



การตรวจพิสูจน์น้ำมันเบนซินบนผ้าต่างชนิดกัน  
โดยใช้เทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโกปี

Examination of Gasoline Adsorbed on Different Fabrics Using Fourier Transform  
Infrared Spectroscopy Technique

กนกพร บัวดอก\* และ ธิติ มหาเจริญ

คณะนิติวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ

Kanokporn Buadok and Thiti Mahacharoen

Faculty of Forensic Science, Royal Police Cadet Academy

Received: November 13, 2024 | Revised: March 9, 2025 | Accepted: April 5, 2025

บทความวิจัย (Research Article)

บทคัดย่อ

การวางเพลิงเป็นอาชญากรรมที่ร้ายแรงชนิดหนึ่งที่เกิดความเสียหายทั้งชีวิตและทรัพย์สิน นอกจากนี้เพลิงไหม้ยังทำให้การหาพยานหลักฐานเพื่อเชื่อมโยงไปยังตัวผู้กระทำผิดมีความสำคัญอย่างยิ่ง การตรวจหาน้ำมันเชื้อเพลิงสามารถชี้ให้เห็นถึงความเชื่อมโยงกันระหว่างพยานหลักฐานและผู้ต้องสงสัยในการวางเพลิง วัตถุประสงค์ของการทำการวิจัยในครั้งนี้เพื่อการตรวจพิสูจน์น้ำมันเบนซินบนผ้าต่างชนิดกัน โดยใช้เทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโกปี (FTIR) ในการทดลองหยดน้ำมันเบนซินปริมาตร 50  $\mu$ l ลงบนผ้าตัวอย่าง 6 ชนิดได้แก่ ผ้าฝ้ายดิบ ผ้าลินิน ผ้าไนลอน ผ้าโพลีเอสเตอร์ ผ้าเรยอน ผ้าไหมอิตาลี เก็บตัวอย่างของน้ำมันเบนซินบนผ้าต่างชนิดกัน ในช่วงเวลาดังนี้ เก็บตัวอย่างทันที 1 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง และ 6 ชั่วโมงนำมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโกปี (FTIR) จากการทดลองได้โครมาโทแกรมที่สามารถระบุได้ว่าเป็นน้ำมันเบนซินได้แก่ เบนซิน, โทลูอิน, ออโทไซลีน, พาราไซลีน และเอทิลโทลูอิน ผลการวิจัยพบว่าการคงอยู่ของน้ำมันเบนซินบนผ้าทุกตัวอย่างหลังการสัมผัสน้ำมันเบนซินนานถึงระยะเวลา 6 ชั่วโมง นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณน้ำมันเบนซินที่ตรวจพบในทุกตัวอย่างมีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาผ่านไป ผลจากการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าวิธีการที่พัฒนาขึ้นในการศึกษานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการตรวจหาน้ำมันเบนซินในสถานที่เกิดเหตุและเป็นประโยชน์ในกระบวนการสืบสวนสอบสวนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : วางเพลิง, น้ำมันเบนซิน, ผ้าตัวอย่าง, เทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโกปี (FTIR)

\* Corresponding author, Email: kanokpornbuadok@gmail.com



## Abstract

Arson is a serious crime that can cause extensive damage to both life and property. Identifying evidence to link suspects to the crime is, therefore, crucial. Detecting fuel residues provides valuable information for establishing connections between evidence and suspects. This study aimed to investigate the presence of gasoline residues on various types of fabrics using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR). Specifically, 50  $\mu$ l of gasoline was applied to six types of fabric samples: raw cotton, linen, nylon, polyester, rayon, and Italian silk. Gasoline samples from each fabric were collected at the following time intervals: immediately, 1 hour, 3 hours, and 6 hours, and analyzed using FTIR. The chromatograms identified the presence of gasoline components, including benzene, toluene, o-xylene, p-xylene, and ethyltoluene. The results showed that gasoline residues were detected in all samples even after 6 hours of exposure. Additionally, the amount of gasoline detected in the samples tended to decrease over time. This research has potential applications in detecting gasoline at crime scenes, thereby effectively aiding investigative process.

**Keywords:** Arson, Gasoline, Fabric samples, Fourier Transform Infrared Spectroscopy(FTIR)

## บทนำ

การวางเพลิงเป็นอาชญากรรมที่ร้ายแรงชนิดหนึ่งก่อให้เกิดความเสียหายทั้งชีวิตและทรัพย์สินของผู้เสียหาย แต่ในทางกลับกันการวางเพลิงที่ดูเป็นอาชญากรรมที่ร้ายแรงแต่กลับเกิดขึ้นได้ง่าย โดยใช้เพียงไม้ขีดไฟ น้ำมันเชื้อเพลิง และวัสดุที่ติดไฟ (หนังสือ ผ้า ไม้) ก็สามารถทำให้เกิดจุดต้นเพลิงที่จะลุกลามไปเป็นเพลิงไหม้ที่จะทำลายทั้งชีวิตและทรัพย์สิน การหาผู้กระทำความผิดในการก่ออาชญากรรมการวางเพลิงก็กลับมีแนวทางสืบสวนสอบสวนได้ยาก โดยการก่อเหตุอาชญากรรมการวางเพลิงมักใช้น้ำมันเชื้อเพลิง คือ น้ำมันเบนซิน (Thananya Soonkum, 2014)

น้ำมันเบนซิน (Gasoline) หรือ Aliphatic Hydrocarbon หมายถึง โมเลกุลที่ประกอบไปด้วยไฮโดรเจน (Hydrogen) และคาร์บอน (Carbon) ที่ต่อกันเป็นสายโซ่โมเลกุลของน้ำมันเบนซินจะมีคาร์บอนจากพื้นโลกมีลักษณะเป็นของเหลวสีดำเรียกว่า ปิโตรเลียม (Petroleum) ของเหลวชนิดนี้ประกอบไปด้วยไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) และคาร์บอนอะตอมที่จะเชื่อมต่อกันเป็นสายโซ่ที่มีความยาวแตกต่างกัน โดยโมเลกุลของไฮโดรคาร์บอนที่มีความยาวแตกต่างกันนั้นจะมีคุณสมบัติและพฤติกรรมที่แตกต่างกัน ทำให้สามารถแยกออกจากกันได้ โดยอาศัยความแตกต่างของจุดเดือด ดังนั้นเราสามารถแยกสายโซ่แต่ละความยาวออกจากกันได้ โดยการกลั่นในลักษณะนี้อยู่ในรูปของการกลั่นน้ำมัน (Oil Refinery) โดยน้ำมันดิบจะได้รับความร้อนและสายโซ่ที่มีความยาวแตกต่างกันจะถูกดึงออกมาตามลำดับของช่วงอุณหภูมิในการกลายเป็นไอพบว่าสายโซ่ที่มีคาร์บอนอะตอม 7 ตัว ( $C_7H_{16}$ ) ถึง 11 ตัว ( $C_{11}H_{24}$ ) จะถูกนำมาผสมกันและใช้เป็นน้ำมันเบนซิน (Gasoline) คุณสมบัติที่สำคัญของน้ำมันเบนซินในการเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง (Pramote Chaiyawet,

