชาที่บรรจุ Activated carbon 0.2000 g ที่เตรียมพร้อมใช้งานแล้วบนพื้นรองเท้า แล้วนำมาสวมด้วยถุงพลาสติกใสและปิดปากถุงให้สนิท เป่าให้ ความร้อนด้วยไดร์เป่าผมเป็นเวลา 30 นาที จากนั้น นำถุงชาที่บรรจุ Activated carbon ใส่ลงในขวด

vial ปิดฝาให้สนิทโดยทันทีและนำไปวิเคราะห์โดย เทคนิค HS-GC-MS ทำการทดลองซ้ำโดยศึกษาความ คงอยู่ของน้ำมันเบนซินบนพื้นรองเท้าชนิดต่างๆ ภายหลังการเหยียบน้ำมัน ที่ระยะเวลา 0, 3 และ 6 ชั่วโมง โดยจะถอดรองเท้าวางไว้ในห้องที่มีการถ่ายเท และอยู่ในอุณหภูมิห้อง



ภาพที่ 1 แผนผังการทดลอง

สรุปผลการวิจัย

จากโครมาโทแกรมที่แสดงพิกัดต่างๆ ที่ตรวจพบองค์ประกอบของน้ำมันเบนซินที่เก็บจาก พื้นรองเท้าชนิดต่าง ๆ ที่ระยะเวลา 0, 3 และ 6 ชั่วโมงภายหลังการเหยียบน้ำมันเบนซิน เมื่อนำมา วิเคราะห์หาสารประกอบโดยใช้ฐานข้อมูล (MS Libraries) จาก Replib และ Mainlib พบว่าโครมา โทแกรมมีพิกัดที่สำคัญ สามารถระบุสารประกอบได้

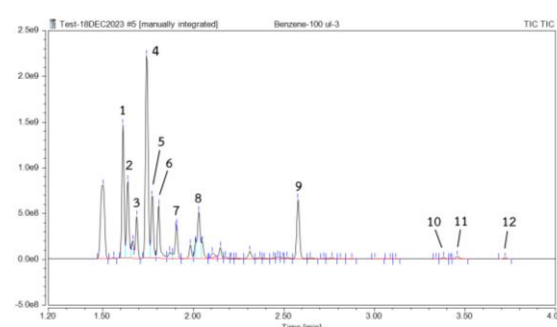
12 ชนิดที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันเบนซิน ดัง แสดงในตารางที่ 1 สอดคล้องกับการศึกษาของ Naggar et al. (2017) ที่พบว่าน้ำมันเบนซินมี ส่วนประกอบของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีจุด เดือดต่ำหลายชนิด ซึ่งความเข้มข้นสัมพัทธ์จะมีความ แตกต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาและกระบวนการ กลั่นของน้ำมัน

ตารางที่ 1 สารประกอบ 12 ชนิดที่วิเคราะห์ได้จากการเก็บตัวอย่างน้ำมันเบนซินบนพื้นรองเท้าชนิดต่างๆ ที่ระยะเวลา 0, 3 และ 6 ชั่วโมง

No.	สารประกอบ	Retention time (min)
1	i-Pentane	1.61
2	n-Pentane	1.64
3	2,2-Dimethylbutane	1.69
4	2-Methylpentane	1.74
5	3-Methylpentane	1.78
6	n-Hexane	1.81
7	Methylcyclopentane	1.91
8	Benzene	2.03
9	Toluene	2.58
10	Ethylbenzene	3.39
11	p-Xylene	3.47
12	o-Xylene	3.73

ในการวิเคราะห์โครมาโทแกรมน้ำมันเบนซินที่เก็บจากพื้นรองเท้าชนิดต่างๆ ภายหลังการเหยียบน้ำมันเบนซินบนพื้นกระเบื้องทันที (0 ชั่วโมง) แสดงดังตัวอย่างในภาพที่ 2 เป็นโครมาโทแกรมของน้ำมันเบนซินที่เก็บจากพื้นรองเท้าที่ทำจากอีวีเอ (EVA) ภายหลังการเหยียบน้ำมันบนพื้นกระเบื้องที่เวลา 0 ชั่วโมง พบว่านอกจากสารประกอบทั้ง 12 ชนิดแล้ว ยังพบพิกของสารประกอบอื่นของน้ำมันเบนซิน เช่น i-Butane ที่ 1.56 min methylcyclohexane ที่ 2.31 min เป็นต้น บนพื้นรองเท้าทุกชนิด นอกจากนี้ยังพบพิกอีก 2 พิก ที่ถือว่าเป็นพิกเอกลักษณ์ที่สามารถบ่งชี้ถึงน้ำมันเบนซิน (Jhaumeer-Laulloo et al., 2013) ของ 3-Ethyltoluene ที่ เวลา 4.52 min พบบนพื้นรองเท้าที่ผลิตจากพื้นอีวีเอ (EVA) พื้นยางสังเคราะห์ พื้นพียู (PU) และพื้นโฟล่อนและ 1,2,3-Trimethylbenzene ที่เวลา 4.92 min พบ

