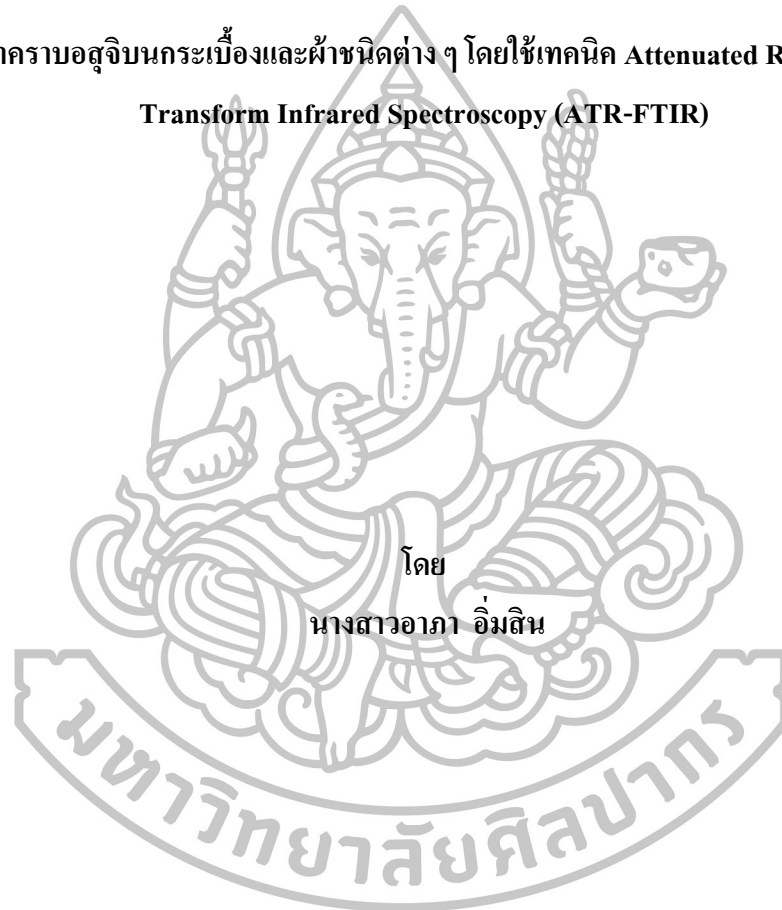




การตรวจหาสารอบุสจิบนกระเบื้องและผ้าชนิดต่าง ๆ โดยใช้เทคนิค Attenuated Reflection Fourier
Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR)



โดย
นางสาวอาภา อิมสิน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การตรวจหาคราบอสูริบนกระเบื้องและผ้าชนิดต่าง ๆ โดยใช้เทคนิค Attenuated Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR)



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

**DETECTION OF SEMINAL STAINS ON CERAMIC TILES AND FABRICS BY
ATTENUATED REFLECTION FOURIER TRANSFORM INFRARED SPECTROSCOPY
(ATR-FTIR)**



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree

Master of Science Program in Forensic Science

Graduate School, Silpakorn University

Academic Year 2015

Copyright of Graduate School, Silpakorn University

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง “ การตรวจหาคราบอสุจิบนกระเบื้องและผ้าชนิดต่าง ๆ โดยใช้เทคนิค Attenuated Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR)” เสนอโดย นางสาวอาภา อิ่มสิน เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปานใจ ชารทศนวงศ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

อาจารย์ ดร.ศุภชัย สุภลักษณ์นารี

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร.ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง)

...../...../.....

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ยุภาพร สมน้อย)

...../...../.....

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ศุภชัย สุภลักษณ์นารี)

...../...../.....



56312337 : สาขานิติวิทยาศาสตร์

คำสำคัญ : คราบน้ำอสุจิ / ATR-FTIR

อาภา อิ่มสิน : การตรวจหาคราบอสุจินกระเบื้องและผ้าชนิดต่าง ๆ โดยใช้เทคนิค Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) , อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์ : อ.ดร.ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี. 84 หน้า.

คราบอสุจิจัดเป็นพยานทางชีวภาพอย่างหนึ่งที่สำคัญ และมักจะพบในสถานที่เกิดเหตุ ในคดี
ข่มขืน หรือคดีคุกคามทางเพศ ในการศึกษาครั้งนี้ใช้เทคนิค Attenuated Total Reflection Fourier
Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) ในการตรวจวิเคราะห์คราบอสุจิที่อยู่บนพื้นผิว
วัสดุ 3 ชนิด คือ กระเบื้องผิวขรุขระ สำลีสันก้าน และผ้าชนิดต่าง ๆ จาก IR spectrum ของคราบ
อสุจิที่ขูดออกมาจากพื้นผิวกระเบื้อง แสดงพีคที่เด่นชัดของ amide I และ amide II ในตำแหน่งที่
 1700 cm^{-1} และ 1480 cm^{-1} และพีคของหมู่ฟอสเฟตในช่วง $1245\text{ cm}^{-1} - 1080\text{ cm}^{-1}$ อย่างไรก็ตาม
ตาม IR spectrum ที่ได้รับจากคราบอสุจิที่อยู่บนสำลีสันก้านและผ้าฝ้ายชนิดต่าง ๆ จะเห็นแค่กลุ่ม
ของพีค amide เท่านั้น ในขณะที่หมู่ฟอสเฟตจะถูกบดบังด้วยพีคของ C-O ซึ่งมาจากสำลีสันก้านและ
ผ้า ในกรณีของผ้าสังเคราะห์และผ้าลินิน IR spectra ของผ้าทั้งสองมีพีคที่เด่นชัดในช่วง amide และ
ฟอสเฟต แต่เมื่อใช้เทคนิคการหักกลับสเปกตรัมก็จะสามารถพบพีคของ amide ในคราบอสุจินผ้าได้
และเทคนิคนี้สามารถใช้ตรวจวัด amide พีคของคราบอสุจิที่เก็บไว้บนตัวอย่างได้ถึง 30 วัน ผลการ
ทดลองจากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า เทคนิค ATR-FTIR สามารถใช้ในการตรวจสอบเบื้องต้น
ของคราบอสุจินพื้นผิววัสดุที่ใช้ในการทดลองนี้ได้ และยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการตรวจ
สถานที่เกิดเหตุได้ เนื่องจากเป็นเทคนิคที่สะดวก รวดเร็ว และไม่ทำลายตัวอย่าง

สาขานิติวิทยาศาสตร์

ลายมือชื่อนักศึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์.....

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2558

56312337 : MAJOR : FORENSIC SCIENCE

KEY WORD : SEMINAL STAINS / ATR-FTIR

ARPA IMSIN : DETECTION OF SEMINAL STAINS ON CERAMIC TILES AND FABRICS BY ATTENUATED REFLECTION FOURIER TRANSFORM INFRARED SPECTROSCOPY (ATR-FTIR).

THESIS ADVISOR : SUPACHAI SUPALUKNARI, Ph.D. 84 pp.

A seminal stain is an important biological evidence that may be found at the crime scene of sexual assault. In this study, the technique of Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) was employed to the analysis of seminal stains on three types of substrate namely, ceramic tiles of cause surface, cotton swab and fabrics. The IR spectrum of the dry sample scraped from the tile surface displayed the profound bands of amide I and amide II in the region of 1700 cm^{-1} and 1480 cm^{-1} and a peak of phosphate groups in the range of 1245 cm^{-1} – 1080 cm^{-1} . However, in the IR spectra of the stained samples of cotton swabs and cotton fabrics only the amide peaks were clearly observed while the peak of phosphates overlapped with the peaks of C-O groups of the substrates. In the case of synthetic fabrics and linen sample, the IR spectra exhibits predominantly the characteristic bands of functional groups in the substrates especially in the amide and phosphate regions. However, by using the subtraction technique on the spectra, the amide peaks can be observed in those spectra of the stained sample. The method can detect the amide peaks of the seminal stains in all samples that were kept for the period of 30 days. The results from this study have demonstrates that the ATR-FTIR technique can be used as a preliminary test for the presence of seminal stains on the materials studied. The technique can be applied to the analysis of crime samples. It is a convenient method and non-destructive

Program of Forensic science

Graduate School, Silpakorn University

Student's signature

Academic Year 2015

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ในการวิจัยครั้งนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับการอนุเคราะห์ ช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่านที่สละเวลาให้ความรู้ คำแนะนำต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์แก่วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี ที่ได้กรุณาให้เป็นที่พักพิงวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้มาตลอดทั้ง 2 ปีการศึกษา ซึ่งเป็นสิ่งที่เป็แนวทางในการศึกษาในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยรู้สึกทราบบนซึ่งในความกรุณา และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร.ยุภาพร สมิน้อย กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่า และให้คำแนะนำซึ่งส่งผลให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

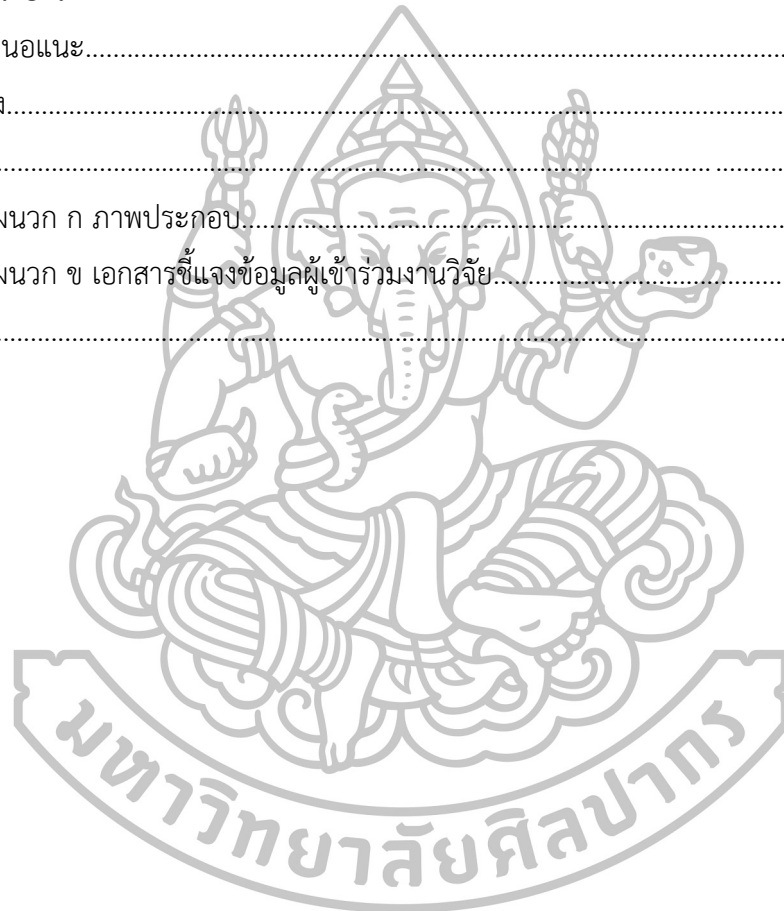
ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ หลักรัฐประศาสนศาสตร์มหาบัณฑิต รุ่นที่ 9 มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่คอยให้ความช่วยเหลือในเรื่องต่าง ๆ และให้กำลังใจกันตลอดมา รวมไปถึงอาสาสมัครทุกท่าน ที่ได้ให้ความกรุณาในการเข้าร่วมในการทดลอง ทำให้ผู้วิจัยสามารถเก็บตัวอย่างได้อย่างครบถ้วน สมบูรณ์

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่คอยให้ความช่วยเหลือและสนับสนุน เป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้ามาโดยตลอด และขอขอบพระคุณผู้ที่มีได้เอ่ยนามมา ณ โอกาสนี้ ซึ่งมีส่วนช่วยเหลือตลอดจนการวิจัยนี้ประสบผลสำเร็จไปได้ด้วยดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญรูปภาพ.....	ญ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
สมมติฐานของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย.....	4
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
อวัยวะสืบพันธุ์เพศชายและอสุจิ.....	6
การเก็บคราบน้ำอสุจิ.....	12
การตรวจทางห้องปฏิบัติการในคดีความผิดทางเพศ.....	12
เส้นใยสิ่งทอ.....	15
ผ้า และคุณสมบัติของผ้า.....	21
หลักการและทฤษฎีของคลื่นอินฟราเรด.....	24
บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	27
3. วิธีดำเนินการวิจัย.....	29
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	29
สารเคมี.....	32
การเก็บตัวอย่างน้ำอสุจิ.....	32
วิธีการทดลอง.....	32
4. ผลการทดลอง.....	37
การศึกษาผลการตรวจหาคราบอสุจิบนแผ่นกระเบื้อง.....	37

บทที่	หน้า
การศึกษาคราบอสุจินบนแผ่นกระเบื้องที่ระยะเวลาต่าง ๆ.....	40
การศึกษาคราบน้ำอสุจินผ้าชนิดต่าง ๆ ด้วยตาเปล่า.....	41
การศึกษาผลการตรวจหาคราบน้ำอสุจินผ้าชนิดต่าง ๆ.....	43
การศึกษาคราบอสุจินผ้าแต่ละชนิดที่ระยะเวลาต่าง ๆ.....	50
5. สรุปและอภิปรายผล.....	53
อภิปรายผล.....	53
ข้อเสนอแนะ.....	54
รายการอ้างอิง.....	56
ภาคผนวก.....	58
ภาคผนวก ก ภาพประกอบ.....	59
ภาคผนวก ข เอกสารชี้แจงข้อมูลผู้เข้าร่วมงานวิจัย.....	82
ประวัติผู้วิจัย.....	84



สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ส่วนประกอบของน้ำกามจากต่อมต่าง ๆ.....	10
2.2	ปฏิกิริยาของเส้นใยต่อเปลวเพลิง.....	16
2.3	ปฏิกิริยาของเส้นใยต่อตัวทำละลาย.....	18
3.1	อุปกรณ์และเครื่องมือ.....	29
3.2	รหัสของผ้าแต่ละชนิด.....	31
3.3	สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง.....	32
4.1	เลขคลื่นและตำแหน่งขององค์ประกอบสัจที่พบ.....	37



สารบัญรูปร่างภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	ลักษณะโครงสร้างอวัยวะเพศชาย.....	6
2.2	โครงสร้างของอวัยวะ.....	8
2.3	ลักษณะโครงสร้างของอสุจิ.....	11
2.4	แผนผังแสดงประเภทของสิ่งทอ.....	15
2.5	ช่วงสเปกตรัมของคลื่นอินฟราเรด.....	25
2.6	องค์ประกอบเครื่อง FT-IR.....	26
3.1	ขั้นตอนการวิเคราะห์ตัวอย่างคราบน้ำอสุจิบนแผ่นกระเบื้องด้วยวิธี Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR).....	33
3.2	วิธีการเก็บคราบอสุจิ โดยการดูดคราบน้ำอสุจิบนแผ่นกระเบื้อง.....	33
3.3	วิธีการเก็บคราบอสุจิ โดยการใช้สำลีพันก้านเช็ดคราบอสุจิบนแผ่นกระเบื้อง.....	34
3.4	การวิเคราะห์ผ้าแต่ละชนิดด้วยเทคนิค Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR).....	35
4.1	สเปกตรัมที่ได้จากการวิเคราะห์คราบน้ำอสุจิ 50 µl ที่ทิ้งไว้ 4 ชั่วโมงบนแผ่น กระเบื้องโดยใช้เทคนิค Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) ที่ความยาวคลื่น 4000-650 cm ⁻¹ A : สเปกตรัมของคราบอสุจิที่ดูดมาจากบนแผ่น กระเบื้อง B : สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนสำลีพันก้าน.....	38
4.2	สเปกตรัมของสำลีที่มีคราบอสุจิอยู่ (1) โดยหยดน้ำอสุจิทิ้งไว้บนกระเบื้องให้ แห้ง เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และสเปกตรัมของสำลี (2).....	39
4.3	สเปกตรัมของคราบอสุจิบนสำลีที่ถูกกลบออกด้วยสเปกตรัมของสำลี.....	40
4.4	สเปกตรัมที่ได้จากการวิเคราะห์คราบน้ำอสุจิที่ความยาวคลื่น 4000-650 cm ⁻¹ ด้วยเทคนิค Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) หลังจากผ่านไป แล้ว 30 วัน 45 วัน และ 60 วัน ตามลำดับ A : สเปกตรัมของคราบ อสุจิที่ดูดมาจากบนแผ่นกระเบื้อง ที่เวลา 30 วัน (1) 45 วัน (3) และ 60 วัน (2) B : สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนสำลี ที่เวลา 30 วัน (1) 45 วัน (2) และ 60 วัน (3).....	41

รูปที่	หน้า
4.5	เปรียบเทียบผ้าที่มีคราบอสุจิ (ขวา) กับผ้าที่ไม่มีการคราบอสุจิ (ซ้าย) A : ผ้าไหม B : ผ้าฝ้าย (สีขาว) C : ผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) D : ผ้าลายพรานทหาร E : ผ้า comb twill F : ผ้าใยสังเคราะห์ G : ผ้าลินิน H : ผ้ายีนส์ I : ผ้าใยสังเคราะห์ (TC) และ J : ผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) 43
4.6	สเปกตรัมของน้ำอสุจิที่หยดลงบนผ้าไหม A : สเปกตรัมของผ้าไหมที่มีคราบอสุจิหยดอยู่ (2) และสเปกตรัมของผ้าไหม (1) B : สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าไหมที่ถูกลบออกด้วยสเปกตรัมของผ้าไหม..... 44
4.7	สเปกตรัมของน้ำอสุจิที่หยดลงบนผ้าฝ้าย (สีขาว) A : สเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีขาว) ที่มีคราบอสุจิหยดอยู่ (1) และสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีขาว) (2) B : สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าฝ้าย (สีขาว) ที่ถูกลบออกด้วยสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีขาว)..... 45
4.8	สเปกตรัมของน้ำอสุจิที่หยดลงบนผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) A : สเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) ที่มีคราบอสุจิอยู่ (1) และสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) (2) B : สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) ที่ถูกลบออกด้วยสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีกรมท่า)..... 45
4.9	สเปกตรัมของน้ำอสุจิที่หยดลงบนผ้าลายพรานทหาร A : สเปกตรัมของผ้าลายพรานทหารที่มีคราบอสุจิอยู่ (2) และสเปกตรัมของผ้าลายพรานทหาร (1) B : สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าลายพรานทหารที่ถูกลบออกด้วยสเปกตรัมของผ้าลายพรานทหาร..... 46
4.10	สเปกตรัมของน้ำอสุจิที่หยดลงบนผ้า comb twill A : สเปกตรัมของผ้า comb twill ที่มีคราบอสุจิอยู่ (1) และสเปกตรัมของผ้า comb twill (2) B : สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้า comb twill ที่ถูกลบออกด้วยสเปกตรัมของผ้า comb twill..... 47
4.11	สเปกตรัมของน้ำอสุจิที่หยดลงบนผ้าใยสังเคราะห์ A : สเปกตรัมของผ้าใยสังเคราะห์ที่มีคราบอสุจิอยู่ (1) และสเปกตรัมของผ้าใยสังเคราะห์ (2) B : สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าใยสังเคราะห์ที่ถูกลบออกด้วยสเปกตรัมของผ้าใยสังเคราะห์..... 47

รูปที่	หน้า	
4.12	สเปกตรัมของน้ำอสุจิที่หยดลงบนผ้าลินิน A : สเปกตรัมของผ้าลินินที่มี คราบอสุจิหยดอยู่ (1) และสเปกตรัมของผ้าลินิน (2) B : สเปกตรัมของ คราบอสุจิที่อยู่บนผ้าลินินที่ถูกลบออกด้วยสเปกตรัมของผ้าลินิน.....	48
4.13	สเปกตรัมของน้ำอสุจิที่หยดลงบนผ้ายีนส์ A : สเปกตรัมของผ้ายีนส์ที่มีคราบ อสุจิหยดอยู่ (2) และสเปกตรัมของผ้ายีนส์ (1) B : สเปกตรัมของคราบ อสุจิที่อยู่บนผ้ายีนส์ที่ถูกลบออกด้วยสเปกตรัมของผ้ายีนส์.....	49
4.14	สเปกตรัมของน้ำอสุจิที่หยดลงบนผ้าใยสังเคราะห์ (TC) A : สเปกตรัมของน้ำ อสุจิที่หยดลงบนผ้าใยสังเคราะห์ (TC) (2) และสเปกตรัมของผ้าใย สังเคราะห์ (TC) (1) B : สเปกตรัมของน้ำอสุจิที่ถูกลบออกด้วย สเปกตรัมของผ้าใยสังเคราะห์ (TC).....	49
4.15	สเปกตรัมของน้ำอสุจิที่หยดลงบนผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) A : สเปกตรัมของ ผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) ที่มีคราบอสุจิหยดอยู่ (1) และสเปกตรัมของผ้า ใยสังเคราะห์ (CVC) (2) B : สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าใย สังเคราะห์ (CVC) ที่ถูกลบออกด้วยสเปกตรัมของผ้าใยสังเคราะห์ (CVC).....	50
4.16	สเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีขา) ที่มีคราบอสุจิหยดอยู่ (1) และสเปกตรัมของผ้า ฝ้าย (สีขา) (2) ที่เวลา 30 วัน.....	51
4.17	สเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) ที่มีคราบอสุจิหยดอยู่ (1) และสเปกตรัมของ ผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) (2) ที่เวลา 30 วัน.....	52
4.18	สเปกตรัมของผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) ที่มีคราบอสุจิหยดอยู่ (1) และสเปกตรัม ของผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) (2) ที่เวลา 30 วัน.....	52
7.1	สเปกตรัมของผ้าไหม.....	60
7.2	สเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีขา).....	60
7.3	สเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีกรมท่า).....	61
7.4	สเปกตรัมของผ้าลายพรางทหาร.....	61
7.5	สเปกตรัมของผ้า comb twill.....	62
7.6	สเปกตรัมของผ้าใยสังเคราะห์.....	62
7.7	สเปกตรัมของผ้าลินิน.....	63
7.8	สเปกตรัมของผ้ายีนส์.....	63
7.9	สเปกตรัมของผ้าผสมใยสังเคราะห์ (TC).....	64

รูปที่		หน้า
7.10	สเปกตรัมของผ้าใยสังเคราะห์ (CVC).....	64
7.11	สเปกตรัมของสำลี.....	65
7.12	สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าฝ้าย (สีขา) (1) และสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีขา) (2) ที่เวลา 3 วัน.....	65
7.13	สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าฝ้ายลบด้วยสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีขา) ที่เวลา 3 วัน.....	66
7.14	สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าฝ้าย (สีขา) (1) และสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีขา) (2) ที่เวลา 7 วัน.....	66
7.15	สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าฝ้ายลบด้วยสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีขา) ที่เวลา 7 วัน.....	67
7.16	สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าฝ้าย (สีขา) (1) และสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีขา) (2) ที่เวลา 21 วัน.....	67
7.17	สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าฝ้ายลบด้วยสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีขา) ที่เวลา 21 วัน.....	68
7.18	สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าฝ้าย (สีขา) (1) และสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีขา) (2) ที่เวลา 30 วัน.....	68
7.19	สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าฝ้ายลบด้วยสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีขา) ที่เวลา 30 วัน.....	69
7.20	สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) (1) และสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) (2) ที่เวลา 3 วัน.....	69
7.21	สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) ลบด้วยสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) ที่เวลา 3 วัน.....	70
7.22	สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) (1) และสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) (2) ที่เวลา 7 วัน.....	70
7.23	สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) ลบด้วยสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) ที่เวลา 7 วัน.....	71
7.24	สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) (1) และสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) (2) ที่เวลา 21 วัน.....	71

รูปที่		หน้า
7.25	สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) ลบด้วยสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) ที่เวลา 21 วัน.....	72
7.26	สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) (1) และสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) (2) ที่เวลา 30 วัน.....	72
7.27	สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) ลบด้วยสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) ที่เวลา 30 วัน.....	73
7.28	สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) (2) และสเปกตรัมของผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) (1) ที่เวลา 3 วัน.....	73
7.29	สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) ลบด้วยสเปกตรัมของผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) ที่เวลา 3 วัน.....	74
7.30	สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) (2) และสเปกตรัมของผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) (1) ที่เวลา 7 วัน.....	74
7.31	สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) ลบด้วยสเปกตรัมของผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) ที่เวลา 7 วัน.....	75
7.32	สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) (2) และสเปกตรัมของผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) (1) ที่เวลา 21 วัน.....	75
7.33	สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) ลบด้วยสเปกตรัมของผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) ที่เวลา 21 วัน.....	76
7.34	สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) (2) และสเปกตรัมของผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) (1) ที่เวลา 30 วัน.....	76
7.35	สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) ลบ ด้วยสเปกตรัมของผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) ที่เวลา 30 วัน.....	77
7.36	สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนสำลีมาลกับสเปกตรัมของสำลี ที่เวลา 3 วัน	77
7.37	สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนสำลีมาลกับสเปกตรัมของสำลี ที่เวลา 7 วัน	78
7.38	สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนสำลีมาลกับสเปกตรัมของสำลี ที่เวลา 21 วัน.....	78
7.39	สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนสำลีมาลกับสเปกตรัมของสำลี ที่เวลา 30 วัน.....	79

รูปที่		หน้า
7.40	สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนสำลีมาลกับสเปกตรัมของสำลี ที่เวลา 45 วัน.....	79
7.41	สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนสำลีมาลกับสเปกตรัมของสำลี ที่เวลา 60 วัน.....	80



บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในการเกิดคดีอาชญากรรมต่าง ๆ มักพบว่าในสถานที่เกิดเหตุจะมีร่องรอยวัตถุพยานต่าง ๆ หลงเหลืออยู่ รวมทั้งวัตถุพยานทางชีวภาพ เช่น คราบน้ำลาย เส้นผม คราบโลหิต แม้กระทั่งคราบน้ำอสุจิซึ่งวัตถุพยานเหล่านี้มีความสำคัญต่อการสืบสวนและพิจารณาคดีเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะในคดีอาชญากรรมทางเพศ คราบน้ำอสุจิ จัดเป็นวัตถุพยานที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการสืบสวนหาตัวผู้กระทำผิด ซึ่งคราบอสุจินี้อาจพบได้ทั้งในสถานที่เกิดเหตุ ที่ตัวของผู้เสียหาย และตัวของผู้กระทำผิด ซึ่งโดยทั่วไปแล้วสามารถตรวจพบตัวอสุจิที่อยู่ในร่างกายได้นานถึง 3 วัน หรืออาจพบได้นานถึง 2 สัปดาห์ (Hazelwood and Burges, 1995 : 5-91) วิธีการตรวจอสุจิสามารถทำได้หลายวิธี ไม่ว่าจะเป็นการใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตส่องเพื่อดูตำแหน่งของคราบอสุจิที่อยู่บนวัตถุ การตรวจหาสาร acid phosphatase การใช้ชุดตรวจ prostate – specific antigen (PSA) ซึ่งเป็นตรวจทางเคมี ที่ยังคงมีข้อจำกัดอยู่มาก ทั้งการให้ผลบวกปลอมและมักจะเป็นการทำลายตัวอย่างอย่างไรก็ตามปริมาณคราบน้ำอสุจิที่พบมักมีจำกัด ดังนั้นจึงต้องมีวิธีการตรวจยืนยันคราบน้ำอสุจิที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อการนำไปพิสูจน์ตัวผู้กระทำผิด เช่น การตรวจเอกลักษณ์บุคคล หรือการตรวจ DNA เป็นต้น ต่อไป

ในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีการใช้แสงอินฟราเรดซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แบ่งความยาวคลื่นในช่วงต่าง ๆ เช่น แสงอินฟราเรดช่วงไกล (far infrared ; FIR) เป็นการวัดในช่วง 400-5 cm^{-1} แสงอินฟราเรดช่วงกลาง (middle infrared ; MIR) ในช่วง 4000-400 cm^{-1} ที่มีความเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพและการศึกษาโครงสร้างโมเลกุลที่มีการซับซ้อนที่ให้ลักษณะจำเพาะเจาะจง แสงอินฟราเรดช่วงสั้น (near infrared ; NIR) ในช่วง 12500-4000 cm^{-1} เป็นการวัดเชิงปริมาณสามารถวัดหาความเข้มข้นของสารที่มีองค์ประกอบของ N-H O-H และ C-H เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการนำเครื่องมือ Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) มาใช้ในงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์อย่างกว้างขวาง เนื่องจากสามารถใช้วิเคราะห์ตัวอย่างได้ทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ อีกทั้งสามารถวิเคราะห์ตัวอย่างที่เป็นทั้งของแข็ง ของเหลว และก๊าซได้ เป็นวิธีที่สะดวก

รวดเร็ว และที่สำคัญคือไม่ทำลายตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์อีกด้วย Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) ก็เป็นอีกหนึ่งวิธีที่มักนิยมนำมาใช้ในงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ เป็นเทคนิคที่ใช้กับตัวอย่างที่มีลักษณะทึบแสง ซึ่งเป็นเทคนิคการสะท้อนของลำแสงอินฟราเรดผ่านเข้ามายังตัวอย่าง แล้วเกิดการหักเหขึ้นภายในระหว่างตัวอย่างกับ crystal ที่มี refractive index สูงกว่าตัวอย่าง ทั้งนี้เพราะให้ค่ามุมตกกระทบมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับมุมวิกฤตเพื่อให้เกิดการสะท้อนกลับหมดของ IR beam ในเทคนิค ATR-FTIR นี้สามารถนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ได้อย่างสะดวก รวดเร็ว

และจากงานวิจัยของ Botonjic – Sehic และคณะ (2009) ได้ใช้ NIR ในการตรวจวัดคราบโลหิตและประเมินอายุของคราบโลหิตโดยดูจากการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ใต้พีคที่ความยาวคลื่น 1460 – 1860 nm ที่ใช้ในการประเมินอายุของคราบโลหิตตัวอย่างบนพื้นผิวที่เป็นแก้วและผ้าโปร่ง นอกจากนี้ยังมีการนำ FTIR มาประเมินอายุของคราบอสุจิ (สุทธดา บุญญภัทร, 2010) โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้พีคของคราบอสุจิที่หยดลงบนกระจกสไลด์กับเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป โดยทำการวิเคราะห์ตัวอย่างทุก 12 ชั่วโมง เป็นเวลา 10 วัน แล้วทำการวัดพื้นที่ใต้พีคระหว่าง 1800 – 1500 cm^{-1} (A_{1500}) และคำนวณเป็นอัตราส่วนของพื้นที่ที่วัดได้นี้กับพื้นที่ของพีคที่ไม่มีเปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาผ่านไปในช่วง 860-820 cm^{-1} (A_{860}) แล้วนำอัตราส่วนของพีคมาพล็อตเป็นกราฟเทียบกับอายุของตัวอย่างและนำมาใช้ในการทำนายหาอายุของคราบอสุจิได้ กัญญารัตน์ ดีบรรณ และคณะ (2013) ได้นำ ATR-FTIR มาตรวจคราบอสุจิน้ำลายที่สำลีพันก้นที่ได้มาจากช่องคลอด โดย จากผล IR สเปกตรัมของตัวอย่างทั้งหมดพบว่ามีพีคของ Amide I และ Amide II ที่ 1690 – 1650 cm^{-1} และ 1590 – 1480 cm^{-1} ตามลำดับ ซึ่งเป็นพีคที่มีความจำเพาะเจาะจงบนสเปกตรัมของคราบอสุจิ สามารถนำไปประยุกต์ใช้หาคราบอสุจิของผู้เสียหายในคดีข่มขืนทางเพศได้ นั่นแสดงให้เห็นว่า ATR-FTIR มีประสิทธิภาพในการตรวจวิเคราะห์สารคัดหลั่งในร่างกายของมนุษย์ได้ในปี 2008 Kelly Virkler และ Igor K. Lednev ได้ศึกษาน้ำอสุจิ น้ำจากช่องคลอด เหงื่อ น้ำลาย และเลือด วิเคราะห์โดย Raman spectroscopy พบว่าสารคัดหลั่งทั้ง 5 ชนิด มีความจำเพาะและสัมพันธ์กับองค์ประกอบในสารคัดหลั่งแต่ละชนิดซึ่งมีองค์ประกอบที่แตกต่างกัน เช่น พบองค์ประกอบของฮีโมโกลบินในเลือด เป็นต้น ต่อมาในปี 2009 Kelly Virkler และ Igor K. Lednev ก็ได้ใช้ Raman spectroscopy ในการวัดสเปกตรัมของตัวอย่างคราบอสุจิที่นำมาเตรียมตัวอย่างในห้องทดลองที่ควบคุมสภาวะแวดล้อม แล้วใช้สเปกตรัมของส่วนประกอบหลักทางเคมีของน้ำอสุจิที่มีความจำเพาะมาใช้ในการจำแนกตรวจสอบสาร unknow ว่าเป็นน้ำอสุจิ และใช้ในการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ได้ในปี 2015 Charlotte-Maria Orphanou ได้ทำการวิจัยและตีพิมพ์ในวารสาร

Forensic Science International โดยใช้ ATR-FTIR ในการตรวจแยกสารคัดหลั่งในร่างกายนมนุษย์ แล้วพบว่าสารคัดหลั่งในร่างกายนมนุษย์ คือ เลือด อสุจิ น้ำลาย และสารคัดหลั่งจากช่องคลอด มีรูปแบบของสเปกตรัมที่ไม่เหมือนกันเนื่องจากสารคัดหลั่งแต่ละชนิดมีองค์ประกอบที่แตกต่างกัน จึงมีรูปแบบสเปกตรัมที่มีลักษณะจำเพาะ

การตรวจคราบน้ำอสุจิเบื้องต้น โดยวิธีที่ไม่ทำลายหลักฐานที่อาจมาจากสถานที่เกิดเหตุ เป็นเรื่องที่น่าสนใจ และมีประโยชน์อย่างยิ่งในงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะในคดีการอาชญากรรมทางเพศที่จะสามารถนำไปตรวจหาดีเอ็นเอเพื่อหาตัวผู้กระทำผิดต่อไปได้ จึงเป็นเหตุให้ผู้วิจัยสนใจตรวจคราบอสุจิที่อยู่บนแผ่นกระเบื้องซึ่งสามารถพบได้ทั่วไปในสถานที่เกิดเหตุ ไม่ว่าจะเป็นพื้นห้องน้ำ หรือพื้นของที่พัก รวมไปถึงเสื้อผ้า หรือผ้าปูที่นอนต่าง ๆ ที่อยู่ในที่เกิดเหตุ ซึ่งอาจมีคราบอสุจิติดอยู่ โดยใช้เทคนิค Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) เพื่อหาคราบอสุจิบนแผ่นกระเบื้อง และบนผ้าชนิดต่าง ๆ ซึ่งจะช่วยให้การตรวจพิสูจน์เป็นไปได้อย่างรวดเร็ว มีประสิทธิภาพ ไม่ทำลายตัวอย่าง สามารถนำตัวอย่างคราบอสุจิไปวิเคราะห์หาดีเอ็นเอได้ต่อไป เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในทางคดีที่มีความน่าเชื่อถือในชั้นศาลต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อศึกษาการตรวจหาคราบน้ำอสุจิที่อยู่บนแผ่นกระเบื้องและผ้าชนิดต่าง ๆ โดยศึกษาจากโปรตีนในคราบน้ำอสุจิที่อยู่บนแผ่นกระเบื้องและผ้าชนิดต่าง ๆ โดยวิธี Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR)
- 2.2 เพื่อศึกษาคราบอสุจิที่อยู่บนแผ่นกระเบื้อง และผ้า ที่ระยะเวลาต่าง ๆ โดยใช้เทคนิค Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR)

3. สมมติฐานของการวิจัย

ในการวิเคราะห์คราบน้ำอสุจิบนแผ่นกระเบื้องและผ้าชนิดต่าง ๆ ด้วยเทคนิค ATR-FTIR ที่ความยาวคลื่น $650 - 4000 \text{ cm}^{-1}$ พบว่าสเปกตรัมของคราบอสุจิมีความเป็นเอกลักษณ์ สามารถใช้ในการตรวจหาคราบอสุจิเบื้องต้นได้

4. ขอบเขตของการวิจัย

4.1 ศึกษาการตรวจหาคราบน้ำอสุจิที่อยู่บนแผ่นกระเบื้องและผ้าชนิดต่าง ๆ โดยศึกษาจากโปรตีนในคราบน้ำอสุจิที่อยู่บนแผ่นกระเบื้องและผ้าชนิดต่าง ๆ ที่ช่วงเลขคลื่น $650 - 4000 \text{ cm}^{-1}$ โดยวิธี Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR)

4.2 ศึกษาคราบอสุจิที่อยู่บนแผ่นกระเบื้อง และผ้า ที่ระยะเวลาต่าง ๆ โดยใช้เทคนิค Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR)

5. นิยามศัพท์เฉพาะ

คราบน้ำอสุจิ (Seminal stain) หมายถึง น้ำที่หลังออกมาจากอวัยวะเพศชาย จากการร่วมประเวณี หรือถูกกระตุ้นให้เคลื่อนออกมา มีลักษณะเป็นน้ำเหนียว สีขาวขุ่น

ATR-FTIR (Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy) หมายถึง เครื่องมือวิเคราะห์ทางเคมีขั้นสูง ที่ถูกพัฒนามาจาก IR spectrometer เพื่อให้สามารถทำงานได้รวดเร็วขึ้น มีประสิทธิภาพในการแยกสาร และมีความไวสูง

6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย

6.1 ใช้เทคนิค Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) ในการตรวจยืนยันคราบอสุจิเบื้องต้น ซึ่งสามารถทำได้สะดวก รวดเร็ว และไม่ทำลายหลักฐาน