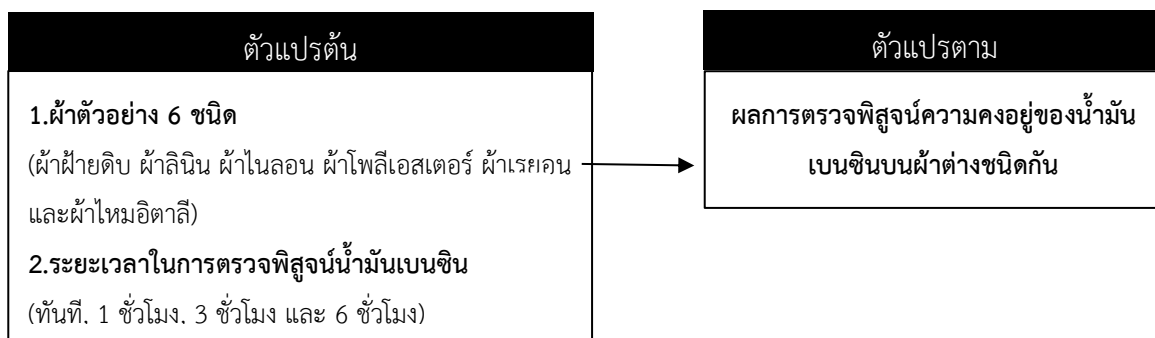
2005) คือ มีจุดวาบไฟที่อุณหภูมิห้อง เมื่อพิจารณาจุดวาบไฟจะพบว่าน้ำมันเบนซินมีความไวไฟสูงเมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซลที่มีจุดวาบไฟมากกว่า  $60^{\circ}\text{C}$  ซึ่งจะมีความไวไฟต่ำอย่างมาก และที่สำคัญช่วงการติดไฟ (Flammable range) คือเปอร์เซ็นต์ของไอในอากาศ โดยปริมาตรที่สามารถก่อให้เกิดการติดไฟได้ พบว่าน้ำมันเบนซินมีช่วงการติดไฟระหว่าง 1.4% - 7.6% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าทุกความเข้มข้นของไอน้ำมันเบนซินในอากาศในช่วงเปอร์เซ็นต์ที่กำหนดสามารถติดไฟได้ที่อุณหภูมิของจุดวาบไฟ โดยอุณหภูมิของจุดติดไฟ จะมีช่วง  $260 - 426.6^{\circ}\text{C}$  ช่วงการติดไฟจะอ้างอิงจากความดันและอุณหภูมิจะทำให้ช่วงการติดไฟกว้างขึ้น ดังนั้น การที่จะเกิดไฟต้องประกอบไปด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วน (Samrerng Chakjai, 2001) คือ เชื้อเพลิง (Fuel) ออกซิเจน (Oxygen) และความร้อน (Heat) ในสภาวะที่เหมาะสมแล้วให้พลังงานออกมาในรูปของพลังงาน ความร้อนและพลังงานแสงสว่าง ซึ่งองค์ประกอบของไฟนั้นแสดง โดยใช้รูปสามเหลี่ยมของไฟ นอกเหนือจาก องค์ประกอบดังกล่าวมาแล้วจะต้องมีปฏิกิริยาลูกโซ่ (Chain Reaction) ของการสันดาป กล่าวคือเมื่อเชื้อเพลิง ได้รับความร้อนจากการเกิดก๊าซหรือไอที่ผิวมากพอที่จะติดไฟได้และมีออกซิเจนในอากาศไม่ต่ำกว่า 16% ไฟก็จะติดขึ้น โมเลกุลของเชื้อเพลิงจะแตกตัวเป็นโมเลกุลที่มีขนาดเล็กลง ๆ จนแปรสภาพเป็นก๊าซแล้วลุกไหม้ต่อเนื่องกันไปเป็นลูกโซ่ซึ่งสามารถแสดงองค์ประกอบของการเผาไหม้เป็นก๊าซแล้วลุกไหม้ต่อเนื่องกันไปเป็นลูกโซ่ขาดตอนลง เมื่อนั้นการสันดาปก็จะหยุดลง

จากความเป็นมาและความสำคัญข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาการตรวจพิสูจน์น้ำมันเบนซินบนผ้าต่างชนิดกัน โดยใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์คือ Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้ศึกษาหมู่ฟังก์ชันของโมเลกุล โดยอาศัยหลักการเกี่ยวกับการสั่น (Vibration) ของโมเลกุลแสงอินฟราเรดช่วงกลาง ( $2.5-25\ \mu\text{m}$ ) มีความถี่ตรงกับความถี่การสั่นของพันธะโคเวเลนต์ในโมเลกุลของสารที่ให้ข้อมูลทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ โดยจะวิเคราะห์ได้ทั้งสารในรูปของแข็ง ของเหลว และก๊าซ เนื่องจากเทคนิคนี้มีความทันสมัย รวดเร็ว และลดขั้นตอนหรือสารเคมีที่ต้องใช้ เพื่อนำไปเป็นหลักฐานสำคัญที่ช่วยในการสืบสวนและใช้ในกระบวนการยุติธรรมต่อไป

## วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อตรวจพิสูจน์ความคงอยู่ของน้ำมันเบนซินบนผ้าต่างชนิดกัน โดยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)
- 2) เพื่อศึกษาระยะเวลาในการตรวจพบน้ำมันเบนซินบนผ้าต่างชนิดกัน โดยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

## กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวความคิด

## ทบทวนวรรณกรรม

1) สามเหลี่ยมไฟ ความหมายของคำว่า ไฟ (Fire) เกิดจากกระบวนการออกซิเดชันที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง ทำให้เกิดความร้อนและแสงสว่างออกมามากบ้างน้อยบ้างแตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเชื้อเพลิงซึ่งมีคุณสมบัติเฉพาะตัวทางเคมีแตกต่างกันตามสารประกอบในเชื้อเพลิง การเกิดไฟจะต้องประกอบด้วยองค์ประกอบของการเกิดไฟ องค์ประกอบหลัก 3 ประเภทได้แก่

น้ำมันเชื้อเพลิง ของเหลวที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบแล้วนำมาปรับปรุงคุณภาพให้เหมาะสมกับการใช้งาน เพื่อใช้เผาให้เป็นพลังงานในการขับเคลื่อนของเครื่องยนต์เทอร์โบ หรือใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น ต้มน้ำในหม้อไอน้ำ (Boiler) ใช้ในเตาอบเครื่องปั้นดินเผา ในโรงงานเซรามิก ใช้ในการทำความร้อน ให้แสงสว่าง เป็นต้น ซึ่งมักพบและซื้อขายกันทั่วไป (Pramote Chaiyawet, 2005)

วัสดุติดไฟ วัสดุหรือสารที่สามารถลุกติดไฟ เมื่อได้รับความร้อนหรือประกายไฟ โดยมีสถานะเป็นของเหลว ของแข็ง หรือก๊าซ

ออกซิเจน (Oxygen) ปริมาณออกซิเจนเป็นตัวสำคัญที่ควบคุมการลุกไหม้ โดยทั่วไปแล้วในบรรยากาศจะมีออกซิเจนอยู่ประมาณร้อยละ 20.85 ของออกซิเจนที่สนับสนุนการลุกไหม้ให้เป็นเปลวไฟได้ต้องมีอย่างน้อยร้อยละ 15-16 ขึ้นไปในบรรยากาศ ถ้าความเข้มข้นของออกซิเจนลดลงไปถึงร้อยละ 8 การลุกไหม้จะเป็นลักษณะของการคุ (Smoldering) คือการลุกไหม้ที่มีแต่ควัน ไม่มีเปลวไฟและถ้าความเข้มข้นของออกซิเจนต่ำกว่าร้อยละ 8 ไฟก็จะดับลง

2) ผ้าตัวอย่าง แบ่งออกเป็น 2 ชนิด หลัก ๆ คือ ผ้าที่ได้จากเส้นใยธรรมชาติ และผ้าที่ได้จากการสังเคราะห์ โดยผ้าที่ได้จากธรรมชาติได้แก่ ผ้าฝ้ายดิบ ผ้าที่ทอด้วยเส้นใย เส้นด้ายฝ้ายบริสุทธิ์แท้ 100% จากธรรมชาติที่สามารถย่อยสลายได้ไม่ผ่านการฟอกสี นำไปผ่านกระบวนการถักทอด้วยเครื่องจักรจนออกมาเป็นเนื้อผ้าดิบที่มีสีขาวครีมซึ่งเป็นสีธรรมชาติ ผ้าลินิน ผ้าที่ทำมาจากเส้นใยที่ได้มาจากลำต้นของต้นแฟลกซ์ (Flax) โดยคำว่า ลินิน มาจากภาษาละตินที่เรียกว่า Linum Usitatissimum เป็นที่รู้จักในฐานะผ้าที่แข็งแรง ทนทาน และมีน้ำหนักเบา ผ้าที่ได้จากการสังเคราะห์ได้แก่ ผ้าไนลอน ผ้าที่มีส่วนประกอบของ พอลิเอไมด์ (polyamide) แต่ชื่อที่เราจะคุ้นหูกันตามท้องตลาด ชื่อการค้า คือ ไนลอน (nylon) เป็นพลาสติกที่ได้จากการกระบวนการพอลิเมอไรเซชัน (polymerization) ของเอไมด์ (amide, R-NH<sub>2</sub>) และกรดอินทรีย์ มีการเติมสารแต่งเติม (filler & additives) ประเภทกราไฟต์และโมลิบดีนัมไดซัลไฟต์ (graphite & molybdenum disulphite) ผ้าโพลีเอสเตอร์ พลาสติกที่ถูกบีบอัดจากความร้อนให้ถูกหลอมเหลวจนรวมเป็นเส้นใยสังเคราะห์

ทดแทนเส้นใยธรรมชาติ มีจุดเด่นเป็นมวลเนื้อผ้ามีความเหนียวแน่น มันวาว คงทนต่อสภาพอากาศ โดยคงรูปเหมือนเดิม และผ้าไหมอิตาลี ผ้าที่ผลิตขึ้นมาจากเส้นใย โพลีเอสเตอร์ (Polyester) นำมาผ่านกระบวนการทอ ด้วยเครื่องจักรจนได้ลักษณะพิเศษเฉพาะตัว ถูกตั้งชื่อเรียกทางการตลาดว่า ผ้าไหมอิตาลี (Silk Italy) โดยบางครั้งอาจสร้างความสับสนต่อผู้ซื้อว่าเป็นเส้นใยธรรมชาติ แต่แท้จริงแล้ว เป็นผ้าโพลีเอสเตอร์ ที่มีผิวสัมผัสคล้ายผ้าไหมใยธรรมชาติเท่านั้น ถึงผ้าไหมอิตาลี จะผลิตขึ้นมาจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์ แต่ยังสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติจึงเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและมีราคาถูกมาก

**3) เครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy** คือ เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์วัสดุที่เป็นสารอินทรีย์หรืออนินทรีย์ เพื่อตรวจวิเคราะห์หาโครงสร้างและองค์ประกอบของโมเลกุลรวมกับเทคนิคอื่น ๆ โดยอาศัยหลักการของการดูดกลืนคลื่นรังสีช่วงกลางอินฟราเรด (Middle infrared region) ประมาณ  $400 - 4000 \text{ cm}^{-1}$  เมื่อโมเลกุลได้รับพลังงานจากคลื่นรังสีอินฟราเรดที่มีความถี่ตรงกับความถี่ของการสั่น (Stretching) หรือการหมุน (Bending) ของพันธะโควาเลนซ์ในโมเลกุล จะทำให้โมเลกุลดังกล่าวเกิดการดูดกลืนแสงและมีการเปลี่ยนแปลงค่าโมเมนต์ขั้วคู่ (Dipole moment) ของโมเลกุล จากนั้นเครื่องมือจะวัดค่าความเข้มแสงต่อความถี่หรือความยาวคลื่น (Wave number) ได้ผลเป็นสเปกตรัม ซึ่งในแต่ละพันธะของหมู่ฟังก์ชันจะแสดงค่าความยาวคลื่นเฉพาะต่างกัน

#### 4) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Carlos Martín-Alberca (2017) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของของเหลวที่ติดไฟได้หลายชนิดที่อาจใช้ในการวางเพลิง (Acid alteration of several ignitable liquids of potential use in arsons) ของเหลวที่ติดไฟได้ เช่น เชื้อเพลิง แอลกอฮอล์ และทินเนอร์ สามารถใช้ในการก่ออาชญากรรมได้ เช่น การวางเพลิง ผู้เชี่ยวชาญด้านนิติวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องทราบองค์ประกอบทางเคมี รวมทั้งเข้าใจผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ เพื่อให้สามารถตรวจจับ จำแนก และระบุได้อย่างถูกต้อง พบว่าการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีที่มากที่สุด คือ น้ำมันเบนซินและดีเซล ซึ่งส่งผลต่อการวิเคราะห์ทางนิติวิทยาศาสตร์อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ได้มีการศึกษาการเปลี่ยนแปลง โดยสารเร่งไฟชนิดอื่น ๆ ที่อาจใช้ในการวางเพลิงอย่างละเอียด โดยได้มีการเก็บข้อมูลสเปกตรัมด้วยเทคนิค ATR-FTIR และ GC-MS โดยพบผลพลอยได้ใหม่ที่เกิดขึ้นและการหายไปของสารประกอบเริ่มต้น เช่น การไฮโดรไลซิส การเอสเทอริฟิเคชันของฟิเชอร์ และปฏิกิริยาอัลคิเลชันที่มีส่วนร่วมในการเปลี่ยนแปลงของเอสเทอร์ แอลกอฮอล์ คีโตน และสารประกอบอะโรมาติกของเหลวที่ติดไฟ ข้อมูลนี้อาจมีความสำคัญอย่างยิ่งในการระบุสารเร่งไฟเหล่านี้ได้อย่างถูกต้อง

Thananya Soonkum (2014) ศึกษาการตรวจพิสูจน์น้ำมันเบนซินบนฝ่ามือและผ้าของผู้วางเพลิง โดยเทคนิค Gas Chromatography-Flame Ionization Detector (GC-FID) การวางเพลิงเป็นอาชญากรรมที่ร้ายแรงชนิดหนึ่งที่ก่อให้เกิดความเสียหายทั้งชีวิตและทรัพย์สิน เพลิงไหม้ยังเป็นสาเหตุของความเสียหายมากมาย รวมถึงการค้นหาลักษณะทางกายภาพเพื่อเชื่อมโยงไปหาตัวผู้กระทำความผิดกระทำได้อย่างถูกต้องวัตถุประสงค์ของการทำวิจัยนี้เพื่อการตรวจพิสูจน์น้ำมันเบนซินบนฝ่ามือและผ้าผู้วางเพลิงด้วยเทคนิค Gas Chromatography-Flame Ionization Detector ในการทดลองหยดน้ำมันเบนซินปริมาตร  $50 \mu\text{l}$  ลงบนฝ่ามือและผ้า ภายหลังการหยดน้ำมันเบนซินลงบนฝ่ามือและผ้าผู้ร่วมวิจัยใช้ชีวิตประจำวันตามปกติแล้วจากนั้นใช้

ถุษาที่บรรจุ Activated carbon มาเก็บตัวอย่างของน้ำมันเบนซินบนผ้ามือและผ้าในช่วงเวลาดังนี้ เก็บตัวอย่างทันที 1 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมงและ 12 ชั่วโมง นำมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-FID จากการทดลองได้โครมาโตแกรมที่สามารถระบุได้ว่าเป็นน้ำมันเบนซินได้แก่ Benzene, Toluene, O-xylene และ Ethyltoluene สำหรับตัวอย่างที่เก็บจากผ้ามือและผ้ายังตรวจพบน้ำมันเบนซิน โดยตรวจพบน้ำมันเบนซินบนผ้ามือมีระยะเวลานานกว่า 12 ชั่วโมง (1.60 ppm, 3.48%) แต่ผ้าเส้นสุดที่ 3 ชั่วโมง (2.04 ppm, 4.07%) และแม้ว่าผ้ามือจะผ่านการล้างทำความสะอาดจากน้ำยาล้างจานก็ยังสามารถตรวจพบได้นานกว่า 12 ชั่วโมง (1.60 ppm, 3.48%) จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการตรวจหาน้ำมันเบนซินในสถานที่เกิดเหตุ และเป็นประโยชน์ในกระบวนการการสืบสวนสอบสวนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยทำการตรวจพิสูจน์ความคงอยู่ของน้ำมันเบนซินบนผ้าต่างชนิดกันโดยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) ใช้ น้ำมันเบนซินปริมาตร 50  $\mu$ l โดยใช้ Micropipette หยดลงผ้าตัวอย่าง 6 ชนิดได้แก่ ผ้าฝ้ายดิบ (Raw cotton), ผ้าไหมอิตาลี (Silk), ผ้าลินิน (Linen), ผ้าไนลอน (Nylon), ผ้าโพลีเอสเตอร์ (polyester) และ ผ้าเรยอน (Rayon) ขนาดสี่เหลี่ยมผืนผ้ากว้าง 3.5 ซม.ยาว 5.0 ซม. ทั้งไว้ที่เวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างผ้าทั้ง 6 ชนิดพับ 2 ทบทับกัน ก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) ซึ่งการวิจัยนี้ได้ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

### 1) การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากผลการทดลอง โดยงานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงทดลองจากการเก็บตัวอย่างผ้า เพื่อการตรวจพิสูจน์น้ำมันเบนซินบนผ้าต่างชนิดกันโดยเทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโกปีทดสอบที่ 0, 1, 3, 6 ชั่วโมง การเก็บตัวอย่างผ้าเพื่อพิสูจน์น้ำมันเบนซินบนผ้าต่างชนิดกัน โดยวิธีการเก็บดังนี้

- 1.1 ผ้าตัวอย่างต่างชนิดกัน 6 ชนิด นำมาตัดเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า กว้าง 3.5 ซม.ยาว 5 ซม.
- 1.2 นำผ้าตัวอย่างทั้ง 6 ชนิดมาหยดน้ำมันเบนซินที่ปริมาตร 50  $\mu$ l โดยใช้ Micropipette
- 1.3 นำผ้าตัวอย่างที่หยดน้ำมันเบนซินแล้วทั้งไว้ที่เวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง เข้าเครื่องวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) ทำการทดลองซ้ำจำนวน 3 ซ้ำ
- 1.4 นำผ้าตัวอย่างต่างชนิดกันทั้ง 6 ชนิด ไม่หยดน้ำมันเบนซินมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) เพื่อใช้เป็น Negative control ในสภาวะทดลองดังข้อ 1.1-1.3

### 2) เครื่องมือและสถานที่ในการวิจัย

เครื่องมือในการศึกษานี้ คือ Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) รุ่น Shimadzu IRSpirit ยี่ห้อ Shimadzu ส่วนสถานที่ในการศึกษานี้ คือ ห้องปฏิบัติการ โรงเรียนนายร้อยตำรวจสามพราน ม.7 ต.สามพราน อ.สามพราน จ.นครปฐม 73110



