



การวิเคราะห์ครีมีกันแดดด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) สำหรับ  
การตรวจสอบทางนิติวิทยาศาสตร์



โดย  
นางสาวกัญญารัตน์ นิลโต

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโท

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2564

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

การวิเคราะห์ครีเมกันแดดด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy  
(FTIR) สำหรับการตรวจสอบทางนิติวิทยาศาสตร์



โดย  
นางสาวกัญญารัตน์ นิลโต

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ แผนก ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโท  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร  
ปีการศึกษา 2564  
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

ANALYSIS OF SUNSCREENS BY FOURIER TRANSFORM INFRARED  
SPECTROSCOPY (FTIR) TECHNIQUE FOR FORENSIC INVESTIGATIONS.



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for Master of Science (FORENSIC SCIENCE)  
Graduate School, Silpakorn University  
Academic Year 2021  
Copyright of Silpakorn University

หัวข้อ	การวิเคราะห์ครีมีกันแดดด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) สำหรับการตรวจสอบทางนิติวิทยาศาสตร์
โดย	นางสาวกัญญารัตน์ นิลโต
สาขาวิชา	นิติวิทยาศาสตร์ แผนก ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโท
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	อาจารย์ ดร. อรทัย เขียวพุ่ม

---

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ นันทานิช)

พิจารณาเห็นชอบโดย

..... ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร. ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(อาจารย์ ดร. อรทัย เขียวพุ่ม)

..... ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

(อาจารย์ ดร. ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง)

..... ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(รองศาสตราจารย์ ดร. ยุภาพร สมิน้อย)

630720058 : นิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโท

คำสำคัญ : นิติวิทยาศาสตร์, ATR-FTIR, ครีมน้ำนม

นางสาว กัญญารัตน์ นิลโต: การวิเคราะห์ครีมน้ำนมด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) สำหรับการตรวจสอบทางนิติวิทยาศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : อาจารย์ ดร. อรทัย เขียวพุ่ม

ครีมน้ำนมเป็นเครื่องสำอางที่นิยมใช้กันมากในหมู่ผู้หญิง อาจพบร่องรอยของครีมน้ำนมบนพื้นผิวต่างๆ ในที่เกิดเหตุ การระบุร่องรอยของคราบบนครีมน้ำนมที่เก็บจากที่เกิดเหตุอาจเป็นหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ที่สำคัญ ในการศึกษาครั้งนี้ มีการรวบรวมและวิเคราะห์ครีมน้ำนมจำนวน 20 ตัวอย่างจากผู้ผลิตหลายรายโดยใช้เทคนิค Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared (ATR-FTIR) ในช่วงความยาวคลื่น  $400-4000\text{ cm}^{-1}$  โดยทำการทดลองบนพื้นผิวของผ้า ผลจากสเปกตรัมแสดงให้เห็นถึงรูปแบบการดูดกลืนแสงที่จำเพาะต่อองค์ประกอบที่มีอยู่ในครีมน้ำนม อย่างไรก็ตาม สเปกตรัมของแต่ละตัวอย่างแสดงรูปแบบพีคที่ไม่ซ้ำกัน เมื่อทำการเปรียบเทียบพีคของครีมน้ำนมและพีคของคราบบนพื้นผิวผ้าในตัวอย่างชนิดเดียวกัน พบว่าพีคที่เกิดขึ้นเหมือนกันเกือบทุกตำแหน่ง และเมื่อทำการวิเคราะห์ค่าอำนาจการจำแนกของคราบบนพื้นผิวผ้าพบว่ามีความแม่นยำเท่ากับ 100% ดังนั้นตัวอย่างผลจากงานนี้ชี้ให้เห็นว่าอาจใช้เทคนิค ATR-FTIR ในการจับคู่ตัวอย่างครีมน้ำนมสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในงานทางนิติวิทยาศาสตร์



630720058 : Major (FORENSIC SCIENCE)

Keyword : ATR-FTIR, Forensic, sunscreen

MISS KANYARAT NILTO : ANALYSIS OF SUNSCREENS BY FOURIER TRANSFORM INFRARED SPECTROSCOPY (FTIR) TECHNIQUE FOR FORENSIC INVESTIGATIONS. THESIS ADVISOR : ORATHAI KHEAWPUM, Ph.D.

Sunscreens is one of the most widely used cosmetic among the female population. Traces of sunscreens may be found on various alternative surfaces in the crime scene. Identification of traces of sunscreen stain collected from the crime scene can be an important forensic evidence. In this study, 20 samples of sunscreens of different manufacturers were collected and analyzed by the techniques of Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared (ATR-FTIR) over the wavenumber range of 400–4000  $\text{cm}^{-1}$ , tested on the fabric surface. Spectral interpretation showed absorbance patterns specific to constituents present in the sunscreen. However, the spectra of each sample displayed a unique peak pattern. When the peak of the sunscreen and the peak of the sunscreen stain on the fabric surface in the same sample were compared, it was discovered that the peaks that occurred were almost same in almost every peak, and when analyzing the discrimination power of sunscreen stains on fabric surfaces, it was found that it was 100%. The results from this work suggested that the ATR-FTIR technique may be used in matching sunscreen sample for forensic purpose.

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เรื่อง “การวิเคราะห์ครีมนันแดดด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) สำหรับการตรวจสอบทางนิติวิทยาศาสตร์” เล่มนี้สามารถเสร็จสมบูรณ์ได้ เนื่องจากการอนุเคราะห์จากบุคลากรหลายภาคส่วน ซึ่งเป็นประโยชน์ทั้งสถานที่ และคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่ให้ความอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการ และเครื่องมือที่ใช้สำหรับการทดลองในวิทยานิพนธ์นี้

ขอขอบคุณอาจารย์ ดร.อรรถัย เขียวพุ่ม อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ขอขอบพระคุณอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณอาจารย์ ดร.ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี ประธานกรรมการ ดร.ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง และรองศาสตราจารย์ ดร.ยุภาพร สมน้อย คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ให้คำแนะนำ และตรวจสอบความถูกต้องเรียบร้อยในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น

ขอขอบคุณนางสาวปิยาภา จันทร์มล ที่ให้คำปรึกษา และแนะนำแนวทางในการใช้ห้องปฏิบัติการ และการทดลองให้มีถูกต้อง ทำให้มีผลการทดลองที่แม่นยำมากขึ้น

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณครอบครัว และเพื่อน ๆ ที่คอยให้คำปรึกษา สนับสนุน และให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้สำเร็จลุล่วง รวมไปถึงผู้ที่ไม่ได้กล่าวถึงมา ณ ที่นี้ด้วย ขอขอบคุณอีกค่ะ



นางสาว กัญญารัตน์ นิลโต

## สารบัญ

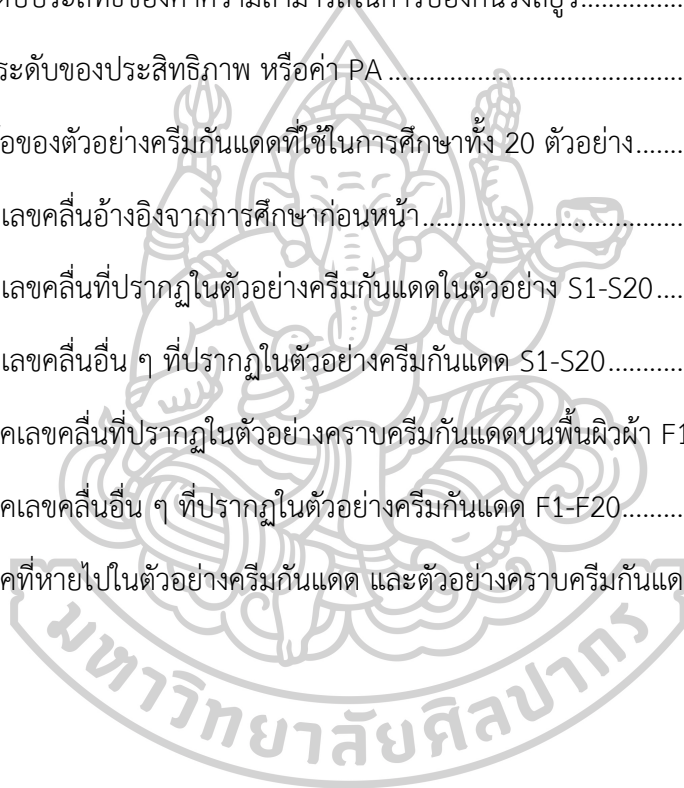
	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูปภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
3. สมมติฐานของการวิจัย.....	2
4. ขอบเขตของการวิจัย.....	2
5. นิยามศัพท์เฉพาะ.....	3
6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
1. ประวัติความเป็นมา.....	4
2. ประโยชน์ของครีมกันแดด.....	1
3. รังสีจากดวงอาทิตย์.....	1
4. ครีมกันแดด และสารกันแดด.....	6
5. พยานหลักฐาน และชนิดพื้นผิวทางนิติวิทยาศาสตร์.....	15
6. เทคนิค ATR-FTIR.....	17
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	19



บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	21
1. วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี.....	21
2. วิธีดำเนินการวิจัย.....	22
2.1 การเตรียมตัวอย่าง.....	22
2.2 วิธีการทดลอง.....	23
2.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ.....	24
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	25
1. พิกสเปกตรัมหลักทางเคมีของครีมกันแดด.....	26
1.1 พิกสเปกตรัมของครีมกันแดด.....	27
1.2 พิกสเปกตรัมของคราบครีมกันแดดบนพื้นผิวผ้า.....	32
2. การเปรียบเทียบพิกสเปกตรัมครีมกันแดด และคราบครีมกันแดดบนพื้นผิวผ้า.....	35
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	38
อภิปรายผล.....	38
สรุปผล.....	39
ข้อเสนอแนะ.....	40
รายการอ้างอิง.....	41
ภาคผนวก ก.....	44
ประวัติผู้เขียน.....	71

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 มูลค่าตลาดผลิตภัณฑ์กันแดดคาดการณ์ตั้งแต่ปี 2559- 2563.....	2
ตารางที่ 2 ช่วงคลื่นและความยาวของรังสีดวงอาทิตย์.....	4
ตารางที่ 3 กำหนดสารป้องกันแสงแดดที่อาจใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตเครื่องสำอาง พ.ศ. 2560.....	9
ตารางที่ 4 ระดับประสิทธิภาพของค่าความสามารถในการป้องกันรังสียูวี.....	14
ตารางที่ 5 ค่าระดับของประสิทธิภาพ หรือค่า PA.....	15
ตารางที่ 6 ยี่ห้อของตัวอย่างครีมกันแดดที่ใช้ในการศึกษาทั้ง 20 ตัวอย่าง.....	22
ตารางที่ 7 พิกัดคลื่นอ้างอิงจากการศึกษาก่อนหน้า.....	25
ตารางที่ 8 พิกัดคลื่นที่ปรากฏในตัวอย่างครีมกันแดดในตัวอย่าง S1-S20.....	28
ตารางที่ 9 พิกัดคลื่นอื่น ๆ ที่ปรากฏในตัวอย่างครีมกันแดด S1-S20.....	29
ตารางที่ 10 พิกัดคลื่นที่ปรากฏในตัวอย่างครีมกันแดดบนพื้นผิวผ้า F1-F20.....	33
ตารางที่ 11 พิกัดคลื่นอื่น ๆ ที่ปรากฏในตัวอย่างครีมกันแดด F1-F20.....	33
ตารางที่ 12 พิกัดที่หายไปในตัวอย่างครีมกันแดด และตัวอย่างครีมกันแดดทั้ง 20 ยี่ห้อ.....	36



## สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1 การกระจัดกระจายของรังสีดวงอาทิตย์ในรูปแบบ Rayleigh scattering, Mie scattering และ Nonselective scattering ในบรรยากาศ .....	2
รูปที่ 2 การดูดซับ และสะท้อนของรังสีดวงอาทิตย์ในบรรยากาศโลก.....	3
รูปที่ 3 ช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ ของรังสีดวงอาทิตย์ที่แผ่มาของโลก .....	4
รูปที่ 4 การแผ่ของรังสีของรังสียูวีเอ ยูวีบี และยูวีซี จากชั้นบรรยากาศสู่ผิวหนังมนุษย์.....	6
รูปที่ 5 การทำงานของครีมกันแดดชนิดเคมี และครีมกันแดดชนิดกายภาพ .....	7
รูปที่ 6 หลักการทำงานของ Attenuated Total Reflection.....	17
รูปที่ 7 การดูดกลืนแสงของรังสีอินฟราเรดในช่วงคลื่นต่าง ๆ .....	18
รูปที่ 8 เครื่อง ATR-FTIR ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ .....	21
รูปที่ 9 การทำตัวอย่างครีมกันแดดบนบริเวณหลังมือ .....	23
รูปที่ 10 การนำชิ้นผ้ามาทาบบริเวณหลังมือที่ทาครีมกันแดด.....	24
รูปที่ 11 พีคเลขคลื่นของ Octyl methoxycinnamate .....	27
รูปที่ 12 พีคเลขคลื่นที่ปรากฏในตัวอย่างเป็นครีมกันแดด a) ตัวอย่างครีมกันแดด S11 b) ตัวอย่างครีมกันแดด S13 c) ตัวอย่างครีมกันแดด S18 .....	28
รูปที่ 13 พีคเลขคลื่นที่ปรากฏในตัวอย่างเป็นครีมกันแดดบนพื้นผิวผ้า a) ตัวอย่างครีมกันแดด F11 b) ตัวอย่างครีมกันแดด F13 c) ตัวอย่างครีมกันแดด F18.....	32
รูปที่ 14 พีคเลขคลื่นที่ปรากฏ a) ตัวอย่างครีมกันแดด S8 b) ตัวอย่างครีมกันแดดบนพื้นผิวผ้า F8 .....	36

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในสังคมปัจจุบันนี้พวกเราสามารถพบเจอมลภาวะทางอากาศในสิ่งแวดล้อม เช่น ฝุ่น คิววันรถ หรือรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากแสงแดด ซึ่งมลภาวะเหล่านี้ส่งผลให้คนในสังคมมีสภาพผิวที่ทำให้เกิด สิว ฝ้า กระ จุดต่าง ผิวหนังอักเสบ รวมไปถึงการเกิดมะเร็งผิวหนังได้ คนส่วนใหญ่จึงหันมาดูแลสุขภาพผิว ให้กระจ่างใส และปลอดภัยจากมะเร็งผิวหนัง ครีมกันแดดจึงเป็นตัวเลือกชนิดแรก ๆ ที่คนในสังคมให้ความสนใจและนิยมใช้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากครีมกันแดดมีส่วนช่วยในการป้องกันผิวจากรังสีอัลตราไวโอเล็ตหรือรังสียูวี (Ultraviolet Radiation: UV) โดยช่วยให้ผิวไม่ถูกแสงทำลายจนไหม้หรือเกิดจุดต่างดำต่าง ๆ รวมไปถึงลดโอกาสเสี่ยงเป็นมะเร็งผิวหนัง ส่วนผสมที่อยู่ในครีมกันแดดจะช่วยปกป้องผิวด้วยวิธีต่าง ๆ ทั้งดูดซับรังสีอัลตราไวโอเล็ต ปกป้องชั้นผิวที่อยู่ลึก หรือสะท้อนอัลตราไวโอเล็ตกลับออกไป

ตลาดครีมกันแดดมีการแข่งขันสูง โดยตั้งแต่ปี 2553- ปี 2558 มูลค่าตลาดครีมกันแดดมีแนวโน้มอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นสูงถึง 10% และจากการคาดการณ์ Euromonitor พบว่า ตั้งแต่ปี 2559- ปี 2563 ตลาดครีมกันแดดจะเป็น ตลาดที่มีอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยปีละ 5% โดยครีมกันแดดสำหรับผู้ใหญ่จะเป็นผลิตภัณฑ์สร้างยอดขายหลัก โดยมีอัตราการเติบโต เฉลี่ยเพิ่มขึ้นปีละ 6% ดังแสดงในตารางที่ 1

ในทางนิติวิทยาศาสตร์ ครีมกันแดดถือเป็นส่วนสำคัญในการที่จะช่วยในการไขคดีทางนิติวิทยาศาสตร์ในด้านการเป็นพยานหลักฐานต่อศาล เนื่องจากสามารถมีการทิ้งร่องรอยในสถานที่เกิดเหตุได้ เช่น ร่องรอยบนกระดาษทิชชู ร่องรอยบนเสื้อผ้า ร่องรอยบนแก้วน้ำ รวมไปถึงร่องรอยครีมกันแดดชนิดที่เหนียวใช้อาจติดกับตัวของผู้กระทำผิดได้ ซึ่งจากการศึกษาก่อนหน้าของ (Angrish, Kumar, Chauhan, & Sharma, 2020) ได้ทำการศึกษาการจำแนกลักษณะเฉพาะของครีมกันแดดด้วย ATR-FTIR และวิเคราะห์ผลด้วย Discrimination power สามารถจำแนกลักษณะพิเศษของตัวอย่างครีมกันแดดได้ค่อนข้างแม่นยำ แต่ยังไม่มีการศึกษาประสิทธิภาพการจำแนกลักษณะเฉพาะของครีมกันแดดในสภาพพื้นผิวต่าง ๆ เลย

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่ศึกษาประสิทธิภาพการจำแนกลักษณะเฉพาะของครีมกันแดดบนพื้นผิวของผ้าว่าสามารถที่จะจำแนกลักษณะเฉพาะออกมาได้ดีมากน้อยเพียงใด เนื่องจากเป็นพื้นผิวของผ้าที่มีการดูดซับสารได้สูง และหวังว่างานวิจัยนี้ที่จะส่วนช่วยในการไขคดีทางนิติวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับครีมกันแดดในอนาคต

ตารางที่ 1 มูลค่าตลาดผลิตภัณฑ์กันแดดคาดการณ์ตั้งแต่ปี2559- ปี2563

ยอดขายผลิตภัณฑ์กันแดด (ล้านบาท)	ปี 2558	ปี 2559	ปี 2560	ปี 2561	ปี 2562	ปี 2563
ผลิตภัณฑ์ปกป้องแสงแดด (Sun screen)	2,223.20	2,363.30	2,505.00	2,660.40	2,822.60	2,992.00
ผลิตภัณฑ์ภายหลังสัมผัสแสงแดดสำหรับผู้ใหญ่	122.70	119.40	116.00	115.10	116.50	118.90
ผลิตภัณฑ์ปกป้องแสงแดดสำหรับเด็ก	234.00	233.80	234.30	237.10	241.90	248.40
รวมมูลค่าตลาดผลิตภัณฑ์กันแดด	2,579.90	2,716.50	2,855.30	3,012.60	3,181.00	3,359.30

(นภาพิทย ไตรกุลนิภัทร, 2559)

## 2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาการจำแนกลักษณะพิเศษของคราบครีมกันแดดที่อยู่บนพื้นผิวผ้าด้วยเทคนิค ATR-FTIR

## 3. สมมติฐานของการวิจัย

พื้นผิวผ้าไม่มีผลต่อการจำแนกลักษณะพิเศษของคราบครีมกันแดด

## 4. ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการจำแนกเฉพาะของตัวอย่างครีมกันแดดในท้องตลาดทั้งหมด 20 ยี่ห้อ โดยจะทำการศึกษากับพื้นผิวของผ้าฝ้าย

## 5. นิยามศัพท์เฉพาะ

5.1 ครีมกันแดด หมายถึง ผลิตภัณฑ์ทาผิวที่มีส่วนผสมของสารกันแดด (Sunscreen agent) เพื่อใช้ทาผิวสำหรับป้องกันอันตรายจากแสงแดดที่มีต่อผิวหนัง

5.2 พยานหลักฐาน หมายถึง สิ่งใดที่สามารถจับต้องได้ตามกฎหมาย และเป็นสิ่งที่สามารถนำเสนอในชั้นศาลเพื่อพิสูจน์ข้อเท็จจริงในคดีได้

5.3 Attenuated total reflectance (ATR) หมายถึง เทคนิคที่ใช้ร่วมกับเทคนิค FTIR ซึ่งเมื่อลำแสงอินฟราเรดของเครื่อง FTIR เดินทางไปยังผลึก crystal ของเครื่อง ATR ที่มีความหนาแน่นสูง (มีดรรชนีหักเหสูง) ถูกส่งไปยังตัวอย่างซึ่งมีความหนาแน่นต่ำกว่า (มีดรรชนีหักเหต่ำกว่า) บางส่วนของคลื่นอินฟราเรดที่ตกกระทบจะถูกสะท้อน และการสะท้อนเพิ่มมากขึ้นเมื่อมุมตกกระทบเพิ่มขึ้นจนกระทั่งมุมตกกระทบเท่ากับมุมวิกฤต (critical angle) คลื่นอินฟราเรดที่ตกกระทบจะไม่หักเหแต่จะสะท้อนกลับหมด (total reflected) ที่ตรงผิวย่อต่อระหว่างตัวกลางทั้งสอง และพบว่าลำแสงจะทะลุตรงผิวย่อต่อระหว่างตัวกลางทั้งสองนั้น (evanescent wave) โดยพลังงานที่สะท้อนออกมาจะถูกวัดค่าไว้ และแสดงออกมาในรูปสเปกตรัม

5.4 Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) หมายถึง เทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบ และศึกษาโครงสร้างของโมเลกุลของสารได้ทั้งในสถานะของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส โดยศึกษาแทรนซิชันของการสั่นหรือการหมุนของหมู่ฟังก์ชันของโมเลกุลของสารนั้นๆ โดยเทคนิคนี้เกิดจากระบวนการดูดกลืนช่วงคลื่นอินฟราเรดของโมเลกุล จึงเป็นการวัดการดูดกลืนคลื่นอินฟราเรดที่ทำให้เกิดการแทรนซิชันของการสั่นของโมเลกุล และมีผลต่อการสั่น (vibration) ของพันธะภายในโมเลกุล

## 6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาไปเป็นองค์ความรู้ประกอบการตัดสินใจให้แก่ผู้ที่มีหน้าที่ทางนิติวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการทำงานต่อไป

## บทที่ 2

### ทบทวนวรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 1. ประวัติความเป็นมา

ครีมกันแดด (sunscreen) คือ ผลิตภัณฑ์ทาผิวที่มีส่วนผสมของสารกันแดด (Sunscreen agent) เพื่อใช้ทาผิวสำหรับป้องกันอันตรายจากแสงแดดที่มีต่อผิวหนัง ซึ่งครีมกันแดดได้กำเนิดขึ้นในช่วงปลายทศวรรษที่ 1920 โดยนักเคมีชาวออสเตรเลียชื่อ H. A. Milton Blake ได้ผลิตคิดค้นครีมกันแดดขึ้น โดยทำการทดลองในห้องทดลองที่บ้านของเขา ซึ่งครีมกันแดดที่ได้มีคุณภาพไม่ได้ดีมากนัก แต่ภายหลังได้วางขายภายใต้ชื่อ Hamilton Sun and Skin

ปี ค.ศ. 1936 นักเคมีชื่อ Eugene Schuelle พัฒนาเวอร์ชันของตัวเอง บางครั้งได้รับการยกย่องว่าเป็นผู้คิดค้นครีมกันแดด นอกจากนี้ที่เขาจะคิดค้นครีมกันแดดแล้ว เขายังเป็นผู้ก่อตั้งแบรนด์ L'Oreal อีกด้วย (Sunbutter skincare, 2020)

ปี ค.ศ. 1938 ต่อมาครีมกันแดดอีกตัวก็ถูกคิดค้นโดย Franz Greiter นักเคมีชาวสวิสเซอร์แลนด์ ภายใต้ชื่อว่า Gletscher Crème หรือ Glacier Cream ในขณะนั้นมีค่าป้องกันแสงแดด (SPF) เพียงแค่ 2 เท่านั้น และในปี 1962 Franz ก็ได้เสนอแนวความคิดการวัดอันดับค่าป้องกันแสงแดด (Sun Protection Factor) หรือที่เรารู้จักโดยทั่วไปว่า SPF ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานระดับโลกที่ใช้สำหรับการวัดประสิทธิภาพของครีมกันแดดจนถึงปัจจุบัน

