การตรวจพิสูจน์ผ้าฝ้ายที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยกล้องจุลทรรศน์ดิจิทัล และ ATR-FTIR spectrophotometry

โดย
นางสาวเกศษรา ทรัพย์มูล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การตรวจพิสูจน์ผ้าฝ้ายที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยกล้องจุลทรรศน์ดิจิทัล และ ATR-FTIR spectrophotometry

โดย
นางสาวเกศษรา ทรัพย์มูล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

FORENSIC EXAMINATION OF THERMALLY TREATED COTTON FABRICS USING A DIGITAL MICROSCOPE AND ATR-FTIR SPECTROPHOTOMETRY

By

MISS Katesara SUBMOON

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for Master of Science (FORENSIC SCIENCE)

Graduate School, Silpakorn University

Academic Year 2020

Copyright of Graduate School, Silpakorn University

หัวข้อ	การตรวจพิสูจน์ผ้าฝ้ายที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยกล้องจุลทรรศน์ดิจิทัล และ ATR-FTIR spectrophotometry
โดย	เกศษรา ทรัพย์มูล
สาขาวิชา	นิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	อาจารย์ ดร. ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ นันทานิช)

พิจารณาเห็นชอบโดย

.....ประธานกรรมการ

(ดร.ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(อาจารย์ ดร.ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง)

.....ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุภาพร สมีน้อย)

59312305 : นิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
คำสำคัญ : ATR-FTIR, ผ้าฝ้าย, การให้ความร้อน

นางสาว เกศษรา ทรัพย์มูล: การตรวจพิสูจน์ผ้าฝ้ายที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยกล้องจุลทรรศน์ดิจิทัลและ ATR-FTIR spectrophotometry อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : อาจารย์ ดร. ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง

การตรวจสอบผ้าฝ้ายที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยกล้องจุลทรรศน์ดิจิทัลและเทคนิค Attenuated Total Reflection - Fourier Transform Infrared (ATR-FTIR) โดยตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นผ้าฝ้ายบริสุทธิ์ นำผ้าฝ้ายขนาด 5x5 ซม ถูกนำมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิคงที่ 300°C, 400°C และ 500°C โดยนำมาให้ความร้อนที่เวลาแตกต่างกันไปตั้งแต่ 30 วินาทีถึง 120 วินาที หลังจากนั้นตัวอย่างถูกทำให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้องก่อนการตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์ดิจิทัล (กำลังขยาย1000เท่า) และการวิเคราะห์โดยวิธี ATR-FTIR ผลการทดลองแสดงความเสียหายของเส้นใยผ้าฝ้ายโดยพบการบิดเบี้ยวของรูปร่างเส้นใยและการหายไปของรายละเอียดของพื้นผิวเส้นใยเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ได้รับความร้อน เมื่อผ้าฝ้ายถูกให้ความร้อนที่อุณหภูมิที่สูงขึ้นและเวลาในการให้ความร้อนที่นานขึ้นจะสามารถสังเกตเห็นถึงความเสียหายของเส้นใยได้มากขึ้น ส่วนสเปกตรัมของ FTIR ในตัวอย่างผ้าแสดงถึง IR peaks ที่มีลักษณะเฉพาะของกลุ่มฟังก์ชันที่อยู่ในตัวอย่าง การเสื่อมสภาพของหมู่ฟังก์ชันเนื่องจากผลของการให้ความร้อนสังเกตได้จาก IR bands ที่หายไปของบางกลุ่มฟังก์ชัน ในการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของกล้องจุลทรรศน์ดิจิทัลและการวิเคราะห์ FTIR ในการตรวจสอบผ้าที่ได้รับความร้อนสูงซึ่งอาจพบได้ในกรณีลอบวางเพลิง

59312305 : Major (FORENSIC SCIENCE)
Keyword : ATR-FTIR/ COTTON FABRIC/ HEAT

MISS KATESARA SUBMOON : FORENSIC EXAMINATION OF THERMALLY TREATED COTTON FABRICSUSING A DIGITAL MICROSCOPE AND ATR-FTIR SPECTROPHOTOMETRY
THESIS ADVISOR : SIRIRAT CHOOSAKOONKRIANG, Ph.D.

This study examined thermally treated fabrics using a digital microscope and Attenuated Total Reflection - Fourier Transform Infrared (ATR-FTIR) technique. Samples of pure cotton fabrics were selected for this study. The heating of sample (5×5 cm^2) was carried out at constant temperatures of 300°C, 400°C and 500°C. The exposure times varied from 30 seconds to 120 seconds. The sample was cooled down to room temperature before examination on the microscope (× 1000 magnification) and analysis by the ATR-FTIR method. The damage of the cotton fibers was evident from the distortion of the fiber shape, the chipped fibers and the loss of surface details of the fibers as compared to the untreated sample. The higher temperature and the longer heating time the more damage of the fibers can be observed. The FTIR spectra of the fabric samples displayed characteristic IR peaks of functional groups present in the sample. The deterioration of functional groups due to the effect of heat application was observed from the weakening IR bands of the functional groups. This study has demonstrated the useful methods of microscope and FTIR analysis in the examination of fabrics subjected to strong heat that may be found in arson cases.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาช่วยเหลืออย่างดีจาก อาจารย์ ดร.ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียงอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งคอบให้คำแนะนำปรึกษาในทุขั้นตอนของการวิจัย ตั้งแต่เริ่มต้นการเก็บรวบรวมข้อมูลตลอดจนถึงการทดลองในห้องปฏิบัติการและเป็นกำลังใจสำคัญที่ทำให้ผู้วิจัยมีความกระตือรือร้นในการทดลองจนทำให้ประสบความสำเร็จ ตลอดจนช่วยให้การแนะนำ แก้ไข ตรวจทานข้อบกพร่องต่างๆ ของวิทยานิพนธ์นี้ให้มีความสมบูรณ์จนสำเร็จลุล่วงลงด้วยดี ผู้วิจัยมีความรู้สึกดีใจและซาบซึ้งในความกรุณาเป็นอย่างมากจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี ที่กรุณาสละเวลาในการให้คำปรึกษาแนะนำเกี่ยวกับรายละเอียดในการทดลองมาตั้งแต่เริ่มต้นและอาจารย์ ดร.ยุภาพร สมีน้อย ที่กรุณาสละเวลามาเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ มหาวิทยาลัยศิลปากรที่คอยให้ความช่วยเหลือเรื่องเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณ บิดา มารดา อาจารย์ทุกท่าน ที่สั่งสอนอบรมให้ความรู้และปลูกฝังให้เห็นคุณค่าของการศึกษา รวมทั้งผู้ที่มีส่วนเกี่ยงข้องที่มิได้เอ่ยนามซึ่งมีส่วนช่วยเหลือในวิทยานิพนธ์นี้มีความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เกศษรา ทรัพย์มูล

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูปภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

2. ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา 3

3. สมมติฐานของการศึกษา 3

4. ขอบเขตการศึกษา 3

4.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา 3

4.2 ขอบเขตด้านประชากร 3

5. ตัวแปรในการศึกษาวิจัย 4

6. กรอบแนวคิดในการศึกษาวิจัย 4

7. ประโยชน์ที่ได้รับ 4

บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 5

1.การพิสูจน์หลักฐานและพยานหลักฐาน 5

1.1 การตรวจพิสูจน์วัตถุพยาน (Evidence identification) 6

1.2 การถ่ายโอนวัตถุพยาน (Evidence transfer) 7

1.3 สภาพแวดล้อมของวัตถุพยาน (Evidence environment) 9

1.4 การปนเปื้อนของวัตถุพยาน (Evidence contamination) 11
2.ความรู้เรื่องผ้าและเส้นใย 14
2.1.ประวัติความเป็นมาเกี่ยวกับเส้นใย 14
2.2 คุณสมบัติของเส้นใยผ้า (Fiber Properties) 14
2.3 การจำแนกเส้นใย 17
2.4 คุณสมบัติเฉพาะของเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยประดิษฐ์ 21
3.หลักการพื้นฐานของเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ 25
3.1 เทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) 25
3.2 เทคนิค Attenuated Reflection Infrared Spectroscopy (ATR) 28
บทที่ 3 วิธีดำเนินการศึกษาวิจัย 30
1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 30
2. เครื่องมือในการศึกษาวิจัย 30
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล 31
3.1 การตัดตัวอย่างผ้า 31
3.2 สภาวะในการผ่านความร้อน 31
3.3 การทดลองคุณสมบัติทางสัญฐานวิทยาและทางเคมี 32
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล 34
1. การวิเคราะห์ทางสัญฐานวิทยาของผ้าฝ้ายหลังจากผ่านความร้อน 34
1.1 การเปลี่ยนแปลงของลักษณะภายนอกของผ้าฝ้าย 34
1.2 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายในของผ้าฝ้ายโดยตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ดิจิทัล 36
2. การวิเคราะห์ทางเคมีของผ้าฝ้ายบริสุทธ์หลังจากการสัมผัสความร้อนโดยเทคนิค ATR-FTIR .. 39
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 45
1. สรุป อภิปรายผลผลการทดลอง 45

1.1 การวิเคราะห์ทางสัญฐานวิทยาของผ้าฝ้ายหลังจากผ่านความร้อน 45
1.2 การวิเคราะห์ทางเคมีของผ้าฝ้ายบริสุทธ์หลังจากการสัมผัสความร้อนโดยเทคนิค ATR-FTIR 46
2. ข้อเสนอแนะ 46
รายการอ้างอิง 47
ภาคผนวก 49
ภาคผนวก ก Infrared Spectrum ที่ได้รับจากการทดลองด้วยเทคนิค ATR-FTIR 50
ประวัติผู้เขียน 56

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงอุณหภูมิและระยะเวลาในการทดลองในการสัมผัสความร้อนของผ้าฝ้าย..... 3

ตารางที่ 2 แสดงคุณสมบัติเฉพาะที่เหมือนกันของเส้นใยเซลลูโลสธรรมชาติ..... 22

ตารางที่ 3 แสดงคุณสมบัติเฉพาะที่เหมือนกันของเส้นใยโปรตีน..... 23

ตารางที่ 4 แสดงคุณสมบัติเฉพาะที่เหมือนกันในเส้นใยประดิษฐ์..... 24

ตารางที่ 5 แสดงตัวอย่างของวัสดุที่ใช้ทำ window cells สำหรับเทคนิค FTIR..... 26

ตารางที่ 6 แสดงอุณหภูมิและระยะเวลาในการทดลองในการผ่านความร้อนของผ้าฝ้าย..... 30

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 โครงสร้างของเซลลูโลส 17

ภาพที่ 2 การทำงานของ interferometer 26

ภาพที่ 3 การแทรกสอดของลำแสงที่สะท้อนกลับในกรณีที่เป็นแสงความถี่เดียวและแสง polychromatic 27

ภาพที่ 4 แสดงการสะท้อนกลับของแสงในระบบ ATR 28

ภาพที่ 5 แสดงเงื่อนไขสำหรับการสะท้อนแสงแบบ single internal reflection 29

ภาพที่ 6 แสดงการสะท้อนแสงแบบ multiple internal reflection 29

ภาพที่ 7 ลักษณะของผ้าฝ้ายบริสุทธิ์ก่อนทำการทดลอง 31

ภาพที่ 8 ผ้าตัวอย่างที่ทดลองการผ่านความร้อนโดยวางบนเครื่องทำความร้อน 32

ภาพที่ 9 การตรวจสอบทางสัญฐานวิทยาภายในของเส้นใยผ้าฝ้ายโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ดิจิตอล 32

ภาพที่ 10 การทดลองทางเคมีโดยทำการตรวจสอบโดยใช้เครื่อง Attenuated total reflectance – Fourier transform infrared (ATR-FTIR) 33

ภาพที่ 11 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผ้าฝ้ายบริสุทธ์ที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า(A) และหลังผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 500°C นาน 30 วินาที(B) 34

ภาพที่ 12 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผ้าฝ้ายบริสุทธ์ที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าหลังผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 400°C เป็นเวลานาน 30 วินาที(A) 60 วินาที(B) และ120 วินาที(C) 34

ภาพที่ 13 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผ้าฝ้ายบริสุทธ์ที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าหลังผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 300°C เป็นเวลานาน 30 วินาที(A) 60 วินาที(B) 120 วินาที(C) 180 วินาที(D) 240 วินาที(E) 300 วินาที(F) และ 360 วินาที(G) 35

ภาพที่ 14 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผ้าฝ้ายบริสุทธ์โดยตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ก่อนการทดลองให้ความร้อน 36

ภาพที่ 15 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผ้าฝ้ายบริสุทธ์โดยตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์หลังจากให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 500°C นาน 30 วินาที 37

ภาพที่ 16 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผ้าฝ้ายบริสุทธิ์โดยตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์หลังหลังจากให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 400°C เป็นเวลานาน 30 วินาที(A) 60 วินาที(B) และ120 วินาที(C) 37

ภาพที่ 17 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผ้าฝ้ายบริสุทธิ์โดยตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์หลังหลังจากให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 300°C เป็นเวลานาน 30 วินาที(A) 60 วินาที(B) 120 วินาที(C) 180 วินาที(D) 240 วินาที(E) 300 วินาที(F) และ 360 วินาที(G) 38

ภาพที่ 18 Infrared spectrum ของผ้าฝ้ายก่อนให้ความร้อน 40

ภาพที่ 19 Infrared spectrum ของผ้าฝ้ายที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 500°C x 30 วินาที 40

ภาพที่ 20 Infrared spectrum ของผ้าฝ้าย (A) และ ผ้าฝ้ายที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 500°C เป็นเวลา 30 วินาที (B) 41

ภาพที่ 21 Infrared spectrum ของผ้าฝ้าย(A) และหลังจากการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 300°C เป็นเวลานาน 30 วินาที(B) 60 วินาที(C) 120 วินาที(D) 180 วินาที(E) 240 วินาที(F) 300 วินาที(G) และ 360 วินาที(H) 43

ภาพที่ 22 Infrared spectrum ของผ้าฝ้าย(A) และหลังจากการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 400°C เป็นเวลานาน 30 วินาที(B) 60 วินาที(C) และ 120 วินาที(D) 43

ภาพที่ 23 Infrared spectrum เปรียบเทียบระหว่าง spectrum หลังจากให้ความร้อนโดย อุณหภูมิ 500°C เป็นเวลานาน 30 วินาที(A) และ อุณหภูมิ 400°C นาน 120 วินาที(B) 44

ภาพที่ 24 Infrared spectrum ของผ้าฝ้ายตัวอย่างที่มีการเปลี่ยนแปลงหลังจากให้ความร้อนในช่วง %T โดย spectrum อุณหภูมิ 500°C นาน 30 วินาที(A) และ อุณหภูมิ 400°C นาน 120 วินาที(B) 44

ภาพที่ 25 แสดง IR band ของผ้าฝ้ายตัวอย่างหลังการสัมผัสความร้อนที่อุณหภูมิ 300°C x 30 วินาที 51

ภาพที่ 26 แสดง IR band ของผ้าฝ้ายตัวอย่างหลังการสัมผัสความร้อนที่อุณหภูมิ 300°C x 60 วินาที 51

ภาพที่ 27 แสดง IR band ของผ้าฝ้ายตัวอย่างหลังการสัมผัสความร้อนที่อุณหภูมิ 300°C x 120 วินาที 52

ภาพที่ 28 แสดง IR band ของผ้าฝ้ายตัวอย่างหลังการสัมผัสความร้อนที่อุณหภูมิ 300°C x 180 วินาที..... 52

ภาพที่ 29 แสดง IR band ของผ้าฝ้ายตัวอย่างหลังการสัมผัสความร้อนที่อุณหภูมิ 300°C x 240 วินาที..... 53

ภาพที่ 30 แสดง IR band ของผ้าฝ้ายตัวอย่างหลังการสัมผัสความร้อนที่อุณหภูมิ 300°C x 300 วินาที..... 53

ภาพที่ 31 แสดง IR band ของผ้าฝ้ายตัวอย่างหลังการสัมผัสความร้อนที่อุณหภูมิ 300°C x 360 วินาที..... 54

ภาพที่ 32 แสดง IR band ของผ้าฝ้ายตัวอย่างหลังการสัมผัสความร้อนที่อุณหภูมิ 400°C x 30 วินาที 54

ภาพที่ 33 แสดง IR band ของผ้าฝ้ายตัวอย่างหลังการสัมผัสความร้อนที่อุณหภูมิ 400°C x 60 วินาที 55

ภาพที่ 34 แสดง IR band ของผ้าฝ้ายตัวอย่างหลังการสัมผัสความร้อนที่อุณหภูมิ 400°C x 120 วินาที..... 55

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พยานหลักฐานที่ถูกพบในสถานที่เกิดเหตุนั้น นับเป็นพยานหลักฐานที่สำคัญ ในทางนิติวิทยาศาสตร์ เพื่อช่วยเหลือในกระบวนการสืบสวน ไปสู่กระบวนการจับกุมผู้กระทำผิดเพื่อคลี่คลายคดี ได้ พยานหลักฐานมีหลากหลายประเภท อาทิเช่น พยานวัตถุทางชีวภาพ และพยานวัตถุประเภทสิ่งของ เช่น เสื้อผ้า เส้นใยต่างๆ เป็นต้น พยานหลักฐานประเภทเส้นใย หรือผ้า อาจเชื่อมโยงไปถึงผู้กระทำความผิดได้ โดยเส้นใยหรือเศษผ้านี้ อาจได้มาจาก เครื่องแต่งกาย เครื่องตกแต่งบ้าน เป็นต้น นอกจากนี้ ผ้าหรือเสื้อผ้าทำมาจากเส้นใยที่เกิดจากการถักทอ แบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ คือ เส้นใยธรรมชาติ และเส้นใยสังเคราะห์ที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้น เส้นใยมีลักษณะและมีคุณสมบัติต่างกัน ดังนั้นในการสืบสวน เส้นใย หรือเศษผ้าที่ ได้ในสถานที่เกิดเหตุอาจถูกนำมาตรวจเพื่อ หาความสัมพันธ์กับผู้ต้องสงสัยได้

ในสถานที่เกิดเหตุในคดีลอบวางเพลิงการประเมินความเสียหายของเส้นใย เพื่อประเมินอุณหภูมิของพยานหลักฐานทั้งลักษณะในการเกิดการเผาไหม้ของเส้นใย หรือถูกความร้อนมีประโยชน์มาก การศึกษาเส้นใยต่าง ๆ ของผ้า ที่ยังหลงเหลืออยู่ในสถานที่เกิดเหตุซึ่งลักษณะโครงสร้างเส้นใยของผ้าสามารถตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์เฉพาะและประเมินระยะเวลาที่ทำให้ผ้าได้รับความเสียหายได้ จะเป็นประโยชน์ในการสืบสวนสอบสวนเพื่อช่วยให้ทราบถึง จุดที่ลอบวางเพลิงได้ สภาพของสิ่งทอที่เก็บมาจากสถานที่เกิดเหตุอาจจะบ่งบอกถึงช่วงอุณหภูมิและเวลาของผ้าที่ได้รับความร้อน ซึ่งชิ้นส่วนที่ได้รับความเสียหายเป็นสิ่งสำคัญในการเชื่อมโยงพยานหลักฐานเพื่อหาขอเท็จจริง

จารุวรรณ อัมพฤกษ์ (2012) ได้ศึกษาเส้นใยธรรมชาติด้วยเทคนิค ATR-FTIR ในงานทางนิติวิทยาศาสตร์พบว่าผ้าที่ผลิตจากเส้นใยธรรมชาติปรากฏสเปกตรัมของหมู่ฟังก์ชัน O-H stretching มีเลขคลื่น 3400-3650 cm^{-1}, C-H stretching มีเลขคลื่น 2850-2960 cm^{-1}และหมู่ฟังก์ชัน C-O-C stretching มีเลขคลื่น 1000-1300 cm^{-1} ซึ่งทำให้ทราบได้ว่าหมู่ฟังก์ชันที่เป็นองค์ประกอบของเซลลูโลส

จิราพร เกิดแก้ว (2015) ศึกษาจำแนกตัวอย่างผ้าชนิดต่าง ๆ ด้วยเทคนิค ATR-FTIR spectroscopy (ATR-FTIR) และการวิเคราะห์ทางความร้อน (เทคนิค TGA และ DSC) ในทางนิติวิทยาศาสตร์จะศึกษาโดยใช้ตัวอย่างผ้า 8 ชนิดที่ทราบองค์ประกอบที่แน่นอนจาก IR สเปกตรัม ซึ่งปรากฏพีคที่บ่งชี้ว่ามาจากหมู่ฟังชั่นที่เป็นหมู่เดียวกับที่ปรากฏในตัวอย่าง สรุปได้ว่าผลการทดลองที่ได้

จากเทคนิค ATR-FTIR และการวิเคราะห์ทางความร้อนด้วยเทคนิค TGA และ DSC สามารถระบุถึงหมู่ฟังชั่นที่เป็นองค์ประกอบทำให้สามารถแยกความแตกต่างของผ้าที่ต่างชนิดกันได้

Maiken Ueland et al. (2017) ศึกษารูปแบบการสลายตัวของสิ่งทอธรรมชาติและสิ่งทอสังเคราะห์ที่วางบนพื้นดินในช่วงฤดูร้อนและฤดูหนาวโดยใช้เทคนิค ATR-FTIR โดยตรวจสอบรูปแบบการสลายตัวของผ้าฝ้าย, ผ้า Polyester และ ผ้าผสม Polyester – Cotton ซึ่งจะนำผ้าตัวอย่างวางบนพื้นผิวดินในช่วงฤดูร้อนและฤดูหนาวเป็นเวลา 1 ปีและ 1.5 ปี ที่กลางแจ้งในประเทศออสเตรเลีย จากนั้นนำมาทดสอบสอบโดยใช้เทคนิค ATR-FTIR เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าสเปกตรัมพบว่าตัวอย่างผ้ามีรูปแบบการสลายตัวที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ (เปรียบเทียบจากฤดูร้อนและฤดูหนาว) ซึ่งลักษณะการสลายตัวที่ต่างกันจึงสามารถแยกความความแตกต่างการสลายตัวของผ้าที่สลายที่อุณภูมิต่างกัน

Pilleriin Peets et al. (2019) ศึกษาการคัดแยกประเภทของผ้าโดยใช้เทคนิค Reflectance-FT-IR Spectroscopy (r-FT-IR) โดยศึกษาผ้าที่มีองค์ประกอบชนิดเดียวทั้งหมด 61 แบบ นำมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค r-FT-IR กับ ATR-FT-IR เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของประสิทธิภาพและผลที่ได้จากวิเคราะห์พบว่าประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ของเทคนิค r-FT-IR มีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับวิธี ATR-FT-IR แต่เทคนิค ATR-FT-IR ยังวิเคราะห์ตัวอย่างเส้นใยที่ทำมาจากขนสัตว์ ไหม และ polyamide ยังไม่สามารถจำแนกความแตกต่างได้ ซึ่ง เทคนิค r- FT-IR มีความสามารถจำแนกความแตกต่างของตัวอย่างดังกล่าวได้ดีกว่า

Diego Badillo-Sanchez et al. (2019) ศึกษาการเสื่อมสภาพของผ้าไหมในทวีปอเมริกาใต้ โดยใช้ Focal Plane Array (FPA) FTIR ได้ทำการวิเคราะห์โครงสร้างทุติยภูมิของเส้นไหมในหลายพื้นที่ของทวีปอเมริกาใต้ ด้วยเทคนิค FPA-FTIR และวิธีอื่นๆ โครงสร้างทุติภูมิของโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของผ้าไหมที่มีอายุที่ต่างกันจะทำปรากฏพีคที่ต่างกันโดยพีคที่ปรากฏจะมีความสัมพันธ์กับอายุของตัวอย่างผ้าด้วย นอกจากโครงสร้างทุติภูมิของโปรตีนยังขึ้นอยู่กับสีของตัวอย่างและการย้อมเส้นไหมจากสารเคมีที่ต่างกัน

จากการศึกษาทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาการตรวจพิสูจน์ผ้าฝ้ายบริสุทธิ์ที่ผ่านการให้ความร้อนในช่วงอุณหภูมิและเวลาที่แตกต่างกันโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ดิจิทัลและ ATR-FTIR spectrophotometry เพื่อสามารถแยกหรือจัดจำแนกความแตกต่างของผ้าฝ้ายบริสุทธิ์ที่ผ่านการให้ความร้อนในช่วงของอุณหภูมิและเวลาต่างๆได้และเป็นประโยชน์ต่องานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์

2. **ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา**

เพื่อศึกษาผ้าฝ้ายที่สัมผัสความร้อนในช่วงอุณหภูมิและเวลาที่แตกต่างกันโดยใช้เทคนิค Attenuated Total Reflectance Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) และกล้องจุลทรรศน์

3. **สมมติฐานของการศึกษา**

นำเทคนิค Attenuated Total Reflectance Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) และกล้องจุลทรรศน์ดิจิทัล มาจำแนกผ้าฝ้ายที่ที่สัมผัสความร้อนในช่วงอุณหภูมิและเวลาที่แตกต่างกันเพื่อนำมาใช้ในการตรวจพิสูจน์เปรียบเทียบผ้าตัวอย่างที่พบจากสถานที่เกิดเหตุได้