3) การวิเคราะห์ข้อมูล ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ โดยใช้เทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโกปี โดยมีรายละเอียดการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

3.1 ข้อมูลสเปกตรัมจากกราฟการตรวจพิสูจน์คราบน้ำมันเบนซินบนผ้าต่างชนิดกัน ไปหาค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)

3.2 การวิเคราะห์สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistic) เป็นการนำผลข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อใช้ในการอ้างอิงการรับรู้ของประชากร โดยการใช้เครื่องมือในการวัดที่ทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ (Hypothesis Testing) ในการยืนยันในสิ่งที่ทางผู้วิจัยตั้งข้อสมมติฐานขึ้นมาว่าถูกต้องหรือไม่ ซึ่งมีการใช้เครื่องมือ ได้แก่

3.2.1) สถิติ Independent t-test ทดสอบความแตกต่าง 2 กลุ่ม (Chusri Wongrattana, 2001:178) สำหรับสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ จะใช้การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 2 กลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน (Independence Sample t-test) และการทดสอบสมมติฐานที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยจะทำการตรวจสอบค่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มก่อน โดยใช้ Levene's test หากค่าแปรปรวนของข้อมูลเท่ากันทุกกลุ่มให้ทดสอบค่า t ด้วย Equal variances assumed และถ้าค่าแปรปรวนของข้อมูล ไม่เท่ากันทุกกลุ่มให้ทดสอบค่า t ด้วย Equal variance not assumed

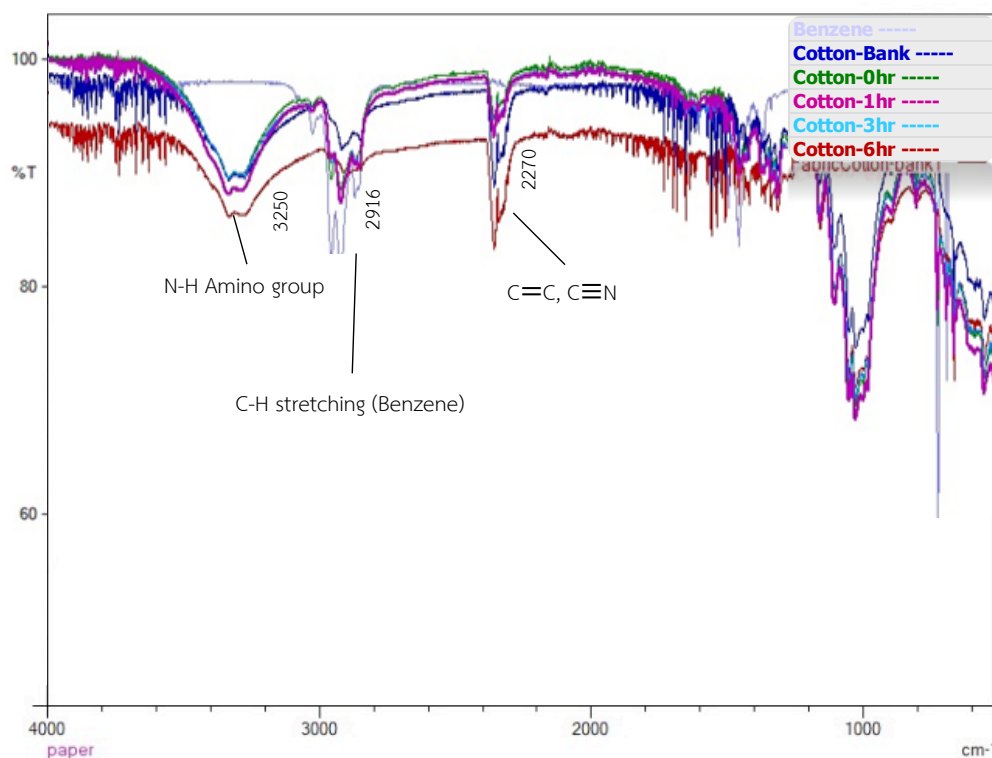
3.2.2) สถิติวิเคราะห์ค่าเอฟ F-test เพื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไป โดยใช้วิธีทดสอบค่า t-test และการเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่มากกว่า 2 กลุ่ม ใช้ F-test โดยวิเคราะห์ตัวแปรทางเดียว (One-Way ANOVA) กรณีที่ความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มไม่เท่ากัน กรณีพบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยรายคู่ด้วยวิธีการหาตัวแปรประชากรทั้ง 2 กลุ่มแตกต่างกัน จึงทำการทดสอบค่าเฉลี่ยรายคู่ Fisher's Least Significant Difference และกรณีที่ความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มไม่เท่ากันใช้ค่า Brown-Forsythe ( $\beta$ ) ในการวิเคราะห์ กรณีที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการทดสอบเป็นรายคู่ เพื่อดูว่ามีคู่ใดที่แตกต่างกันโดยวิธี Dunnett's Test

3.3.3) สถิตีสหสัมพันธ์อย่างง่ายของเพียร์สัน (Pearson product moment correlation coefficient) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ จะมีค่าระหว่าง  $-1 < r < 1$

## ผลการวิจัย

การตรวจพิสูจน์น้ำมันเบนซินบนผ้าต่างชนิดกันโดยเทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโกปีของผ้าตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ 6 ชนิด คือ ผ้าฝ้ายดิบ ผ้าไหม ผ้าลินิน ผ้าไนลอน ผ้าโพลีเอสเตอร์ และผ้าเรยอน โดยจะทำการทดสอบผ้าตัวอย่างหลังจากที่หยदन้ำมันเบนซินไปแล้วทันที, หลังจากหยदन้ำมันเบนซินไปแล้ว 1 ชั่วโมง, หลังจากหยदन้ำมันเบนซินไปแล้ว 3 ชั่วโมง, หลังจากหยदन้ำมันเบนซินไปแล้ว 6 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อตรวจพิสูจน์ความคงอยู่ของน้ำมันเบนซินบนผ้าต่างชนิดกันโดยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy หรือ FTIR 2) เพื่อศึกษาระยะเวลาในการตรวจพบน้ำมันเบนซินบนผ้าต่างชนิดกันโดยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy หรือ FTIR อาศัยการตั้งค่าสภาวะในการวิเคราะห์สารตัวอย่าง โดยเลือกใช้เลขคลื่น (wavenumber)  $400-4000\text{ cm}^{-1}$  เป็นรังสี

แม่เหล็กไฟฟ้าชนิดรังสีอินฟราเรดช่วงกลาง  $200\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$  ซึ่งเครื่องมือที่ใช้สามารถวิเคราะห์ได้ต่ำกว่า  $600\text{ cm}^{-1}$  แต่เนื่องจากช่วงที่ต่ำกว่า  $600\text{ cm}^{-1}$  ลงไปผลของสเปกตรัมที่ได้จะเกิดการรบกวน (Noise) ผลลัพธ์ของเทคนิค Microscope-FTIR เป็นข้อมูลสเปกตรัมของคราบน้ำมันที่วิเคราะห์ได้ มีผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงอนุมานเพื่อทดสอบสมมติฐาน ได้แก่ สถิติ Independent t-test, สถิติวิเคราะห์ค่าเอฟ F-test โดยวิเคราะห์ตัวแปรทางเดียว (One-Way ANOVA)



ภาพที่ 1 สเปกตรัมของผ้าฝ้ายดิบหลังจากการหยदन้ำมันเบนซินที่เวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง

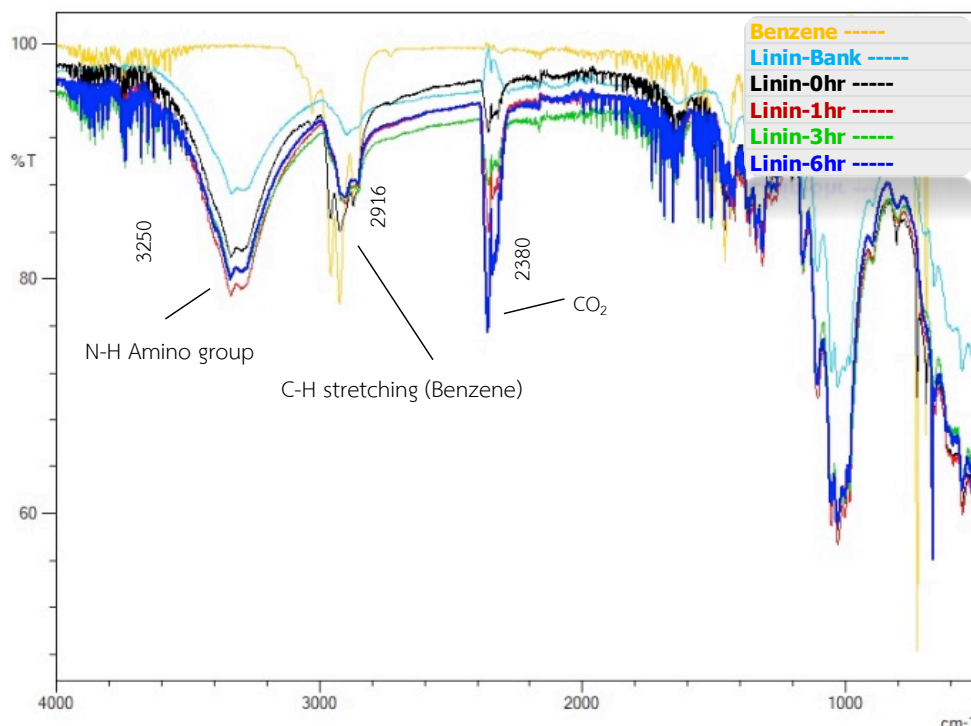
จากภาพที่ 1 เมื่อนำพิคสเปกตรัมผ้าฝ้ายดิบก่อนการหยदन้ำมันเบนซินเทียบกับผ้าฝ้ายดิบหลังจากการหยदन้ำมันเบนซินที่เวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าสเปกตรัมมีความแตกต่างกันเมื่อระยะเวลาผ่านไป และพิคที่มีการเปลี่ยนแปลงจากผ้าฝ้ายดิบหลังการหยदन้ำมันเบนซิน คือ พิคเลขคลื่น  $2100\text{--}2500\text{ cm}^{-1}$ ,  $2916\text{ cm}^{-1}$  และ  $3000\text{--}3740\text{ cm}^{-1}$  ซึ่งพิคเหล่านี้เป็นพิคของผ้าฝ้ายดิบหลังจากการหยदन้ำมันเบนซินที่เวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง จะเห็นได้จากพิค  $2916\text{ cm}^{-1}$  พิคที่พบในน้ำมันเบนซินเท่านั้นเมื่อเวลาผ่านไปการคงอยู่ของน้ำมันเบนซินจะยังลดน้อยลงไปด้วย ตามลำดับ

นำพิคสเปกตรัมผ้าฝ้ายดิบก่อนการหยदन้ำมันเบนซินที่เวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง มาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติ t-test ของ %T ที่ wavenumber 2270, 2916 และ 3250 พบว่าค่าสถิติ t-test มีค่า Sig. 0.04, 0.01 และ 0.03 มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 จึงสรุปได้ว่าผ้าตัวอย่างก่อนหยदन้ำมันเบนซินและผ้าตัวอย่างหลังหยदन้ำมันเบนซินเมื่อเวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง มีค่าสถิติ t-test ของ %T ที่ wavenumber 2270, 2916 และ 3250 แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

วิเคราะห์ด้วยค่าสถิติ F-test ของ %T ที่ wavenumber 2270, 2916 และ 3250 พบว่าค่าสถิติ F-test มีค่า Sig. 0.04, 0.01 และ 0.03 มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 จึงสรุปได้ว่าผ้าตัวอย่างก่อน



หยदन้ำมันเบนซินและผ้าตัวอย่างหลังหยदन้ำมันเบนซินเมื่อเวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง มีค่าสถิติ F-test ของ %T ที่ wavenumber 2270, 2916 และ 3250 แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

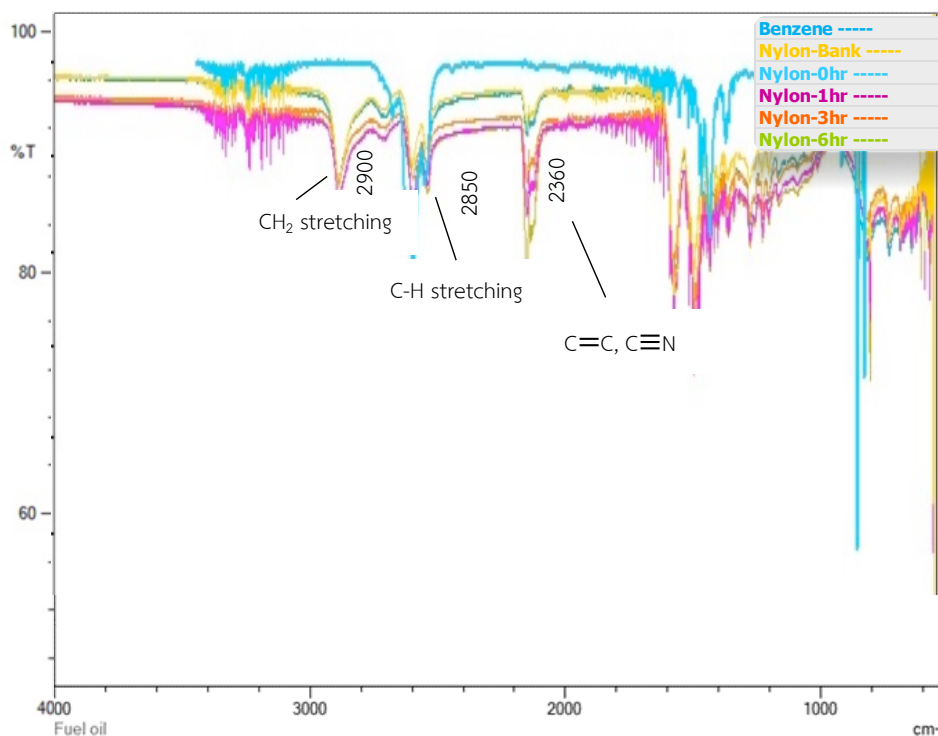


ภาพที่ 2 สเปกตรัมของผ้าลินินหลังจากการหยदन้ำมันเบนซินที่เวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง

จากภาพที่ 2 เมื่อนำพิกสเปกตรัมผ้าลินินก่อนการหยदन้ำมันเบนซินเทียบกับผ้าลินินหลังจากการหยदन้ำมันเบนซินที่เวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าสเปกตรัมมีความแตกต่างกันเมื่อระยะเวลาผ่านไป และพิกที่มีการเปลี่ยนแปลงจากผ้าลินินหลังการหยदन้ำมันเบนซินคือ พิกเลขคลื่น 2100-2500 cm<sup>-1</sup>, 2916 cm<sup>-1</sup> และ 3000-3740 cm<sup>-1</sup> ซึ่งพิกเหล่านี้เป็นพิกของผ้าลินินหลังจากการหยदन้ำมันเบนซินที่เวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง จะเห็นได้จากพิก 2916 cm<sup>-1</sup> พิกที่พบในน้ำมันเบนซินเท่านั้นเมื่อเวลาผ่านไปการคงอยู่ของน้ำมันเบนซินจะยิ่งลดน้อยลงไปด้วยตามลำดับ

นำพิกสเปกตรัมผ้าลินินก่อนการหยदन้ำมันเบนซินที่เวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง มาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติ t-test ของ %T ที่ wavenumber 2380, 2916 และ 3250 พบว่าค่าสถิติ t-test มีค่า Sig. 0.02, 0.04 และ 0.00 มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 จึงสรุปได้ว่าผ้าตัวอย่างก่อนหยदन้ำมันเบนซินและผ้าตัวอย่างหลังหยदन้ำมันเบนซินเมื่อเวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง มีค่าสถิติ t-test ของ %T ที่ wavenumber 2380, 2916 และ 3250 แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

วิเคราะห์ด้วยค่าสถิติ F-test ของ %T ที่ wavenumber 2380, 2916 และ 3250 พบว่าค่าสถิติ F-test มีค่า Sig. 0.00, 0.00 และ 0.00 มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 จึงสรุปได้ว่าผ้าตัวอย่างก่อนหยदन้ำมันเบนซินและผ้าตัวอย่างหลังหยदन้ำมันเบนซินเมื่อเวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง มีค่าสถิติ F-test ของ %T ที่ wavenumber 2380, 2916 และ 3250 แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