6.2 นำไปประยุกต์ใช้ในงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์และงานพิสูจน์หลักฐาน เพื่อเป็นการใช้วัตถุพยานที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และเป็นข้อมูลในการสืบสวนสอบสวน ซึ่งอาจนำไปสู่การหาตัวผู้กระทำผิดต่อไป

6.3 เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัย ในงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์หรือด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับผู้มีความสนใจต่อไป

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

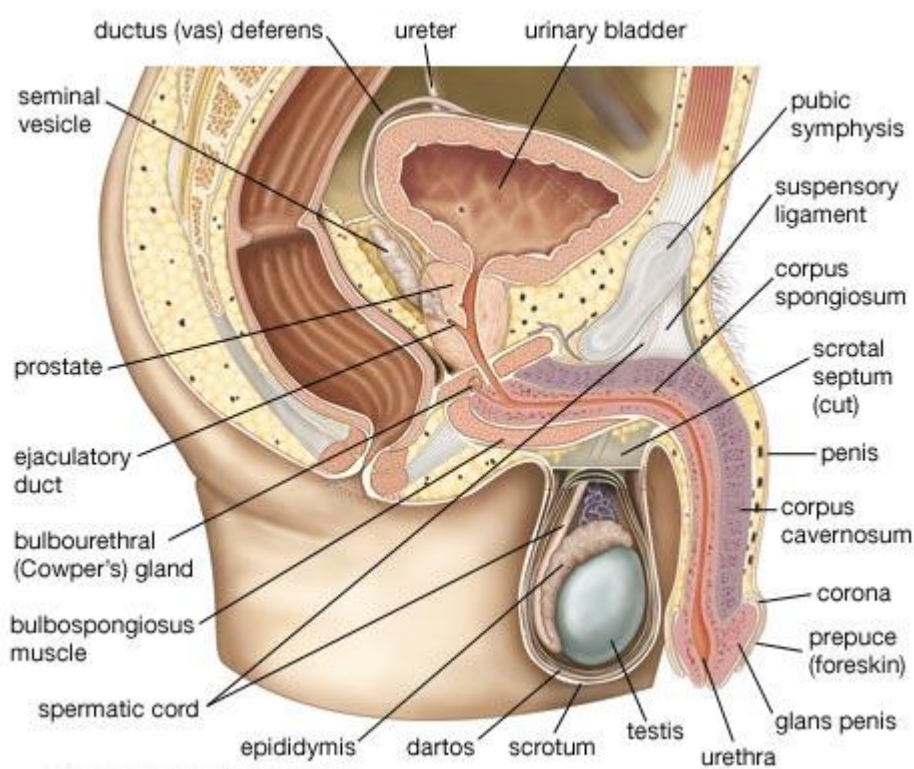
การศึกษาวิจัยเรื่อง การการตรวจหาคราบอสุจิบนกระเบื้องและผ้าชนิดต่าง ๆ โดยใช้เทคนิค Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าเอกสาร ทฤษฎี และงานวิจัยอื่น ๆ ที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้อง และมีแนวทางในการกำหนดการศึกษางานวิจัย เพื่อให้สามารถดำเนินการศึกษาได้อย่างสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยมีประเด็นดังต่อไปนี้

1. อวัยวะสืบพันธุ์เพศชายและอสุจิ
2. การเก็บคราบน้ำอสุจิ
3. การตรวจทางห้องปฏิบัติการในคดีความผิดทางเพศ
4. เส้นใยสิ่งทอ
5. ผ้า และคุณสมบัติของผ้า
6. หลักการและทฤษฎีของคลื่นอินฟราเรด
7. บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง



1. อวัยวะสืบพันธุ์เพศชาย

แบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ อวัยวะสืบพันธุ์ภายนอก ประกอบด้วย ถุงอัณฑะ (scrotum) และ ลึงค์หรือองคชาติ (Penis) และอวัยวะสืบพันธุ์ภายใน ประกอบด้วย อัณฑะ (testis) ก้านอัณฑะหรือ หลอดเก็บอสุจิ (epididymis) ท่อนำอสุจิ (vas deferens) ถุงน้ำกาม (seminal vesicle) ต่อม ลูกหมาก (prostate gland) และต่อมขี้บ่อก (bulbourethral or Cowper's gland)



รูปที่ 2.1 ลักษณะโครงสร้างอวัยวะเพศชาย

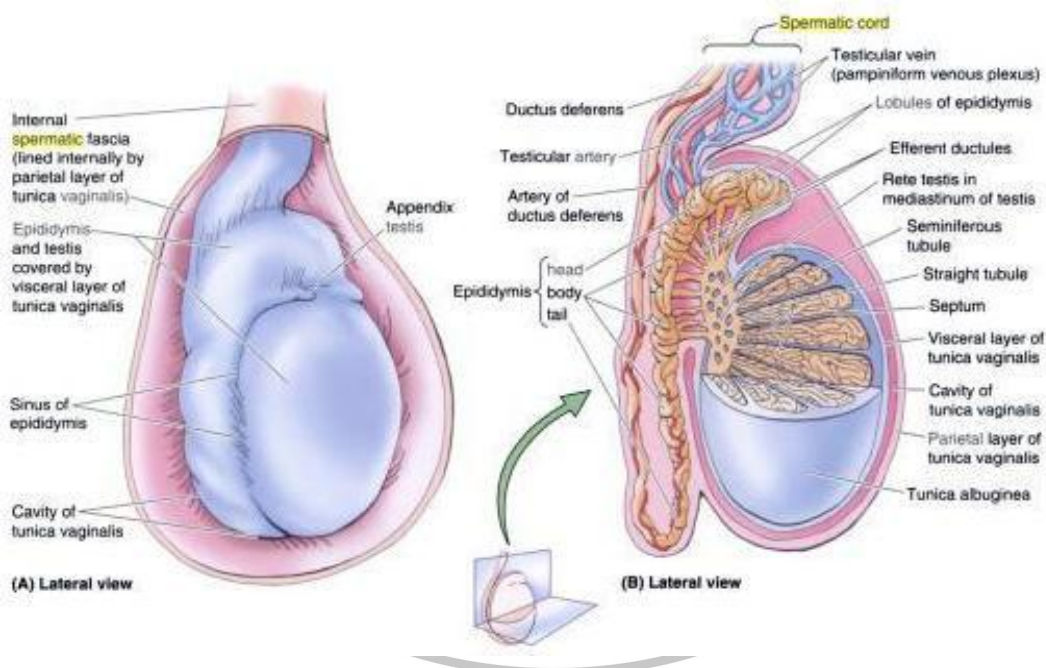
ที่มา : ระบบสืบพันธุ์เพศชาย, เข้าถึงเมื่อวันที่ 17 มิถุนายน 2558, เข้าถึงได้จาก <http://thn21555-02.blogspot.com/p/male-reproductive-system-sperm-sperm.html>

1.1 รูปร่างลักษณะและหน้าที่ของอวัยวะสืบพันธุ์เพศชาย

- 1.1.1 ถุงอัณฑะ เป็นส่วนหนึ่งของผิวหนังที่ไม่มีไขมันที่เป็นถุงยื่นลงมา ภายในถุงอัณฑะแบ่งออกเป็น 2 ห้อง โดยผนังที่กั้นประกอบด้วยชั้นใต้ผิวหนัง และมัดของเส้นใยกล้ามเนื้อ เรียกว่า คาร์ตอส (dartos) ช่วยปรับอุณหภูมิของอัณฑะให้เหมาะสมต่อการสร้างและพัฒนาอสุจิ

- 1.1.2 ลิงค์ เป็นอวัยวะเพศตอนนอก ทำหน้าที่เป็นทางผ่านของปัสสาวะและน้ำกาม ส่วนที่เป็น ลิงค์ หรือลำของลิงค์ ประกอบด้วย หลอดเลือดมัดกล้ามเนื้อยาว 2 มัดที่จัดเรียงตัว เป็นหลอดกลมรูปทรงกระบอก 3 หลอด ได้แก่ คอร์ปัสแคเวอร์โนซิม (corpus cavernosum) จำนวน 2 หลอด ตั้งอยู่ทางส่วนบนตามความยาวของลิงค์ และคอร์ปัสส ฟันจิโอซิม (corpus spongiosum) 1 หลอดอยู่ทางด้านล่างที่เป็นที่อยู่ของท่อปัสสาวะ ซึ่งสอดอยู่ในมัดกล้ามเนื้อ มีลักษณะคล้ายฟองน้ำใช้เป็นทางผ่านของปัสสาวะและ น้ำกาม
- 1.1.3 อัณฑะ ทำหน้าที่สร้างอสุจิ และหลั่งฮอร์โมนเพศชาย คือฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน (Testosterone) ซึ่งควบคุมลักษณะของความเป็นชาย ภายในอัณฑะประกอบด้วย หลอดสร้างอสุจิจำนวนมาก มีเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เส้นเลือด และเซลล์จำนวนมากอยู่ใน หลอดดังกล่าว ซึ่งเซลล์เหล่านี้แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ เซลล์เซอร์โทไล (sertoli cell) มี รูปร่างเป็นแท่ง สูงๆ มีนิวเคลียสรูปไข่อยู่กลางเซลล์ ทำหน้าที่สังเคราะห์ และหลั่งสาร หล่อเลี้ยงอสุจิ ในขณะที่อยู่ระหว่างการพัฒนา และเซลล์ก่อกำเนิด (spermatogonium) เป็นเซลล์ต้นกำเนิด เรียงอยู่ภายในหลอดหลายชั้น และยังมีกลุ่มเซลล์อื่นที่แทรกอยู่ ระหว่างหลอดสร้างอสุจิ เรียกว่า เซลล์แทรก (interstitial cells) ซึ่งเซลล์กลุ่มนี้มีหน้าที่ ในการสังเคราะห์ และหลั่งฮอร์โมนเพศชายเทสโทสเตอโรน ซึ่งควบคุมการพัฒนาเครื่อง เพศของชาย และอวัยวะที่ช่วยในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของเพศชาย
- 1.1.4 ก้านอัณฑะหรือหลอดเก็บอสุจิ เป็นหลอดเล็ก ๆ ขดไปมา อยู่ก่อนไปทางด้านบนของ อัณฑะ ส่วนบนสุดติดอยู่กับหลอดเอ็ฟเฟอเรนต์ ภายในหลอดบุด้วยเซลล์รูปแท่งที่มีขน ขนาดสูง-ต่ำ สลับกันที่เรียกว่า สเตอริโอซิลเลีย (stereocilia) ทำให้ภายในหลอดมี ลักษณะเป็นคลื่น และมีกล้ามเนื้อเรียบห่อหุ้มอีกชั้นหนึ่ง ทำหน้าที่สร้างสารหล่อเลี้ยง อสุจิที่ยังเคลื่อนที่เองไม่ได้ หลังจากท่ออสุจิถูกเก็บไว้ในหลอดเก็บจะสามารถเคลื่อนที่ได้ โดยอาศัยของเหลวที่อยู่ในหลอดเก็บอสุจิ และภายในหลอดเก็บอสุจิสามารถแบ่งออกได้ เป็น 3 ส่วน คือ 1 ส่วนบนสุด เรียกว่า หัว (head) ประกอบด้วยท่อส่งออกซึ่งเปิดเข้าสู่ ท่อหลอดเก็บอสุจิ 2 ส่วนถัดลงมา เรียกว่า ตัว (body) และ 3 ส่วนล่าง เรียกว่า หาง (tail) ภายในมีท่อเก็บหลอดอสุจิเปิดติดต่อกับท่อนำอสุจิ

1.1.5 ท่อนำอสุจิ เป็นท่อที่ต่อจากหลอดเก็บอสุจิ มีความยาวประมาณ 45 เซนติเมตร พาดผ่านไปตามขอบด้านหลังของอัณฑะเข้าสู่อุ้งเชิงกรานโค้งไปทางด้านหลังของกระเพาะปัสสาวะ แล้วต่อเข้ากับท่อฉีดน้ำเชื้อ (ejaculatory duct) ส่วนปลายของท่อนี้จะมีลักษณะพองออกเรียกว่า แอมพูลลา (ampulla) ภายในท่อนำอสุจิจะถูกบุด้วย pseudostratified columnar epithelium และมีกล้ามเนื้อเรียบ 3 ชั้น โดยชั้นในสุดและชั้นนอกสุดจะเป็นกล้ามเนื้อวงกลมล้อมรอบท่อ ส่วนชั้นกลางเป็นกล้ามเนื้อตามความยาวของท่อ เมื่อชั้นกล้ามเนื้อเคลื่อนตัวแบบเพริสทอลซิส จะมีการโบกพัดของขนเซลล์ ทำให้อสุจิถูกลำเลียงไปได้ ผิวด้านนอกของท่อนำอสุจินี้จะมีเนื้อเยื่อ เส้นเลือด และเส้นประสาทรวมกันเป็นมัดเรียกว่า สเปิร์มมาติกคอร์ด (spermatic cord)



รูป 2.1 โครงสร้างของอัณฑะ

ที่มา : ระบบสืบพันธุ์เพศชาย , เข้าถึงเมื่อวันที่ 17 มิถุนายน 2558, เข้าถึงได้จาก

<http://thn21555-02.blogspot.com/p/male-reproductive-system-sperm-sperm.html>

1.1.6 ถุงน้ำกาม มี 1 คู่ มีลักษณะขดงอ ยาวประมาณ 5 เซนติเมตร อยู่ทางด้านหลังกระเพาะปัสสาวะ ผิวภายในบุด้วยเยื่อเมือก ทำหน้าที่ขับของเหลวที่มีความหนืด มีฤทธิ์เป็นด่าง และมีน้ำตาลฟรุคโตสมาก ลักษณะเป็นเมือกสีขาวขุ่นและข้น ถุงนี้จะไปต่อเข้ากับท่อ

ปัสสาวะและเปิดเข้าสู่ท่อฉีดน้ำอสุจิ โดยมีส่วนในการสร้างประมาณร้อยละ 60 ของปริมาณน้ำอสุจิทั้งหมด

- 1.1.7 ต่อมลูกหมาก ประกอบด้วยหน่วยที่ทำหน้าที่ขับสาร ได้แก่ โซเดียม โพรแทสเซียม แคลเซียม โปรตีน กลูโคส วิตามินซี กรดซิตริก และคอเรสเตอรอล ของเหลวที่ซึมออกมาจากต่อมลูกหมากทำหน้าที่กระตุ้นให้อสุจิที่ยังเคลื่อนที่เองไม่ได้เริ่มเคลื่อนที่ได้ มีฤทธิ์เป็นต่างอำน มีเมือกใส
- 1.1.8 ต่อมขับเมือก เป็นต่อมเล็ก ๆ 2 ต่อม ทำหน้าที่ขับเมือกใส มีฤทธิ์เป็นต่าง ทำหน้าที่สร้างสารหล่อลื่น
- 1.1.9 น้ำกาม หรือน้ำอสุจิ ประกอบด้วยของเหลวจากถุงน้ำกาม ของเหลวจากต่อมลูกหมาก และตัวอสุจิ ปริมาณของน้ำกามที่หลั่งออกมาแต่ละครั้งโดยเฉลี่ยประมาณ 3 มิลลิลิตร มีลักษณะขาวขุ่น มีค่า pH ประมาณ 7.35 – 7.50 มีตัวอสุจิประมาณ 200 – 400 ล้านตัว นอกจากนี้ยังมีน้ำตาลฟรุกโทส วิตามินซี สารคอเลสเตอรอล ฟอสโฟลิพิด และสารพรอสตาแกรนดิน เพื่อช่วยให้เส้นเลือดหดตัว น้ำกามเป็นของเหลวที่ช่วยให้ความเป็นกรดเป็นด่างในช่องคลอดเปลี่ยนเป็นกลาง และกระตุ้นให้อสุจิเคลื่อนไหว ตัวอสุจิเมื่อเข้าสู่ช่องคลอดแล้วจะมีชีวิตอยู่ได้ประมาณ 3 วัน ตัวที่ไม่ได้ปฏิสนธิกับไข่จะตายและถูกทำลายไป
- 1.1.10 ท่อปัสสาวะ มีความยาวประมาณ 20 เซนติเมตร แบ่งออกเป็น 3 ตอนดังนี้
1. พรอสติกยูรีทรา (prostatic urethra) เป็นท่อปัสสาวะส่วนต้นต่อจากกระเพาะปัสสาวะเข้ามายังต่อมลูกหมาก ยาวประมาณ 3 เซนติเมตร ด้านในบุด้วยเยื่อผิวหนังที่มีรูปร่างเปลี่ยนแปลงได้
 2. เมมเบรนัสยูรีทรา (membranous urethra) มีความยาวประมาณ 1 เซนติเมตร ผิวด้านในบุด้วยเยื่อที่ประกอบด้วยเซลล์เพียงชั้นเดียว เมื่อหดตัวจะเห็นคล้ายกับเซลล์เรียงซ้อนกันหลายชั้น
 3. แควเวอร์นัสยูรีทรา (cavernous urethra) เป็นส่วนที่มีความยาวมากที่สุดอยู่ในลิ้งค์ มีความยาวประมาณ 15 เซนติเมตร ล้อมรอบด้วยกล้ามเนื้อที่หุ้มตัวคล้ายฟองน้ำ

1.2 การหลั่งน้ำกาม

โดยปกติอสุจิเมื่อถูกกำเสียดเข้าสู่ก้านอัมตะหรือหลอดเก็บอสุจิแล้ว จะยังไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยตัวเอง เมื่อกล้ามเนื้อเรียบและเซลล์ขนภายในหลอดเก็บอสุจิและท่อน้ำอสุจิเริ่ม

ทำงาน จะทำการผลักดันให้อสุจิเคลื่อนที่ไปจนเข้าสู่ท่อปัสสาวะ เมื่อมีสิ่งเร้ามากระตุ้นให้กล้ามเนื้อเรียบทำงาน ก็จะกระตุ้นทำให้ลิ้งค์แข็งตัวด้วย กระบวนการหลั่งน้ำอสุจิแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ Pre Ejaculatory Phase (emission) และ Ejaculatory Phase อสุจิจากท่อนำอสุจิ หลอดเก็บอสุจิจะเข้าสู่ท่อปัสสาวะควบคุมโดยระบบประสาทซิมพาเทติก อย่างไรก็ตามกลไกทางสรีรวิทยาระบบประสาทของการหลั่งน้ำอสุจียังไม่เป็นที่ทราบแน่นอน ไชสันหลังส่วน Thoracic ส่วนล่าง Lumbar ส่วนบน และส่วน Sacrum เกี่ยวข้องในการควบคุมการแข็งตัวขององคชาติ และการหลั่งน้ำอสุจิ ซึ่งในระยะสุดท้ายของการหลั่ง External Urethral Sphincter จะคลายตัว Perineal Muscle และ Bulbourethral Muscle จะมีการหดตัวเป็นระยะเพื่อขับอสุจิออกมาตามท่อปัสสาวะ ขณะเดียวกันนั้นเซลล์ของท่อนำอสุจิ ผนังท่อนำอสุจิ ต่อมลูกหมาก และต่อมขับเมือกก็จะหลั่งสารต่าง ๆ รวมเข้ากันเรียกว่า น้ำกาม (semen) ซึ่งจะถูกส่งเข้าสู่ท่อนำอสุจิ เพื่อทำหน้าที่กระตุ้นให้อสุจิเริ่มเคลื่อนที่ได้ด้วยตัวเอง โดยอสุจิจะใช้น้ำตาลฟรุกโทสในน้ำกามเป็นแหล่งพลังงาน สารที่มีฤทธิ์เป็นด่างจะทำให้อสุจิมีชีวิตรอดอยู่ได้ และไม่ถูกทำลายโดยฤทธิ์กรดของปัสสาวะ

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบของน้ำกามจากต่อมต่างๆ

แหล่งที่มา	ร้อยละ (โดยประมาณ)	ส่วนประกอบ
อัณฑะ	2 – 5	ตัวอสุจิประมาณ 200 – 400 ล้านตัว
ถุงน้ำกาม	65 – 75	กรดอะมิโน กรดซิทริก เอนไซม์ต่าง ๆ น้ำตาลฟรุกโทส โพรสตาแกลนดิน โปรตีน และวิตามินซี
ต่อมลูกหมาก	25 – 30	เอนไซม์แอสิดฟอสฟาเทส กรดซิทริก เอนไซม์ไฟบริโนไลซิน เอนไซม์ย่อยโปรตีน ต่าง ๆ สังกะสี
ต่อมขับเมือก	< 1	น้ำตาลกาแลคโทส เมือก กรดเซียลิก

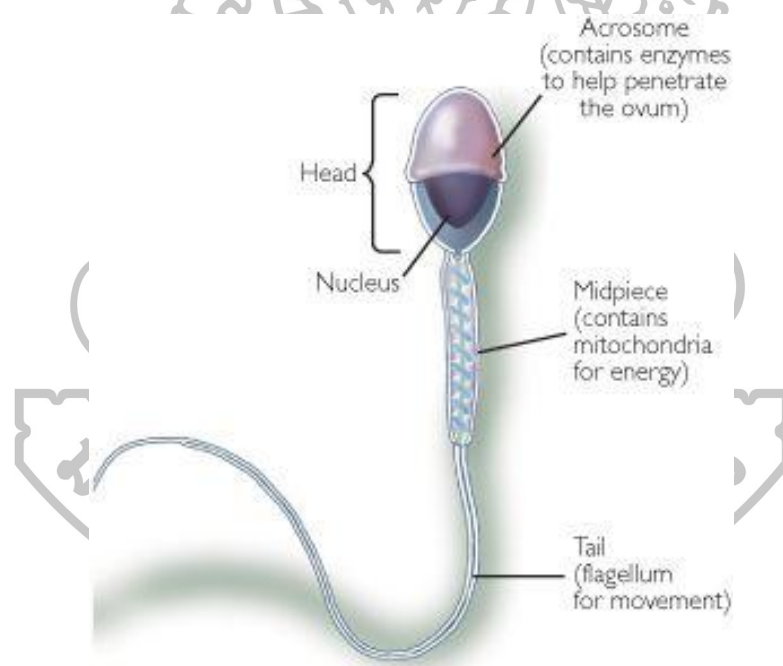
ที่มา : ส่วนประกอบของน้ำอสุจิ , เข้าถึงเมื่อวันที่ 17 มิถุนายน 2558, เข้าถึงได้จาก

<https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%99%E0%B9%89%E0%B8%B3%E0%B8%AD%E0%B8%AA%E0%B8%B8%E0%B8%88%E0%B8%B4>

1.3 ตัวอสุจิ

ตัวอสุจิ (spermatozoa) ที่เจริญเต็มที่จะถูกสร้างขึ้นประมาณ 300 ล้านตัวต่อวัน เมื่อหลังออกมาแล้วจะมีชีวิตอยู่ภายในระบบสืบพันธุ์ของเพศหญิงได้ประมาณ 2 วัน ตัวอสุจิประกอบด้วย 3 ส่วน

1. ส่วนหัว (head) มีสารพันธุกรรม และอโครโซม (acrosome) ซึ่งบรรจุเอ็นไซม์ที่ช่วยในการเจาะตัวอสุจิเข้าสู่ไข่
2. ส่วนกลาง (middle piece) มีไมโทคอนเดรียจำนวนมาก ซึ่งเป็นแหล่งสร้างพลังงานสำหรับการเคลื่อนไหว
3. ส่วนหาง (tail) เป็นแฟลกเจลลัมใช้สำหรับการขับเคลื่อนตัวอสุจิ



รูปที่ 2.3 ลักษณะโครงสร้างของตัวอสุจิ

ที่มา : ระบบสืบพันธุ์เพศชาย, เข้าถึงเมื่อวันที่ 17 มิถุนายน 2558, เข้าถึงได้จาก <http://thn21555-02.blogspot.com/p/male-reproductive-system-sperm-sperm.html>

2. การเก็บอสุจิ

2.1 การเก็บคราบอสุจิสด

ใช้สำลีพันปลายไม้ซับ หรือป้ายคราบอสุจิ แล้วผึ่งลมให้แห้ง ห้ามทำให้แห้ง โดยตากแดดหรือใช้ความร้อนสูง และหากพบคราบอสุจิสดในสถานที่ต่างกัน ต้องทำการบรรจุหีบห่อแยก เขียนหน้าห่อให้ชัดเจนป้องกันการปนเปื้อนของอสุจิ

2.2 การเก็บคราบอสุจิที่ติดอยู่กับวัตถุที่มีสภาพเปียกชื้น

นำวัตถุของกลางนั้นไปผึ่งลมให้แห้งสนิท แล้วบรรจุห่อเพื่อนำส่งไปตรวจพิสูจน์

2.3 การเก็บคราบอสุจิแห้ง

หากคราบอสุจิแห้งติดอยู่กับของกลางที่สามารถส่งตรวจได้ก็ให้ส่งวัตถุของกลางนั้นไปทั้งชิ้น แต่หากวัตถุของกลางมีขนาดใหญ่ หรือไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ ให้ใช้ของมีคมขูดหรือชะคราบส่งไปตรวจพิสูจน์ หรือใช้สำลีพันปลายไม้ชุบน้ำกลั่นเช็ดคราบอสุจิแล้วผึ่งให้แห้งก่อนจะบรรจุหีบห่อแล้วส่งตรวจพิสูจน์ต่อไป

3. การตรวจทางห้องปฏิบัติการในคดีความผิดทางเพศ

มีการตรวจดังต่อไปนี้

3.1 การตรวจหาตำแหน่งของคราบอสุจิ

คราบของอสุจิที่ปรากฏบนเสื้อผ้าที่มีสีดำ หรือสีเข้มนั้น อาจไม่สามารถหาตำแหน่งได้ด้วยตาเปล่า ในกรณีนี้ต้องใช้แสงอุลตราไวโอเล็ตส่องในห้องมืด ซึ่งจะทำให้เห็นตำแหน่งบริเวณที่มีคราบอสุจิติดอยู่อย่างชัดเจนต่างจากบริเวณอื่น

3.2 การตรวจคราบอสุจิโดยหาตัวอสุจิ และน้ำอสุจิ

น้ำอสุจิประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นน้ำ (seminal plasma) และส่วนที่เป็นเนื้อ คือตัวอสุจิ (sperm) ซึ่งจะต้องมีการตรวจว่าเป็นน้ำอสุจิหรือไม่ การตรวจหาตัวอสุจิเพื่อยืนยันว่ามีการร่วมประเวณีหรือไม่นั้น ในกรณีที่มีการร่วมประเวณีใหม่ ๆ สามารถตรวจพบตัวอสุจิที่กำลังเคลื่อนที่ได้ แต่มักจะเกิดปัญหาว่าผู้เสียหายส่วนใหญ่มักมาตรวจร่างกายหลังจากผ่านการร่วมประเวณีมานานกว่า 1 วัน ดังนั้นจึงไม่พบตัวอสุจิที่เคลื่อนไหวทำได้เพียงตรวจดูว่ามีตัวอสุจิหรือไม่ ถ้ามีแสดงว่าผ่านการร่วมประเวณีมาจริง ซึ่งการตรวจพบตัวอสุจิโดยทั่วไปสามารถตรวจพบได้ถึง 3 วัน หรืออาจนานได้ถึง 2 สัปดาห์ โดยทำการย้อม

สีดูลักษณะทั่วไปของตัวอสุจิ ที่ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน หากพบส่วนหัวจะสามารถนำไปตรวจพิสูจน์ตัวบุคคลต่อไปได้ อย่างไรก็ตามคติข่มขืนกระทำชำเราเป็นจำนวนมากนั้นไม่สามารถตรวจพบตัวอสุจิได้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผู้ชายที่ข่มขืนเป็นหมัน หรือผ่านการทำหมัน ดังนั้นจึงจึงใช้การตรวจทางเคมีเพื่อหาส่วนประกอบของน้ำอสุจิ ในการตรวจตัวอสุจิจะนำเอาของเหลวที่สงสัยว่ามีตัวอสุจิไปส่องกล้องจุลทรรศน์ ถ้าหากพบตัวอสุจิก็นแสดงว่าของเหลวนั้นมีน้ำอสุจิอยู่ ส่วนคราบอสุจิที่ติดตามเสื้อผ้าหรือก้อนสำลีนั้น ก็จะต้องทำการสกัดตัวอสุจิออกมา โดยนำเศษผ้าหรือสำลีไปแช่ในน้ำยาแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (NH_4OH) แช่ทิ้งไว้จนน้ำยาขุ่น แล้วนำเศษผ้าหรือสำลีออกจากนั้นนำน้ำยาไปปั่นเหวี่ยงให้ตกตะกอนดูส่วนใสทิ้งไป แล้วนำตะกอนที่ได้ไปเกลี่ยลงบนแผ่นกระจกทิ้งไว้ให้แห้ง เมื่อนำไปส่องกับกล้องจุลทรรศน์ให้ทำการย้อมสีก่อน ถ้ามีตัวอสุจิจะเห็นเป็นจุดรีขนาดเล็ดติดสีน้ำเงิน บริเวณปลายที่ต่อกับหางจะมีลักษณะเรียวแหลม บางครั้งอาจเห็นหางยาวติดสีแดง นอกจากนี้คราบอสุจิยังสามารถนำไปตรวจหาหมู่เลือด และเอ็นไซม์ต่าง ๆ ได้ นอกจากนี้ อาจหา DNA (Desoxyribonucleic acid) จากคราบที่สงสัย เปรียบเทียบกับลักษณะของ DNA จากผู้ต้องหาได้

3.3 การตรวจทางเคมี

การตรวจทางเคมีนี้อาจไม่ยืนยันได้แน่นอนเหมือนในกรณีที่ตรวจพบตัวอสุจิ เพราะสารเคมีในน้ำอสุจิมียหลายชนิด

3.3.1 การตรวจหาสารโคลีน (Choline) คือการตรวจหาสารโคลีน (Choline) ซึ่งมีอยู่ในน้ำอสุจิ วิธีนี้เป็นวิธีเก่าเรียกว่า การทดสอบฟลอเรนซ์ (Florence test) โดยการใช้เคมีร่วมกับการตรวจทางกล้องจุลทรรศน์ ทำการละลายคราบที่สงสัยลงบนแผ่นกระจกที่สำหรับตรวจทางกล้องจุลทรรศน์ทิ้งไว้ให้แห้ง แล้วหยดน้ำยาที่ตรวจหาโคลีนลงไปข้างๆ บริเวณที่มีคราบ ถ้ามีสารโคลีนจะเกิดผลึกเป็นรูปแท่งเกิดขึ้น ซึ่งผลึกนี้จะต้องส่องดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ทำให้ในปัจจุบันไม่ค่อยนิยมใช้วิธีนี้เพราะมีความไม่แน่นอนอยู่มากและการตรวจก็ไม่ไวพอ การตรวจวิธีนี้ถ้าให้ผลบวกก็แสดงเพียงว่าคราบนั้นน่าจะเป็นน้ำอสุจิได้

3.3.2 การตรวจหาสารแอซิดฟอสฟาเตส (Acid phosphatase test) ในปัจจุบันการตรวจทางเคมีเป็นการตรวจหาเอ็นไซม์แอซิดฟอสฟาเตส ซึ่งมีอยู่ในน้ำอสุจิในปริมาณสูง โดยใช้

น้ำยา alpha – naphthyl phosphate และ Brentamine Fast Blue B ทำปฏิกิริยากับ คราบอสุจิซึ่งหากเกิดตะกอนสีม่วงแสดงว่ามีเอ็นไซม์แอสิดฟอสฟาเตสอยู่ แต่เนื่องจาก เอ็นไซม์ตัวนี้อยู่ในส่วนอื่นๆ ของร่างกายด้วย จึงต้องใช้การจับเวลาหากเกิดสีม่วง ภายใน 60 วินาที ถือว่าให้ผลบวก คือมีเอ็นไซม์แอสิดฟอสฟาเตสซึ่งสามารถตรวจพบได้ ภายในระยะเวลาประมาณ 3 วัน หลังร่วมประเวณี เมื่อการตรวจให้ผลบวก ก็จะสรุปว่า น่าจะเป็นคราบอสุจิ และสำหรับในกรณีที่เป็นหมัน สามารถยืนยันได้ด้วยการตรวจ โปรตีน P30 ซึ่งสามารถพบได้จากคราบอสุจิที่มีอายุนานถึง 6 เดือน การตรวจ P30 ยัง สามารถยืนยันได้ว่าเป็นคราบอสุจิของมนุษย์หรือไม่

3.4 การตรวจว่าเป็นคราบอสุจิของใคร

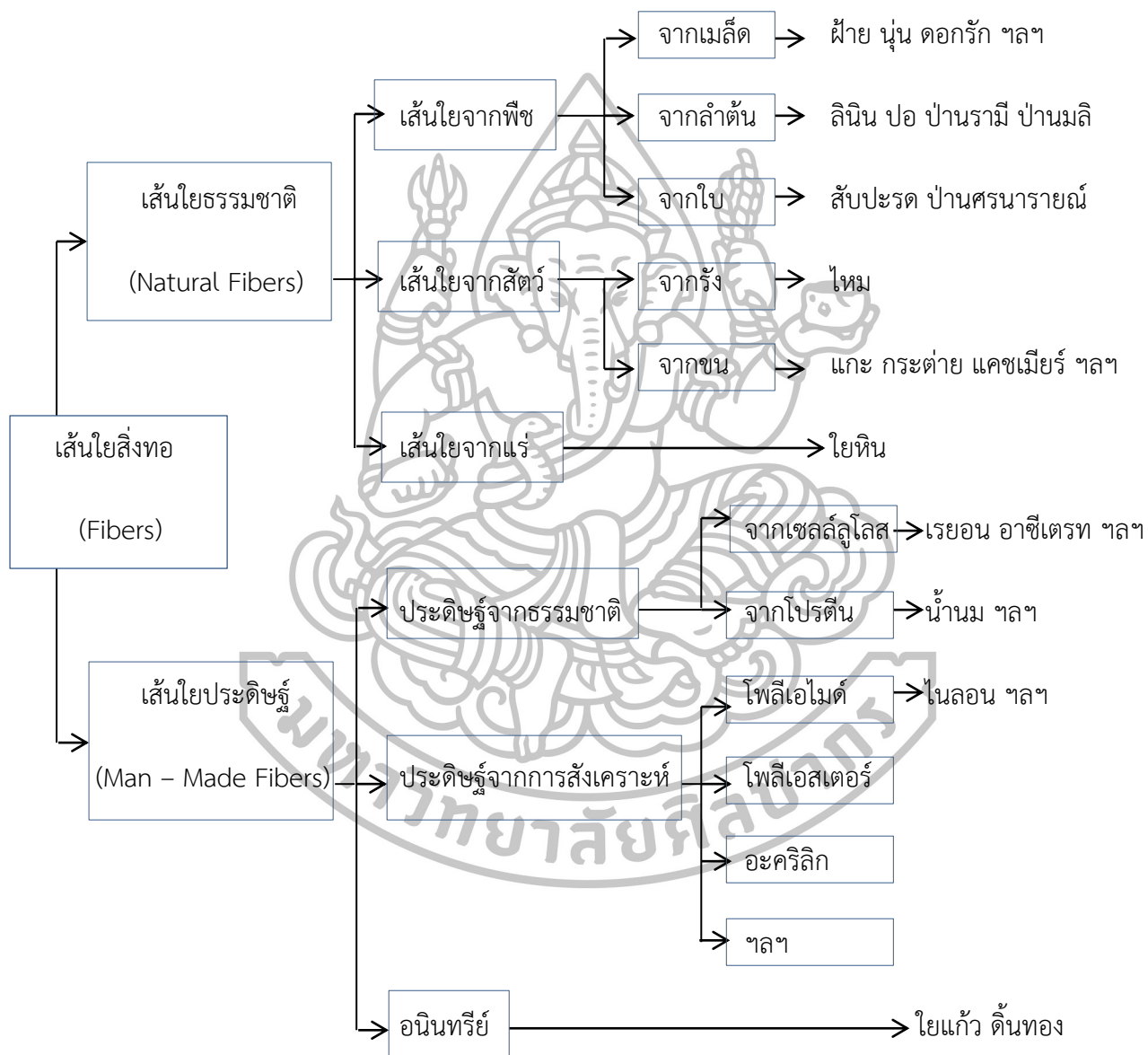
สามารถทำได้โดยการตรวจหาหมู่เลือดในคราบอสุจิ เช่นเดียวกับการตรวจหาหมู่ เลือดในน้ำลายนอกจากนี้ยังสามารถตรวจหาตรวจสารพันธุกรรม (DNA typing) จากตัว อสุจิเพื่อเปรียบเทียบกับ ตัวอสุจิ เลือดหรือเซลล์ อื่น ๆ ของร่างกาย ผู้ต้องสงสัย เพื่อพิสูจน์ ตัวบุคคลได้อีกด้วย

3.5 การตรวจเซลล์เยื่อช่องคลอด

เซลล์ของเยื่อช่องคลอดนั้นมีลักษณะพิเศษ คือมีสารที่เรียกว่า ไกลโคเจน (Glycogen) อยู่ในเซลล์เป็นจำนวนมากและสารนี้เมื่อถูกกับน้ำยาลูกกลอน (Lugol's solution) จะเกิดสีน้ำตาลไหม้หรือสีช็อกโกแลต ดังนั้นเมื่อตรวจในห้องปฏิบัติการโดยหยด น้ำยาลูกกลอนลงไปของเหลวต้องสงสัยแล้วนำไปตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ถ้ามีเซลล์ที่มีเม็ดสี ช็อกโกแลต เป็นจุด ๆ ติดอยู่ในเซลล์ แสดงว่าเซลล์นั้นเป็นเซลล์ที่มีจากเยื่อช่องคลอดซึ่ง เป็นผลจากการร่วม ประเวณีใหม่ ๆ

4. เส้นใยสิ่งทอ

เส้นใยสิ่งทอ (fibers) สามารถออกได้เป็น 2 ประเภท คือ เส้นใยธรรมชาติ และเส้นใยประดิษฐ์ ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แผนผังแสดงประเภทของสิ่งทอ

ที่มา : ศรีธยา เกษมบุญญากร (2555), การจำแนกลักษณะโครงสร้าง คุณสมบัติของเส้นใย
เอกสารประกอบการฝึกอบรม ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.1 คุณสมบัติของเส้นใย (Fiber properties)

เส้นใยแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติของเส้นใยที่แตกต่างกัน ประกอบไปด้วยคุณสมบัติ
ด้านต่าง ๆ ดังนี้

4.1.1 คุณสมบัติทางเคมี (Chemical properties)

1. ปฏิกริยาต่อเปลวเพลิง เส้นใยแต่ละชนิดจะมีปฏิกริยาต่อเปลวเพลิงที่ต่างกัน โดย
สามารถจำแนกชนิดของเส้นใยได้จากการเผาไหม้ สังเกตได้จากปฏิกริยาของเส้นใยเมื่อ
เข้าไปใกล้เปลวเพลิง เมื่ออยู่ในเปลวเพลิง เมื่อนำออกมาจากเปลวเพลิง และลักษณะของเถ้า
ถ่าน ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ปฏิกริยาของเส้นใยต่อเปลวเพลิง

Fibers	Melts near flame	Shrinks from flame	Burns in flame	Continues to burn	Appearance of ash
Natural Fibers					
Silk	Yes	Yes	Yes	Slowly	Soft black bead
Wool cellulose	Yes	Yes	Yes	Slowly	Irregular black
Cellulose	No	No	Yes	Yes	Light greyish
Asbestos	No	No	No	No	May blackon
Man-made fibers					
Acrylic	Yes	Yes	Yes	Yes	Hard black
Acetate					Irregular
Azlon					Shaped
Nytril					Bead
Polyester	Yes	Yes	Yes	Yes	Hard black
					Round bead
Nylon	Yes	Yes	Yes	Yes	Hard grey
					Round bead
Olefin	Yes	Yes	Yes	Yes	Hard black
Vinal					

ตารางที่ 2.2 ปฏิกริยาของเส้นใยต่อเปลวเพลิง (ต่อ)

Fibers	Melts near flame	Shrinks from flame	Burns in flame	Continues to burn	Appearance of ash
Modacrylic	Yes	Yes	Yes	No	Hard black
Saran					Irregular bead
Vinyon					
Metallic	Yes	Yes	No	No	Metal bead
Glass	Yes	Slowly	No	No	Hard clear Bead
Rubber	Yes	Yes	Yes	No	Irregular mass
Spandex	Yes	No	Yes	Yes	Fluffy black or grey
Anidex	Yes	No	Yes	Yes	Brittle black Irregular bead
Rayon	No	No	Yes	Yes	None
Aramid	No	Yes	Yes	No	Hard black Bead
Novoloid	No	No	Brief	No	carbon

ที่มา : ศรีธัญญา เกษมบุญญานกร (2555). การจำแนกลักษณะโครงสร้าง คุณสมบัติของเส้นใย

เอกสารประกอบการฝึกอบรม ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ปฏิกริยาต่อตัวทำลาย เส้นใยต่างชนิดกันจะถูกทำลายด้วยสารเคมีที่ต่างกัน นอกจากนี้คุณสมบัติทางเคมีของเส้นใยยังทดสอบได้จากการย้อมสีที่ต่างกัน โดยการใช้สีย้อมมาตรฐานในการทดสอบและเทียบผ้ากับ Multifiber ที่ทราบชนิดเส้นใยแล้ว ดังตารางที่ 2.3

S	=	Soluble
I	=	Insoluble
P	=	Forms plastic mass
SP	=	Soluble or forms plastic mass
SE	=	Soluble except for one modacrylic fiber characterizes by low flammability and liquid inclusions visible in cross – sections.
N	=	Nylon 6 in soluble, nylon 6/6 is insoluble, soluble at 20°c without plastic mass.
T	=	Novoloid turns red.