4. **ขอบเขตการศึกษา**

4.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

การศึกษาเปรียบเทียบทางกายภาพและทางเคมีของผ้าฝ้ายตัวอย่างที่สัมผัสความร้อนในอุณหภูมิต่างๆและเวลาที่แตกต่าง ดังนั้นในการศึกษาทางกายภาพมีการวิเคราะห์ได้แก่ การเปรียบเทียบความแตกต่างของสีผ้าด้วยตาเปล่าและะเปรียบเทียบภายในเส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์ดิจิทัล ส่วนการศึกษาทางเคมีของเส้นใยของผ้าฝ้ายตัวอย่างโดยเครื่อง Attenuated total reflectance – Fourier transform infrared (ATR-FTIR)

4.2 ขอบเขตด้านประชากร

การศึกษาเปรียบเทียบในความหลากหลายของอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองการสัมผัสความร้อนของผ้าฝ้ายตัวอย่างดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงอุณหภูมิและระยะเวลาในการทดลองในการสัมผัสความร้อนของผ้าฝ้าย

อุณหภูมิ/เวลา	30 วินาที	60 วินาที	120 วินาที	180 วินาที	240 วินาที	300 วินาที	360 วินาที
300°C							
400°C							
500°C							

5. **ตัวแปรในการศึกษาวิจัย**

ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ได้แก่ ชนิดของผ้า, อุณหภูมิในการสัมผัสความร้อน, ระยะเวลาในการสัมผัสความร้อน

ตัวแปรตาม (Dependent Variable) ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของภายในเส้นใยผ้าฝ้ายตัวอย่าง

6. **กรอบแนวคิดในการศึกษาวิจัย**

กรอบแนวคิดในการศึกษาครั้งนี้เริ่มต้นจากการต้องการตรวจสอบอัตราในการสัมผัสความร้อนของผ้าฝ้ายที่อุณหภูมิและเวลาที่แตกต่างกัน จุดประสงค์เพื่อตรวจสอบวัตถุพยานที่ตกในที่เกิดเหตุว่าได้มีการสัมผัสความร้อนของผ้าฝ้ายในช่วงอุณหภูมิใดและจะต้องมีความน่าเชื่อถือดังนั้นขั้นตอนในการตรวจสอบและพิสูจน์ได้แก่ การศึกษาเปรียบเทียบทางกายภาพและทางเคมีของผ้าฝ้ายที่อุณหภูมิต่างๆ ดังนั้นในการศึกษาทางกายภาพมีการวิเคราะห์ได้แก่ การเปรียบเทียบความแตกต่างของสีผ้าด้วยตาเปล่าและะเปรียบเทียบภายในเส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์ดิจิทัล ส่วนการศึกษาทางเคมีของเส้นใยของผ้าฝ้ายตัวอย่างโดยเครื่อง Attenuated total reflectance – Fourier transform infrared (ATR-FTIR)

7. **ประโยชน์ที่ได้รับ**

1.เพื่อให้ทราบถึงผลการการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของเส้นใยผ้าจากธรรมชาติ (ผ้าฝ้าย 100%)

2.เพื่อเป็นข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิและเวลาในการสัมผัสความร้อนของเส้นใยจากธรรมชาติ (ผ้าฝ้าย 100%) ที่อาจจะนำมาเปรียบเทียบกับวัตถุพยานในที่เกิดเหตุและเป็นประโยชน์ในด้านการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ต่อไปได้

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในการวิเคราะห์การไหม้ของผ้าฝ้ายโดยเทคนิค ATR-FTIR เพื่อประยุกต์ใช้ในทางนิติวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการ

ดำเนินการศึกษาวิจัย ดังนี้

1.การพิสูจน์หลักฐานและพยานหลักฐาน

2.ความรู้เรื่องผ้าและเส้นใย

3.หลักการพื้นฐานของเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

1.การพิสูจน์หลักฐานและพยานหลักฐาน

อาชญากรรมเกิดขึ้นและพบเห็นอยู่เสมอ การค้นหาและจับกุมผู้กระทำผิดมาลงโทษ ตามกระบวนการยุติธรรมนับเป็นภารกิจที่สำคัญอย่างยิ่งของตำรวจ ซึ่งภารกิจนี้ ต้องอาศัยความรู้ความสามารถของตำรวจ ในสายงานที่ทำงานเกี่ยวกับงานพิสูจน์หลักฐานโดยตรง คดีต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น การใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ผสานกับหลักนิติวิทยาศาสตร์ สามารถช่วยในการจับกุมคนร้ายได้เป็นอย่างดี ซึ่งจะต้องมีการรวบรวมพยานหลักฐาน มายืนยันให้สามารถพิสูจน์ความผิดได้อย่างชัดเจน

นิติวิทยาศาสตร์ (Forensic Science) คือ การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทุกสาขามาประยุกต์ใช้ในการเก็บและพิสูจน์หลักฐาน ตรวจร่างกาย และวัตถุพยาน เช่น ชีววิทยา ฟิสิกส์ เคมี คอมพิวเตอร์ เป็นต้น เพื่อพิสูจน์ข้อเท็จจริงในคดีความต่าง ๆ ทั้งนี้ก็เพื่อผลในการบังคับใช้กฎหมายและการลงโทษผู้กระทำความผิดนั่นเอง

ธรรมชาติของวัตถุพยานเป็นเพียงบางส่วนของข้อเท็จจริง และข้อมูลที่ได้จากการตรวจวิเคราะห์วัตถุพยานนั้นจะเป็นผลจากการทำงานที่ค่อนข้างยุ่งยากและอาศัยความอดทนสูงในสถานที่เกิดเหตุเป็นเบื้องแรก และในบางกรณีจะเป็นผลจากการทำงานที่มรความซับซ้อนและต้องอาศัยความชำนาญอย่างมากด้วยวัตถุพยานหลายชนิดสามารถถูกตรวจค้น เก็บรวบรวมและตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการได้ แต่วัตถุพยานที่เก็บได้จากสถานที่เกิดเหตุเหล่านั้นจะไม่มีคุณค่าใดๆ เลยหากบุคคล

ที่เกี่ยวข้องไม่มีความพยายามที่จะแปลผลการตรวจพิสูจน์ วัตถุพยานให้เป็นประโยชน์ต่อการพิจารณาคดี จึงเป็นการดีอย่างยิ่งหากผู้เกี่ยวข้องได้ศึกษาและมีความรู้เกี่ยวกับวิธีการจัดการกับวัตถุพยานแต่ละชนิดนั้นได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม ตลอดจนมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวัตถุพยาน รวมทั้งปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อคุณค่าทางคดีของวัตถุพยานนั้นด้วย ซึ่งจะทำให้สามารถเข้าใจวัตถุพยานได้เป็นระบบและแปลผลพยานหลักฐานเหล่านั้นเมื่อถูกนำเสนอในชั้นพิจารณาของศาลได้อย่างดีเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องจึงควรมีความรู้ความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับธรรมชาติของวัตถุพยานในหัวข้อต่อไปนี้ด้วย

1.1 การตรวจพิสูจน์วัตถุพยาน (Evidence identification)

ความหมายของคำว่า “การตรวจพิสูจน์” วัตถุพยานนั้นจะประกอบด้วยขั้นตอนการตรวจทางวิทยาศาสตร์หลายระดับ ตั้งแต่ระดับที่ใช้วิธีการตรวจแบบง่ายๆ จนถึงระดับที่ใช้วิธีการตรวจค่อนข้างซับซ้อนหรือใช้เทคโนโลยีขั้นสูง ในแต่ละระดับก็จะมีนัยสำคัญของการตรวจพิสูจน์ที่แตกต่างไป ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของวัตถุพยาน จำนวนของวัตถุพยานสภาพของวัตถุพยาน และแหล่งที่พบวัตถุพยานนั้นด้วย

รูปแบบหนึ่งของการตรวจพิสูจน์วัตถุพยานที่พบได้บ่อย ก็คือการตรวจพิสูจน์วัตถุพยานที่เป็นเพียงวัตถุอันเดียวหรือสารชนิดเดียวในกรณีเช่นนี้ห้องปฏิบัติการจะตรวจพิสูจน์วัตถุพยานด้วยการอาศัยคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางฟิสิกส์ และ/หรือคุณสมบัติทางเคมีของวัตถุพยานนั้น ตัวอย่างเช่น ห้องปฏิบัติการสามารถตรวจพิสูจน์สารที่สงสัยว่าเป็นสารเฮโรอีนจากการที่สารนั้นได้รับการตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆ แล้วได้ข้อมูลที่เชื่อถือได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ว่ามีคุณสมบัติที่สัมพันธ์และสอดคล้องตรงกันกับคุณสมบัติของเฮโรอีน เป็นต้น

ในบางกรณีอาจตรวจพิสูจน์วัตถุพยานตั้งแต่สองอันขึ้นไปว่าวัตถุเหล่านั้นเป็นวัตถุที่เคยอยู่รวมกันเป็นวัตถุอันเดียวกันมาก่อนซึ่งในแง่กฎหมายแล้วการตรวจพิสูจน์แบบนี้มักจะให้ข้อมูลที่ค่อนข้างแน่ชัดและไม่คลุมเครือ เช่น การแสดงให้เห็นว่าขอบของเศษการดาษที่ถูกฉีกขาดเป็นหลายชิ้นนั้นสามารถนำมาเรียงปะติดปะต่อกันเข้าเป็นกระดาษแผ่นเดียวกันได้อย่างพอดีหรือปลายทีหักของเศษไม้สองอันสามารถนำมาต่อเข้าเป็นไม้อันเดียวกันได้อย่างแนบสนิท เป็นต้น

ในหลายกรณีการตรวจพิสูจน์วัตถุพยานอาจอาศัยสมสมมุติฐานที่ว่าวัตถุอันหนึ่งเมื่อสัมผัสกับวัตถุอีกอันหนึ่งอาจจะทิ้งรอยประทับ รอยกด หรือรอยพิมพ์ ที่มีลักษณะเฉพาะตัวอันเป็นเอกลักษณ์ของวัตถุอันนั้นไว้ ตัวอย่าง เช่น รอยลายนิ้วมือของผู้ต้องสงสัยที่ติดอยู่บริเวณขอบของแก้วซึ่งสามารถนำมาตรวจพิสูจน์ว่าเป็นลายนิ้วมือของผู้ต้องสงสัยได้อย่างแน่นอนหรือร่องรอยรองเท้าที่ประทับอยู่ใน

สถานที่เกิดเหตุซึ่งสามารถนำมาใช้พิสูจน์ได้ว่าเป็นรอยสึกของรองเท้าที่มีลักษณะจำเพาะตรงกับลักษณะที่ปรากฏบนรองเท้าที่ผู้ต้องสงสัยใช้สวมใส่ เป็นต้น

บ่อยครั้งที่การตรวจพิสูจน์วัตถุพยานจะเป็นการตรวจเปรียบเทียบวัตถุพยานที่ส่งมาให้ตรวจตั้งแต่สองอันขึ้นไปว่าวัตถุพยานเหล่านั้นจะมาจากแหล่งเดียวกันหรือไม่การตรวจพิสูจน์แบบนี้อาจจะไม่สามารถสรุปความเห็นที่แน่นอนลงไปได้ว่าเป็นวัตถุที่มาจากแหล่งเดียวกันอย่างไม่มีข้อสงสัย ตัวอย่างเช่น การตรวจเปรียบเทียบเส้นผมที่เก็บมาจากเสื้อผ้าของผู้เสียหายกับตัวอย่างเส้นผมของผู้ต้องสงสัยว่ามีลักษณะทางการภาพที่น่าจะมาจากแหล่งเดียวกันหรือไม่ เป็นต้น หรืออาจจะสามารถสรุปความเห็นที่แน่นอนในระดับหนึ่งว่าเป็นวัตถุที่มาจากแหล่งเดียวกันก็ได้ ตัวอย่างเช่น การตรวจโครงร่างดีเอ็นเอ (DNA profile) จากเซลล์รากเส้นผมหรือคราบเลือดที่เก็บได้ในสถานที่เกิดเหตุเปรียบเทียบกับตัวอย่างเซลล์รากเส้นผมหรือตัวอย่างเลือดที่ได้มาจากผู้ต้องสงสัยหรือผู้ต้องหา เป็นต้น

1.2 การถ่ายโอนวัตถุพยาน (Evidence transfer)

เมื่อมีการสัมผัสระหว่างพื้นผิวสองพื้นผิวที่เป็นส่วนหนึ่งของบุคคล วัตถุ หรือสถานที่ จะเกิดการแลกเปลี่ยนสสารระหว่างกันเสมอทำให้มรการถ่ายโอนชิ้นส่วนของวัตถุระหว่างพื้นผิวที่มีการสัมผัสนั้นซึ่งหลักการอันนี้มาจากทฤษฎีการแลกเปลี่ยนของโลคาร์ด (Locard’s theory of interchange or Locard’s principle of exchange “There is no such thing as a clean contact between two object. When two bodies or object come in contact they mutually contaminate each other with minute fragments of material) ซึ่งหมายความถึงบุคคลที่อยู่ในสถานที่เกิดเหตุมักจะทิ้งร่องรอยหรือบางสิ่งในสถานที่เกิดเหตุและมักจะนำเอาสิ่งที่เขาสัมผัสในสถานที่เกิดเหตุติดไปด้วยเสมอ โดยทั่วไปการถ่ายโอนวัตถุพยานจะเป็นไปได้ 2 รูปแบบ คือ การถ่ายโอนวัตถุพยานที่มีขนาดเล็กมากหรือวัตถุพยานที่มีปริมาณน้อยมาก (trace transfer evidence) เช่น เส้นใย เส้นผม คราบเลือด เศษแก้ว เศษดิน ฯลฯ และการถ่ายโอนวัตถุพยานที่เป็นรูปแบบ (pattern transfer evidence) เช่น รอยประทับ รอยพิมพ์ หรือรอยกดของวัตถุต่างๆ เป็นต้น และในหลายกรณีจะเป็นการถ่ายโอนวัตถุพยานทั้ง 2 รูปแบบ เช่นรองเท้าที่มีคราบเลือดติดอยู่ รอยประทับที่มีเศษเส้นใยติดอยู่ รอยลายนิ้วมือที่มีคราบเลือดติดอยู่ เป็นต้น

ในการใช้วัตถุพยานเป็นส่วนหนึ่งของการพิสูจน์ผู้กระทำความผิดหรือใช้พิสูจน์การกระทำความผิดจึงอาศัยหลักการของทฤษฎีดังกล่าว โดยเฉพาะคดีอาชญากรรมที่ใช้ความรุนแรง

หลักการข้อนี้จะนำไปสู่การค้นหาวัตถุพยานทีมีขนาดเล็กมากอย่างถ้วนถี่ ด้วยคุณสมบัติที่ว่าวัตถุพยานที่มีขนาดเล็กมากนี้แม้จะยากต่อการมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าแต่จะมีความสำคัญทางคดีอย่างมาก อาชญากรที่ก่ออาชญากรรมที่ใช้ความรุนแรงอาจคิดถึงวิธีที่จะลบรอยลายนิ้วมือแผงหรือทำลายอาวุธที่ใช้ในการก่ออาชญากรรม แต่มักจะคิดไม่ถึงวัตถุพยานที่มีขนาดเล็กมากนี้สามารถถ่ายโอนไปยังผู้เสียหาย เสื้อผ้าและสภาพแวดล้อมของผู้เสียหาย ตลอดจนสถานที่เกิดเหตุได้ ซึ่งการถ่ายโอนนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ การถ่านโอนโดนตรงหรือการถ่ายโอนแบบปฐมภูมิ (direct or primary transfer) และการโอนโดยอ้อมหรือการถ่ายโอนแบบทุติยภูมิ (indirect or secondary transfer)

การถ่ายโอนโดยตรง หมายถึงการที่วัตถุพยานถ่ายโอนไปอันเป็นผลจากการสัมผัสโดยตรงระหว่างผู้ต้องสงสัย เช่น เส้นใยเสื้อผ้าของผู้เสียหายอาจถ่ายโอนไปยังเสื้อผ้าของผู้ต้องสงสัยได้อย่างง่ายดายในขณะที่มีการถ่ายโอนในทางกลับกันด้วย ซึ่งการถ่ายโอนจะมากหรือน้อยขึ้นกับชนิดของเสื้อผ้า ลักษณะของการสัมผัส และระยะเวลาของการสัมผัสด้วย หรือผู้ต้องสงสัยอาจได้รับบาดเจ็บจากการถูกแทงและทิ้งรอยเลือดไว้บนพื้นของสถานที่เกิดเหตุซึ้งเป็นลักษณะการถ่ายโอนโดยตรงเช่นกัน เป็นต้น

นอกจากนี้วัตถุพยานสามารถที่จะถ่ายโอนจากสถานที่ที่ผู้เสียหายและผู้ต้องสงสัยสัมผัสไปยังสถานที่อื่นได้ ตัวอย่าง เช่น เส้นใย เส้นผม เศษดิน และเศษใบไม้ จากสถานที่เกิดเหตุสามารถถ่ายโอนไปยังเสื้อผ้าของผู้ต้องสงสัย หรือติดไปกับตัวของผู้ต้องสงสัยเอง และทิ้งร่องรอยไว้ในรถยนต์จะได้รับวัตถุพยานที่มาจากสถานที่เกิดเหตุหรือจากผู้เสียหายโดยอ้อม เช่นนี้เรียกว่า การถ่ายโอนโดยอ้อม ความแตกต่างระหว่างลักษณะของการถ่ายโอนมีความสำคัญเนื่องจากในบางกรณีอาจมีความจำเป็นที่ต้องขยายพื้นที่ในการค้นหาวัตถุพยานที่มีขนาดเล็กมากนี้ไปไกลจากสถานที่เกิดเหตุ การค้นหาและเก็บรวบรวมวัตถุพยานที่มีการถ่ายโอนโดยอ้อมนี้จะช่วยให้มีความเจ้าใจอย่างลึกซึ้งเกี่ยวกับการเคลื่อนไหลและลักษณะการดำเนินการของบุคคลที่เกี่ยวข้องกับอาชญากรรมเหล่านั้นได้

วัตถุพยานที่มีการถ่านโอนระหว่างที่เกิดอาชญากรรมนั้นในที่สุดจะมาหยุดอยู่ที่สถานที่ใดสถานที่หนึ่ง ซึ่งจะขึ้นกับลักษณะการกรำทำทางกายภาพของบุคคลที่เกิดขึ้นก่อน ระหว่าง และหลังการก่ออาชญากรรมนั้นว่าเป็นอย่างไรไม่ว่าการถ่ายโอนจะเกิดขึ้นระหว่างคน ระหว่างวัตถุ หรือระหว่างคนสิ่งของ และสถานที่ การปรากฏอยู่ของวัตถุพยานที่มีขนาดเล็กมากนั้นสามารถช่วยยืนยันหรือช่วยสนับสนุนข้อมูลของพยานหลักฐานอื่นในคดีให้มีความหนักแน่นขึ้น ช่วยสนับสนุนว่าผู้กระทำ

ความผิดได้เข้าไปอยู่ในสถานที่เกิดเหตุ และยังช่วงชี้นำการสืบสวนสอบสวนให้มีความก้าวหน้าต่อไปด้วย การค้นหาและการเก็บรวบรวมวัตถุพยานจึงเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญยิ่ง ตัวอย่าง เช่น ถ้าผู้ต้องสงสัยคุกเข่าอยู่บนพรมในขณะที่ทำร้ายร่างกายผู้เสียหายอย่างรุนแรงก็คาดได้ว่าจะพบเส้นใยของพรมบริเวณเข่าและปลายของของกางเกงขายาวที่ผู้ต้องสงสัยสวนใส่อยู่ขณะเกิดเหตุการณ์ดังกล่าว กางเกงขายาวตัวนั้นจึงควรได้รับการจัดการอย่างถูกต้องและเหมาะสมตั้งแต่ขั้นตอนการค้นหาจนกระทั่งถึงขั้นตอนการตรวจวิดเคราะห์ในห้องปฏิบัติการในลักษณะที่จะป้องกันและระวังรักษาให้เส้นใยนั้นยังอยู่ซึ่งสิ่งนี้อาจจะดูเหมือนว่าเป็นเรื่องเล็กน้อยแต่มันอาจกลายเป็นประเด็นสำคัญในทางพิจารณาคดีของศากได้หากอันการหรือทนายพยายามที่จะทำให้วัตถุพยานดังกล่าวเป็นพยานหลักฐานที่สนับสนุนคำให้การของผู้เสียหายที่อ้างว่ามีการกระทำเช่นนั้นเกิดขึ้นจริง

1.3 สภาพแวดล้อมของวัตถุพยาน (Evidence environment)

คำว่า “สภาพแวดล้อม” ในที่นี้จะหมายถึงบริเวณที่จำเพาะแห่งใดแห่งหนึ่งที่ประกอบด้วยวัตถุหลาย ๆ ประเภทและหลาย ๆ ชนิด การอยู่ปะปนกันของวัตถุเหล่านี้จะส่งผลถึงการตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะจองวัตถุพยานทั้งหลายเหล่านั้นร่วมกันซึ่งจะสามารถบ่งบอกถึงสภาวะที่ค่อนข้างเป็นเอกลักษณะสำหรับสถานที่ใดสถานที่หนึ่งได้ เมื่อบุคคลเข้าไปในสถานที่ใดสถานที่หนึ่งจะมีการถ่ายโอนร่วมกันของวัตถุต่าง ๆ มากมายที่เดิมอยู่ในสภาพแยกกันอยู่เหล่านั้น ซึ่งเมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจวิเคราะห์วัตถุเหล่านั้นมาประมวลจะสามารถใช้เป็นพยานหลักฐานทางคดีได้เป็นอย่างดี โดยทั่วไปแล้วปริมาณและความหลากหลายของวัตถุที่ถ่านโอนจากสภาพแวดล้อมไปยังบุคคลจะขึ้นอยู่กับจำนวนและชนิดของวัตถุที่ปรากฏอยู่ในสถานที่แห่งนั้น พฤติการณ์ของเหตุการณ์ และการเคลื่อนไหลของบุคคล ตลอดจนระยะเวลาของการสัมผัสกับวัตถุเหล่านั้น หลักการเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมของวัตถุพยานจึงช่วยเพิ่มคุณค่าที่เหนือกว่าของวัตถุพยานที่มีขนาดเล็กมาก

ตัวอย่างในทางปฏิบัติที่อาจพบได้ในบางสถานการณ์ เช่น ชิ้นส่วนผ้าในห้องนอน ไม่ว่าจะเป็นผ้าคลุมเตียง พรมเช็ดเท้า ม่าน หรือผ้าคลุมเก้าอี้ อาจประกอยด้วยชนิดและสีของเส้นใยที่แตกต่างกันได้หลากหลาย และเป็นไปได้ที่ชิ้นส่วนของผู้แต่ละชิ้นอาจประกอบด้วยชนิดและสีของเส้นใยที่แตกต่างกันเช่นกัน ผ้าคลุมเคียงอาจทำมาจากเส้นใยฝ้าย เส้นใยโพลีเอสเตอร์ และเส้นใยอะซีเตทเป็นส่วนประกอบหลัก เมื่อผู้ต้องสงสัยที่สอดคล้องหรือเข้ากันได้กับเส้นใยที่ปรากฏตามปกติในสภาพแวดล้อมของสถานที่เกิดเหตุก็จะแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ที่เชื่อมโยงผู้ต้องสงสัยกับห้องนอนนั้นได้

เพื่อที่จะใช้ประโยชน์จากหลักการสภาพแวดล้อมของวัตถุพยานนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพจึงควร มีความรู้ความเข้าใจพื้นฐานทางด้านโครงสร้างของพยานหลักฐานบางประการ เพื่อประโยชน์ในหารสืบสวนทางคดี หลักการที่สำคัญซึ่งควรนำมาพิจารณาร่วมกันในการที่จะให้บรรลุถึงวัตถุประสงค์

วัตถุพยานที่ถูกถ่ายโอนไปนั้นมักจะแสดงถึงธรรมชาติของสภาพแวดล้อมครั้งสุดท้ายที่ได้รับการสัมผัสกับบุคคลหรือสิ่งของนั้นทั้งที่ควรระลึกไว้เสมอว่าลักษณะธรรมชาติของวัตถุพยานนั้นมักจะคงสภาพอยู่เพียงชั่วคราวเท่านั้น

หากมีการปรากฏอยู่ของวัตถุพยานที่มีคุณลักษณะจำเพาะก็จะเพิ่มน้ำหนักความน่าเชื่อถือของพยานหลักฐานมากขึ้น แต่ถ้าเป็นเพียงวัตถุพยานที่มีคุณลักษณะจำพวก ซึ้งมักจะเป็นวัตถุพยานประเภทที่พบได้บ่อยทั่วไปในสถานที่เกิดเหตุน้ำหนักของพยานหลักฐานก็อาจจะน้อยลง

จะเป็นประโยชน์อย่างมากหากสามารถแสดงให้เห็นว่าวัตถุพยานหลายชนิดเหล่านั้นสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสภาพแวดล้อมกับสิ่งของหรือบุคคลที่สงสัยนั้นได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากสามารถแสดงให้เห็นว่าบริเวณที่ค้นพบวัตถุพยานสอดคล้องต้องกันกับการกระทำหรือการเคลื่อนไหวของบุคคลหรือสิ่งของที่เกิดขึ้นหรือได้ใช้ในการกระทำอาชญากรรมนั้น