บนพื้นรองเท้าที่ศึกษาทุกชนิด ยกเว้นพื้นพีวีซี (PVC) สอดคล้องกับการศึกษาของ จุฑามาศ ยี่มนุ่น (2559) ระบุว่าคุณสมบัติที่แตกต่างกันของพื้นรองเท้าทำให้การยึดเกาะบนพื้นรองเท้าของสารเคมีได้ไม่เท่ากัน (จุฑามาศ ยี่มนุ่น, 2559)

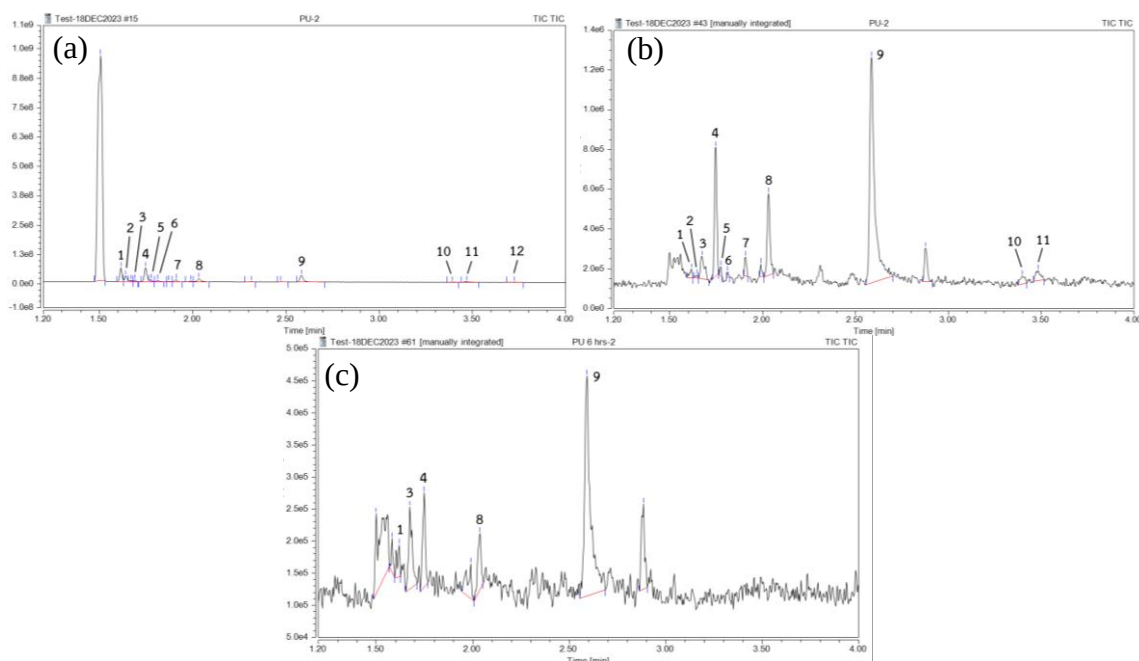


ภาพที่ 2 โครมาโทแกรมของน้ำมันเบนซินที่เก็บจากพื้นรองเท้าทำจากอีวีเอ (EVA) ภายหลังการเหยียบน้ำมันบนพื้นกระเบื้องที่เวลา 0 ชั่วโมง