ที่มา : ศรัณยา เกษมบุญญากร (2555). การจำแนกลักษณะโครงสร้าง คุณสมบัติของเส้นใย
เอกสาร ประกอบการฝึกอบรม ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.1.2 คุณสมบัติทางกายภาพ (Physical properties)

คุณสมบัติทางกายภาพที่ส่งผลต่อลักษณะที่ปรากฏของเส้นใย สามารถ
พิจารณาได้ด้วยตาเปล่า หรือกล้องจุลทรรศน์ ได้ดังนี้

1. สี (Color) โดยทั่วไปเส้นใยธรรมชาติจะมีสีที่ต่างกันออกไป เช่น ฝ้ายมักจะมีได้ทั้งสีขาว
นวล สีขาวเหลือง สีเขียว และสีน้ำตาล เป็นต้น ส่วนเส้นใยที่มาจากกระบวนการผลิตนั้นส่วน
ใหญ่จะถูกทำให้มีสีขาวนวล หรือขาวเหลือง
2. ความยาว (Length) สามารถแบ่งประเภทตามความยาวได้ 2 ประเภท ได้แก่ ใยสั้น
มักจะเป็นเส้นใยจากธรรมชาติเกือบทั้งหมด ยกเว้นใยไหม ส่วนใยที่มาจากกระบวนการ
ผลิตสามารถผลิตให้เป็นใยสั้นได้โดยการตัดหรือดึงฟอนใยให้ขาดจากกัน โดยใยสั้นจะมี
ความยาวประมาณ $\frac{3}{4}$ นิ้ว – 18 นิ้ว และใยยาว ซึ่งไหมจัดเป็นใยธรรมชาติชนิดเดียวที่
อยู่ในรูปใยยาว และใยทุกชนิดที่มาจากกระบวนการผลิตสามารถผลิตให้เป็นใยยาวได้
เท่าที่ต้องการ มีหน่วยการวัดใยยาวเป็นหลา หรือเมตร

3. ภาคตัดขวาง (Cross – section shape) โดยปกติแล้วใยธรรมชาติแต่ละชนิดจะมีรูปร่างหน้าตัดเฉพาะ และ มีขนาดไม่สม่ำเสมอทำให้สามารถจำแนกชนิดของใยได้จากรูปร่างหน้าตัด ซึ่งง่ายกว่าใยที่ผลิตขึ้น เนื่องจาก ในกระบวนการผลิตใยประดิษฐ์และใยสังเคราะห์นั้นสามารถควบคุมรูปร่างหน้าตัดให้มีลักษณะตาม ต้องการได้ แต่ทั้งนี้ที่ผลิตขึ้นบางชนิดก็มีความนิยมที่จะผลิตให้มีลักษณะเฉพาะของ รูปร่างหน้าตัดของเส้นใยด้วย
4. ผิวภายนอก หรือลักษณะตามยาว (Surface contour or Longitudinal appearance) เส้นใยแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันพิจารณาได้จาก ความเรียบ ความสม่ำเสมอ โดยปกติใยธรรมชาติจะมีรูปร่างหน้าตัดและขนาดที่ไม่สม่ำเสมอที่ส่งผลต่อลักษณะผิวใยภายนอกที่ไม่สม่ำเสมอด้วย เช่น ฝ้าย เนื่องจากเส้นใยฝ้ายมีการบิดเป็นเกลียวคล้ายริบบิ้นในขณะที่เส้นใยบางชนิด เช่น ใยแก้ว ใยไนลอนและโพลีเอสเตอร์ที่ไม่ใส่สารลดความเงา มัน และใยไหมที่ขจัดทากแล้ว จะมีผิวเส้นใยที่เรียบใสและสม่ำเสมอเกล็ดใยขนสัตว์เป็นเส้นใยชนิดเดียวที่มีลักษณะภายนอกเป็นเกล็ดเรียงซ้อนกันเหมือนเกล็ดปลา(โค้ง) เช่น ขนแกะ หรือใยขนสัตว์บางชนิดเกล็ดอาจแหลมหยักเหมือนฟันปลา หรือบางชนิดมีรอยแตกเป็นทางยาว ทำให้ผิวภายนอกของเส้นใยดังกล่าวสามารถตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์เพื่อพิจารณา ผิวภายนอกที่เป็นเกล็ดได้ ข้อปล้องของใยธรรมชาติจากพืชบางชนิดโดยเฉพาะจากลำต้นสามารถมองเห็นรอยขีดตามขวางของข้อปล้องผ่านกล้องจุลทรรศน์ได้ เช่น แฟล็กซ์ ป่านปอ เนื่องจากรูปร่างหน้าตัดของใยบางชนิด โดยเฉพาะใยที่ผลิตขึ้นมีรูปร่างหน้าตัดที่หยักโค้งทำให้เกิดร่องเว้าที่หน้าตัดซึ่งเมื่อมองตามแนวยาวที่ผิวของเส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์แล้วจะมองเห็นเป็นร่องเงาดำ
5. ความกว้างหรือเส้นผ่าศูนย์กลาง (Diameter) เป็นค่าที่บอกขนาดของเส้นใย ซึ่งเส้นใยที่เล็ก ละเอียดจะมีความนุ่ม บาง ส่วนเส้นใยที่ใหญ่จะมีความหยาบ และแข็งกระด้าง
6. ความหยิก (Crimp) เส้นใยจากธรรมชาติจะมีความหยิกงอ หรือบิดเกลียวไม่เป็นเส้นตรง ส่วนเส้นใยที่มาจากกระบวนการผลิตสามารถผลิตให้หยิกงอ หรือเหยียดตรงได้ตามต้องการ

7. ลักษณะสัมผัส (Hand) เส้นใยที่มีความยาวมากกว่าจะมีผิวสัมผัสที่เรียบลื่นกว่าเส้นใยสั้น และเส้นใยที่มีขนาดเล็กกว่าจะมีลักษณะสัมผัสที่อ่อนนุ่มกว่าเส้นใยขนาดใหญ่ที่จะมีลักษณะสัมผัสหยาบ แข็งกระด้าง
8. ความเงา (Luster) คือแสดงทั้งหมดที่สะท้อนออกมาจากเส้นใย ไหมเป็นใยธรรมชาติที่มีความเงาสูง รวมไปถึงรูปร่างหน้าตัดของเส้นใยก็มีผลต่อความเงา ซึ่งหน้าตัดที่มีรูปร่างกลมและแบนจะเงาดีกว่าหน้าตัดรูปร่างอื่น และหน้าตัดรูปสามเหลี่ยมจะมีความเงาดีที่สุด

5. และคุณสมบัติของผ้า

ผ้าแต่ละชนิดที่นำมาตัดเย็บเสื้อผ้านั้น มีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไปตามชนิดของผ้า นั้น ๆ โดยขึ้นอยู่กับเส้นด้ายที่นำมาใช้ในการทอ

5.1 ผ้าฝ้าย (cotton)

ผ้าฝ้าย หรือเรียกจากคำภาษาอังกฤษของผ้าฝ้ายว่า คอตตอน (Cotton) เป็นผ้าที่ใช้กันมากที่สุดในบรรดาเสื้อผ้าเครื่องแต่งกาย ในเนื้อเส้นใยฝ้ายนั้นสามารถซึมซับเหงื่อและระบายออกได้อย่างรวดเร็วและง่ายตาย ผ้าฝ้ายทำมาจากใยฝ้าย ซึ่งได้จากต้นฝ้ายที่สามารถปลูกขึ้นได้ดีในแถบที่มีอากาศอุ่นชื้นและมีแดดจัด เมื่อผลฝ้ายแก่จัดแล้ว ผลจะแตกมีใยเป็นปุยขาว จึงเก็บมาแยกเอาเปลือกและเมล็ดออก แล้วนำไปปั่นเป็นเส้นใยและเส้นด้าย จึงจะสามารถทอเป็นผืนผ้าได้แล้วจึงจะสามารถใช้ประโยชน์จากผ้าฝ้ายได้ โดยการนำมาตัดและเย็บเป็นเสื้อผ้าเครื่องแต่งกาย ผ้าฝ้ายมีเนื้อค่อนข้างเหนียว ไม่ค่อยยืดหยุ่น ยับง่าย หดง่าย ดูดซึมน้ำได้ดี ระบายอากาศและความร้อนได้ดี ซักридและทำความสะอาดง่าย ทนความร้อนได้ดี

5.2 ผ้าไหม (silk)

ไหมเป็นเส้นใยโปรตีนธรรมชาติ มีสารโปรตีนที่เรียกว่า Fibroin และมีโปรตีนที่เรียกว่า เซริซิน (Sericin) มีลักษณะเหนียวเหมือนกาว ช่วยยึดให้เส้นใยสองเส้นติดกัน โปรตีนของเส้นใยไหม ประกอบด้วยกรดอะมิโนเกาะเข้าด้วยกัน เป็นโซ่ยาว เรียกว่า โพลีเปปไทด์ (polypeptide chain) สาร fibroin แตกต่างจากสารเคราติน (Keratin) ซึ่งเป็นโปรตีนในขนสัตว์ คือไม่มีตัวยึดที่เรียกว่า cystine หรือ Sulphur linkage เช่น ในเส้นใยขนสัตว์ โปรตีนของเส้นใยไหมประกอบด้วยกรดอะมิโน ประมาณ 15 ชนิด ส่วนใหญ่เป็นกรดอะมิโน เช่น Glycine Alanine Serine เป็นต้น โมเลกุลของเส้นใยไหมเรียงตัวกันเป็นระเบียบดีมาก ทำให้เส้นใยมีความเหนียวแข็งแรงทนทาน ไหมได้จากรังของตัวไหม

5.2 ผ้าลินิน (linen)

เส้นใยลินินได้จากพืชที่เรียกว่า แพลกซ์ (Flax) ซึ่งเป็นพืชใช้ทำเส้นใยผ้า นิยมปลูกกันมากในทวีปยุโรป เช่น เบลเยียม ไอร์แลนด์ รัสเซีย ฯลฯ เป็นเส้นใยสำหรับการใช้เป็นผ้าที่เก่าแก่และทนทาน (ผ้าห่มมีในประเศอียิปต์) คุณสมบัติของผ้าลินินส่วนใหญ่จะคล้ายคลึงกับผ้าฝ้าย หรือเมื่อเปรียบเทียบผ้าลินินกับผ้าฝ้ายแล้ว จะมีข้อแตกต่างกันเล็กน้อย คือ ผ้าลินินเหนียวทนทานกว่าผ้าฝ้าย แต่ยืดหดได้น้อยกว่า เส้นใยหักและยับง่าย ดูดซึมน้ำได้

5.3 ใยสังเคราะห์ (polyester ; TK)

ทำจากขบวนการทางเคมี เป็นเส้นใยที่มีความเหนียว ทำเป็นผืนผ้าได้ดีไม่ซึมน้ำ เป็นเส้นใยที่ใช้ผลิตผ้ากันมากที่สุดในโลก คุณสมบัติของเส้นใยโพลีเอสเตอร์คือ ทนกรดอ่อนๆทุกชนิด แต่เส้นใยชนิดนี้จะไม่ทนต่อด่าง แม้เจือจางก็สามารถทำให้เส้นใยละลายได้ ข้อเสียของเส้นใยโพลีเอสเตอร์ก็คือ ย้อมสีติดยากที่ ต้องใช้อุณหภูมิถึง 130 °C ผ้าที่ผลิตจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์นั้นได้รับความนิยมมากที่สุดในบรรดากลุ่มเส้นใยสังเคราะห์อื่นๆ คุณสมบัติที่ดีของเส้นใยโพลีเอสเตอร์นั้นก็คือการที่ไม่ยับง่าย สวมใส่สบาย ดูแลรักษาง่าย

5.4 ผ้าฝ้ายผสมใยสังเคราะห์ (Polyester 65% + Cotton 35% ; TC)

เส้นด้าย TC เกิดจากการผสมกันระหว่างเส้นใยฝ้าย (Cotton) และเส้นใยโพลีเอสเตอร์ (Polyester) ในอัตราส่วนที่โพลีเอสเตอร์มากกว่าฝ้าย คือ Polyester 65% และ Cotton 35% เพื่อให้มีราคาประหยัด ซึ่งสวมใส่สบายด้วยคุณสมบัติจากเส้นใยฝ้าย และ เนื้อผ้าไม่ย่น ไม่ยับย้วย มีสีคงทน ด้วยคุณสมบัติจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์ ผ้าชนิดนี้นิยมทอผ้าให้มีลักษณะเป็นริ้ว เนื่องจากผ้าประเภท TC มีคุณสมบัติในการระบายอากาศได้ไม่ค่อยติ่นัก การทอผ้าชนิดนี้จึงนิยมทอผ้าให้มีริ้วเล็กๆ เพื่อช่วยในการระบายอากาศ และเพื่อความสบายในการสวม

5.5 ผ้าฝ้ายผสมใยสังเคราะห์ (Polyester 20% + Cotton 80% หรือ Polyester 40% + Cotton 60% ; CVC)

เป็นเส้นใยผสมระหว่าง Cotton และ Polyester ซึ่งเป็นการผสมระหว่างเส้นใยธรรมชาติหรือผ้าฝ้าย และเส้นใยสังเคราะห์ มีคุณสมบัติในการระบายอากาศดีจากเส้นใยทั้งสอง สำหรับเนื้อผ้าผสม CVC จะอยู่ที่ Cotton 60-85% ต่อ Polyester 15-40% โดยคุณสมบัติจะแตกต่างกันเล็กน้อย เช่น ผ้า CVC ที่มีส่วนผสม (Cotton60%+ Polyester 40%) ลักษณะโดยทั่วไปของเนื้อผ้ามี มีความยืดหยุ่นอยู่ในระดับปานกลาง การสวมใส่อยู่ทรง สบายตัว

การผลิต ส่วน CVC ที่มีส่วนผสม (Cotton80%+ Polyester 20%) ความยืดหยุ่นจะสูงมาก การระบายอากาศสูง เนื้อผ้าแน่น เนื้อผ้านุ่ม ใส่สบาย ดูดซับเหงื่อ ไม่มีปัญหาเรื่องผ้าหดตัว ไม่ขึ้นขน เป็นเม็ดก้อน แต่จะฟูด้วยลักษณะของเส้นด้าย เหมาะสำหรับทำ เสื้อโปโล และ เสื้อยืด ลักษณะสำคัญของผ้า CVC หรือผ้าเนื้อผสม คือเรื่องการควบคุมการยืด หด ย้วย จะทำได้ดีกว่า cotton 100 % แต่ผ้าที่ทำมาจากใยสังเคราะห์คือจะระบายอากาศได้ไม่ดีเท่า cotton 100 % แต่สวมใส่สบายราคาไม่แพงเท่า Cotton 100% ระบายอากาศได้ดีซับเหงื่อได้ดี ผ้า CVCไม่มีปัญหาเรื่องผ้าหดตัว ไม่ขึ้นขนเป็นเม็ดก้อน เพราะมีการควบคุมการยืดของเนื้อผ้า ผ้าชนิดนี้มีส่วนผสมเหมือนเนื้อผ้า TC เพียงแค่มีส่วนของ Cotton มากกว่าส่วนผสมของ Polyester

5.6 ผ้าคอมทิว

เป็นผ้าเนื้อหนาปานกลางมีส่วนผสมระหว่างเส้นใยธรรมชาติและใยสังเคราะห์โพลีเอสเตอร์ มีขนาดเส้นด้ายเล็ก เนื้อผ้ามีความละเอียดมากกว่าและสปริงตัวดี มีกรรมวิธีให้การเผาขนก่อนทอทำให้เนื้อผ้าที่ได้มีความเงา แต่ก็มีข้อเสีย คือไม่เหมาะกับการลงแปรงขณะซักทำให้ถ่างแปรงเนื้อผ้าจะเกิดขุยได้ง่าย และถ้าผ่านการซักหลายๆ ครั้งสีจะซีดเร็ว

6. หลักการและทฤษฎีของคลื่นอินฟราเรด

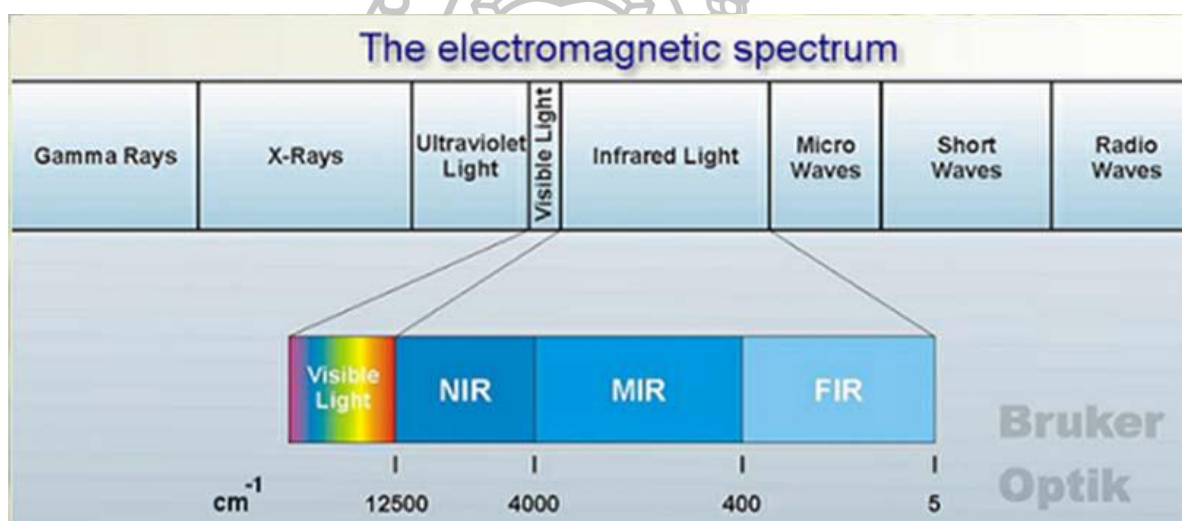
ในปี ค.ศ.1800 Fried Wilhelm Herschel นักดาราศาสตร์ ได้ทำการศึกษาสเปกตรัมของแสงอาทิตย์ โดยให้แสงอาทิตย์ผ่านทางปริซึมแก้วซึ่งให้แสงที่มีสีแตกต่างกัน และได้ทำการวัดความร้อนของแสงแต่ละสีที่ให้ผ่านปริซึมออกมาโดยใช้ Thermometer แต่เมื่อทำการวัดอุณหภูมิของสเปกตรัมที่เหนือแสงสีแดงซึ่งเป็นรังสีที่มองไม่เห็นแล้วพบว่าให้ความร้อนสูงกว่าแสงทั้งหมด Herschel จึงได้สรุปว่าจะต้องมีแสงอีกชนิดหนึ่งที่อยู่เหนือแสงสีแดงซึ่งเป็นแสงที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งแสงดังกล่าวก็คือแสงอินฟราเรด (Infrared) นั่นเอง และปีค.ศ. 19010 Coblentz ได้ทำการศึกษาสเปกตรัมการดูดกลืนแสงอินฟราเรดของสารต่าง ๆ และได้สร้างความสัมพันธ์ของสเปกตรัมอินฟราเรดกับโครงสร้างของสารขึ้น ซึ่งยังคงใช้อยู่ในปัจจุบัน

อินฟราเรดเป็นเทคนิคอย่างหนึ่งที่ใช้ในการวิเคราะห์ เพื่อตรวจสอบเอกลักษณ์หาปริมาณสาร และศึกษาโครงสร้างของโมเลกุลของสารได้ทั้งในสถานะของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส โดยจะให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการสั่น (vibration) และการหมุน (rotation) ของโมเลกุล

โดยทั่วไปรังสีอินฟราเรดมีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 0.78 mm ถึง 1,000 mm หรือมี Wave Number ที่ $12,500 \text{ cm}^{-1}$ ถึง 5 cm^{-1} จะจัดช่วงสเปกตรัมของรังสีอินฟราเรด ออกเป็น

3 ช่วงซึ่งเมื่อนำเอาแต่ละช่วงมาวิเคราะห์ทาง Spectroscopy จะให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้ต่างกัน คือ

1. Near Infrared Region Wavenumber (NIR) $12,500 - 4,000 \text{ cm}^{-1}$ เป็นช่วงที่จะให้สเปกตรัมที่ได้จาก โอเวอร์โทน (Overtone Band)
2. Middle Infrared Region Wavenumber (MIR) $4,000 - 400 \text{ cm}^{-1}$ เป็นช่วงที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์เนื่องจากใช้ประโยชน์ได้มากในการวิเคราะห์
3. Far Infrared Region Wavenumber (FIR) $400 - 5 \text{ cm}^{-1}$ สเปกตรัมที่ได้จะเป็นการสั่นทั้งแกนของโครงสร้างโมเลกุลหรือเรียกว่า ช่วงลายพิมพ์นิ้วมือของสาร (Fingerprint Region) ซึ่งมีประโยชน์ในการเปรียบเทียบสาร เนื่องจาก ลายพิมพ์นิ้วมือของสารเดียวกันจะให้สเปกตรัมที่เหมือนกัน



รูปที่ 2.5 ช่วงสเปกตรัมของคลื่นแสงอินฟราเรด

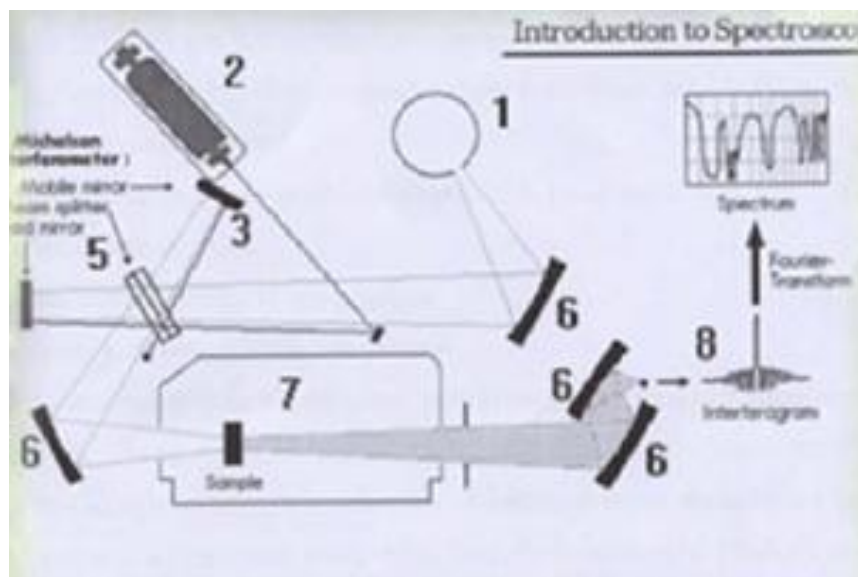
ที่มา : สำนักงานเลขานุการศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. FTIR, เข้าถึงเมื่อวันที่ 29 มิถุนายน 2558, เข้าถึงได้จาก <http://www.sec.psu.ac.th/home/ebook/sec-magazine-2557-04-ftir/sec-magazine-2557-04-ftir.pdf>

6.1 ลักษณะเด่นของ Fourier Transform Infrared Spectrometer (FT-IR)

เครื่อง Infrared Spectrometer จะใช้หลักการกระจายแสงของสเปกตรัมการแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้า ในช่วงของอินฟราเรดแล้วทำการวัดค่าความเข้มแสงเปรียบเทียบกับความยาวคลื่นหรือเลขคลื่น (Frequency -Domain Spectrum) ซึ่งก็จะได้ออกมาเป็นสเปกตรัม แต่สำหรับ FT-IR จะใช้การวัด ความเข้มแสงที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ กันอย่างต่อเนื่องเปรียบเทียบกับเวลา (Time - Domain Spectrum) จากนั้นจะถูกเปลี่ยนให้เป็นสเปกตรัมของความเข้มของแสงต่อความยาวคลื่นหรือเลขคลื่นโดยการ Fourier Transform ด้วยคอมพิวเตอร์

ก็จะได้ออกมาเป็น Fourier Transform Spectrum ด้วยวิธีการนี้จะช่วยให้การวิเคราะห์มีความรวดเร็วเพิ่มขึ้นพร้อมทั้ง Resolution ก็ดีขึ้นด้วย

6.2 องค์ประกอบของเครื่อง FT-IR



รูปที่ 2.6 แสดงองค์ประกอบเครื่อง FT-IR

ที่มา : สำนักงานเลขานุการศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. FTIR, เข้าถึงเมื่อวันที่ 29 มิถุนายน 2558, เข้าถึงได้จาก <http://www.sec.psu.ac.th/home/ebook/sec-magazine-2557-04-ftir/sec-magazine-2557-04-ftir.pdf>

1. แหล่งกำเนิด Laser เพื่อใช้แสง Laser ในการปรับระยะของ Mobile Mirror
2. Mobile Mirror เป็นกระจกเงาที่สามารถสะท้อน รังสีอินฟราเรดและสามารถที่จะเคลื่อนที่ได้
3. Fixed Mirror เป็นกระจกเงาที่สามารถสะท้อนรังสีอินฟราเรดเช่นเดียวกับ Mobile Mirror แต่ไม่สามารถที่จะเคลื่อนที่ได้
4. Beam Splitter เป็นส่วนที่จะทำการแยกอินฟราเรดที่ผ่านเข้ามาให้เป็นสองส่วนคือสามารถให้แสงทะลุผ่านได้ 50 % และจะสะท้อนกลับ 50 %
5. เป็นกระจกเงาที่สามารถสะท้อนรังสีอินฟราเรดใช้ในการบังคับทิศทางการเดินทางของรังสีอินฟราเรด ให้ไปตามทิศทางที่ต้องการ
6. Sample Compartment เป็นส่วนที่จะใช้ในการบรรจุ Sample เข้าไปเพื่อการวิเคราะห์
7. Detector ใช้วัดความเข้มแสงที่เหลือจากการดูดกลืนของตัวอย่าง

6.3 Attenuated Total Reflectance Spectroscopy

เป็นการใช้ประโยชน์จากปรากฏการณ์การสะท้อนของลำแสงอินฟราเรดผ่านเข้ามายังตัวอย่าง แล้วเกิดการหักเหขึ้นภายในระหว่างตัวอย่างกับ crystal ที่มี refractive index สูงกว่าตัวอย่าง ทั้งนี้เพราะให้ค่ามุมตกกระทบมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับมุมวิกฤตเพื่อให้เกิดการสะท้อนกลับหมดของ IR beam

7. บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุทธดา บุญญภัทร (2010) ได้ทำการศึกษาการใช้เทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) ในการตรวจประมาณอายุของคราบน้ำอสุจิมนุษย์บนแผ่นสไลด์ แล้วพบว่าสเปกตรัม IR ของตัวอย่างแสดงองค์ประกอบของโปรตีนจากแบนด์ที่เด่นชัดของพีคเอไมด์ I ในช่วง $1700 - 1600 \text{ cm}^{-1}$ พีคเอไมด์ II ในช่วงพีค $1590 - 1480 \text{ cm}^{-1}$ และองค์ประกอบของกรดนิวคลีอิกจากแบนด์ที่ความยาวคลื่น $1245 - 1080 \text{ cm}^{-1}$ ซึ่งแสดงการยึดหดแบบไม่สมมาตรและสมมาตรของหมู่ฟอสเฟต ตามลำดับ จากนั้นได้ทำการวัดพื้นที่ใต้พีคในช่วง $1800 - 1500 \text{ cm}^{-1}$ (A_{1800}) และ $860 - 820 \text{ cm}^{-1}$ (A_{860}) แล้วคำนวณเป็นอัตราส่วน A_{1800}/A_{860} มาพลอตกราฟเทียบกับอายุของตัวอย่าง พบว่ามีสัดส่วนลดลงเป็นเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อนำตัวอย่างคราบอสุจิจากแหล่งอื่น ๆ มาทำการวิเคราะห์ ก็พบว่าสามารถประมาณอายุของคราบอสุจิได้ใกล้เคียงกับอายุจริงของอสุจิ

Gerda Edelman และคณะ (2012) ได้ทำการศึกษาการระบุและประเมินอายุของคราบโลหิตบนพื้นหลังที่เป็นสีโดยใช้เทคนิค NIR พบว่า การระบุและประเมินอายุคราบเลือดเป็นขั้นตอนสำคัญในงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญที่สามารถบ่งบอกเวลาในการเกิดอาชญากรรมได้ ก่อนหน้านี้สามารถใช้เครื่อง visible spectroscopy ในการหาคราบเลือดบนพื้นหลังที่มีสีขาวยุติสำเร็จและสามารถใช้ระบุและประเมินอายุของคราบเลือดได้ แต่อย่างไรก็ตามเทคนิคนี้ยังไม่สามารถนำมาใช้ได้กับในกรณีพื้นหลังมีสีเข้ม ในการนำเสนอนี้ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำ near infrared (NIR) spectroscopy มาใช้เพื่อจำแนกและประเมินอายุคราบเลือดบนพื้นหลังที่มีสีเข้ม โดยใช้ NIR สะท้อนคราบเลือดซึ่งมีความแตกต่างจากสารชนิดอื่น มีความไว 100% และมีความจำเพาะ 100% นอกจากนี้ได้นำการวิเคราะห์การถดถอยมาประยุกต์ใช้ในการประเมินอายุของคราบเลือดบนพื้นหลังที่มีสี สามารถประเมินคราบเลือดที่มีอายุมากถึง 1 เดือนได้สำเร็จ โดยมีค่าความผิดพลาดอยู่ที่ 8.9% การค้นพบนี้นับเป็นก้าวสำคัญที่ทำให้นำไปสู่การระบุและประเมินอายุคราบเลือดในงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ที่มีความหลากหลายของพื้นหลังได้

Barcot O. และคณะ (2006) ได้กล่าวว่า เครื่อง FTIR แสดงสเปกตรัมของอสุจิ มนุษย์และน้ำอสุจิ ซึ่งได้ถูกวิเคราะห์และบันทึกไว้ โดยได้รับการยอมรับสำหรับขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างที่ง่ายต่อการทราบลักษณะของสเปกตรัม การกำหนดแถบแบนด์ได้อ้างอิงมาจากแหล่งกำเนิดจากการรวมลักษณะของอสุจิ ได้ถูกพิจารณาที่ตำแหน่งความยาวคลื่น 968 cm^{-1} และ 981 cm^{-1} โดยการนำหลักการ PCR มาใช้เพื่ออธิบายสเปกตรัมที่มีความจำเพาะ และมีความสัมพันธ์กับความเป็นเอกลักษณ์ของตัวอสุจิ เช่น ความเข้มข้น ความเร็วในการเคลื่อนที่ (VSL) จังหวะสัญญาณความถี่ (BCF) ดังนั้นพารามิเตอร์แบบง่ายนี้ ได้ถูกทดสอบเพื่อวิเคราะห์ให้ทราบถึงความเชื่อมโยงความสัมพันธ์ที่ดีที่สุดเพื่อให้ทราบถึงเอกลักษณ์ของอสุจิ บริเวณแบนด์ของสเปกตรัมเอไมด์ I ระหว่างความยาวคลื่น 1700 cm^{-1} และ 1590 cm^{-1} ถูกกำหนดว่ามีความสัมพันธ์จำเพาะกับความเข้มข้นของอสุจิ พารามิเตอร์ที่ให้เส้นสเปกตรัมสัมพันธ์กับความเข้มข้นของอสุจิมีความเข้มข้นของเอไมด์ I และสำหรับความเร็วในการเคลื่อนที่ของแบนด์ที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 1119 cm^{-1} และ 943 cm^{-1} ถูกกำหนดให้เป็นบริเวณที่แสดงเอกลักษณ์จำเพาะ ความสัมพันธ์ของปริมาณของกรดนิวคลีอิกซึ่งสัมพันธ์กับโปรตีนขึ้นอยู่กับความเร็วในการเคลื่อนที่ (VSL) ของอสุจิ จังหวะสัญญาณความถี่แสดงความสัมพันธ์ที่ดีที่สุด ณ ตำแหน่งความยาวคลื่น 3678 cm^{-1} และ 2749 cm^{-1} ซึ่งส่วนใหญ่แสดงถึงไขมันและโปรตีน และจากผลลัพธ์นี้แสดงได้ว่า เครื่อง FTIR มีประโยชน์เพื่อช่วยส่งเสริมเกี่ยวกับหน้าที่ของเซลล์และเนื้อเยื่อ

กัญญารัตน์ ตีบกรณ์ และคณะ (2013) ได้นำ ATR-FTIR มาตรวจวิเคราะห์อสุจิน้ำลาย ปั่นก้านที่ได้มาจากช่องคลอด โดยจากผล IR สเปกตรัมของตัวอย่างทั้งหมดพบว่า มีพีคของ Amide I และ Amide II ที่ $1690 - 1650\text{ cm}^{-1}$ และ $1590 - 1480\text{ cm}^{-1}$ ตามลำดับ ซึ่งพีคที่มีความจำเพาะเจาะจงบนสเปกตรัมของคราบอสุจิ สามารถนำไปประยุกต์ใช้หาคราบอสุจิของผู้เสียหายในคดีข่มขืนทางเพศได้ นั้นแสดงให้เห็นว่า ATR-FTIR มีประสิทธิภาพในการตรวจวิเคราะห์สารคัดหลั่งในร่างกายของมนุษย์ได้

ในปี 2008 Kelly Virkler และ Igor K. Lednev ได้ศึกษาอสุจิ น้ำจากช่องคลอด เหงื่อ น้ำลาย และเลือด วิเคราะห์โดย Raman spectroscopy พบว่าสารคัดหลั่งทั้ง 5 ชนิด มีความจำเพาะและสัมพันธ์กับองค์ประกอบในสารคัดหลั่งแต่ละชนิดซึ่งมีองค์ประกอบที่แตกต่างกัน เช่น พบองค์ประกอบของฮีโมโกลบินในเลือด เป็นต้น ต่อมาในปี 2009 Kelly Virkler และ