วัตถุพยานที่ถูกถ่ายโอนยิ่งมีปริมาณมากขึ้นก็จะเพิ่มความหนักแน่นของความสัมพันธ์ระหว่างสภาพแวดล้อมกับบุคคลหรือสิ่งของ และความสำคัญของหลักการข้อนี้จะยิ่งเพิ่มมากขึ้นหากประเภทของวัตถุพยานที่ตรวจพบมีจำกัด ตัวอย่าง เช่น หากตรวจพบเส้นผมของผู้เสียหายหลายเส้นบนเสื้อผ้าของผู้ต้องสงสัยจะมีนัยสำคัญมากกว่าการตรวจพบเส้นผมเพียงเส้นเดียว เพราะอาจจะช่วยชี้แนะให้เห็นว่ามีการต่อสู้ดิ้นรนเกิดขึ้น เป็นต้น

อย่างไรก็ตามการนำหลักการสภาพแวดล้อมของวัตถุพยานมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพนั้นมักจะถูกจำกัดการใช้หรือไม่มีการนำมาใช้เลย ทั้งนี้เป็นเพราะเหตุผล 2 ประการ คือ การค้นหาวัตถุพยานในสถานที่เกิดอาชญากรรมนั้นส่วนใหญ่มักจะค้นหาวัตถุที่ดูเหมือนว่าเป็นสิ่งแปลกปลอมของสถานที่เกิดเหตุนั้น ดังนั้นวัตถุสิ่งใดก็ตามที่เป็นที่ทราบกันมาก่อนและระหว่างเวลาที่เกิดอาชญากรรมมักจะไม่ถูกเก็บรวบรวมส่งตรวจ ดังเช่นในกรณีของห้องนอนที่ยกมาเป็นอุทาหรณ์ตัวอย่างเส้นใยที่มาจากพรม ผ้าคลุมเตียง ผ้าคลุมเก้าอี้ และผ้าอื่นๆ จะไม่ถูกเก็บส่งตรวจด้วย ซึ่งเส้นใยที่เป็นวัตถุพยานบนเสื้อผ้าของผู้ต้องสงสัยที่ติดมาจากสิ่งของในห้องนอนนั้นจะไม่มีคุณค่าทางคดีหากปราศจากการตรวจเปรียบเทียบกับเส้นใยที่เป็นส่วนประกอบของวัตถุสิ่งของที่ประกอบเป็นสภาพแวดล้อมในสถานที่เกิดเหตุนั้น นอกจากนี้วัตถุพยานที่มีการถ่ายโอนมักจะถูกนำเสนอต่อศาลใน

ลักษณะที่แยกกันเป็นแต่ละส่วนโดยปราศจากการวางแผนที่จะนำเสนออย่างเป็นระบบที่จะแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุพยานเหล่านั้น จึงทำให้ไม่สามารถนำเสนอวัตถุพยานในลักษณะที่จะนำไปสู่ข้อสรุปที่ว่าผู้เสียและผู้ต้องสงสัยเคยอยู่ในสถานที่นั้นร่วมกันมาก่อนได้

1.4 การปนเปื้อนของวัตถุพยาน (Evidence contamination)

ความรับผิดชอบที่สำคัญมากอันหนึ่งในการจัดการกับวัตถุพยานทั้งในสถานที่เกิดเหตุและในห้องปฏิบัติการก็คือ การป้องกันหรือหลีกเลี่ยงการปนเปื้อนของวัตถุพยานเหล่านั้น วัตถุพยานมักจะถูกปนเปื้อนได้ง่ายทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากอิทธิพลของธรรมชาติหรือสภาพแวดล้อมในสถานที่เกิดเหตุที่วัตถุพยานปรากฏอยู่เป็นระยะเวลายาวนานก่อนที่จะถูกค้นพบเมื่อวัตถุพยานได้แล้วจึงควรให้ความสนใจเป็นพิเศษที่จะหยุดยั้งหรือกำจัดการปนเปื้อนที่อาจจะเกิดขึ้นในภายหลังได้ นอกจากนี้ควรระมัดระวังที่จะไม่ให้มีการปนเปื้อนที่เป็นผลมาจากการเลินเล่อจากการเก็บ การรักษาและการส่งต่อวัตถุพยานไปยังห้องปฏิบัติการอย่างไม่ถูกวิธี ซึ่งในที่นี้จะแบ่งสาเหตุที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนออกเป็น 4 ประการ คือ

1.4.1 ธรรมชาติของสภาพแวดล้อมของวัตถุพยาน

วัตถุพยานอาจอยู่ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน บางสภาพแวดล้อมอาจมีสภาวะธรรมชาติที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนของวัตถุพยานได้อย่างง่ายมากจนเจ้าหน้าที่จะต้องใช้ความระมัดระวังอย่างยิ่งในการเก็บรวบรวมและเคลื่อนย้ายวัตถุพยาน ตัวอย่างเช่น ในสถานที่เกิดเหตุที่มีคราบเลือดของทั้งผู้เสียหายและของผู้ต้องสงสัยอยู่ในบริเวณเดียวกัน ซึ่งอาจจะเกิดการปนเปื้อนของคราบเลือดทั้งสองแห่งได้ หรือในสภาพแวดล้อมที่มีวัตถุสิ่งของที่ทำจากผ้าหลายอย่างก็อาจจะทำให้มีความยากลำบากมากขึ้นที่จะเก็บรวบรวมและจำแนกเส้นใยของวัตถุสิ่งของที่ไม่เกี่ยวข้องออกจากเส้นใยของวัตถุสิ่งของที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ได้ เจ้าหน้าที่จึงควรตระหนักถึงความเป็นไปได้ที่สภาพแวดล้อมของสถานที่เกิดเหตุอาจจะทำให้เกิดการปนเปื้อนประเภทนี้ได้ วิธีการที่ดีที่สุดที่จะใช้ควบคุมการปนเปื้อนดังกล่าวก็คือ ควรจะสำรวจสภาพแวดล้อมของสถานที่เกิดเหตุในเบื้องต้นก่อน เพื่อที่จะบอกได้คร่าวๆ ว่าวัตถุสิ่งของใดที่อาจมีการปนเปื้อนได้บ้าง การประเมินสภาวะของสภาพแวดล้อมอย่างถี่ถ้วนก่อนที่จะทำการค้นหาและเก็บรวบรวมวัตถุพยาน จะช่วยทำให้สามารถวางแผนกลยุทธ์ในการที่จะหลีกเลี่ยงความยากลำบากในเรื่องดังกล่าวได้เป็นอย่างดี

1.4.2 บุคลากรที่เป็นเจ้าหน้าที่ในสถานที่เกิดเหตุ

เจ้าหน้าที่ที่เข้าไปถึงสถานที่เกิดเหตุคนแรกอาจจะทำให้เกิดการปนเปื้อนของวัตถุพยานได้ หากผู้นั้นไม่มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับคุณค่าของวัตถุพยานแต่ละชนิดที่มีผลต่อการดำเนินคดีอาญาในแต่ละฐานความผิด ในทางปฏิบัติควรจะมีเจ้าหน้าที่ทำหน้าที่เป็นผู้สำรวจสภาพแวดล้อม ประเมินสถานการณ์ ทำการค้นหาและเก็บรักษาวัตถุพยาน ซึ่งควรจะจำกัดจำนวนของเจ้าหน้าที่ให้น้อยที่สุด เพื่อที่จะทำให้การจัดการกับวัตถุพยานเป็นไปอย่างเป็นระบบและลดการปนเปื้อนให้มากที่สุดควรค้นหาและเก็บรวบรวมวัตถุพยานอย่างถูกต้อง เหมาะสม และสมบูรณ์ตามหลักวิชาการและตามกฎหมาย มีการแยกเก็บเป็นสัดส่วน ทำสัญลักษณ์หรือเครื่องหมายป้องกันความสับสนและการสับเปลี่ยน บรรจุหีบห่อปิดผนึกอย่างรัดกุม ระบุวันเดือนปีเวลาและบริเวณที่เก็บพร้อมทั้งรายละเอียดต่างๆ ของวัตถุพยานนั้น มีการขนส่งวัตถุพยานอย่างเหมาะสมและอยู่ในความควบคุมโดยตลอด มีการบันทึกเป็นหลักฐานในการส่งมอบวัตถุพยานในแต่ละขั้นตอน และมีความต่อเนื่องของการครอบครองวัตถุพยานจนกระทั่งไปถึงห้องปฏิบัติการเพื่อทำการพิสูจน์ต่อไปหรือกระทั่งนำสืบวัตถุพยานในขั้นศาล ทั้งนี้เพื่อลดการปนเปื้อนอันเป็นผลที่เกิดจากเจ้าหน้าที่นั้นเอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปนเปื้อนที่อาจพบได้บ่อย เช่น เส้นใยของเสื้อผ้าที่เจ้าหน้าที่สวมใส่อาจปนเปื้อนติดไปกับผู้เสียหายหรือศพหรือในสถานที่เกิดเหตุ จึงควรสวมเสื้อผ้าที่ทอจากเส้นใยพิเศษและได้รับการทออย่างแน่นหนาเพื่อเส้นใยจะไม่หลุดง่ายและยากต่อการเป็นที่สะสมวัตถุแปลกปลอมอื่นๆ ด้วย และควรสวมเสื้อผ้าในลักษณะที่เป็นเสื้อกางเกงติดกันเป็นชุดเดียวพร้อมทั้งมีหมวกคลุมศีรษะและสวมรองเท้ามิดชิดด้วย นอกจากนี้เจ้าหน้าที่ในสถานที่เกิดเหตุผู้ที่มีหน้าที่ในการเก็บรวบรวมวัตถุพยานควรตระหนักด้วยว่าเขาเหล่านั้นก็สามารถเพิ่มโอกาสของการปนเปื้อนอันเนื่องมาจากการจัดการกับวัตถุพยานที่มากเกินไปด้วย จึงควรจัดการกับวัตถุพยานน้อยที่สุดเท่าที่จำเป็นและด้วยความระมัดระวัง สิ่งที่สำคัญยิ่งอีกประการหนึ่งที่ไม่ควรละเลยก็คือ การป้องกันรักษาสถานที่เกิดเหตุไม่ให้บุคคลอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องเข้ามาได้ พยายามรักษาสถานที่เกิดเหตุให้คงอยู่ในสภาพเดิม และจำกัดจำนวนเฉพาะเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องเท่าที่จำเป็นเท่านั้น ซึ่งควรมีการบันทึกเวลาที่มาถึงและเวลากลับของเจ้าหน้าที่เหล่านั้นด้วย โดยควรเริ่มกระทำตั้งแต่ที่เจ้าหน้าที่คนแรกมาถึงสถานที่เกิดเหตุจนกระทั่งเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องคนสุดท้ายทำการตรวจสถานที่เกิดเหตุเสร็จสิ้นแล้ว

1.4.3 ภาชนะที่ใช้ในการบรรจุวัตถุพยาน

เมื่อค้นพบวัตถุพยานอันหนึ่งควรบันทึกและทำเครื่องหมายหรือสัญลักษณ์เพื่อการพิสูจน์ในภายหลัง เก็บรวบรวมไว้ในภาชนะที่เหมาะสมที่มีการระบุรายละเอียดของวัตถุพยาน ภาชนะควร

ได้รับการปิดผนึกตั้งแต่อยู่ในสถานที่เกิดเหตุ และจะไม่ถูกเปิดจนกว่าวัตถุพยานนั้นจะถูกนำไปตรวจในห้องปฏิบัติการ ไม่ควรเก็บวัตถุพยานทั้งหมดไว้ในภาชนะอันเดียวกันแล้วขนส่งเคลื่อนย้ายไปยังอีกสถานที่หนึ่งแล้วจึงเอาออกมาแยกใส่ภาชนะและระบุรายละเอียดของวัตถุพยานในภายหลังในสถานที่ที่ต่างกัน เพราะการทำเช่นนี้ไม่เพียงแต่จะทำให้การปนเปื้อนมากขึ้นแล้วยังทำให้ไม่สามารถบอกได้อย่างแน่ชัดว่าวัตถุพยานอันนั้นเป็นอันที่เคยถูกเก็บอยู่รวบกันในภาชนะเดียวกันมาก่อน ซึ่งอาจจะเป็นข้อสงสัยที่เป็นประเด็นโต้แย้งในทางพิจารณาคดีในชั้นศาลได้ นอกจากภาชนะที่ใช้บรรจุวัตถุพยานจะใช้รักษาวัตถุพยานให้คงอยู่ในสภาพเดิมปราศจากการปนเปื้อนและป้องกันการสูญเสียแล้วก็ควรจะได้รับการปฏิบัติเช่นเดียวกับการปฏิบัติวัตถุพยานนั้นเอง อีกทั้งจะต้องระมัดระวังมิให้ภาชนะนั้นมีการปนเปื้อนก่อนที่จะถูกนำไปบรรจุวัตถุพยานหรือในระหว่างบรรจุวัตถุพยานนั้นด้วย

1.4.4 สภาพแวดล้อมของห้องปฏิบัติการ

วัตถุพยานอาจถูกปนเปื้อนในขณะที่อยู่ในห้องปฏิบัติการก็ได้ ซึ่งสภาพแวดล้อมของห้องปฏิบัติการที่มีการควบคุมอย่างเหมาะสมจะช่วยลดหรือกำจัดการปนเปื้อนให้น้อยลงได้ ทั้งนี้ขึ้นกับแนวทางปฏิบัติที่ใช้ในการจัดการและดำเนินการกับวัตถุพยานที่ใช้ปฏิบัติเป็นประจำในห้องปฏิบัติการแต่ละแหล่งนั้น การเก็บรักษาวัตถุพยานอย่างถูกต้องเหมาะสมตั้งแต่ในสถานที่เกิดเหตุจะช่วยลดการปนเปื้อนในห้องปฏิบัติการได้และจะช่วยให้เจ้าหน้าที่ในห้องปฏิบัติการสามารถแยกเก็บและแยกตรวจวิเคราะห์วัตถุพยานได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ควรมีการปรึกษาหารือและประสานงานกันระหว่างเจ้าหน้าที่ในสถานที่เกิดเหตุกับเจ้าหน้าที่ในห้องปฏิบัติการเพื่อให้มีความเข้าใจอย่างถูกต้องเกี่ยวกับวิธีการค้นหา การเก็บรวบรวม การเก็บรักษา การบรรจุใส่ภาชนะ การบันทึกรายละเอียด การส่งต่อวัตถุพยานไปยังห้องปฏิบัติการเพื่อให้การปฏิบัติงานดังกล่าวเป็นไปอย่างถูกต้องสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพมากที่สุด

ดังนั้นปัจจุบันนี้เทคโนโลยีทางวิทยาศาสตร์และเทคนิควิธีการตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการที่ใช้ในการตรวจพิสูจน์วัตถุพยานเพื่อค้นหาข้อเท็จจริงแห่งคดีมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น แม้จะเป็นผลดีในการช่วยให้ได้ข้อมูลที่มีความกระจ่างมากขึ้น แต่ก็อาจจะทำให้บุคคลทั่วไปที่ไม่มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์เข้าใจข้อเท็จจริงเหล่านั้นยากขึ้นเช่นกัน อัยการหรือทนายจึงไม่เพียงแต่นำสืบวัตถุพยานในศาลเท่านั้นแต่จะต้องแสดงให้เห็นถึงความเกี่ยวข้องทางคดีของวัตถุพยานเหล่านั้นได้อย่างชัดเจนและปราศจากข้อสงสัย อีกทั้งจะต้องให้ความสนใจเป็นพิเศษในการนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับธรรมชาติพื้นฐานของวัตถุพยาน วิธีกานำเสนอ และการใช้ภาษาที่บุคลทั่วไปคุ้นเคยและเข้าใจง่ายมากที่สุดด้วย การให้ความรู้เกี่ยวกับวัตถุพยานที่สามารถเข้าถึงได้นี้จะช่วยให้ศาลเข้าใจประเด็น

สำคัญของพยานหลักฐานที่เกี่ยวข้องนั้น แต่ถ้าการนำเสนอทำให้ศาลสับสน ขัดแย้ง หรือไม่สามารถโน้มน้าวให้ศาลเชื่อได้ก็จะไม่บรรลุวัตถุประสงค์ของอัยการหรือทนายที่ต้องการพิสูจน์ให้ศาลเห็นว่าจำเลยนั้นได้กระทำความผิดตามฟ้องได้

2.ความรู้เรื่องผ้าและเส้นใย

textiles มาจากคำภาษาลาตินว่า “texere“ แปลว่า ”ผ้าทอ” ในสมัยแรกๆใช้กับผ้าทอเท่านั้นปัจจุบันมีความหมายกว้างขึ้นรวมถึงเส้นใย (Fibers) เส้นด้าย (Yarns) วัสดุอื่นๆที่สามารถทำเป็นผ้าได้และรวมถึงการทำผ้าลูกไม้หรือการทำด้วยวิธีอื่นๆ

2.1.ประวัติความเป็นมาเกี่ยวกับเส้นใย

มีหลักฐานยืนยันว่า การผลิตเส้นใยเพื่อทำเป็นผื่นผ้าสำหรับใช้เป็นเครื่องนุ่งห่มนั้นมีมาหลายพันปี เส้นใยที่นำมาใช้ในระยะแรกเริ่มคือ เส้นใยธรรมชาติที่ได้จากพืชและสัตว์เช่น ฝ้าย ลินิน ขนสัตว์และไหม ต่อมามีใยจากแร่ได้แก่ ใยหิน ส่วนขบวนการผลิตผ้านั้น ในสมัยก่อนนั้นเริ่มปั่นเส้นใยเป็นเส้นด้ายและทอเป็นผืนผ้าด้วยมือต่อมาใช้เครื่องจักรขนาดเล็กจนกระทั่งสามารถผลิตด้วยเครื่องจักรขนาดใหญ่ในอุตสาหกรรม เช่นในปัจจุบัน

ในราวศตวรรษที่ 20 การผลิตเส้นใยและผลิตผ้า ได้วิวัฒนาการมากขึ้น ได้มีการคิดค้นการผลิตเส้นใยกึ่งสังเคราะห์ขึ้น เส้นใยกึ่งสังเคราะห์ชนิดแรกคือ ใยเรยอน ต่อมาเป็นเส้นใยอาซีเตด และเส้นใยชนิดอื่นๆอีกประมาณ 10 กว่าชนิด จนกระทั่งปัจจุบันมีใยที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้นทั้งสิ้นประมาณ 20 ชนิด

เมื่อประมาณปี พ.ศ 2503 ได้มีการปรับปรุงคุณภาพเส้นใยและผ้าอย่างจริงจังโดยเฉพาะปรับปรุงเส้นใยสังเคราะห์ให้มีคุณภาพดีขึ้นและปรับปรุงกระบวนการผลิตผ้าโดยใช้เส้นใยธรรมชาติไปผสม มีการตกแต่งใหม่ๆเช่น การทำให้ทนยับ ไม่หด ดูแลรักษาง่ายและปรับปรุงด้านการย้อมสี การทำลวดลายให้ผ้าดูสวยงามและน่าใช้ ทนทานขึ้นอีกด้วย

2.2 คุณสมบัติของเส้นใยผ้า (Fiber Properties)

ผ้าแต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกันตามชนิดและที่มาของเส้นใย ถ้าเป็นผ้าที่มาจากเส้นใยธรรมชาติการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทำได้ยากกว่าถ้าที่ได้จากเส้นใยสังเคราะห์ซึ่งสามารถผลิตและเพิ่มเติมปรับปรุงคุณสมบัติได้ตามที่ผู้เชี่ยวชาญค้นคว้าโดยคำนึงถึงประโยชน์ใช้สอย การดูแลรักษาความสวยงามความเหมาะสมในเรื่องราคา

การศึกษาคุณสมบัติของผ้าแต่ละชนิด ก็เพื่อให้ผู้บริโภคได้ใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่าผ้าบางชนิดมีคุณสมบัติดีน่าใช้ดูแลรักษาง่าย แต่บางชนิดมีคุณสมบัติไม่น่าใช้ ทำความสะอาดและดูแลรักษายาก แม้กระทั่งขั้นตอนการตัดเย็บ เมื่อเราได้ศึกษาคุณสมบัติข้อดีข้อเสียก็สามารถเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสมตรงตามประโยชน์ใช้สอยที่เราต้องการ จึงควรทดสอบคุณสมบัติของผ้าโดยวิธีต่างๆดังนี้ คือ

การแบ่งคุณสมบัติของเส้นใย อาจแบ่งได้ตามความสำคัญ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่เส้นใยทุกชนิดจำเป็นต้องมีอย่างเพียงพอที่จะนำมา ทำเป็นเส้นด้ายและผลิตเป็นผ้า เช่น ความยาว ความเหนียว ความโค้งงอ และความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันเป็นต้น

ในคุณสมบัติที่สำคัญของเส้นใยเหล่านี้ ก็จะมีคุณสมบัติที่ช่วยเสริมให้ผ้าน่าใช้ยิ่งขึ้นเช่นความมัน การดูดซับความชื้น การยืดหดและการคืนตัว การเก็บความร้อนการทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศและสิ่งแวดล้อม เป็นต้น ซึ่งแยกกล่าวถึงคุณสมบัติแต่ละข้อโดยละเอียดต่อไปนี้

2.2.1 ความเหนียว (Tenacity)

เป็นคุณสมบัติของเส้นใยที่มีความสำคัญ เส้นใยแต่ละชนิดมีความเหนียวต่างกัน เส้นใยที่จะนำมาผลิตเป็นผ้าได้จะต้องมีความเหนียวเพียงพอที่จะปั่นเป็นเส้นด้ายและผลิตเป็นผ้าได้ จึงจะใช้ประโยชน์ได้ดีและทนทาน ความเหนียวหมายถึงความสามารถในการทนต่อแรงดึง (Tensile strength) หรือการฉีกขาดตามได้ยาวของวัตถุนั้นๆ จนถึงจุดก่อนที่จะขาดจากกัน การวัดความเหนียวของเส้นใยมักใช้วัดเป็นปอนด์ต่อตารางนิ้ว ส่วนเส้นใยยาววัดความเหนียวเป็นกรัมต่อดิเนียร์ (Denier)

ถ้าจะมีความเหนียวทนทานดีไม่ได้หมายความว่าจะต้องมีความเหนียวมากอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติหลายๆประการ ประกอบการตัวอย่างเช่น เส้นใยขนสัตว์มีความเหนียวต่ำ(1.3 กรัม ต่อ ดิเนียร์) ไม่อยู่ในเกณฑ์ที่จะนำมาผลิตเป็นผ้าได้ แต่เป็นผ้าที่มีความทนทานดีทางนี้เพราะเส้นใยขนสัตว์มีคุณสมบัติข้ออื่นดีเด่น เช่น ความยืดหยุ่นดี มีความเกาะกันดี มีการคืนตัวดี เส้นใหญ่หงิกงอ ซึ่งเส้นใยชนิดอื่นๆมีแต่น้อย เส้นใยที่มีความเหนียวมากสามารถผลิตผ้าเนื้อบางเบาได้เส้นใยบางชนิดเหนียวขึ้นเมื่อเปียกน้ำ เช่น ฝ้าย ลินิน รามี บางชนิดความเหนี่ยวลดลง เมื่อเปียก เช่น ไนลอน อไครลิค โพลีเอสเตอร์ การเพิ่มความเหนียวเมื่อเปลี่ยนจะมีประโยชน์ในการซักรีดบ่อยไม่ต้องระมัดระวังมาก

2.2.2 อัตราส่วนความยาวต่อความกว้าง (High Length-to-width Ration)

หมายถึง การเปรียบเทียบส่วนระหว่างความยาวของเส้นใยกลับเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยนั้นๆ ในการนำเส้นใยมาผลิตเป็นผ้า ความยาวของเส้นใยจะต้องไม่ต่ำกว่า 100 ส่วนต่อความกว้าง 1 ส่วน โดยให้เส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยเทียบเป็น 1 ส่วน เส้นใยที่มีความยาวประมาณ 0.5 นิ้ว มีใช้น้อย หรือแทบจะไม่ได้นำมาใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอเลย เส้นใยฝ้ายยาว 1 นิ้ว จะมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.0007 นิ้ว เมื่อคิดเป็นอัตราส่วนของความยาวต่อความกว้างแล้วจะเท่ากับ 1,400 ขนสัตว์เท่ากับ 300 ลินิน 170 รามี 3,000 เส้นใยยาวเมื่อปั่นเป็นเส้นด้ายจะเหนียวถ้าจะทนและมีเนื้อเรียบ

แสดงให้เห็นว่าความยาวของเส้นใยมีความสัมพันธ์กับความเหนียวของเส้นด้าย เล่นใหญ่บ้านเมื่อนำมาปั่นเป็นเส้นด้ายจะไม่เหนียวแต่ได้ผิวสัมผัส อ่อนนุ่ม เพราะมีปลายของเส้นใยลอยอยู่บริเวณผิวผ้า

การจำแนกเส้นใยโดยวัดตามความยาวจะแบ่งเป็น 2 ชนิดคือ เส้นใหญ่ที่มีความยาววัดเป็นนิ้วเรียกว่าเส้นใยสั้น (Staple fibers) และเส้นใยที่มีความยาวได้เป็นเมตรหรือหลักขึ้นไปเรียก ใยยาว (Filament Fiber)

2.2.3. การปรับสภาพโค้งงอได้ (Flexibility or Pliability) หรือความอ่อนตัวของเส้นใย

คือ ความสามารถจัดผ้าให้เป็นรูปแบบใดก็ได้ เส้นใยที่สามารถปรับสภาพโค้งงอได้ดีจะช่วยให้เข้าเกลียว เป็นเส้นด้ายได้ดีและง่ายกว่าเส้นใยที่แข็งปรับสภาพโค้งงอยากเมื่อนำมาตัดเย็บก็ไม่สามารถปรับตามรูปร่างได้ดี ฉะนั้นเส้นใยที่จะนำมาทอผ้าจึงต้องมีความอ่อนตัวและโค้งงอได้ดียิ่งดีมาก การเข้าเกลียวจะทำได้ดี จัดเข้ารูปง่าย ให้ความนุ่มนวล จับจีบได้ดี