จากการวิเคราะห์โครมาโทแกรมภายหลังการเหยียบน้ำมันเบนซินบนพื้นกระเบื้องที่ระยะเวลา

3 ชั่วโมง พบว่าน้ำมันเบนซินที่เก็บได้บนพื้นรองเท้า
 พียู (PU) ตรวจไม่พบพีคของ o-Xylene (12) และ
 บนพื้นฟลอรอนตรวจไม่พบพีคของEthylbenzene
 (10), p-Xylene (11) และ o-Xylene (12) และเมื่อ
 เปรียบเทียบผลการทดลองจากโครมาโทแกรมของ
 น้ำมันเบนซินที่เก็บจากพื้นรองเท้าชนิดต่างๆ
 ภายหลังการเหยียบน้ำมันเบนซินบนพื้น กระเบื้องที่
 ระยะเวลา 6 ชั่วโมง จะพบว่าสารประกอบที่สามารถ
 บ่งชี้ถึงน้ำมันเบนซินถูกพบลดน้อยลง มีเพียงพินัย
 สังเคราะห์และพื้นฟลอรอนเท่านั้นที่มีการตรวจพบ
 สารประกอบหลักที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมัน
 เบนซินทั้ง 12 ชนิด โดยครบน้ำมันเบนซินพื้นพีวีซี
 (PVC) ตรวจไม่พบสารประกอบ 3 ชนิด ได้แก่ 3-
 methylpentane (5), n-hexane (6) และ
 methylcyclopentane (7) ส่วนครบน้ำมันที่ติด

บนพื้นอีวีเอ (EVA) ตรวจไม่พบสารประกอบ 4 ชนิด
 ได้แก่ i-Pentane (1), 3-methylpentane (5), n-
 hexane (2) และ methylcyclopentane (7)
 สำหรับน้ำมันที่ติดบนพื้นยางธรรมชาติตรวจไม่พบ
 พีคของประกอบ 2 ชนิด ได้แก่ 3-methylpentane
 (5) และ n-hexane (2) ในส่วนน้ำมันที่ติดบนพื้นพียู
 (PU) ตรวจพบสารประกอบของน้ำมันเบนซินได้น้อย
 ที่ ส ุ ด เ พื ย ง ไ ด้ ก ่ i-Pentane (1) , 2,2 -
 dimethylbutane (3) , 2-methylpentane (4) ,
 Benzene และ Toluene (9) แสดงตัวอย่างของโคร
 มาโทแกรม ดังภาพที่ 3 เป็น โครมาโทแกรมของ
 น้ำมันเบนซินที่เก็บจากพื้นรองเท้าพียู (PU) ภายหลัง
 การเหยียบน้ำมันพื้นกระเบื้องที่เวลาต่าง ๆ คือ (a) ที่
 เวลา 0 ชั่วโมง (b) ที่เวลา 3 ชั่วโมง (c) ที่เวลา 6
 ชั่วโมง ตามลำดับ



ภาพที่ 3 โครมาโทแกรมของน้ำมันเบนซินที่เก็บจากพื้นรองเท้าพียู (PU) ภายหลังการเหยียบน้ำมันบนพื้นกระเบื้อง
 ที่เวลาต่าง ๆ คือ (a) ที่เวลา 0 ชั่วโมง (b) ที่เวลา 3 ชั่วโมง (c) ที่เวลา 6 ชั่วโมง

เมื่อเปรียบเทียบโครมาโทแกรมของน้ำมัน
 เบนซินที่เก็บจากพื้นรองเท้าที่ทำจากยู (PU)

ภายหลังการเหยียบน้ำมันบนพื้นกระเบื้องที่เวลา
 ต่าง ๆ จากการเก็บทันที เก็บตัวอย่างแล้วทิ้งไว้ 3

และ 6 ชั่วโมง ตามลำดับ พบว่าฟีดของสารประกอบที่สามารถบ่งชี้ถึงน้ำมันเบนซินนั้นถูกพบในปริมาณที่ลดน้อยลงตามลำดับและยังพบว่ามีความรุนแรง (Noise) มากขึ้นบนโครมาโทแกรมเมื่อตัวอย่างถูกเก็บภายหลังจากการเหยียบน้ำมัน 3 ชั่วโมง แต่อย่างไรก็ตามในการวิเคราะห์โครมาโทแกรมของทุกพื้นรองเท้าที่ระยะเวลาตั้งแต่ 0 ชั่วโมง ถึง 6 ชั่วโมง ยังคงสามารถตรวจพบสารประกอบที่สามารถบ่งชี้ถึงน้ำมันเบนซินได้อยู่