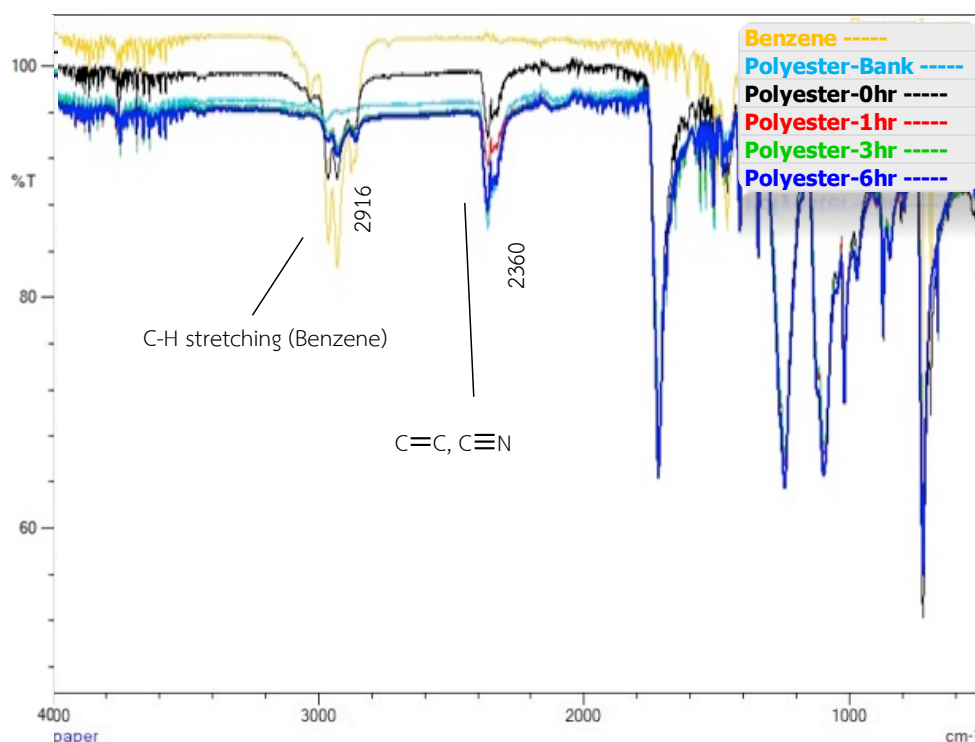


ภาพที่ 3 สเปกตรัมของผ้าไนลอนหลังจากการหยดน้ำมันเบนซินที่เวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง

จากภาพที่ 3 เมื่อนำพิกสเปกตรัมผ้าไนลอนก่อนการหยดน้ำมันเบนซินเทียบกับผ้าไนลอนหลังจากการหยดน้ำมันเบนซินที่เวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าสเปกตรัมมีความแตกต่างกันเมื่อระยะเวลาผ่านไป และพิกที่มีการเปลี่ยนแปลงจากผ้าไนลอนหลังการหยดน้ำมันเบนซิน คือ พิกเลขคลื่น 2100-2500  $\text{cm}^{-1}$  และ 2850-2950  $\text{cm}^{-1}$  ซึ่งพิกเหล่านี้เป็นพิกของผ้าไนลอนหลังจากการหยดน้ำมันเบนซินที่เวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง จะเห็นได้จากพิก 2850  $\text{cm}^{-1}$  พิกที่พบในน้ำมันเบนซินเท่านั้นเมื่อเวลาผ่านไปการคงอยู่ของน้ำมันเบนซินจะยิ่งลดน้อยลงไปด้วย ตามลำดับ

นำพิกสเปกตรัมผ้าไนลอนก่อนการหยดน้ำมันเบนซินที่เวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง มาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติ t-test ของ %T ที่ wavenumber 2360, 2850 และ 2900 พบว่าค่าสถิติ t-test มีค่า Sig. 0.01, 0.00 และ 0.00 มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 จึงสรุปได้ว่าผ้าตัวอย่างก่อนหยดน้ำมันเบนซินและผ้าตัวอย่างหลังหยดน้ำมันเบนซินเมื่อเวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง มีค่าสถิติ t-test ของ %T ที่ wavenumber 2360, 2850 และ 2900 แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

วิเคราะห์ด้วยค่าสถิติ F-test ของ %T ที่ wavenumber 2360, 2850 และ 2900 พบว่าค่าสถิติ F-test มีค่า Sig. 0.00, 0.00 และ 0.00 มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 จึงสรุปได้ว่าผ้าตัวอย่างก่อนหยดน้ำมันเบนซินและผ้าตัวอย่างหลังหยดน้ำมันเบนซินเมื่อเวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง มีค่าสถิติ F-test ของ %T ที่ wavenumber 2360, 2850 และ 2900 แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



ภาพที่ 4 สเปกตรัมของผ้าโพลีเอสเตอร์หลังการหยदन้ำมันเบนซินที่เวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง

จากภาพที่ 4 เมื่อนำพิคสเปกตรัมผ้าโพลีเอสเตอร์ก่อนการหยदन้ำมันเบนซินเทียบกับผ้าโพลีเอสเตอร์หลังการหยदन้ำมันเบนซินที่เวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าสเปกตรัมมีความแตกต่างกันเมื่อระยะเวลาผ่านไป และพิคที่มีการเปลี่ยนแปลงจากผ้าโพลีเอสเตอร์หลังการหยदन้ำมันเบนซินคือ พิคเลขคลื่น  $2100-2500\text{ cm}^{-1}$  และ  $2916\text{ cm}^{-1}$  ซึ่งพิคเหล่านี้เป็นพิคของผ้าโพลีเอสเตอร์หลังการหยदन้ำมันเบนซินที่เวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง จะเห็นได้จากพิค  $2916\text{ cm}^{-1}$  พิคที่พบในน้ำมันเบนซินเท่านั้นเมื่อเวลาผ่านไปการคงอยู่ของน้ำมันเบนซินจะยังลดน้อยลงไปด้วย ตามลำดับ

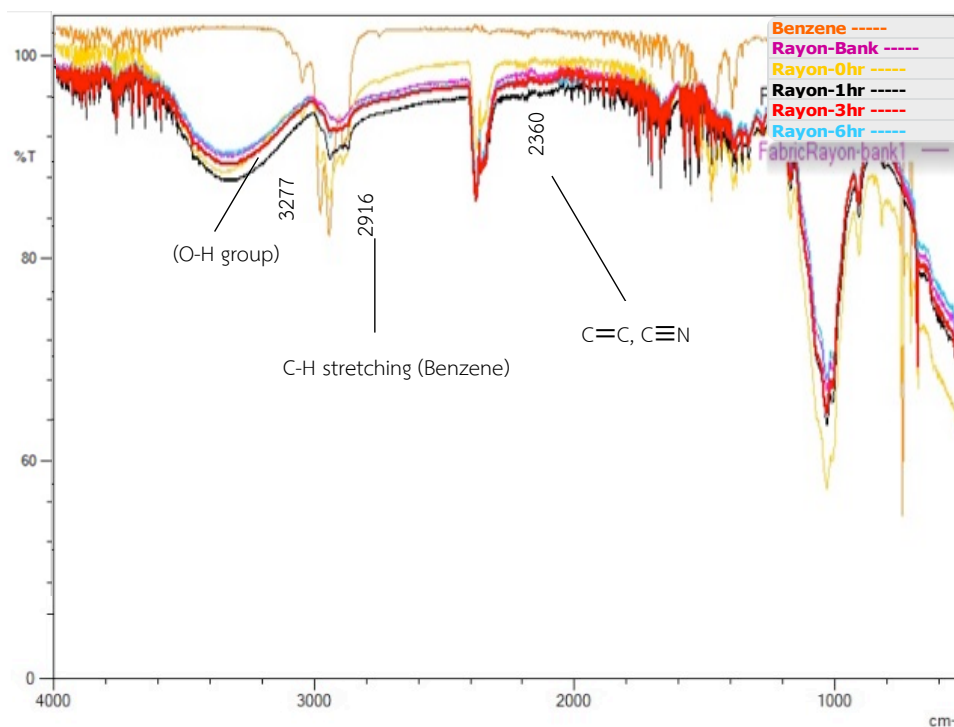
นำพิคสเปกตรัมผ้าโพลีเอสเตอร์ก่อนการหยदन้ำมันเบนซินที่เวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง มาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติ t-test ของ %T ที่ wavenumber 2360 พบว่าค่าสถิติ t-test มีค่า Sig. 0.28 มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 จึงสรุปได้ว่าผ้าตัวอย่างก่อนหยदन้ำมันเบนซินและผ้าตัวอย่างหลังหยदन้ำมันเบนซินเมื่อเวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง มีค่าสถิติ t-test ของ %T ที่ wavenumber 2360 ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

วิเคราะห์ด้วยค่าสถิติ t-test ของ %T ที่ wavenumber 2916 พบว่าค่าสถิติ t-test มีค่า Sig. 0.00 มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 จึงสรุปได้ว่าผ้าตัวอย่างก่อนหยदन้ำมันเบนซินและผ้าตัวอย่างหลังหยदन้ำมันเบนซินเมื่อเวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง มีค่าสถิติ t-test ของ %T ที่ wavenumber 2916 แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

วิเคราะห์ด้วยค่าสถิติ F-test ของ %T ที่ wavenumber 2360 พบว่าค่าสถิติ F-test มีค่า Sig. 0.23 มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 จึงสรุปได้ว่าผ้าตัวอย่างก่อนหยदन้ำมันเบนซินและผ้าตัวอย่างหลัง