2.2.4 แรงดึงดูดหรือแรงเกาะกัน (Cohesiveness) หรือ คุณภาพในการนำมาปั่น (Spining quality)

คุณสมบัตินี้จำเป็นสำหรับเส้นใยที่ต้องนำมาปั่นเป็นเส้นด้าย และทอเป็นผืนผ้าคือเส้นใยจะต้องมีคุณสมบัติก็คุ้มกันได้ดีเพราะการนำเส้นใยมาเข้าเกลียวเป็นเส้นด้าย เส้นใยจะต้องมีแรงดึงดูดระหว่างกันเกาะติดกันได้ดี

เส้นใยสั้นจำเป็นต้องมีคุณสมบัติข้อนี้มากกว่าเส้นใยยาว และถ้าเป็นเส้นใยที่มีผิวโครงสร้างภายนอกขรุขระ มีความหงิกงอจะช่วยให้เส้นใยมีการเกาะกันดีด้วย ถ้าเส้นใหญ่ยาวมีความยาวที่เป็นคุณสมบัติที่ดีเพียงพอที่จะเข้าเกลียอยู่แล้ว ไม่จำเป็นต้องมีคุณสมบัติข้อนี้มากนักก็ได้

2.2.5 ความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน (Uniformity)

ในการปั่นเส้นด้ายถ้าเป็นเส้นใยที่มีขนาดใกล้เคียงกัน มีลักษณะคล้ายคลึงกัน มีแรงเกาะกันคล้อยตามกันและปรับสภาพความโค้งงอได้ดีก็จะเข้าเกลียวได้ดี จะมีเส้นด้ายที่มีขนาดสม่ำเสมอ ซึ่งมีผลมาจากเส้นใยชนิดเดียวกัน มีลักษณะความเป็นหน่วยเดียวกันสูง แต่ถ้านำเส้นใยผสมมาปั่นเป็นเส้นด้าย จำเป็นจะต้องคำนึงถึงความเป็นหน่วยเดียวกันด้วย สำหรับเส้นใยสังเคราะห์ผู้ผลิตมักจะผลิตให้มีคุณสมบัติข้อนี้สูง นอกจากความสามารถควบคุมการผลิตได้จะต้องสะดวกต่อการนำมาปั่นเป็นเส้นด้าย ที่เรียบสม่ำเสมอกันตลอดทั้งเส้น และในการนำเส้นใยสังเคราะห์ผสมกับเส้นใยธรรมชาติก็เช่นเดียวกัน จำเป็นต้องผลิตให้มีคุณลักษณะความเป็นหน่วยเดียวกันและคล้อยตามเส้นใยธรรมชาติด้วย

คุณสมบัติทั้ง 5 ข้อ ที่กล่าวมาแล้วเป็นคุณสมบัติสำคัญที่จำเป็นต้องมีในเส้นใยที่จะนำมาผลิตผ้าทุกชนิดจะมากน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของเส้นใย

2.3 การจำแนกเส้นใย

เส้นใยที่ผลิตผ้ามีที่มาต่างๆกัน เพื่อให้สะดวกในการศึกษาค้นคว้า ซึ่งมีผู้รู้ได้จำแนกชนิดของเส้นใยปาล์มที่มาหรือปาล์มส่วนประกอบทางเคมีที่คล้ายคลึงกัน แบ่งออกได้ดังนี้

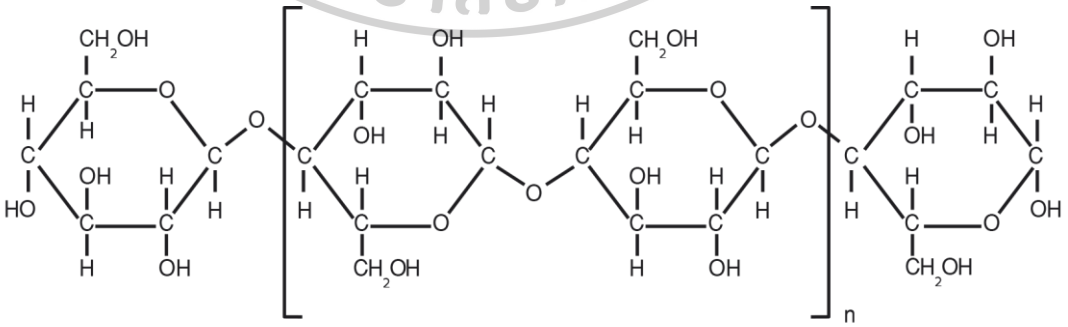
2.3.1 เส้นใยธรรมชาติ (Natural fiber) เป็นเส้นใยที่ได้จากธรรมชาติแบ่งออกเป็น

1.เส้นใยเซลลูโลส (Cellulose fiber)

เป็นกลุ่มเส้นใยที่ได้จากพืชเช่น ฝ้าย ลินิน ป่าน ปอ โครงสร้างของโมเลกุลประกอบด้วยกลุ่มแอนไฮโดรกลูโคส เกาะเกี่ยวเป็นสายโซ่ยาว โมเลกุลใหญ่ สายโมเลกุลนี้รวมกันจำนวนมากจะเกิดเป็นเส้นใยและยิ่งมีความยาวมากจะมีผลทำให้เซลลูโลสมีความเหนียวมากขึ้น soma คุณจะยาวมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับจำนวนโมเลกุลกลูโคส กลูโคสแต่ละหน่วยประกอบด้วยคาร์บอน 44.4 % ไฮโดรเจน 1.2% และออกซิเจน 49.4 %

การจัดเรียงของโมเลกุล เซลลูโลสนั้นบางตอนก็เป็นระเบียบ ขนานกันเรียกว่า (Crytalline) บางตอนไม่เป็นระเบียบ พันกันไปมาเรียกว่า Amophous การเรียงตัวไม่เป็นระเบียบของโมเลกุลเซลลูโลสจะทำให้เกิดช่องว่างแทรกอยู่ระหว่างโมเลกุลทำให้การยึดเกาะระหว่างโมเลกุลมีน้อยเส้นใยขัดความแข็งแรงส่วนกุญแจรถที่เรียงตัวกันเป็นระเบียบ จะทำให้เส้นใหญ่มีความแข็งแรง ยืดออกได้น้อย มีแรงยึดเกาะระหว่างโมเลกุลเคียงข้างด้วย Hydrogen

ภาพที่ 1 แสดงโครงสร้างของโมเลกุลกลูโคส ซึ่งยึดเกาะกันเป็นสารโมเลกุลเซลลูโลสจะเห็นว่าโมเลกุลกลูโคสจะมีหมู่ -OH อยู่หลายแห่ง ซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดปฏิกิริยาเคมีกับเส้นใยได้เช่น ปฏิกิริยาการย้อมสีสารตกแต่ง การดูดความชื้น โดยหมู่-OH จะยึดจับกับโมเลกุลของน้ำที่ผ่านเข้ามาในเส้นใย



ภาพที่ 1 โครงสร้างของเซลลูโลส

2. เส้นใยโปรตีนธรรมชาติ (Natural protien fiber)

เส้นใยโปรตีนธรรมชาติคือ เส้นใยที่ได้จากสัตว์ได้แก่ ใยขนสัตว์และใยไหม

ใยขนสัตว์ ใยที่ได้จากขนสัตว์ ที่ปกคลุมตัวสัตว์ ได้จากพ่วงขนแกะ แพะ อูฐ ลามา อัลปาก้า ขนสัตว์จากสัตว์เหล่านี้เรียกว่า hair fiber ยังมีขนสัตว์อีกประเภทหนึ่งที่มีขนาดลำตัวเล็ก เช่น ขนมิ้ง กระต่าย บีเวอร์ จะให้เส้นใยที่อ่อนนุ่มกว่าขนสัตว์ประเภทแรก fur fiber

ส่วนเส้นใยไหม เป็นใยที่ได้จากตัวไหมขับสารชนิดหนึ่งออกมาจากต่อมใกล้ปากเพื่อสร้างรังห่อหุ้มตัวเอง เพื่อให้การมีชีวิตในช่วงวัฏจักรหนึ่งของตัวไหม การนำรังไหมมาใช้จะต้องนำมาใช้ก่อนที่ตัวใหม่จะเจาะทะลุหลังออกมา เพราะจะทำให้เส้นไหมขาดเป็นท่อนๆจะได้หมายคุณภาพต่ำ

เส้นใยโปรตีนธรรมชาติ เป็นเส้นใยที่ดูดความชื้นได้ดีให้ความอบอุ่นมากกว่าเส้นใยเซลลูโลส เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ไม่ดีเกิดไฟฟ้าสถิตได้ ไม่ทนต่อด่างละลายในโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5% เมื่อเดือดและไม่ทนต่อสารฟอกขาวประเภทคลอรีน ทนกรดได้ดี และเส้นใยไหมไม่ทนต่อสารละลายกรดโลหะเข้มข้นและไม่ทนต่อแสงแดด เมื่อถูกแสงแดดนานๆจะเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีเหลือง ความเหนียวจะลดลงเมื่อเส้นใยเปียกชื้น การติดไฟลุกไหม้ช้าๆ และจะดับเอง เมื่อเอาออกจากไฟ เถ้าเป็นเม็ดก้อนกลมแข็ง เปราะง่าย มีกลิ่นคล้ายผมขน หรือเนื้อไหม้ไฟ

เส้นใยโปรตีนธรรมชาติประกอบด้วย กรดอะมิโนซึ่งจะเป็นโซ่ในรูปโพลีเปปไทด์ (Polypeptide chains) มีน้ำหนักโมเลกุลค่อนข้างสูง ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ใยขนสัตว์จะมีกำมะถันเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย การเรียงตัวของกรดอัลฟาอามิโน (Alhp amino acid)จะเป็นกากอยู่ทั่วไปในระหว่างเส้นใย

โครงสร้างของเส้นใยขนสัตว์ที่ได้จากขนสัตว์จะแตกต่างจากที่ได้จากผมภาพเป็นเส้นใยที่ได้จากขนเมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ จะมีเซลล์ชั้นนอกห่อหุ้มซ้อนกันอยู่เหมือนเกล็ดปลา ถ้าเป็นเส้นใยที่ได้จากผม จะมีลักษณะภายนอกเป็นเส้นตรงเป็นมันลื่น ไม่ค่อยยืดหยุ่น ผิวเรียบสม่ำเสมอ สัตว์ที่ใช้ขนมาทำเป็นผ้าขนสัตว์ ได้แก่ ขนแกะ นอกจากนั้นจะได้จากขนหรือผมของอูฐ แพะแคชเมียร์ ลามา อัลปาก้า แป๊ะไวคูน่า จัดเป็นขนสัตว์ชนิดพิเศษราคาแพงมากและค่อนข้างหายาก

เส้นใยโปรตีนธรรมชาติ มีความหนาแน่นน้อยกว่าเส้นใยเซลลูโลสธรรมชาติ จึงทำให้มีน้ำหนักเบากว่าเส้นใยเซลลูโลสในปริมาณที่เท่ากัน เส้นใยโปรตีนคืนตัวและยืดหยุ่นได้ดีในปัจจุบันเส้นใยโปรตีนธรรมชาติมีปริมาณการใช้ไม่เพิ่มมากนัก เนื่องจากมีการผลิตเส้นใยสังเคราะห์ เช่นไนลอน โพลีเอสเตอร์ เกิดขึ้นมากมายและยังสามารถตกแต่งให้มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกันกับเส้นใยโปรตีนธรรมชาติได้ด้วย อย่างไรก็ตามปริมาณการใช้เส้นใยโปรตีนโดยเฉพาะใยที่มาจากขนและผมของสัตว์ ยังเป็นที่ต้องการในประเทศที่มีอากาศหนาว

3. ใยธรรมชาติจากแร่ (Mineral fiber)

เช่น เส้นใยหิน (Asbestos) ใยหินเป็นใยธรรมชาติที่แยกจากหินชนิดหนึ่งที่มีสีเขียวที่เรียกว่า Serpentine หรือ Amphibole rock มีลักษณะเป็นชั้นลื่นเหมือนสบู่ หินชนิดนี้รู้จักกันมาตั้งแต่ในสมัยกรีก และโรมันตอนต้น Asbestos เป็นภาษากรีก

ใยหินที่ได้มานั้นจะถูกนำไปทำความสะอาด แยกประเภทตามความยาวแล้วจึงนำไปส่งต่อไปยังโรงงานสิ่งทอ เส้นใยหินที่จะทำเป็นเส้นใยผ้านั้นจะต้องผสมกับใยผ้าฝ้าย 5-20% หรือไม่ก็เรยอนและขนสัตว์ เพื่อปั่นให้เป็นเส้นด้ายและทอเป็นผ้าต่อไป ผ้าที่ผลิตจากใยหินนั้นมีคุณสมบัติคือทนไฟ สามารถทอเป็นผ้าได้หลากหลายชนิด ใช้ทำผ้าม่านกันไฟ ชุดเสื้อผ้ากันไฟที่ใช้สำหรับพนักงานดับเพลิง ผ้าฉนวนป้องกันไฟฟ้า เป็นต้น

<u>คุณสมบัติของใยหิน</u>

ใยหินมีความเหนียว แข็งแรง ทนความร้อนได้สูงในช่วงระละเวลาสั้นๆได้ถึง 6,000°F ใยหินทนต่อสารเคมีได้ดี

<u>การทำความสะอาดผ้าใยหิน</u>

เวลาซักต้องระมัดระวัง ถ้าไม่สกปรกมากไม่ควรซักทั้งชิ้น ควรทำความสะอาดโดยการใช้ฟองน้ำชุบน้ำเช็ดบริเวณที่เปรอะเปื้อน ก็จะสามารถเช็ดออกไปได้อย่างง่ายดาย

4. ใยยางธรรมชาติ (Natural Rubber Fiber)

เส้นใยยางยืดนั้นได้จากทั้งยางธรรมชาติและจากการสังเคราะห์ การนำเส้นใยยางมาใช้ในเสื้อผ้านั้นมักจะใช้เป็นเส้นแถบยางยืดโดยภายในมีเส้นด้ายหรือเส้นใยประเภทอื่นๆ เช่นเส้นใยฝ้าย, เรยอน หรือไนลอน มาหุ้มอยู่โดยรอบเพื่อเพิ่มคุณสมบัติที่เหมาะสมกับงานที่ผ้าที่ใช้ และป้องกันไม่ให้ใยยางเสื่อมคุณภาพเร็วเมื่อถูกความร้อนและแสงแดด

<u>คุณสมบัติที่ดีของเส้นใยยางต่อการนำมาใช้ประโยชน์</u>

สามารถยืดหดได้ดี มีความโค้งงอดี มีความคงรูปปลานกลาง เหนียวแข็งแรง ทนต่อน้ำและอากาศได้ดี ตัดหรือฉีกขาดยาก ทนต่อสารเคมีได้หลายชนิด ใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง ใช้ตัดทำชุดอาบน้ำ ผ้าพันกล้ามเนื้อ ผ้าบุรองในรองเท้า ขอบถุงเท้า ถุงมือ แถบขอบยางยืด เป็นต้น

<u>คุณสมบัติที่ไม่ดีของเส้นใยยางต่อการนำมาใช้ประโยชน์</u>

น้ำมันหรือเหงื่อไคลจากร่างกายและแสงแดด จะทำให้ยางเสื่อมคุณภาพจะยืดเสียรูปทรง ใยยางนั้นไม่ทนความร้อนสูง ถ้าความร้อนสูงเกิน 93C จะเริ่มสลายตัว เมื่อเก็บไว้นานความๆนั้นเหนียวจะลดลง การยืดหยุ่นจะเสียไปตามกาลเวลา และสารซักฟอกบางชนิดทำให้เส้นใยเสื่อมคุณภาพได้

2.3.2 เส้นใยที่มนุษย์ทำขึ้น (Man-made-fiber)

เส้นใยสังเคราะห์ (Synthetic Fiber) เป็นเส้นใยที่เกิดจากการค้นคว้าและพัฒนาโดยนักวิทยาศาสตร์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ, คุณสมบัติ และประโยชน์ใช้สอยของเส้นใยได้หลากหลายมากยิ่งขึ้นจากเส้นใยปกติทั่วไปที่ได้จากพืชและขนสัตว์ โดยในระยะแรกๆที่ได้คิดค้นเส้นใยสังเคราะห์นั้นได้เริ่มต้นจากเส้นใยที่ได้จากเซลลูโลสที่ได้จากพืชมาทำการสังเคราะห์

เส้นใยจากการสังเคราะห์ขึ้นโดยมนุษย์มี 3 ชนิดหลักๆ ได้แก่

1.เส้นใยเซลลูโลสสังเคราะห์ (Synthetic Cellulose Fibers)

เรยอน (Rayon) เป็นเส้นใยเซลลูโลสสังเคราะห์หรือเซลลูโลสที่นำมาผลิตขึ้นใหม่ (Regenerated cellulose) รู้จักกันในชื่อว่าไหมเทียม ต่อมาภายหลังเรียกว่า เรยอน และได้รับการปรับปรุงคุณภาพ ให้ดีขึ้นจนเป็นที่ยอมรับของผู้ใช้ เส้นใยเรยอนถูกคิดประดิษฐ์ขึ้นโดย นายโรเบิร์ท ฮุท (Robert Hooke) ซึ่งได้บันทึกไว้ในหนังสือ Micrographia แสดงให้เห็นถึงความเชื่อมั่นว่ายังมีวิธีที่จะคิดประดิษฐ์ เส้นใยให้เหมือนใยไหมได้

2.เส้นใยโปรตีนสังเคราะห์ (Synthetic Protein Fibers)

เส้นใยโปรตีนสังเคราะห์ (Synthetic protein fibers) ผลิตขึ้นในประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นครั้งแรก ราวๆปี ค.ศ. 1894 ในขณะนั้นใช้ชื่อว่า Vandura Silk แต่ถึงกระนั้นในครั้งแรกๆที่ผลิตขั้นก็ยังได้เส้นใยที่มีคุณสมบัติไม่ดีนัก เพราะเมื่อถูกน้ำจะสามารถละลายได้ ต่อมาในปี ค.ศ. 1904 Todtenhaupt ได้ผลิตเส้นใยโปรตีนจากหางน้ำนม (Casein) แต่ก็ยังมีคุณสมบัติที่ไม่ดีพอนั่นก็คือการที่เส้นใยนั้นไม่สามารถโค้งงอ และรวมตัวกันได้ดี จึงไม่สามารถนำมาปั่นเป็นเกลียวเส้นด้าย เพื่อที่จะทอเป็นผืนผ้าที่ดีได้

ในระหว่างปี ค.ศ. 1924-1935 Antonio Ferretli สามารถผลิตเส้นใยจากหางน้ำนม (Casein) ได้เป็นผลสำเร็จ และได้ใช้ชื่อทางการค้าเป็นครั้งแรกว่า Lanital ตั้งแต่นั้นเป็นต้นมา การผลิตเส้นใยโปรตีนสังเคราะห์จากหางน้ำนมก็ได้แพร่หลายไปยังประเทศอื่นๆ โดยผลิตขึ้นมาและใช้ในชื่อทางการค้าต่างๆกัน เช่น ในประเทศเยอรมันเรียกว่า Tiolan ประเทศฮอลแลนด์เรียกว่า Lactofil ประเทศอังกฤษเรียกว่า Fibrolene ประเทศอิตาลีเรียกว่า Merinova และสหรัฐอเมริกาเรียกว่า Aralac

นอกจากการผลิตเส้นใยโปรตีนสังเคราะห์จากหางน้ำนมแล้ว นักวิทยาศาสตร์ก็ได้ค้นคว้า เพื่อผลิตเส้นใยโปรตีนจากถั่วเหลือง ถั่วลิสงและข้าวโพดได้ประสบความสำเร็จ เช่น Vicara ได้จากข้าวโพด Ardil ได้จากถั่วลิสง ปัจจุบันมีการผลิตเส้นใยโปรตีนสังเคราะห์เพียงไม่กี่ชนิด ได้แก่ Merinova Enkasa และ wipolan แต่ก็ยังมีจำนวนน้อยมาก

3.เส้นใยโพลีเมอร์สังเคราะห์ (Synthetic Polymer Fibers)

เส้นใยสังเคราะห์จากสารเคมี (โพลิเมอร์) เป็นเส้นใยทีประดิษฐ์ขึ้นจากสารเคมีโดยวิธีการทางเคมี มีหลายชนิด เช่น ไนลอน โพลิเอสเตอร์ อะคริลิค โอลิฟิน เป็นต้น เส้นใยแต่ละชนิดมีส่วนประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน แต่ก็มีขั้นตอนในการผลิตที่คล้ายคลึงกัน

2.4 คุณสมบัติเฉพาะของเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยประดิษฐ์

2.4.1 คุณสมบัติเฉพาะของเส้นใยธรรมชาติ

คุณสมบัติเฉพาะของเส้นใยที่ได้จากพืช สัตว์ และแร่ ซึ่งแบ่งชนิดของเส้นใยธรรมชาติเป็นเส้นใยเซลลูโลส เส้นใยโปรตีน และเส้นใยแร่ โดยทั่วไปจะมีคุณสมบัติเฉพาะที่ลักษณะคล้ายคลึงกันจะแตกต่างกันบ้างที่โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีดังต่อไปนี้

1. คุณสมบัติเฉพาะของเส้นใยเซลลูโลสธรรมชาติ

เส้นใยเซลลูโลสธรรมชาติถึงแม้จะมีอยู่มากมายหลายชนิด แต่เนื่องจากทุกชนิดมีองค์ประกอบทางเคมีในหน่วยย่อยที่เหมือนกันดังนั้นจึงทำให้คุณสมบัติของเส้นใยกลุ่มนี้มีความคล้ายกัน ซึ่งส่งผลสะท้อนไปยังคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่มีความสำคัญต่อผู้ใช้ ดังสรุปในตารางที่ 2

ตารางที่ *2* แสดงคุณสมบัติเฉพาะที่เหมือนกันของเส้นใยเซลลูโลสธรรมชาติ

คุณสมบัติ	ความสำคัญต่อผู้ใช้
การดูดซึมความชื้น	ใส่สบายเหมาะกับการทำเป็นผ้าเช็ดตัวผ้าอ้อมเด็กและผ้าเช็ดหน้า
นำความร้อนได้ดี	ทำให้ผ้าเย็นสบายในหน้าร้อน
ความสามารถในการทนต่ออุณหภูมิสูง	ต้มผ้าในหม้ออบได้เพื่อการทำความสะอาด ฆ่าเชื้อโรค รีดผ้าด้วยความร้อนสูงได้
การคืนตัวจากแรงอัดต่ำ	ผ้ายับง่าย ยกเว้นในกรณีที่ผ่านกระบวนการตกแต่งสำเร็จแล้ว
เส้นใยสามารถเกาะกันแน่นในขณะเป็นด้าย	สามารถพอเป็นผืนที่มีโครงสร้าง ถี่ กันลม
เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี	ไม่สะสมประจุไฟฟ้า
ความหนาแน่นสูง (1.5+)	ผ้าที่ทอมีน้ำหนักดี เมื่อเปรียบเทียบกับผ้าที่ทอด้วยเส้นใยอื่นๆ
ถูกทำลายได้ด้วยกรด จำพวกกรดแร่ (Mineral Acid)แต่มีผลเสียเล็กน้อยเนื่องจากกรดอินทรีย์	รอยเปื้อนจากผลไม้จะสามารถกำจัดทิ้งได้ทันที ก่อนที่จะติดผ้านานจนล้างไม่ออก
ทนต่อแมลง	ง่ายต่อการเก็บรักษา
ถูกทำลายด้วยรา	ผ้าสกปรกควรระวังอย่าให้ชื้น
จุดติดไฟ	เส้นใยเซลลูโลสติดไฟได้รวดเร็ว เผาไหม้ และให้เถ้าสีเทา เบา เสื้อผ้าบางหรือที่ทอแบบหลวมๆไม่ควรเข้าเปลวไฟ

2. คุณสมบัติของเส้นใยโปรตีนธรรมชาติ

โดยทั่วไปเส้นใยโปรตีนธรรมชาติมีคุณสมบัติที่คล้ายคลึงกัน สืบเนื่องจากโครงสร้างทางเคมีเป็นประเภทเดียวกัน สมบัติเหล่านี้มีความสำคัญต่อผู้บริโภค เนื่องจากเป็นการบ่งบอกถึงการใช้งานและการดูแลรักษาผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสม ดังสรุปในไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงคุณสมบัติเฉพาะที่เหมือนกันของเส้นใยโปรตีน