ปี ค.ศ. 1944 ครีมกันแดดได้รับความนิยมมากขึ้น และถูกพัฒนาขึ้นเพื่อกองทัพทหารสหรัฐอเมริกาโดยเฉพาะ ซึ่งผู้คิดค้นคือนักบินอวกาศ และเภสัชกร Benjamin Green ครีมกันแดดถูกคิดค้นขึ้นเพื่อใช้ป้องกันอันตรายจากแสงแดดที่เกิดขึ้นกับทหารที่รบอยู่ในพื้นที่เขตร้อนชื้นแถบแปซิฟิกในช่วงสงครามโลกครั้งที่สอง Benjamin ได้จดสิทธิบัตรครีมกันแดดของเขาขึ้นภายใต้ชื่อว่า Red Vet Pet เพราะมีสารสีแดงคล้ายๆ บีโตรเลียมเจลเป็นส่วนผสม และในปี 1950 นั่นเองที่สิทธิบัตรของเขาถูกซื้อโดย Coppertone เพื่อนำไปพัฒนา และถูกวางจำหน่ายในเวลาต่อมาภายใต้ชื่อ Coppertone Girl (Minerva, 2020)



## 2. ประโยชน์ของครีมกันแดด

ครีมกันแดดช่วยป้องกันการทำลายเซลล์ผิวจากรังสีอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet Radiation: UV) จากแสงแดด ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการสร้างเม็ดสีในชั้นผิวหนังกำพวด และการเกิดโรคมะเร็งผิวหนัง เมื่อผิวได้รับแสงแดดแรงมากๆ เซลล์ผิวจะสร้างเมลานินเพิ่มขึ้นเพื่อปกป้องผิวหนังจากการทำลายของแสงแดดไม่ให้เกิดอาการแดง หรือเกิดอาการไหม้เกรียม หากมีการกระตุ้นให้มีการสร้างเมลานินที่มากเกินไปก็จะทำให้ผิวคล้ำ เกิดฝ้า กระ จุดด่างดำขึ้นได้ และยังช่วยป้องกันการเกิดริ้วรอย แห้งกร้าน ช่วยไม่ให้ผิวหนังเหี่ยวย่นหรือดูแก่ก่อนวัย

## 3. รังสีจากดวงอาทิตย์

### 3.1 รังสีดวงอาทิตย์มีผลต่อบรรยากาศ

ดวงอาทิตย์ว่านับว่าแหล่งพลังงานหลักต่อระบบนิเวศสิ่งมีชีวิตภายในโลก รังสีจากดวงอาทิตย์จะแผ่รังสีผ่านชั้นบรรยากาศต่าง ๆ โดยเมื่อรังสีเหล่านี้กระทบกับบรรยากาศจะถูกเปลี่ยนรูปด้วยกระบวนการต่าง ๆ ดังนี้

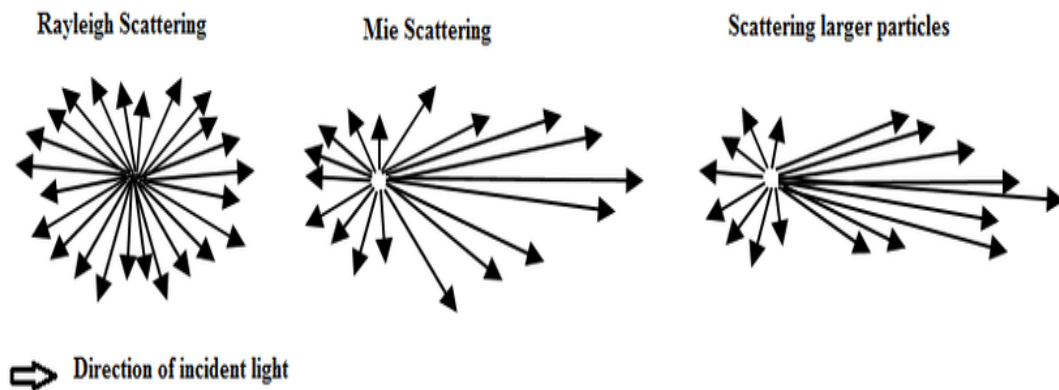
3.1.1 การกระจัดกระจาย (Scattering) เป็นกระบวนการที่อนุภาคเล็ก ๆ ในบรรยากาศมีทิศทางการกระจายไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาคและความยาวคลื่น สามารถแบ่งการกระจายได้เป็น 3 ลักษณะ (รูปที่ 1) ดังนี้

3.1.1.1 การกระจัดกระจายแบบเรย์ไลจ์ (Rayleigh scattering) เกิดขึ้นเนื่องจากขนาดของอนุภาคมีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่าความยาวคลื่นที่ตกกระทบ ทำให้เกิดสภาวะหมอกควัน (Haze)

3.1.1.2 การกระจัดกระจายแบบมี (Mie scattering) เกิดขึ้นเมื่อขนาดของอนุภาคมีขนาดใกล้เคียงกับความยาวคลื่น เช่น อนุภาคน้ำ ฝุ่นละออง เกิดในความยาวของช่วงคลื่นยาวกว่าแบบแรก

3.1.1.3 การกระจัดกระจายแบบไร้ระบบ (Nonselective scattering) เกิดขึ้นเมื่อขนาดของอนุภาคมีขนาดใหญ่กว่าความยาวคลื่นที่ตกกระทบ เช่น หยดน้ำ โดยทั่วไปมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอนุภาค 5-10 ไมครอน โดยจะสะท้อนคลื่นในช่วงที่ตามองเห็น (Visible wavelength) และคลื่นอินฟราเรด (Reflected infrared) ได้เกือบเท่ากัน ซึ่งในคลื่นช่วงตามองเห็นปริมาณของคลื่นสีต่าง ๆ สะท้อนออกทุกทิศทางเท่ากัน ทำให้มองเห็นเมฆเป็นสีขาว (วุฒิพงษ์ แสงมณี , 2556)

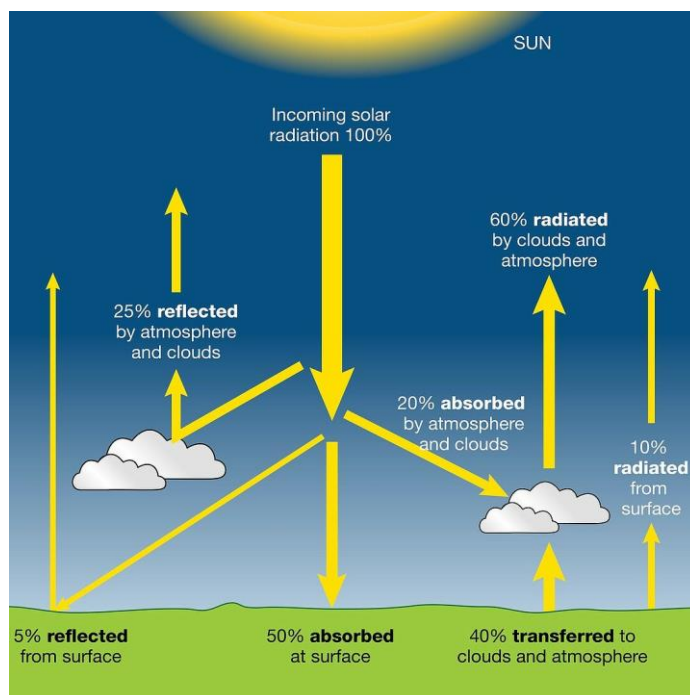




รูปที่ 1 การกระจัดกระจายของรังสีดวงอาทิตย์ในรูปแบบ Rayleigh scattering, Mie scattering และ Nonselective scattering ในบรรยากาศ  
 ที่มา: (Alkholidi & Altowij, 2014)

3.1.2 การดูดซับ (Absorption) ในชั้นบรรยากาศอาจเกิดการดูดซับในบางช่วงความยาวคลื่น โดยสารที่ดูดซับพลังงานไว้ในชั้นบรรยากาศที่สำคัญ ได้แก่ ไอน้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และโอโซน สารเหล่านี้จะดูดพลังงานที่มีความยาวคลื่นเฉพาะ ดังนั้นจะมีเพียงบางช่วงคลื่นที่สามารถทะลุทะลวง หรือผ่านชั้นบรรยากาศลงมาถึงผิวโลกได้ เรียกว่า หน้าต่างบรรยากาศ (Atmospheric window) โดยยอมให้ช่วงความยาวช่วงคลื่น (0.3-0.7 ไมครอน) และช่วงคลื่นอินฟราเรดทะลุผ่าน (วุฒิพงษ์ แสงมณี, 2556)

3.1.3 การสะท้อน (Reflection) การสะท้อนเกิดขึ้นเมื่อรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบกับมุมตกกระทบจากผิวโลกและบรรยากาศได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์เพียงร้อยละ 65 ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 35 ถูกสะท้อนกลับเข้าสู่อวกาศ การสะท้อนแตกต่างกันไปตามพื้นผิวต่าง ๆ คิดเป็นร้อยละของรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบเมื่อรังสีนั้นตกถึงพื้นผิว (ดวงพร นพคุณ, 2536)



รูปที่ 2 การดูดซับ และสะท้อนของรังสีดวงอาทิตย์ในบรรยากาศโลก

(ที่มา: <https://www.sciencephoto.fr/image/13377680-Solar-radiation-reflection-and-absorption-illustration>.)

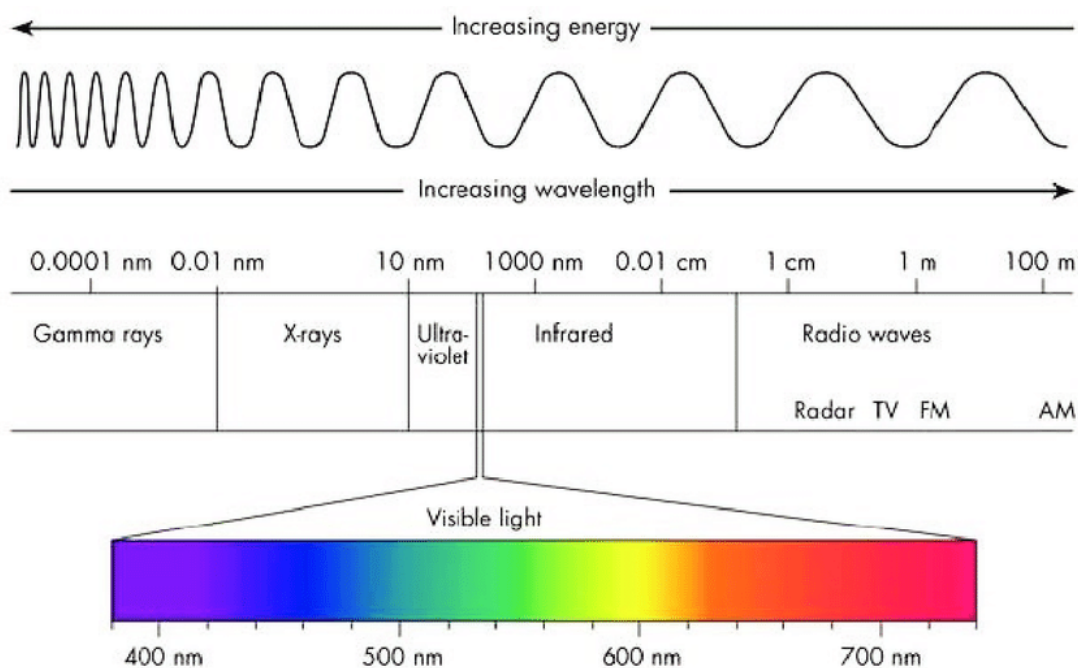
### 3.2 ความยาวคลื่นของรังสีดวงอาทิตย์

พลังงานที่ดวงอาทิตย์แผ่รังสีออกมาเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เดินทางในลักษณะรูปแบบของคลื่นด้วยความเร็วประมาณ 300,000 เมตรต่อวินาที มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 0.001 ไมครอน<sup>3</sup> ถึง 100,000 เมตร แบ่งเป็นช่วงคลื่นต่าง ๆ (รูปที่ 3) ดังนี้

3.2.1 รังสีคลื่นสั้น (Shortwave Radiation) มีความยาวคลื่นน้อยกว่า 0.4 ไมครอน ได้แก่ รังสีอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet) รังสีเอ็กซ์ (X-ray) รังสีแกมมา (Gamma rays) พบรังสีเหล่านี้ได้ประมาณร้อยละ 9

3.2.2 รังสีคลื่นสายตา (Visible light) มีความยาวในช่วงคลื่น 0.4-0.7 ไมครอน เป็นแสงสีขาวเมื่อผ่านปริซึมสามารถแยกได้ 7 สี โดยเริ่มจากสีที่มีความยาวคลื่นใกล้ 0.4 ไปสีที่มีความยาวคลื่นใกล้ 0.7 ไมครอน ได้แก่ สีม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด และแดง พบรังสีเหล่านี้ได้ประมาณร้อยละ 45

3.2.3 รังสีคลื่นยาว (Longwave radiation) มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 0.7 ไมครอน ได้แก่ รังสีอินฟราเรด (Infrared rays) ไมโครเวฟ (Microwave rader) และคลื่นวิทยุ (Radio wave) พบรังสีเหล่านี้ได้ประมาณร้อยละ 46 (วุฒิพงษ์ แสงมณี, 2556)



รูปที่ 3 ช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ ของรังสีดวงอาทิตย์ที่แผ่มาของโลก  
ที่มา: (Szantoi, 2013)

ตารางที่ 2 ช่วงคลื่นและความยาวของรังสีดวงอาทิตย์

ช่วงคลื่น	ความยาวช่วงคลื่น
รังสีแกมมา (Gamma ray)	<0.01 pm
รังสีเอกซเรย์ (X-ray)	1 nm -1.0 pm
อัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet)	400-1 nm
ช่วงคลื่นแสงสว่าง (Visible)	750-400 nm
อินฟราเรด (Infrared)	25-2.5 $\mu$ m
ไมโครเวฟ (Microwave)	1 mm -2.5 $\mu$ m
วิทยุ (Radio)	>1 mm

### 3.3 ความอันตรายของรังสีดวงอาทิตย์ต่อผิวหนัง

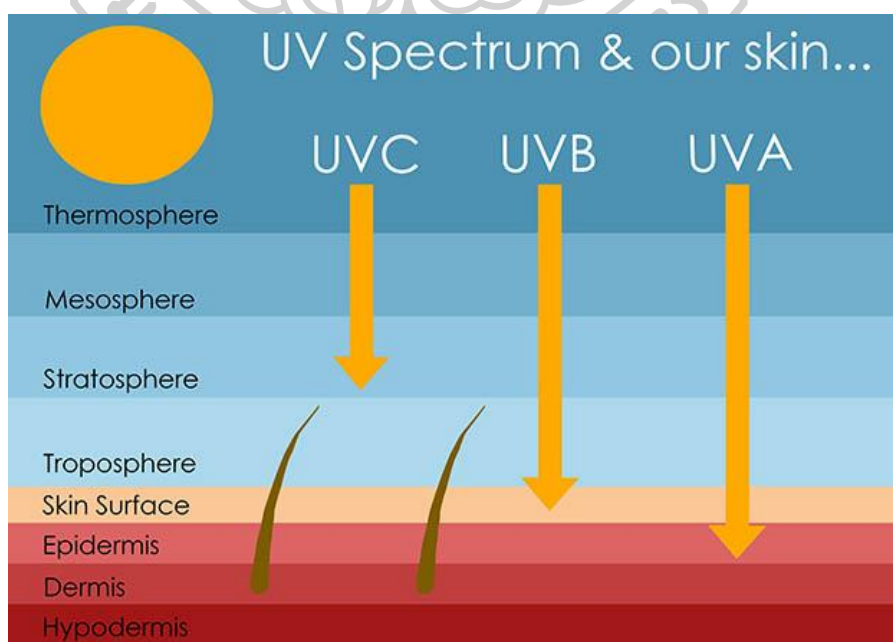
แสงแดดมีประโยชน์มากมายต่อร่างกายเรา แต่หากได้รับแสงแดดจัด ๆ หรือได้รับแสงแดดเป็นเวลานาน ๆ ก็มีโทษได้เช่นเดียวกัน โดยรังสีดวงอาทิตย์ที่ส่งกระทบต่อผิวหนังได้มากที่สุด คือ รังสีอัลตราไวโอเล็ต หรือรังสียูวี (UV) หรือรังสีเหนือม่วง จัดอยู่ในกลุ่มรังสีคลื่นสั้น ไม่สามารถมองเห็น

ด้วยตาเปล่า มีช่วงความยาวคลื่นอยู่ที่ 100-400 สามารถจำแนกชนิดของรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้เป็น 3 ชนิด ดังนี้

3.3.1 รังสียูวีเอ (UV A, Ultraviolet A) เป็นรังสียูวีที่มีความยาวคลื่นยาวที่สุด คือ อยู่ระหว่าง 320–400 นาโนเมตร (nm) เป็นรังสีที่สามารถพบได้อย่างต่อเนื่องตลอดทั้งวันสามารถทะลุผ่านชั้นของเมฆและหมอกควันได้และที่สำคัญคือสามารถทะลุผ่านกระจกได้ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดผิวแก่ก่อนวัย จุดต่างดำ และฝ้า นอกจากนี้ยังทำให้ผิวมีความไวต่อยูวีบีเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย

3.3.2 รังสียูวีบี (UV B, Ultraviolet B) เป็นรังสียูวีที่มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 290–320 นาโนเมตร (nm) รังสีนี้มักจะมีค่าเข้มข้นสูงในช่วงเวลา 10.00-16.00 น. เป็นรังสีที่จำเป็นต่อการผลิตวิตามินดี แต่หากผิวสัมผัสกับรังสีนี้มากเกินไปจะทำให้ผิวไหม้ กระตุ้นการผลิตเมลานินใหม่ที่มีสีน้ำตาลดำ ตืดทนนาน เป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสารพันธุกรรมหรือดีเอ็นเอ (Deoxy-Ribonucleic Acid; DNA) ซึ่งเป็นสาเหตุของมะเร็งผิวหนัง ทำให้ตาและจอประสาทตาเกิดความเสียหาย

3.3.3 รังสียูวีซี (UV C, Ultraviolet C) เป็นรังสียูวีที่มีความยาวคลื่นสั้นที่สุด คือ อยู่ระหว่าง 210–290 นาโนเมตร (nm) โดยธรรมชาติรังสีในช่วงความยาวคลื่นนี้จะถูกดูดซับด้วยโอโซนในชั้นบรรยากาศไม่สามารถผ่านเข้ามาถึงโลกได้ หรือผ่านเข้ามาได้น้อยมาก ๆ ซึ่งอาจทำให้เกิดรอยแดงเล็กน้อย (งานกำหนดมาตรฐาน กลุ่มควบคุมเครื่องสำอาง สำนักงานควบคุมเครื่องสำอางและวัตถุอันตราย สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข, 2555)



รูปที่ 4 การแผ่ของรังสีของรังสียูวีเอ ยูวีบี และยูวีซี จากชั้นบรรยากาศสู่ผิวหนังมนุษย์  
(ที่มา: <https://aktinovolia.com/measurement-ultraviolet-radiations-uva-uvb-uvc/>)

#### 4. ครีมกันแดด และสารกันแดด

##### 4.1 ประเภทของครีมกันแดด

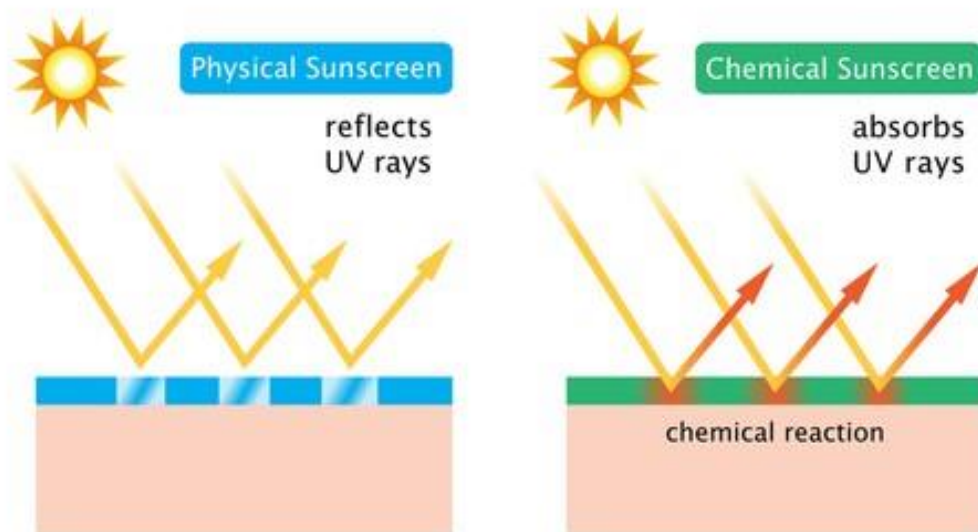
ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์ครีมกันแดดในท้องตลาดสามารถจำแนกออกมาเป็น 3 ใหญ่ ๆ ซึ่งในแต่ละประเภทมีข้อดี และข้อด้อยที่แตกต่างกันออกไป ดังนี้

4.1.1 ครีมกันแดดชนิดเคมี (Chemical sunscreen) เป็นครีมกันแดดที่มีส่วนผสมของสารเคมีที่ทำหน้าที่ในการปกป้องแสงแดด ด้วยการดูดซับรังสีเข้าผิวหนังแล้วเปลี่ยนเป็นความร้อนเพื่อป้องกันไม่ให้แสงผ่านลงสู่ชั้นผิวหนังได้ (เนื้อครีมจะเป็นชั้น ๆ นานนมเหมือนเนื้อครีมทั่วไป ซึมซับได้ง่าย) ซึ่งหลังจากโดนแดดสักพัก สารเคมีเหล่านี้ก็จะเสื่อมสภาพ นั่นจึงเป็นสาเหตุที่เราต้องทาครีมกันแดดทุก ๆ 2-3 ชั่วโมง สารป้องกันแดดประเภทนี้บางชนิดจะดูดซับได้เฉพาะรังสี UVA หรือ UVB หรือทั้ง UVA และ UVB สารเคมีที่ใช้ผสมในครีมกันแดด คือ Panimate O, Bensophenone, Cinnamates, Antranilate, Homosalate และ Oxybenzene ซึ่งครีมกันแดดที่มีส่วนผสมของสารเคมีในปริมาณมาก อาจทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังได้ง่ายขึ้นด้วย โดยเฉพาะกับคนที่ผิวแพ้ง่าย ดังรูปที่ 5

4.1.2 ครีมกันแดดชนิดกายภาพ (Physical sunscreen) จะมีส่วนผสมของสารที่สามารถสะท้อนรังสี UVA และ UVB ที่ตกกระทบให้ออกไปจากผิวหนังได้ ซึ่งสารในกลุ่มนี้จะมีผลระคายเคืองต่อผิวหนังน้อยกว่าสารในกลุ่มแรก แต่ข้อเสียของครีมกันแดดประเภทนี้คือจะไม่สามารถให้ค่า SPF ที่สูงได้ เนื้อครีมจะไม่ละเอียดมากนัก คล้ายกับมีแป้งผสมเพราะเป็นเหมือนรองพื้นในตัวได้ด้วย และเมื่อนำมาทาบนผิวหนังแล้วจะทำให้ดูออกหรือดูขาวมากจนเกินไป (เนื่องจากสารจะเคลือบบนผิวหนังชั้นบนเพื่อรอแสงมากระทบ จึงมีการดูดซับรังสีน้อย) อีกทั้งยังล้างออกได้ยากอีกด้วย (รูปที่ 5)

4.1.3 ครีมกันแดดชนิดผสม (Chemical-Physical sunscreen) เป็นแบบผสมที่ช่วยเสริมข้อดีและลดข้อด้อยในแต่ละส่วน นั่นคือ ลดการระคายเคืองต่อผิวหนังจากสารเคมี ลดความขาวเมื่อทาครีม และช่วยเสริมประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดดร่วมกัน (Medthai, 2017)





shutterstock.com · 664921576

รูปที่ 5 การทำงานของครีมกันแดดชนิดเคมี และครีมกันแดดชนิดกายภาพ  
(ที่มา: <https://www.shutterstock.com/th/image-vector/>)