หยदन้ำมันเบนซินเมื่อเวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง มีค่าสถิติ F-test ของ %T ที่ wavenumber 2360 ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

วิเคราะห์ด้วยค่าสถิติ F-test ของ %T ที่ wavenumber 2916 พบว่าค่าสถิติ F-test มีค่า Sig. 0.00 มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 จึงสรุปได้ว่าผ้าตัวอย่างก่อนหยदन้ำมันเบนซินและผ้าตัวอย่างหลังหยदन้ำมันเบนซินเมื่อเวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง มีค่าสถิติ F-test ของ %T ที่ wavenumber 2916 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

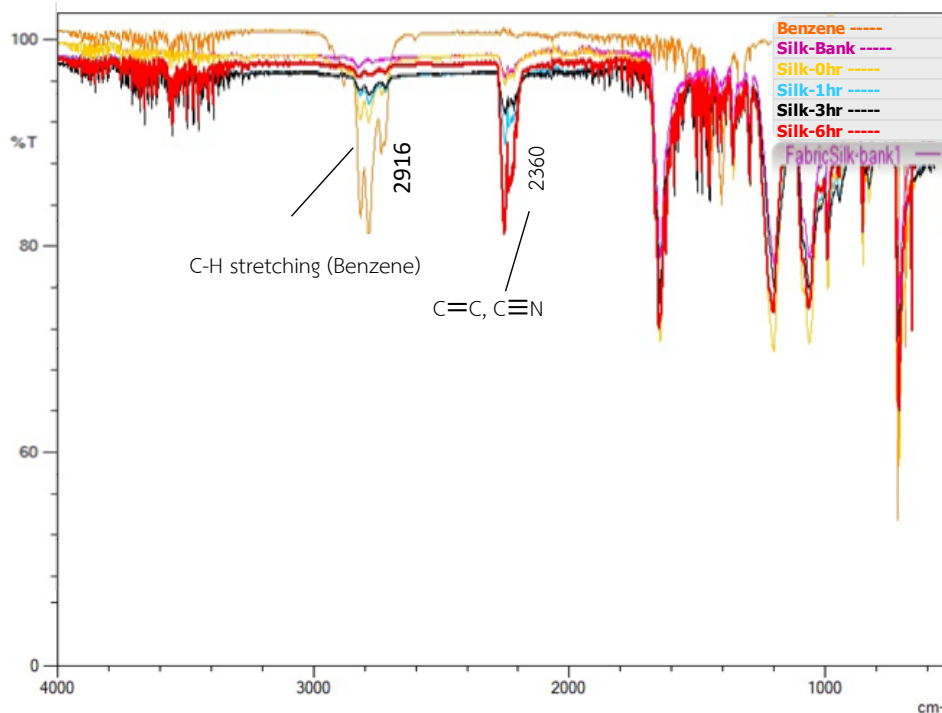


ภาพที่ 5 สเปกตรัมของผ้าเรยอนหลังจากการหยदन้ำมันเบนซินที่เวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง

จากภาพที่ 5 เมื่อนำพิศสเปกตรัมผ้าเรยอนก่อนการหยदन้ำมันเบนซินเทียบกับผ้าเรยอนหลังจากการหยदन้ำมันเบนซินที่เวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าสเปกตรัมมีความแตกต่างกันเมื่อระยะเวลาผ่านไปและพีคที่มีการเปลี่ยนแปลงจากผ้าเรยอนหลังการหยदन้ำมันเบนซินคือ พีคเลขคลื่น 2100-2500 cm<sup>-1</sup>, 2916 cm<sup>-1</sup> และ 3000-3740 cm<sup>-1</sup> ซึ่งพีคเหล่านี้เป็นพีคของผ้าเรยอนหลังจากการหยदन้ำมันเบนซินที่เวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง จะเห็นได้จากพีค 2916 cm<sup>-1</sup> พีคที่พบในน้ำมันเบนซินเท่านั้นเมื่อเวลาผ่านไปการคงอยู่ของน้ำมันเบนซินจะยิ่งลดน้อยลงไปด้วย ตามลำดับ

นำพิศสเปกตรัมผ้าเรยอนก่อนการหยदन้ำมันเบนซินที่เวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง มาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติ t-test ของ %T ที่ wavenumber 2360, 2916 และ 3277 พบว่าค่าสถิติ t-test มีค่า Sig. 0.00, 0.00 และ 0.00 มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 จึงสรุปได้ว่าผ้าตัวอย่างก่อนหยदन้ำมันเบนซินและผ้าตัวอย่างหลังหยदन้ำมันเบนซินเมื่อเวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง มีค่าสถิติ t-test ของ %T ที่ wavenumber 2360, 2916 และ 3277 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

วิเคราะห์ด้วยค่าสถิติ F-test ของ %T ที่ wavenumber 2360, 2916 และ 3277 พบว่าค่าสถิติ F-test มีค่า Sig. 0.01, 0.00 และ 0.00 มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 จึงสรุปได้ว่าผ้าตัวอย่างก่อนหยดน้ำมันเบนซินและผ้าตัวอย่างหลังหยดน้ำมันเบนซินเมื่อเวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง มีค่าสถิติ F-test ของ %T ที่ wavenumber 2360, 2916 และ 3277 แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



ภาพที่ 6 สเปกตรัมของผ้าไหมอิตาลีหลังการหยดน้ำมันเบนซินที่เวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง

จากภาพที่ 6 เมื่อนำพิคสเปกตรัมผ้าไหมอิตาลีก่อนการหยดน้ำมันเบนซินเทียบกับผ้าไหมอิตาลีหลังการหยดน้ำมันเบนซินที่เวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าสเปกตรัมมีความแตกต่างกันเมื่อระยะเวลาผ่านไปและพิคที่มีการเปลี่ยนแปลงจากผ้าไหมอิตาลีหลังการหยดน้ำมันเบนซินคือ พิคเลขคลื่น 2100-2500  $\text{cm}^{-1}$  และ 2916  $\text{cm}^{-1}$  ซึ่งพิคเหล่านี้เป็นพิคของผ้าไหมอิตาลีหลังการหยดน้ำมันเบนซินที่เวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง จะเห็นได้จากพิค 2916  $\text{cm}^{-1}$  พิคที่พบในน้ำมันเบนซินเท่านั้นเมื่อเวลาผ่านไป การคงอยู่ของน้ำมันเบนซินจะยังลดน้อยลงไปด้วย ตามลำดับ

นำพิคสเปกตรัมผ้าไหมอิตาลีก่อนการหยดน้ำมันเบนซินที่เวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง มาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติ t-test ของ %T ที่ wavenumber 2360 พบว่าค่าสถิติ t-test มีค่า Sig. 0.88 มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 จึงสรุปได้ว่าผ้าตัวอย่างก่อนหยดน้ำมันเบนซินและผ้าตัวอย่างหลังหยดน้ำมันเบนซินเมื่อเวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง มีค่าสถิติ t-test ของ %T ที่ wavenumber 2360 ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

วิเคราะห์ด้วยค่าสถิติ t-test ของ %T ที่ wavenumber 2916 พบว่าค่าสถิติ t-test มีค่า Sig. 0.27 มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 จึงสรุปได้ว่าผ้าตัวอย่างก่อนหยดน้ำมันเบนซินและผ้าตัวอย่างหลัง

หยदन้ำมันเบนซินเมื่อเวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง มีค่าสถิติ t-test ของ %T ที่ wavenumber 2916 ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

วิเคราะห์ด้วยค่าสถิติ F-test ของ %T ที่ wavenumber 2360 พบว่าค่าสถิติ F-test มีค่า Sig. 0.88 มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 จึงสรุปได้ว่าผ้าตัวอย่างก่อนหยदन้ำมันเบนซินและผ้าตัวอย่างหลังหยदन้ำมันเบนซินเมื่อเวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง มีค่าสถิติ F-test ของ %T ที่ wavenumber 2360 ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

วิเคราะห์ด้วยค่าสถิติ F-test ของ %T ที่ wavenumber 2916 พบว่าค่าสถิติ F-test มีค่า Sig. 0.27 มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 จึงสรุปได้ว่าผ้าตัวอย่างก่อนหยदन้ำมันเบนซินและผ้าตัวอย่างหลังหยदन้ำมันเบนซินเมื่อเวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง มีค่าสถิติ F-test ของ %T ที่ wavenumber 2916 ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

## อภิปรายผล

การศึกษาวิจัยในเรื่องการตรวจพิสูจน์คราบน้ำมันเบนซินบนผ้าต่างชนิดกัน ด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี (FTIR) มีประเด็นอภิปรายผลดังนี้