คุณสมบัติ	ความสำคัญต่อผู้ใช้
การคืนตัว	ป้องกันการยับ รอยยับย่นสามารถทำให้หายได้ด้วยการแขวนทิ้งไว้ภายหลังการใช้
การดูดซึมความชื้น	สวมใส่สบายในสภาพอุณหภูมิอากาศพี่เย็นชื้นและการดูดซึมน้ำดีทำให้พรมขนสัตว์ไม่เปราะแตกง่าย
ความแข็งแรงลดลงเมื่อเปียก	ข้อระวังในขณะซักล้างขนสัตว์มีความแข็งแรงลดลง 40 เปอร์เซ็นต์ ในขณะไหมลดลงประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์
ความถ่วงจำเพาะต่ำ	ผ้าขนสัตว์น้ำหนักเบากว่าผ้าที่ทำจากเส้นใยพืชที่ความหนาเท่ากัน
ถูกทำลายได้ด้วยด่าง	ต้องใช้สบู่หรือน้ำยาซักล้างที่เป็นกลางหรือด่างอ่อน เมื่อจะมีโอกาสทำให้ความแข็งลดลง
ถูกทำลายได้ด้วยสารที่ทำให้เกิดการออกซิไดซ์	สารซักฟอกประเภทคลอรีนจะไปทำลายเส้นใยดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยง แสงแดดทำให้ผ้าเปลี่ยนสีจากสีขาวเป็นเหลือง
ถูกทำลายได้ด้วยความร้อนแห้ง	ขนสัตว์กระด้าง เปราะ และกรอบง่ายด้วยความร้อนแห้ง ถ้าเกิดการเปลี่ยนสีจากขาวเป็นเหลืองได้
ทนต่อเปลวไฟ	เผาไหม้ไม่หมด ดับไฟได้ด้วยตัวเอง ให้กลิ่นเหมือนการเผาเส้นผม โดยมีขี้เถ้าสีดำและสามารถบดแตกได้

3. คุณสมบัติเฉพาะของเส้นใยประดิษฐ์

เส้นใยประดิษฐ์ คือเส้นใหญ่ที่ประดิษฐ์ขึ้นจากสารเคมีโมเลกุลเล็กๆ หรือสารโพลิเมอร์ธรรมชาติไปทำปฏิกิริยาเคมีด้วยวิธีการทางเคมีที่เหมาะสม หรืออาจเรียกได้ว่าเป็นเส้นใยสังเคราะห์ สามารถแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ๆ 2 กลุ่มคือ เส้นใยประดิษฐ์ที่มีส่วนประกอบของโพลิเมอร์ธรรมชาติ และเส้นใยประดิษฐ์ที่มีส่วนประกอบสารเคมีโมเลกุลเล็กเท่านั้น ซึ่งเส้นใยประดิษฐ์แต่ละชนิดจะมีส่วนประกอบทางเคมีที่แตกต่าง แต่มีกระบวนการผลิตที่คล้ายคลึงกันจึงทำให้เส้นใยเหล่านี้มีคุณสมบัติทั่วไปที่เหมือนกัน ตารางสรุปในตารางที่ 4

ตารางที่ *4* แสดงคุณสมบัติเฉพาะที่เหมือนกันในเส้นใยประดิษฐ์

คุณสมบัติ	ความสำคัญต่อผู้ใช้
อ่อนไหวต่อความร้อน	ถ้าใช้ความร้อนสูงเกินไป ถ้าจะอดและหลอมเหลวเกิดเป็นรู สามารถจับจีบได้ด้วยความร้อนเป็นยาอยากตกแต่งให้มีความสุขกูก็นุ่มได้สูงทำเป็นขนสัตว์เทียมได้
ทนต่อสารเคมีส่วนใหญ่	สามารถนำไปเป็นเสื้อผ้าในห้องปฏิบัติการและห้องทำงานที่ใช้สารเคมี
ทนต่อแมลงและรา	เก็บรักษาง่ายเหมาะกับการใช้เป็นผลิตภัณฑ์พวกถุงทรายหรือเต็นท์
ดูดซึมความชื้นต่ำ	เสื้อผ้าแห้งเร็ว ทนต่อรอยด่างจากน้ำ เช็ดออกได้ง่าย ใส่ไม่สบายนะในอากาศที่ชื้นมีโอกาสเกิดปัญหาไฟฟ้าสถิต ไม่หดตัวเนื่องจากน้ำ ย้อมสียาก
เป็นพวกที่เข้ากับน้ำมันได้	น้ำมันและไขถูกดูดซึมเข้าเส้นใยซึ่งสามารถซักออกได้ด้วยน้ำยาซักแห้ง
ไฟฟ้าสถิต	เสื้อผ้าแนบตัวผู้ใส่ โดยเฉพาะสภาพอากาศเย็นและแห้งจะเกิดการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าเกิดปัญหาไฟฟ้าสถิต
ทนต่อการขัดถูได้ดี(เส้นใยอะคริลิกต่ำที่สุด)	ใช้งานได้นานไม่เกิดการขาดหรือเป็นรู สีติดนาน
ความแข็งแรงดี	เส้นใยที่แข็งแรงนำไปทำเป็นเชือก สายพาน ถุงน่อง สามารถทนได้สูงในสภาพที่ถูกแรงดึง

การคืนตัวจากแรงอัด	รักษาง่าย เป็นผ้าที่เรียกว่าซักแล้วใส่ได้เลยเหมาะกับการใช้เพื่อการเดินทาง
คุณสมบัติ	ความสำคัญต่อผู้ใช้
ทนต่อแสงแดด	เหมาะกับการใช้งานด้านเฟอร์นิเจอร์ภายนอกบ้าน
ความหนาแน่นหรือความถ่วงจำเพาะ	แตกต่างกัน แต่ส่วนใหญ่มักจะเบา
การเกิดขุย	อาจเกิดได้ในผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเส้นใยนั้น

มนุษย์รู้จักนำเส้นใยธรรมชาติมาเป็นเครื่องนุ่งห่มและเครื่องใช้ต่างๆมานานดังนั้นหลักฐานทางประวัติศาสตร์และโบราณคดีที่มีการขุดพบซากชิ้นส่วนของเครื่องทอ วงล้อปั่นด้าย ไม้ปั่นด้าย ที่กรอด้าย และชิ้นส่วนหรือเศษผ้า แถบทะเลสาบสวิสและหลุมฝังศพในประเทศอียิปต์ เต้นใหญ่ที่นิยมใช้กันมากประเภทเส้นใยธรรมชาติจากพืชและสัตว์ได้แก่ฝ้าย ลินิน ขนสัตว์ ไหม ปลายศตวรรษที่ 18 มีการผลิตเส้นใยสังเคราะห์ขึ้นมาชนิดแรกคือ เรยอน ให้เกิดขึ้นในประเทศอังกฤษ สิ่งทอยุคแรกๆ มีกระบวนการง่ายๆ จากการปั่นเส้นด้ายและนำไปทอหรือถักพร้อมที่จะนำไปทำเครื่องนุ่งห่มหรือเครื่องใช้ต่างๆ ต่อมากระบวนการผลิตสิ่งทอวิวัฒนาการขึ้น มีการผลิตเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์สำหรับการปั่นด้าย

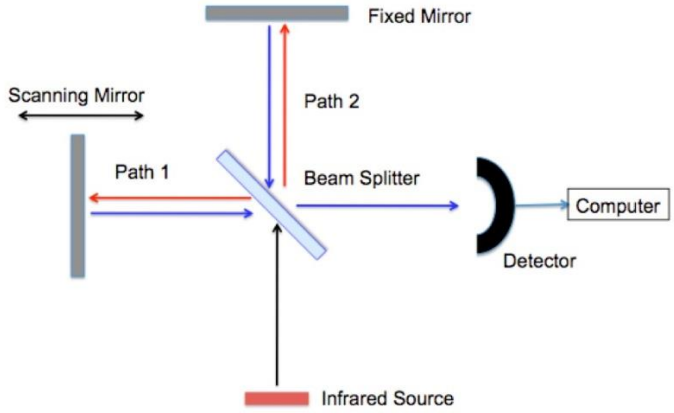
3.**หลักการพื้นฐานของเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์**

3.1 เทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

เทคนิคฟูเรียร์ทรานสฟอร์ม อินฟราเรดสเปคโตรสโคปี (Fourier Transform Infrared Spectroscopy, FTIR) FTIR เป็นเทคนิคอินฟราเรดสเปคโตรสโคปีที่ใช้ อินเตอร์เฟอโรมิเตอร์ (Michelson Interferometer) ในการทำหน้าที่แยกแสงที่ผ่านออกจากเซลล์บรรจุสารตัวอย่างออกเป็นความยาวคลื่นต่างๆ (แทนที่การใช้โมโนโครมาเตอร์ในกรณีของเครื่องมืออินฟราเรดแบบดิสเพอร์สีพหรือแบบลาแสงคู่)

สำหรับในอุปกรณ์ อินเตอร์เฟอโรมิเตอร์นั้น จะประกอบไปด้วยกระจกแบนราบ (planar mirrors) 2 แผ่นที่วางทำมุมตั้งฉากกัน โดยจะมี 1 แผ่นวางอยู่กับที่ (fixed mirror) ในขณะที่กระจกอีกหนึ่งแผ่นจะ เคลื่อนที่กลับไปกลับมาด้วยความเร็วคงที่ ในทิศทางที่ตั้งฉากกับระนาบของผิวกระจก

ดังกล่าว (หรือกล่าวอีก นัยหนึ่งคือเคลื่อนที่ขนานกับกระจกอีกแผ่นที่อยู่กับที่) นอกจากนั้นยังมีตัวแยกลำแสง (beam splitter) ซึ่งวางทำมุม 45 องศา อยู่ระหว่างกระจกทั้ง 2 ซึ่ง beam splitter นี้จะทำหน้าที่แบ่งแยกลำแสงที่ออกมาจากแหล่งกำเนินแสงให้แยกออกเป็น 2 ส่วน กล่าวคือ 50 % ของลำแสงจะทะลุผ่าน beam splitter เข้าไปสู่ fixed mirror ในขณะที่อีก 50 % ของลำแสงที่ เหลือจะหักเหไปสู่กระจกที่เคลื่อนที่ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การทำงานของ interferometer

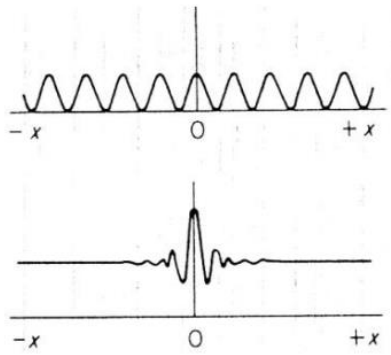
อนึ่งสำหรับอุปกรณ์ beam splitter นี้ จะประกอบไปด้วยฟิล์มของโลหะ (เช่น Fe_2O_3 , Ge) บางที่ เคลือบอยู่บนผิวของวัสดุรองรับ เช่น quartz, KBr, CsI เป็นต้น [ตารางที่ 4] นอกจากนั้นหากสังเกตให้ดีจะพบว่าบริเวณด้านล่างของ beam splitter จะมีตัวชดเชย (compensator) ซึ่งเป็นแผ่นวัสดุที่มีความหนาเป็น 2 เท่าของแผ่น beam splitter และจะทำหน้าที่ปรับหรือ ชดเชยระยะความยาวเส้นทางของการเดินทางของแสง (optical path length) ทั้ง 2 แกนให้เท่ากัน

ตารางที่ *5* แสดงตัวอย่างของวัสดุที่ใช้ทำ window cells สำหรับเทคนิค FTIR

สารเคลือบ	วัสดุฐานรอง	ช่วงความยาวคลื่นที่เหมาะสม (μm)
Fe_2O_3	Quartz	0.65-2.5
Fe_2O_3	CaF	1.0-5.0
Ge	KBr	2.7-25.0
Ge	CsI	10.0-50.0

ผลจากการแยกแสงและการสะท้อนของแสงในลักษณะดังกล่าวจะทำให้รูปแบบของคลื่นแสงที่จะเข้า สู่ดีเทคเตอร์ถูกรบกวนให้เปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้ทั้งนั้นขึ้นอยู่กับระยะทางของกระจกที่เคลื่อนที่ moving mirror (หรือระยะ x) ด้วย (หรือขึ้นอยู่กับเวลาเนื่องจากกระจกเดินทางด้วยความเร็วคงที่) ในกรณีที่แสงที่เข้ามาสู่อินเตอร์เฟอโรมิเตอร์เป็นแสงที่มีความถี่เดียว (หรือมีความยาวคลื่นค่าเดียว ซึ่งเรียกว่า mono-chromatic light) แสงที่ผ่านออกจากอินเตอร์เฟอโรมิเตอร์ (Interferogram) จะมีลักษณะ ดังรูปซึ่งประกอบไปด้วยจุดสูงสุดของคลื่น (maximum) ซึ่งเกิดจากการที่ลำแสงที่เดินทางสะท้อนกลับมาจาก กระจกทั้ง 2 มีช่วงคลื่นตรงกัน (in phase) และจุดต่ำสุดของคลื่น (minimum) ซึ่งเกิดจากการที่แสงที่เดินทาง กลับมาจากกระจกทั้ง 2 มีช่วงคลื่นที่ไม่ตรงกัน (out of phase) ซึ่งในกรณีนี้จะพบว่าที่ระยะทาง x ใดๆ ก็ตาม แสงที่ได้จะมีความถี่คงที่

แต่ในกรณีที่แสงที่เดินเข้าสู่อินเตอร์เฟอโรมิเตอร์เป็นแสงที่มีหลายความถี่หรือหลายความยาวคลื่น (polychromatic light หรือ broadband light source) แสงที่เกิดจากการรวมกันเพื่อจะออกไปสู่ดีเทคเตอร์ (Interferogram) นั้นจะถูกแยกออกเป็นความถี่ต่างๆ ขึ้นอยู่กับระยะทาง x



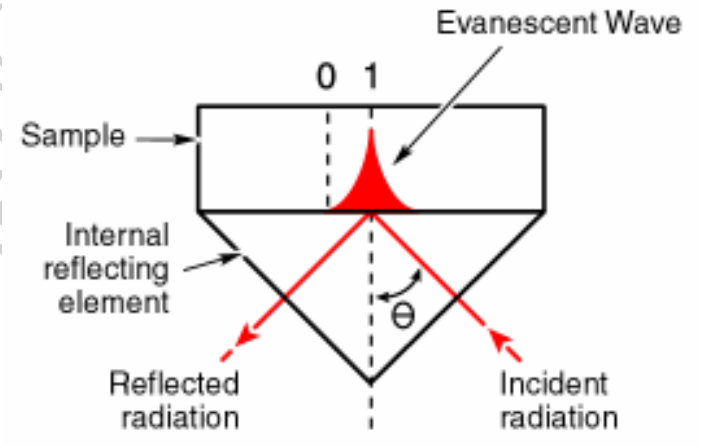
ภาพที่ 3 การแทรกสอดของลำแสงที่สะท้อนกลับในกรณีที่เป็นแสงความถี่เดียวและแสง polychromatic

ซึ่งสัญญาณของแสงที่รวมกันใหม่เพื่อจะเข้าสู่ดีเทคเตอร์ในลักษณะนี้มีลักษณะเป็น time domain (หรือกราฟคลื่น sine wave ที่สัมพันธ์กับแกนระยะทางหรือเวลา เนื่องจากกระจกเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่) จะถูกถอดรหัสหรือแปลงไปเป็น frequency domain หรือกราฟที่สัมพันธ์กับแกนความถี่ โดยใช้วิธีการทาง คณิตศาสตร์ที่เรียกว่า Fourier transform ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการแปลงจะถูกนำไปเขียนเป็นสเปคตรัม อินฟราเรด (กราฟระหว่างปริมาณความเข้มของแสงกับความถี่หรือเลขคลื่น) ต่อไป ประเด็นสุดท้ายที่ต้องกล่าวถึงเกี่ยวกับเทคนิคฟูเรียร์ทรานฟอร์มอินฟราเรด คือข้อดี

ของเทคนิค ดังกล่าวซึ่งได้แก่ความรวดเร็วในการวิเคราะห์ (เมื่อเทียบกับการใช้ grating ในการแยกแสงแบบเดิม) โดยจะ ใช้เวลาในการวิเคราะห์ไม่นาน (วินาที) ในขณะที่การวิเคราะห์ด้วยเครื่องอินฟราเรดแบบลำแสงคู่หรือแบบดิสเพอร์สีพ (dispersive IR) จะใช้เวลาหลายนาที

3.2 เทคนิค Attenuated Reflection Infrared Spectroscopy (ATR)

เทคนิค ATR Attenuated Reflection Infrared Spectroscopy (ATR) เป็นเทคนิคอินฟราเรดในอีกรูปแบบหนึ่ง ที่มีกลไกการท างานต่างไปจากเทคนิคอินฟราเรดแบบแสงทะลุผ่านสารตัวอย่าง (transmission mode IR) ที่ได้กล่าวถึงที่ผ่านมา โดยในกรณีของ ATR แสงอินฟราเรดจะตกกระทบสารตัวอย่างซึ่งวางทาบอยู่บน window cell (เป็นสารจeพวกผลึก เช่น Ge หรือ ZnSe) ซึ่งถ้ามุมที่แสงตกกระทบมีค่าน้อยกว่า 90 องศา แสงจะเดินทางทะลุเข้าไปในผิวชิ้นงานได้เพียงไม่กี่ไมโครเมตรและแสงส่วนที่เหลือจากการถูกดูดกลืนโดย พอลิเมอร์ที่ผิวจะสะท้อนออกมา (reflected beam) เพื่อเข้าสู่ดีเทคเตอร์



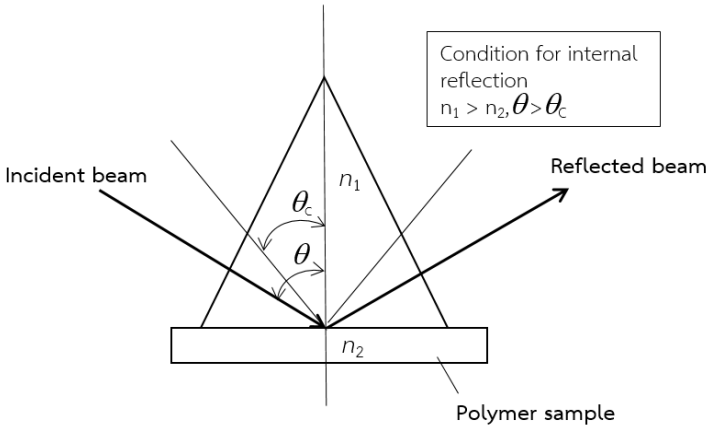
ภาพที่ *4* แสดงการสะท้อนกลับของแสงในระบบ ATR

ซึ่งการวิเคราะห์ในแบบ ATR นี้ จะใช้อุปกรณ์เสริม (accessory) ต่อพ่วงเข้าไปกับเครื่องมืออินฟราเรดสเปคโตรส-โคป

ในกรณีนี้นั้น การสะท้อนจะเกิดขึ้นได้ ด้วยเงื่อนไข 2 ประการ ดังแสดงในภาพที่ 5 คือ

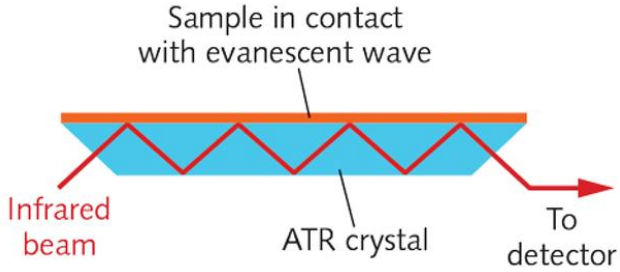
1. มุมที่แสงตกกระทบจะต้องมากกว่ามุมวิกฤต ($\theta \rangle \theta_C$)

2. ดัชนีหักเหของพอลิเมอร์จะต้องมากกว่าดัชนีหักเหของวัสดุที่ใช้ทำ window cell ($n_1 \rangle n_2$)



ภาพที่ 5 แสดงเงื่อนไขสำหรับการสะท้อนแสงแบบ single internal reflection

นอกจากนั้น สัญญาณที่ได้จะมีปริมาณมากขึ้นและพีคที่ได้จะมีความสูงมากขึ้น หากสามารถทำการวัดความเข้มของแสงที่ได้จากการสะท้อนหลายๆ ครั้ง ดังเช่นในกรณีของเทคนิค multiple internal reflections IR (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 6 แสดงการสะท้อนแสงแบบ multiple internal reflection

บทที่ 3
วิธีดำเนินการศึกษาวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการตรวจสอบผ้าฝ้ายที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยกล้องจุลทรรศน์ดิจิทัลและเทคนิค Attenuated Total Reflection - Fourier Transform Infrared (ATR-FTIR) เพื่อประยุกต์ใช้ในทางนิติวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีวิธีการดำเนินการศึกษาวิจัยในลักษณะการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อเป็นการตรวจสอบผ้าฝ้ายที่ผ่านการให้ความร้อนซึ่งในศึกษาทางสัญฐานวิทยาจะเปรียบเทียบความแตกต่างของผ้าฝ้ายด้วยตาเปล่าและเปรียบเทียบภายในเส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์ ส่วนการศึกษาทางเคมีของเส้นใยของผ้าฝ้ายโดยเครื่อง Attenuated total reflectance – Fourier transform infrared (ATR-FTIR) โดยมีขั้นตอนในการศึกษาวิจัยดังนี้

1. **ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง**

ผู้วิจัยได้กำหนดกลุ่มประชากรเป้าหมาย คือ ชนิดผ้าที่ทอมาจากเส้นใยธรรมชาติได้แก่ผ้าฝ้าย (cotton) 100% เนื่องจากเส้นใยผ้าฝ้ายมักนิยมนำไปตัดเย็บเป็นเครื่องนุ่งห่มเพื่อการบริโภค สำหรับอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทดลองโดยใช้อุณหภูมิตั้งแต่ 300 องศาเซลเซียส ถึง 500 องศาเซลเซียส และจับเวลาตั้งแต่เริ่มวางผ้ากับเครื่องทำความร้อนจนผ้าเปลี่ยนสีหรือเกิดการรุกไหม้ของผ้าตัวอย่าง

ตารางที่ *6* แสดงอุณหภูมิและระยะเวลาในการทดลองในการผ่านความร้อนของผ้าฝ้าย

อุณหภูมิ/เวลา	30 วินาที	60 วินาที	120 วินาที	180 วินาที	240 วินาที	300 วินาที	360 วินาที
300°C							
400°C							
500°C							

2. เครื่องมือในการศึกษาวิจัย

เครื่องมือในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

2.1 อุปกรณ์ในการตัดผ้าตัวอย่าง

2.2 กล้องถ่ายภาพยี่ห้อ CANON รุ่น DSLR 700D

2.3 กล้องจุลทรรศน์ดิจิตอลยี่ห้อ SYNERGY รุ่น X4-1000x

2.4 เครื่อง Attenuated total reflectance – Fourier transform infrared (ATR-FTIR) ยี่ห้อ PERKINELMER รุ่น Spectrum 100

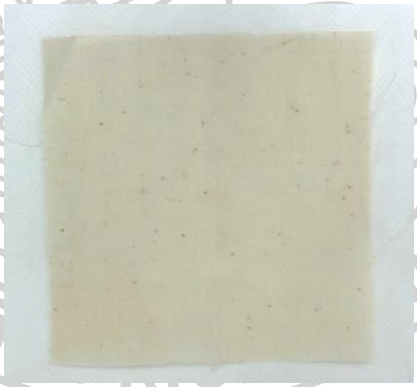
2.5 อินฟราเรดเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอลยี่ห้อ BENETECH รุ่น GM 1350

2.6 เครื่องทำความร้อน (Hotplate) ยี่ห้อ IKA รุ่น C-MAG HS7

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 การตัดตัวอย่างผ้า

โดยในการตัดชิ้นตัวอย่าง ผ้าฝ้าย (cotton) 100% ขนาด 5 x 5 เซนติเมตรสำหรับการทดลองทางสัญฐานวิทยาและทางเคมี เพื่อเตรียมไว้สำหรับการวิเคราะห์ ATR-FTIR พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลลักษณะทางสัญฐานวิทยาของกลุ่มตัวอย่างผ้า



ภาพที่ 7 ลักษณะของผ้าฝ้ายบริสุทธิ์ก่อนทำการทดลอง

3.2 สภาวะในการผ่านความร้อน

3.2.1 เตรียมเครื่องทำความร้อน (Hotplate) สำหรับการทดลอง ทำการวัดอุณหภูมิที่ต้องการรอจนอุณหภูมิคงที่

3.2.2 เตรียมตัวอย่างผ้าตัวอย่างสำหรับการผ่านความร้อนโดยวางผ้าตัวอย่างบนเครื่องทำความร้อน (Hotplate) เพื่อให้ผ้าสัมผัสกับความร้อนที่อุณหภูมิที่กำหนดและมีการ

เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ 300°C, 400°C และ 500°C ที่เวลาต่างๆโดยจับเวลาตั้งแต่ 30 วินาทีถึง 120 วินาที ดังภาพที่ 8

ภาพที่ 8 ผ้าตัวอย่างที่ทดลองการผ่านความร้อนโดยวางบนเครื่องทำความร้อน

3.2.3 เมื่อผ้าที่ผ่านความร้อนเป็นที่เรียบร้อยแล้ว นำผ้าออกจากเครื่องทำความร้อน (Hotplate) มาผึ่งลมให้เย็น แล้วนำไปทดลองคุณสมบัติทางสัญฐานวิทยาและเคมีต่อไป

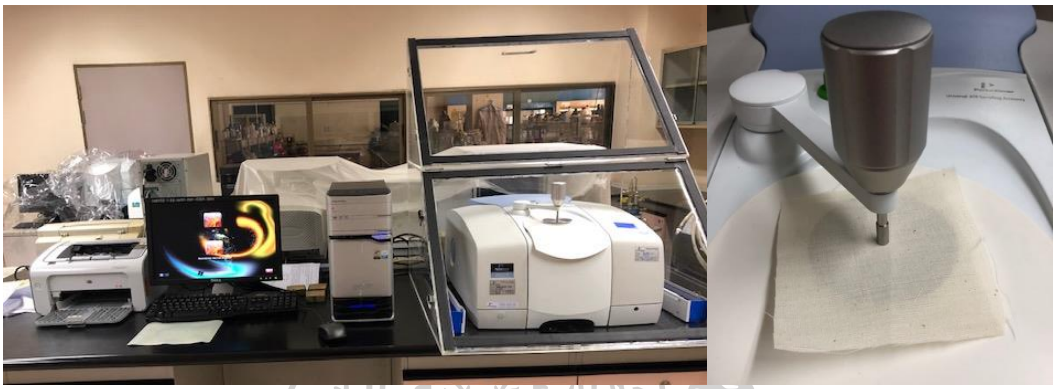
3.3 การทดลองคุณสมบัติทางสัญฐานวิทยาและทางเคมี