#### 4.2 องค์ประกอบของครีมกันแดด

เรื่องความปลอดภัย และประสิทธิภาพของครีมกันแดดจะเกี่ยวข้องกับปริมาณและสูตรที่ผลิต โดยมีหลักการ 2 แนวทางในการป้องกันผิวหนังจากรังสีอัลตราไวโอเล็ต คือ ครีมกันแดดที่ใช้สารกรองแสงแบบเคมี (Chemical filter) ในการดูดซับรังสี และครีมกันแดดที่ใช้สารกรองแสงแบบกายภาพ (Physical filter) ที่ทำหน้าที่ร่วมกับอนุภาคเล็ก ๆ ช่วยป้องกันไม่ให้อัลตราไวโอเล็ตทะลุผ่านผิวหนังโดยการสะท้อนกลับออกไป ครีมกันแดดที่ใช้สารกรองแสงแบบกายภาพผลิตได้จากอนุภาคชนิดอนินทรีย์ซึ่งเป็นสารสะท้อนแสงที่มีขนาดอนุภาคที่เล็กมาก (10-100 นาโนเมตร) โดยสารกันแดดชนิดนี้มีความระคายเคืองต่อผิวน้อย และสามารถป้องกันแสงแดดได้ทันทีที่ทาบนผิวหนัง แต่จะทำให้เม็ดสีขาว ๆ จับเป็นก้อน ดังที่กล่าวมาข้างต้น ดังนั้นการผลิตครีมในอุตสาหกรรมจึงควรหาวิธีในการรักษาอนุภาคของเม็ดสีให้มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ส่วนครีมกันแดดที่ใช้สารกรองแสงแบบเคมีก็มีข้อบกพร่องเช่นกัน แต่ละชนิดใช้งานได้ดีในช่วงคลื่นที่ไม่เท่ากัน และมีสภาพที่ไม่คงตัวและทำให้เกิดอาการแพ้ได้ง่ายกว่าแบบกายภาพ ดังนั้น ในการผลิตครีมกันแดดที่ดีที่สุดคือ การผสมสารกรองแสงแบบเคมี และแบบกายภาพไว้ในครีมกันแดดเดียวกัน (Voss, 2004) และจากที่กล่าวมานี้สามารถที่จะแบ่งครีมกันแดดได้เป็น 2 ชนิด ดังนี้

4.2.1 ครีมกันแดดชนิดอินทรีย์ (Organic sunscreens) ครีมกันแดดชนิดนี้ สามารถแบ่งออกเป็นครีมกรองแสง UVA และUVB หรืออาจใช้กรองได้ทั้ง UVA และUVB ตามชนิดของแสงที่ดูดซับ ครีมกันแดดสำหรับกรองแสง UVA จะดูดซับแสงในช่วงความยาวคลื่น 320-400 นาโนเมตร

และครีมกันแดดสำหรับกรองแสง UVB จะดูดซับแสงในช่วงความยาวคลื่น 290-320 นาโนเมตร หลักการในการใช้ป้องกันแสงแดด และเป็นตัวดูดซับรังสีอัลตราไวโอเล็ตของ organic sunscreens ซึ่งมีโครงสร้างทางเคมีที่ประกอบด้วย aromatic compounds และ functional group 2 กลุ่ม ที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับและปลดปล่อยอิเล็กตรอนในช่วงที่โมเลกุลของรังสีอัลตราไวโอเล็ตถูกกระตุ้นแล้ว ทำให้เกิดการดูดซับอิเล็กตรอน ครีมกันแดดประเภทนี้มีสารส่วนผสมที่นิยมใช้สำหรับดูดซับรังสี UVB ได้แก่ PABA (p-amino benzoic acid), octocrylene, salicylates และ cinnamates

4.2.2 ครีมกันแดดชนิดอนินทรีย์ (Inorganic sunscreens) ครีมกันแดดชนิดนี้สามารถป้องกันได้ทั้งรังสี UVA และ UVB เนื่องจากกลไกในการสะท้อนรังสีออกไปจากผิว กลุ่มของสารเคมีที่ใช้ในครีมกันแดดชนิดนี้ ได้แก่ zinc oxide (ZnO), titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>) และ silicates สารในกลุ่มนี้เป็นสารออกฤทธิ์และป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้ดี มีการดูดซับเข้าผิวหนังได้น้อย ค่อนข้างปลอดภัย ไม่เกิดอาการแพ้ภัย แต่มีข้อเสียคือ มีการปรากฏให้เห็นเป็นเม็ดสีขาวบนผิวหนังขณะทา เนื่องจากครีมกันแดดชนิดนี้มีส่วนผสมที่มีลักษณะเหนียวข้นทำให้ซึมเข้าสู่ผิวหนังได้ยาก แต่ในปัจจุบันได้ทำการปรับปรุงคุณสมบัติให้เม็ดมีความละเอียดเพื่อทำให้ดูเรียบเนียนมากขึ้น (ครีมกันแดด, 2553)

### 4.3 สารกันแดด

ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์ครีมกันแดดที่วางขายในท้องตลาดมีส่วนประกอบที่สามารถช่วยในการป้องกันรังสียูวีเอ และรังสียูวีบี ซึ่งจะช่วยในการปกป้องผิวหนังจากรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่แผ่มาโลก โดยสารกันแดดที่เป็นส่วนประกอบมีคุณสมบัติแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้

4.3.1 กลุ่มสารที่เป็นสารสะท้อนแสง สารกันแดดกลุ่มนี้จะทำหน้าที่เคลือบอยู่บนผิวหนัง ไม่ได้ถูกดูดซึมเข้าผิว ประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดดขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาค และชนิดของผลิตภัณฑ์ เช่น ซิงก์ออกไซด์ (Zinc oxide), ไททาเนียมไดออกไซด์ (Titanium dioxide), แมกนีเซียมคาร์บอเนต (Magnesium carbonate) และแมกนีเซียมออกไซด์ (Magnesium dioxide) เป็นต้น

4.3.2 กลุ่มสารที่เป็นสารดูดซับแสง สารกันแดดกลุ่มนี้จะทำหน้าที่ในการดูดซับแสงแดดทำให้แสงแดดไม่สามารถเข้ามาทำอันตรายต่อผิวหนังได้ เช่น แอนทรานิเลต (Anthranilate), เบนโซฟีโนน (Benzophenone) และซินนามेट (Cinnamate) เป็นต้น (งานกำหนดมาตรฐาน กลุ่มควบคุมเครื่องสำอาง สำนักงานควบคุมเครื่องสำอางและวัตถุอันตราย สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข, 2555)

สารที่มีคุณสมบัติในการปกป้องรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มักพบในผลิตภัณฑ์ครีมกันแดดตามท้องตลาดในปัจจุบัน โดยสารเป็นส่วนผสมแต่ละชนิดจะมีข้อจำกัดที่แตกต่างกันออกไปตาม

ประกาศ ราชกิจจานุเบกษาของกระทรวงสาธารณสุข ปี 2560 ว่าด้วยเรื่อง กำหนดสารป้องกันแสงแดดที่อาจใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตเครื่องสำอาง ดังนี้

ตารางที่ 3 กำหนดสารป้องกันแสงแดดที่อาจใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตเครื่องสำอาง พ.ศ. 2560

ชื่อสารป้องกันแสงแดด		ความเข้มข้นสูงสุด*	เงื่อนไข
INCI Name	Chemical name		
Camphor Benzalkonium Methosulfate	N,N,N-Trimethyl-4-(2-oxoborn-3-ylidenemethyl)anilinium methyl sulfate	6%	-
Homosalate	Benzoic acid, 2-hydroxy-,3,3,5-trimethylcyclohexyl ester	10%	-
Benzophenone-3	2-Hydroxy-4-methoxybenzophenone Oxybenzone	10%	-
Phenylbenzimidazole Sulfonic Acid	2-Phenylbenzimidazole-5-sulfonic acid and its potassium, sodium and triethanolamine salts Ensulizole	8%**	-
Terephthalylidene Dicamphor Sulfonic Acid	3,3 -(1,4-Phenylenedimethylene)-bis(7,7-dimethyl-2-oxobicyclo-[2.2.1]hept-1-yl-methanesulfonic acid and its salts	10%**	-
Butyl	1-(4-tert -Butylphenyl) -3-(4-	5%	-



Methoxydibenzoylme- thane	methoxyphenyl)propane-1,3- dione  Avobenzone		
Benzylidene Camphor Sulfonic Acid	alpha-(2-Oxoborn-3-ylidene)- toluene-4-sulfonic acid and its salts	6%**	-
Octocrylene	2-Cyano-3,3-diphenyl acrylic acid, 2-ethylhexyl ester  Octocrilene	10%**	-
Ethylhexyl Methoxycinnamate	2-Ethylhexyl 4- methoxycinnamate  Octyl methoxycinnamate  Octinoxate	10%	-
PEG-25 PABA	Ethoxylated ethyl-4- aminobenzoate	10%	-
Isoamyl p- methoxycinnamate	Isopentyl-4-methoxycinnamate  Amiloxate	10%	-
Ethylhexyl Triazone	2,4,6-Trianiino-(p-carbo-2 - ethylhexyl-1 -oxy)-1,3,5-triazine  Octyl triazone	5%	-
Drometrizole trisiloxane	Phenol,2-(2H-benzotriazol-2- yl)-4-methyl-6-(2-methyl-3- (1,3,3,3-tetramethyl-1- (trimethylsilyl)oxy) -	15%	-

	disiloxanyl)propyl)		
Diethylhexyl Butamido Triazone	dimethylethyl) amino)carbonyl) phenyl) amino)-1,3,5-triazine-2,4- diyl)diimino)bis-,bis(2-ethylhexyl) ester  Iscotrizinol	10%	-
4-Methylbenzylidene camphor	3-(4-Methylbenzylidene)-d1 camphor  Enzacamene	4%	-
Ethylhexyl salicylate	2-Ethylhexyl salicylate  Octyl salicylate  Octisalate	5%	-
Ethylhexyl Dimethyl PABA	2- ethylhexyl 4-(dimethylamino)benzoate  Octyl dimethyl PABA  Padimate O	8%	-
Benzophenone-4 (INCI) Benzophenone-5 (INCI)	2-Hydroxy-4-methoxybenzophenone-5-sulfonic acid and its sodium salt  Sulisobenzone	5%**	-
Methylene Bis-Benzotriazolyl	2,2 -Methylene-bis(6-(2H-benzotriazol-2-yl)-4-(1,1,3,3-	10%	-

Tetramethylbutyl-phenol	tetramethyl-butyl)phenol  Bisoctrizole		
Disodium Phenyl Dibenimidazole Tetrasulfonate	Sodium salt of 2,2 -bis(1,4-phenylene)-1H-benzimidazole-4,6-disulfonic acid  Bisdisulizole disodium	10%**	-
Bis-Ethylhexyloxyphenol Methoxyphenyl Triazine	2,2 - (6-(4- methoxyphenyl)-1,3,5-triazine-2,4-diy)bis(5-((2-ethylhexyl) oxy)phenol)  Bemotrizinol	10%	-
Polysilicone-15	Dimethicodiethylbenzalmalona te	10%	-
Titanium dioxide	Titanium dioxide	25%	สารนี้อาจใช้เป็นสีในเครื่องสำอางได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงสาธารณสุขที่ออกความตามในมาตรา 6 (3) แห่งพระราชบัญญัติเครื่องสำอาง พ.ศ. 2558
Diethylamino hydroxybenzoyl hexyl benzoate	Benzoic acid, 2-[4-(diethylamino)-2-hydroxybenzoyl]-,hexylester	10%	-

Menthyl anthranilate	Menthyl anthranilate	5%	-
Zinc oxide	Zinc oxide	25%	สารนี้อาจใช้เป็นสี ในเครื่องสำอางได้ ตามเงื่อนไขที่ กำหนดไว้ใน ประกาศ กระทรวง สาธารณสุขที่ออก ความตามใน มาตรา 6 (3) แห่ง พระราชบัญญัติ เครื่องสำอาง พ.ศ. 2558
Tris-biphenyl triazine Tris-biphenyl triazine (nano)	1,3,5-Triazine, 2,4,6- tris(1,1'- biphenyl)-4-yl-, including as nanomaterial	10%	1. ห้ามใช้ใน ผลิตภัณฑ์ ประเภทพ่น ละออง (spray) 2. สำหรับวัตถุดิบ ในรูปของ นาโน อนุภาคให้ใช้ได้ โดยต้องมี คุณสมบัติ ดังนี้ - ค่ามัธยฐาน (median) ของ ขนาดอนุภาคตั้ง ต้นมากกว่า 80 นาโนเมตร (nm) - ความบริสุทธิ์ ต้อง $\geq 98\%$ - ไม่เคลือบ

			(Uncoated)
--	--	--	------------

\* ความเข้มข้นสูงสุดในเครื่องสำอางพร้อมใช้

\*\* คำนวณในรูปกรด

(กระทรวงสาธารณสุข, 2560)

#### 4.4 ค่าความสามารถในการป้องกันแสงแดด

ค่าความสามารถในการป้องกันผิวจากรังสีอัลตราไวโอเล็ตตามประกาศคณะกรรมการเครื่องสำอาง ตามราชกิจจานุเบกษาเรื่อง การแสดงค่าความสามารถในการป้องกันแสงแดด ของเครื่องสำอางที่มีสารกันแดด พ.ศ. 2560 ได้อธิบายความหมายของคำว่า SPF UVAPF และPA ดังนี้

4.4.1 Sun Protection Factor หรือ SPF หมายความว่า ค่าที่แสดงถึงความสามารถของผลิตภัณฑ์ในการป้องกันการไหม้แดงของผิวหนังที่เกิดจากการสัมผัสรังสียูวี โดยค่าความสามารถในการป้องกันรังสียูวีนี้ สามารถแสดงระดับประสิทธิภาพได้ดังนี้

ตารางที่ 4 ระดับประสิทธิภาพของค่าความสามารถในการป้องกันรังสียูวี

ระดับของประสิทธิภาพ	ค่า SPF	การแสดงค่า SPF
ต่ำ	ตั้งแต่ 6 ขึ้นไป แต่ไม่ถึง 15 (6 - < 15)	แสดงเป็นระดับของประสิทธิภาพ หรือเป็น SPF ตามจริง
กลาง	ตั้งแต่ 15 ขึ้นไป แต่ไม่ถึง 30 (15 - < 30)	
สูง	ตั้งแต่ 30 ขึ้นไป แต่ไม่ถึง 50 (30 - < 50)	
สูงมาก	ตั้งแต่ 50 ขึ้นไป ( $\geq 50$ )	แสดงความเป็นระดับของ ประสิทธิภาพ หรือเป็น SPF 50 +

(คณะกรรมการเครื่องสำอาง, 2560)

4.4.2 Ultraviolet a Protection factor หรือ UVAPF หมายความว่า ค่าที่แสดงถึงความสามารถของผลิตภัณฑ์ในการป้องกันการดำคล้ำของผิวหนังที่เกิดจากสัมผัสรังสียูวีเอ

4.4.3 Protection grade of UVA หรือ PA หมายความว่า ค่าที่สมาคมอุตสาหกรรมเครื่องสำอางแห่งประเทศไทย (Japan Cosmetic Industry Association, JCIA) ได้กำหนดขึ้นแทนการใช้ค่า UVAPF

โดยค่าระดับประสิทธิภาพ หรือค่า PA เมื่ออ้างอิงมาตรฐาน JCIA (ค.ศ. 2012) สามารถแสดงค่าระดับประสิทธิภาพได้ ดังนี้

ตารางที่ 5 ค่าระดับของประสิทธิภาพ หรือค่า PA

ระดับของประสิทธิภาพ	ค่า UVAPF	การแสดงค่า PA
ต่ำ	ตั้งแต่ 2 ขึ้นไป แต่ไม่ถึง 4 (2 - < 4)	PA+
กลาง	ตั้งแต่ 4 ขึ้นไป แต่ไม่ถึง 8 (4 - < 8)	PA++
สูง	ตั้งแต่ 8 ขึ้นไป แต่ไม่ถึง 16 (8 - < 16)	PA+++
สูงมาก	ตั้งแต่ 16 ขึ้นไป ( $\geq 16$ )	PA++++

(คณะกรรมการเครื่องสำอาง, 2560)

## 5. พยานหลักฐาน และชนิดพื้นผิวทางนิติวิทยาศาสตร์

ในกระบวนการทางนิติวิทยาศาสตร์ พยานหลักฐานคือสิ่งที่สำคัญในกระบวนการยุติธรรม เนื่องจากพยานหลักฐานสามารถที่จะพิสูจน์การกระทำผิด เชื่อมโยงคนร้ายกับผู้เสียหายหรือสถานที่เกิดเหตุได้ ความหมายของพยานหลักฐาน ตามประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญา มาตรา 26 สรุปสาระสำคัญไว้ว่า “พยานหลักฐาน คือ พยานวัตถุ พยานเอกสาร หรือพยานบุคคล ตลอดจนหลักฐานต่าง ๆ ซึ่งอาจจะเป็นเครื่องพิสูจน์การกระทำผิดได้” ซึ่งพยานหลักฐานที่สามารถนำไปใช้ทางกระบวนการยุติธรรมสามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

5.1.1 พยานเอกสาร เป็นพยานหลักฐานเกี่ยวกับข้อความที่บันทึกไว้ไม่ว่าจะด้วยวิธีใดหรือบันทึกในวัสดุใด ที่สามารถสื่อความหมายหรือแสดงความหมายของสิ่งที่บันทึกไว้ให้ศาลเข้าใจได้ โดยข้อความที่ระบุนี้จะเป็นตัวอักษร ตัวเลข เครื่องหมาย หรือสัญลักษณ์ก็ได้ โดยจะเกิดจากการเขียน พิมพ์ แกะสลัก หรือประทับลงบนกระดาษ ผ้า ผนัง ก้อนหิน ไม้ โลหะ นับว่าเป็นพยานเอกสารทั้งหมด

5.1.2 พยานบุคคล เป็นพยานหลักฐานที่เกิดขึ้นจากคำเบิกความของบุคคลต่อศาล จะเห็นว่าผู้ที่มาเบิกความเป็นพยาน แต่ตัวบุคคลไม่ใช่พยานหลักฐาน แต่เป็นถ้อยคำหรือข้อเท็จจริงที่บุคคลนั้นเบิกความต่อศาลที่เป็นพยานหลักฐาน แม้ศาลจะบันทึกคำเบิกความไว้ในเอกสารก็ยังคงเรียกว่าพยานบุคคล พยานบุคคลที่รับฟัง และต้องสามารถเข้าใจและตอบคำถามได้ โดย

พยานหลักฐานประเภทนี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ พยานประจักษ์ คือ พยานที่ได้สัมผัสข้อเท็จจริงที่จะเบิกความมาด้วยตัวเอง และพยานบอกเล่า คือ พยานบุคคลที่ไม่ได้สัมผัสข้อเท็จจริงที่เบิกความมาด้วยตัวเอง

5.1.3 พยานวัตถุ เป็นพยานหลักฐานที่เป็นวัตถุ สิ่งของ หรือร่องรอยทางชีววิทยา โดยสามารถแบ่งพยานหลักฐานชนิดนี้ออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ วัตถุพยานทั่วไป เป็นวัตถุพยานที่ไม่มีชีวิต เช่น มีด นาฬิกา ปืน ขวาน ปลอกหมอน หรือเสื้อผ้าที่สวมใส่ เป็นต้น และวัตถุพยานทางชีววิทยา เป็นวัตถุพยานที่ได้จากสิ่งมีชีวิตมาก่อน เช่น เส้นผม เลือด รอยนิ้วมือ คราบอสุจิ รอยขีดข่วน รอยถลอก หรือเศษเนื้อ เป็นต้น

5.1.4 พยานผู้เชี่ยวชาญ เป็นพยานบุคคลที่มีอาชีพ หรือมีความชำนาญพิเศษด้านใดด้านหนึ่ง เช่น ทางวิทยาศาสตร์ ทางศิลปะ ทางการแพทย์ ทางกฎหมาย หรือทางนิติเวช ที่สามารถมีความเห็นที่มีผลต่อรูปคดี หรือมีประโยชน์ต่อการวินิจฉัย การไต่สวน หรืออาจเป็นพยานในเรื่องต่าง ๆ เช่น การตรวจร่างกายหรือจิตผู้เสียหาย ผู้ต้องหาหรือจำเลย การตรวจลายนิ้วมือ เป็นต้น โดยผู้เชี่ยวชาญจะเป็นผู้เชี่ยวชาญชำนาญการพิเศษสถาบันนิติเวชวิทยา นักจิตวิทยา แพทย์ นักนิติวิทยาศาสตร์ และนักวิทยาศาสตร์นิติ (ศรันยกัทธ เสียงสูง & กมล สุปรียสุนทร, 2558)

พยานเอกสาร พยานบุคคล และพยานวัตถุ มักพบร่องรอยได้ในสถานที่เกิดเหตุ โดยเฉพาะพยานวัตถุมักจะพบร่องรอยของพยานหลักฐานนี้อยู่บนพื้นผิวต่าง ๆ ภายในสถานที่เกิดเหตุโดยที่ผู้กระทำผิดทิ้งไว้โดยไม่ตั้งใจ พื้นผิวที่สามารถพบร่องรอยพยานหลักฐานสามารถแบ่ง 3 ชนิดหลัก ๆ ตามลักษณะได้ดังนี้

5.2.1 พื้นผิวรูพรุน (Porous surface) เป็นพื้นผิวที่สามารถดูดซับน้ำ ของเหลว หรือไอได้อย่างรวดเร็ว โดยวัตถุที่พื้นผิวชนิดนี้จะมีช่องว่างหรือรูพรุนที่ยอมให้สิ่งภายนอก เช่น น้ำ อากาศ และอนุภาค สามารถทะลุเข้าไปในวัตถุได้ เช่น กระดาษ ผ้า กระดาษแข็ง กระดาษทิชชู ฟองน้ำ และไม้ที่ไม่ผ่านการเคลือบ เป็นต้น

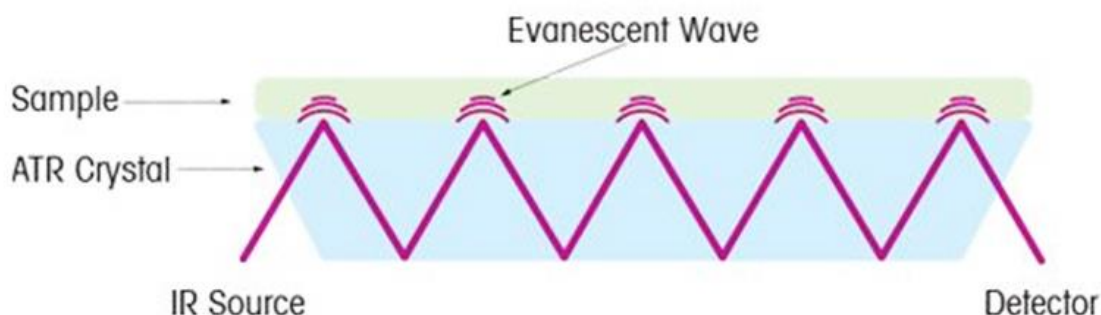
5.2.2 พื้นผิวกึ่งรูพรุน (Semi-Porous surface) เป็นพื้นผิวที่สามารถดูดซับน้ำ ของเหลว หรือไออยู่ในระดับปานกลาง โดยตัวอย่างวัตถุที่มีพื้นผิวชนิดนี้ เช่น กระดาษเคลือบมัน ไม้ที่ผ่านการเคลือบ สีทาผนังบางชนิด เป็นต้น

5.2.3 พื้นผิวไม่มีรูพรุน (Non-porous surface) เป็นพื้นผิวที่ไม่สามารถดูดซับน้ำ ของเหลว หรือไอได้เลย มักจะเกาะอยู่บนพื้นผิวเท่านั้น ซึ่งเสี่ยงต่อการถูกทำลายได้ง่าย โดยตัวอย่างวัตถุที่มีพื้นผิวชนิดนี้ เช่น แก้ว เซรามิก พลาสติก และโลหะ เป็นต้น



## 6. เทคนิค ATR-FTIR

Attenuated Total Reflection หรือ ATR เทคนิคนี้เป็นเทคนิคที่นิยมนำมาใช้ร่วมกับเทคนิค Infrared spectroscopy โดยเทคนิค ATR เป็นหลักการที่ใช้ได้ดีกับตัวอย่างที่มีลักษณะทึบแสงหรือมีความหนาแน่นมากกว่าที่จะวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Transmission ได้ เมื่อลำแสงอินฟราเรดของเครื่อง FTIR เดินทางไปกระทบสารตัวอย่างซึ่งวางอยู่บน window cell อาศัยการสะท้อนของลำแสง IR ผ่านเข้ามายังตัวอย่าง และเกิดการหักเหขึ้นภายในระหว่างตัวอย่างกับผลึก crystal ที่มีความหนาแน่นสูง (มีดัชนีหักเหสูง) ถูกส่งไปยังตัวอย่างซึ่งมีความหนาแน่นต่ำกว่า (มีดัชนีหักเหต่ำกว่า) บางส่วนของคลื่นอินฟราเรดที่ตกกระทบจะถูกสะท้อน และการสะท้อนเพิ่มมากขึ้นเมื่อมุมตกกระทบเพิ่มขึ้นจนกระทั่งมุมตกกระทบเท่ากับมุมวิกฤต (critical angle) ทั้งนี้ก็เพราะทำให้ค่ามุมตกกระทบมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับมุมวิกฤต เพื่อให้เกิดการสะท้อนกลับหมดของ IR beam และสัญญาณที่จะได้จะมีปริมาณมากขึ้นและพีคที่ได้มีความสูงมากขึ้น หากสามารถทำการวัดความเข้มของแสงที่ได้ จากการสะท้อนหลาย ๆ ครั้ง (multiple internal reflection) รูปที่ 6 (ทัศนพรพรรณ ทองดีเลิศ, 2557)