Igor K. Lednev ก็ได้ใช้ Raman spectroscopy ในการวัดสเปกตรัมของตัวอย่างคราบอสุจิที่นำมาเตรียมตัวอย่างในห้องทดลองที่ควบคุมสภาวะแวดล้อม แล้วใช้สเปกตรัมของส่วนประกอบหลักทางเคมีของน้ำอสุจิที่มีความจำเพาะมาใช้ในการจำแนกตรวจสอบสาร unknown ว่าเป็นน้ำอสุจิ และใช้ในการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ได้

Charlotte-Maria Orphanou (2015) ได้ทำการวิจัยและตีพิมพ์ในวารสาร Forensic Science International โดยใช้ ATR-FTIR ในการตรวจแยกสารคัดหลั่งในร่างกายมนุษย์ แล้วพบว่าสารคัดหลั่งในร่างกายมนุษย์ คือ เลือด อสุจิ น้ำลาย และสารคัดหลั่งจากช่องคลอด มีรูปแบบของสเปกตรัมที่ไม่เหมือนกันเนื่องจากสารคัดหลั่งแต่ละชนิดมีองค์ประกอบที่แตกต่างกัน จึงมีรูปแบบสเปกตรัมที่มีลักษณะจำเพาะ



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเรื่อง การตรวจหาคราบอสุจินบนกระเบื้องและผ้าชนิดต่าง ๆ โดยใช้เทคนิค Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) ซึ่งมีวิธีการดำเนินการศึกษาวิจัยในลักษณะการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการตรวจหาคราบอสุจิที่อยู่บนแผ่นกระเบื้อง และผ้าชนิดต่าง ๆ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้




1. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย

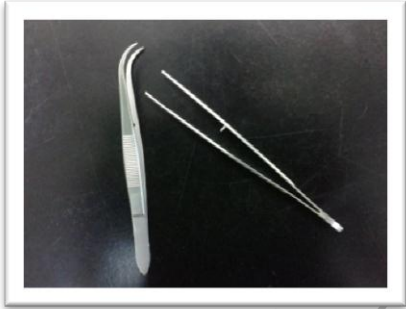
ตารางที่ 3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

อุปกรณ์และเครื่องมือ	แหล่งที่มา
<p>- เครื่อง IR spectrometer</p> 	<p>บริษัท Perkin Elmer รุ่น Spectrum 100 FTIR system Universal ATR Sampling Accessory</p>
<p>- กระเบื้องปูพื้น (Tile)</p> 	<p>ยี่ห้อ Arte</p>

ตารางที่3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ(ต่อ)

อุปกรณ์และเครื่องมือ	แหล่งที่มา
<p>- Auto pipette ขนาด 20 μl</p> 	<p>ยี่ห้อ socorex</p>
<p>- ผ้าชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ผ้าไหม ผ้าฝ้าย (สีขาว) ผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) ผ้าลายพรางทหาร ผ้า comb twill ผ้าใยสังเคราะห์ ผ้าลินิน ผ้ายีนส์ ผ้าใยสังเคราะห์ (TC) และผ้าใยสังเคราะห์ (CVC)</p> 	<p>ตลาดนครปฐม</p>
<p>- สำลีพันก้าน (cotton bud)</p> 	<p>ยี่ห้อ Evergreen</p>

ตารางที่ 3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ(ต่อ)

<p>- ปากคีบ (forceps)</p> 	มหาวิทยาลัยศิลปากร
---	--------------------



ตารางที่ 3.2 รหัสของผ้าแต่ละชนิด

หมายเลข	ชนิดของผ้า
1	ผ้าไหม
2	ผ้าฝ้าย (สีขาว)
3	ผ้าฝ้าย (สีกรมท่า)
4	ผ้าลายพรางทหาร
5	ผ้า comb twill
6	ผ้าใยสังเคราะห์
7	ผ้าลินิน
8	ผ้ายีนส์
9	ผ้าใยสังเคราะห์ (TC) ซึ่งมีสัดส่วนของ polyester 65% กับ cotton 35%
10	ผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) ซึ่งมีสัดส่วนของ cotton 80% และ polyester 20% หรือ cotton 60% และ polyester 40%

2. สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย

ตารางที่ 3.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี	แหล่งที่มา
- Acetone (CH_3COCH_3) 	มหาวิทยาลัยศิลปากร
- น้ำกลั่น 	มหาวิทยาลัยศิลปากร

3. การเก็บตัวอย่างน้ำอสุจิ

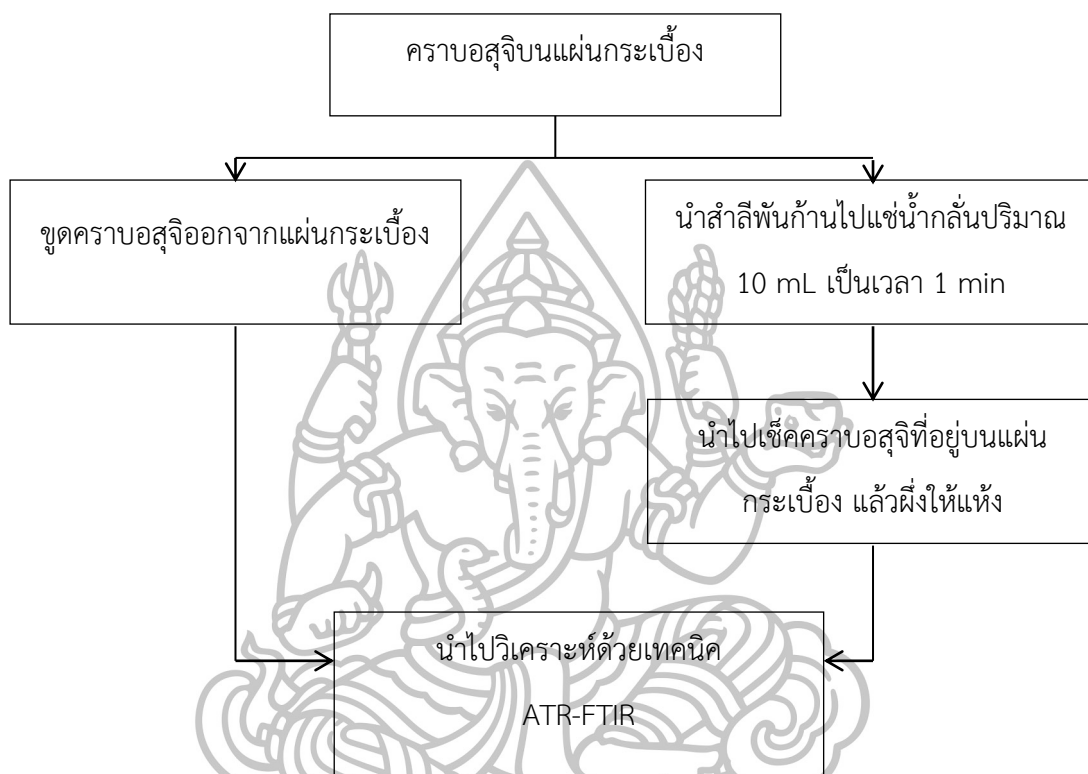
เก็บตัวอย่างน้ำอสุจิจากอาสาสมัครจำนวน 3 คนบรรจุใส่ถุงพลาสติกที่สะอาดและปิดปากถุงให้สนิท เพื่อป้องกันการปนเปื้อนกับสารอื่น ๆ แล้วแช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ทันที

4. วิธีการทดลอง

4.1 การตรวจหาคราบอสุจิบนแผ่นกระเบื้อง

4.1.1 นำตัวอย่างน้ำอสุจิที่ได้จากอาสาสมัครมาหยดลงบนแผ่นกระเบื้อง หยดละ $50\ \mu\text{l}$ ให้มีระยะห่างประมาณ $1\ \text{cm}$ จำนวน 6 หยด ปล่อยให้แห้งประมาณ 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง

4.1.2 ทำการเก็บคราบน้ำอสุจินบนแผ่นกระเบื้อง แบ่งวิธีการเก็บเป็น 2 วิธี คือ การขูดคราบอสุจิและการใช้สำลีพันก้านเซ็ดคราบอสุจิ ซึ่งแสดงดังแผนภาพในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการทดลองการวิเคราะห์ตัวอย่างคราบน้ำอสุจินบนแผ่นกระเบื้องด้วยวิธี Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR)



รูปที่ 3.2 วิธีการเก็บคราบอสุจิ โดยการขูดคราบน้ำอสุจินบนแผ่นกระเบื้อง



รูปที่ 3.3 วิธีเก็บคราบอสุจิ โดยการใช้สำลีพันก้านเช็ดคราบน้ำอสุจิบนแผ่นกระเบื้อง

4.1.3 ทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ATR-FTIR ใช้ Diamond cell โดยตั้งสภาวะการทดลองดังนี้

scan range ที่ $4000-650 \text{ cm}^{-1}$

จำนวน scan 16 ครั้ง

Resolution 2 cm^{-1}

Force gauges ประมาณ 100

4.1.4 บันทึกผลสเปกตรัมที่ได้ แล้วนำสเปกตรัมที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของอสุจิที่อยู่บนแผ่นกระเบื้อง ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

3.2 การตรวจคราบอสุจิบนแผ่นกระเบื้องที่ระยะเวลาต่าง ๆ

3.2.1 หยดน้ำอสุจิลงบนแผ่นกระเบื้องจำนวน 20 หยด หยดละ $50 \mu\text{l}$ ให้มีระยะห่างกันประมาณ 1 cm ปล่อยให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง แล้วทำการเก็บตัวอย่าง ที่เวลา 1 3 21 30 45 และ 60 วันตามลำดับ

3.2.2 ทำการเก็บคราบอสุจิโดยใช้วิธีการเก็บ 2 วิธี คือ การขูดคราบอสุจิและการใช้สำลีพันก้านเช็ดคราบอสุจิ ซึ่งแสดงดังแผนภาพในรูปที่ 3.1 แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ATR-FTIR ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

3.2.3 บันทึกผลสเปกตรัมที่ได้

3.3 การตรวจคราบอสุจิที่หยดลงบนผ้าชนิดต่าง ๆ ด้วยตาเปล่า

3.3.1 นำผ้าแต่ละชนิด ได้แก่ ผ้าไหม ผ้าฝ้าย (สีขาว) ผ้าฝ้าย(สีกรมท่า) ผ้าลายพรางทหาร ผ้า comb twill ผ้าใยสังเคราะห์ ผ้าลินิน ผ้ายีนส์ ผ้าใยสังเคราะห์ (TC) ซึ่งมีสัดส่วนของโพลีเอสเตอร์ 65% และฝ้าย 35% และผ้า

ใยสังเคราะห์ (CVC) มีสัดส่วนของฝ้าย 80% และโพลีเอสเตอร์ 20% มาตัดให้มีขนาด 2 cm^2 เท่าๆ กัน

3.3.2 หยดน้ำอสุจิปริมาณ 50 μl ลงบนผ้าแต่ละชนิด ปล่อยให้แห้ง

3.3.3 ทำการสังเกต เปรียบเทียบผ้าที่มีคราบน้ำอสุจิหยดอยู่ กับผ้าที่ไม่มีคราบน้ำอสุจิ

3.4 การตรวจหาคราบน้ำอสุจิบนผ้าชนิดต่าง ๆ

3.4.1 นำผ้าแต่ละชนิด ได้แก่ ผ้าไหม ผ้าฝ้าย (สีขาว) ผ้าฝ้าย(สีกรมท่า) ผ้าลายพรายทหาร ผ้า comb twill ใยสังเคราะห์ ผ้าลินิน ผ้ายีนส์ ผ้าใยสังเคราะห์ (TC) ซึ่งมีสัดส่วนของโพลีเอสเตอร์ 65% และฝ้าย 35% และผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) มีสัดส่วนของฝ้าย 80% และโพลีเอสเตอร์ 20% มาตัดให้มีขนาด 2 cm^2 เท่าๆ กัน

3.4.2 ทำการวิเคราะห์ผ้าแต่ละชนิดด้วยเทคนิค ATR-FTIR ใช้ Diamond cell โดยตั้งสภาวะการทดลองดังนี้

scan range ที่ $4000\text{-}650 \text{ cm}^{-1}$

จำนวน scan 16 ครั้ง

Resolution 2 cm^{-1}

Force gauges ประมาณ 100



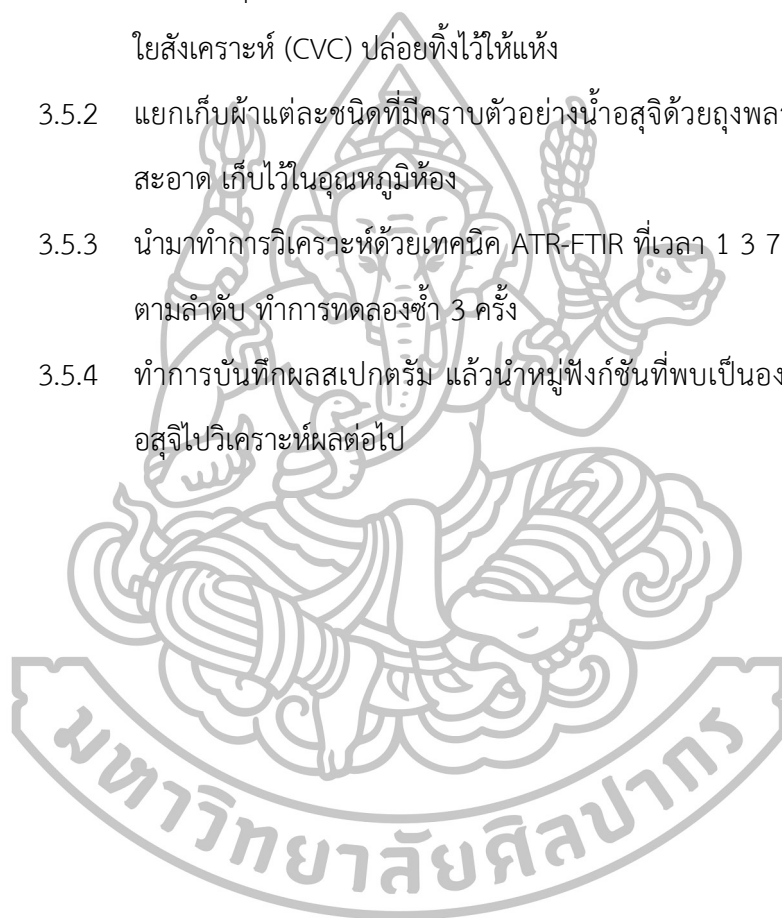
รูปที่ 3.4 การวิเคราะห์ผ้าแต่ละชนิดด้วยเทคนิค Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR)

3.4.3 บันทึกผลสเปกตรัมของผ้าแต่ละชนิด

- 3.4.4 หยดน้ำอสุจิปริมาณ 50 μ l ลงบนผ้าที่เตรียมไว้ ผึ่งไว้ประมาณ 4 ชั่วโมง ให้แห้ง แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ATR-FTIR ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง
- 3.4.5 ทำการบันทึกผลสเปกตรัม แล้วนำหมู่ฟังก์ชันที่พบเป็นองค์ประกอบของอสุจิไปวิเคราะห์ผลต่อไป

3.5 การตรวจคราบอสุจิบนผ้าแต่ละชนิดที่ระยะเวลาต่าง ๆ

- 3.5.1 หยดน้ำอสุจิปริมาณ 50 μ l ลงบนผ้าฝ้าย (สีขาว) ผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) และผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) ปล่อยทิ้งไว้ให้แห้ง
- 3.5.2 แยกเก็บผ้าแต่ละชนิดที่มีคราบตัวอย่างน้ำอสุจิด้วยถุงพลาสติกซิปล็อคที่สะอาด เก็บไว้ในอุณหภูมิห้อง
- 3.5.3 นำมาทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ATR-FTIR ที่เวลา 1 3 7 21 และ 30 วัน ตามลำดับ ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง
- 3.5.4 ทำการบันทึกผลสเปกตรัม แล้วนำหมู่ฟังก์ชันที่พบเป็นองค์ประกอบของอสุจิไปวิเคราะห์ผลต่อไป



บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

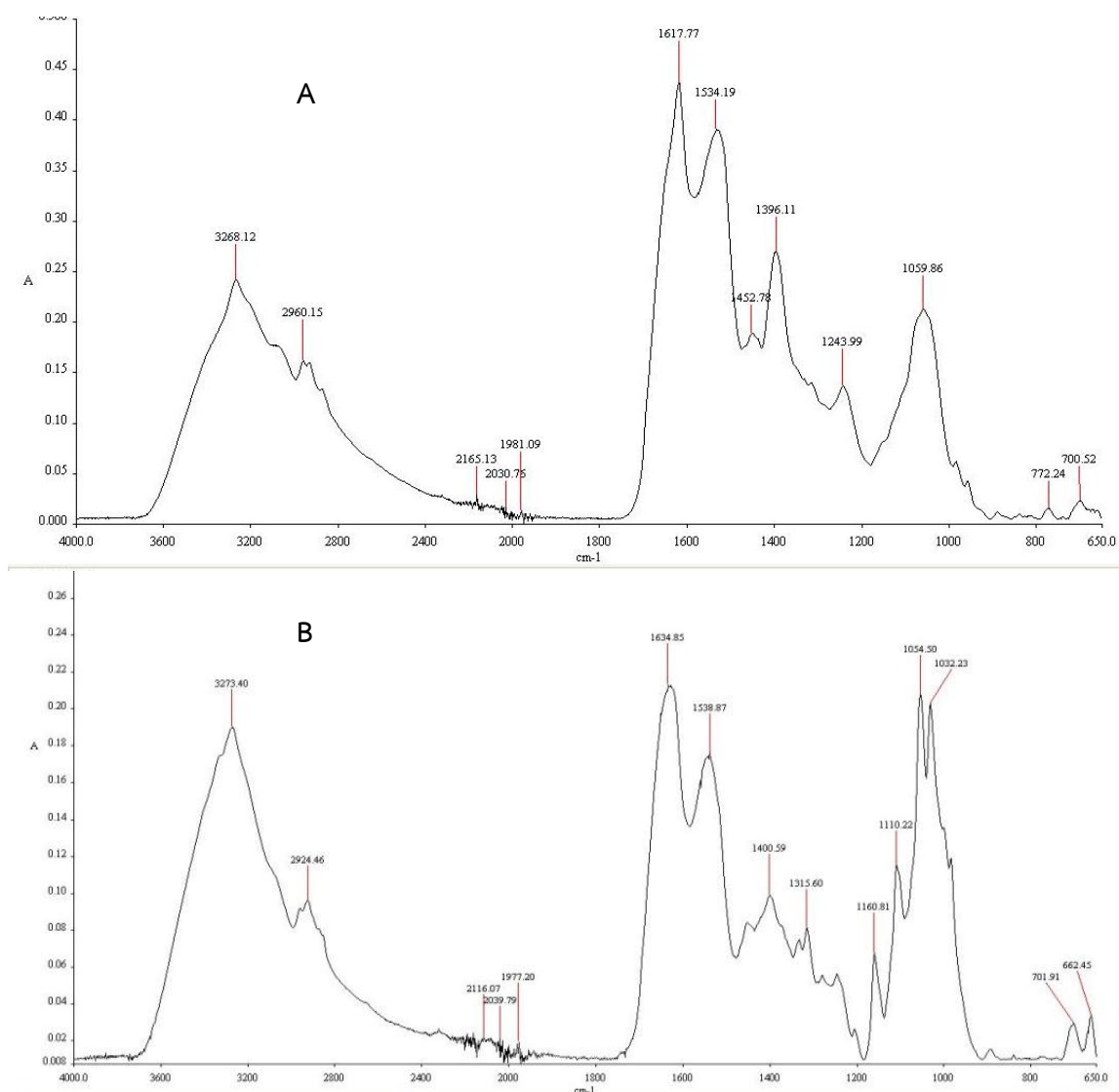
การศึกษาวิจัยเรื่อง “การตรวจหาคราบอสุจินบนกระเบื้องและผ้าชนิดต่าง ๆ โดยใช้เทคนิค Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR)” นี้เป็นการศึกษาการตรวจพบคราบอสุจิที่อาจตกอยู่บนที่เกิดเหตุ รวมถึงเมื่อระยะเวลาผ่านไปยังสามารถตรวจพบคราบอสุจิได้หรือไม่ โดยทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ATR-FTIR ซึ่งพบว่าเป็นวิธีที่สามารถทำได้สะดวก รวดเร็ว ใช้ตัวอย่างในปริมาณที่น้อย เพื่อยืนยันว่าเป็นคราบอสุจิ โดยไม่ทำลายวัตถุพยาน ซึ่งเหมาะกับการตรวจเบื้องต้นก่อนที่จะนำไปส่งตรวจดีเอ็นเอต่อไป

1. การศึกษาผลการตรวจหาคราบอสุจินบนแผ่นกระเบื้อง

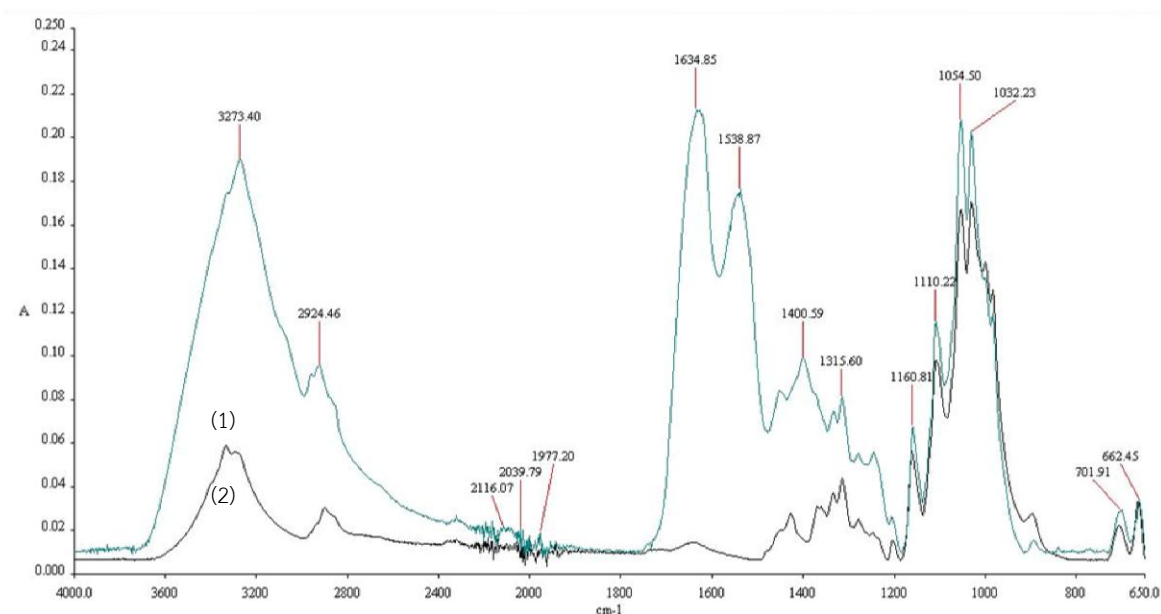
เมื่อทำการวิเคราะห์คราบอสุจิที่เก็บตัวอย่างมาจากแผ่นกระเบื้อง ด้วยเทคนิค Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) ได้แสดงสเปกตรัมของอสุจิดังรูปที่ 4.1 ซึ่งได้จากการวิเคราะห์คราบอสุจิที่ความยาวคลื่น 4000-650 cm^{-1} ด้วยเทคนิค Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) และแสดงองค์ประกอบของคราบอสุจิที่พบดังตารางที่ 4.1 โดย A เป็นสเปกตรัมของคราบอสุจิที่ทำการเก็บตัวอย่างด้วยวิธีการขูดคราบอสุจิจากแผ่นกระเบื้อง และ B เป็นสเปกตรัมของคราบอสุจิที่ทำการเก็บตัวอย่างด้วยวิธีการใช้สำลีพันก้านเช็ดออกจากแผ่นกระเบื้อง

ตารางที่ 4.1 เลขคลื่นและตำแหน่งขององค์ประกอบอสุจิที่พบ

เลขคลื่น (cm^{-1})	พิก	อ้างอิง
1700-1600	Amide I	Barcot and Balarin (2007 : 61)
1590-1480	Amide II	
1480-1350	กลุ่มของ Methyl ($-\text{CH}_3$)	
1245	การสั่นแบบไม่สมมาตรของหมู่ฟอสเฟต	
1080	การสั่นแบบสมมาตรของหมู่ฟอสเฟต	

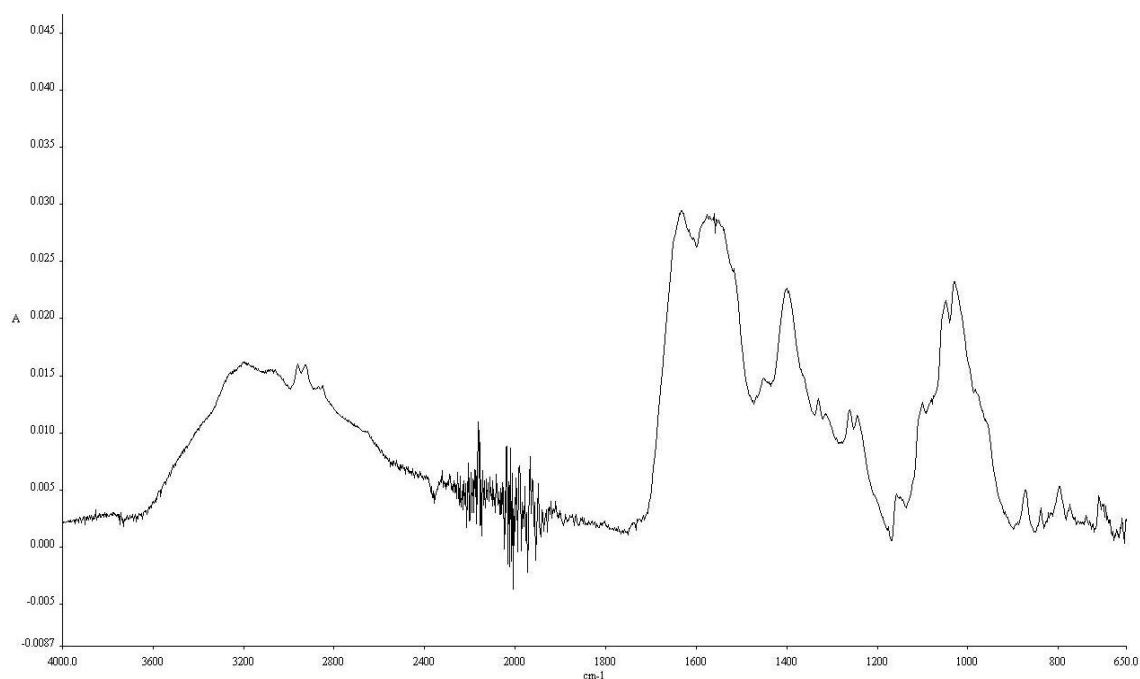


รูปที่ 4.1 สเปกตรัมที่ได้จากการวิเคราะห์คราบน้ำอสุจิ 50 μl ทิ้งไว้ 4 ชั่วโมงบนแผ่นกระเบื้องโดยใช้เทคนิค Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) ที่ความยาวคลื่น 4000-650 cm^{-1} A : สเปกตรัมของคราบอสุจิที่ขูดมาจากบนแผ่นกระเบื้อง B : สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนสำลีพันก้าน



รูปที่ 4.2 สเปกตรัมของสำลีสที่มีคราบอสุจิอยู่ (1) โดยหยดน้ำอสุจิทิ้งไว้บนกระเบื้องให้แห้ง เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และสเปกตรัมของสำลีส (2)

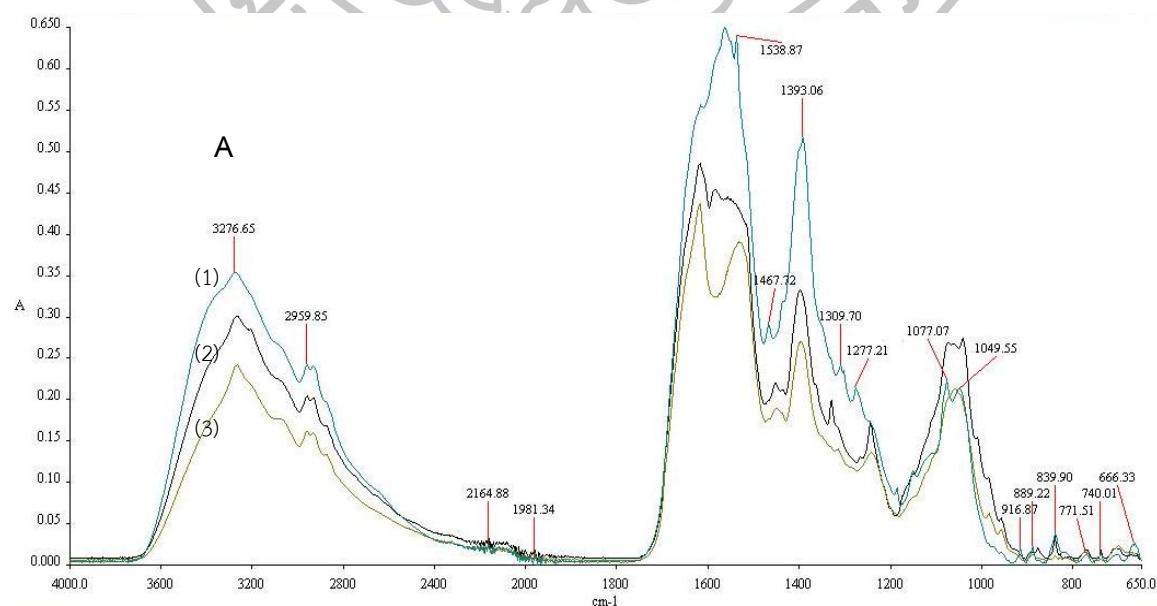
จากผลการทดลองดังรูปที่ 4.1A พบว่า มีองค์ประกอบโปรตีนในน้ำอสุจิ ซึ่งดูได้จากแบนด์ที่เด่นชัดของพีค Amide I ในช่วง $1700 - 1600 \text{ cm}^{-1}$ พีค Amide II ในช่วง $1590 - 1480 \text{ cm}^{-1}$ พีคของกลุ่ม Methyl ($-\text{CH}_3$) ในช่วง $1480 - 1350 \text{ cm}^{-1}$ และองค์ประกอบของกรดนิวคลีอิกจากแบนด์ที่ความยาวคลื่น 1245 cm^{-1} และ 1080 cm^{-1} ส่วนในรูปที่ 4.1 B ซึ่งเป็นสเปกตรัมของอสุจิที่อยู่บนสำลีสพันก้านจะเห็นว่า มีกลุ่มพีคของ C-O ซึ่งอยู่ในสำลีสพันไม้จะบดบังพีคของหมู่ฟอสเฟสในช่วง $1245 - 1080 \text{ cm}^{-1}$ ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.2 ในขณะที่ยังพบองค์ประกอบโปรตีนในน้ำอสุจิของพีค Amide I ในช่วง $1700 - 1600 \text{ cm}^{-1}$ พีค Amide II ในช่วง $1590 - 1480 \text{ cm}^{-1}$ และ พีคของกลุ่ม Methyl ($-\text{CH}_3$) ในช่วง $1480 - 1350 \text{ cm}^{-1}$ อยู่จากในรูปที่ 4.2 ซึ่งแสดงสเปกตรัมของสำลีส (2) เปรียบเทียบกับสำลีสที่มีคราบอสุจิอยู่ (1) จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า ช่วงที่พีคของสำลีสซ้อนทับนั้น ไม่มีผลต่อพีคของ Amide I Amide II และพีคของกลุ่ม Methyl ($-\text{CH}_3$) ในขณะที่จะเห็นพีคของสำลีสที่ค่อนข้างเด่นชัดในช่วง $1200 - 900 \text{ cm}^{-1}$ และเมื่อนำสเปกตรัมของสำลีสไปลบออกด้วยสเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนสำลีสแล้วนั้นจะเห็นได้ว่ามีพีคของ Amide I Amide II และพีคของกลุ่ม Methyl ($-\text{CH}_3$) ค่อนข้างชัดเจน และมีพีคที่ทับซ้อนในส่วนของ cellulose ที่ไม่ส่งผลต่อพีคต่างๆ ของ Amide I Amide II และพีคของกลุ่ม Methyl ($-\text{CH}_3$) ดังรูปที่ 4.3

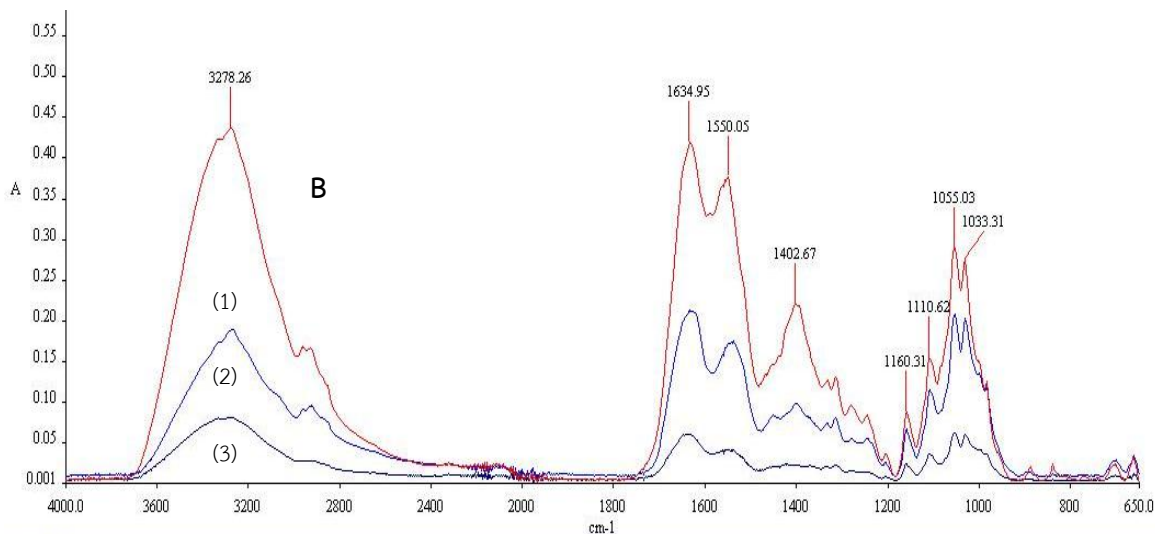


รูปที่ 4.3 สเปกตรัมของคราบอสุจิบนสำลีที่ถูกลบออกด้วยสเปกตรัมของสำลี

2. การศึกษาคราบอสุจิบนแผ่นกระเบื้องที่ระยะเวลาต่าง ๆ

เมื่อทำการหยดอสุจิลงบนแผ่นกระเบื้อง จากนั้นปล่อยให้แห้งทิ้งไว้ให้แห้ง ทำการเก็บตัวอย่างที่เวลา 1 3 21 30 45 และ 60 วัน ตามลำดับ แล้วนำมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) โดยทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 2 วิธี จะได้สเปกตรัมที่แสดงดังรูปที่ 4.4