3.3.1 การประเมินเปรียบเทียบความแตกต่างของผ้าตัวอย่างโดยการสังเกตพร้อมถ่ายภาพผ้าตัวอย่างพร้อมผ้าก่อนการทำการทดลองและหลังทำการทดลอง

3.3.2 ศึกษาลักษณะทางกายภาพภายในของเส้นใยผ้าตัวอย่างโดยทำการทดลองโดยทำการตรวจสอบโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 1000 เท่า

ภาพที่ 9 การตรวจสอบทางสัญฐานวิทยาภายในของเส้นใยผ้าฝ้ายโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ดิจิตอล

3.3.3 ศึกษาลักษณะทางเคมีของเส้นใยผ้าตัวอย่างและผ้าก่อนการทำการทดลอง โดยทำการวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Attenuated total reflectance – Fourier transform infrared (ATR-FTIR)



ภาพที่ 10 การทดลองทางเคมีโดยทำการตรวจสอบโดยใช้เครื่อง Attenuated total reflectance – Fourier transform infrared (ATR-FTIR)

ในการวิเคราะห์ผ้าฝ้ายอย่างจะใช้เครื่องมือ Attenuated total reflectance – Fourier transform infrared (ATR-FTIR) สำหรับการทำการวิเคราะห์ตามสภาวะดังนี้

Range : 4000-380 cm^{-1}

Units : %T

Scan number : 16

Resolution : 4.00 cm^{-1}

โดยนำว่าผ้าตัวอย่างขนาด 5x5 cm ลงบนเครื่อง ATR-FTIR แล้วทำการวิเคราะห์จากนั้นนำผลสเปกตรัมที่ได้ ไปวิเคราะห์หาตำแหน่งของพีค และประมวลผลการทดลองต่อไป

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

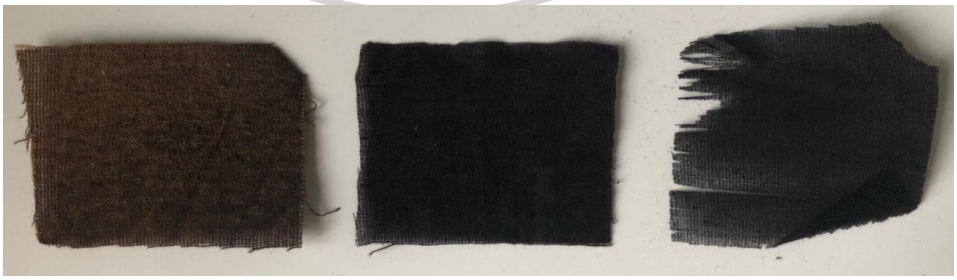
การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการตรวจสอบผ้าฝ้ายที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยกล้องจุลทรรศน์ดิจิทัลและเทคนิค Attenuated Total Reflection - Fourier Transform Infrared (ATR-FTIR) เพื่อประยุกต์ใช้ในทางนิติวิทยาศาสตร์เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลผ้าฝ้ายที่ผ่านความร้อนแต่ละอุณหภูมิในช่วงเวลาต่างๆเพื่อมาวิเคราะห์เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัญฐานวิทยาและทางเคมีแล้วนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. การวิเคราะห์ทางสัญฐานวิทยาของผ้าฝ้ายหลังจากผ่านความร้อน

1.1 การเปลี่ยนแปลงของลักษณะภายนอกของผ้าฝ้าย

(A) (B)

ภาพที่ 11 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผ้าฝ้ายบริสุทธิ์ที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า(A) และหลังผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 500°C นาน 30 วินาที(B)



(A) (B) (C)

ภาพที่ 12 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผ้าฝ้ายบริสุทธิ์ที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าหลังผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 400°C เป็นเวลานาน 30 วินาที(A) 60 วินาที(B) และ120 วินาที(C)

(A) (B) (C)

(D) (E) (F)

(G)

ภาพที่ 13 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผ้าฝ้ายบริสุทธ์ที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าหลังผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 300°C เป็นเวลานาน 30 วินาที(A) 60 วินาที(B) 120 วินาที(C) 180 วินาที(D) 240 วินาที(E) 300 วินาที(F) และ 360 วินาที(G)

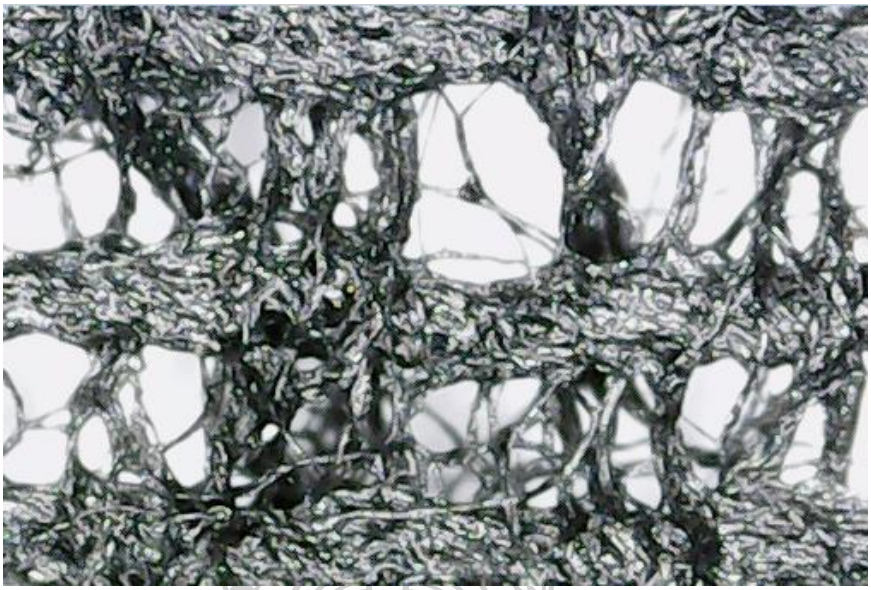
การวิเคราะห์ทางสัณฐานวิทยาที่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าของผ้าฝ้ายบริสุทธ์หลังจากการทดลองการผ่านความร้อนพบว่าผ้าฝ้ายแสดงให้เห็นถึงความเสียหายจากการมีสีที่เปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนที่แสดงดังภาพที่10-13 พบว่าที่ผ้าก่อนผ่านความร้อนผ้ามีสีขาวอมเหลืองเนื่องจากผ้าฝ้ายตัวอย่างไม่ได้รับความเสียหายจากการฟอกย้อมและเมื่อนำมาผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 300°C สีจะ

ค่อยๆเปลี่ยนจากสีขาวเหลืองไปเป็นสีน้ำตาลและสีดำในที่สุดนอกจากนี้มีความเปราะบางหักง่ายของผ้าตัวอย่างเพิ่มขึ้นด้วยยกเว้นผ้าฝ้ายก่อนผ่านความร้อนและที่อุณหภูมิ 300°C ที่เวลา 30 วินาที และ 60 วินาทีตามลำดับส่วนการเปลี่ยนแปลงของสีที่อุณหภูมิ 400°C และ500°C พบการเปลี่ยนแปลงของสีที่รวดเร็วและที่อุณหภูมิ 500°C พบว่ามีการรุกไหม้ของผ้าฝ้ายบางส่วนตั้งแต่วินาทีที่ 30 วินาทีส่วนความเปราะบางหักง่ายของผ้าฝ้ายที่ผ่านความร้อนอุณหภูมิ 400°C และ500°C พบความเปราะบางหักง่ายตั้งแต่วินาทีที่ 30 วินาทีดังนั้นอุณหภูมิและระยะเวลาในผ่านความร้อนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีได้แตกต่างกันและความเปราะบางหักง่ายของผ้าฝ้าย

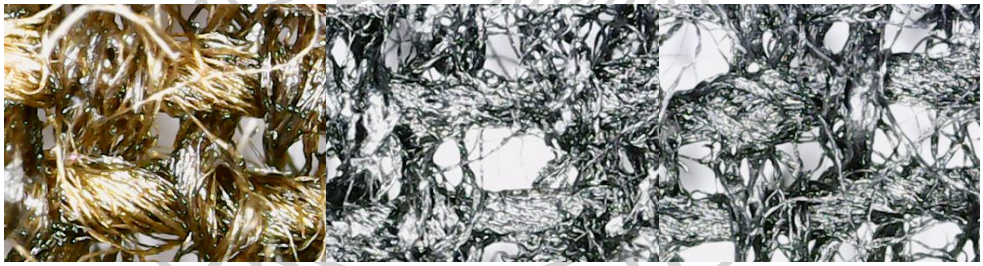
1.2 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายในของผ้าฝ้ายโดยตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ดิจิทัล

ผ้าตัวอย่างได้แก่ผ้าฝ้าย (cotton) 100% ไม่ได้ผ่านการฟอกสีขนาด 5x5 เซนติเมตรซึ่งจากลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเส้นใยผ้าฝ้าย (cotton) 100% ก่อนและหลังได้รับการผ่านความร้อนที่อุณหภูมิและเวลาที่แตกต่างกันในการทดลอง โดยการตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ดิจิตอลที่กำลังขยาย 1000 เท่าเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาภายในของผ้าฝ้ายบริสุทธ์ที่อุณหภูมิและเวลาที่แตกต่างกันแสดงดังภาพที่ 14-17

ภาพที่ 14 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผ้าฝ้ายบริสุทธ์โดยตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ก่อนการทดลองให้ความร้อน

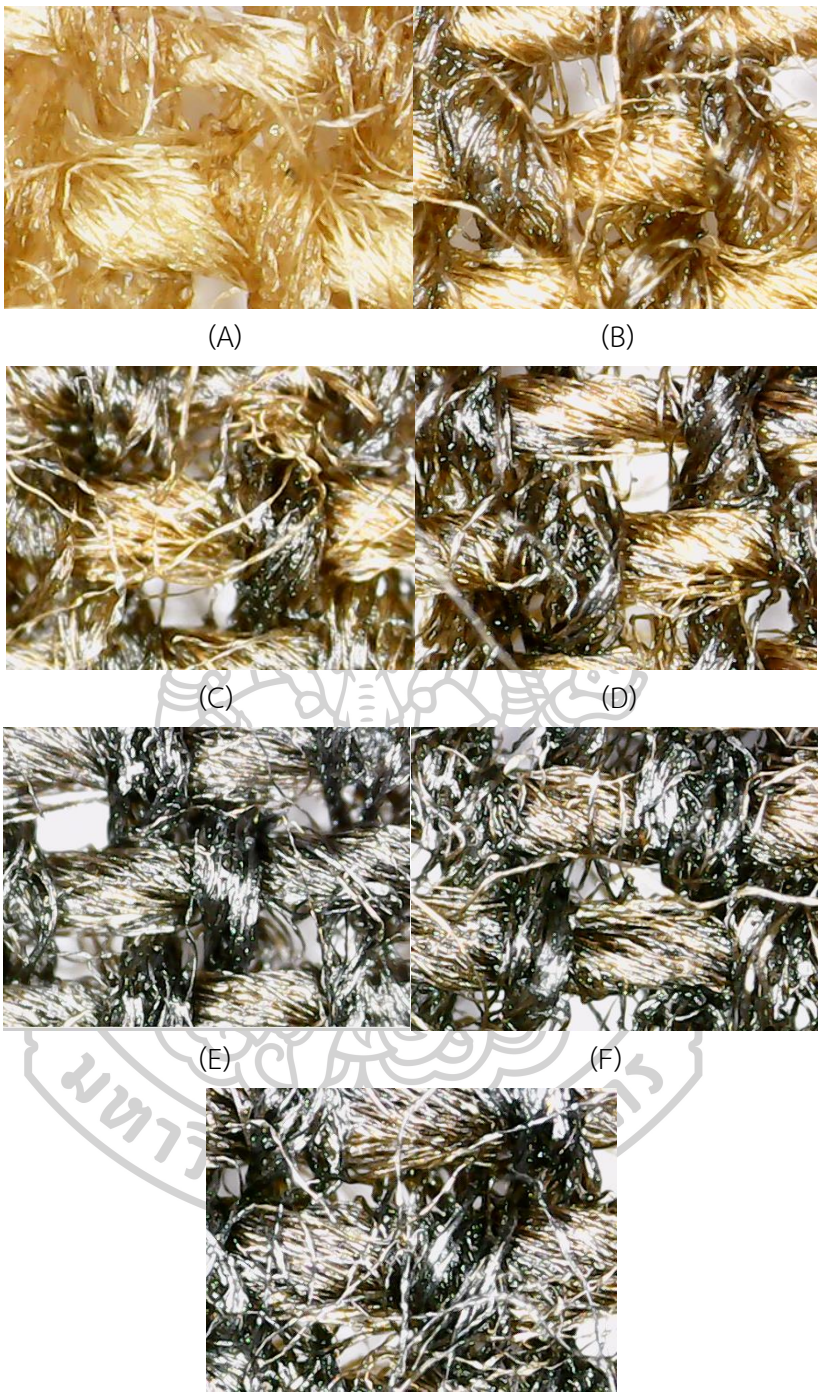


ภาพที่ 15 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผ้าฝ้ายบริสุทธิ์โดยตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์หลังจากให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 500°C นาน 30 วินาที



(A) (B) (C)

ภาพที่ 16 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผ้าฝ้ายบริสุทธิ์โดยตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์หลังหลังจากให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 400°C เป็นเวลานาน 30 วินาที(A) 60 วินาที(B) และ120 วินาที(C)



(A) (B)

(C) (D)

(E) (F)

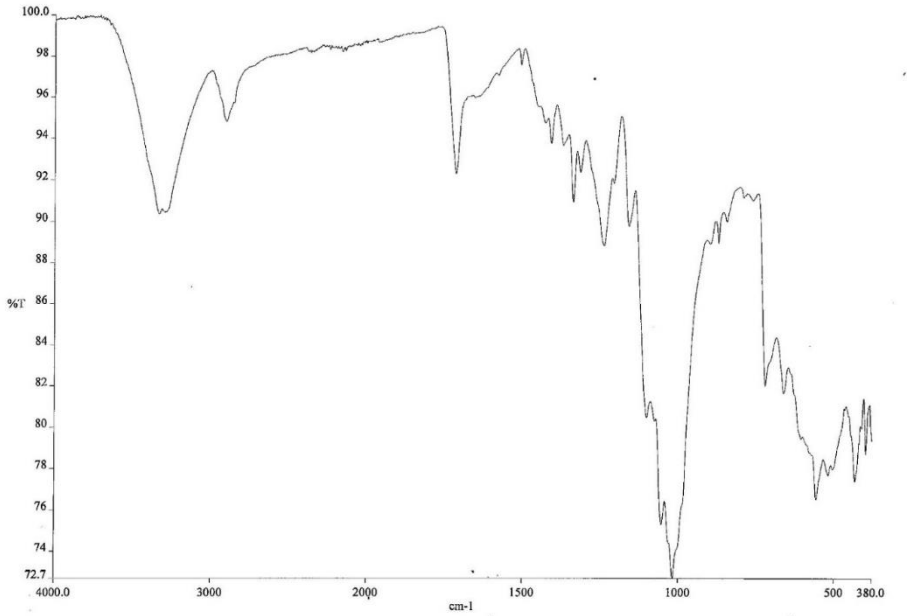
(G)

ภาพที่ 17 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผ้าฝ้ายบริสุทธิ์โดยตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์หลังหลังจากให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 300°C เป็นเวลานาน 30 วินาที(A) 60 วินาที(B) 120 วินาที(C) 180 วินาที(D) *240* วินาที(E) 300 วินาที(F) และ 360 วินาที(G)

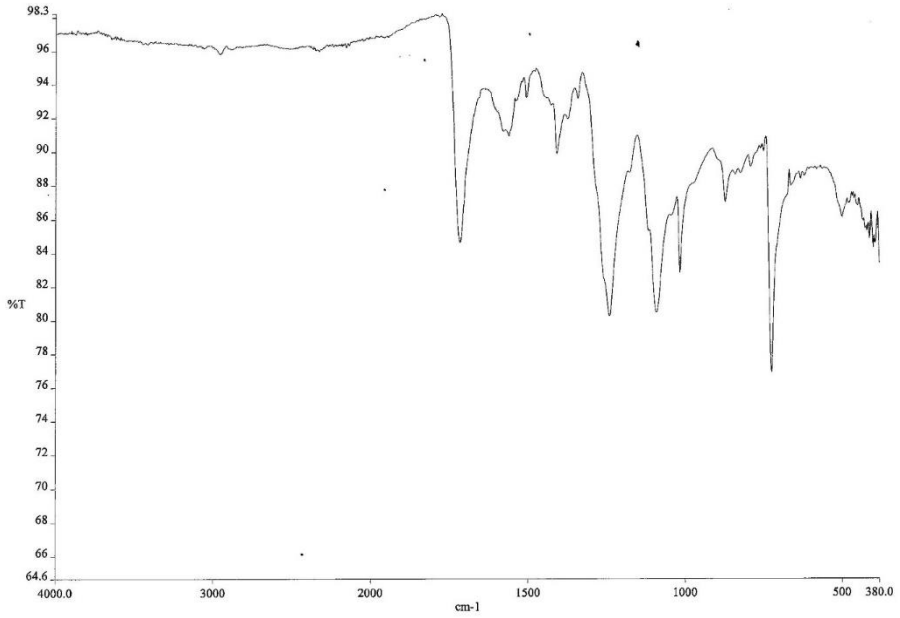
การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายในของผ้าฝ้ายบริสุทธ์โดยตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ พบว่าผ้าฝ้ายตัวอย่างที่ไม่ถูกความร้อนมีเส้นใยมีสีขาว มีการจัดเรียงของเส้นใยอย่างเป็นระเบียบ เส้นใยไม่ถูกทำลาย มีลักษณะมันเงาที่พื้นผิวเส้นใย ดังภาพ 14 แต่เมื่อนำผ้าฝ้ายมาให้ความร้อน พบว่าผ้าฝ้ายมีความเสียหายของเส้นใยจากการถูกความร้อน โดยเริ่มจากสีของเส้นใย พบว่าเส้นใยค่อยๆเปลี่ยนจากสีขาวเหลืองไปเป็นสีน้ำตาลและสีดำในที่สุดภาพที่ 17A-G นอกจากนี้จากกล้องจุลทรรศน์ ยังพบความเสียหายของเส้นใยและการเรียงตัวของเส้นใยบางส่วนของผ้าตัวอย่าง ดังแสดงในภาพที่ 16C,D,E เป็นรูปภาพเส้นใยเมื่อถูกให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 400°C เป็นเวลา 30 นาที 60 นาที และ 120 นาทีตามลำดับ พบว่า เส้นใยมีสีดำมากขึ้นและมีการหดสั้นของเส้นใยมากขึ้นเมื่อถูกให้ความร้อนเป็นเวลานานขึ้น ส่วนภาพที่ 15 เป็นภาพเส้นใยที่ถูกให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 500°C เป็นเวลา 30 วินาที พบความเสียหายของเส้นใยและการมอดไหม้อย่างชัดเจนเส้นใยเปลี่ยนเป็นสีดำ มีการหดสั้นของเส้นใย มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเส้นใย และลักษณะของพื้นผิวเส้นใยที่เปลี่ยนไป

2. **การวิเคราะห์ทางเคมีของผ้าฝ้ายบริสุทธ์หลังจากการสัมผัสความร้อนโดยเทคนิค** ATR-FTIR

เมื่อนำผ้าฝ้ายบริสุทธ์คือ เส้นใยธรรมชาติที่ได้จากพืช มาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ATR-FTIR โดยใช้เลขคลื่น 4000-380 cm^{-1} ได้สเปกตรัม (spectrum) ระหว่างค่า % Transmittance (%T) กับ Wavenumber (cm^{-1}) จำนวนของพีคในส่วนสเปกตรัม (spectrum) ของผ้าฝ้ายบริสุทธ์แล้วนำส่วนผ้าก่อนผ่านความร้อนและหลังจากผ่านความร้อนเพื่อนำมาศึกษาแนวโน้มและพิจารณาสิ่งที่เกิดขึ้นในการผ่านความร้อนของผ้าฝ้าย



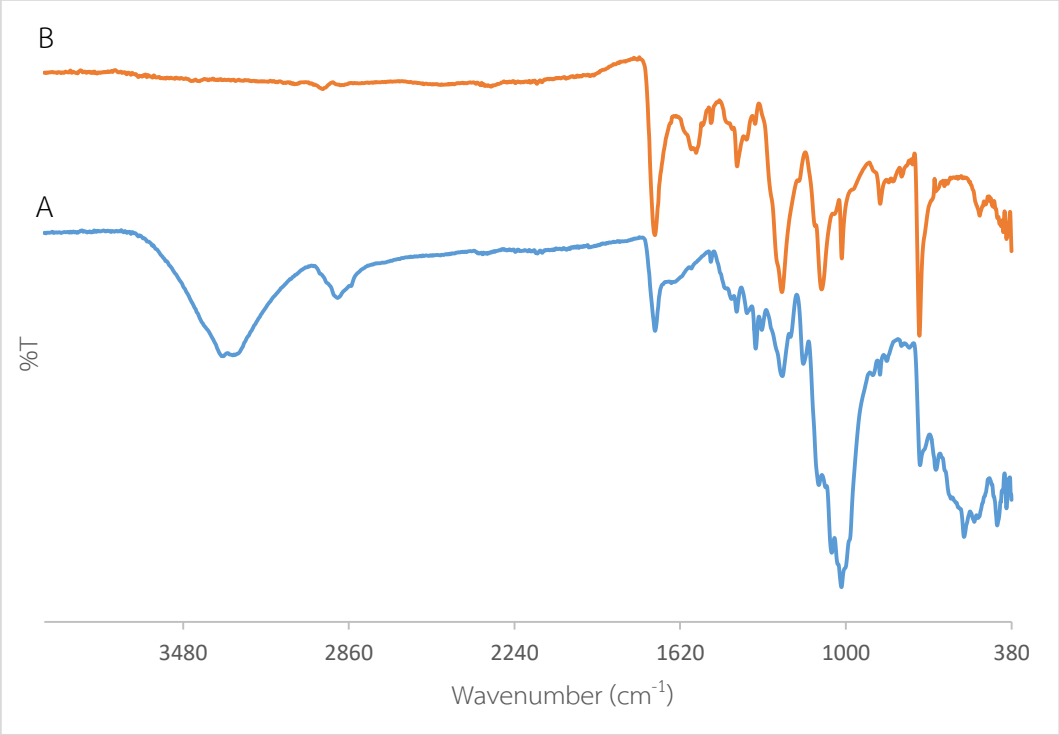
ภาพที่ 18 Infrared spectrum ของผ้าฝ้ายก่อนให้ความร้อน



ภาพที่ 19 Infrared spectrum ของผ้าฝ้ายที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 500℃ x 30 วินาที

เมื่อนำภาพที่ 20A มาวิเคราะห์เปรียบเทียบ Infrared spectrum พบว่าตำแหน่งพีคในสเปกตรัม ของผ้าตัวอย่างจะมีลักษณะเฉพาะ และพบหมู่ฟังก์ชันและตำแหน่งดังนี้คือ พบพีค O-H stretching ที่เลขคลื่น 3333 cm^{-1} , C-O-C stretching ที่เลขคลื่น 1050 cm^{-1}, 1100 cm^{-1} ,1150 cm^{-1} และ C-H stretching ที่เลขคลื่น 2897 cm^{-1} เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบกับ Infrared

spectrum ของผ้าฝ้ายที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 500°C เป็นเวลา 30 วินาที ดังรูป 20B พบว่าผ้าฝ้ายที่ถูกทำให้เสียสภาพโดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 500°C เป็นเวลา 30 วินาที นั้นเส้นใยธรรมชาติมีบางโครงสร้างถูกทำลายทำให้บางพีคไม่ปรากฏ จะเห็นว่าไม่ปรากฏพีคของหมู่ฟังก์ชัน O-H stretching ที่เลขคลื่น 3333 cm^{-1} , C-O-C stretching ที่เลขคลื่นประมาณ 1050 cm^{-1} , 1100 cm^{-1} และ 1150 cm^{-1}