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการตรวจพิสูจน์น้ำมันเบนซินที่ติดอยู่บนพื้นรองเท้าที่ทำจากวัสดุชนิดต่าง ๆ 6 ชนิด ได้แก่ พื้นอีวีเอ (EVA) พื้นยางธรรมชาติ พื้นพียู (PU) พื้นยางสังเคราะห์ พื้นพีวีซี (PVC) และพื้นโฟล่อน โดยใช้เทคนิค HS-GC-MS จากการวิเคราะห์โครมาโทแกรมที่ได้พบว่าสามารถพบฟีดที่บ่งชี้ถึงสารประกอบที่อยู่ในน้ำมันเบนซินจำนวน 12 ชนิด ได้แก่ i-Pentane n-Pentane 2,2-Dimethylbutane 2-Methylpentane 3-Methylpentane n-Hexane Methylcyclopentane Benzene Toluene Ethylbenzene p-Xylene และ o-Xylene ซึ่งการ

พบฟีดดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ Naggar et al. (2017) และ Dorgerloh et al. (2018)

นอกจากนี้ยังพบฟีด 3-Ethyltoluene และ 1,2,3-Trimethylbenzene ที่ใช้ระบุถึงน้ำมันเบนซินสอดคล้องกับการศึกษาของ Stauffer et al. (2007) เนื่องจากฟีดดังกล่าวจะไม่พบในน้ำมันชนิดอื่น (ฟีดของ Benzene Toluene p-Xylene o-Xylene และ 3-Ethyltoluene) และเห็นได้ว่าเมื่อเวลาผ่านไป 3 และ 6 ชั่วโมง ฟีดที่ระบุถึงน้ำมันเบนซินมีแนวโน้มที่ถูกพบลดน้อยลง และเห็นได้ว่าตัวอย่างโครมาโทแกรมของน้ำมันภายหลังจากการเหยียบน้ำมันบนพื้นกระเบื้องและเก็บตัวอย่างเมื่อเวลาผ่านไป 3 และ 6 ชั่วโมง เป็นไปตามการศึกษาของศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง และคณะ (2563) ที่สามารถตรวจพบสารประกอบที่บ่งชี้ถึงน้ำมันเบนซินจากพื้นรองเท้าผ้าใบภายหลังจากการเหยียบน้ำมันเบนซินไปแล้วได้ถึงเวลาที่ 24 ชั่วโมง เมื่อตรวจด้วยเทคนิค Gas Chromatography- Flame Ionization Detector (GC-FID)

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบจำนวนพีคหลักของโครมาโทแกรมจากการตรวจวิเคราะห์คราบน้ำมันเบนซินบนพื้นรองเท้า ณ เวลาที่ 0,3 และ 6 ชั่วโมง หลังจากสัมผัสน้ำมันเบนซิน

เวลาที่ทำการตรวจวิเคราะห์	จำนวนพีคของคราบน้ำมันบนพื้นรองเท้า					
	ยางธรรมชาติ	ยางสังเคราะห์	อีวีเอ (EVA)	พียู (PU)	โฟล่อน	พีวีซี (PVC)
ชั่วโมงที่ 0	12*	12*	12*	12*	12*	12*
+ i-Butane	+	+	+	+	+	+
+ methylcyclohexane	+	+	+	+	+	+
+3-Ethyltoluene						
+1,2,3-Trimethylbenzene	-	+	+	+	+	-
	+	+	+	+	+	-
ชั่วโมงที่ 3	12	12	12	11	9	12
				-(11)	-(10,11,12)	
ชั่วโมงที่ 6	10	12	8	4	12	9
	-(2, 5)		-(1,2,5,7)	-(2,5,6,7, 8,10,11,12)		-(5,6,7)