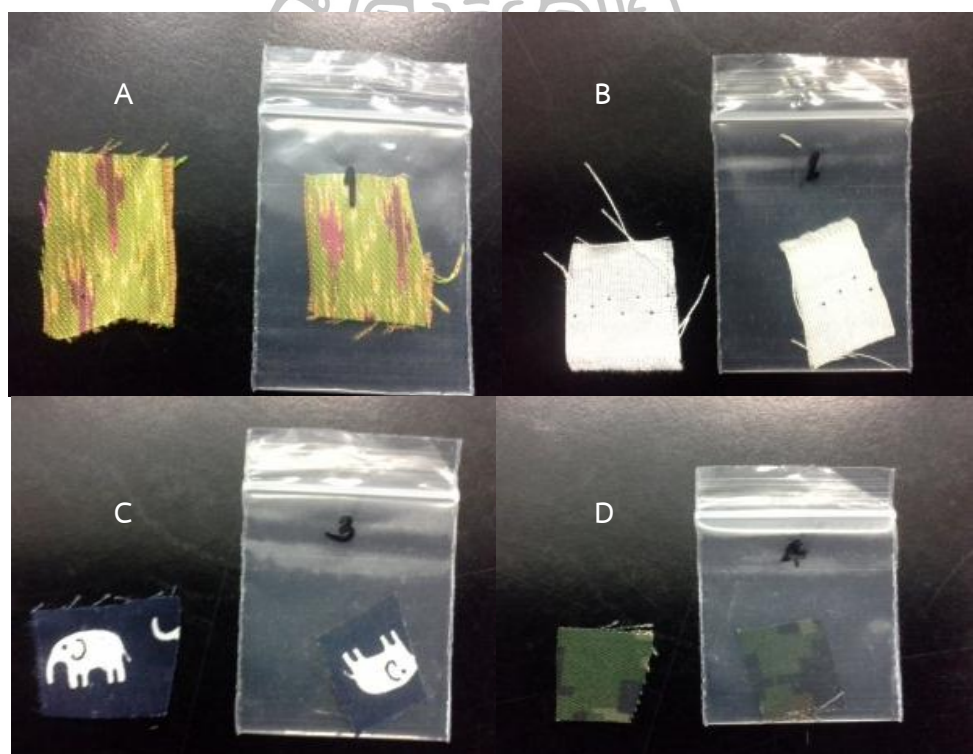


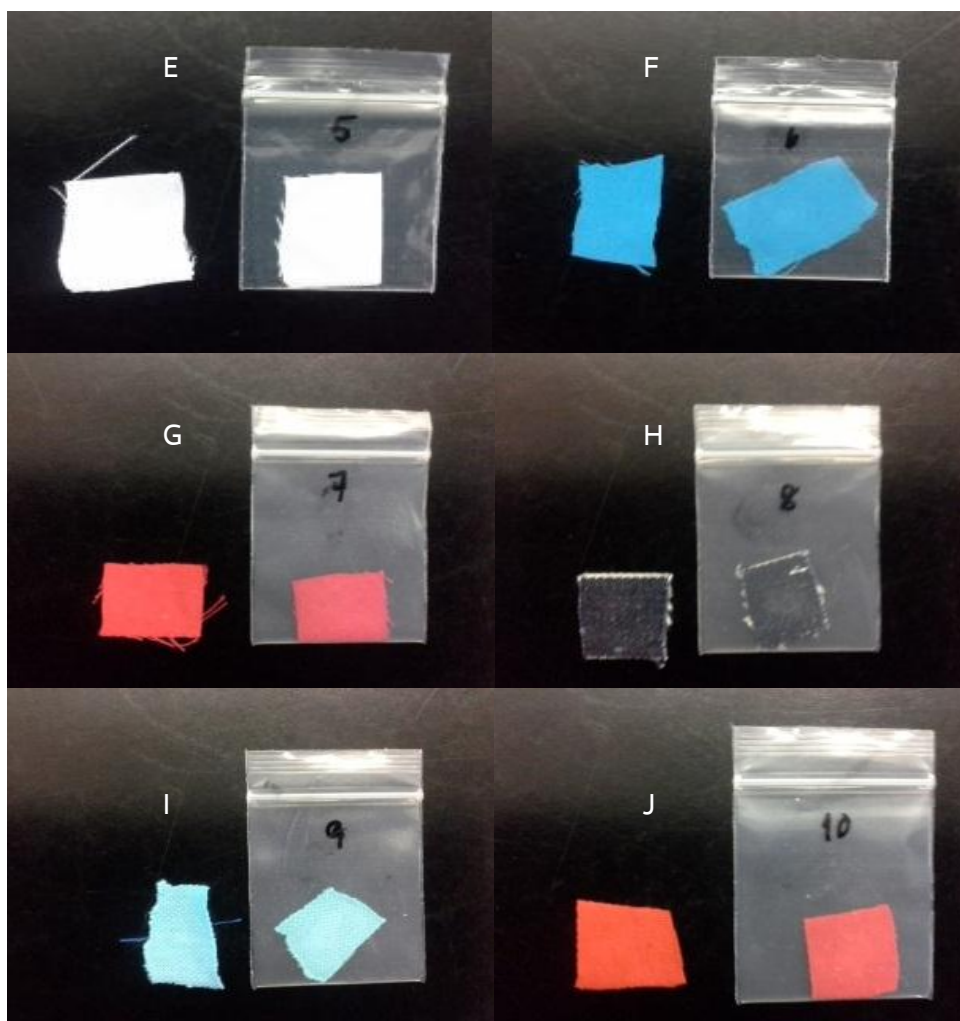
รูปที่ 4.4 สเปกตรัมที่ได้จากการวิเคราะห์คราบน้ำตาลที่ความยาวคลื่น $4000-650\text{ cm}^{-1}$ ด้วยเทคนิค Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) หลังจากผ่านไปแล้ว 30 วัน 45 วัน และ 60 วัน ตามลำดับ A : สเปกตรัมของคราบอสุจิที่ขูดมาจากบนแผ่นกระเบื้อง ที่เวลา 30 วัน (1) 45 วัน (3) และ 60 วัน (2) B : สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนสำลี ที่เวลา 30 วัน (1) 45 วัน (2) และ 60 วัน (3)

จากการเก็บอสุจิที่หยดทิ้งไว้ไปวิเคราะห์พบว่า เมื่อเวลาผ่านไปก็ยังสามารถตรวจวิเคราะห์คราบอสุจิบนแผ่นกระเบื้องได้อยู่ ยังคงพบ Amide I Amide II และกลุ่ม Methyl ($-\text{CH}_3$) ดังที่แสดงให้เห็นในรูปที่ 4.4 ซึ่งทำการวิเคราะห์คราบอสุจิที่ถูกทิ้งไว้นานถึง 60 วัน โดย A เป็นสเปกตรัมที่ขูดเก็บโดยตรงจากบนแผ่นกระเบื้อง ที่ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างที่ 30 วัน (1) 45 วัน (3) และ 60 วัน (2) ส่วน B เป็นสเปกตรัมที่ทำการเก็บตัวอย่างจากไม้พันสำลี ที่ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างที่ 30 วัน (1) 45 วัน (2) และ 60 วัน (3) เช่นเดียวกันนั้นแสดงว่าถ้าหากไม่มีการทำความสะอาด หรือทำความสะอาดกระเบื้องไม่หมด ก็จะสามารถตรวจพบคราบอสุจิที่มีปริมาณเพียง $50\text{ }\mu\text{l}$ ได้ถึง 60 วัน

3. การศึกษาคราบน้ำอสุจินผ้าชนิดต่างๆ ด้วยตาเปล่า

การสังเกตคราบน้ำอสุจิที่ถูกหยดลงบนผ้าแต่ละชนิดแล้วปล่อยให้แห้ง พบว่าเมื่อนำผ้าที่มีคราบอสุจิอยู่มาเปรียบเทียบกับผ้าที่ไม่มีคราบอสุจิแล้วดังรูปที่ 4.5 จะเห็นว่าผ้าที่มีสีเข้ม ได้แก่ A C D G H และ J ไม่สามารถสังเกตเห็นคราบอสุจิที่ถูกหยดทิ้งไว้เลย ส่วนผ้าที่มีสีอ่อนลงมา ได้แก่ F และ I และผ้าสีขาว ได้แก่ B และ E ก็ยังคงสังเกตเห็นคราบอสุจิได้ยาก ทั้งนี้เนื่องจากน้ำอสุจิที่หยดลงบนผ้านั้น เกิดการแพร่กระจาย ไม่กองรวมอยู่ที่เดียวกัน เหมือนเช่นกับการหยดลงบนกระเบื้อง ทำให้การสังเกตคราบอสุจิด้วยตาเปล่านี้ไม่สามารถระบุได้อย่างแท้จริงว่าบนผ้านั้นมีคราบอสุจิอยู่หรือไม่ ดังในรูปที่ 4.5





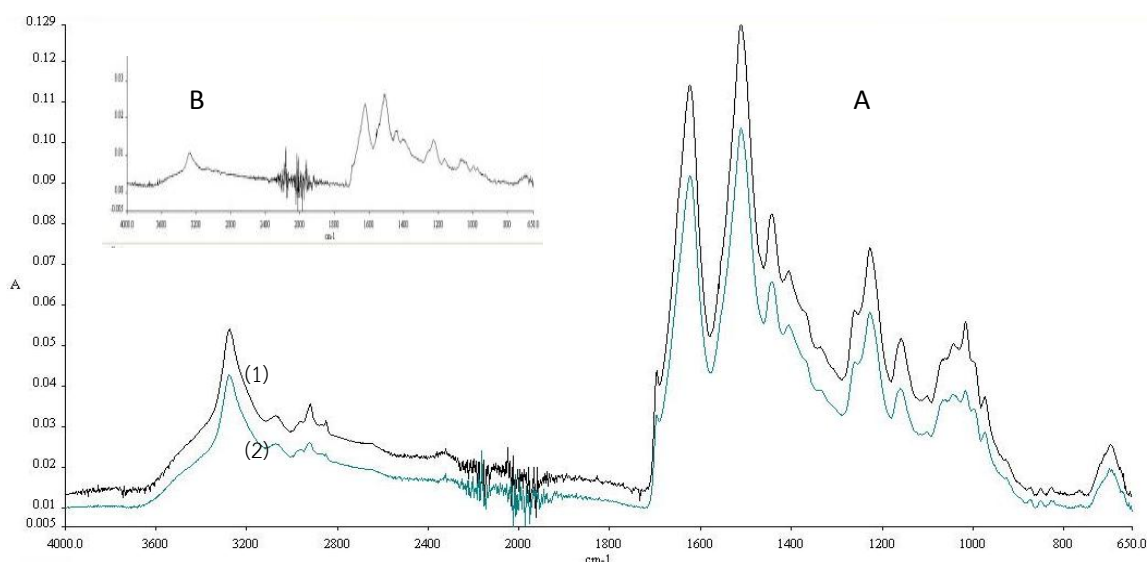
รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบผ้าที่มีคราบอสูจิ (ขวา) กับผ้าที่ไม่มีการคราบอสูจิ (ซ้าย) A : ผ้าไหม B : ผ้าฝ้าย (สีขาว) C : ผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) D : ฝ้ายลายพรานทหาร E : ผ้า comb twill F : ผ้าใยสังเคราะห์ G : ผ้าลินิน H : ฝ้ายีนส์ I : ผ้าใยสังเคราะห์ (TC) และ J : ผ้าใยสังเคราะห์ (CVC)

4. การศึกษาผลการตรวจหาคราบน้ำอสูจิบนผ้าชนิดต่าง ๆ

การวิเคราะห์คราบน้ำอสูจิที่อยู่บนผ้าชนิดต่าง ๆ ด้วยเทคนิค Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) โดยทำการหยดน้ำอสูจิ ปริมาตร 50 μl ทิ้งไว้ให้แห้งเป็นเวลา 4 ชั่วโมง ได้แสดงสเปกตรัมดังรูปที่ 4.6 - 4.15

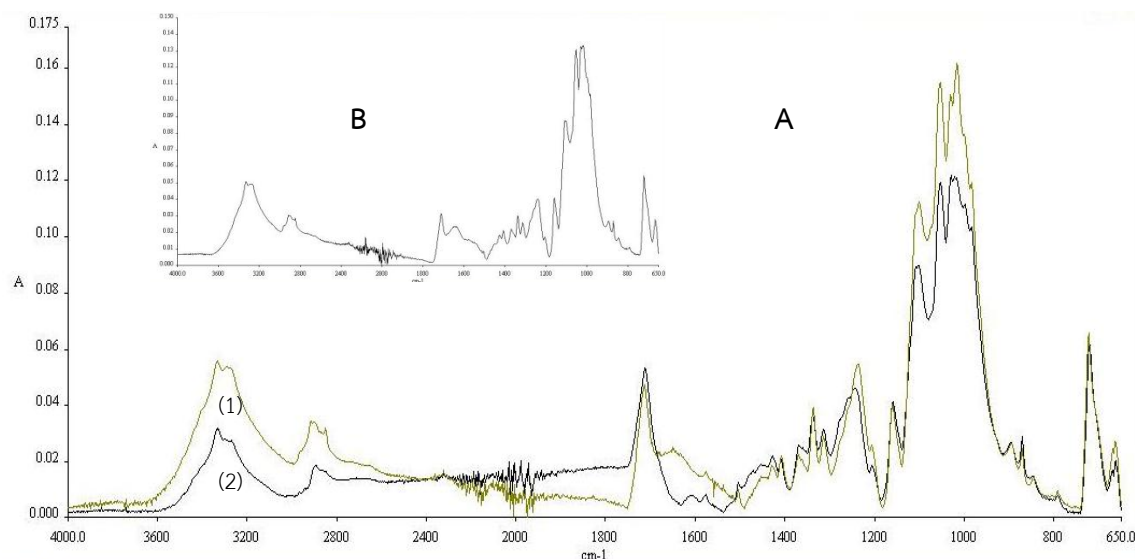
ผ้าหมายเลข 1 คือผ้าไหม เป็นเส้นใยที่ผลิตมาจากสัตว์ จึงมีองค์ประกอบของโปรตีนจากสัตว์ อยู่ ซึ่งจะเห็นได้ดังรูปที่ 4.6A ว่าสเปกตรัมของผ้าไหมนั้น ทับซ้อนกันกับพีคของน้ำอสูจิที่ค่อนข้างจะ

ชัดเจน ทำให้ไม่สามารถมองเห็นพีคAmide I และ Amide II ได้ ต้องนำสเปกตรัมของน้ำอสุจิที่อยู่บนผ้าไหมมาลบกับสเปกตรัมของผ้าไหม จึงจะสามารถพบ พีคAmide I และ Amide II ดังรูป 4.6B



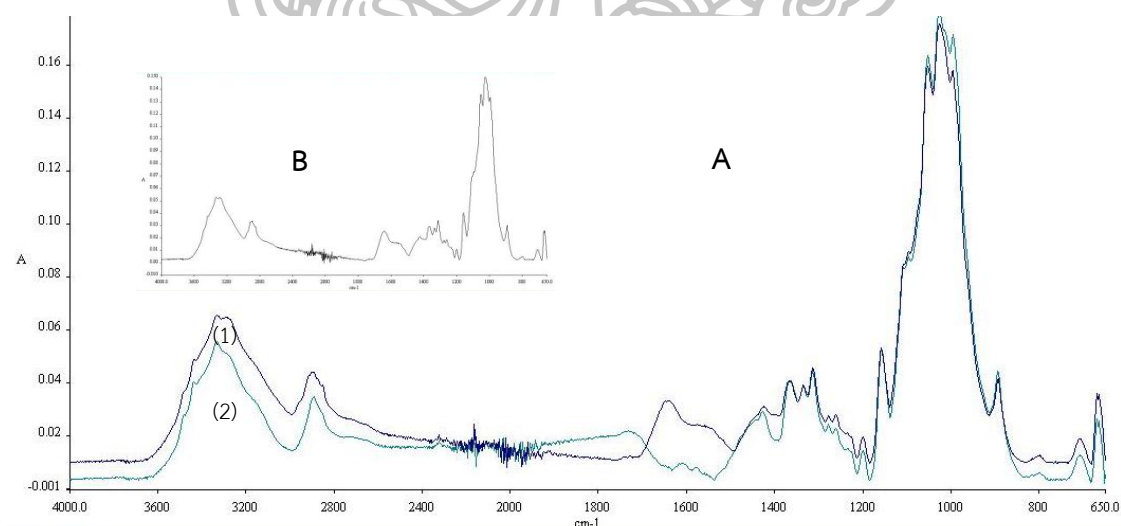
รูปที่ 4.6 สเปกตรัมของน้ำอสุจิที่หยดลงบนผ้าไหม A : สเปกตรัมของผ้าไหมที่มีคราบอสุจิอยู่ (2) และสเปกตรัมของผ้าไหม (1) B : สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าไหมที่ถูกลบออกด้วยสเปกตรัมของผ้าไหม

ผ้าหมายเลข 2 และ 3 คือ ผ้าฝ้าย (สีขาว) และผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) ตามลำดับ ซึ่งเป็นเส้นใยที่มาจากพืช แสดงสเปกตรัมของผ้าฝ้ายที่มีคราบอสุจิได้ดังรูปที่ 4.7 และ 4.8 ซึ่งจะเห็นว่าสเปกตรัมในรูป 4.7A นั้นยังเห็นพีคของอสุจิอยู่เล็กน้อย แต่ในรูป 4.8A นั้นค่อนข้างที่จะพบพีคของอสุจิที่ชัดเจนกว่าทั้งนี้อาจเป็นเพราะส่วนผสมที่มีอยู่ในผ้าฝ้ายทั้ง 2 นั้นต่างกัน



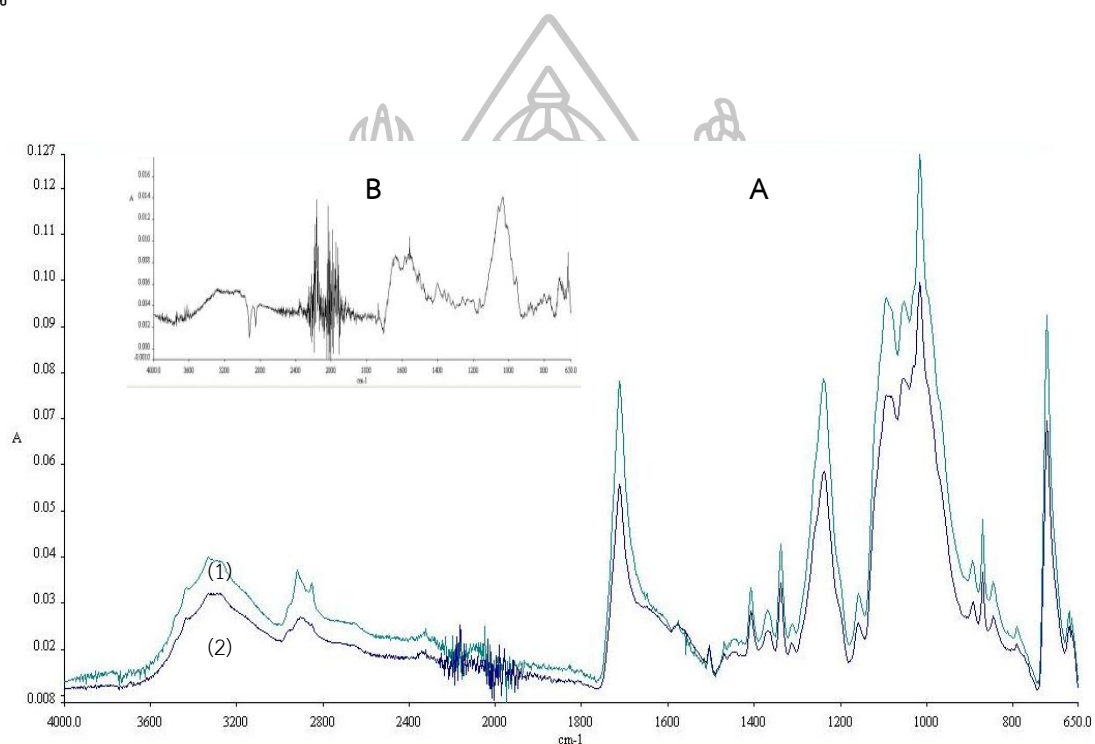
รูปที่ 4.7 สเปกตรัมของน้ำอสุจิที่หยดลงบนผ้าฝ้าย (สีขา) A : สเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีขา) ที่มีคราบอสุจิหยดอยู่ (1) และสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีขา) (2) B : สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าฝ้าย (สีขา) ที่ถูกลบออกด้วยสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีขา)

และเมื่อทำการนำสเปกตรัมของน้ำอสุจิที่ถูกลบออกด้วยสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีขา) แล้ว จะทำให้พบ พีค Amide I และ Amide II ของคราบอสุจิดังรูปที่ 4.7B และ 4.8B

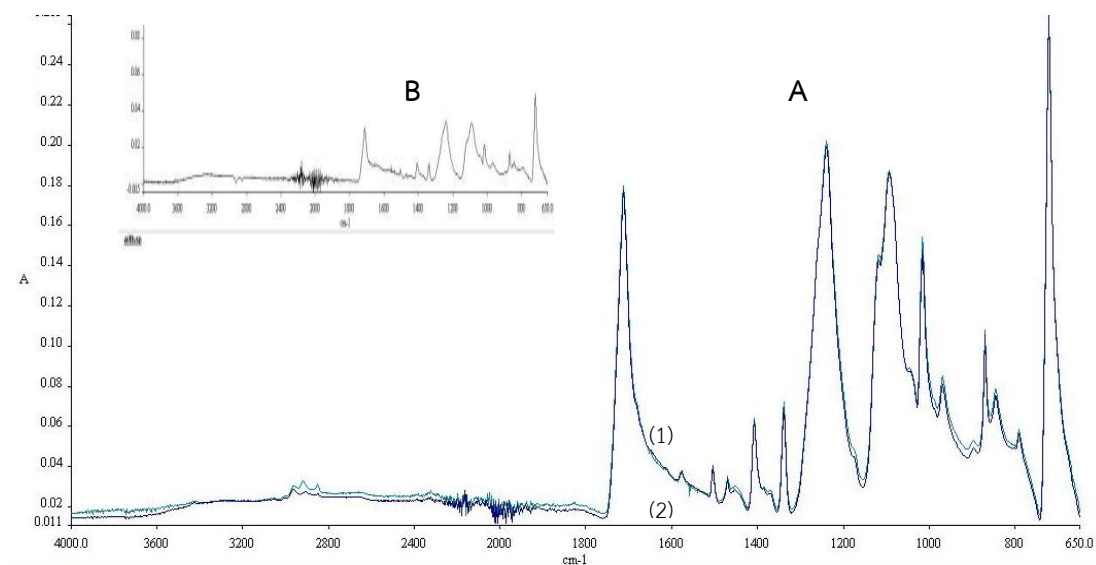


รูปที่ 4.8 สเปกตรัมของน้ำอสุจิที่หยดลงบนผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) A : สเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) ที่มีคราบอสุจิอยู่ (1) และสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) (2) B : สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) ที่ถูกลบออกด้วยสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีกรมท่า)

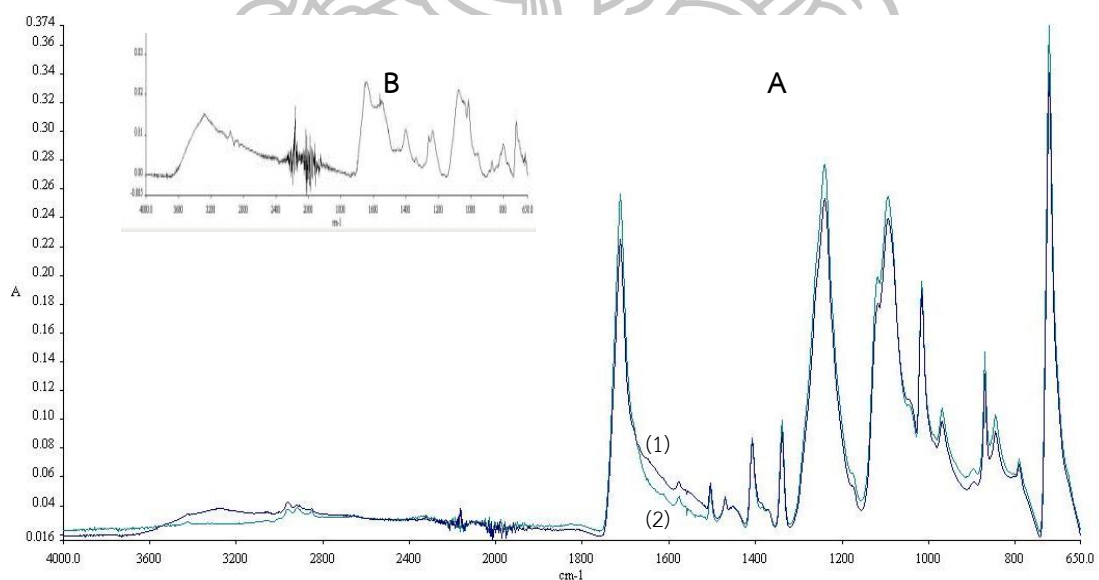
ผ้าหมายเลข 4 5 และ 6 คือ ผ้าลายพรางทหาร ผ้า comb twill และผ้าใยสังเคราะห์ ตามลำดับ จากรูปที่ 4.9 – 4.11 จะเห็นได้ว่าผ้าทั้ง 3 มีสเปกตรัมที่คล้ายคลึงกัน นั้นเป็นเพราะว่า ผ้าลายพรางทหาร และผ้า comb twill นั้น จัดว่าเป็นผ้าใยสังเคราะห์รูปแบบหนึ่งเช่นกัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าสเปกตรัมของผ้าทั้ง 3 นั้น ซ้อนทับบดบังพีคของอสุจิดังรูป 4.9A 4.10A และ 4.11A แต่เมื่อนำสเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้ามาลบกับสเปกตรัมของผ้าแล้วนั้น ก็จะได้ยังคงพบพีคของอสุจิอยู่ ดังรูป 4.9B 4.10B และ 4.11B ตามลำดับ



รูปที่ 4.9 สเปกตรัมของน้ำอสุจิที่หยดลงบนผ้าลายพรางทหาร A : สเปกตรัมของผ้าลายพรางทหารที่มีคราบอยู่ (2) และสเปกตรัมของผ้าลายพรางทหาร (1) B : สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าลายพรางทหารที่ถูกลบออกด้วยสเปกตรัมของผ้าลายพรางทหาร

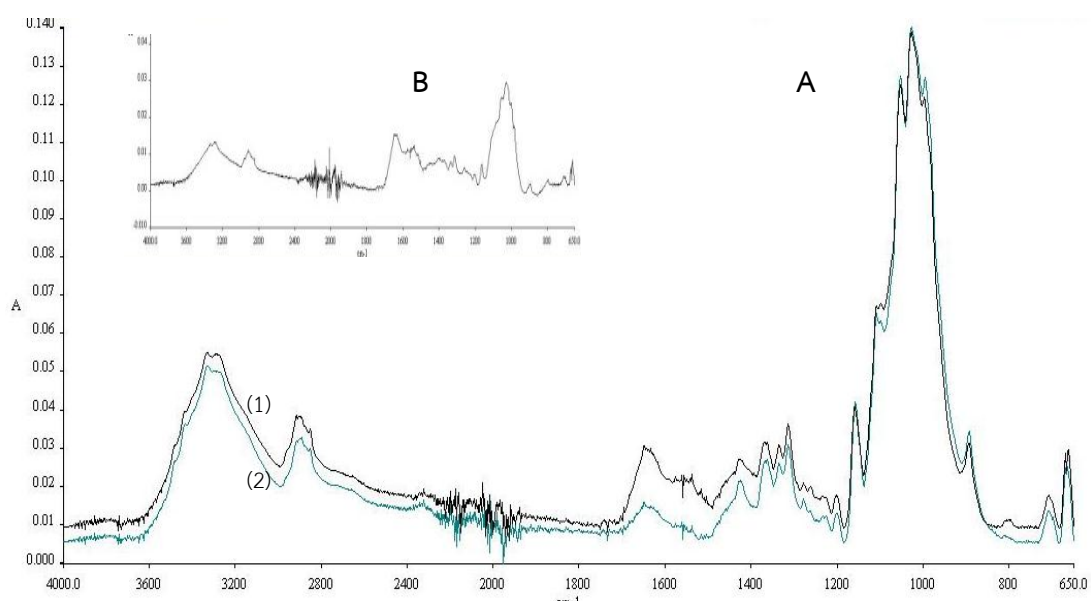


รูปที่ 4.10 สเปกตรัมของน้ำอสุจิที่หยดลงบนผ้า comb twill A : สเปกตรัมของผ้า comb twill ที่มีคราบอสุจิอยู่ (1) และสเปกตรัมของผ้า comb twill (2) B : สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้า comb twill ที่ถูกลบออกด้วยสเปกตรัมของผ้า comb twill



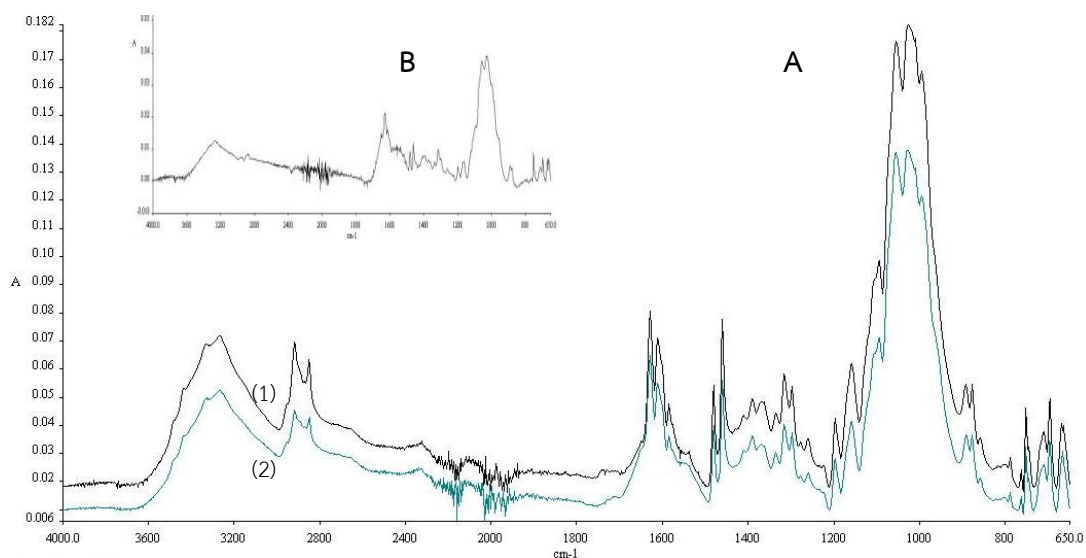
รูปที่ 4.11 สเปกตรัมของน้ำอสุจิที่หยดลงบนผ้าใยสังเคราะห์ A : สเปกตรัมของผ้าใยสังเคราะห์ที่มีคราบอสุจิอยู่ (1) และสเปกตรัมของผ้าใยสังเคราะห์ (2) B : สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าใยสังเคราะห์ที่ถูกลบออกด้วยสเปกตรัมของผ้าใยสังเคราะห์

ผ้าหมายเลข 7 คือ ผ้าลินิน เป็นผ้าที่มาจากเส้นใยของพืช มีคุณสมบัติที่คล้ายคลึงกันกับผ้าฝ้าย แต่สเปกตรัมของผ้าลินินนั้นซ้อนทับกับสเปกตรัมของคราบอสุจิดังรูป 4.12A แต่เมื่อนำสเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าลินินมาลบกับสเปกตรัมของผ้าลินินแล้ว ก็จะได้ยังคงพบสเปกตรัมของคราบอสุจิอยู่ดังรูป 4.12B



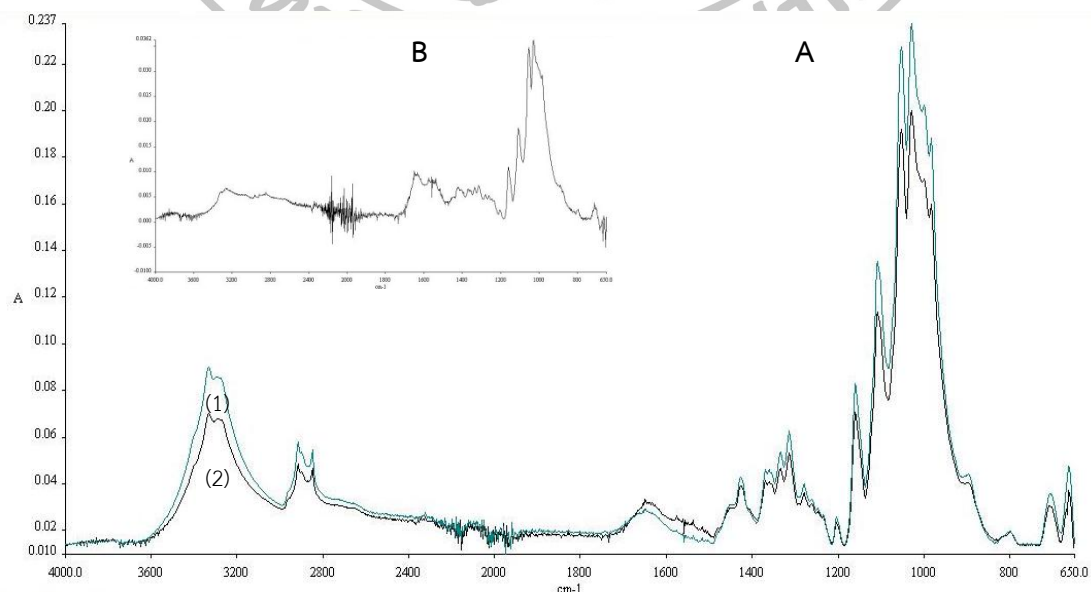
รูปที่ 4.12 สเปกตรัมของน้ำอสุจิที่หยดลงบนผ้าลินิน A : สเปกตรัมของผ้าลินินที่มีคราบอสุจิหยดอยู่ (1) และสเปกตรัมของผ้าลินิน (2) B : สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าลินินที่ถูกลบออกด้วยสเปกตรัมของผ้าลินิน

ผ้าหมายเลข 8 คือ ผ้ายีนส์ ซึ่งเป็นผ้าที่ทอมาจากผ้าฝ้าย ที่มีลักษณะค่อนข้างหนา และอาจมีส่วนผสมของเส้นใยอื่นปะปน ทำให้มีสเปกตรัมดังรูปที่ 4.13A ซึ่งซ้อนทับกันกับสเปกตรัมของคราบอสุจิ แต่เมื่อทำการนำสเปกตรัมของทั้ง 2 มาลบกันแล้ว ก็ยังคงสามารถพบสเปกตรัมของอสุจิได้อยู่ดังที่แสดงในรูป 4.13B



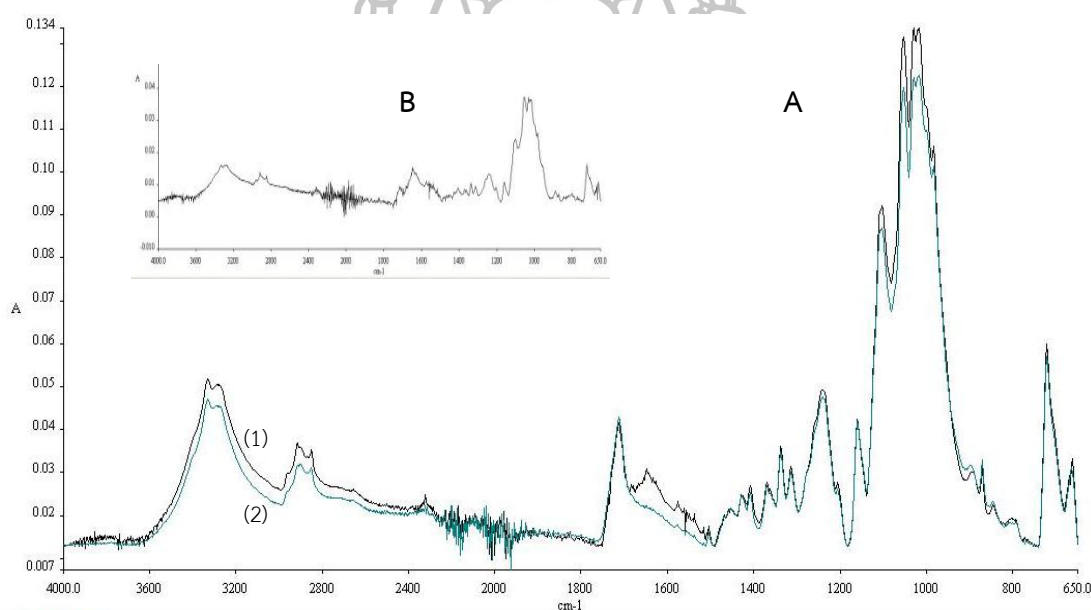
รูปที่ 4.13 สเปกตรัมของน้ำอสุจิที่หยดลงบนผ้ายีนส์ A : สเปกตรัมของผ้ายีนส์ที่มีคราบอสุจิหยดอยู่ (2) และสเปกตรัมของผ้ายีนส์ (1) B : สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้ายีนส์ที่ถูกลบออกด้วยสเปกตรัมของผ้ายีนส์

ผ้าหมายเลข 9 คือ ผ้าใยสังเคราะห์ (TC) ซึ่งมีสัดส่วนของ Polyester 65% กับ cotton 35% แต่เมื่อสังเกตจากรูปที่ 4.14A จะเห็นว่าพีคที่ปรากฏในช่วง $1750-1500\text{ cm}^{-1}$ นั้นค่อนข้างต่ำ และก็ยังบดบังพีคของ Amide I และ Amide II ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมีองค์ประกอบของ Polyester ที่มากกว่า แต่เมื่อทำการนำสเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าและสเปกตรัมของผ้ามาลบกันแล้ว ก็ยังคงพบสเปกตรัมของคราบอสุจิได้อยู่ดังรูป 4.14B



รูปที่ 4.14 สเปกตรัมของน้ำอสุจิที่หยดลงบนผ้าใยสังเคราะห์ (TC) A : สเปกตรัมของน้ำอสุจิที่หยดลงบนผ้าใยสังเคราะห์ (TC) (2) และสเปกตรัมของผ้าใยสังเคราะห์ (TC) (1) B : สเปกตรัมของน้ำอสุจิที่ถูกกลบออกด้วยสเปกตรัมของผ้าใยสังเคราะห์ (TC)

ผ้าหมายเลข 10 คือผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) มีสัดส่วนของ cotton 80% และ polyester 20% หรือ cotton 60% และ polyester 40% ซึ่งถือว่าปริมาณ cotton ผสมอยู่มากกว่าครึ่งหนึ่ง พบพีกของน้ำอสุจิที่ไม่ถูกรบกวนในช่วง $1700-1500\text{ cm}^{-1}$ ดังรูปที่ 4.15A และเมื่อนำสเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าและสเปกตรัมของผ้ามาลบกัน ก็จะพบพีกของ amid I และ amide II ได้อย่างชัดเจนขึ้น



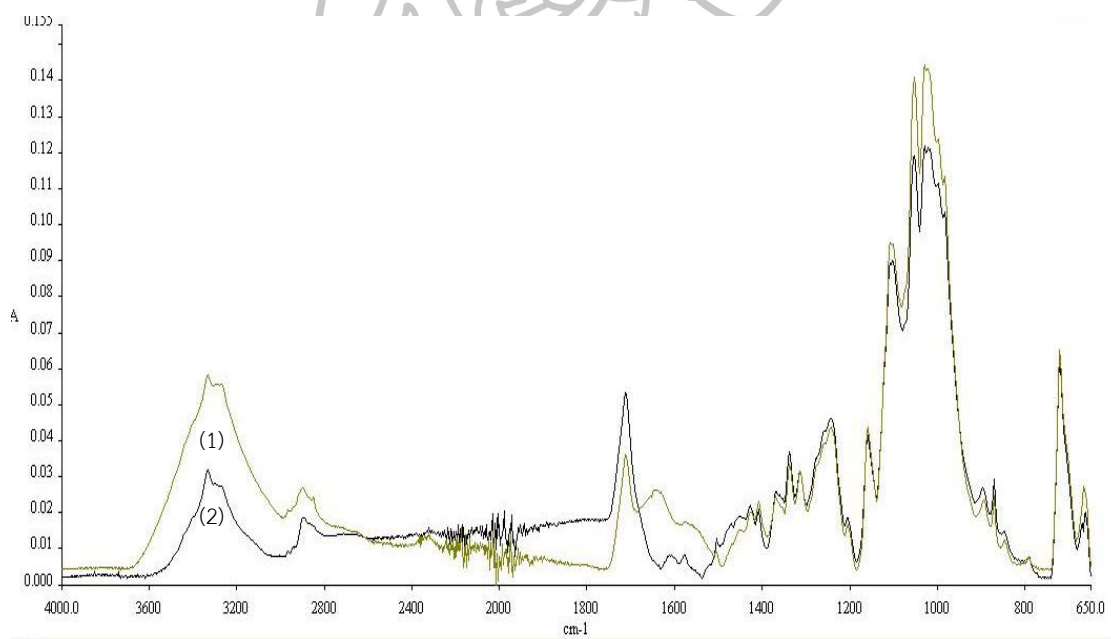
รูปที่ 4.15 สเปกตรัมของน้ำอสุจิที่หยดลงบนผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) A : สเปกตรัมของผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) ที่มีคราบอสุจิหยดอยู่ (1) และสเปกตรัมของผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) (2) B : สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) ที่ถูกลบออกด้วยสเปกตรัมของผ้าใยสังเคราะห์ (CVC)