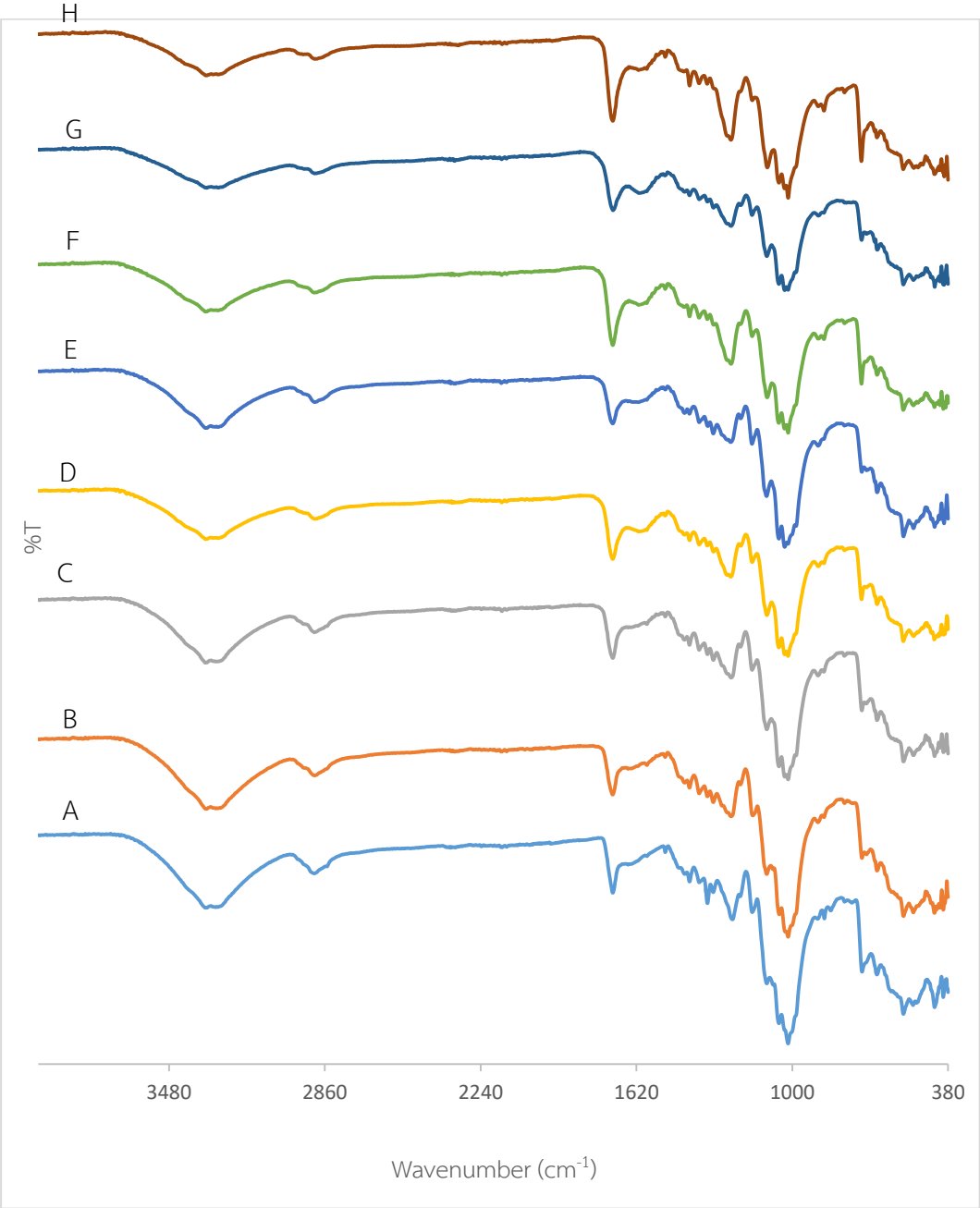


ภาพที่ 20 Infrared spectrum ของผ้าฝ้าย (A) และ ผ้าฝ้ายที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 500℃ เป็นเวลา 30 วินาที (B)

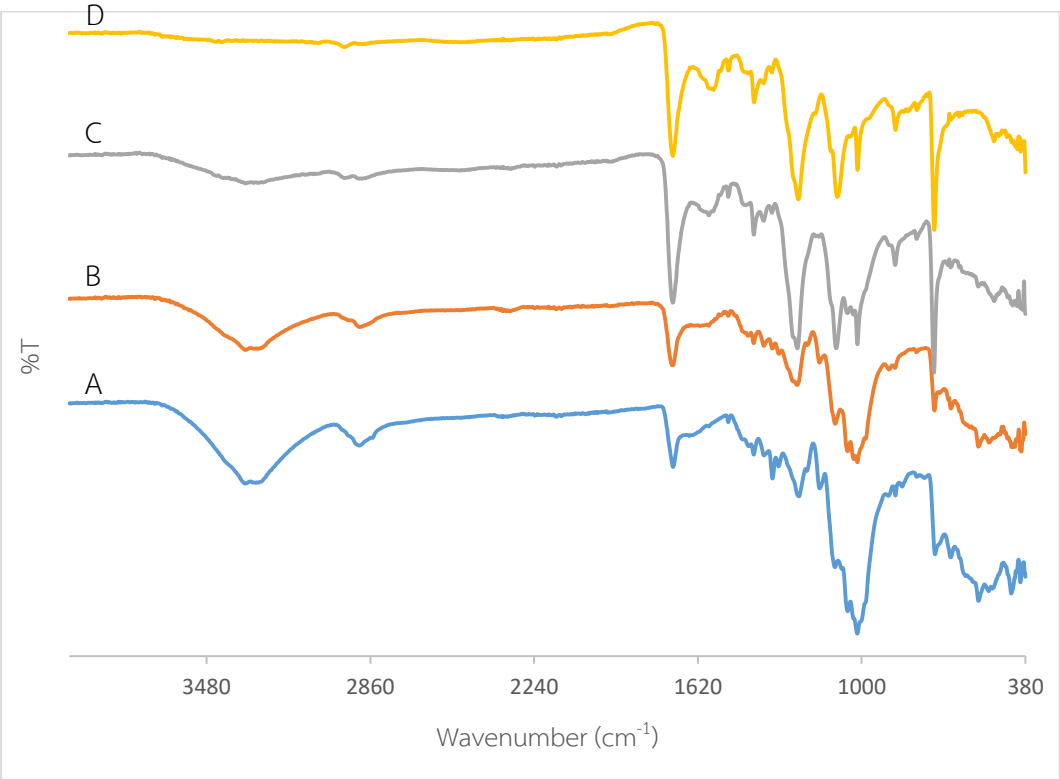
จากการวิเคราะห์ผ้าฝ้ายที่ถูกให้ความร้อนจากเครื่องให้ความร้อน (Hotplate) ผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าไม่มีพีคในสเปกตรัมใดที่ถูกทำลายจากการให้ความร้อนในช่วง 300°C เมื่อถูกให้ความร้อนเป็นระยะเวลา 30 ถึง 120 วินาที (ภาพที่ 21A-H) และเมื่อ

จากการวิเคราะห์ผ้าฝ้ายที่ถูกให้ความร้อนจากเครื่องให้ความร้อน (Hotplate) ผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าไม่มีพีคในสเปกตรัมใดที่ถูกทำลายจากการให้ความร้อนในช่วง 300°C เมื่อถูกให้ความร้อนเป็นระยะเวลา 30 ถึง 120 วินาที (ภาพที่ 21A-H) และเมื่อพิจารณา Infrared spectrum ของผ้าฝ้ายที่อุณหภูมิที่ 400 °C เป็นเวลา 30 วินาที (ภาพที่ 22B) ไม่มีพีคในสเปกตรัมใดที่ถูกทำลาย

จากการให้ความร้อน แต่เมื่อให้ความร้อนเป็นเวลา 60 นาที (ภาพที่ 22C) เริ่มพบการเปลี่ยนแปลงของพีค ที่ความยาวคลื่นในช่วง 900-1140 cm^{-1} และพีคที่ประมาณเลขคลื่น 3333 cm^{-1} และ ไม่พบพีค ของหมู่ฟังก์ชัน O-H stretching ที่เลขคลื่น 3333 cm^{-1} , C-O-C stretching ที่เลขคลื่นประมาณ 1050 cm^{-1} , 1100 cm^{-1} และ 1150 cm^{-1} ใน Infrared spectrum ของผ้าฝ้ายที่ให้ความร้อนอุณหภูมิที่ 400 °C เป็นเวลา 120 วินาที (ภาพที่ 22D)

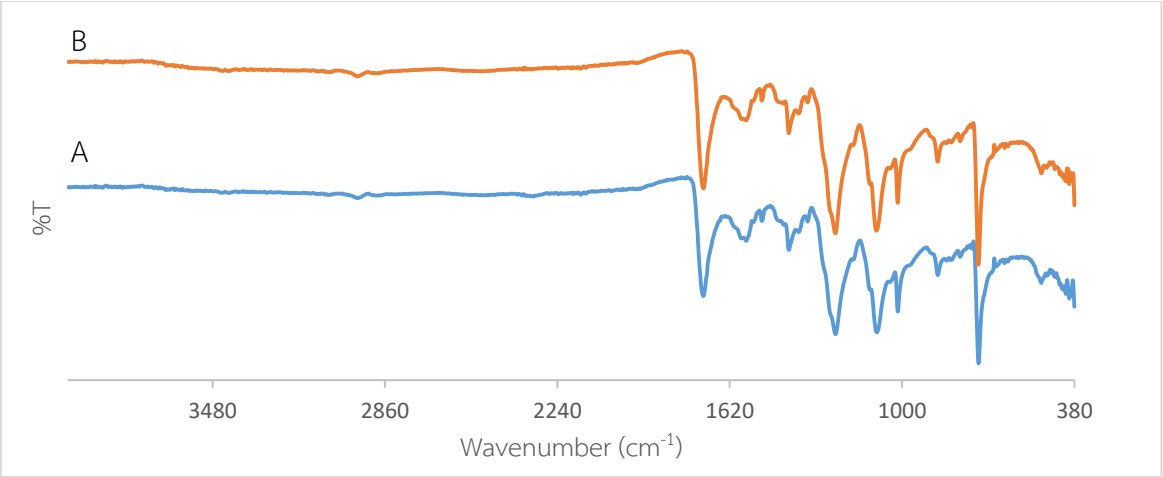


ภาพที่ 21 Infrared spectrum ของผ้าฝ้าย(A) และหลังจากการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 300°C เป็นเวลานาน 30 วินาที(B) 60 วินาที(C) 120 วินาที(D) 180 วินาที(E) 240 วินาที(F) 300 วินาที(G) และ 360 วินาที(H)

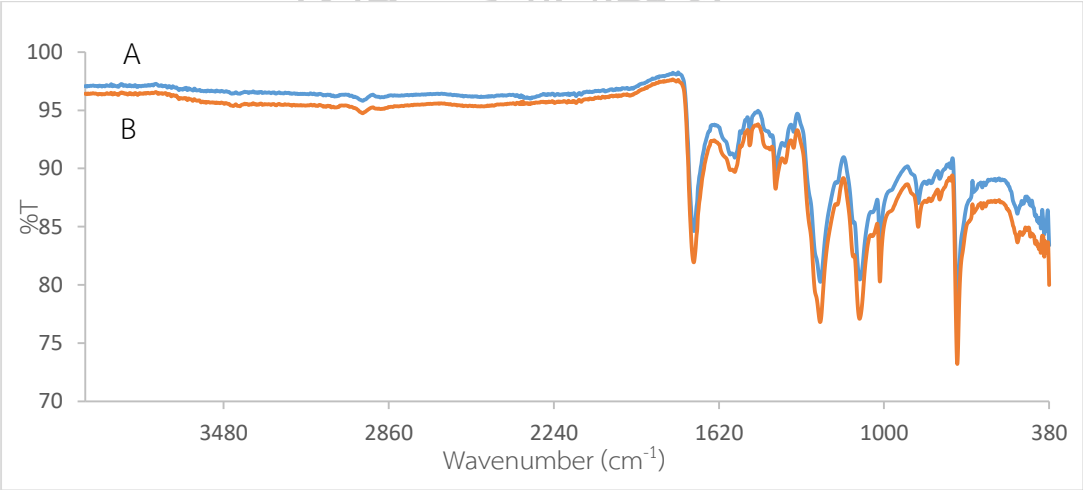


ภาพที่ 22 Infrared spectrum ของผ้าฝ้าย(A) และหลังจากการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 400°C เป็นเวลานาน 30 วินาที(B) 60 วินาที(C) และ 120 วินาที(D)

จากแสดงภาพที่23-24 พบว่าไม่สามารถแยกความแตกต่างของ Infrared spectrum ในบริเวณที่ 900-1140 cm^{-1} ที่อุณหภูมิ 400°C นาน 120 วินาทีกับที่อุณหภูมิ 500°C นาน 30 วินาที ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำ spectrum มาคำนวณหาพื้นที่ใต้กราฟบริเวณ 1000-1025 cm^{-1} พบว่าที่อุณหภูมิ 500°C นาน 30 วินาที มีค่า 35.0541 ซึ่งมากกว่าที่ อุณหภูมิ 400°C นาน 120 วินาที ที่มีค่า 30.3365



ภาพที่ 23 Infrared spectrum เปรียบเทียบระหว่าง spectrum หลังจากให้ความร้อนโดย อุณหภูมิ 500°C เป็นเวลานาน 30 วินาที(A) และ อุณหภูมิ 400°C นาน 120 วินาที(B)



ภาพที่ 24 Infrared spectrum ของผ้าฝ้ายตัวอย่างที่มีการเปลี่ยนแปลงหลังจากให้ความร้อนในช่วง %T โดย spectrum อุณหภูมิ 500°C นาน 30 วินาที(A) และ อุณหภูมิ 400°C นาน 120 วินาที(B)

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการตรวจสอบผ้าฝ้ายที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยกล้องจุลทรรศน์ดิจิทัลและเทคนิค Attenuated Total Reflection - Fourier Transform Infrared (ATR-FTIR) เพื่อประยุกต์ใช้ในทางนิติวิทยาศาสตร์เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) จากการศึกษาลักษณะทางสัญฐานวิทยาของเส้นใยผ้าฝ้ายบริสุทธ์ที่ไม่ได้รับความเสียจากการฟอกสีให้ขาวหรือย้อมสี โดยใช้ลักษณะเป็นผ้าทอที่มาจากผืนเดียวกันเนื่องจากวัสดุสิ่งทอจากธรรมชาติ เช่น ผ้าที่ทำจากผ้าฝ้ายได้รับการย่อยสลายอย่างรวดเร็วในสภาพแวดล้อมเนื่องจากฝ้ายเป็นหนึ่งในเส้นใยสิ่งทอที่ใช้กันอย่างแพร่หลายและประกอบด้วยเซลลูโลสทำให้เสี่ยงต่อการย่อยสลาย เส้นใยจากพืชธรรมชาติเช่นผ้าฝ้ายถูกนำมาใช้ในเสื้อผ้าซึ่งไม่ทนกรดยับง่ายติดไฟเร็วและศึกษาโครงสร้างที่เปลี่ยนแปลงของผ้าฝ้ายเมื่อถูกให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 300°C 400°C และ 500°C เป็นเวลา 30 วินาที ถึง 120 วินาที โดยใช้เทคนิค ATR-FTIR และ microscope สามารถสรุปได้ดังนี้

1. สรุป อภิปรายผลผลการทดลอง

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลผ้าฝ้ายที่ผ่านความร้อนแต่ละอุณหภูมิในช่วงเวลาต่างๆเพื่อมาวิเคราะห์เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงทางสัญฐานวิทยาและทางเคมีแล้วนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1.1 การวิเคราะห์ทางสัญฐานวิทยาของผ้าฝ้ายหลังจากผ่านความร้อน

การวิเคราะห์ทางสัณฐานวิทยาที่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าของผ้าฝ้ายบริสุทธ์หลังจากการทดลองการผ่านความร้อนพบว่าผ้าฝ้ายแสดงให้เห็นถึงความเสียหายจากการมีสีที่เปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนจากสีขาวเหลืองไปเป็นสีน้ำตาลและดำนอกจากนั้นพบว่าการยืดหยุ่นของผ้าฝ้ายมีการเปลี่ยนแปลงซึ่งความเปราะบางหักง่ายของผ้าฝ้ายที่ผ่านความร้อนอุณหภูมิ300°C พบที่วินาทีที่120 วินาทีขึ้นไปส่วนที่อุณหภูมิ 400°C และ500°C พบความเปราะบางหักง่ายตั้งแต่วินาทีที่ 30 วินาที ดังนั้นอุณหภูมิและระยะเวลาในผ่านความร้อนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีได้แตกต่างกันและความเปราะบางหักง่ายของผ้าฝ้ายและเมื่อนำไปการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเส้นใยผ้าฝ้ายผ่านกล้องจุลทรรศน์ ที่กำลังขยายขนาด 1000x เท่า พบการเปลี่ยนแปลงของสีของเส้นใยจากสีขาวเหลืองไปเป็นสีน้ำตาลและสีดำและพบว่าการจัดเรียงตัวของเส้นใยมีการเปลี่ยนแปลง สังเกตพบการบิดเบี้ยวบิ่น ของรูปร่างเส้นใยและการหายไปของรายละเอียดของพื้นผิวเส้นใยเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ได้รับ

ความร้อน โดยความเสียหายที่เกิดขึ้นเริ่มสังเกตชัดเจนเมื่อผ้าฝ้ายถูกสัมผัสด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 400°C เป็นเวลา 60 วินาที และพบความเสียหายอย่างมากเมื่อสัมผัสด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 400°C เป็นเวลา 120 วินาที ซึ่งความเสียหายนี้มีผลอย่างอย่างชัดเจนเมื่อผ้าฝ้ายได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 500°C เป็นเวลา 30 วินาที ดังนั้นเมื่อผ้าฝ้ายถูกให้ความร้อนที่อุณหภูมิที่สูงขึ้นและเวลาในการให้ความร้อนที่นานขึ้นจะสามารถสังเกตเห็นถึงความเสียหายของเส้นใยได้มากขึ้น งานวิจัยนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของ F.Y. Daroux และคณะ (D.J.Carr, J.Kieser, B.E.Niver. M.C.Taylor) พบการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของเส้นใยเมื่อถูกให้ความร้อน

1.2 การวิเคราะห์ทางเคมีของผ้าฝ้ายบริสุทธ์หลังจากการสัมผัสความร้อนโดยเทคนิค ATR-FTIR

ผลจากการวิเคราะห์ผ้าที่ถูกให้ความร้อนจากเครื่องให้ความร้อน (Hotplate) ปรากฏว่าความร้อนที่ 300 ^{O}C ที่เวลา 30 ถึง 120 วินาทีไม่เพียงพอที่จะทำให้พีคในสเปกตรัมเสียหายได้ แต่ว่าต้องให้ความร้อนถึง 400 ^{O}C เป็นเวลา 60 วินาทีถึงจะสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลง และผลจากการวิเคราะห์ผ้าที่ผ่านความร้อนที่ อุณหภูมิ 500 ^{O}C เป็นเวลา 30 วินาที ไม่ปรากฏพีคของหมู่ฟังก์ชั่น O-H stretching ที่เลขคลื่นประมาณ 3333 cm $^{-1}$, C-O-C stretching ที่เลขคลื่น 1050 cm^{-1} , 1100 cm^{-1} ,1150 cm^{-1} ที่อุณหภูมินี้ พบว่าสามารถทำให้ผ้า Cotton เสียสภาพแลสลายไป ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hung Kim Nguyen และคณะ (Nguyen, Sakai, & Nguyen, 2020) และ สุธีรา ธรรมจง ที่ได้พบการเปลี่ยนแปลงพีคของ FTIR เมื่อผ้าชนิดต่างๆถูกทำลายโดยให้ความร้อน (สุธีรา ธรรมจง วิทยานิพนธ์)และบริเวณของ Infrared spectrum ในช่วงบริเวณ 900-1140 cm^{-1} สามารถบอกแตกต่างของผ้าฝ้าย ที่ผ่านความร้อนได้รวมทั้งค่าพื้นที่ใต้กราฟบริเวณ 1000-1025 cm^{-1} สามารถแยกความแตกต่างของอุณหภูมิได้ในกรณีที่ Infrared spectrum มีลักษณะคล้ายกัน

จากผลการวิจัยสามารถใช้เทคนิค ATR-FTIR และกล้องจุลทรรศน์ ในการศึกษาลักษณะทางกายภาพของผ้าฝ้ายที่ผ่านการให้ความร้อนในช่วงอุณหภูมิ 300 ^{O}C ถึง 500 ^{O}C เป็นเวลา 30 ถึง 120 วินาที และข้อมูลนี้อาจจะนำมาใช้เพื่อประโยชน์ในทางนิติวิทยาศาสตร์ได้

2. **ข้อเสนอแนะ**

ควรศึกษาความหลากหลายของตัวอย่างในการทดสอบ เช่น ผ้าชนิดเดียวกันก่อนฟอกขาว ก่อนย้อมสี ก่อนและหลังทำความสะอาดเป็นต้นเพราะปัจจัยเหล่านี้อาจจะส่งต่อเส้นใยภายในและเพิ่มความถี่ในช่วงอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทดลอง เพื่อเป็นข้อมูลองค์ความรู้ในงานนิติวิทยาศาสตร์ต่อไป

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

จารุวรรณ อัมพฤกษ์. 2555.การวิเคราะห์เส้นใยธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์ในงานทางนิติวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

จิราพร เกิดแก้ว. (2558). “การศึกษาผ้าชนิดต่างๆ ด้วยเทคนิค ATR-FTIR, TGA และ DSC เพื่อประโยชน์ทางนิติวิทยาศาสตร์.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ทัศพรพรรณ ทองดีเลิศ. (2557). “การวิเคราะห์ลิปสติกโดยเทคนิค ATR-FTIR และ เทคนิค TGA เพื่อประยุกต์ใช้ในทางนิติวิทยาศาสตร์.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

วิชัย ริ้วตระกูล และคณะ. (2526). การประยุกต์สเปคโตรสโคปีในเคมีอินทรีย์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ห้องเรียน.

วิชชุดา เทพเดชา. (2556). “การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเชิงกลของเส้นใยผ้าในสภาวะฝังกลบ.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

สุธีรา ธรรมจง. 2562. การใช้วิธีATR-FTIR spectrophotometry ในการวิเคราะห์ผ้าและตัวอย่างผ้าที่ผ่านการให้ความร้อนเพื่อการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ. เซลลูโลสประดิษฐ์จากชานอ้อย เข้าถึงเมื่อ 21 สิงหาคม 2563. เข้าถึงได้จาก https://www.thaitextile.org/th/innovation/detail.11.1.1.html

สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ. ผ้าไม่ทอจากใยธรรมชาติ เข้าถึงเมื่อ 21 สิงหาคม 2563. เข้าถึงได้จาก https://www.thaitextile.org/th/innovation/detail.15.1.1.html

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13. เส้นใยธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์ เข้าถึงเมื่อ 21 สิงหาคม 2563. เข้าถึงได้จาก http://www.mnre.go.th/reo13/th/news/detail/9537

ศูนย์วิทยบริการศาลยุติธรรมเฉลิมพระเกียรติ. ธรรมชาติของวัตถุพยาน. เข้าถึงเมื่อ 21 สิงหาคม 2563. เข้าถึงได้จาก http://www.library.coj.go.th/EbookInfo/index/4415

ศูนย์ส่งเสริมศิลปาชีพระหว่างประเทศ. เส้นใยธรรมชาติเพื่อการพัฒนาสิ่งทอ เข้าถึงเมื่อ 21 สิงหาคม 2563. เข้าถึงได้จาก https://www.sacict.or.th/th/detail/2018-09-14-11-35-v-1Ni

สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน. เครื่องอินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์ เข้าถึงเมื่อ 21 สิงหาคม 2563. เข้าถึงได้จากhttps://www.slri.or.th/bdd/th/component/content/article? Layout =edit &id=40

ภาษาต่างประเทศ

A.C. Lowe. (2013). “The effect of soil texture on the degradation of textiles associated with buried bodies” Forensic Science International. 231: 331–339.

C. Chung. (2004). “Characterization of cotton fabric scouring by FT-IR ATR spectroscopy.” Carbohydrate Polymers. 58: 417–420.

Chinkap Chung. Myunghee Lee. Eun Kyung Choe. 2004. Characterization of cotton fabric scouring by FT-IR ATR spectroscopy. Carbohydrate Polymers 58: 417–420.

Diego Badillo-Sanchez, David Chelazzi, Rodorico Giorgi, Alessandra Cincinelli, Piero Baglioni. 2019.

F.Y.Daroux, D.J.Carr, J.Kieser, B.E.Niver. M.C.Taylor.2010. Effect of laundering on blunt force impact damage in fabrics. Forensic Textile Science 197: 21-29.

Hung Kim Nguyen, Wataru Sakai, Congtranh Nguyen. 2020. Preparation of a Novel Flame Retardant Formulation for Cotton Fabric. Materials 13: 54.

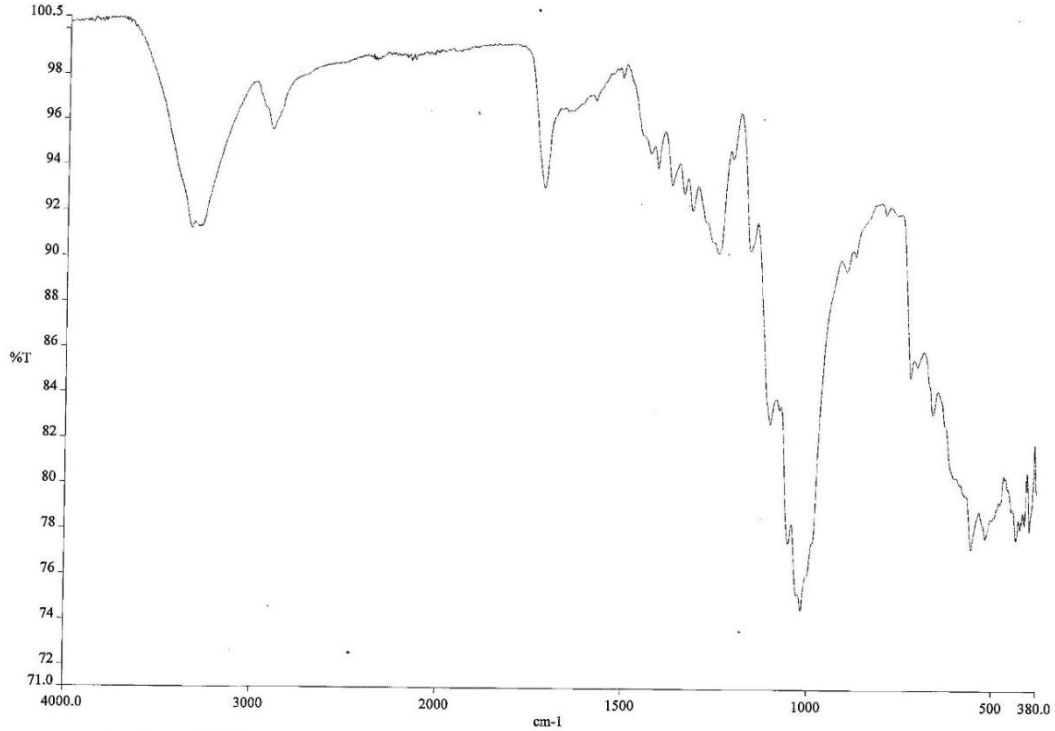
Maiken Ueland. (2017). “Degradation patterns of natural and synthetic textiles on a soil surface during summer and winter seasons studied using ATR-FTIR spectroscopy” Journal of Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. 185: 69–76.