### 1) การตรวจพิสูจน์ความคงอยู่ของน้ำมันเบนซินบนผ้าต่างชนิดกันโดยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

การตรวจพิสูจน์ความคงอยู่ของน้ำมันเบนซินบนผ้าต่างชนิดกันโดยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่าการคงอยู่ของน้ำมันเบนซินบนผ้าต่างชนิดมีความแตกต่างกัน เนื่องจากน้ำมันเบนซินเป็นของเหลวที่สามารถระเหยได้ง่าย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Alberca et al. (2017) ศึกษาเรื่องการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของเหลวที่ติดไฟได้หลายชนิดที่อาจใช้ในการวางเพลิง โดยใช้เทคนิค ATR-FTIR และ GC-MS ผลการวิจัยพบว่าของเหลวที่ติดไฟได้ง่ายและส่งผลต่อหลายกลไกทางเคมีที่เหมาะสมในการใช้ในการวางเพลิงได้ คือ น้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซล

### 2) ระยะเวลาในการตรวจพบน้ำมันเบนซินบนผ้าต่างชนิดกันโดยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

การตรวจพิสูจน์ความคงอยู่ของน้ำมันเบนซินบนผ้าต่างชนิดกันโดยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) ของผ้าตัวอย่างจำแนกเป็นผ้าที่ได้จากเส้นใยธรรมชาติ และผ้าที่ได้จากเส้นใยสังเคราะห์โดยแบ่งเป็น 6 ชนิดคือ ผ้าฝ้ายดิบ ผ้าไหม ผ้าลินิน ผ้าไนลอน ผ้าโพลีเอสเตอร์ และผ้า เรยอน โดยจะทำการทดสอบผ้าตัวอย่างหลังจากที่หยदन้ำมันเบนซินไปแล้วทันที, หลังจากที่ยदन้ำมันเบนซินไปแล้ว 1 ชั่วโมง, หลังจากที่ยदन้ำมันเบนซินไปแล้ว 3 ชั่วโมง, หลังจากที่ยदन้ำมันเบนซินไปแล้ว 6 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่าการคงอยู่ของน้ำมันเบนซินบนผ้าต่างชนิดในเวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมงมีความแตกต่างกัน เนื่องจากประสิทธิภาพในการดูดซับยึดเกาะและรุกรานของผ้าตัวอย่าง ทำให้ความคงอยู่ของน้ำมันเบนซินบนผ้าชนิดต่าง ๆ แตกต่างกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Thananya Soonkum (2014) ศึกษาเรื่องการตรวจพิสูจน์น้ำมันเบนซินบนฝ่ามือและเสื้อผ้าของผู้วางเพลิงโดยเทคนิค Gas Chromatography-Flame



Ionization Detector (GC-FID) ผลการวิจัยพบว่าการตรวจพบน้ำมันเบนซินบนฝ่ามือจะยาวนานกว่าบนเสื้อยืด Cotton ขนาด 2x4 cm. หลังการสัมผัสน้ำมันเบนซินเป็นเวลา 0, 1, 3, 6 และ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยพบน้ำมันเบนซินที่มากที่สุดคือช่วง 1 ชั่วโมงทั้งบนฝ่ามือและเสื้อผ้า หลังจากนั้นจะลดระดับอย่างรวดเร็ว โดยเสื้อยืด cotton จะลดระดับลงจนกระทั่งเมื่อผ่านไปมากกว่า 6 ชั่วโมงจะไม่สามารถตรวจพบพิกที่ระบุว่าเป็นน้ำมันเบนซินได้อีก แต่บนฝ่ามือจะลดระดับลงจนเมื่อผ่านไปมากกว่า 3 ชั่วโมง เป็นต้นไปจะมีระดับการตรวจพบที่คงที่ อยู่ในช่วง 2.52-1.60 ppm

## สรุปผล

งานวิจัยนี้เป็นการตรวจพิสูจน์คราบน้ำมันเบนซินบนผ้าต่างชนิดกัน โดยเทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโกปี ทั้งนี้เพื่อพิสูจน์ว่าน้ำมันเบนซินบนผ้าชนิดไหนสามารถยึดเกาะดูดซับได้ดีเมื่อเวลาผ่านไป ได้นำตัวอย่างผ้าทั้ง 6 ชนิด โดยชนิดที่ 1 คือ ผ้าฝ้ายดิบ ชนิดที่ 2 ผ้าลินิน ชนิดที่ 3 ผ้าไนลอน ชนิดที่ 4 ผ้าโพลีเอสเตอร์ ชนิดที่ 5 ผ้าเรยอน ชนิดที่ 6 ผ้าไหมอิตาลี ซึ่งแตกต่างกันคือเส้นใยที่ได้จากธรรมชาติ และเส้นใยที่ได้จากการสังเคราะห์ ผู้วิจัยทำการทดลองโดยใช้ไมโครปิเปตหยดน้ำมันเบนซินขนาด 50  $\mu$ l ลงในตัวอย่างผ้าชนิดต่าง ๆ จากนั้นนำตัวอย่างผ้าทั้ง 6 ชนิดพับ 2 ทบทับกัน ก่อนนำเข้าทดสอบเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) โดยแบ่งตามระยะเวลาตามกำหนด คือ ทดสอบทันที, ทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องหลังจาก 1 ชั่วโมง, ทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องหลังจาก 3 ชั่วโมง, และทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องหลังจาก 6 ชั่วโมงแล้วนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การตรวจพิสูจน์ความคงอยู่ของน้ำมันเบนซินบนผ้าต่างชนิดกัน โดยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) จากผ้าตัวอย่างทั้ง 6 ชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมแก่การนำไปใช้ตรวจพิสูจน์น้ำมันเบนซินบนผ้าต่างชนิดกัน พบว่าน้ำมันเบนซินสามารถอยู่บนเนื้อผ้าต่างชนิดกันได้นานถึง 6 ชั่วโมง เนื่องจากผ้าตัวอย่างทั้งแบบผ้าธรรมชาติและผ้าสังเคราะห์มี %T ที่ wavenumber ต่าง ๆ ที่เวลา 0, 1, 3 และ 6 ชั่วโมง จะมีค่าทางสถิติ t-test และ F-test ที่แตกต่างกันแบบมีนัยสำคัญและไม่มีความสำคัญ จากการวิจัยจึงสรุปได้ว่าเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) สามารถตรวจสอบคราบน้ำมันที่คงอยู่บนผ้าที่ได้จากเส้นใยธรรมชาติได้นานกว่าผ้าที่ได้จากเส้นใยสังเคราะห์ และเพื่อใช้ในการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์เรื่องอาชญากรรมในการวางเพลิงได้

## ข้อเสนอแนะ

- 1) การศึกษาวิจัยครั้งต่อไปกำหนดเพิ่มตัวอย่างในการทดสอบให้หลากหลายมากยิ่งขึ้นโดยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)
- 2) การศึกษาวิจัยครั้งต่อไปเปรียบเทียบพิสูจน์ตัวอย่างน้ำมันหรือสารเชื้อเพลิงต่างชนิดกันที่ใช้ในการก่อไฟบนผ้าของผู้วางเพลิงโดยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)



3) การศึกษาวิจัยครั้งต่อไปกำหนดเพิ่มตัวอย่างในการทดสอบ เช่น ตัวอย่างจากรอยลายนิ้วมือ เปรียบเทียบการวิเคราะห์ของน้ำมันเบนซินที่ติดบนรอยลายนิ้วมือนิ้วด้วยเทคนิค เทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

### เอกสารอ้างอิง

- Thananya Soonkum. (2014). *Identification of gasoline on the arsonists hands and clothes by the technique of Gas Chromatography-Flame Ionization (GC-FID)*. Graduate School Master's Thesis field of law Faculty of Law, Silpakorn University. Nakhonpathom. (In Thai).
- Pramote Chaiyawet. (2005). *Petroleum technology*. (1). Bangkok. Chulalongkorn University Printing House.
- Samrerng Chakjai. (2001). *Combustion*. (1). Bangkok. Chulalongkorn University Printing House.
- Albercaa, M., Carrascosaa, H., Roman I. S., Bartolome L., Garcia-Ruiz C. (2017). Acid alteration of several ignitable liquids of potential use in arsons. *Science & Justice*, 58(1), 7–16. doi: 10.1016/j.scijus.2017.09.004.
- Cano-Trujillo, C., Barbaro, A., Ortega-Ojeda, F.E., Garcia-Ruiz, C., Montalvo, G. (2023). Source determination of human and animal oral fluid stains on porous substrates by chemometrics-assisted ATR FTIR spectroscopy: A preliminary study. *Microchemical Journal*, 190(1), 1 - 7. doi: 10.1016/j.microc. 2023.108648.