จากสเปกตรัมที่แสดงจะพบว่าผ้าไหม ผ้าลายพรางทหาร ผ้า comb twill ผ้าใยสังเคราะห์ ผ้าลินิน ผ้ายีนส์ และผ้าใยสังเคราะห์ (TC) นั้น จะมีสเปกตรัมของตัวผ้าทับซ้อนกันกับสเปกตรัมของคราบอสุจิ ทำให้มองไม่เห็นพีก Amide I และ Amide II จึงต้องทำการนำสเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้ามาลบกับสเปกตรัมของผ้าก่อน จึงจะสามารถพีก Amide I และ Amide II ของ

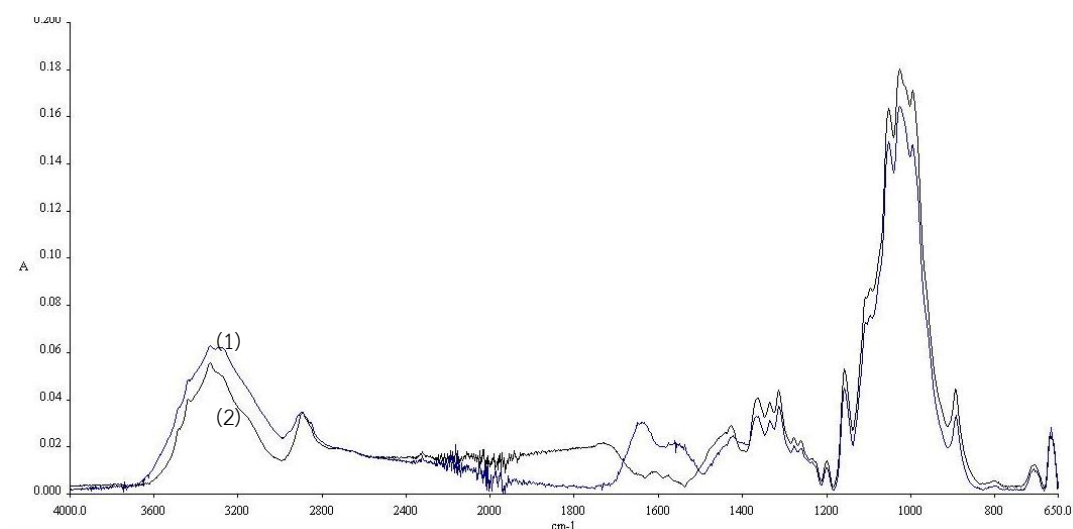
คราบอสุจิได้ ในขณะที่สเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีขา) ผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) และผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) ที่มีอสุจิอยู่พบสเปกตรัมของอสุจิบางส่วนที่ไม่ถูกซ่อนทับกับสเปกตรัมของผ้าดังกล่าวแต่เมื่อนำสเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้ามาลบกับสเปกตรัมของผ้าแล้ว ก็จะทำให้พบ พีค Amide I และ Amide II ของคราบอสุจิที่ชัดเจนขึ้น

5. การศึกษาคราบอสุจิบนผ้าแต่ละชนิดที่ระยะเวลาต่าง ๆ

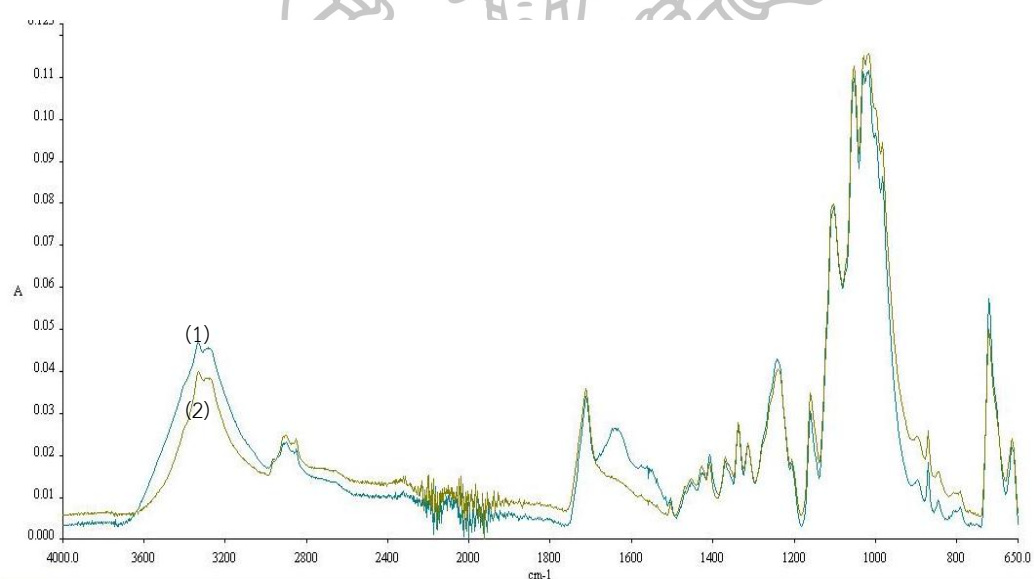
จากการศึกษาคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าชนิดต่าง ๆ นั้นพบว่าผ้าฝ้าย (สีขา) ผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) และผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) ที่มีอสุจิอยู่นั้น ยังคงพบสเปกตรัมของอสุจิบางส่วนที่ไม่ถูกซ่อนทับกับสเปกตรัมของผ้า จึงได้นำอสุจิมาหยดลงบนผ้าฝ้าย (สีขา) ผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) และผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) ทั้งไว้ที่เวลา 1 3 7 21 และ 30 วัน แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยวิธีข้างต้น ก็ยังคงพบพีคของ Amide I และ Amide II อยู่ ดังรูป 4.16- 4.18 ที่แสดงตัวอย่างสเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าทั้ง 3 ที่ระยะเวลา 30 วัน



รูปที่ 4.16 สเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีขา) ที่มีคราบอสุจิหยดอยู่ (1) และสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีขา) (2) ที่เวลา 30 วัน



รูปที่ 4.17 สเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) ที่มีคราบอสุจิหยดอยู่ (1) และสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) (2) ที่เวลา 30 วัน



รูปที่ 4.18 สเปกตรัมของผ้าสังเคราะห์ (CVC) ที่มีคราบอสุจิหยดอยู่ (1) และสเปกตรัมของผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) (2) ที่เวลา 30 วัน

จากการหยดน้ำอสุจิลงบนผ้าฝ้าย (สีขาว) ผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) และผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) ทั้งไว้ แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 30 วัน ผ้าทั้ง 3 ชนิด ยังสามารถตรวจพบพิก

Amide I ของคราบอสุจิได้อยู่และเมื่อนำสเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้ามาลบกับสเปกตรัมของผ้า
แล้ว ก็ยังคงเห็นสเปกตรัมของอสุจิได้อย่างชัดเจน



บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาวิจัยเรื่อง “การตรวจหาคราบอสุจินบนกระเบื้องและผ้าชนิดต่าง ๆ โดยใช้เทคนิค Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR)” เป็นการตรวจยืนยันเบื้องต้นในการตรวจหาคราบอสุจินวัตถุต่าง ๆ ได้แก่ กระเบื้องผิว خزกระ และผ้าชนิดต่าง ๆ ที่นับเป็นอีกหนึ่งเทคนิคที่น่าสนใจ เนื่องจากเป็นวิธีที่ทำได้อย่างสะดวก รวดเร็ว มีราคาถูก และไม่ทำลายตัวอย่าง ซึ่งมีอภิปรายผลการวิจัยดังนี้

1. อภิปรายผล

จากผลการทดลองข้างต้นแสดงให้เห็นว่า เทคนิค ATR-FTIR สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการตรวจหาคราบอสุจินเบื้องต้นบนกระเบื้อง และผ้าชนิดต่าง ๆ ได้ โดยตัวอย่างคราบอสุจินที่อยู่บนแผ่นกระเบื้องสามารถพบพิกของ ของ Amide I และ Amide II ที่ $1690 - 1650 \text{ cm}^{-1}$ และ $1590 - 1480 \text{ cm}^{-1}$ ตามลำดับ พิกของกลุ่ม Methyl ($-\text{CH}_3$) ในช่วง $1480 - 1350 \text{ cm}^{-1}$ และองค์ประกอบของกรดนิวคลีอิกจากแบนด์ที่ความยาวคลื่น 1245 cm^{-1} และ 1080 cm^{-1} ซึ่งเป็นพิกที่มีความเฉพาะเจาะจงบนสเปกตรัมของคราบอสุจิน นอกจากนี้วิธีดังกล่าวสามารถตรวจพบอสุจินได้นานถึง 60 วัน ซึ่งเป็นพิกที่ตำแหน่งเดียวกับ Barcot and Balarin, 2007 : 61 ในขณะที่คราบอสุจินที่อยู่บนผ้าชนิดต่าง ๆ นั้น จะพบว่าผ้าที่เป็นผ้าจำพวกผ้าฝ้าย หรือมีผ้าฝ้ายผสมอยู่ในอัตราส่วนที่มากนั้น (ผ้าฝ้าย (สีขาว) ผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) ผ้าใยสังเคราะห์ (CVC)) สามารถพบพิกของ amide ได้บางส่วน ซึ่งมีการบดบังด้วยพิกของ C-O ของผ้า แต่ใช้เทคนิคการหักกลับสเปกตรัม ก็จะสามารถพบพิก amide ของคราบอสุจินที่อยู่บนผ้าดังกล่าวได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ส่วนผ้าสังเคราะห์ (ผ้าลายพรานทหาร ผ้า comb twill ผ้าใยสังเคราะห์ (polyester) และผ้าใยสังเคราะห์ (TC)) ผ้าลินิน และผ้าไหมจะมีพิกที่เด่นชัดที่พบในช่วงที่ตรวจพบ amide และหมู่ฟอสเฟต แต่เมื่อนำเทคนิคการหักกลับสเปกตรัมมาใช้ ก็จะสามารถพบพิก amide ของอสุจินได้ ซึ่งสามารถตรวจพบคราบอสุจินบนผ้าได้และสามารถตรวจพบได้นานถึง 30 วัน ซึ่งผลของสเปกตรัมที่ได้ สามารถนำไปใช้ในงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ได้ เนื่องจากการตรวจทางเคมี เช่น การตรวจหาสาร acid phosphatase การใช้ชุดตรวจ prostate-specific antigen (PSA) นั้นบางครั้งให้ผลบวกปลอม จึงได้นำ ATR-FTIR (กัญญารัตน์ ดีปกรณ์, 2013) มาใช้

ในการตรวจหาคราบอสุจิบนสำลีที่ป้ายมาจากช่องคลอด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในคดีที่เกี่ยวข้องกับความผิดทางเพศ ที่จะสามารถนำเทคนิค ATR-FTIR มาใช้ในการตรวจยืนยันคราบอสุจิเบื้องต้น โดยนำวัตถุพยานที่มีมาใช้ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด สามารถทำได้อย่างรวดเร็ว ใช้ตัวอย่างน้อย และไม่ทำลายตัวอย่าง และยังสามารถส่งตัวอย่างไปใช้ตรวจหาอย่างอื่นได้ต่อ เช่น นำไปพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคล เป็นต้น นับว่าเป็นวิธีที่ใช้วัตถุพยานที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์มากที่สุด อย่างไรก็ตามการตรวจหาคราบอสุจิบนแผ่นกระเบื้อง และผ้าแต่ละชนิดนั้นยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่ผลต่อการวิเคราะห์ ไม่ว่าจะ ปริมาณของคราบน้ำอสุจิที่อยู่บนแผ่นกระเบื้องและผ้าแต่ละชนิด ลักษณะ และการซับน้ำของเส้นใยผ้า เป็นต้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้ล้วนมีผลต่อการตรวจพิสูจน์ด้วยเช่นกัน

2. ข้อเสนอแนะ

- 2.1 ในการหยดน้ำอสุจิลงบนแผ่นกระเบื้อง และผ้าชนิดต่าง ๆ หากมีการเพิ่มปริมาณให้มากกว่า 50 μl ก็จะทำให้ปรากฏฟิสิกที่ชัดเจนมากขึ้น
- 2.2 ศึกษาคราบอสุจิที่ถูกหยดลงวัสดุอื่นๆ
- 2.3 ในการนำคราบอสุจิที่อยู่บนสำลีพันก้าน หรือผ้าชนิดต่าง ๆ มาทำการวิเคราะห์ ต้องทำให้แห้งสนิทเสียก่อนนำมาทำการวิเคราะห์



รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กัญญารัตน์ ตีบกรณ์ (2556) . “การตรวจหาคราบอสุจิโดยใช้เทคนิค Attenuated Total Reflection Infrared Spectroscopy” . วิทยานิพนธ์ วท.ม. นครปฐม : มหาวิทยาลัยศิลปากร
- จิรา ชีรสวรรณจักร (2542). “กายวิภาคศาสตร์ และสรีระวิทยามนุษย์” . คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏภูเก็ต
- ชัยทิพย์ วนิชานนท์ (2542). เอกสารการสอนชุดวิชา วิทยาศาสตร์ชีวภาพ หน่วยที่ 8-15 ฉบับปรับปรุง. พิมพ์ครั้งที่ 2 : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
- พรชัย สุธีรคุณ (2556) การตรวจทางห้องปฏิบัติการในคดีความผิดทางเพศ. สถาบันนิติเวชวิทยา รพ.ตำรวจ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ. เข้าถึงเมื่อวันที่ 17 มิถุนายน เข้าถึงได้จาก <http://www.ifm.go.th/forensic-articles/dna/131-seminal-fluid.html>
- ศรัณยา เกษมบุญญากร (2555). “การจำแนกลักษณะโครงสร้าง คุณสมบัติของเส้นใย”. เอกสารประกอบการฝึกอบรม. ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- สุทธดา บุญญภัทร (2552). “การตรวจประมาณหาอายุของคราบน้ำอสุจิด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)”. การประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาศิลปากร ระดับชาติครั้งที่ 1. 1486-1493

ภาษาอังกฤษ

- Barcot O. ,Balarin M. ,Gamulin O. ,Jezek D. ,Romac P. ans Brnjac-Kralhevic J. (2006) “Investigation of Spermatozoa and Seminal Plasma by Fourier Transform Infrared Spectroscopy”. **Applied spectroscopy**
- B. Stuart. “Biological Applications of Infrared Spectroscopy”. **Analytical Chemistry by OpenLearning**
- E. Botonjic-Sehic, C.W. Brown, M. Lamontagne, M. Tsaparikos (2009). “Forensic application of near-infrared spectroscopy: aging of bloodstains”.**Spectroscopy**
- Gerda Edelman, Vicky Manti, Saskia M. van Ruth, Ton van Leeuwen, Maurice Aalders (2012). “Identification and age estimation of blood stains on colores

backgrounds by near infrared spectroscopy”, **Forensic Science International**, no. 220 : 239 – 244

Jame D. Ingle, Stanley R. Crouch (1988). “Spectrochemical Analysis”. **Pretice-Hall International Editios**



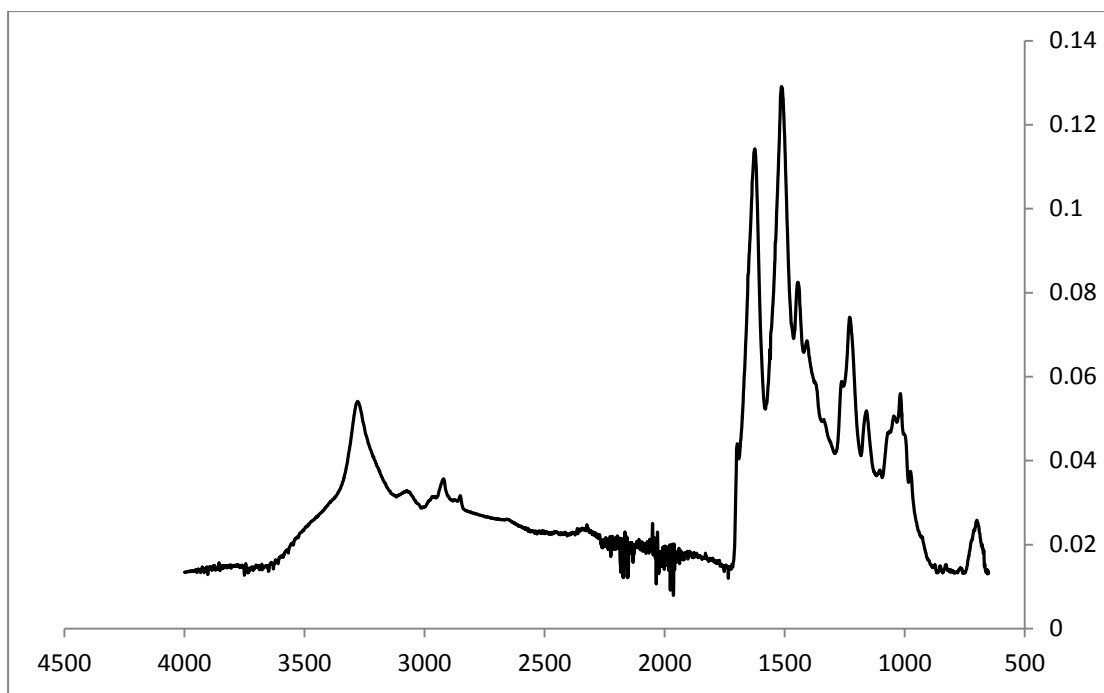


ภาคผนวก

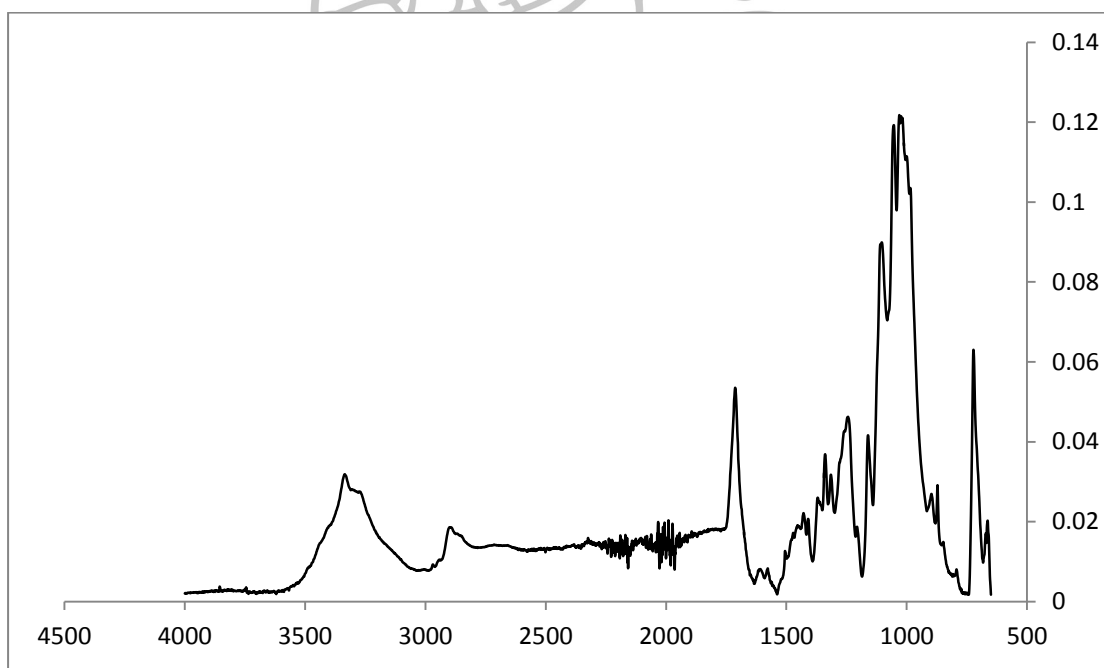


ภาคผนวก ก

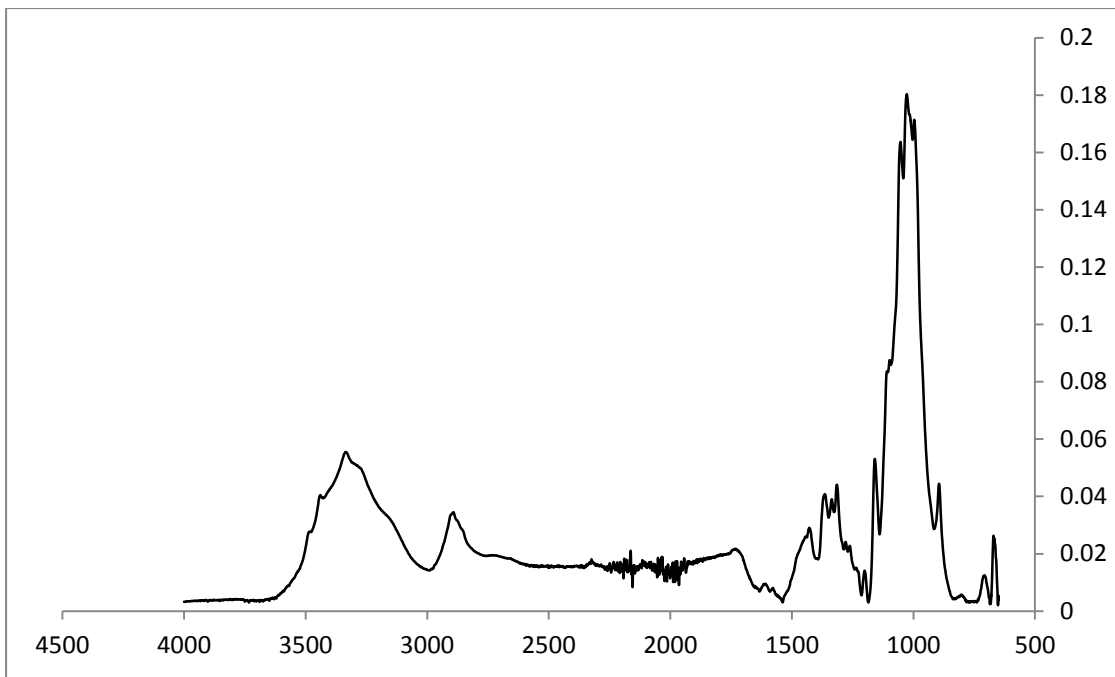
ภาพประกอบ



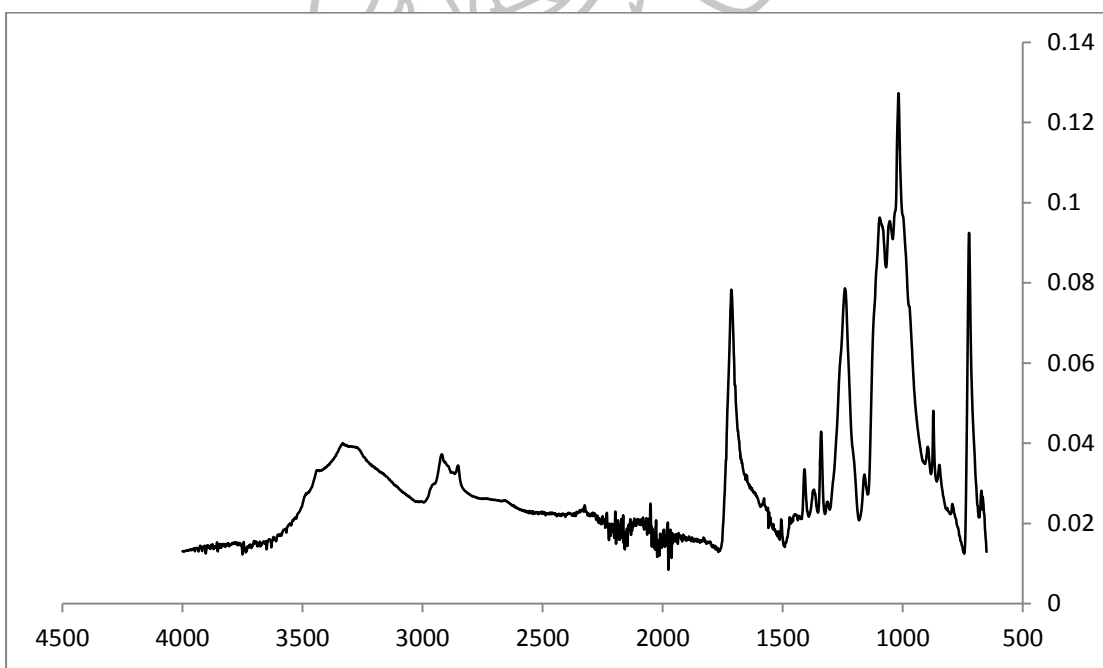
รูปที่ 7.1 สเปกตรัมของผ้าไหม



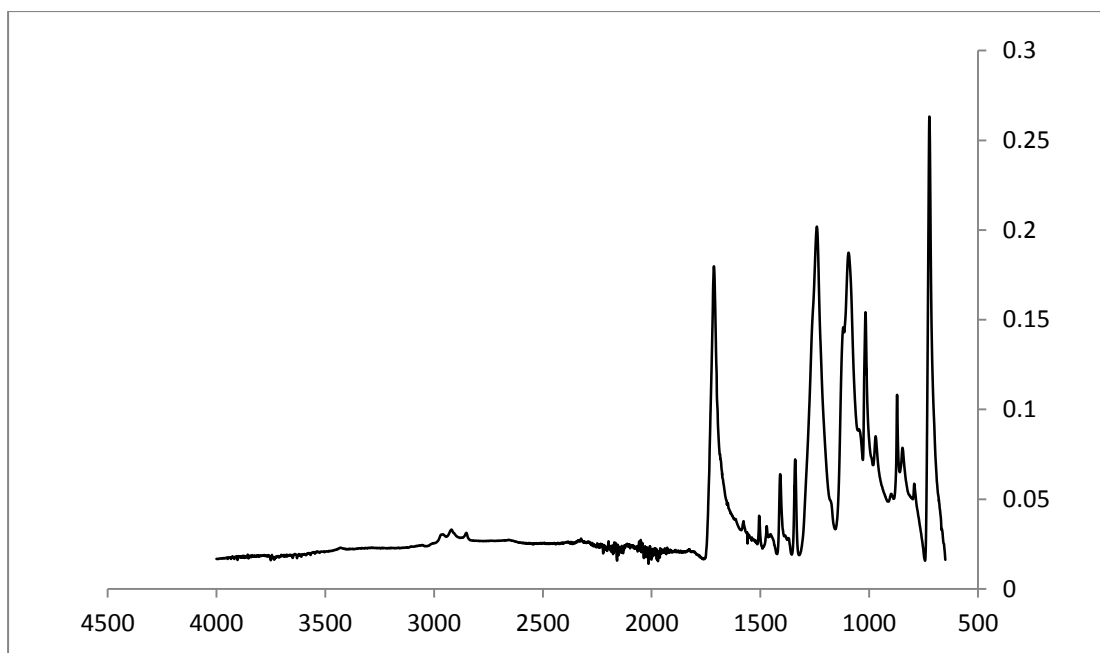
รูปที่ 7.2 สเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีขาว)



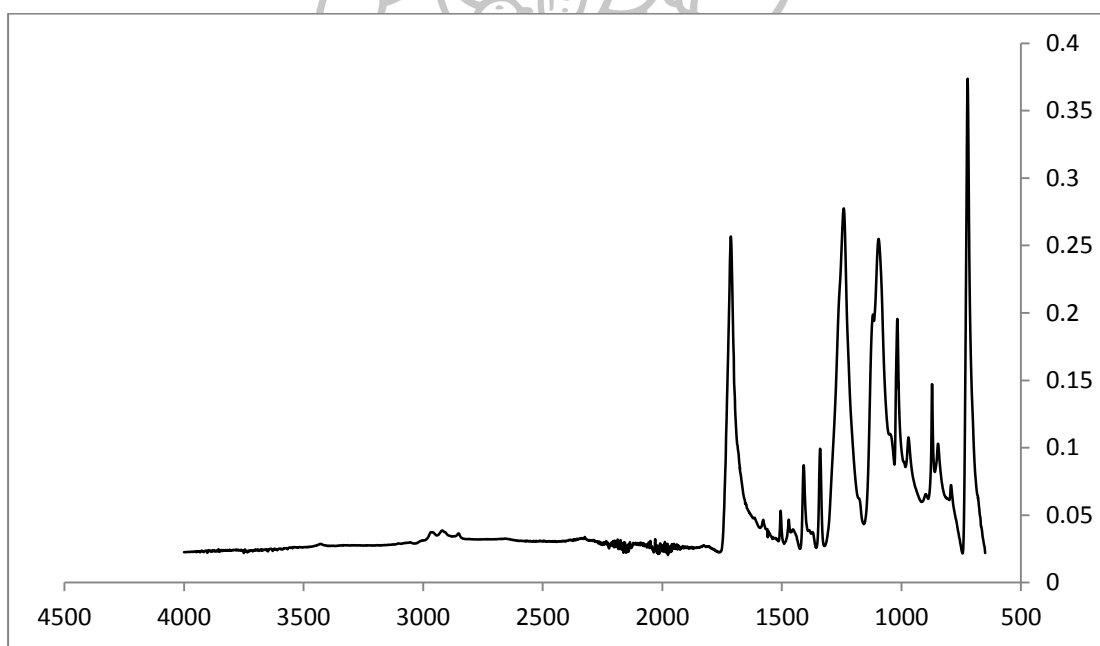
รูปที่ 7.3 สเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีกรมท่า)