รูปที่ 6 หลักการทำงานของ Attenuated Total Reflection

(ที่มา: [https://www.mt.com/th/th/home/products/L1\\_AutochemProducts/.](https://www.mt.com/th/th/home/products/L1_AutochemProducts/))

Fourier transform infrared spectroscopy หรือ FTIR เป็นหนึ่งในเทคนิคอินฟราเรดใช้ในการวิเคราะห์ ตรวจสอบ พิสูจน์ เกี่ยวกับโมเลกุลสาร ซึ่งสามารถวิเคราะห์ตัวอย่างได้ทั้ง ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่อยู่ในช่วงอินฟราเรด wave number อยู่ในช่วงประมาณ 12800 ถึง  $10\text{ cm}^{-1}$  แบ่งย่อยได้เป็น 3 ส่วน คือ Far IR ( $200\text{-}10\text{ cm}^{-1}$ ) Mid IR ( $4000\text{-}200\text{ cm}^{-1}$ ) และ Near IR ( $12800\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$ ) เทคนิคมีความไวและใช้เวลาในการตรวจสอบน้อยกว่าวิธีอื่น ๆ หลักการของเทคนิคนี้ คือ เป็นเทคนิคที่ใช้ในการจำแนกสารประกอบของสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ พันธะเคมีในโมเลกุล รวมถึงสามารถบอกปริมาณองค์ประกอบที่มีอยู่ในโมเลกุลของสาร



ผสมตัวอย่างที่ไม่ทราบชนิด โดยทำการตรวจวัดการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของตัวอย่างที่ความถี่ต่าง ๆ ซึ่งลักษณะเฉพาะตัวของแต่ละพันธะ หรืออาจเรียกได้ว่าเป็นลายพิมพ์โมเลกุล

<b>IR Absorptions of Common Functional Groups</b>		
<b>Functional Group</b>	<b>Absorption Location (<math>\text{cm}^{-1}</math>)</b>	<b>Absorption Intensity</b>
Alkane (C–H)	2,850–2,975	Medium to strong
Alcohol (O–H)	3,400–3,700	Strong, broad
Alkene (C=C)	1,640–1,680	Weak to medium
(C=C–H)	3,020–3,100	Medium
Alkyne (C≡C)	2,100–2,250	Medium
(C≡C–H)	3,300	Strong
Nitrile (C≡N)	2,200–2,250	Medium
Aromatics	1,650–2,000	Weak
Amines (N–H)	3,300–3,350	Medium
Carbonyls (C=O)		Strong
Aldehyde (CHO)	1,720–1,740	
Ketone (RCOR)	1,715	
Ester (RCOOR)	1,735–1,750	
Acid (RCOOH)	1,700–1,725	

รูปที่ 7 การดูดกลืนแสงของรังสีอินฟราเรดในช่วงคลื่นต่าง ๆ

(ที่มา: [https://www.dummies.com/article/academics-the-arts/science/chemistry/.](https://www.dummies.com/article/academics-the-arts/science/chemistry/))



## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(Angrish et al., 2020) ได้ทำการศึกษาระบบครีมกันแดดด้วยวิธี IR spectroscopy ใช้เทคนิค Attenuated Total Reflectance Fourier Transform Infrared โดยมีการใช้ตัวอย่างครีมกันแดดทั้งหมด 109 ชนิด (ATR-FTIR) พบว่าพีคคลื่นที่ได้ของตัวอย่างครีมกันแดด สามารถจำแนกลักษณะพิเศษของตัวอย่างครีมกันแดดได้อย่างชัดเจน ดังนั้นจึงสามารถนำวิธีการเหล่านี้มาใช้ในการศึกษาทางนิติวิทยาศาสตร์ได้ เนื่องจากครีมกันแดดอาจสามารถถูกพบได้ในสถานที่เกิดเหตุ เช่น กระจกหน้าต่าง แก้วน้ำ ตัวคนร้าย เป็นต้น

(Arora et al., 2021) ทำได้การศึกษาคราบอายไลเนอร์และมาสคาร่า ด้วยวิธีการโดยใช้ Attenuated Total Reflectance Fourier Transform Infrared (ATR-FTIR) การวิเคราะห์ทางเคมีได้ดำเนินการโดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) วิธีการเหล่านี้มีความสามารถในการแยกแยะสูงกว่าการเปรียบเทียบสเปกตรัมภาพ พบว่าผลการตรวจสอบความถูกต้องโดยใช้ตัวอย่างที่ไม่รู้จักทั้งอายไลเนอร์และมาสคาร่า 15 ตัวอย่าง ผลการตรวจสอบความถูกต้องแสดงความแม่นยำ 95% นอกจากนี้ความไวและความจำเพาะของแบบจำลองคือ 90% และ 100% ตามลำดับ ดังนั้นแบบจำลองวิธีการเหล่านี้จึงเหมาะสำหรับการทำคดีทางนิติวิทยาศาสตร์ แสดงให้เห็นถึงวิธีการที่รวดเร็ว ไม่ทำลายประสิทธิภาพ และคุ้มค่าสำหรับการเลือกปฏิบัติสำหรับเครื่องสำอางเกี่ยวกับดวงตาในกรณีอาชญากรรมต่อผู้หญิง รวมถึงงานด้านนิติวิทยาศาสตร์อื่นๆ

(Kaur, Yadav, Bumbrah, & Sharma, 2020) ได้ทำการศึกษาการจำแนกตัวอย่างลิปสติกสีน้ำตาล สีชมพู และสีแดง ด้วยวิธีการ Attenuated Total Reflectance - Fourier Transform Infrared (ATR-FTIR) และเทคนิคทางเคมี (PCA และ LDA) พบว่าผลการ PCA จำแนกได้อย่างถูกต้อง 93.61%, 75.43% และ 87.27% ของตัวอย่างลิปสติกสีน้ำตาล สีชมพู และสีแดง ตามลำดับ ในทางตรงกันข้าม LDA ได้จัดประเภทและทำนายตัวอย่าง 100% และเมื่อตรวจสอบความถูกต้อง พบว่าตัวอย่างลิปสติกสีน้ำตาลและสีชมพูมีความแม่นยำ 100% ในขณะที่ตัวอย่างลิปสติกสีแดงมีความแม่นยำ 96% ผลลัพธ์เหล่านี้มีความสำคัญมากและบ่งชี้ว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ในการจำแนกและทำนายตัวอย่างลิปสติกได้สำเร็จ เป็นที่ชัดเจนว่า ATR-FTIR เป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ทำลายรวดเร็วประหยัดค่าใช้จ่าย

(ทัศนพรพรรณ ทองดีเลิศ, 2557) ได้ทำการศึกษาลิปสติกทั้งหมด 42 ตัวอย่างที่วางขายในท้องตลาด ด้วยเทคนิค Attenuated Total Reflectance Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) และ Thermogravimetric Analysis (TGA) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจำแนกลิปสติก พบว่าเทคนิค ATR-FTIR สามารถจัดกลุ่มตามข้อมูลสเปกตรัมได้ทั้งหมด 5 กลุ่ม และ

ในการศึกษาด้วยเทคนิค TGA พบว่าเทอร์โมแกรมช่วงอุณหภูมิต่างกันมีการสูญเสียน้ำหนักที่ต่างกัน และเมื่อนำข้อมูล TGA มาใช้ในการจัดกลุ่มตัวอย่าง พบว่าสามารถจัดกลุ่มของลิปสติกได้ 23 กลุ่ม ดังนั้นเมื่อนำผลการศึกษาจากเทคนิค ATR-FTIR และเทคนิค TGA มาใช้ร่วมกับข้อมูลเจดสีของลิปสติก จะสามารถจัดกลุ่มตัวอย่างได้ 37 กลุ่ม จากการศึกษาชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของทั้งสองเทคนิคในการตรวจสอบร่องรอยลิปสติกและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในทางนิติวิทยาศาสตร์ต่อไป

(Chophi, Sharma, & Singh, 2019) ได้ทำการศึกษาแนวโน้มการวิเคราะห์หลักฐานเครื่องสำอางทางนิติวิทยาศาสตร์ พบว่าการวิเคราะห์ตัวอย่างเครื่องสำอางโดยใช้วิธี ATR-FTIR เป็นเทคนิคที่มีความรวดเร็ว และไม่ทำลายรายละเอียด แสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมในการวิเคราะห์ตัวอย่างเครื่องสำอาง ดังนั้นวิธีการ ATR-FTIR จึงเหมาะที่จะใช้ในงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ได้ เช่น การตรวจหาพยานหลักฐานที่เป็นเครื่องสำอาง

(Chophi, Sharma, & Singh, 2020) ได้ศึกษาการวิเคราะห์ทางนิติวิทยาศาสตร์ของลิปสติกสีแดงโดยใช้ ATR-FTIR spectroscopy และ chemometrics ได้ทำการวิเคราะห์ลิปสติกสีแดง 38 แห่งจากผู้ผลิต 20 ราย โดยใช้สเปกโทรสโกปี ATR-FT-IR และวิธีการทางเคมี: PCA (การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก) และ PCA-LDA (การวิเคราะห์เชิงเส้นตรง) พบว่ามีอำนาจในการจำแนกตัวอย่าง 100% และการจำแนกประเภทที่ถูกต้อง 81.48% ตามลำดับ



### บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

#### 1. วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

##### 1.1 FTIR Spectrometer รุ่น Spectrum 100 ยี่ห้อ PerkinElmer



รูปที่ 8 เครื่อง ATR-FTIR ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

## 2. วิธีดำเนินการวิจัย

### 2.1 การเตรียมตัวอย่าง

ในการศึกษานี้ได้ทำการสุ่มซื้อครีมกันแดดที่วางขายในท้องตลาดทั้งหมด 20 ชนิด และทำการเตรียมตัวอย่างผ้า โดยทำการตัดตัวอย่างขนาด 5x5 เซนติเมตร

ตารางที่ 6 ยี่ห้อของตัวอย่างครีมกันแดดที่ใช้ในการศึกษาทั้ง 20 ตัวอย่าง

ตัวอย่างที่	ยี่ห้อ
1	Biore UV: Aqua Rich
2	Cathy Doll: Aqua Sun Non-Greasy
3	Vaseline: Healthy Bight SPF 30 PA++
4	NIVEA SUN: C&E
5	SMOOTO: Sunflower Sunscreen Cream
6	L'OEAL PARIS: UV DEFENDER
7	KA: UV SUPERBLOC
8	Clear nose: UV SUN SERUM
9	Cute press: UV EXPERT PROTECTION
10	KA: UV protection Baby Face
11	Skinsista: V Acne&Oil control sunblock
12	Vaseline: Daily Protection& Brightening
13	KA: UV WHITENING
14	NIVEA SUN: SUN BODY VITAMIN C
15	GANIER: SUPER UV
16	NIVEA SUN: OIL CONTROL
17	Mistine: AQUA base sunscreen
18	SHEENE: UV PROTECTOR
19	Biore UV: INTENSIVE WHITE
20	p.o care: ALOE Moisturizing

## 2.2 วิธีการทดลอง

2.2.1 นำตัวอย่างครีมกันแดดทั้ง 20 ตัวอย่าง ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง ATR-FTIR (4 แสแกน, solution  $16\text{ cm}^{-1}$ ) บันทึกผลสเปกตรัมที่ได้

2.2.2 นำตัวอย่างครีมกันแดดมาทาที่ผิวบริเวณด้านหลังมือทิ้งไว้ 10 นาที (1 ครั้ง / 1 ชนิดครีมกันแดด)



รูปที่ 9 การทาตัวอย่างครีมกันแดดบนบริเวณหลังมือ

2.2.3 นำผ้ามาทาบริเวณด้านหลังมือที่ทาครีมกันแดดมาทาลงบนชิ้นตัวอย่างพื้นผิวผ้าที่เตรียมไว้แล้ว (1 ชิ้นตัวอย่าง / 1 ชนิดครีมกันแดด)





รูปที่ 10 การนำชิ้นผ้ามาทาบบริเวณหลังมือที่ทาครีมกันแดด

2.2.4 นำตัวอย่างที่คราบครีมกันแดดบนผ้าไปแสกนที่เครื่อง ATR-FTIR และบันทึกผลสเปกตรัมที่ได้

2.2.5 นำผลสเปกตรัมที่ได้ทั้งใน 2.3.1 และ 2.3.4 สร้างกราฟวิเคราะห์ผล

### 2.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้สถิติการวิเคราะห์ค่าอำนาจการจำแนก หรือ Discrimination power ซึ่งเป็นสถิติที่ใช้การแยกความแตกต่างของพีคที่ปรากฏทั้งในตัวอย่างครีมกันแดด และตัวอย่างคราบครีมกันบนพื้นผิวผ้า โดยใช้สูตรดังนี้ (Angrish et al., 2020; Shama, Bharti, & Kumar, 2019)

$$\text{ค่าอำนาจการจำแนก (DP)} = (\text{จำนวนคู่ตัวอย่างที่จำแนกได้} / \text{จำนวนคู่ตัวอย่างทั้งหมด}) \times 100$$

$$\text{จำนวนคู่ตัวอย่างทั้งหมด} = \text{จำนวนตัวอย่างทั้งหมด} \times (\text{จำนวนตัวอย่างทั้งหมด} - 1) / 2$$

$$\text{จำนวนคู่ตัวอย่างที่จำแนกได้} = \text{จำนวนคู่ตัวอย่างทั้งหมด} - \text{จำนวนคู่ตัวอย่างที่จำแนกไม่ได้}$$

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

จากการนำตัวอย่างครีมกันแดด และตัวอย่างคราบครีมกันแดดทั้ง 20 ยี่ห้อ มาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ATR-FTIR ที่ช่วงความยาวคลื่น 4000-400  $\text{cm}^{-1}$  เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการจำแนกลักษณะพิเศษของครีมกันแดด โดยในการศึกษานี้มีการนำพีคจากการศึกษาก่อนหน้ามาใช้ในการอ้างอิง ดังนี้

ตารางที่ 7 พีคเลขคลื่นอ้างอิงจากการศึกษาก่อนหน้า

Spectral range	Band assignments
425 $\text{cm}^{-1}$	Zn-O
481 $\text{cm}^{-1}$	Ti-O stretching
544, 425 $\text{cm}^{-1}$	Metal oxygen vibration modes
578, 527 $\text{cm}^{-1}$	Zn-O-Ti
610 $\text{cm}^{-1}$	TiO <sub>2</sub>
631 $\text{cm}^{-1}$	PO <sub>4</sub>
700-500 $\text{cm}^{-1}$	Ti-O-Ti
789, 659 $\text{cm}^{-1}$	C-H bending peak
805 $\text{cm}^{-1}$	Si-C stretching
825, 694, 600 $\text{cm}^{-1}$	For C-H bending
900 $\text{cm}^{-1}$	Al-O stretching vibration
980 $\text{cm}^{-1}$	Asymmetric stretching vibration of Si-O-Si
1040 $\text{cm}^{-1}$	Asymmetric P-OH stretching of HPO <sub>4</sub> group, talc or mica
1080 $\text{cm}^{-1}$	SiO <sub>2</sub> , Silica, Paraffin compounds, Polyethylene glycol, silica compounds, talc or mica
1110 $\text{cm}^{-1}$	Al-O stretching vibration
1164 $\text{cm}^{-1}$	SiO <sub>2</sub> , Silica, Paraffin compounds, Polyethylene glycol, silica compounds
1257 $\text{cm}^{-1}$	CH <sub>3</sub> symmetric deformation of Si-CH <sub>3</sub> , SiO <sub>2</sub> , Silica, Paraffin compounds, Polyethylene glycol, silica compounds,

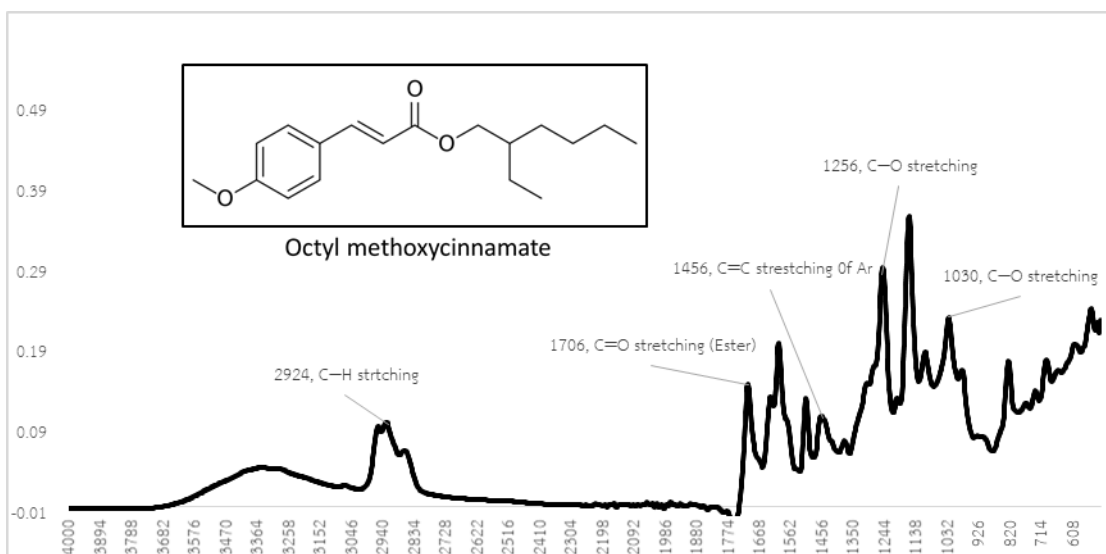


1380 cm <sup>-1</sup>	Tensile vibration of C—N or NO <sub>2</sub> , paraffin compounds, aliphatic compounds, mica
1450 cm <sup>-1</sup>	Aromatic compounds, —CH groups, paraffin compounds
1552 cm <sup>-1</sup>	Carboxylates and aromatic compounds
1633 cm <sup>-1</sup>	PVP carbonyl group, Amino group and C=O groups (ketones, Ester), Polyethylene glycol
1711 cm <sup>-1</sup>	C=O group of PMMA, Ester bonds & aromatic compounds
1720 cm <sup>-1</sup>	stretching vibration of the carbonyl group in oxybenzone
2848 cm <sup>-1</sup>	Paraffin compounds, aliphatic compounds and —CH groups
2859 cm <sup>-1</sup>	Amide of chitosan
2916 cm <sup>-1</sup>	Tensile vibration of NH, Paraffin compounds, Talc (hydrated magnesium silicate) or mica (silicate), aliphatic compounds and —CH groups
~3000-3740 cm <sup>-1</sup>	Aromatic compounds, intramolecular hydrogen bonding, amino group, poly-ethylene glycol, Hydroxyl group

(Angrish et al., 2020; Shama et al., 2019; Sharma, Bhardwaj, & Kumar, 2019)

### 1. พีคสเปกตรัมหลักทางเคมีของครีมกันแดด

จากการวิเคราะห์ผลทางสเปกตรัม พบว่าพีคเลขคลื่นหลักที่พบในตัวอย่างครีมกันแดด และตัวอย่างคราบครีมกันแดดบนพื้นผิวผ้าส่วนใหญ่คือ พีคเลขคลื่น 3700-3300 cm<sup>-1</sup>, 2916 cm<sup>-1</sup>, 2848 cm<sup>-1</sup>, 1633 cm<sup>-1</sup>, 1450 cm<sup>-1</sup>, 1380 cm<sup>-1</sup>, 1257 cm<sup>-1</sup>, 1164 cm<sup>-1</sup>, 694 cm<sup>-1</sup>, 578 cm<sup>-1</sup> และ 544 cm<sup>-1</sup> ซึ่งพีคเหล่านี้เป็นพีคของสารกันแดดหลักที่ใช้เป็นส่วนผสมของครีมกันแดดเกือบทุกชนิด เช่น สารประกอบพาราฟิน, Salicylate, Titanium Dioxide, Cinnamate และ PABA เป็นต้น (รูปที่ 8)

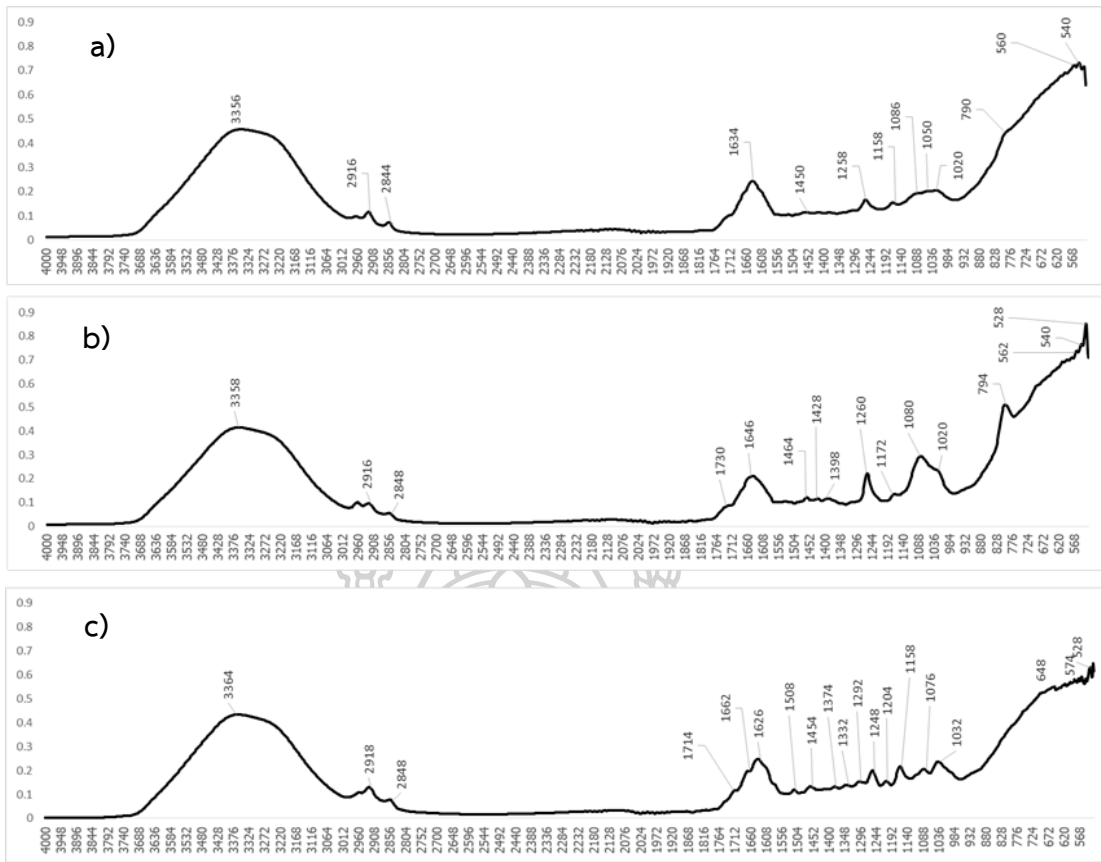


รูปที่ 11 พิกเซลคลื่นของ Octyl methoxycinnamate

เมื่อนำพิกเซลคลื่นที่ปรากฏของครีมกันแดด และคราบครีมกันบนพื้นผิวผ้าทั้ง 20 ยี่ห้อมาพล็อตลงตาราง พบว่าพิกที่ช่วง  $2340-1880\text{ cm}^{-1}$  เป็นพิกที่เกิดจากการรบกวนของก๊าซ  $\text{CO}_2$  และผลึกเพชร และพิกในช่วง  $500-400\text{ cm}^{-1}$  ในบางตัวอย่างถูกรบกวนทำให้ไม่สามารถที่จะระบุได้ว่าพิกในช่วงนี้ปรากฏในตัวอย่างหรือไม่ ดังนั้นในการศึกษาความแตกต่างของครีมกันแดดนี้จึงไม่ใช่ช่วงพิกเหล่านี้ในการศึกษา