Understanding the structural degradation of South American historical silk: A Focal Plane Array (FPA) FTIR and multivariate analysis. Scientific Reports 9.

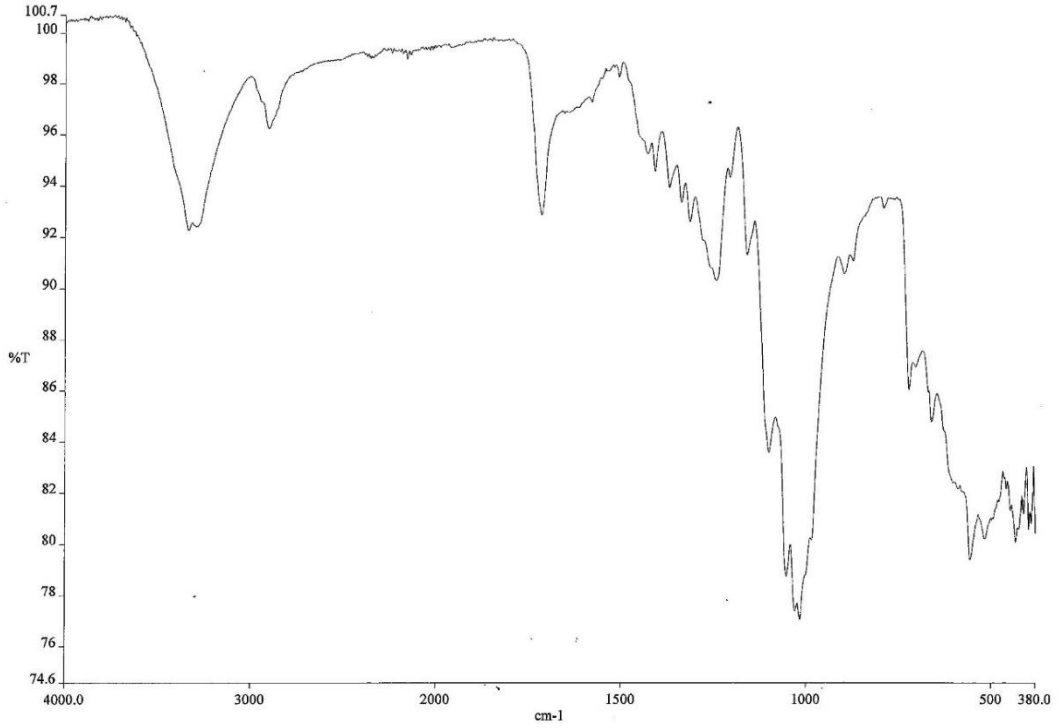
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

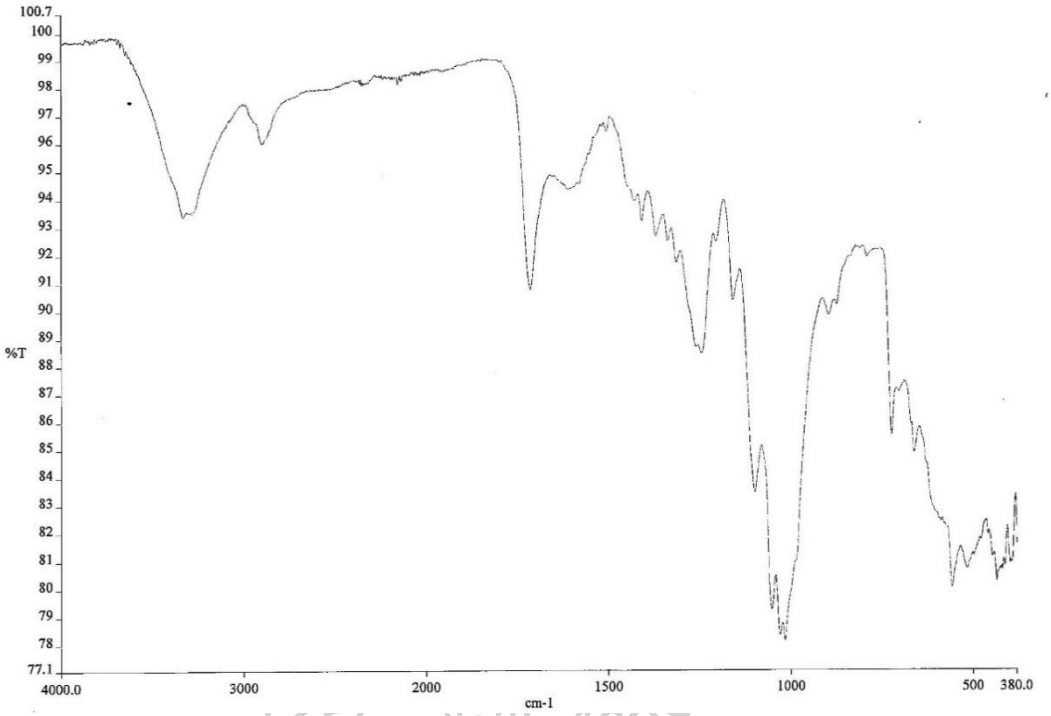
Infrared Spectrum ที่ได้รับจากการทดลองด้วยเทคนิค ATR-FTIR



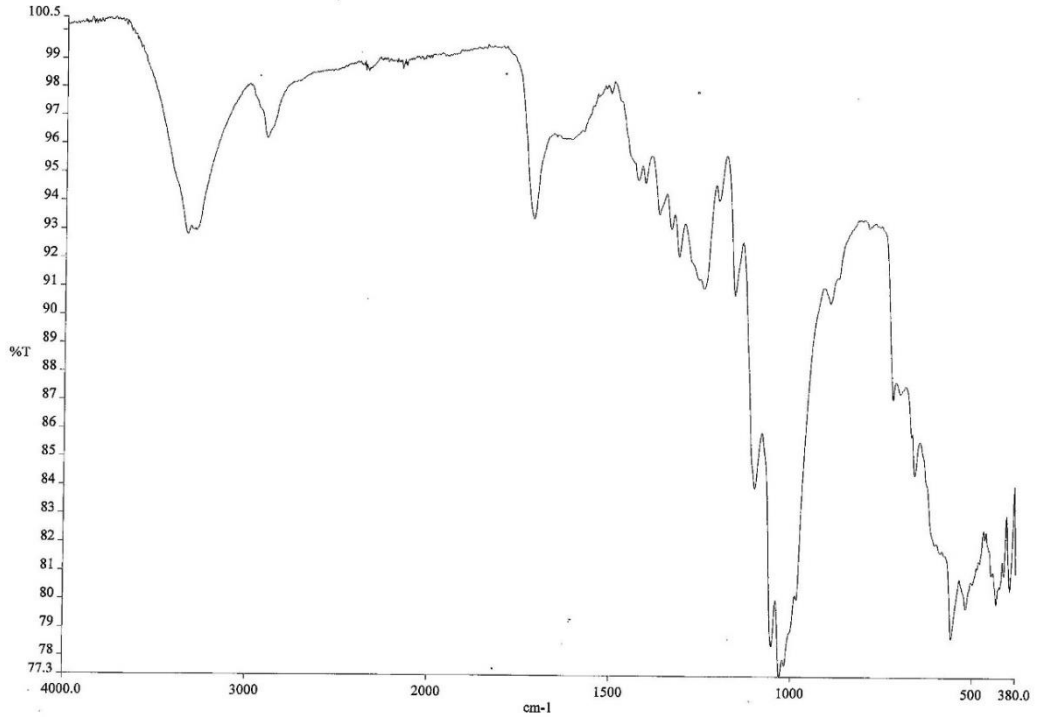
ภาพที่ 25 แสดง IR band ของผ้าฝ้ายตัวอย่างหลังการสัมผัสความร้อนที่อุณหภูมิ 300°C x 30 วินาที



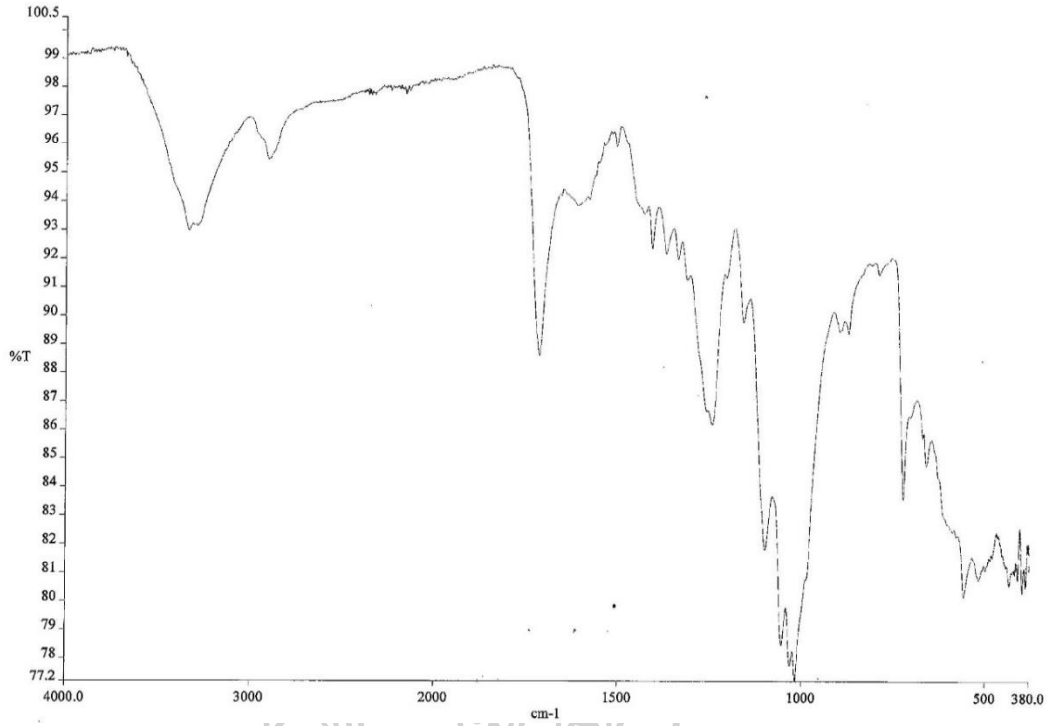
ภาพที่ *26* แสดง IR band ของผ้าฝ้ายตัวอย่างหลังการสัมผัสความร้อนที่อุณหภูมิ 300°C x 60 วินาที



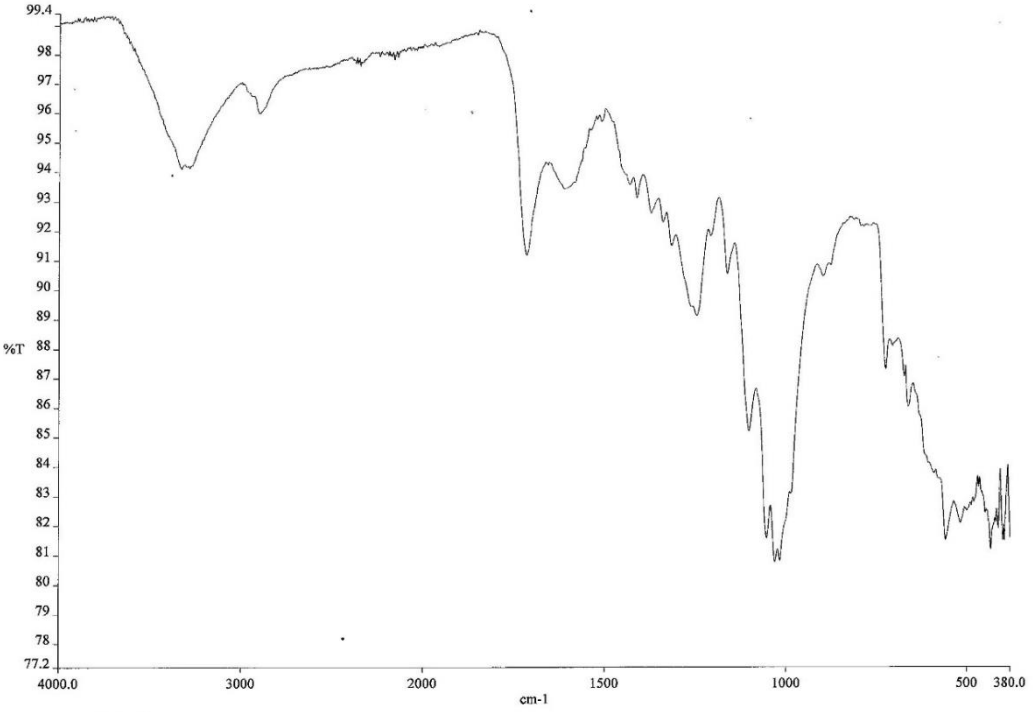
ภาพที่ 27 แสดง IR band ของผ้าฝ้ายตัวอย่างหลังการสัมผัสความร้อนที่อุณหภูมิ 300°C x 120 วินาที



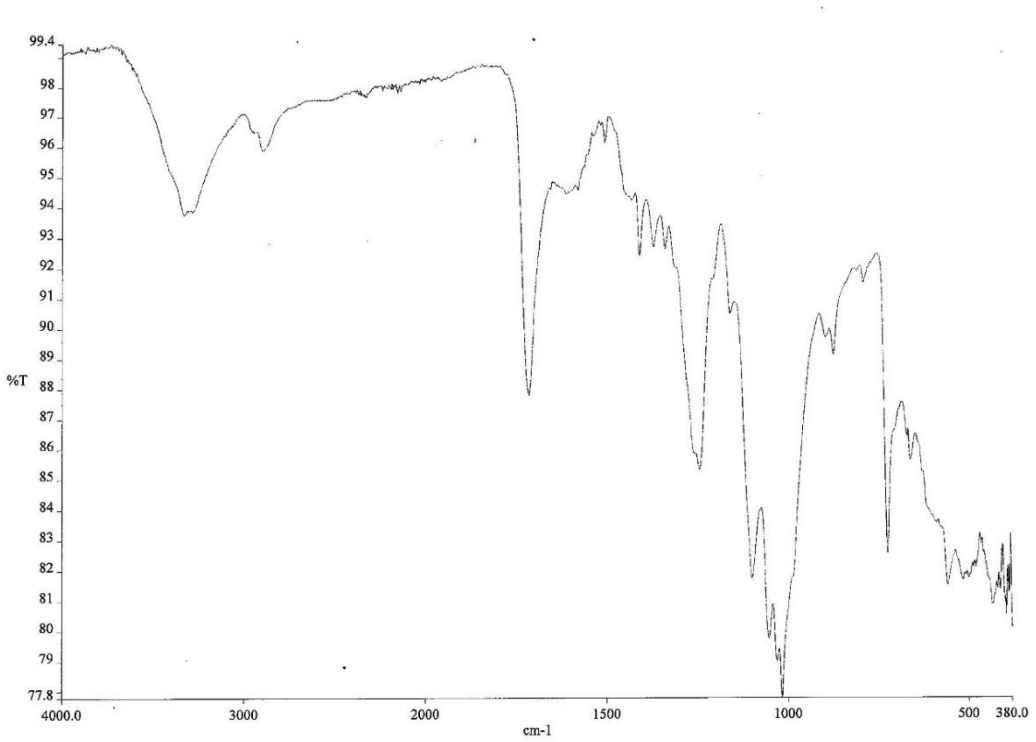
ภาพที่ 28 แสดง IR band ของผ้าฝ้ายตัวอย่างหลังการสัมผัสความร้อนที่อุณหภูมิ 300°C x 180 วินาที



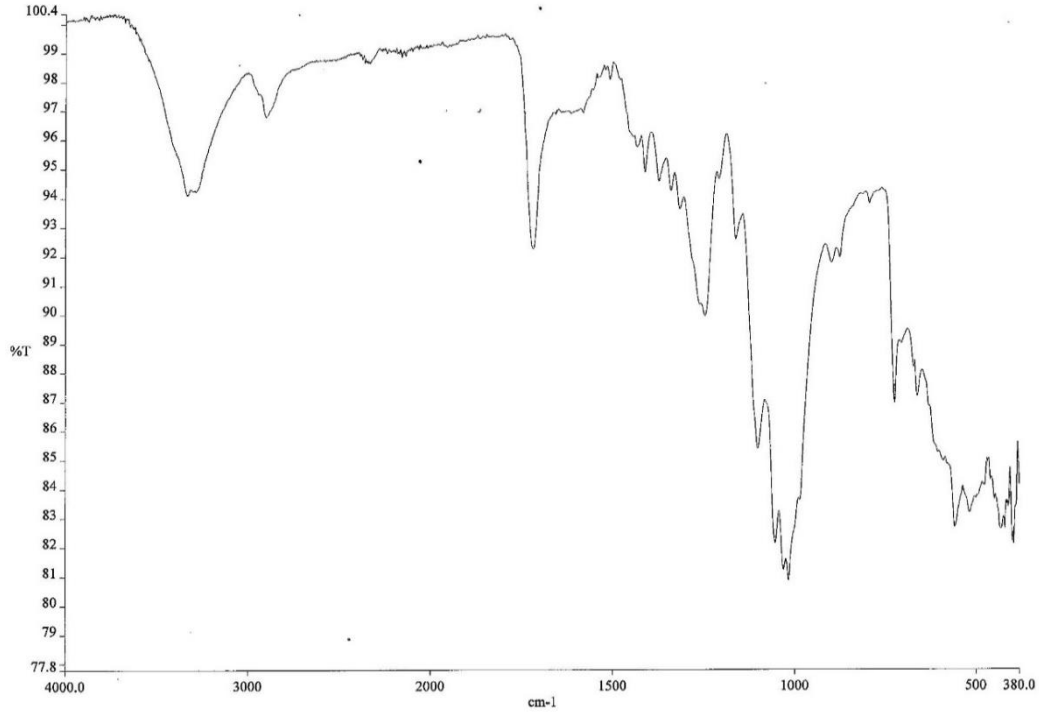
ภาพที่ 29 แสดง IR band ของผ้าฝ้ายตัวอย่างหลังการสัมผัสความร้อนที่อุณหภูมิ 300°C x 240 วินาที



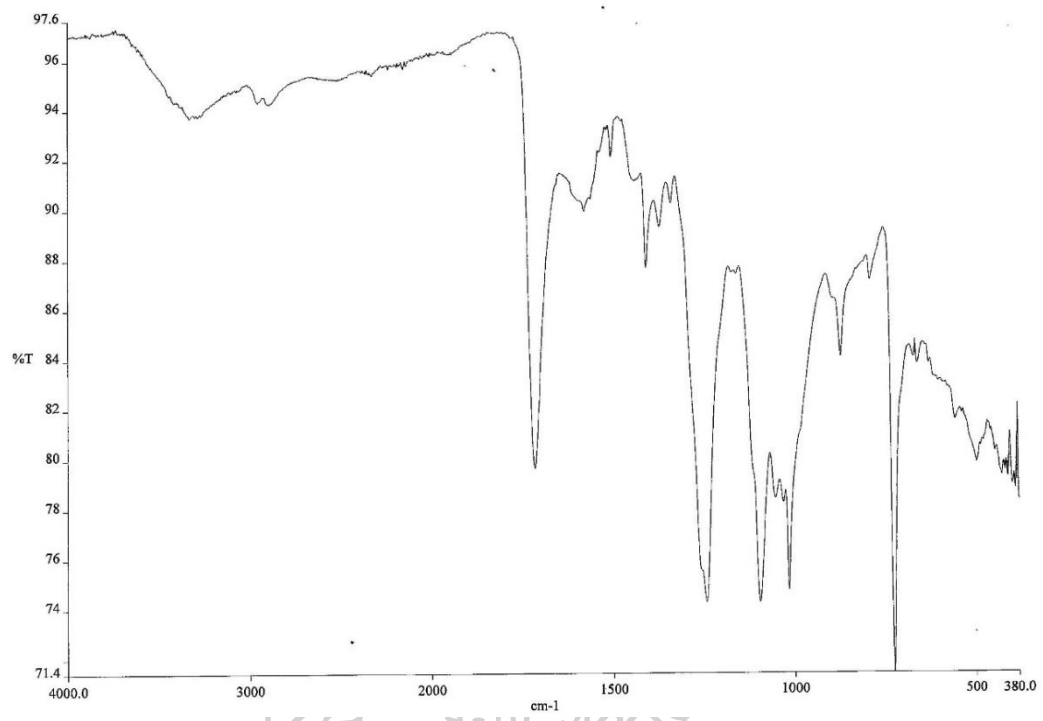
ภาพที่ 30 แสดง IR band ของผ้าฝ้ายตัวอย่างหลังการสัมผัสความร้อนที่อุณหภูมิ 300℃ *x* 300 วินาที



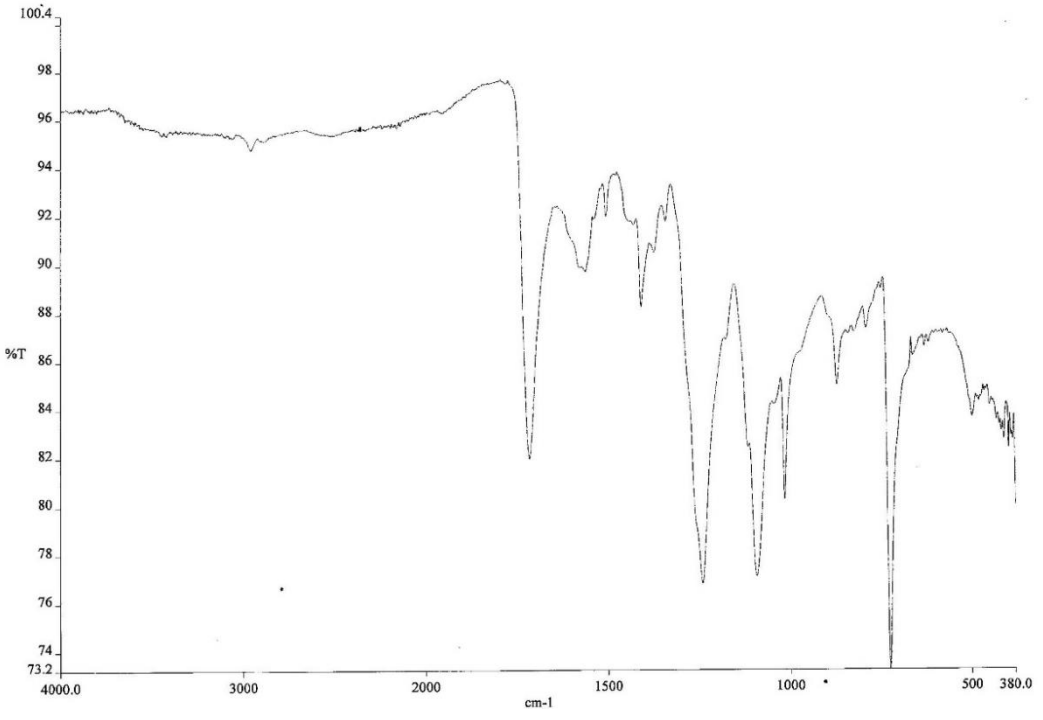
ภาพที่ 31 แสดง IR band ของผ้าฝ้ายตัวอย่างหลังการสัมผัสความร้อนที่อุณหภูมิ 300°C x 360 วินาที



ภาพที่ 32 แสดง IR band ของผ้าฝ้ายตัวอย่างหลังการสัมผัสความร้อนที่อุณหภูมิ 400°C x 30 วินาที



ภาพที่ *33* แสดง IR band ของผ้าฝ้ายตัวอย่างหลังการสัมผัสความร้อนที่อุณหภูมิ 400°C x 60 วินาที



ภาพที่ 34 แสดง IR band ของผ้าฝ้ายตัวอย่างหลังการสัมผัสความร้อนที่อุณหภูมิ 400°C *x* 120 วินาที

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวเกศษรา ทรัพย์มูล
วัน เดือน ปี เกิด	21/08/2533
สถานที่เกิด	สมุทรสาคร
วุฒิการศึกษา	พ.ศ.2552 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนสมุทรสาครบูรณะ
	พ.ศ.2558 สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมี มหาวิทยาลัยศิลปากร
	พ.ศ.2559 ศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขานิติวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
ที่อยู่ปัจจุบัน	279/64 ถ.สุทธิวาตวิถี ต.ท่าฉลอม อ.เมือง จ.สมุทรสาคร