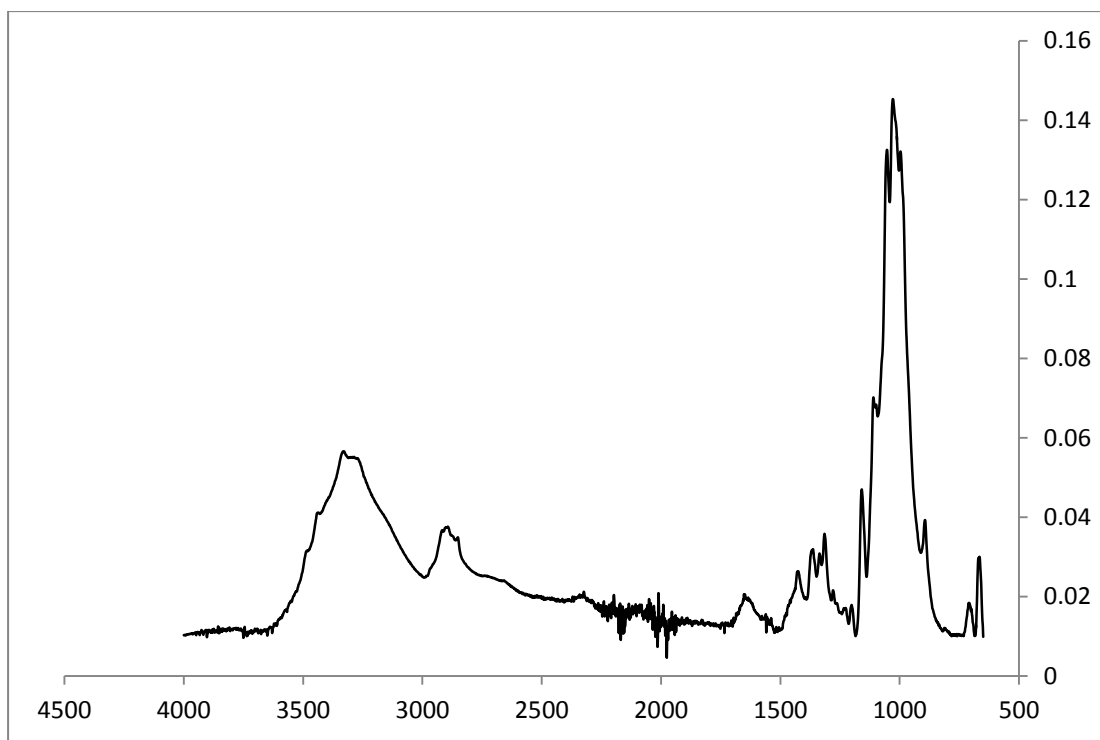
รูปที่ 7.4 สเปกตรัมของผ้าลายพรางทหาร



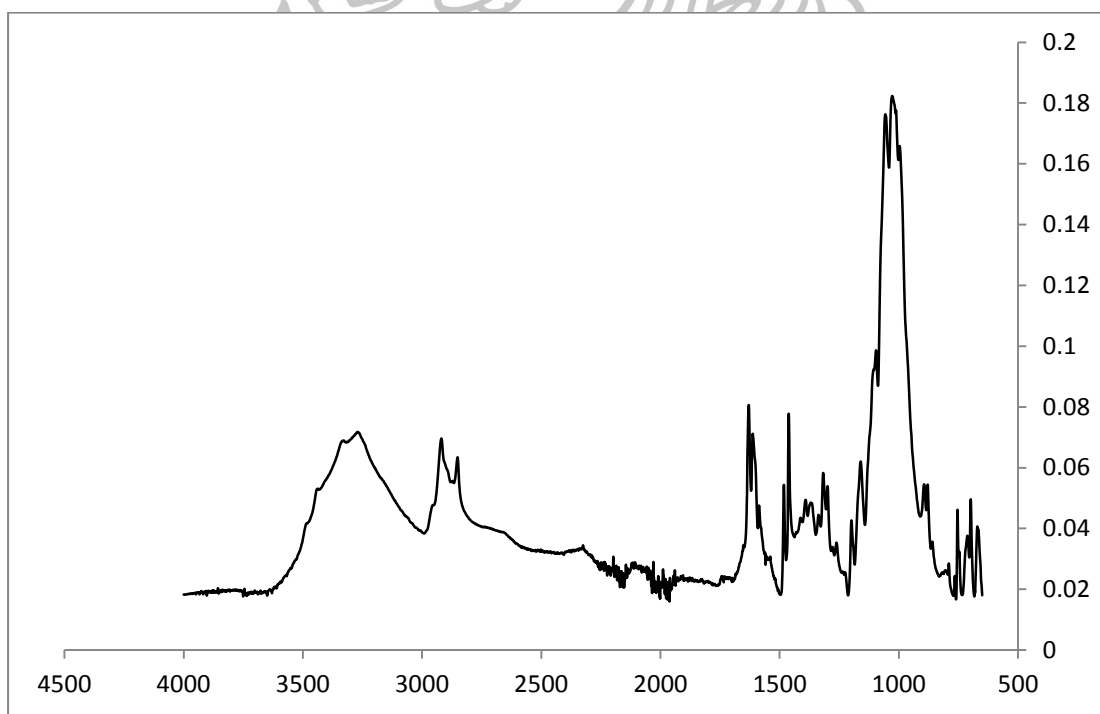
รูปที่ 7.5 สเปกตรัมของผ้า comb twill



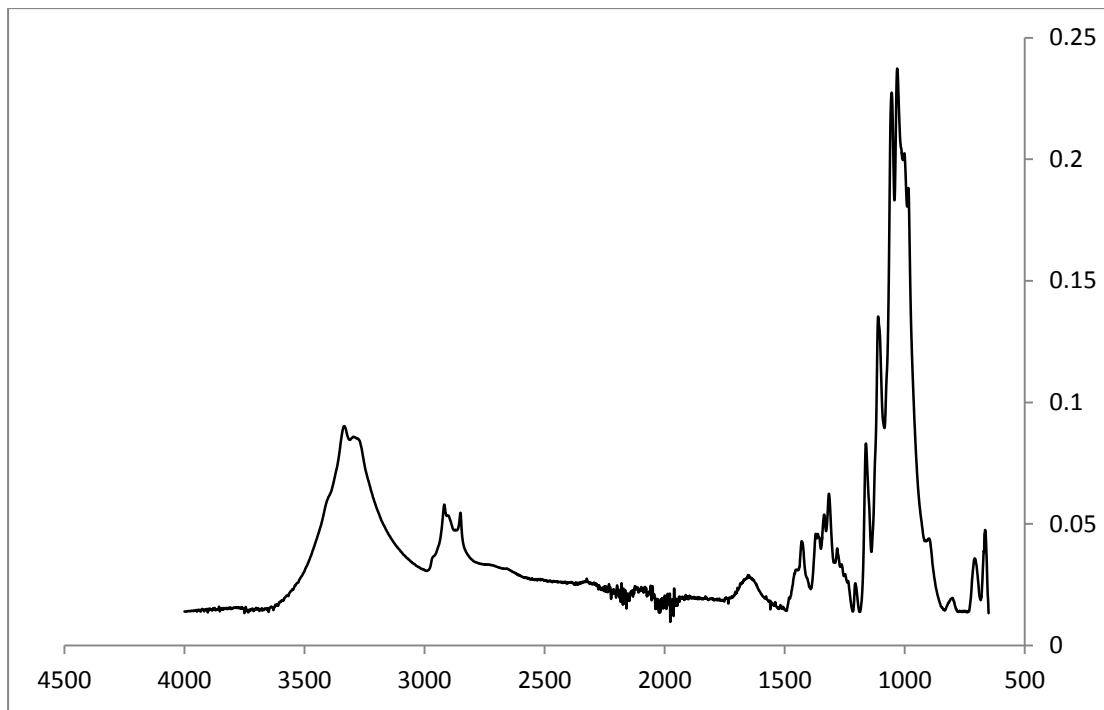
รูปที่ 7.6 สเปกตรัมของผ้าใยสังเคราะห์



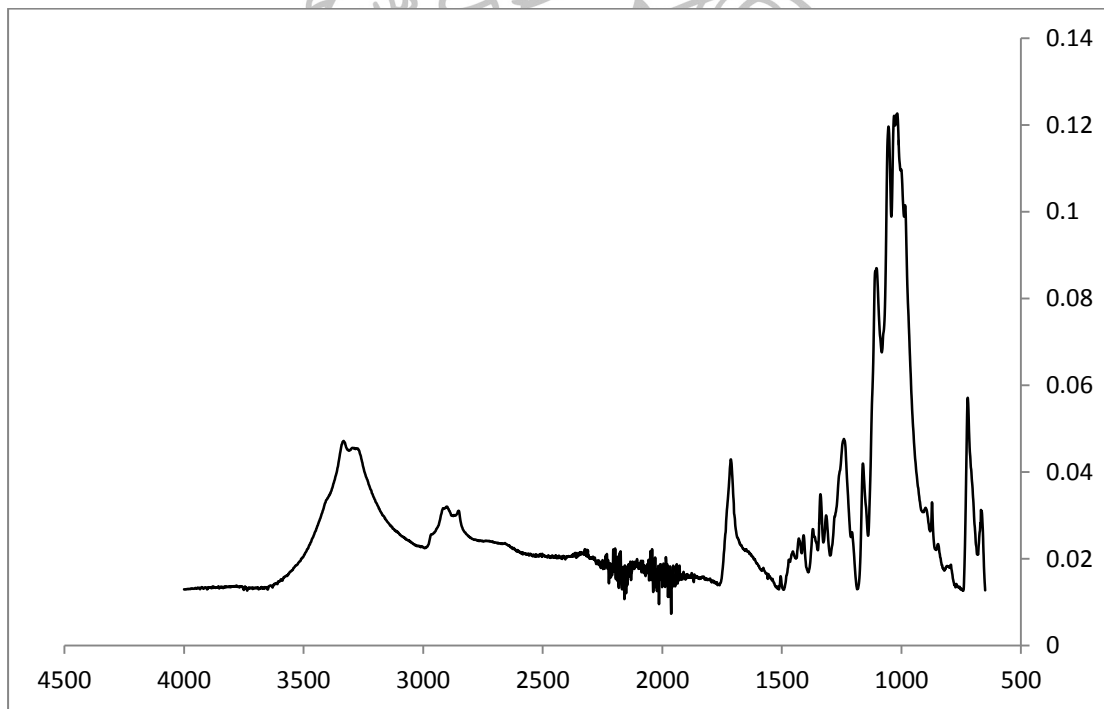
รูปที่ 7.7 สเปกตรัมของพอลิเอทิลีน



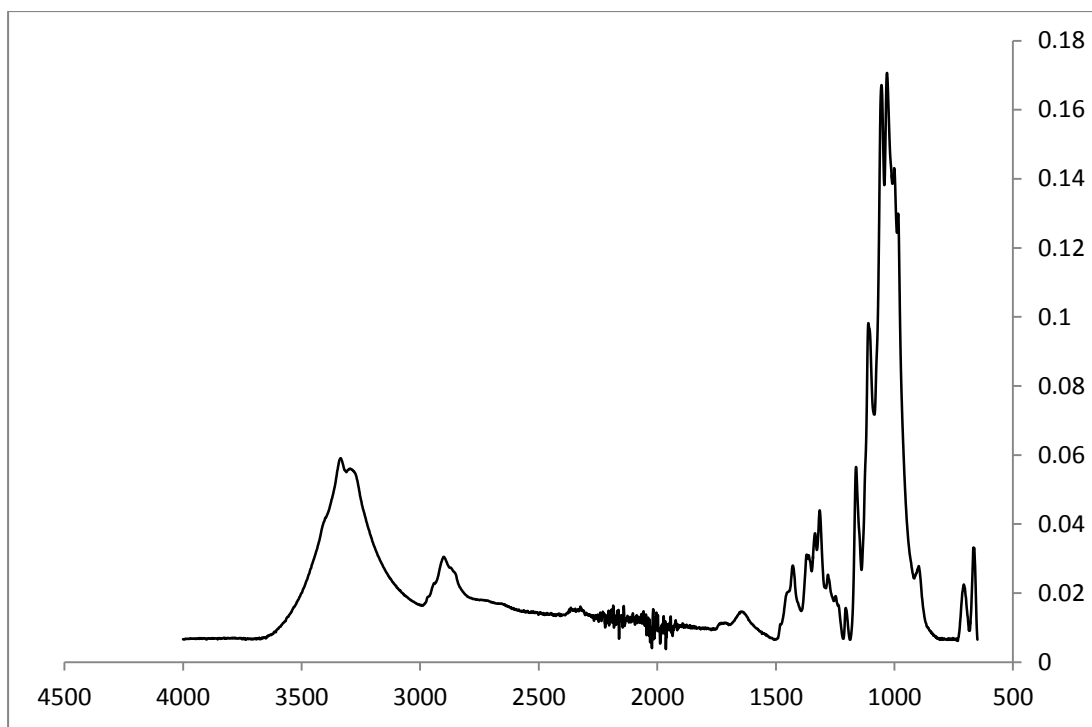
รูปที่ 7.8 สเปกตรัมของพอลิเอทิลีน



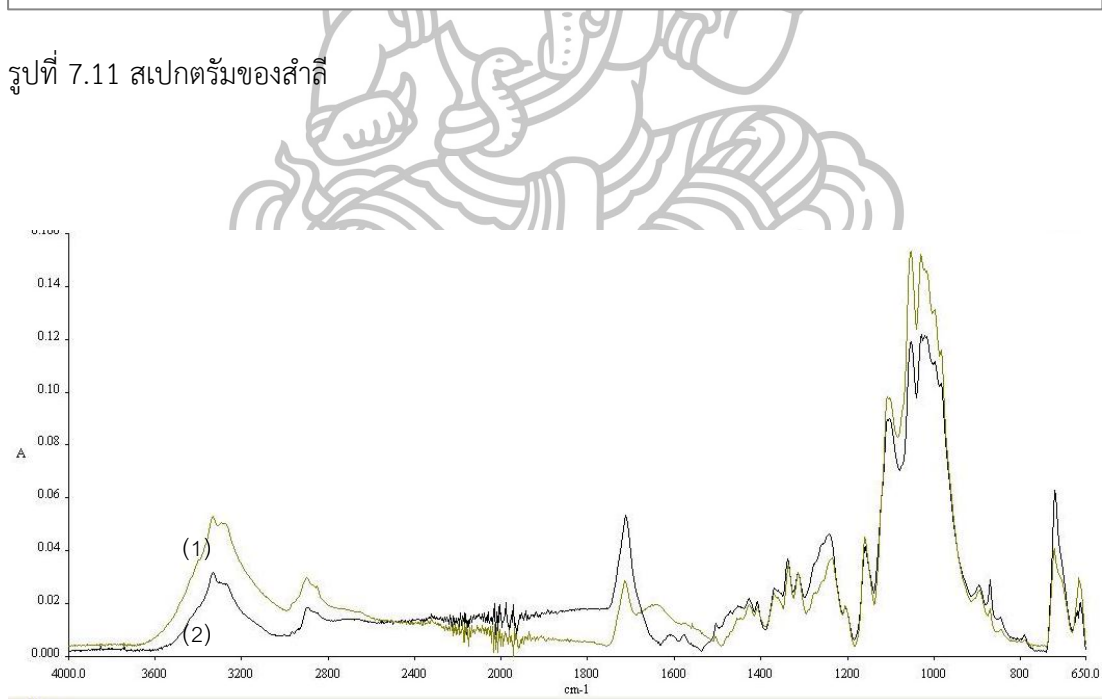
รูปที่ 7.9 สเปกตรัมของผ้าใยสังเคราะห์ (TC)



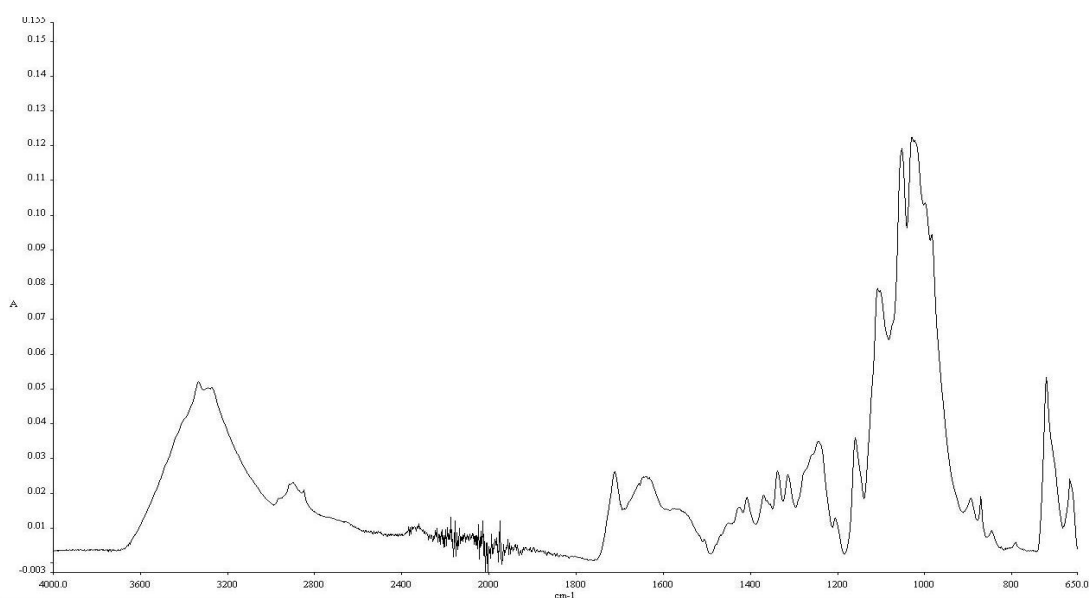
รูปที่ 7.10 สเปกตรัมของผ้าใยสังเคราะห์ (CVC)



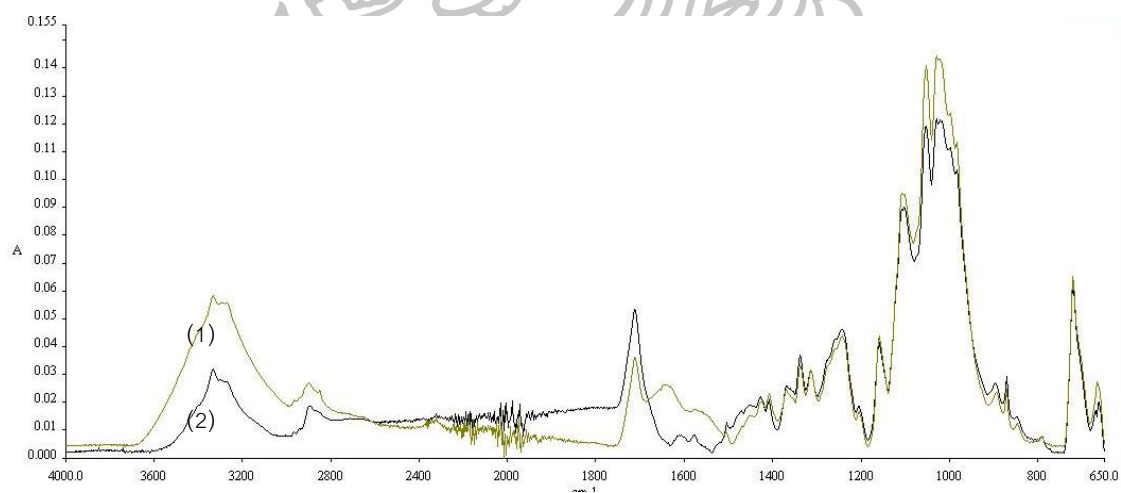
รูปที่ 7.11 สเปกตรัมของสำลี



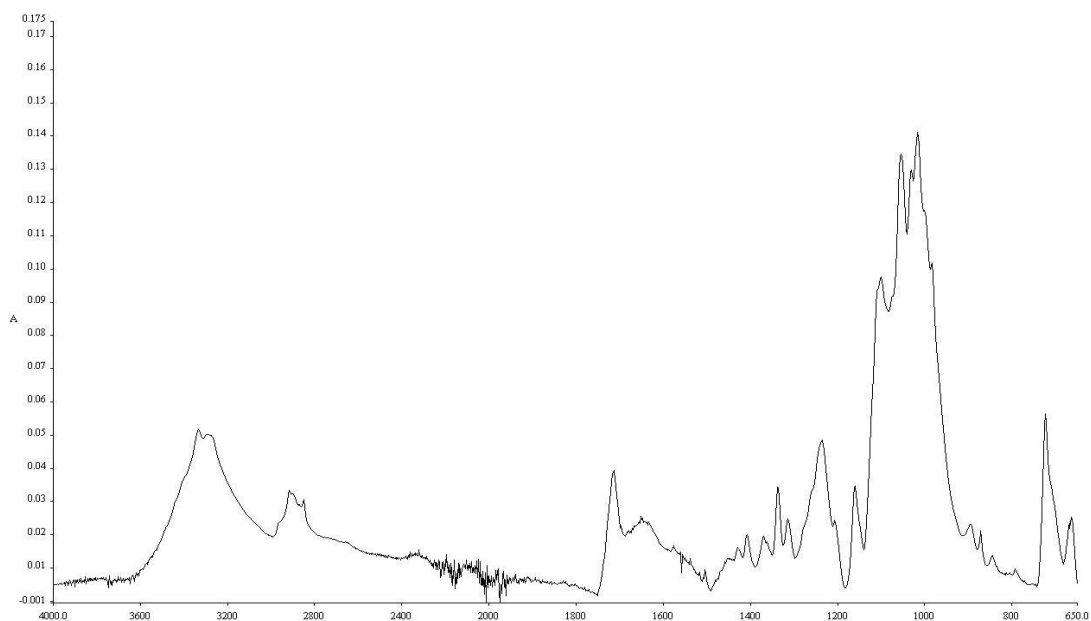
รูปที่ 7.12 สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าฝ้าย (สีขาว) (1) และสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีขาว) (2) ที่เวลา 3 วัน



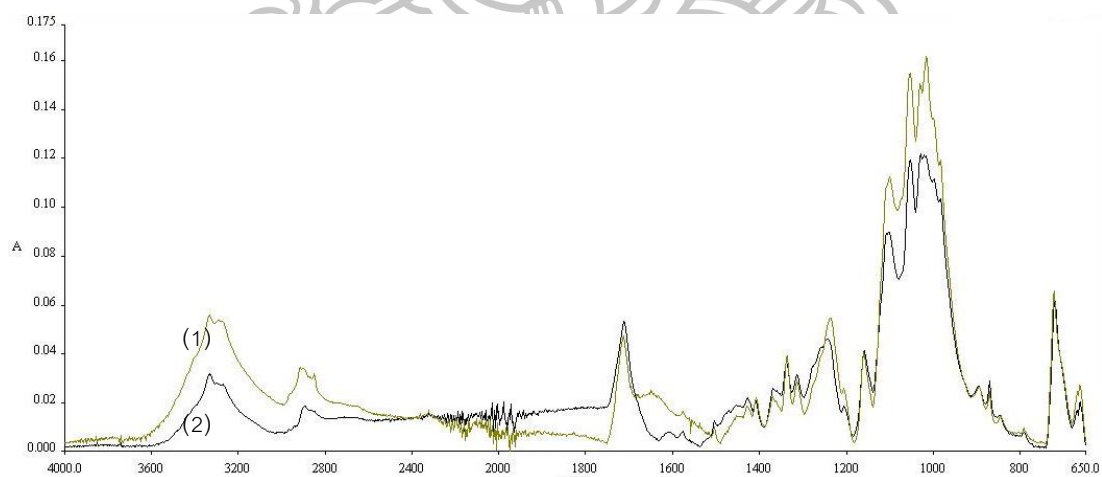
รูปที่ 7.13 สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าฝ้าย (สีขาว) ลบด้วยสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีขาว) ที่เวลา 3 วัน



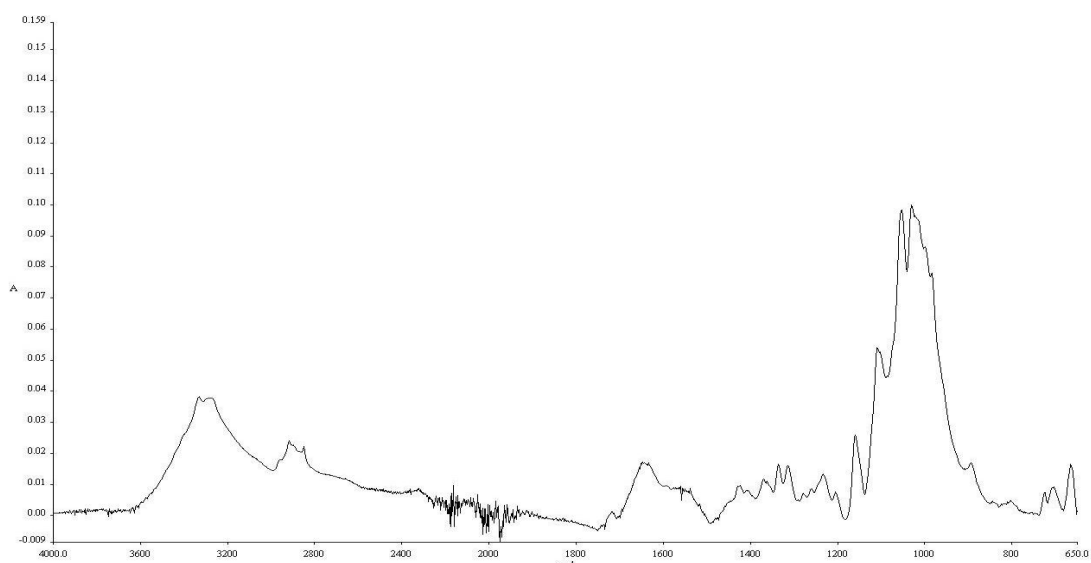
รูปที่ 7.14 สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าฝ้าย (สีขาว) (1) และสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีขาว) (2) ที่เวลา 7 วัน



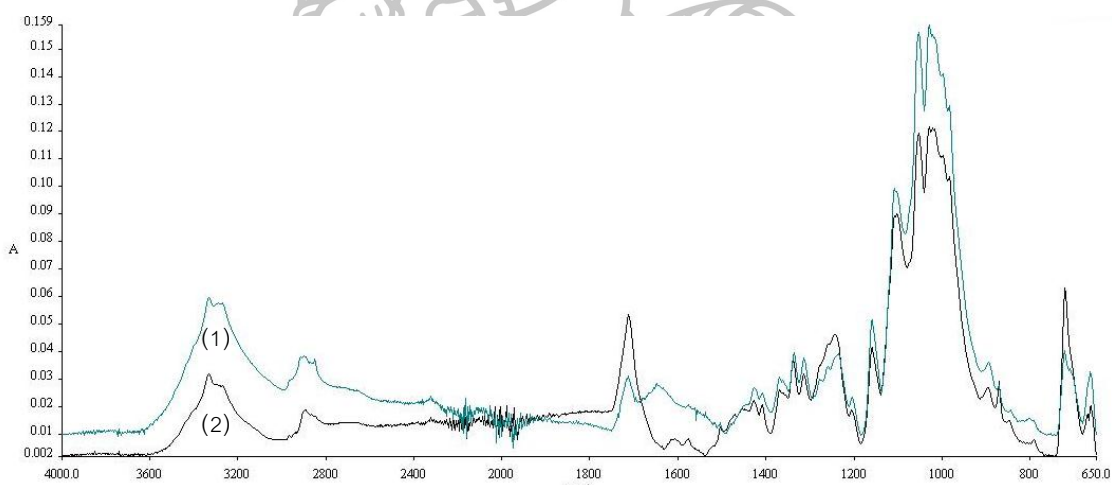
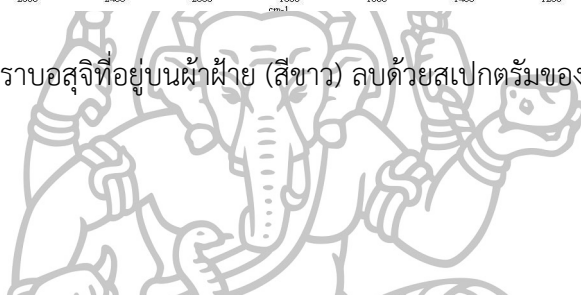
รูปที่ 7.15 สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าฝ้าย (สีขาว) ลบด้วยสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีขาว) ที่เวลา 7 วัน



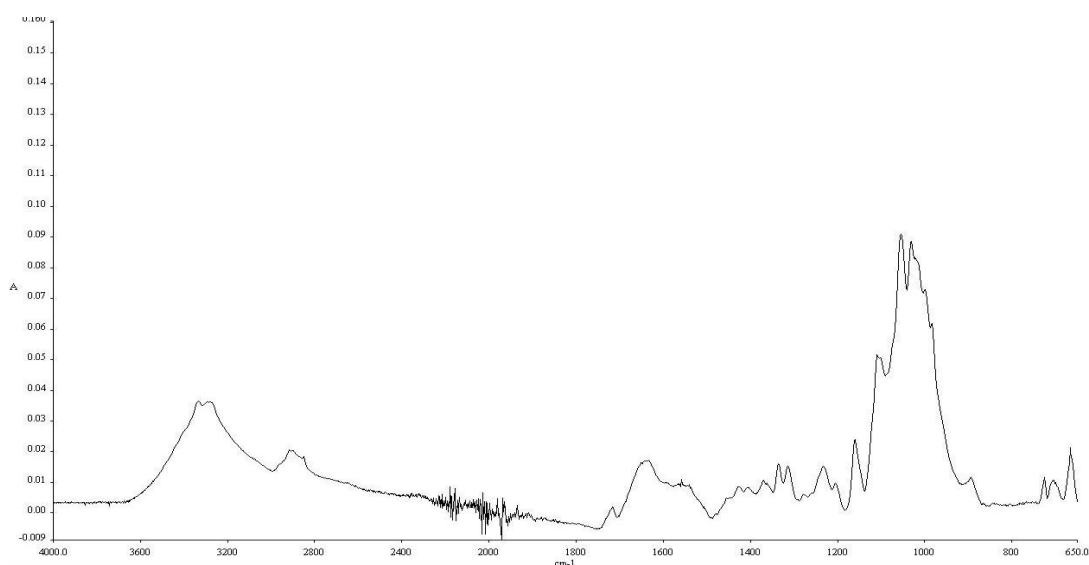
รูปที่ 7.16 สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าฝ้าย (สีขาว) (1) และสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีขาว) (2) ที่เวลา 21 วัน



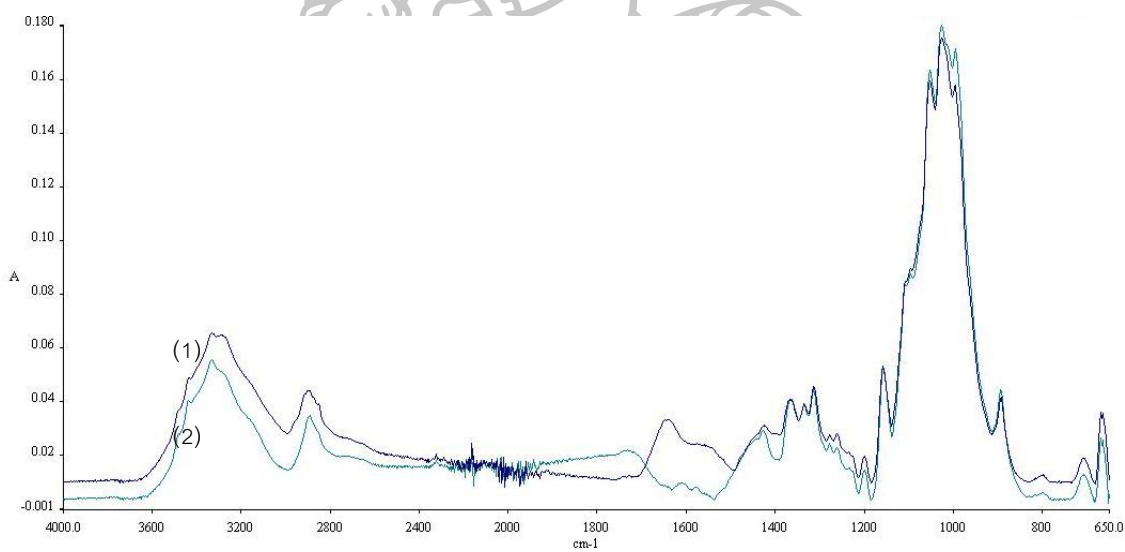
รูปที่ 7.17 สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าฝ้าย (สีขาว) ลบด้วยสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีขาว) ที่เวลา 21 วัน



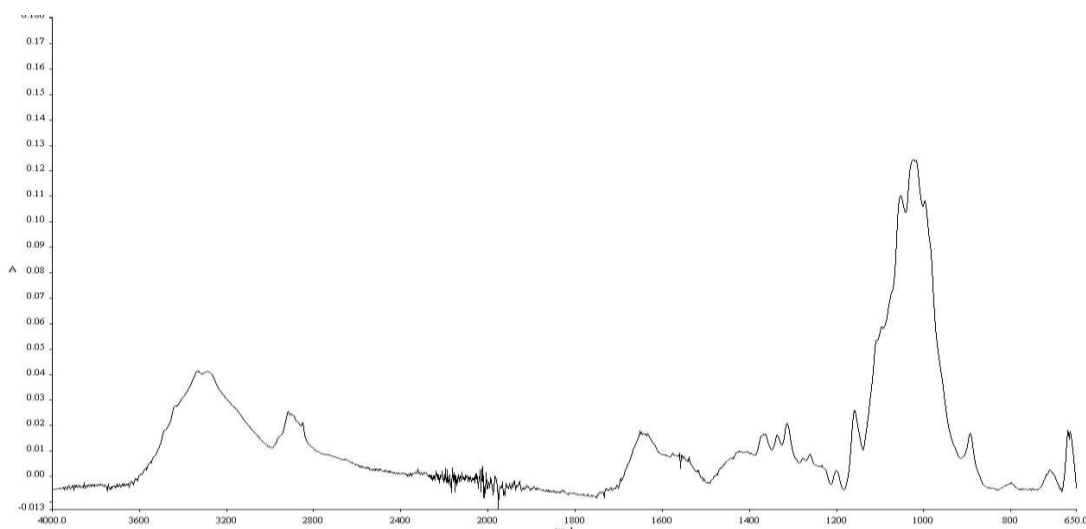
รูปที่ 7.18 สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าฝ้าย (สีขาว) (1) และสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีขาว) (2) ที่เวลา 30 วัน



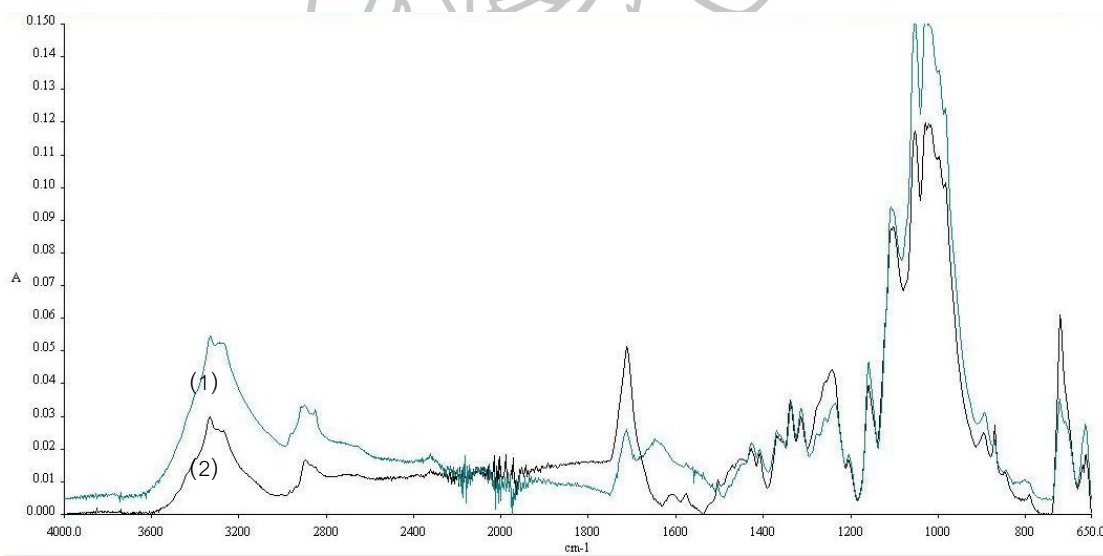
รูปที่ 7.19 สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าฝ้าย (สีขาว) ลบด้วยสเปกตรัมของผ้าฝ้าย ที่เวลา 30 วัน



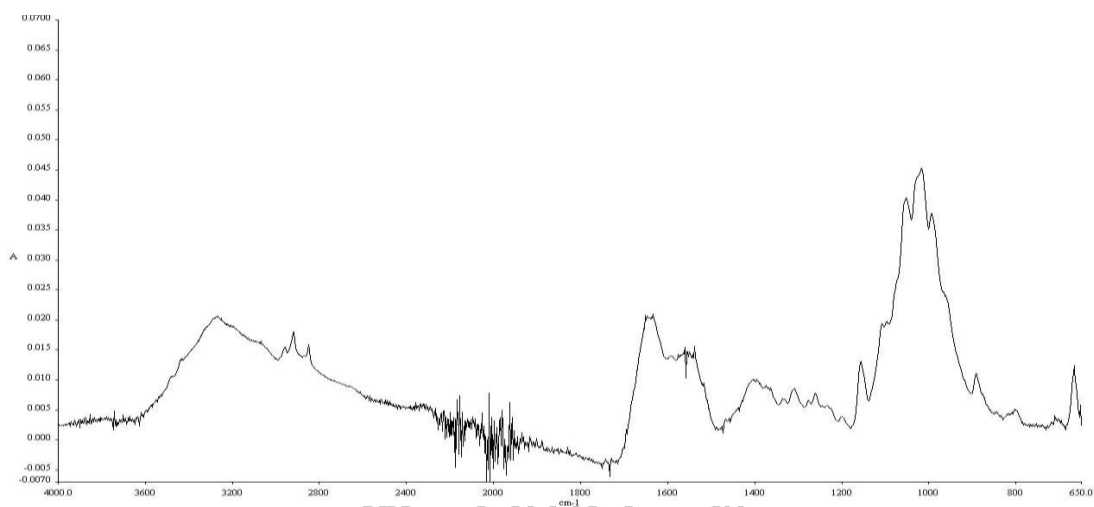
รูปที่ 7.20 สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) (1) และสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) (2) ที่เวลา 3 วัน



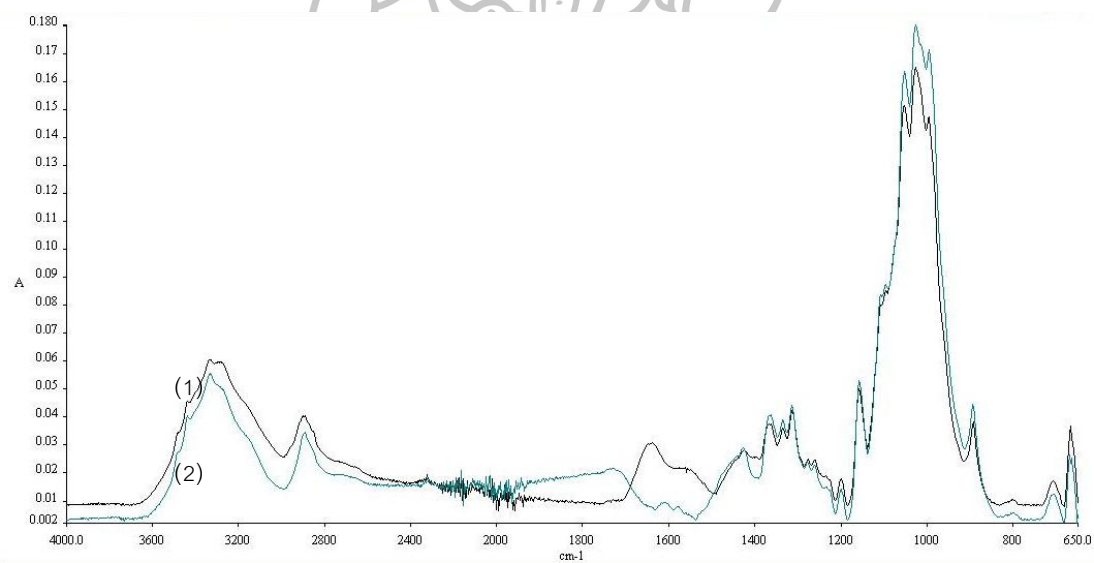
รูปที่ 7.21 สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) ลบด้วยสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) ที่เวลา 3 วัน



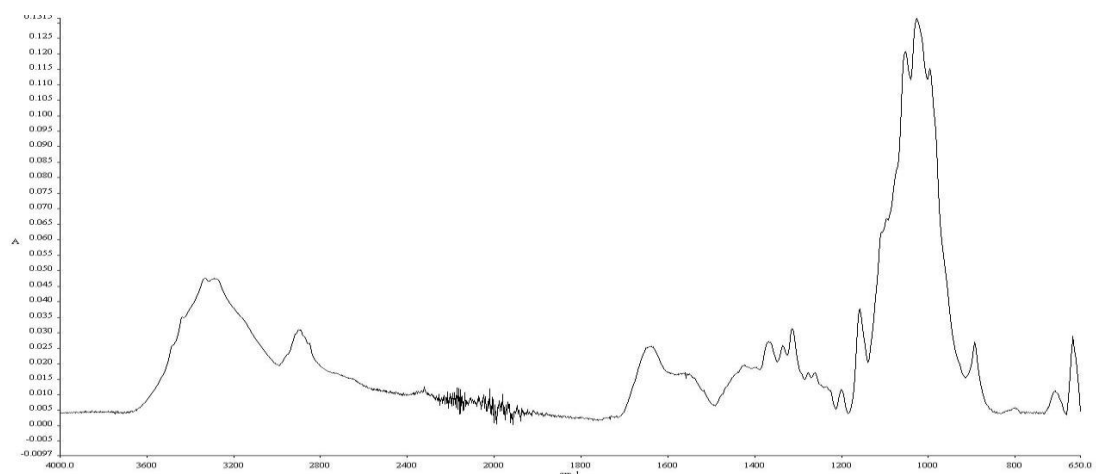
รูปที่ 7.22 สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) (1) และสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) (2) ที่เวลา 7 วัน



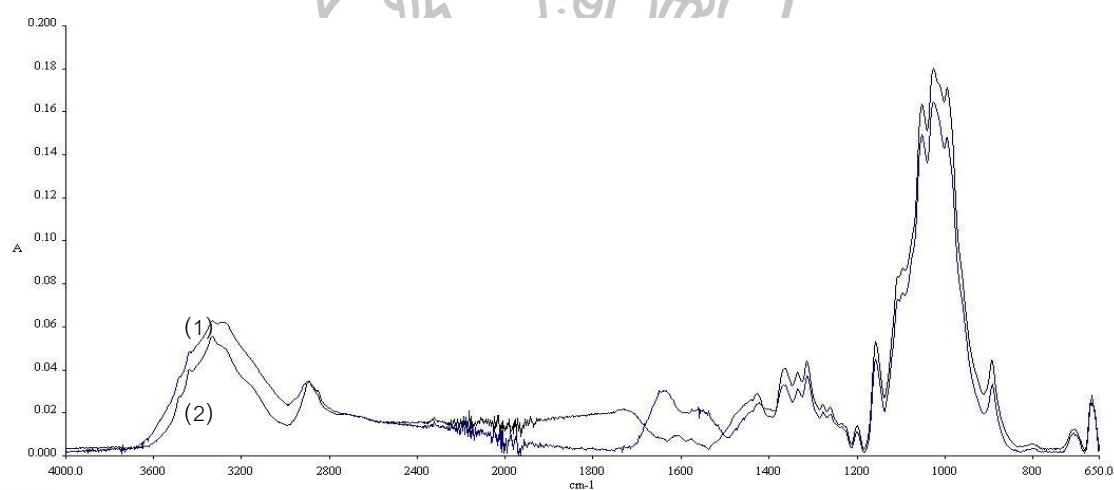
รูปที่ 7.23 สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) ลบด้วยสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) ที่เวลา 7 วัน