### 1.1 พิกสเปกตรัมของครีมกันแดด

จากการวิเคราะห์พิกสเปกตรัมที่ปรากฏในครีมกันแดดทั้ง 20 ตัวอย่างพบว่า พิกเซลคลื่นที่พบในตัวอย่างส่วนใหญ่คือ  $3700-3300\text{ cm}^{-1}$ ,  $2916\text{ cm}^{-1}$ ,  $2848\text{ cm}^{-1}$ ,  $1633\text{ cm}^{-1}$ ,  $1450\text{ cm}^{-1}$ ,  $1380\text{ cm}^{-1}$ ,  $1257\text{ cm}^{-1}$ ,  $1164\text{ cm}^{-1}$ ,  $694\text{ cm}^{-1}$ ,  $610\text{ cm}^{-1}$ ,  $578\text{ cm}^{-1}$ ,  $544\text{ cm}^{-1}$  และ  $527\text{ cm}^{-1}$  พิกเหล่านี้ไม่สามารถนำมาวิเคราะห์การจำแนกลักษณะพิเศษของครีมกันแดดได้ เนื่องจากเป็นพิกที่พบในเกือบทุก ๆ ตัวอย่างของครีมกันแดด (รูปที่ 9) พิกพิเศษที่สามารถระบุลักษณะพิเศษของครีมกันแดดได้ (ตารางที่ 8 และ 9) เช่น  $1720\text{ cm}^{-1}$ ,  $1110\text{ cm}^{-1}$ ,  $980\text{ cm}^{-1}$ ,  $900\text{ cm}^{-1}$ ,  $825\text{ cm}^{-1}$ ,  $600\text{ cm}^{-1}$  เป็นต้น และเมื่อทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของพิกที่ปรากฏในแต่ละตัวอย่างทุก ๆ ตำแหน่งพบว่าพิกที่ปรากฏในแต่ละตัวอย่างครีมกันแดดมีความแตกต่างกันในทุก ๆ ตัวอย่าง โดยกำหนดให้พิกมีความแตกต่างกัน 5 ตำแหน่งขึ้นไปจึงจะบ่งชี้ได้ว่าตัวอย่างนั้นมีความแตกต่างกัน



รูปที่ 12 พิกัดคลื่นที่ปรากฏในตัวอย่างครีมกันแดด a) ตัวอย่างครีมกันแดด S11 b) ตัวอย่างครีมกันแดด S13 c) ตัวอย่างครีมกันแดด S18

ตารางที่ 8 พิกัดคลื่นที่ปรากฏในตัวอย่างครีมกันแดดในตัวอย่าง S1-S20

Sample	Wavenumber $\text{cm}^{-1}$													
	1720	1711	1552	1380	1110	1080	1040	980	900	825	789	659	631	600
1		✓	✓	✓	✓		✓			✓	✓			
2		✓		✓				✓		✓	✓	✓		
3	✓		✓			✓	✓	✓			✓	✓		
4	✓		✓	✓	✓	✓	✓				✓		✓	
5		✓	✓	✓								✓	✓	
6		✓	✓	✓		✓	✓				✓	✓	✓	✓
7	✓		✓			✓	✓			✓		✓	✓	
8	✓		✓	✓			✓					✓		

9	✓	✓							✓	✓	
10	✓	✓	✓	✓	✓			✓			✓
11	✓		✓		✓	✓		✓	✓	✓	
12	✓		✓		✓	✓	✓		✓	✓	
13	✓		✓						✓	✓	✓
14		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
15		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
16	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓
17		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
18		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
19	✓	✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
20		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

ตารางที่ 9 พีคเลขคลื่นอื่น ๆ ที่ปรากฏในตัวอย่างครีมกันแดด S1-S20

Sample	Others peak $\text{cm}^{-1}$
1	1660,1600,1580,1510,1410,1440,1410,1340,1310,920,870,850,800,750,640,620,590,560,510
2	1660,1600,1580,1510,1410,1310,1290,1210,1060,1020,850,800,670,620,605,590,560,510
3	1660,1510,1490,1410,1340,1210,1020,920,750,620,560,510
4	1510,1410,1340,1310,1230,1020,920,870,850,620,605,590,560,510
5	1660,1600,1510,1410,1340,1310,1060,1020,870,800,650,620,590,560,535,510
6	1660,1510,1490,1410,1340,1310,1210,920,870,850,750,620,605,590,560,510

7	1660,1580,1530,1440,1410,1310,1230,870,770,720,640,590,560,535,510
8	1660,1600,1510,1490,1290,1210,1140,1060,990,920,800,750,620,590,560,535, 510
9	1660,1600,1510,1440,1410,1340,1310,1290,1210,1140,1060,1020,850,750,670, 620,590,560,535,510
10	1660,1600,1580,1530,1510,1410,1340,1310,1210,1020,950,920,850,800,750,720,6 40,620,590,560,535,520,510
11	1660,1600,1510,1490,1410,1340,1310,1020,850,720,640,620,590,560,535,520
12	1660,1600,1590,1510,1410,1340,1310,1270,1210,1020,850,750,620,590,520
13	1660,1600,1530,1510,1490,1410,1340,1310,1210,1060,1020,920,750,640,620, 590,560,510
14	1660,1600,1530,1510,1490,1410,1310,1270,1230,1020,920,850,800,590,560,535
15	1660,1600,1530,1510,1490,1440,1410,1340,1140,920,870,800,750,620,590,560, 535
16	1660,1600,1510,1490,1410,1310,1290,1210,1140,1020,950,850,750,620,590,560,5 10
17	1660,1610,1580,1510,1490,1410,1340,1310,1290,1210,1140,1020,970,920,850, 770,750,620,590,560,510
18	1660,1600,1580,1510,1490,1410,1340,1290,1210,920,870,750,620,590,560,535, 520
19	1660,1600,1530,1510,1440,1410,1340,1310,1290,1210,1020,920,870,750,670, 620,590,560,535,510
20	1660,1600,1580,1530,1510,1490,1440,1410,1340,1310,1290,1210,1020,870,750,62 0,590,560,535,510

เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยการใช้ค่าอำนาจการจำแนก (Discrimination power) โดยการศึกษาครั้งนี้มีจำนวนคู่ตัวอย่างทั้งหมด 190 คู่ตัวอย่าง เนื่องจากเมื่อทำการเปรียบเทียบคู่ตัวอย่าง พบว่าไม่มีคู่ตัวอย่างใดเลยที่มีพิคแตกต่างกันน้อยกว่า 5 ตำแหน่ง จึงทำให้สามารถบ่งชี้ได้ว่าค่าอำนาจการจำแนกของตัวอย่างครีมนั้นแตกต่างกันเด็ดในการศึกษาครั้งนี้มีค่าเท่ากับ 100%

จากสูตร  $DP = (\text{จำนวนคู่ตัวอย่างที่จำแนกได้} / \text{จำนวนคู่ตัวอย่างทั้งหมด}) \times 100$

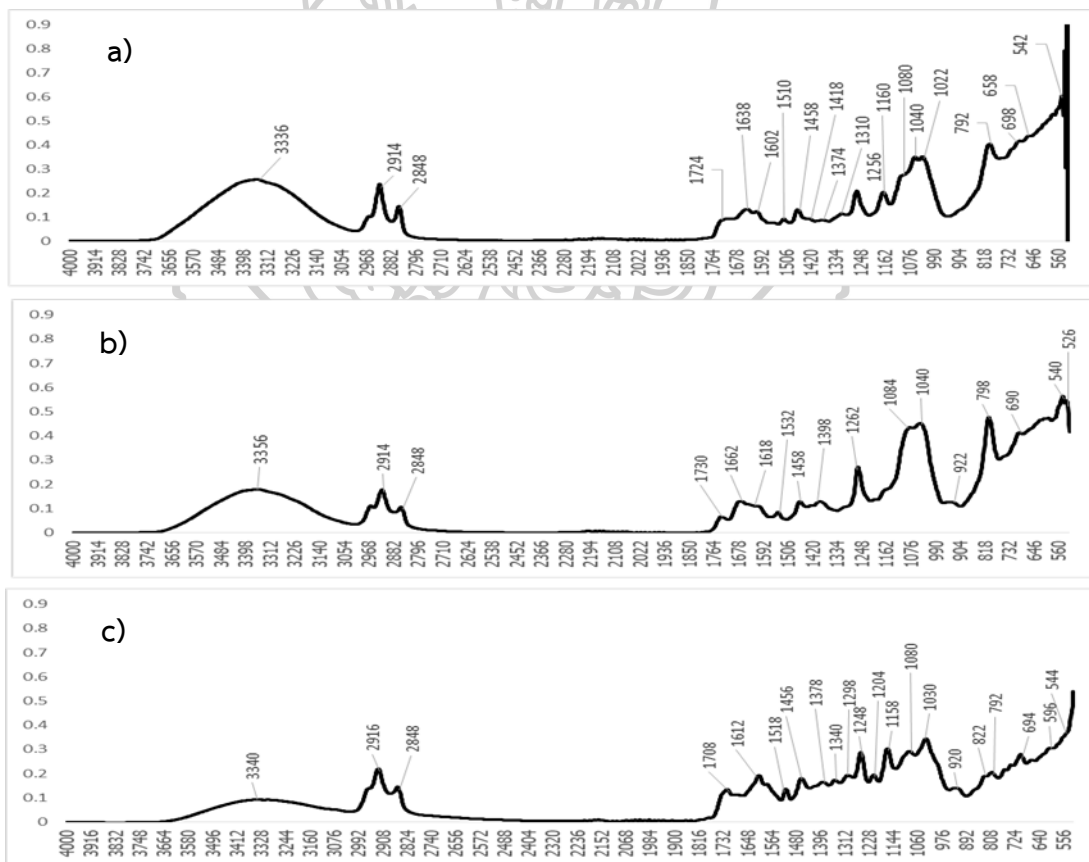
$$DP = (190 / 190) \times 100$$

$$DP = 100\%$$



## 1.2 พีคสเปกตรัมของคราบคริมกันแดดบนพื้นผิวผ้า

จากการวิเคราะห์พีคสเปกตรัมที่ปรากฏในคราบคริมกันแดดบนพื้นผิวผ้าทั้ง 20 ตัวอย่าง พบว่า พีคเลขคลื่นที่พบในตัวอย่างส่วนใหญ่คือ  $3700-3300\text{ cm}^{-1}$ ,  $2916\text{ cm}^{-1}$ ,  $2848\text{ cm}^{-1}$ ,  $1633\text{ cm}^{-1}$ ,  $1450\text{ cm}^{-1}$ ,  $1380\text{ cm}^{-1}$ ,  $1257\text{ cm}^{-1}$ ,  $1164\text{ cm}^{-1}$ ,  $694\text{ cm}^{-1}$ ,  $610\text{ cm}^{-1}$ ,  $578\text{ cm}^{-1}$ ,  $544\text{ cm}^{-1}$  และ  $527\text{ cm}^{-1}$  พีคเหล่านี้เป็นพีคที่พบเช่นเดียวกันกับในตัวอย่างคริมกันแดด และไม่สามารถนำมาวิเคราะห์การจำแนกลักษณะพิเศษของคราบคริมกันแดดได้ เนื่องจากเป็นพีคที่พบในเกือบทุก ๆ ตัวอย่างของคราบคริมกันแดด (รูปที่ 10) พีคพิเศษที่สามารถระบุลักษณะพิเศษของคราบคริมกันแดดบนพื้นผิวผ้าได้ (ตารางที่ 10 และ 11) เช่น  $1720\text{ cm}^{-1}$ ,  $1110\text{ cm}^{-1}$ ,  $980\text{ cm}^{-1}$ ,  $900\text{ cm}^{-1}$ ,  $825\text{ cm}^{-1}$ ,  $600\text{ cm}^{-1}$  เป็นต้น และเมื่อทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของพีคที่ปรากฏในแต่ละตัวอย่างทุก ๆ ตำแหน่งพบว่าพีคที่ปรากฏในแต่ละตัวอย่างคราบคริมกันแดดบนพื้นผิวผ้ามีความแตกต่างกันในทุก ๆ ตัวอย่าง โดยกำหนดให้พีคมีความแตกต่างกัน 5 ตำแหน่งขึ้นไปจึงจะบ่งชี้ได้ว่าตัวอย่างนั้นมีความแตกต่างกัน



รูปที่ 13 พีคเลขคลื่นที่ปรากฏในตัวอย่างคราบคริมกันแดดบนพื้นผิวผ้า a) ตัวอย่างคริมกันแดด F11 b) ตัวอย่างคริมกันแดด F13 c) ตัวอย่างคริมกันแดด F18



ตารางที่ 10 พีคเลขคลื่นที่ปรากฏในตัวอย่างคราบครีมกันแดดบนพื้นผิวผ้า F1-F20

Fabric	Wavenumber $\text{cm}^{-1}$													
	1720	1711	1552	1380	1110	1080	1040	980	900	825	789	659	631	600
1		✓	✓	✓	✓		✓			✓	✓			
2		✓		✓				✓		✓	✓	✓		
3	✓		✓			✓	✓	✓			✓	✓		
4	✓		✓	✓	✓	✓	✓				✓			
5		✓	✓	✓								✓	✓	
6		✓	✓	✓		✓	✓				✓	✓	✓	✓
7	✓		✓			✓	✓			✓		✓	✓	
8	✓		✓	✓			✓					✓		
9		✓	✓								✓	✓		
10		✓	✓	✓	✓	✓				✓				✓
11		✓		✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓		
12	✓		✓		✓	✓	✓	✓			✓	✓		
13	✓			✓							✓	✓		✓
14		✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓	✓	✓	
15		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	
16	✓	✓	✓	✓	✓	✓					✓	✓	✓	
17		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	
18		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
19	✓	✓		✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	
20		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	

ตารางที่ 11 พีคเลขคลื่นอื่น ๆ ที่ปรากฏในตัวอย่างครีมกันแดด F1-F20

Fabric	Others peak $\text{cm}^{-1}$
1	1660,1600,1580,1510,1410,1440,1410,1340,1310,920,870,850,800,750,640,620,590,560,510

2	1660,1600,1580,1510,1410,1310,1290,1210,1060,1020,850,800,670,620,605,590,560,510
3	1660,1510,1490,1410,1340,1210,1020,920,750,620,560
4	1510,1410,1340,1310,1230,1020,920,870,850,620,605,590,560,510
5	1660,1600,1510,1410,1340,1310,1060,1020,870,800,650,620,590,560,535
6	1660,1510,1490,1410,1340,1310,1210,920,870,850,750,620,605,590,560,510
7	1660,1580,1530,1440,1410,1310,1230,870,770,720,640,590,560,535,510
8	1660,1600,1510,1490,1290,1210,1140,1060,990,920,800,750,620,590,560,535,510
9	1660,1600,1510,1440,1410,1340,1310,1290,1210,1140,1060,1020,850,750,670,620,590,560,535,510
10	1660,1600,1580,1530,1510,1410,1340,1310,1210,1020,950,920,850,800,750,720,640,620,590,560,535,520,510
11	1660,1600,1510,1490,1410,1340,1310,1020,850,720,640,620,590,560,535
12	1660,1600,1590,1510,1410,1340,1310,1270,1210,1020,850,750,620,590
13	1660,1600,1530,1510,1490,1410,1340,1310,1210,1060,1020,920,750,640,620,590,560,510
14	1660,1600,1530,1510,1490,1410,1310,1270,1230,1020,920,850,800,590,560,535
15	1660,1600,1530,1510,1490,1440,1410,1340,1140,920,870,800,750,620,590,560,535
16	1660,1600,1510,1490,1410,1310,1290,1210,1140,1020,950,850,750,620,590,560,510

17	1660,1610,1580,1510,1490,1410,1340,1310,1290,1210,1140,1020,970,920,850, 770,750,620,590,560,510
18	1660,1600,1580,1510,1490,1410,1340,1290,1210,920,870,750,620,590,560,535, 520
19	1660,1600,1530,1510,1440,1410,1340,1310,1290,1210,1020,920,870,750,670, 620,590,560,535,510
20	1660,1600,1580,1530,1510,1490,1440,1410,1340,1310,1290,1210,1020,870,750,62 0,590,560,535,510

เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยการใช้ค่าอำนาจการจำแนก (Discrimination power) โดยการศึกษาครั้งนี้มีจำนวนคู่ตัวอย่างทั้งหมด 190 คู่ตัวอย่าง เนื่องจากเมื่อทำการเปรียบเทียบคู่ตัวอย่าง พบว่าไม่มีคู่ตัวอย่างใดเลยที่มีพีคแตกต่างกันน้อยกว่า 5 ตำแหน่ง จึงทำให้สามารถบ่งชี้ได้ว่าค่าอำนาจการจำแนกของตัวอย่างคราบคริมกันแดดบนพื้นผิวผ้าในการศึกษาครั้งนี้มีค่าเท่ากับ 100%

จากสูตร  $DP = (\text{จำนวนคู่ตัวอย่างที่จำแนกได้} / \text{จำนวนคู่ตัวอย่างทั้งหมด}) \times 100$

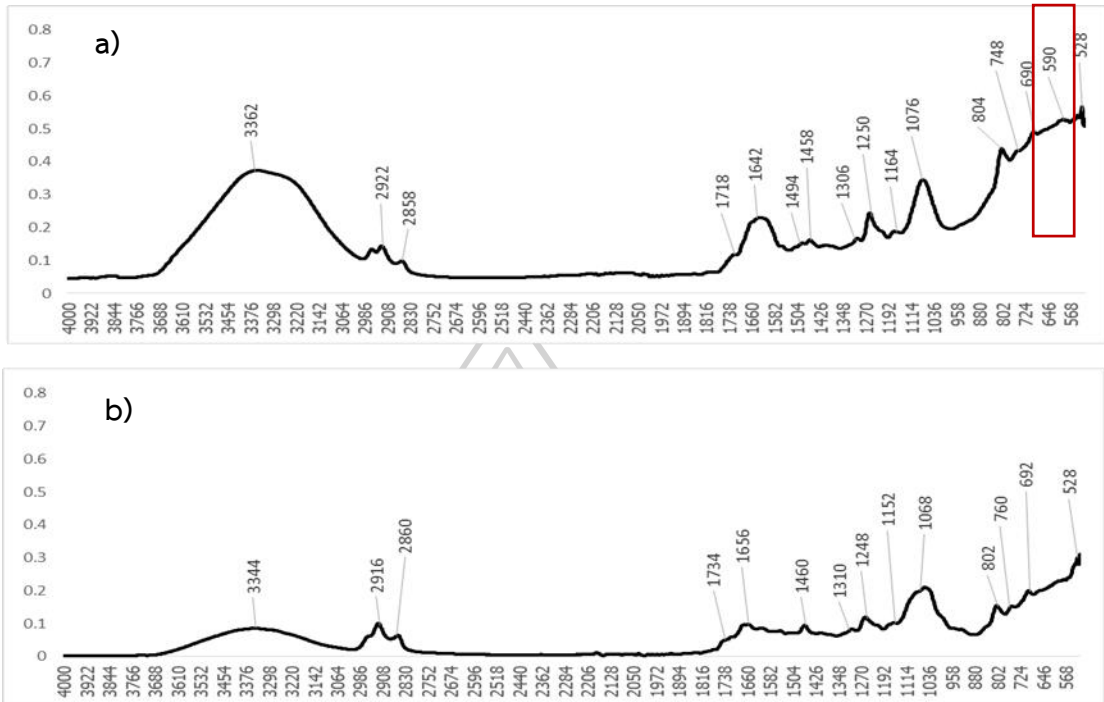
$$DP = (190 / 190) \times 100$$

$$DP = 100\%$$

## 2. การเปรียบเทียบพีคคริมกันแดด และคราบคริมกันแดดบนพื้นผิวผ้า

เมื่อทำการเปรียบเทียบพีคที่ปรากฏในตัวอย่างเป็นคริมกันแดด และตัวอย่างคราบคริมกันแดดบนพื้นผิวผ้า พบว่าพีคเลขคลื่นที่พบในตัวอย่างเป็นคริมกันแดดที่พบเป็นส่วนใหญ่ คือ  $3700-3300 \text{ cm}^{-1}$ ,  $2916 \text{ cm}^{-1}$ ,  $2848 \text{ cm}^{-1}$ ,  $1633 \text{ cm}^{-1}$ ,  $1450 \text{ cm}^{-1}$ ,  $1380 \text{ cm}^{-1}$ ,  $1257 \text{ cm}^{-1}$ ,  $1164 \text{ cm}^{-1}$ ,  $694 \text{ cm}^{-1}$ ,  $610 \text{ cm}^{-1}$ ,  $578 \text{ cm}^{-1}$ ,  $544 \text{ cm}^{-1}$  และ  $527 \text{ cm}^{-1}$  ซึ่งพบพีคเหล่านี้เป็นส่วนใหญ่ในตัวอย่างเป็นคราบคริมกันแดดบนพื้นผิวผ้าเช่นกัน และเมื่อเปรียบเทียบพีคที่ปรากฏในตัวอย่างเป็นคริมกันแดด และคราบคริมกันแดดบนพื้นผิวผ้าในยี่ห้อเดียวกัน (รูปที่ 11) พบว่าพีคที่เกิดขึ้นเหมือนกันทุกตำแหน่งมีเพียงบางตัวอย่างที่มีพีคหายไปเพียงไม่กี่พีคเท่านั้น และตำแหน่งที่หายไปของพีคส่วนใหญ่อยู่ในช่วง  $530-500 \text{ cm}^{-1}$  จากตารางที่ 12 พีคที่หายไปของแต่ละตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้หายไปไม่เกิน 2 ตำแหน่ง จึงสามารถบ่งชี้ได้ว่าคริมกันแดด และคราบคริมกันแดดบนพื้นผิวผ้าเป็นคริมกันแดดชนิด

เดียวกัน เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้ได้ระบุไว้ว่าหากในระหว่าง 2 ตัวอย่างมีพิคหายไปเกิน 5 ตำแหน่ง จึงระบุว่าทั้ง 2 ตัวอย่างนั้นมีความแตกต่างกัน

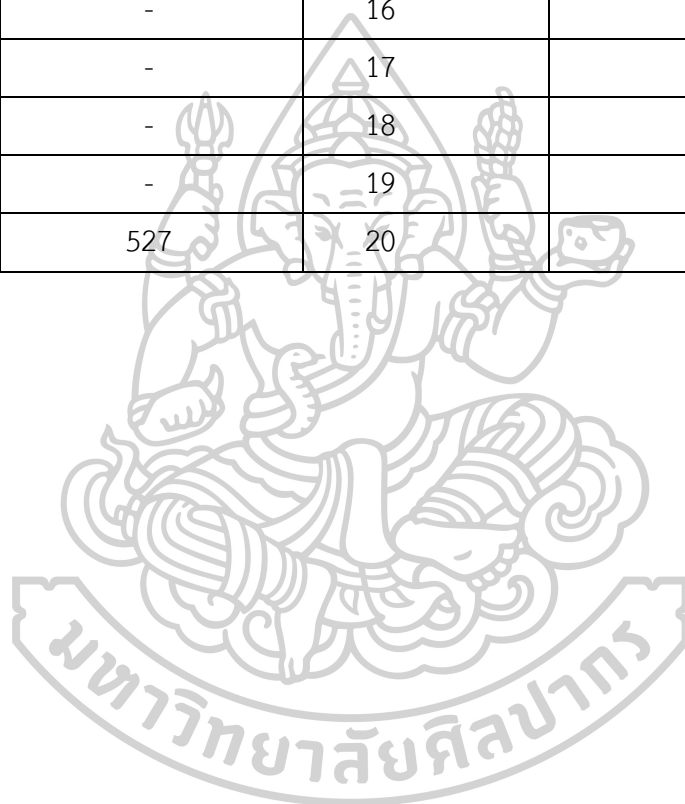


รูปที่ 14 พิคเลขคลื่นที่ปรากฏ a) ตัวอย่างครีมกันแดด S8 b) ตัวอย่างคราบครีมกันแดดบนพื้นผิวผ้า F8

ตารางที่ 12 พิคที่หายไปในตัวอย่างเป็นครีมกันแดด และตัวอย่างคราบครีมกันแดดทั้ง 20 ปีห้อย

ครีมกันแดด	พิกที่หายไป	ครีมกันแดดบนพื้นผิวผ้า	พิกที่หายไป
1	-	1	-
2	-	2	-
3	-	3	510
4	-	4	631
5	600	5	510
6	-	6	-
7	-	7	-
8	-	8	-

9	-	9	-
10	-	10	-
11	-	11	527, 520
12	-	12	1633, 520
13	-	13	-
14	-	14	-
15	-	15	-
16	-	16	-
17	-	17	-
18	-	18	-
19	-	19	-
20	527	20	-