หมายเหตุ

1. จำนวนตัวเลข = จำนวนพีค

2. เครื่องหมาย + = พบพีคเพิ่ม

3. เครื่องหมาย - = พบพีคลดลง

* มาตรฐานจำนวนพีคที่บ่งชี้คราบน้ำมัน = 12 พีค

เมื่อเปรียบเทียบชนิดของพื้นรองเท้าในตารางที่ 2 พบว่าเมื่อเก็บน้ำมันเบนซินจากพื้นโฟล่อนและพื้นยางสังเคราะห์ ที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง ภายหลังการเหยียบน้ำมัน ยังพบพีคที่ระบุถึงน้ำมันเบนซินได้ครบทั้ง 12 พีค อย่างไรก็ตาม เมื่อเก็บตัวอย่างจากรองเท้าที่ผลิตจากพื้นพียู (PU) พบพีคของสารประกอบน้ำมันลดลงตั้งแต่เก็บตัวอย่างที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง ภายหลังการเหยียบน้ำมัน และเมื่อพิจารณาโครมาโทแกรมของน้ำมันที่เก็บจากรองเท้าที่ผลิตจากพื้นอีวีเอ (EVA) พื้นยางธรรมชาติ และพื้น PVC พบว่า พีคที่พบก็มีจำนวนลดลงเช่นกัน เมื่อเก็บตัวอย่างระยะเวลา 6 ชั่วโมง ภายหลังการ

เหยียบน้ำมัน ดังนั้นผลการวิเคราะห์บ่งชี้ว่าวัสดุที่ผลิตพื้นรองเท้ามีผลต่อการยึดเกาะ ซึ่งพื้นรองเท้าที่มีลักษณะมันหรือพื้นผิวเรียบอาจส่งผลให้น้ำมันเบนซินยึดเกาะได้น้อยและระเหยออกไปได้ง่ายกว่า

จากผลการศึกษาี้แสดงให้เห็นว่า สามารถนำ activated carbon มาใช้พัฒนาการเก็บตัวอย่างน้ำมันเบนซินร่วมกับเทคนิค HS-GC-MS เนื่องจากมีขั้นตอนที่ง่าย รวดเร็ว ไม่ทำลายตัวอย่าง ปลอดภัย และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากกว่าการใช้สารละลายในการสกัด (Ferreiro-González et al., 2015) และสามารถนำไปประยุกต์ในทางนิติวิทยาศาสตร์เพื่อการตรวจพิสูจน์ยืนยันความ

เกี่ยวข้องกับสถานที่เกิดเหตุเพื่อยืนยันตัวผู้กระทำ
ความผิดได้

ข้อเสนอแนะ

ในการทำงานวิจัยครั้งต่อไป ควร
ทำการศึกษาการเก็บน้ำมันเบนซินจากร่องเท้าที่พื้น
รองเท้าผลิตจากวัสดุชนิดต่างๆ เพิ่มขึ้น และควรเพิ่ม
ระยะเวลาการเก็บตัวอย่างภายหลังการเหยียบน้ำมัน
เบนซิน

เอกสารอ้างอิง

- กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. (2566). *สถิติสาธารณภัย. กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย*.
<https://dpmreporter.disaster.go.th/portal/disaster-statistics>.
- จันทนา ระรินรัมย์. (2551). การประยุกต์ใช้ Activated Carbon ในการตรวจพิสูจน์น้ำมันเชื้อเพลิง
(วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร). Silpakorn University Repository
(SURE). <https://sure.su.ac.th/xmlui/handle/123456789/11779>.
- จุฑามาศ ยิ้มนุ่น. (2559). การตรวจคราบโลหิตของมนุษย์ด้วยวิธีฟีนอลฟอสฟอรัส ลูมินอลและฟลูออเรสเซนบนพื้น
รองเท้าชนิดต่างๆ (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร). Silpakorn University
Repository (SURE). <https://sure.su.ac.th/xmlui/handle/123456789/25997>.
- ธนัญญา ศูนย์คุ้ม. (2557). การตรวจพิสูจน์น้ำมันเบนซินบนฝ่ามือและเสื้อผ้าของผู้วางเพลิง โดยเทคนิค Gas
Chromatography—Flame Ionization Detector (GC-FID) (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต,
มหาวิทยาลัยศิลปากร). Silpakorn University Repository (SURE).
- ธีรวัฒน์ อังสิทธิพนพร เอกคณัย ธิมาชัย และสมศักดิ์ ฟองสุภา. (2564). การประยุกต์ใช้ตัวดูดซับในการเตรียม
ตัวอย่างสำหรับการตรวจพิสูจน์น้ำมันเบนซินจากวัตถุพยานด้วยเทคนิคเฮดสเปซ-แก๊สโครมาโทกราฟี-
แมสสเปกโตรเมตรี. *วารสารวิชาการอาชีวศึกษาและนิติวิทยาศาสตร์*, 7(2), 57–74.
- ปราโมทย์ ไชยเวช. (2552). *ปิโตรเลียมเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 2*. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง, ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี, และอรทัย เขียวพุ่ม. (2563). การตรวจพิสูจน์น้ำมันเบนซินบน
รองเท้าของผู้ต้องสงสัยโดยใช้เทคนิค Gas Chromatography—Flame Ionization Detector (GC-
FID). *วารสารวิจัย มหาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก*, 13(1), 48–58.
- Almirall JR., Wang J., Lothridge K. and Furton KG. (2000). The detection and analysis of
ignitable liquid residues extracted from human skin using SPME/GC. *Journal of
Forensic Science International* 45(2), 453-461.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ “ทุนอุดหนุนการวิจัยโครงการ
หลักสูตรบัณฑิตศึกษา สาขานิติวิทยาศาสตร์
จากกองทุนพัฒนามหาวิทยาลัยศิลปากรในส่วนของ
คณะวิทยาศาสตร์ สาขานิติวิทยาศาสตร์”
จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร สัญญา
เลขที่ SC-FS-2567-02