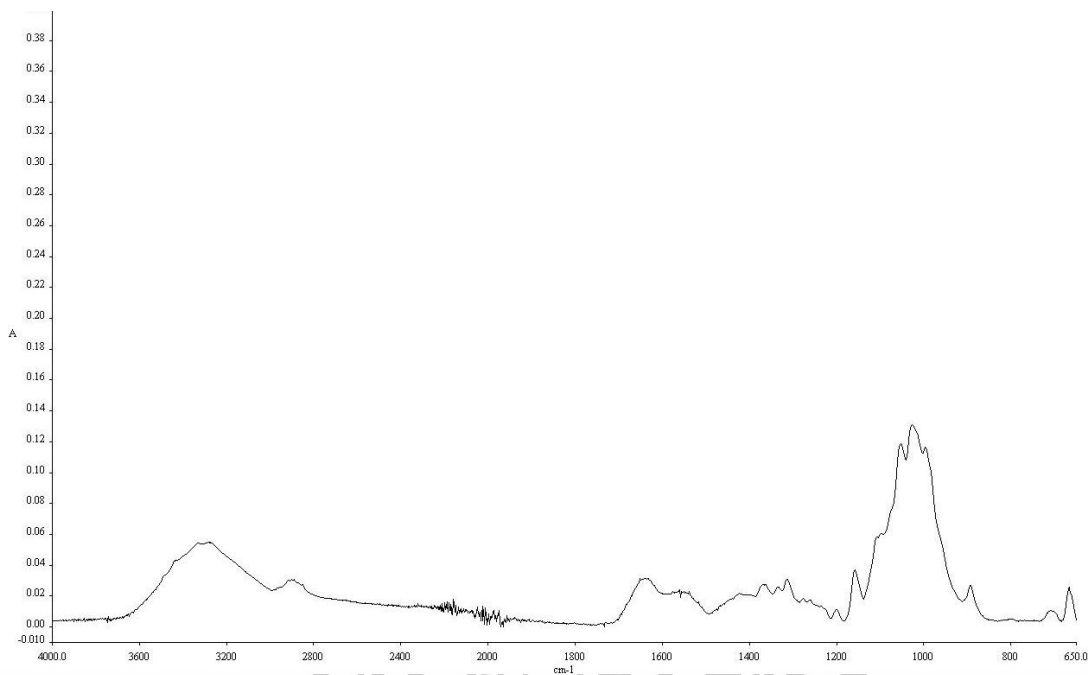
รูปที่ 7.24 สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) (1) และสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) (2) ที่เวลา 21 วัน



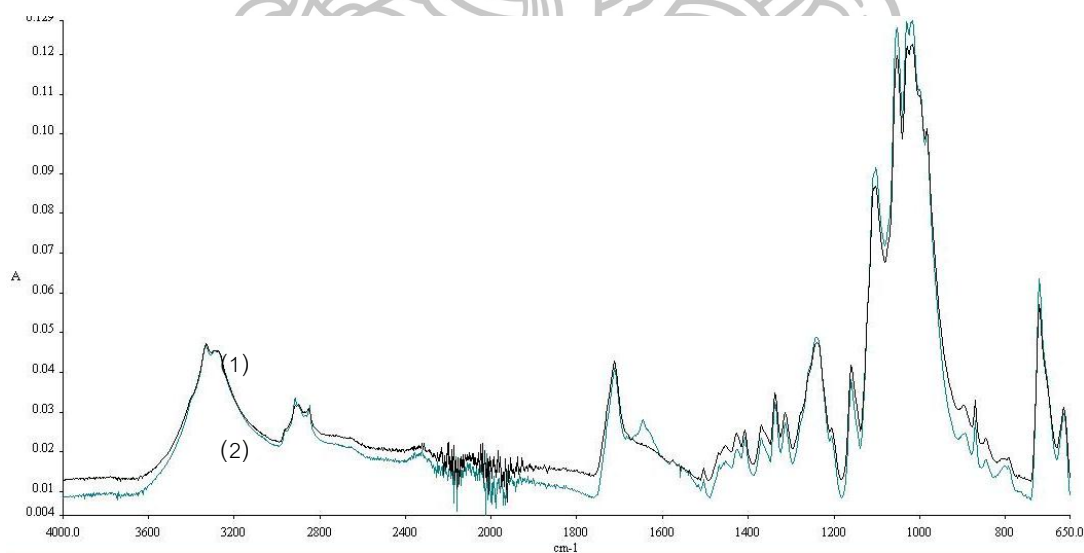
รูปที่ 7.25 สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) สบด้วยสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) ที่เวลา 21 วัน



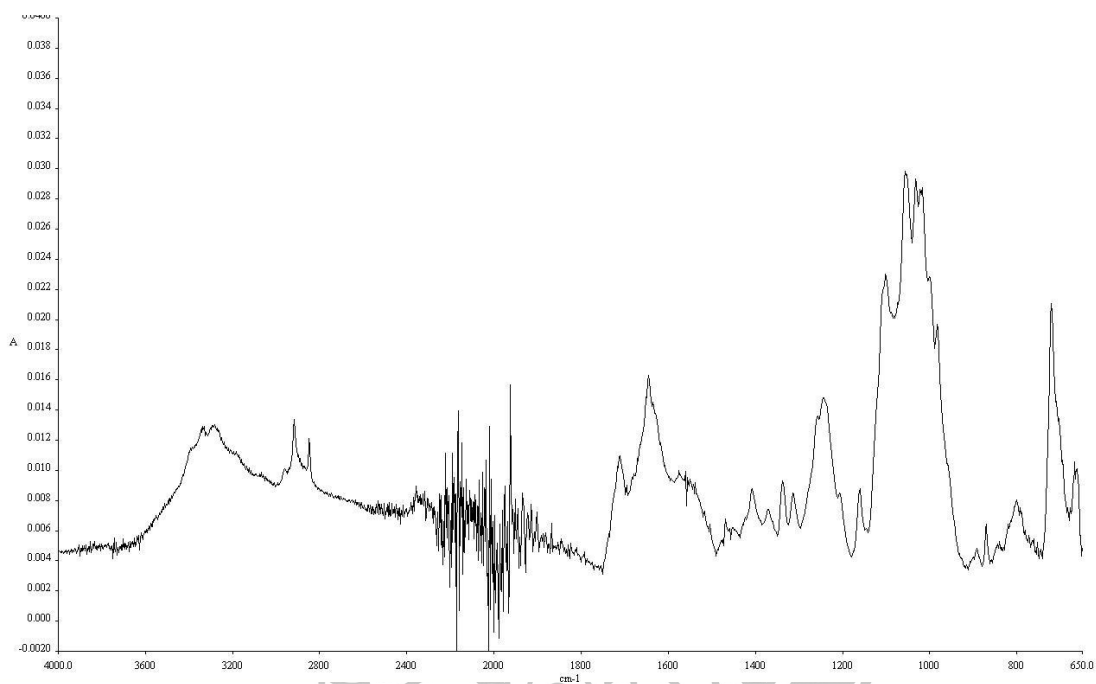
รูปที่ 7.26 สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) (1) และสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) (2) ที่เวลา 30 วัน



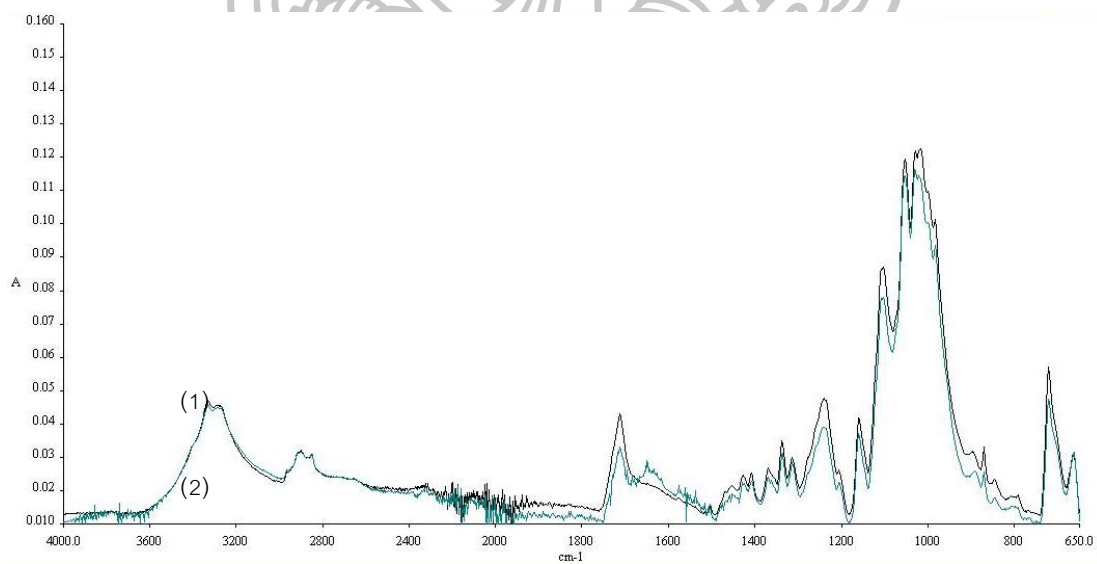
รูปที่ 7.27 สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) ลบด้วยสเปกตรัมของผ้าฝ้าย (สีกรมท่า) ที่เวลา 30 วัน



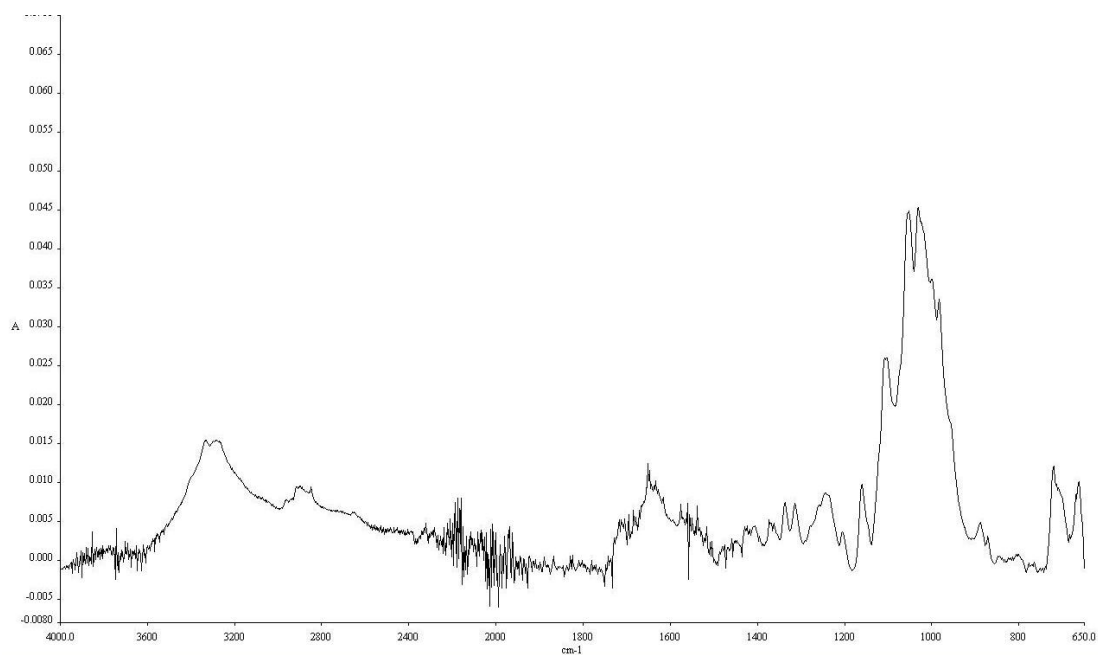
รูปที่ 7.28 สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) (2) และสเปกตรัมของผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) (1) ที่เวลา 3 วัน



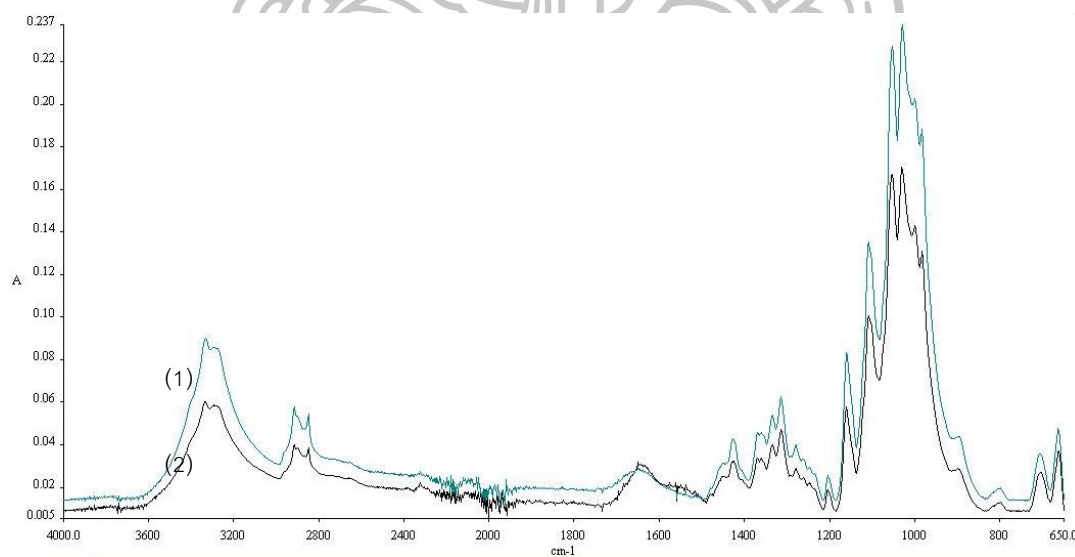
รูปที่ 7.29 สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) ลบด้วยสเปกตรัมของผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) ที่เวลา 3 วัน



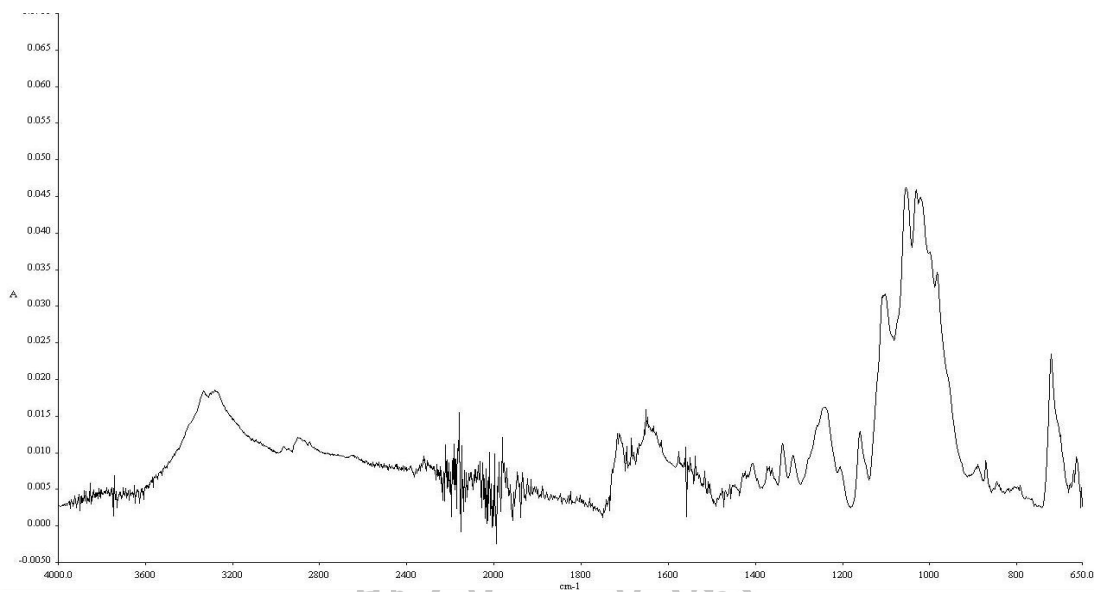
รูปที่ 7.30 สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) (2) และสเปกตรัมของผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) (1) ที่เวลา 7 วัน



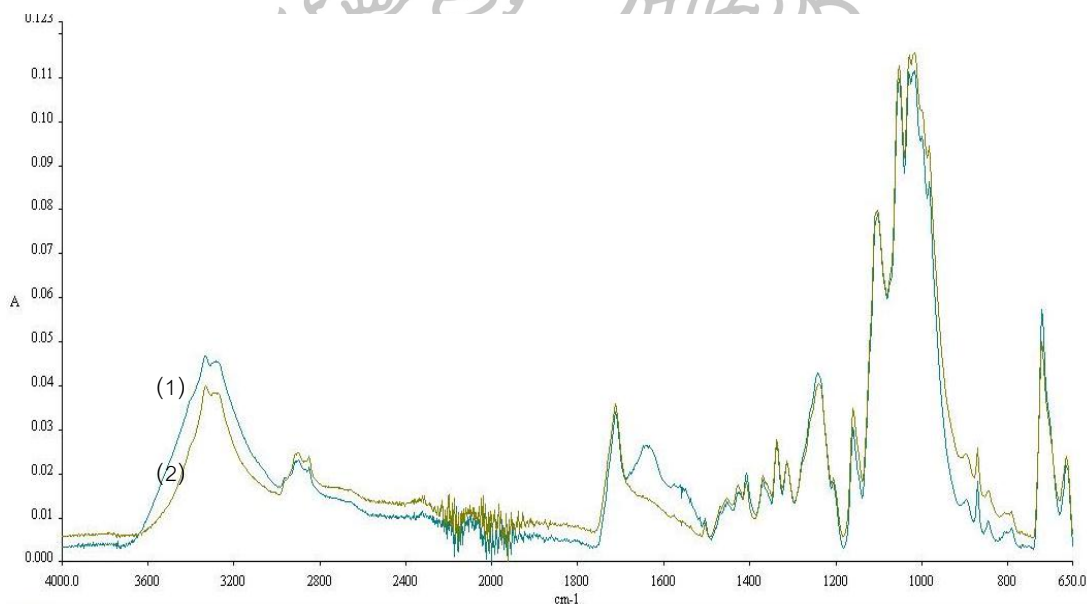
รูปที่ 7.31 สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) ลบด้วยสเปกตรัมของผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) ที่เวลา 7 วัน



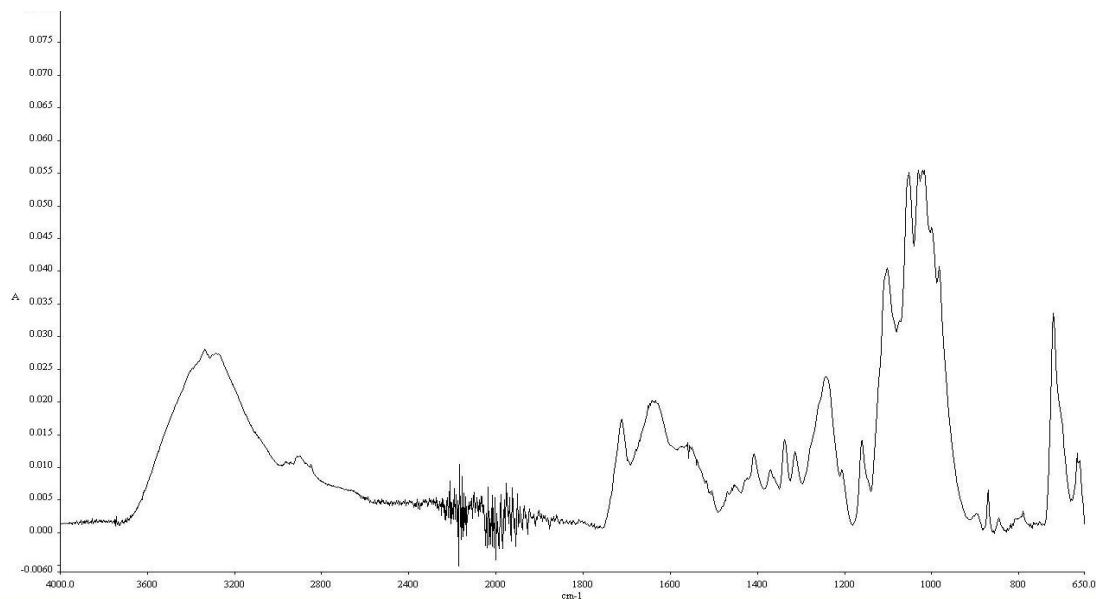
รูปที่ 7.32 สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) (2) และสเปกตรัมของผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) (1) ที่เวลา 21 วัน



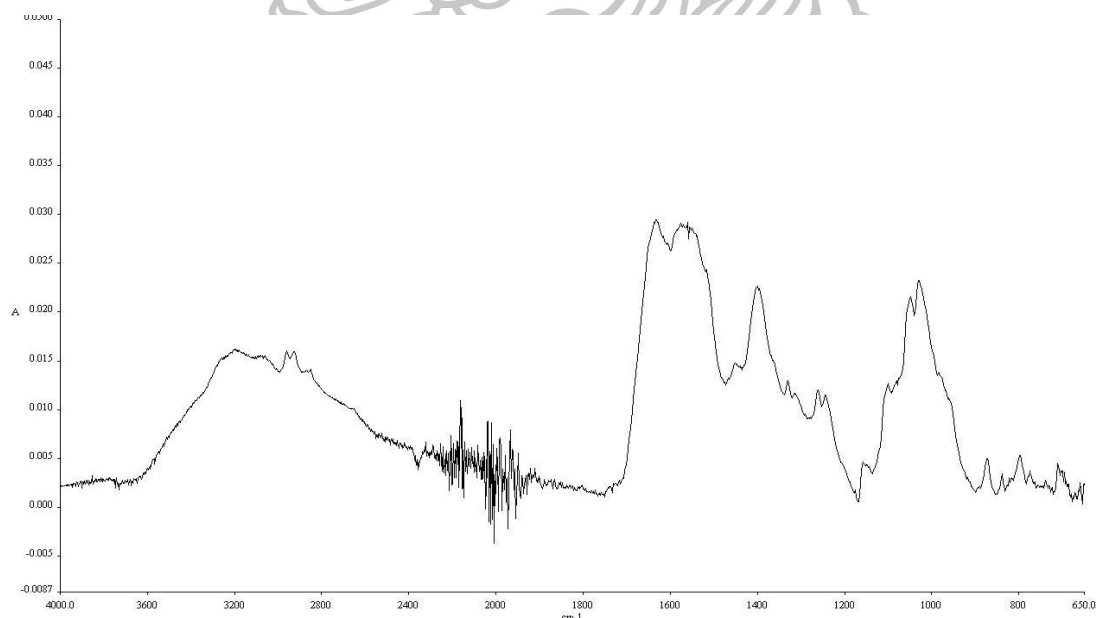
รูปที่ 7.33 สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) ลบด้วยสเปกตรัมของผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) ที่เวลา 21 วัน



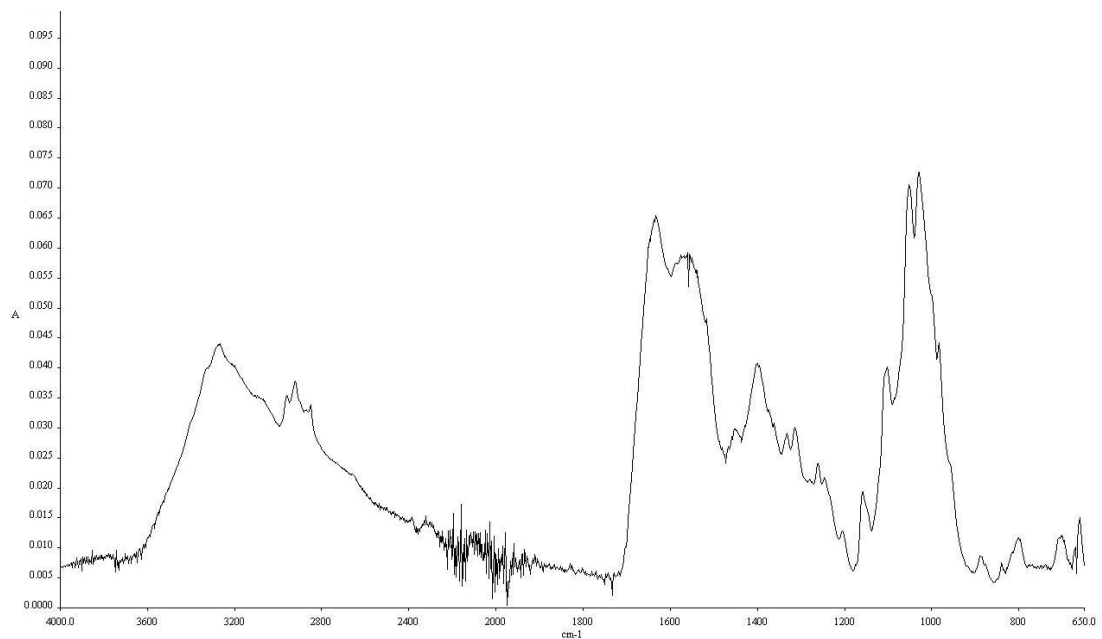
รูปที่ 7.34 สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) (2) และสเปกตรัมของผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) (1) ที่เวลา 30 วัน



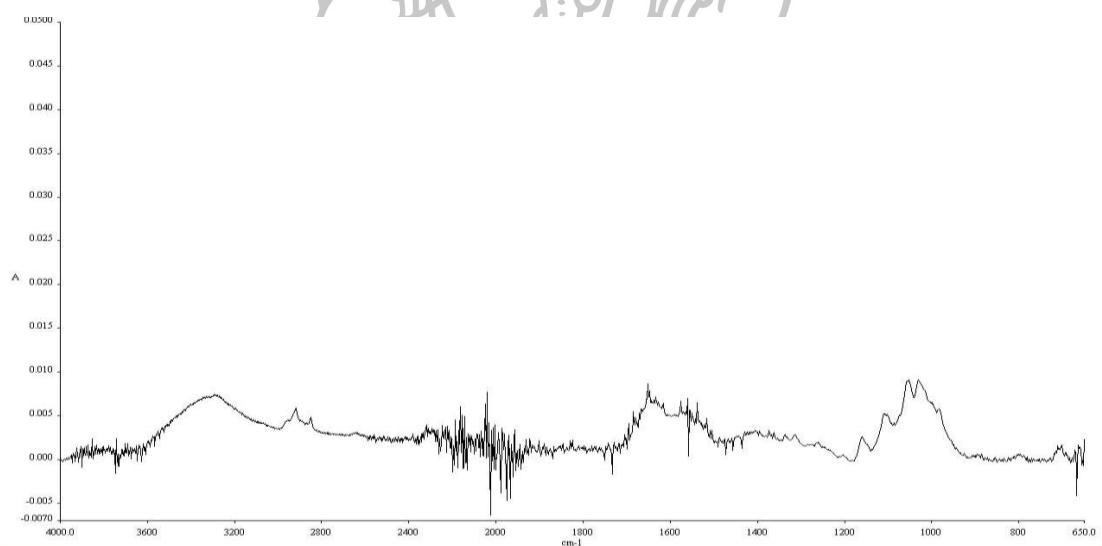
รูปที่ 7.35 สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนผ้าผสมใยสังเคราะห์ (CVC) ลบด้วยสเปกตรัมของผ้าใยสังเคราะห์ (CVC) ที่เวลา 30 วัน



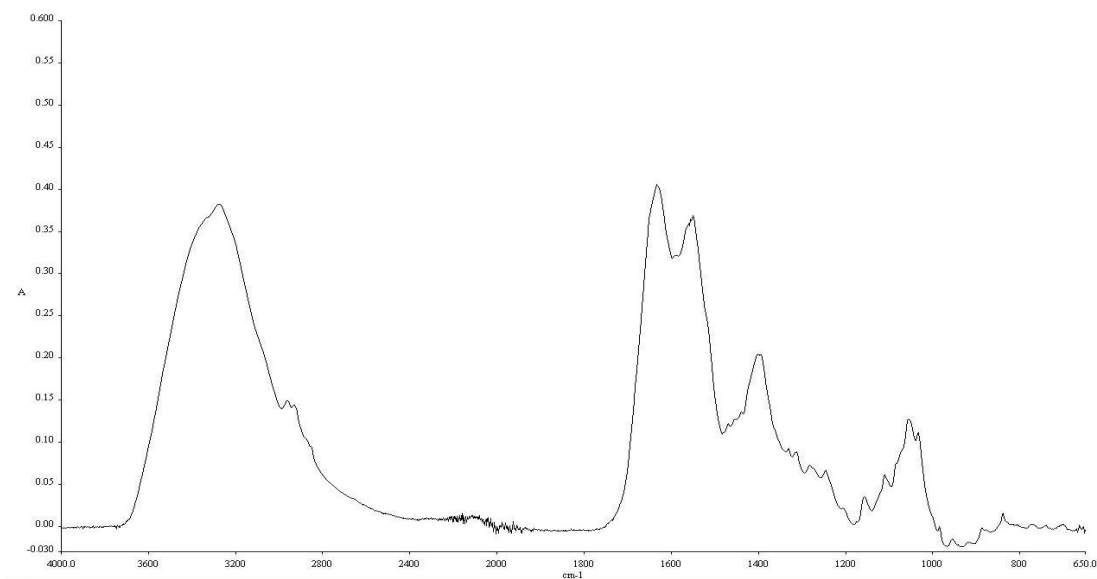
รูปที่ 7.36 สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนสำลีมาลกับสเปกตรัมของสำลี ที่เวลา 3 วัน



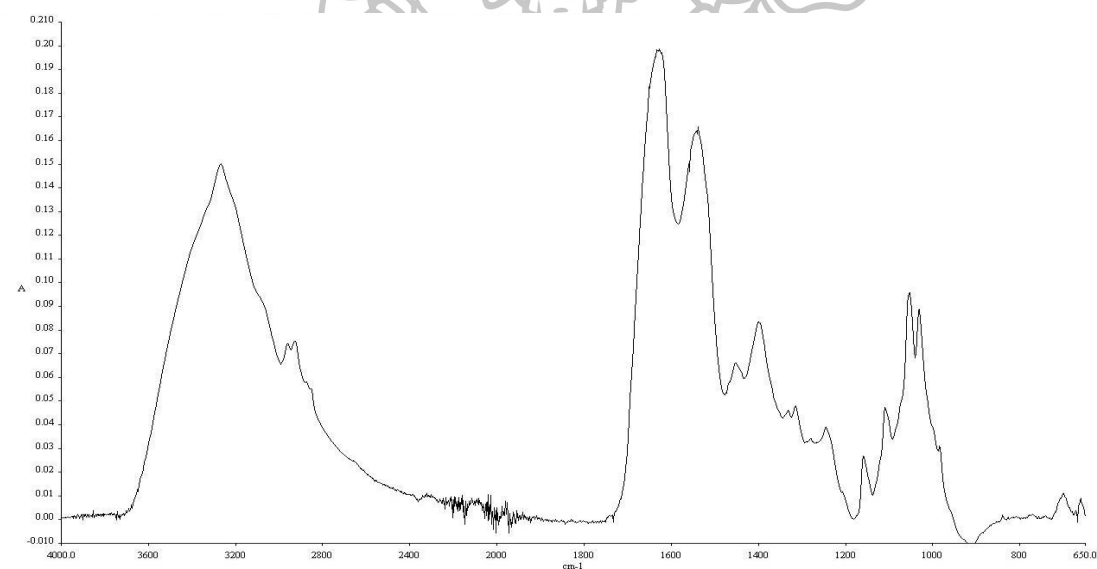
รูปที่ 7.37 สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนสำลีมาลกับสเปกตรัมของสำลี ที่เวลา 7 วัน



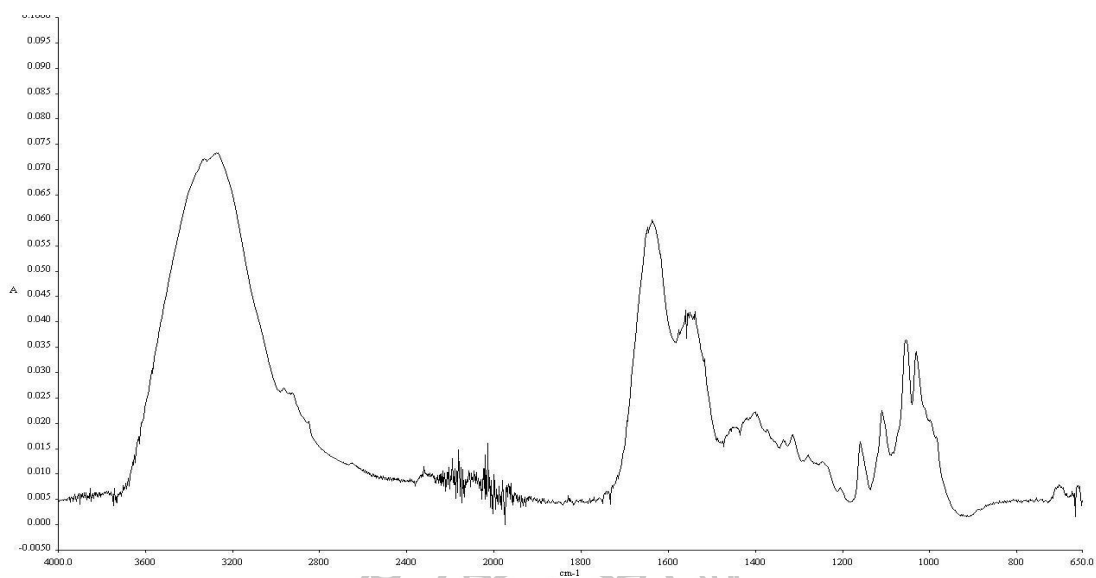
รูปที่ 7.38 สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนสำลีมาลกับสเปกตรัมของสำลี ที่เวลา 21 วัน



รูปที่ 7.39 สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนสำลีมาลกับสเปกตรัมของสำลี ที่เวลา 30 วัน



รูปที่ 7.40 สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนสำลีมาลกับสเปกตรัมของสำลี ที่เวลา 45 วัน



รูปที่ 7.41 สเปกตรัมของคราบอสุจิที่อยู่บนสำลีมาลกับสเปกตรัมของสำลี ที่เวลา 60 วัน





เอกสารชี้แจงข้อมูลผู้เข้าร่วมงานวิจัย

เนื่องด้วย ดิฉัน นางสาวอาภา อิมสิน นักศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ จังหวัดนครปฐม ได้ทำวิทยานิพนธ์ในหัวข้อ “การตรวจหาคราบอสุจิบนกระเบื้องและผ้าชนิดต่าง ๆ โดยใช้เทคนิค Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR)” จึงใคร่ขอความร่วมมือจากท่านเข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้ โดยขอสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล และเก็บตัวอย่างน้ำอสุจิ แล้วทำการดำเนินการทดลองทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ ทั้งนี้ข้อมูลของท่านจะถูกเก็บเป็นความลับ และการทดลองนี้จะไม่ส่งผลใด ๆ ต่อท่าน แต่จะเป็นประโยชน์ในทางนิติวิทยาศาสตร์โดยส่วนรวม ท่านสามารถสอบถามข้อสงสัยในการวิจัยได้โดยตรงกับผู้วิจัย และมีสิทธิ์ที่จะปฏิเสธการเข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้ทันทีที่ท่านต้องการ



สำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัย

ข้าพเจ้าได้อ่าน หรือได้รับการอธิบายตามรายละเอียดด้านบนนี้แล้ว มีความเข้าใจและยินดีที่จะเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้

ลงชื่อ.....(ผู้เข้าร่วมวิจัย)

ลงชื่อ.....(พยาน)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ข้อมูลส่วนบุคคล

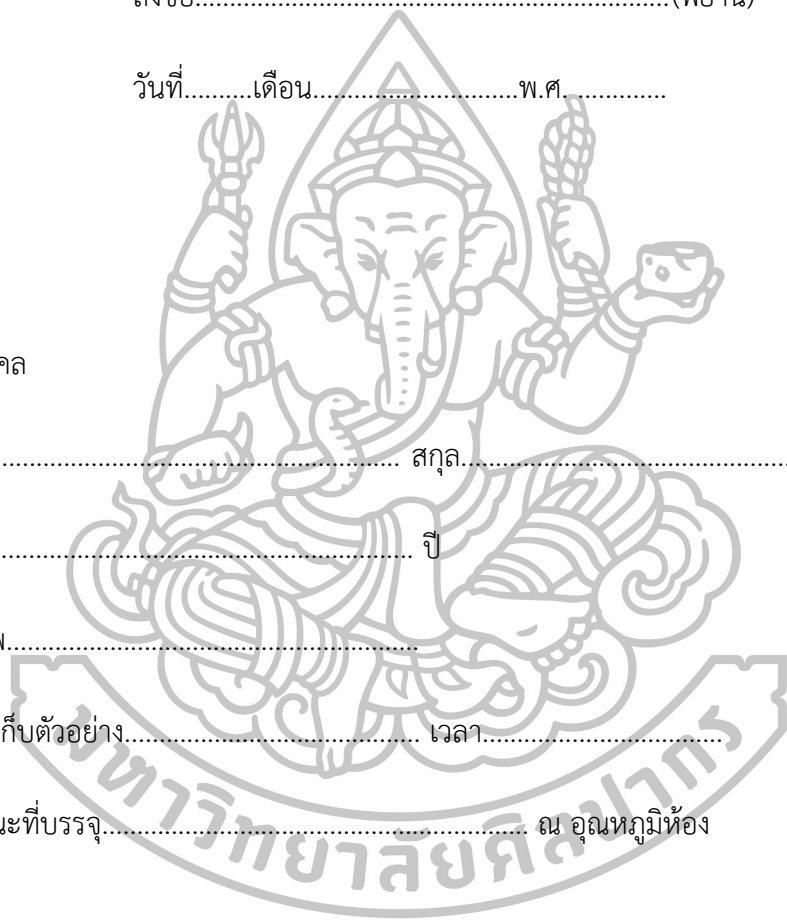
ชื่อ.....สกุล.....

อายุ.....ปี

อาชีพ.....

วันที่เก็บตัวอย่าง.....เวลา.....

ภาชนะที่บรรจุ..... ณ อุณหภูมิห้อง



ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวอาภา อิ่มสิน
ที่อยู่	2377/23 หมู่ 1 ตำบลสัตหีบ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี 20180
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2555	สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร
พ.ศ. 2556	ศึกษาต่อระดับปริญญาโท สาขานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ประวัติการทำงาน	
พ.ศ. 2555-2557	ครูสอนวิชาวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โรงเรียนนาวิกโยธินบูรณะ