## บทที่ 5

### สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

#### อภิปรายผล

จากการศึกษาประสิทธิภาพการจำแนกลักษณะพิเศษของครีมกันแดด และคราบครีมกันแดด 20 ยี่ห้อ ที่ช่วงคลื่น  $4000-400\text{ cm}^{-1}$  พบว่าพีคที่พบเป็นส่วนใหญ่ในตัวอย่างครีมแดดคือ  $3700-3300\text{ cm}^{-1}$ ,  $2916\text{ cm}^{-1}$ ,  $2848\text{ cm}^{-1}$ ,  $1633\text{ cm}^{-1}$ ,  $1450\text{ cm}^{-1}$ ,  $1380\text{ cm}^{-1}$ ,  $1257\text{ cm}^{-1}$ ,  $1164\text{ cm}^{-1}$ ,  $694\text{ cm}^{-1}$ ,  $610\text{ cm}^{-1}$ ,  $578\text{ cm}^{-1}$ ,  $544\text{ cm}^{-1}$  และ  $527\text{ cm}^{-1}$  พีคเหล่านี้เป็นพีคที่พบเช่นเดียวกันกับในตัวอย่างคราบครีมกันแดดกันพื้นผิวผ้า พีคเหล่านี้เป็นพีคสารประกอบพาราฟิน, Salicylate, Titanium Dioxide, Cinnamate และ PABA ซึ่งสารที่เป็นส่วนผสมหลักของครีมกันแดดเกือบทุกชนิดจึงทำให้ไม่สามารถที่จะศึกษาการจำแนกความแตกต่างของครีมกันแดดจากพีคเหล่านี้ได้ สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้าของ (Angrish et al., 2020) ทำการศึกษาคราบครีมกันแดด 109 ชนิดด้วยวิธี IR spectroscopy ใช้เทคนิค Attenuated Total Reflectance Fourier Transform Infrared ช่วงคลื่น  $4000-400\text{ cm}^{-1}$  พบพีคคลื่นที่พบในทุกตัวอย่างของตัวอย่างครีมกันแดดคือ  $1380\text{ cm}^{-1}$  และ  $1254\text{ cm}^{-1}$  และพบพีคที่บ่งชี้ได้ว่าสารที่เป็นองค์ประกอบหลักทางเคมีของครีมกันแดดนั้นยังคงเป็น Cinnamate และ PABA ซึ่งพีคเหล่านี้ไม่สามารถที่จะจำแนกความแตกต่างของตัวอย่างครีมกันแดดได้ ในการศึกษาของ (Shama et al., 2019) ทำการศึกษาร่องรอยลิปสติค 25 ตัวอย่างด้วยเทคนิค Attenuated Total Reflectance Fourier Transform Infrared ช่วงคลื่น  $4000-400\text{ cm}^{-1}$  พบว่าพีคคลื่นที่เป็นองค์ประกอบหลักคือ  $2916\text{ cm}^{-1}$ ,  $2848\text{ cm}^{-1}$ ,  $1462\text{ cm}^{-1}$  และ  $1377\text{ cm}^{-1}$  ซึ่งบ่งชี้ถึงการมีอยู่ของ hydroxyl group, aliphatic compounds, hydrogen bonds, aromatic compounds และ silicates และในการศึกษาของ (Sharma et al., 2019) ทำการศึกษคราบผงทาขอบตา 33 ตัวอย่างด้วยเทคนิค Attenuated Total Reflectance Fourier Transform Infrared ช่วงคลื่น  $4000-400\text{ cm}^{-1}$  พบพีคคลื่นที่พบในทุกตัวอย่างคือ  $1450-1470\text{ cm}^{-1}$  และ  $1170-1160\text{ cm}^{-1}$  เป็นพีคคลื่นองค์ประกอบหลักของ hydroxyl group, aliphatic compounds, paraffin compounds เป็นต้น ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าพีคที่พบส่วนใหญ่ครีมกันแดดสามารถบ่งชี้ถึงการมีอยู่ของสารที่อยู่ส่วนผสมหลักของครีมกันแดดอย่าง Cinnamate และ PABA และพีคเลขคลื่น  $1450-1470\text{ cm}^{-1}$ , และ  $1170-1160\text{ cm}^{-1}$  พบพีคเหล่านี้เป็นส่วนใหญ่ทั้งในครีมกัน

แดด ลิปสติก และผงทาขอบตาเป็นไปได้ว่าพีคคลื่นเหล่านี้เป็นพีคขององค์ประกอบหลักของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางอื่น ๆ ด้วย

เมื่อทำการเปรียบเทียบพีคที่ปรากฏในครีมกันแดด และคราบครีมกันแดด พบว่าพีคที่เกิดขึ้นเหมือนกันทุกตำแหน่งมีเพียงบางตัวอย่างที่มีพีคหายไปเพียงไม่กี่พีคเท่านั้น ซึ่งพีคที่หายไปนั้นอาจเกิดจากการพื้นผิวของผ้ามีการดูดซับสูงจึงอาจทำให้ความเข้มของพีคนั้นลดลงจนทำให้ไม่สามารถมองเห็นได้ (Angrish et al., 2020)

เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ค่าอำนาจการจำแนก ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าทั้งในตัวอย่างครีมกันแดด และตัวอย่างคราบครีมกันแดดบนพื้นผิวผ้าให้ค่าอำนาจการจำแนกเท่ากับ 100% เหมือนกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาคราบครีมกันแดด 109 ชนิดด้วยวิธี ATR-FTIR พบว่าการศึกษาครั้งนี้ให้ค่าอำนาจการจำแนกเท่ากับ 99.74% (Angrish et al., 2020) การศึกษาร่องรอยลิปสติก 25 ตัวอย่างด้วยเทคนิค ATR-FTIR การศึกษาครั้งนี้ให้ค่าอำนาจการจำแนกเท่ากับ 99% (Shama et al., 2019) และการศึกษาคราบผงทาขอบตา 33 ตัวอย่างด้วยเทคนิค ATR-FTIR การศึกษาครั้งนี้ให้ค่าอำนาจการจำแนกเท่ากับ 99.43% (Sharma et al., 2019) จึงอาจสรุปได้ว่าเทคนิค ATR-FTIR เป็นเทคนิคที่เหมาะสมในการวิเคราะห์การจำแนกลักษณะพิเศษของครีมกันแดด รวมไปถึงผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางอื่น ๆ

## สรุปผล

ในการศึกษาประสิทธิภาพการจำแนกลักษณะพิเศษของคราบครีมกันแดดบนพื้นผิวผ้าด้วยเทคนิค Attenuated Total Reflectance Fourier Transform Infrared ช่วงคลื่น 4000-400  $\text{cm}^{-1}$  พบว่าพีคที่พบเป็นส่วนใหญ่ในตัวอย่างครีมกันแดดคือ 3700-3300  $\text{cm}^{-1}$ , 2916  $\text{cm}^{-1}$ , 2848  $\text{cm}^{-1}$ , 1633  $\text{cm}^{-1}$ , 1450  $\text{cm}^{-1}$ , 1380  $\text{cm}^{-1}$ , 1257  $\text{cm}^{-1}$ , 1164  $\text{cm}^{-1}$ , 694  $\text{cm}^{-1}$ , 610  $\text{cm}^{-1}$ , 578  $\text{cm}^{-1}$ , 544  $\text{cm}^{-1}$  และ 527  $\text{cm}^{-1}$  พีคเหล่านี้เป็นพีคที่พบเช่นเดียวกันกับในตัวอย่างคราบครีมกันแดดบนพื้นผิวผ้า ซึ่งพีคเหล่านี้เป็นพีคสารประกอบพาราฟิน, Salicylate, Titanium Dioxide, Cinnamate และ PABA ซึ่งสารที่เป็นส่วนผสมหลักของครีมกันแดดเกือบทุกชนิด

เมื่อทำการเปรียบเทียบพีคที่ปรากฏของตัวอย่างครีมกันแดดและตัวอย่างคราบครีมกันแดดบนพื้นผิวผ้าในทุกตำแหน่ง พบว่าพีคที่เกิดขึ้นเหมือนกันทุกตำแหน่งมีเพียงบางตัวอย่างที่มีพีคหายไป



ซึ่งพีคที่หายไปนั้นไม่ได้ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างตัวอย่างครีมกันแดด และตัวอย่างครีมกันแดดบนพื้นผิวผ้าในยี่ห้อเดียวกันได้

เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าอำนาจการจำแนก พบว่าทั้งในตัวอย่างครีมกันแดด และตัวอย่างครีมกันแดดบนพื้นผิวผ้า พบว่าทั้งสองให้ค่าอำนาจการจำแนกเท่ากับ 100% จึงสรุปได้ว่าเทคนิค ATR-FTIR เป็นวิธีที่เหมาะสมในการจำแนกลักษณะพิเศษของครีมกันแดด และครีมกันแดดบนพื้นผิวผ้า รวมไปถึงงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์อื่น ๆ

### ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาครั้งต่อไปผู้วิจัยควรทำการศึกษาประสิทธิภาพการจำแนกของครีมกันแดดบนพื้นผิวผ้าในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ รวมไปถึงการศึกษาประสิทธิภาพการจำแนกของครีมกันแดดในสภาพพื้นผิวต่าง ๆ เพื่อเพิ่มขอบเขตของข้อมูลเกี่ยวกับครีมกันแดดในทางนิติวิทยาศาสตร์มากขึ้น



## รายการอ้างอิง

- ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร. Alkholidi, A. G., & Altowij, K. S. (2014). Free Space Optical Communications — Theory and Practices. *Wireless Communications*, 159-212.
- Angrish, A., Kumar, R., Chauhan, R., & Sharma, V. (2020). On the IR spectroscopy and chemometric based rapid and non-destructive method for the investigation of sunscreen stains: Application in forensic science. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 242, 118708.
- Arora, T., Verma, R., Kumar, R., Chauhan, R., Kumar, B., & Sharma, V. (2021). Chemometrics based ATR-FTIR spectroscopy method for rapid and non-destructive discrimination between eyeliner and mascara traces. *Microchemical Journal*, 164.
- Chophi, R., Sharma, S., Sharma, S., & Singh, R. (2019). Trends in the forensic analysis of cosmetic evidence. *Forensic Chemistry*, 14.
- Chophi, R., Sharma, S., & Singh, R. (2020). Forensic analysis of red lipsticks using ATR-FTIR spectroscopy and chemometrics. *Forensic Chemistry*, 17.
- Kaur, K., Yadav, P. K., Bumrah, G. S., & Sharma, R. M. (2020). Forensic classification of lipsticks using attenuated total reflectance – Fourier transform infrared (ATR-FTIR) spectroscopy. *Vibrational Spectroscopy*, 110.
- Medthai. (2017). ครีมกันแดด: รอบรู้เรื่อง "ครีมกันแดด" อย่างครบสูตร. Retrieved from <https://medthai.com/>

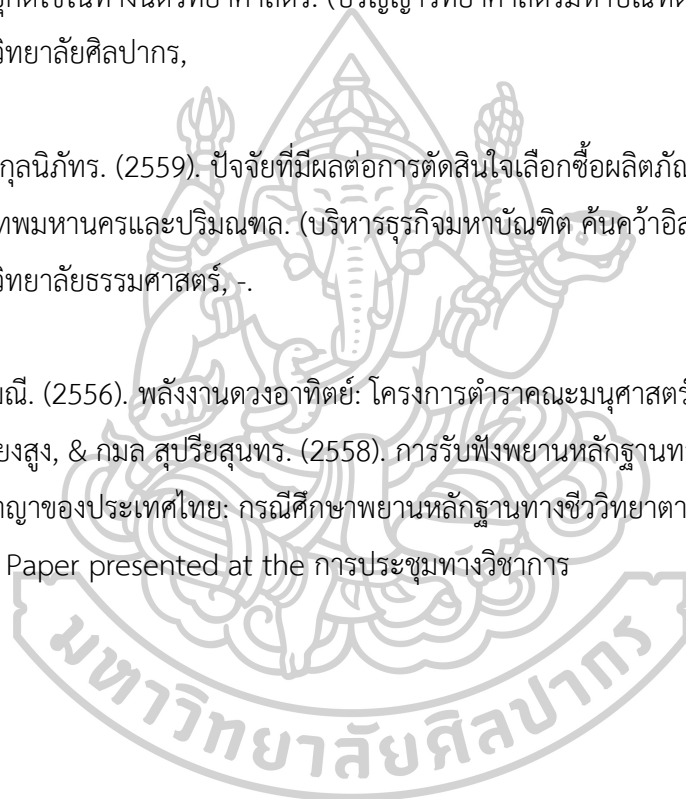
- Minerva. (2020). ประวัติครีมกันแดด: ทำความรู้จักกับเคมีและเภสัชกรผู้สร้างคุณประโยชน์ช่วยดูแลผิว. Retrieved from <https://www.scholarship.in.th/5-people-created-sunscreen/>
- Shama, V., Bharti, A., & Kumar, R. (2019). On the spectroscopic investigation of lipstick stains: Forensic. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 215, 48-57.
- Sharma, V., Bhardwaj, S., & Kumar, R. (2019). On the spectroscopic investigation of Kohl stains via ATR-FTIR and multivariate analysis: Application in forensic trace evidence. *Vibrational Spectroscopy*, 101, 81-91.
- Sunbutter skincare. (2020). when was sunscreen invented? the history and evolution of sun protection. Retrieved from <https://sunbutteroceans.com.au/blogs/sunbutter-news/when-was-sunscreen-invented-the-history-and-evolution-of-sun-protection>
- Szantoi, Z. (2013). *Review of the use of remotely-sensed data for monitoring biodiversity change and tracking progress towards the aichi biodiversity targets* (Vol. 72): the Secretariat of the Convention on Biological Diversity.
- Voss, W. B., C; Dermatest, M D. (2004). Natural skin barriers and immunological mechanisms against sunlight. *semantic scholar*. Retrieved from <https://www.semanticscholar.org/paper/Natural-skin-barriers-and-immunological-mechanisms-Voss-B%C3%BCrger/d78da1728d15eb190e9cb08774d8657176caad47>
- กระทรวงสาธารณสุข. (2560). ราชกิจจานุเบกษา กำหนดสารป้องกันแสงแดดที่อาจใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตเครื่องสำอาง. Retrieved from กระทรวงสาธารณสุข:
- คณะกรรมการเครื่องสำอาง. (2560). การแสดงค่าความสามารถในการป้องกันแสงแดด ของเครื่องสำอางที่มีสารป้องกันแสงแดด. Retrieved from คณะกรรมการเครื่องสำอาง:

ครีมกันแดด. (2553). กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.  
งานกำหนดมาตรฐาน กลุ่มควบคุมเครื่องสำอาง สำนักงานควบคุมเครื่องสำอางและวัตถุอันตราย  
สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข. (2555). แนวทางเกี่ยวกับ  
ผลิตภัณฑ์ป้องกันแสงแดด (สำหรับประชาชน).

ดวงพร นพคุณ. (2536). ภูมิอากาศ. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.  
ทัศพรพรรณ ทองดีเลิศ. (2557). การวิเคราะห์หีสติคโดยเทคนิค *ATR-FTIR* และ เทคนิค *TGA* เพื่อ  
ประยุกต์ใช้ในทางนิติวิทยาศาสตร์. (ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัย  
มหาวิทยาลัยศิลปากร,

นภาพิพย์ ไตรกุลนิภัทร. (2559). ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์กันแดดในเขต  
กรุงเทพมหานครและปริมณฑล. (บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต คั่นคว่ำอิสระ),  
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, -.

วุฒิพงษ์ แสงมณี. (2556). ผลงานดวงอาทิตย์: โครงการตำราคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์.  
ศรัณย์ภัทร เสียงสูง, & กมล สุปรียสุนทร. (2558). การรับฟังพยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ใน  
คดีอาญาของประเทศไทย: กรณีศึกษาพยานหลักฐานทางชีววิทยาตามแนวคำพิพากษาศาล  
ฎีกา. Paper presented at the การประชุมทางวิชาการ





ภาคผนวก ก

ยี่ห้อของครีมกันแดด และชิ้นผ้าตัวอย่างคราบครีมกันแดดบนพื้นผิวผ้าทั้ง 20 ตัวอย่าง

ตัวอย่าง	รูปภาพ	
	ผลิตภัณฑ์ครีมกันแดด	คราบครีมกันแดดบนพื้นผิวผ้า
1		
2		
3		
4		



<p>5</p>	 <p>Sunflower Sunscreen Cream SPF 50 5.5</p>	 <p>C5</p>
<p>6</p>	 <p>L'OREAL PARIS NEW UV DEFENDER UV SERUM PROTECTOR MATTE &amp; FRESH 5.6 SPF 50+, PA++++, LONG UVA NO RESIDUE - NO SHINE - NON STICKY</p>	 <p>C6</p>
<p>7</p>	 <p>KA UV SUPERBLOC SPF 50+ PA+++ 5.7</p>	 <p>C7</p>
<p>8</p>	 <p>SPF 50 PA++++ clear nose UV SUN SERUM 5.8</p>	 <p>C8</p>



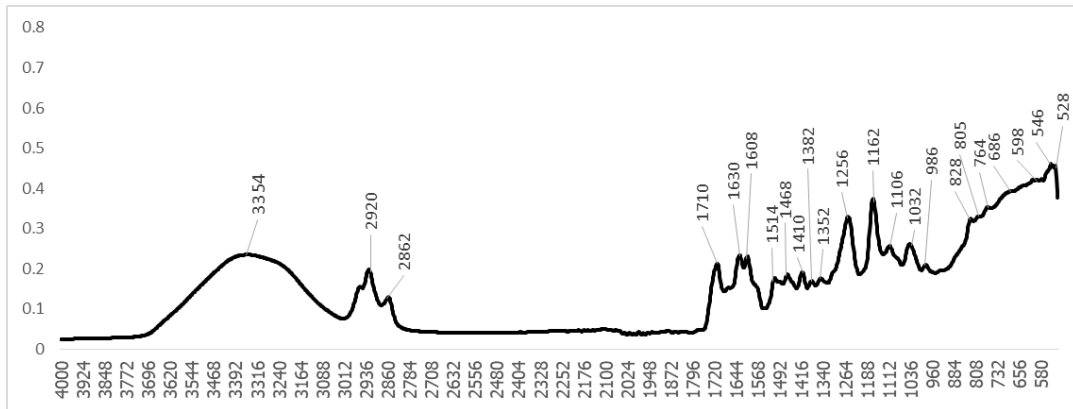
<p>9</p>	 <p>cute press กันแดดกันร้อน โลชั่น 1 ลิตร SPF 50+ PA+++ ด้วยดี: ฟิล์มเคลือบผิว cute press UV EXCEED PROTECTION กันแดดกันร้อน SPF 50+ PA+++ เอสเอส</p>	 <p>C19</p>
<p>10</p>	 <p>KA Production UV Baby Face กันแดดหน้าเนียน ต่อตึก ANTI UV &amp; E กันแดด ไม่อุดตัน ไม่แพ้ ไม่เหนียว</p>	 <p>C10</p>
<p>11</p>	 <p>พิเศษ! ลดลง 25% กันแดด Skinsista V-Asic &amp; Oil Control Sunblock SPF 50+ PA++++ ไม่อุดตัน ไม่แพ้ ไม่เหนียว ไม่มัน กันแดดกันร้อน SPF 50+ PA++++ น้ำตัวทรรสมือ เบญจมาศ กันแดดกันร้อน</p>	 <p>C11</p>
<p>12</p>	 <p>Vaseline HEALTHY BRIGHT SPF 50+ PA++++ Daily Protection &amp; Brightening Serum กันแดดกันร้อน SPF 50+ PA++++ เอสเอส</p>	 <p>C12</p>

<p>13</p>		
<p>14</p>		
<p>15</p>		
<p>16</p>		

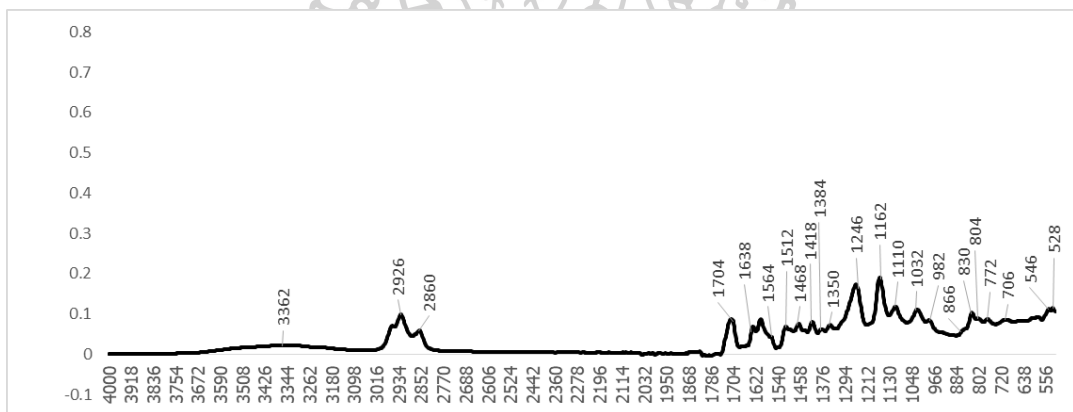
17	 Aqua Sun Protection Cream SPF 50+ PA++++. Water base sunscreen. Light texture. Perfect for dry skin.	 A small, square, pinkish fabric sample with a label 'C17'.
18	 eSHEENE UV PROTECTOR FACIAL CREAM. OK! BEAUTY CHOICE 2018. oilfree. SPF 50+ PA++++. FACIAL CREAM.	 A small, square, pinkish fabric sample with a label 'C18'.
19	 Biore UV Intensive White Anti-Pollution Soft Care Serum. SPF 50+ PA++++. Intensive White. Soft Care Serum.	 A small, square, pinkish fabric sample with a label 'C19'.
20	 Pallcare Sun Block Lotion. SPF 50+ PA++++. Moisturizing. Sun Block Lotion.	 A small, square, pinkish fabric sample with a label 'C20'.