- Büchler, L., Werner, D., & Delémont, O. (2021). Detection of gasoline on suspects' hands: Study of different sampling alternatives. *Forensic science international*, 318, 110590.
- Capistran, B. A., & Sisco, E. (2022). Rapid GC–MS as a screening tool for forensic fire debris analysis. *Forensic chemistry*, 30, 100435.
- Coulson, S., & Morgan-Smith, R. (2000). The transfer of petrol on to clothing and shoes while pouring petrol around a room. *Forensic science international*, 112(2-3), 135-141.
- Coulson, S., Morgan-Smith, R., Mitchell, S., & McBriar, T. (2008). An investigation into the presence of petrol on the clothing and shoes of members of the public. *Forensic science international*, 175(1), 44-54.
- Darrer, M., Jacquemet-Papilloud, J., & Delémont, O. (2008). Gasoline on hands: Preliminary study on collection and persistence. *Forensic science international*, 175(2-3), 171-178.
- Dorgerloh, U., Becker, R., & Nehls, I. (2018). Volatile hydrocarbons in contaminated soil: robustness of fractional quantification using headspace gas chromatography-mass-spectrometry. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, 27(1), 1-12.
- Ferreiro-González, M., Ayuso, J., Álvarez, J. A., Palma, M., & Barroso, C. G. (2015). Application of an HS–MS for the detection of ignitable liquids from fire debris. *Talanta*, 142, 150–156.
- J. Fan & L. Lau. (2009). 10—Flammability of fabrics and garments in J. Fan & L. Hunter, *Engineering Apparel Fabrics and Garments* (261–282). Woodhead Publishing.
- Jaquet-Chiffelle, D.-O., & Casey, E. (2021). A formalized model of the Trace. *Forensic Science International*, 327, 110941. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2021.110941>.
- Jhaumeer-Laulloo, S., Maclean, J., Ramtoola, L. L., Duyman, K., & Toofany, A. (2013). Characterisation of background and pyrolysis products that may interfere with forensic analysis of fire debris in Mauritius. *Pure Appl. Chem. Sci*, 1(2), 51-61.
- Naggar, A. E., Elkhateeb, A., Altalhi, T., El Nady, M. M., Alhadhrami, A., Ebiad, M., Salem, A., & Elhardallou, S. (2017). Hydrocarbon compositions and physicochemical characteristics for the determination of gasoline quality: An implication from gas chromatographic fingerprints. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 39(15), 1694-9.
- Nizio, K. D., & Forbes, S. L. (2018). Developing a method for the collection and analysis of burnt remains for the detection and identification of ignitable liquid residues using body bags, dynamic headspace sampling, and TD-GC× GC-TOFMS. *Separations*, 5(3), 46.

- Pandohee, J., Hughes, J. G., Pearson, J. R., & Jones, O. A. (2020). Chemical fingerprinting of petrochemicals for arson investigations using two-dimensional gas chromatography-flame ionisation detection and multivariate analysis. *Science & Justice*, 60(4), 381-7.
- Stauffer, E., Dolan, J. A., & Newman, R. (2007). *Fire debris analysis*. Academic Press.
- Yadav, V. K., Das, T., Harshey, A., Yadav, M. M., Nigam, K., & Srivastava, A. (2021). A forensic approach to evaluate the effect of different matrices and extraction solvents for the identification of diesel residue in simulated arson by GC–MS. *Chromatographia*, 84, 413-23.