พิกัดคลื่นที่ปรากฏของตัวอย่างครีมกันแดด และคราบครีมกันแดดทั้ง 20 ตัวอย่าง

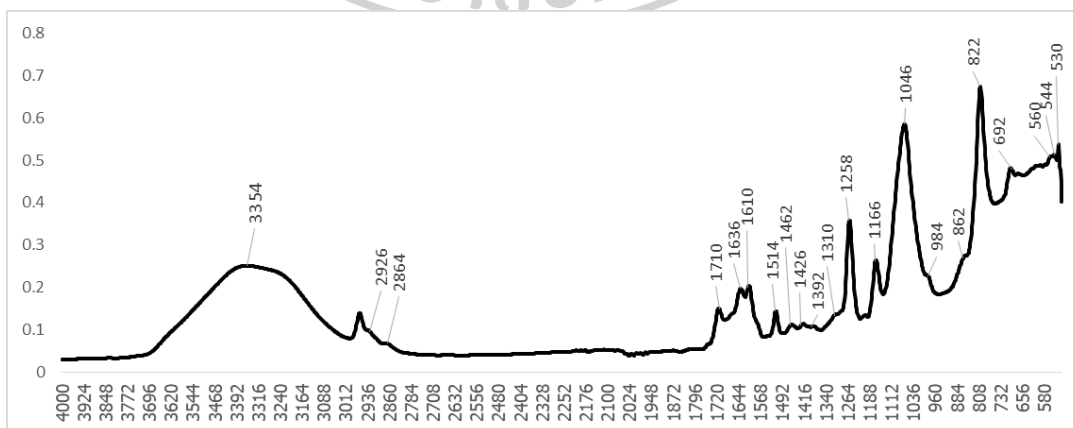
ตัวอย่างครีมกันแดด S1



ตัวอย่างคราบครีมกันแดดบนพื้นผิวผ้า F1

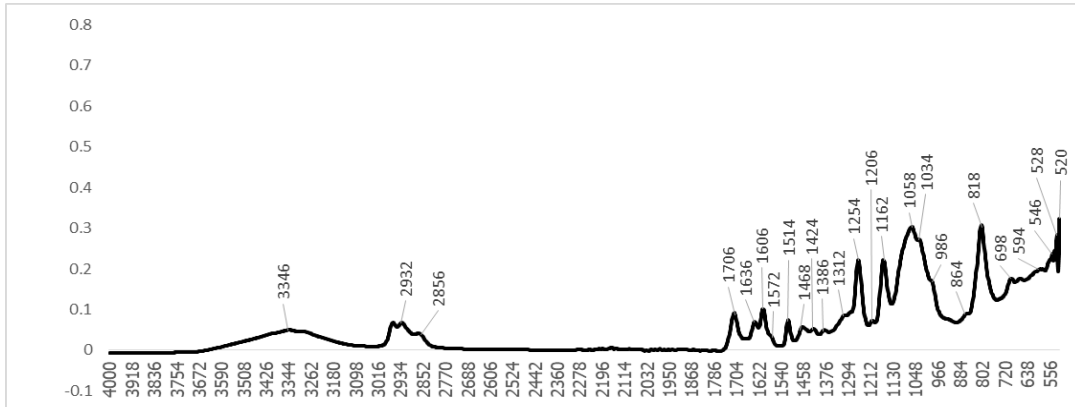


ตัวอย่างครีมกันแดด S2

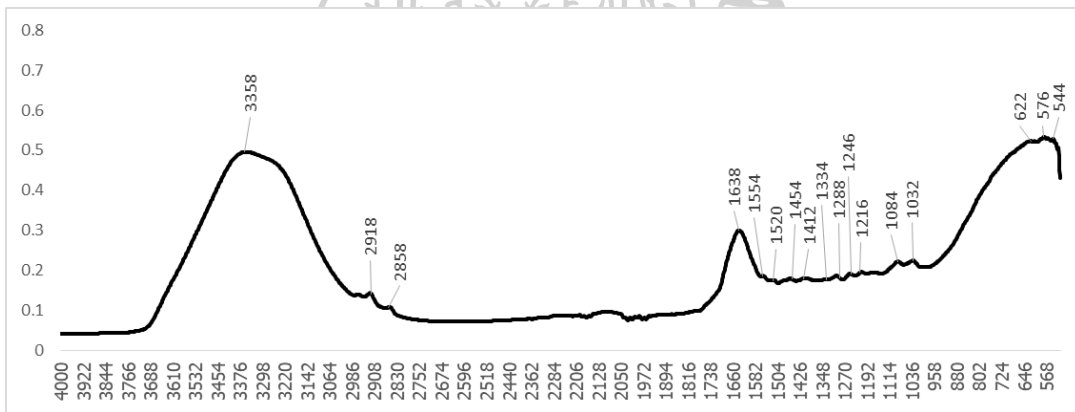




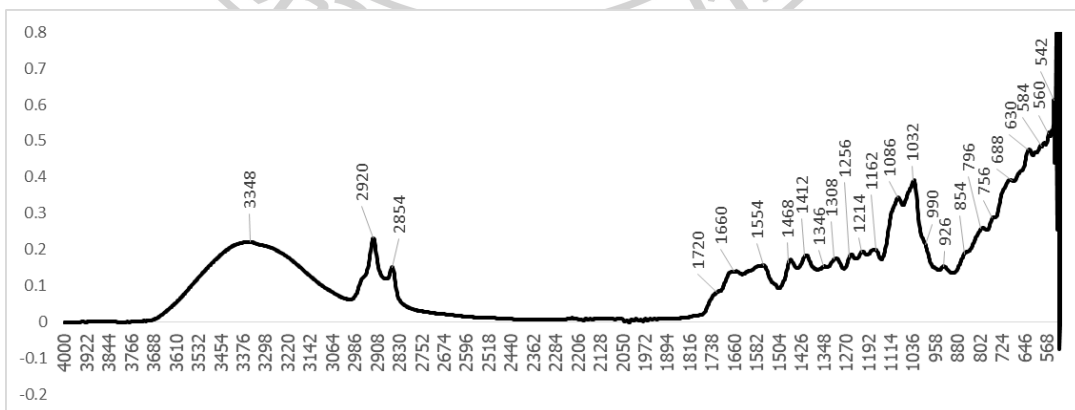
ตัวอย่างคราบคริมกันแดดบนพื้นผิวผ้า F2



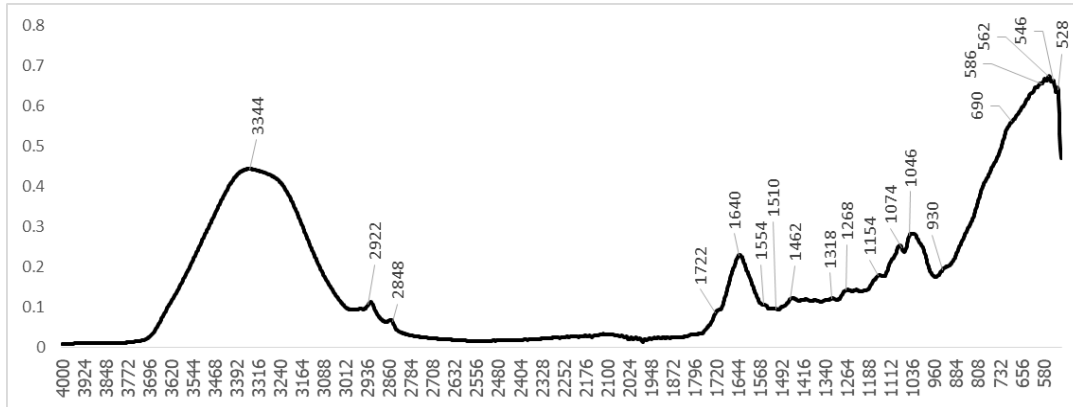
ตัวอย่างคริมกันแดด S3



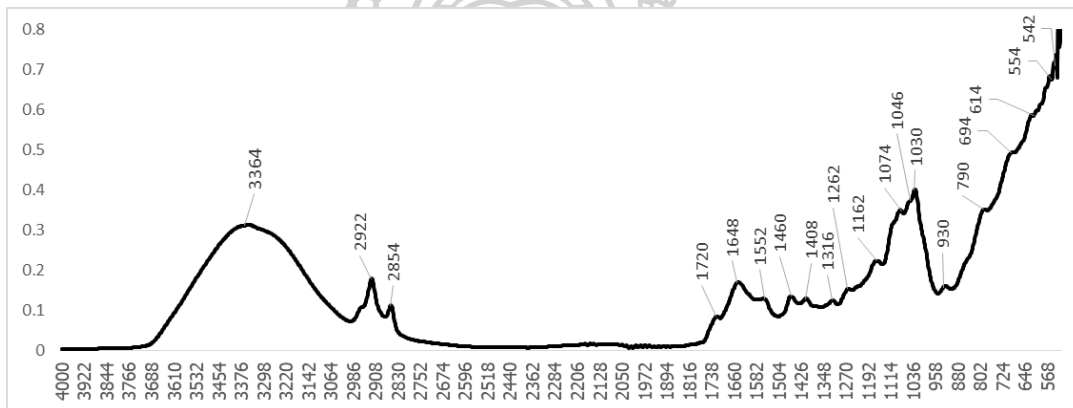
ตัวอย่างคราบคริมกันแดดบนพื้นผิวผ้า F3



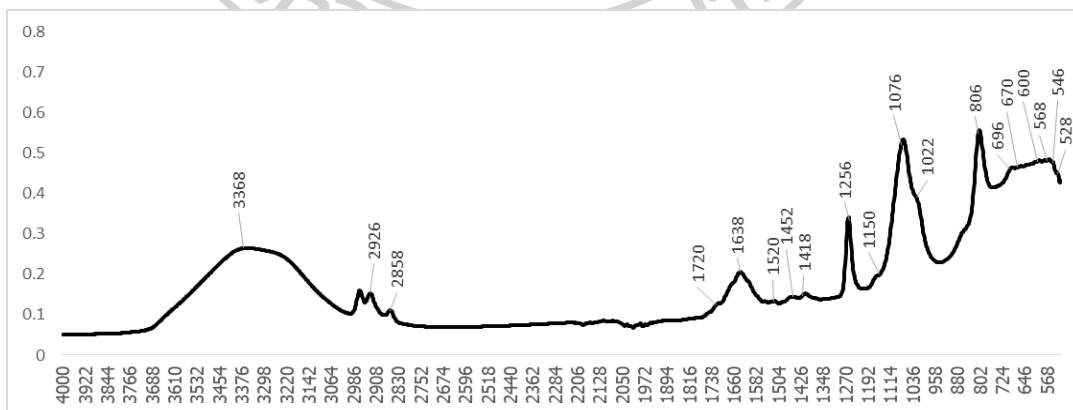
ตัวอย่างครีมกันแดด S4



ตัวอย่างครีมกันแดดบนพื้นผิวผ้า F4

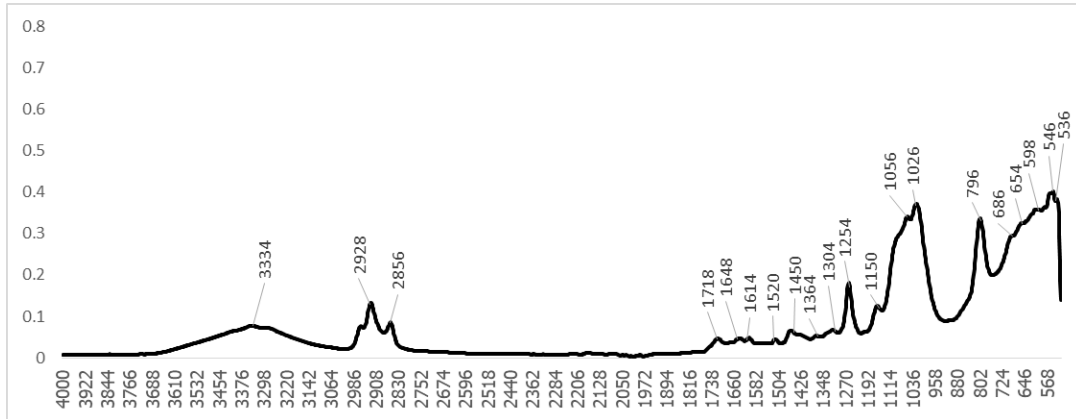


ตัวอย่างครีมกันแดด S5

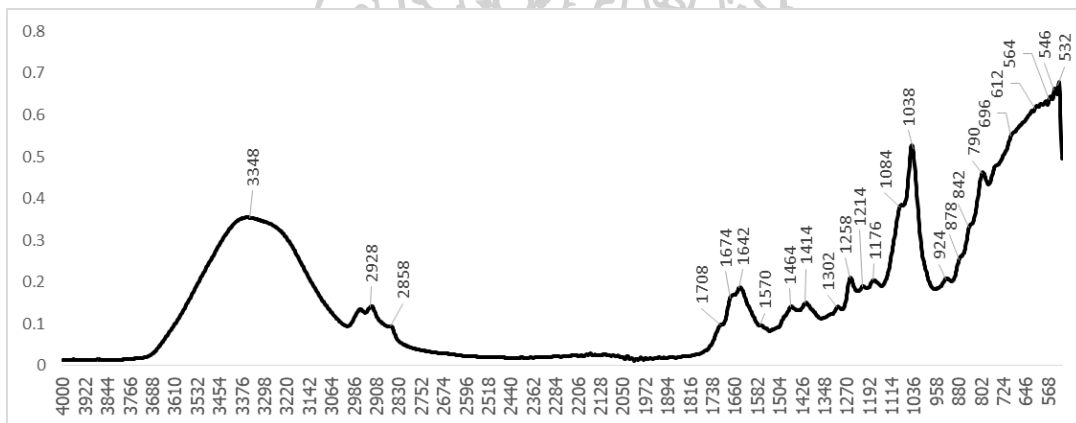




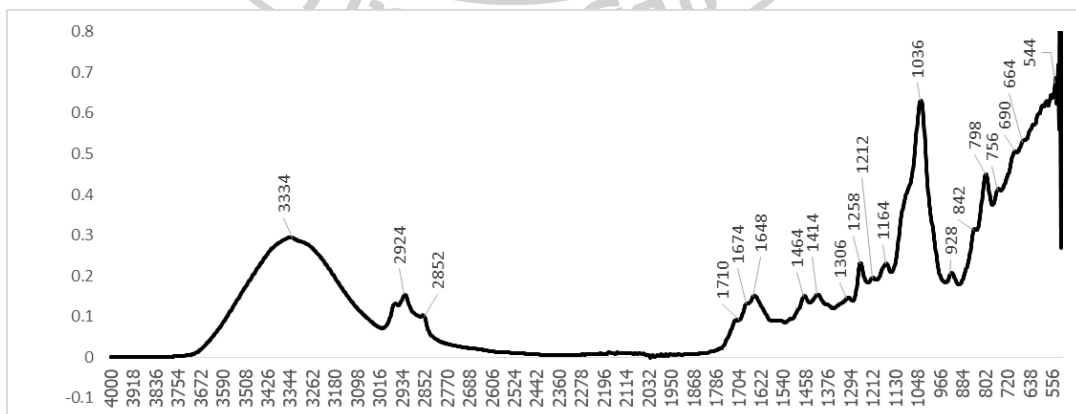
ตัวอย่างคราบคริมกันแดดบนพื้นผิวผ้า F5



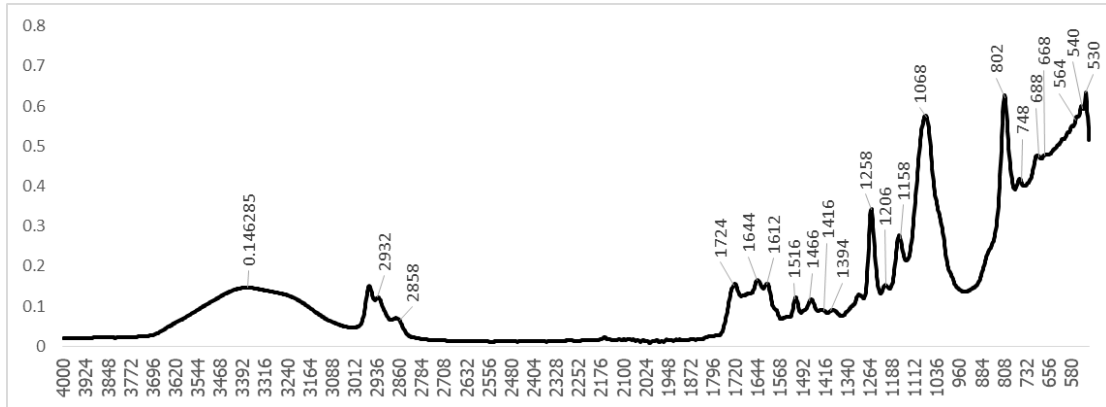
ตัวอย่างคริมกันแดด S6



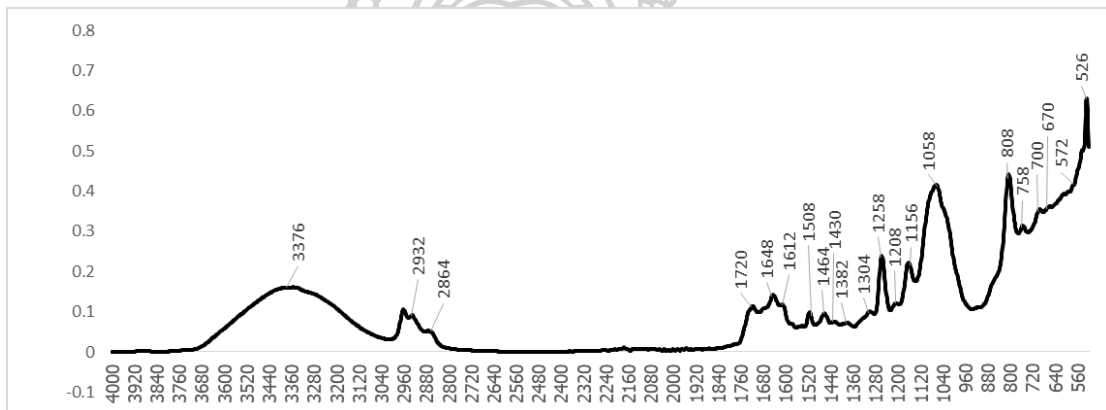
ตัวอย่างคราบคริมกันแดดบนพื้นผิวผ้า F6



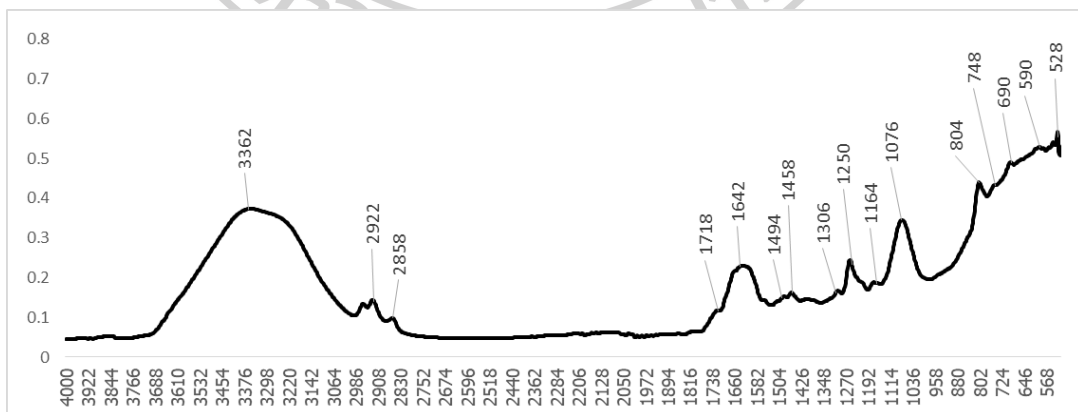
ตัวอย่างครีมกันแดด S7



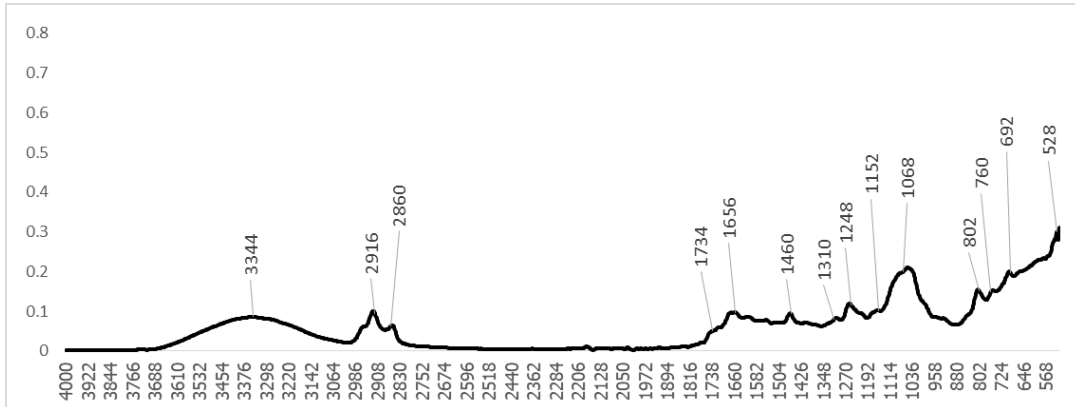
ตัวอย่างครีมกันแดดบนพื้นผิวผ้า F7



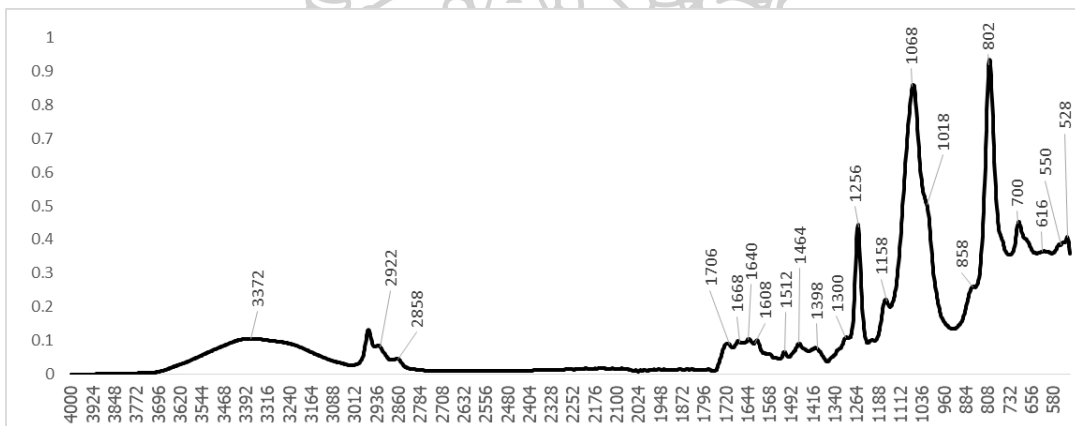
ตัวอย่างครีมกันแดด S8



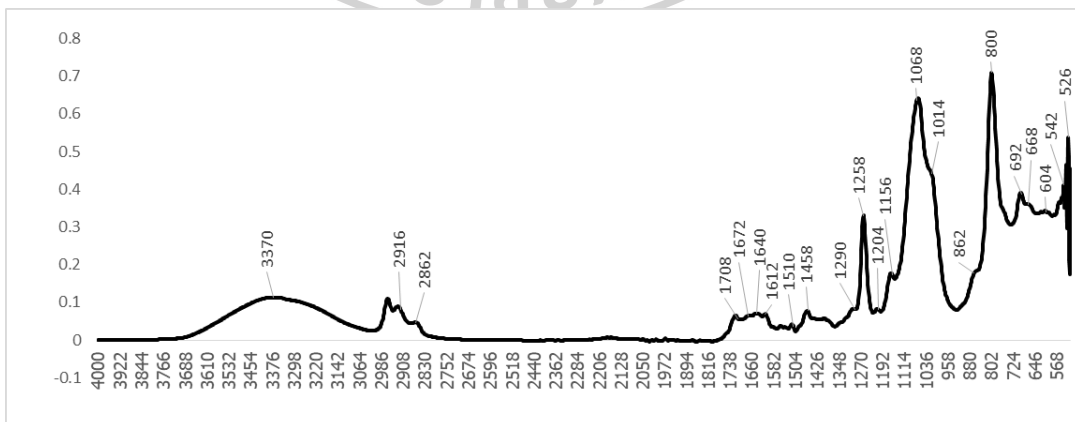
ตัวอย่างคราบครีมนักแคตบนพื้นผิวผ้า F8



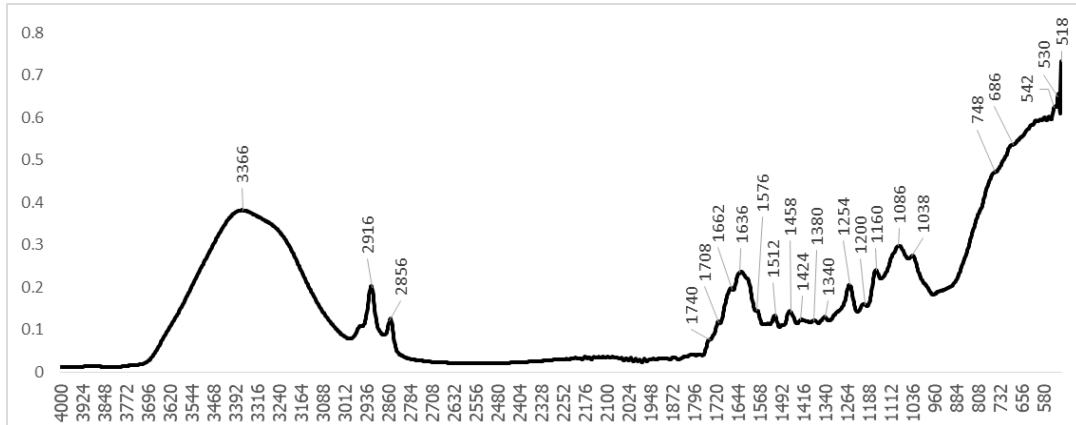
ตัวอย่างครีมนักแคต S9



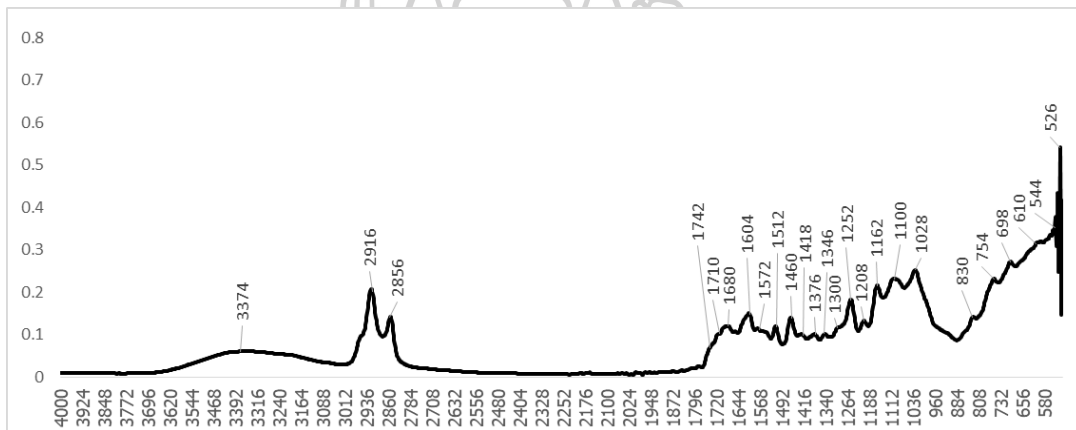
ตัวอย่างคราบครีมนักแคตบนพื้นผิวผ้า F9



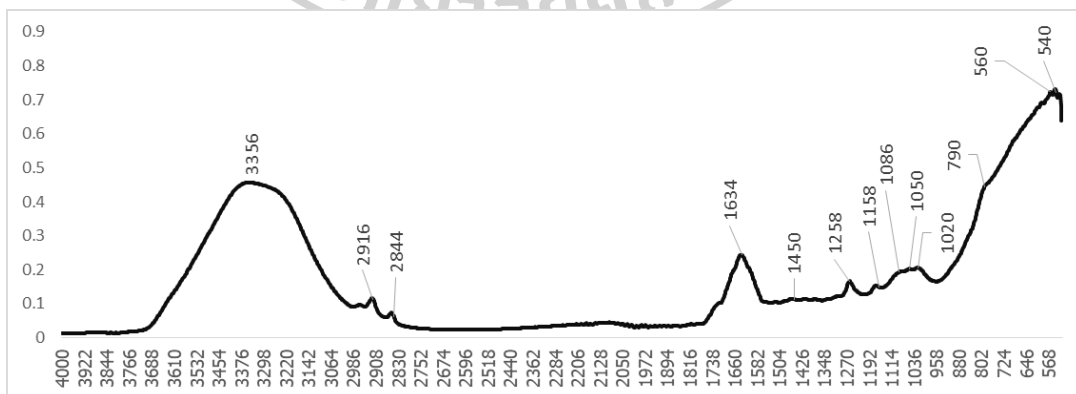
ตัวอย่างครีมกันแดด S10



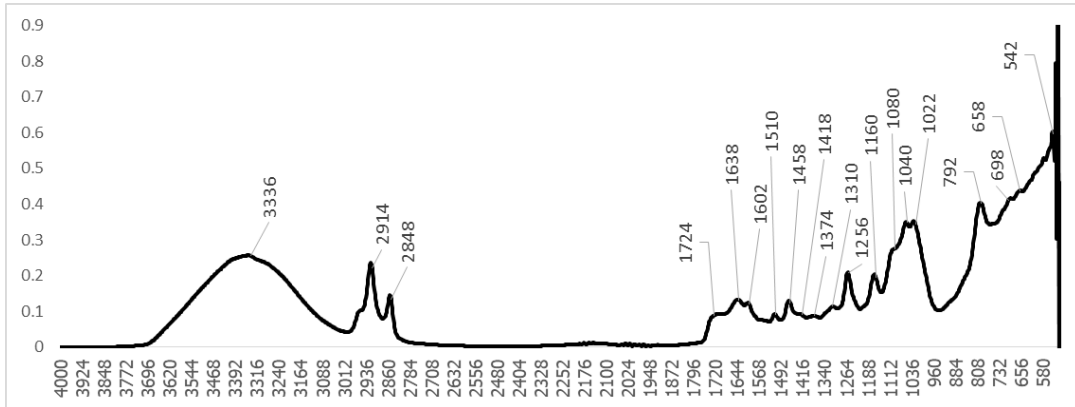
ตัวอย่างครีมกันแดดบนพื้นผิวผ้า F10



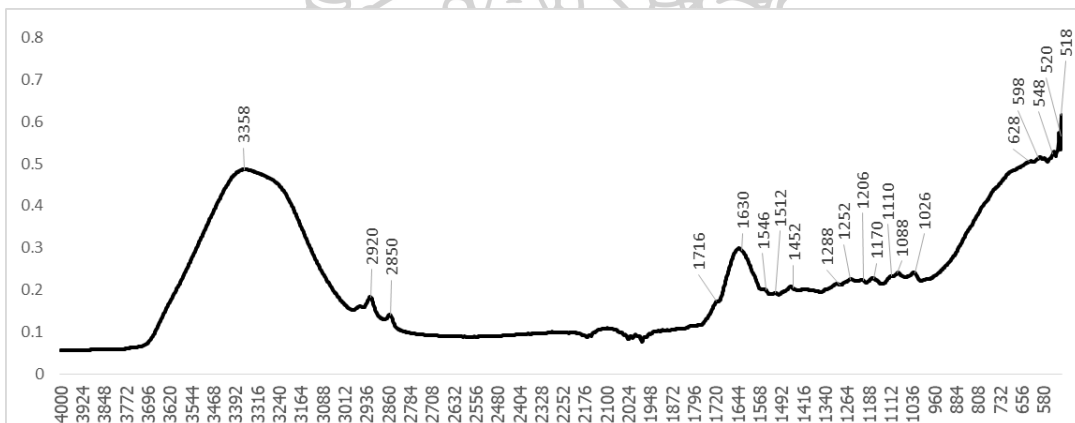
ตัวอย่างครีมกันแดด S11



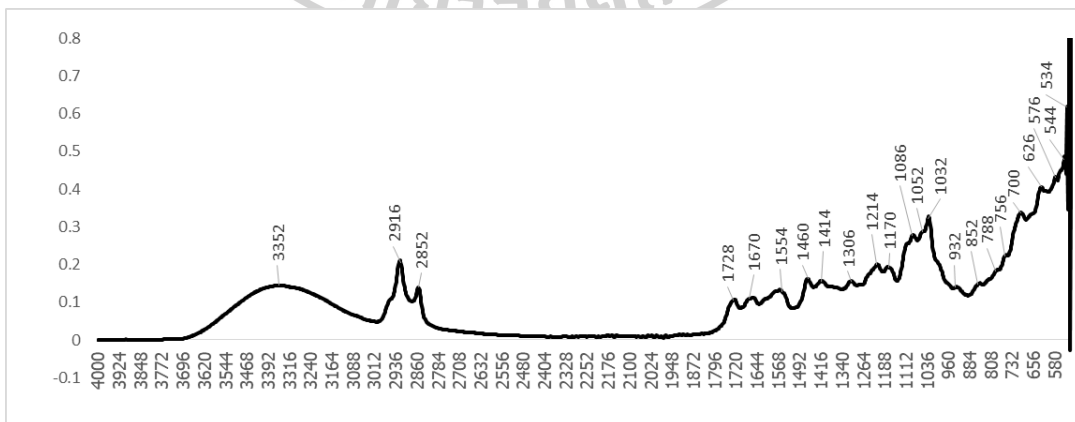
ตัวอย่างคราบครีมนั้นแดดบนพื้นผิวผ้า F11



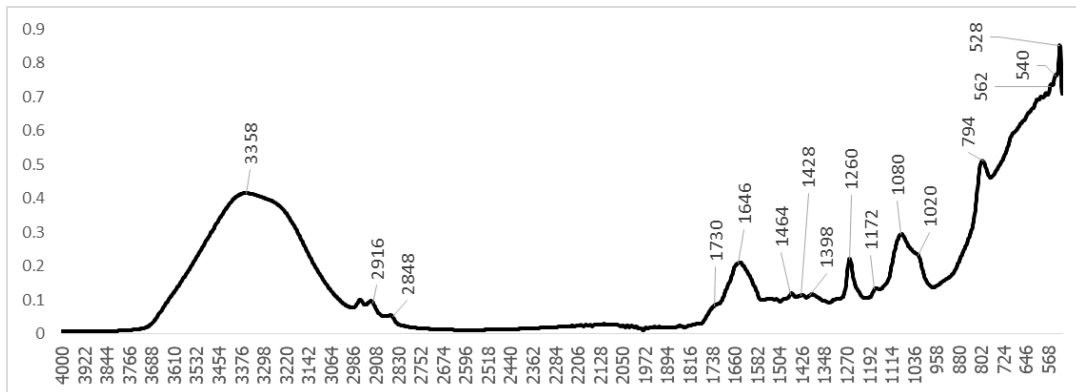
ตัวอย่างครีมนั้นแดด S12



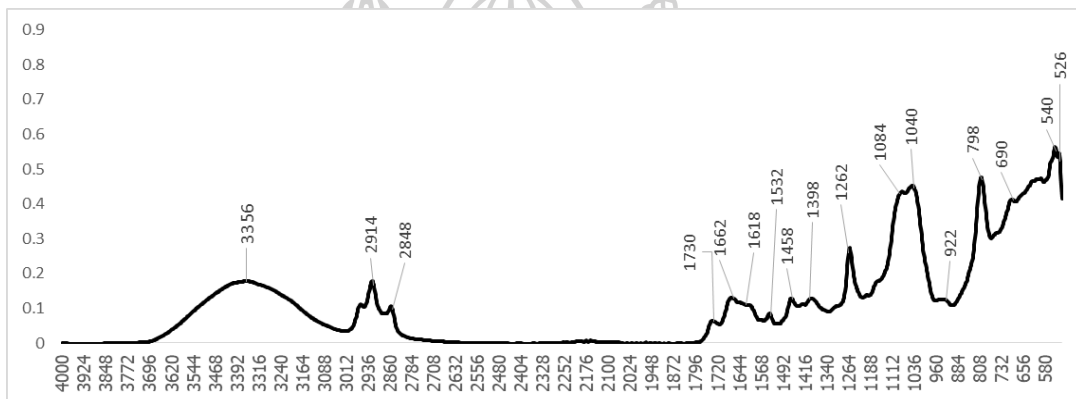
ตัวอย่างคราบครีมนั้นแดดบนพื้นผิวผ้า F12



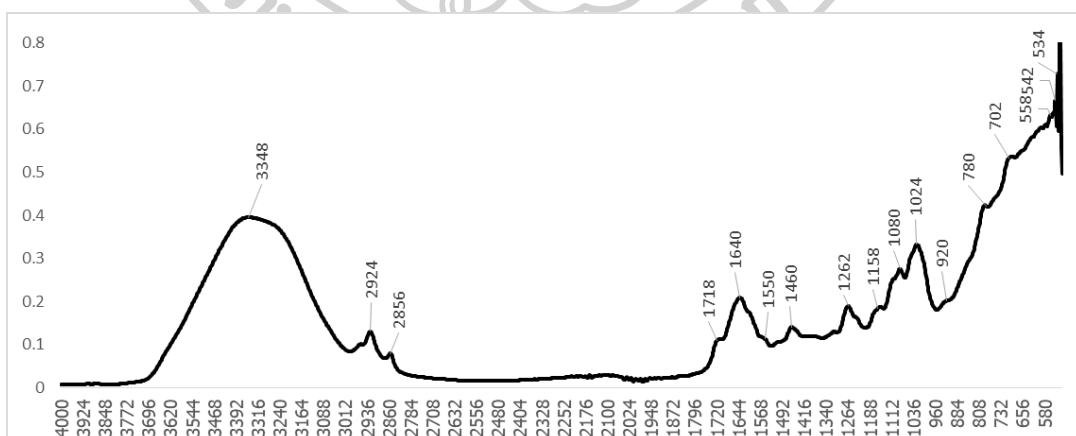
ตัวอย่างครีมกันแดด S13



ตัวอย่างครีมกันแดดบนพื้นผิวผ้า F13

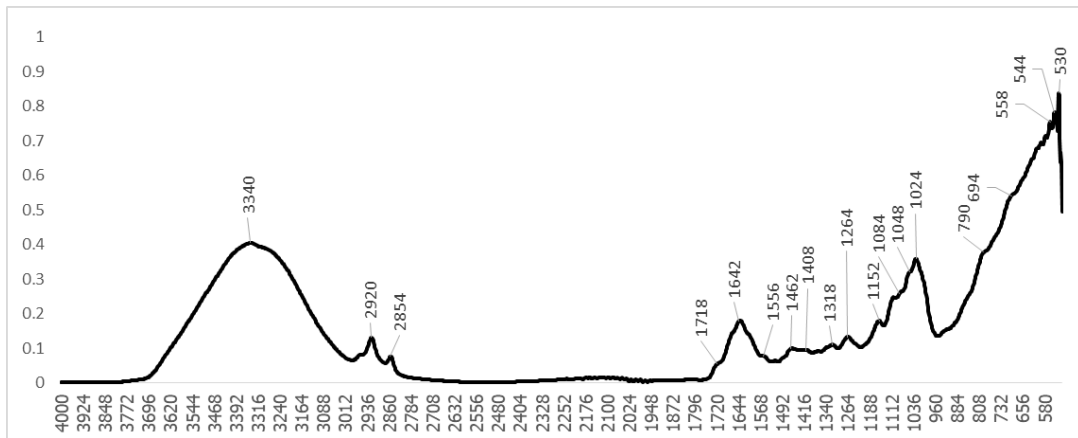


ตัวอย่างครีมกันแดด S14

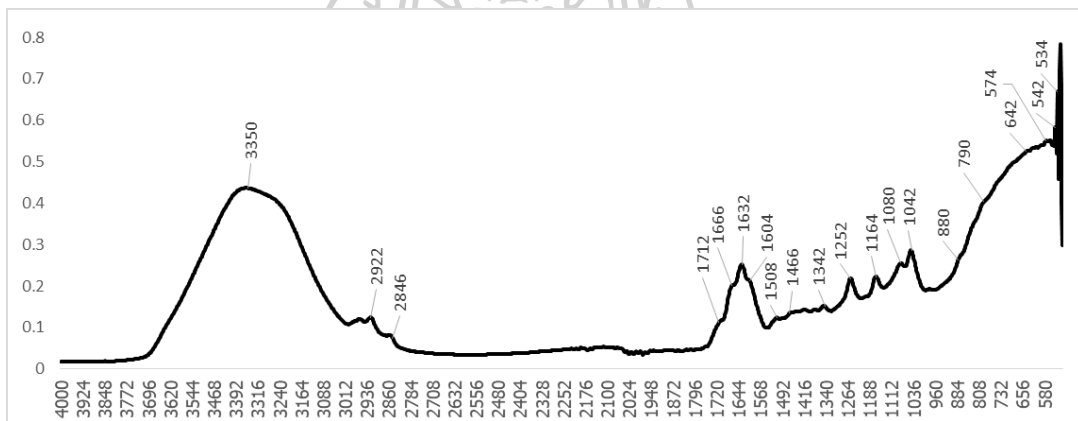




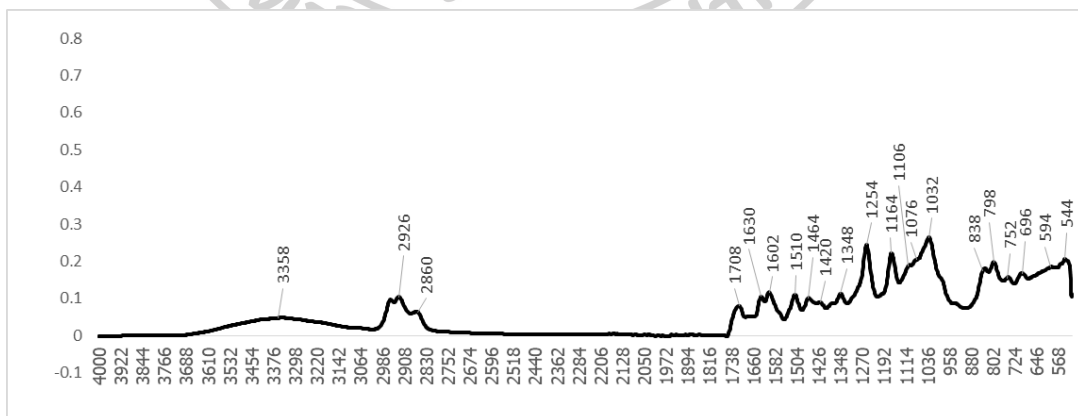
ตัวอย่างคราบครีมนักแคตบนพื้นผิวผ้า F14



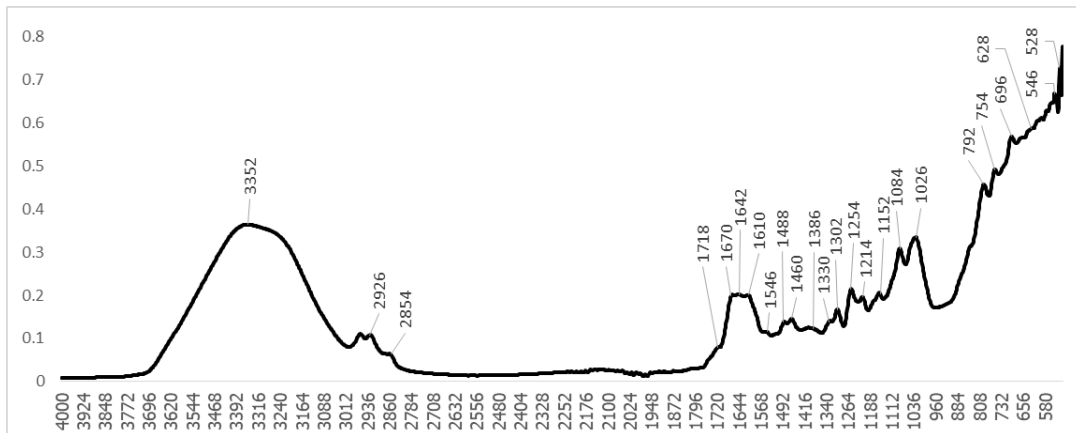
ตัวอย่างครีมนักแคต S15



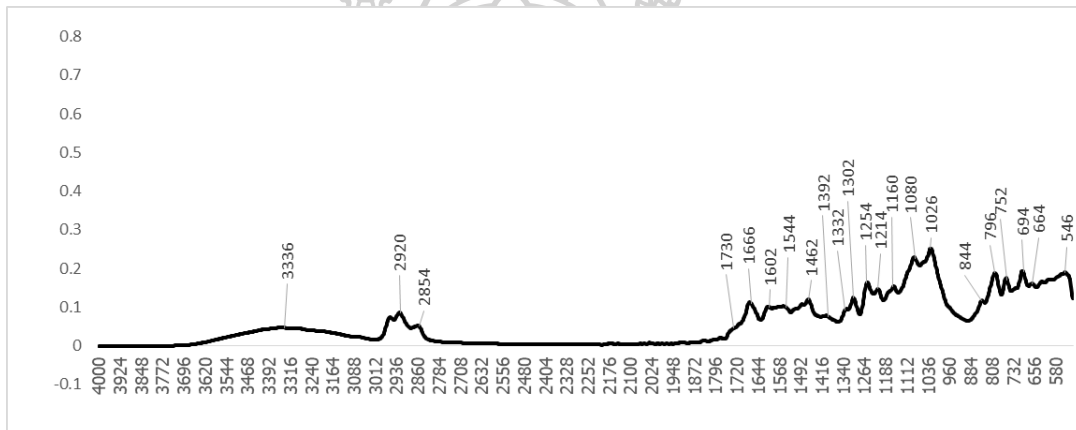
ตัวอย่างคราบครีมนักแคตบนพื้นผิวผ้า F15



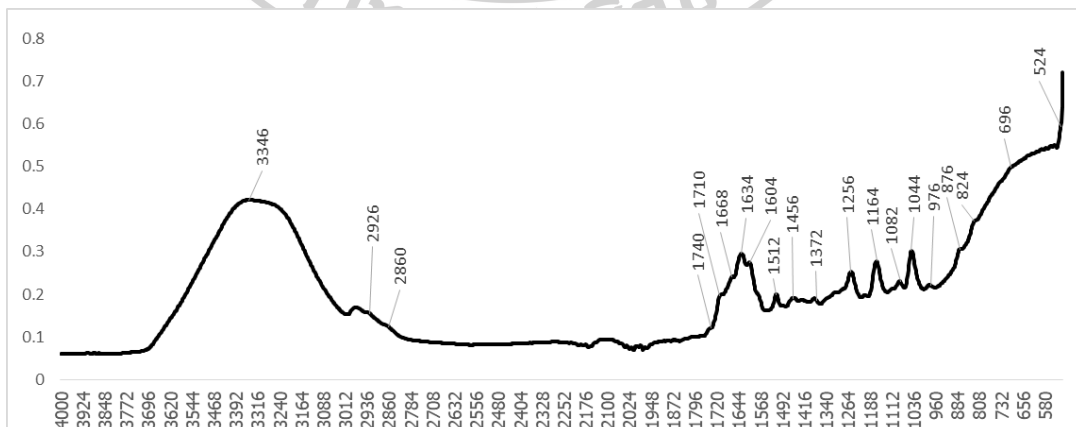
ตัวอย่างครีมกันแดด S16



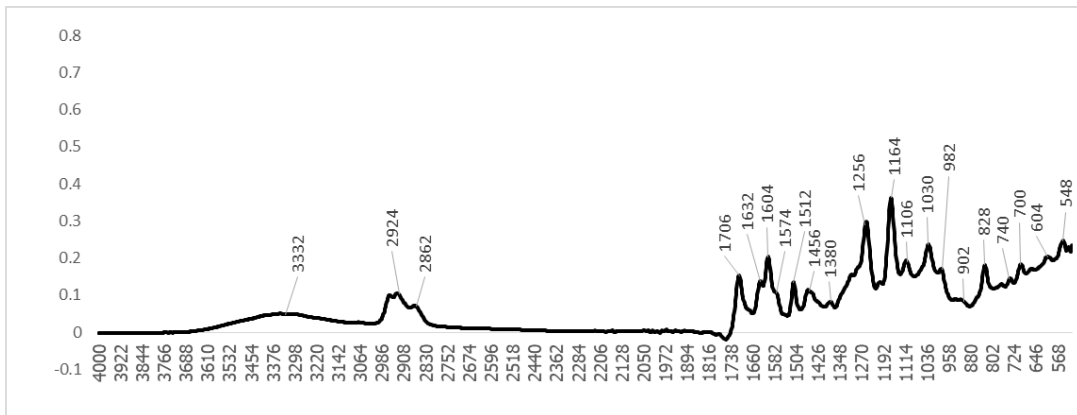
ตัวอย่างครีมกันแดดบนพื้นผิวผ้า F16



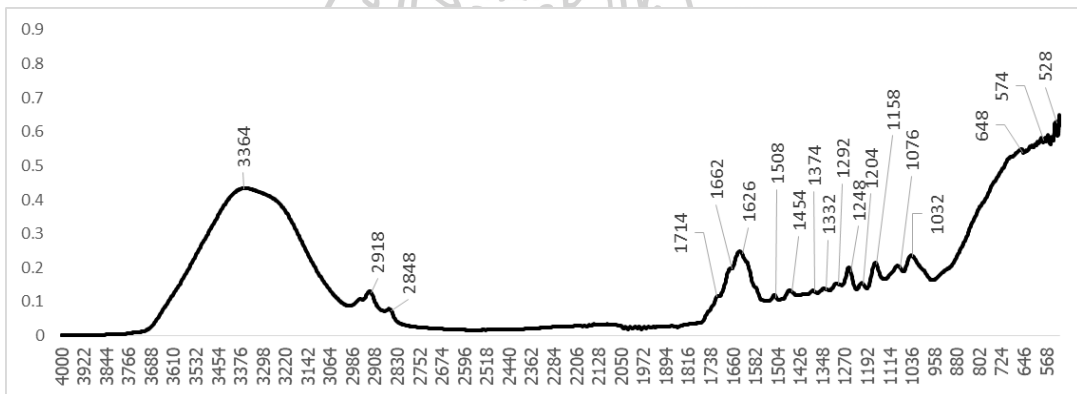
ตัวอย่างครีมกันแดด S17



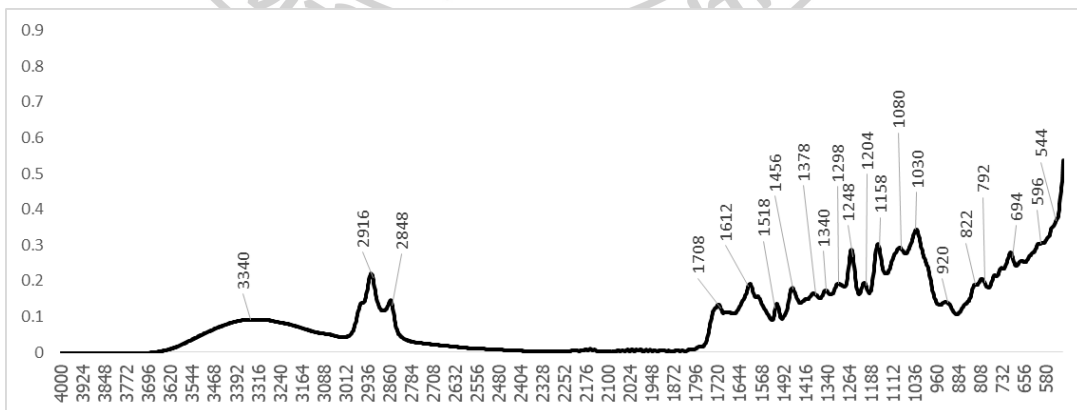
ตัวอย่างคราบครีมกันแดดบนพื้นผิวผ้า F17



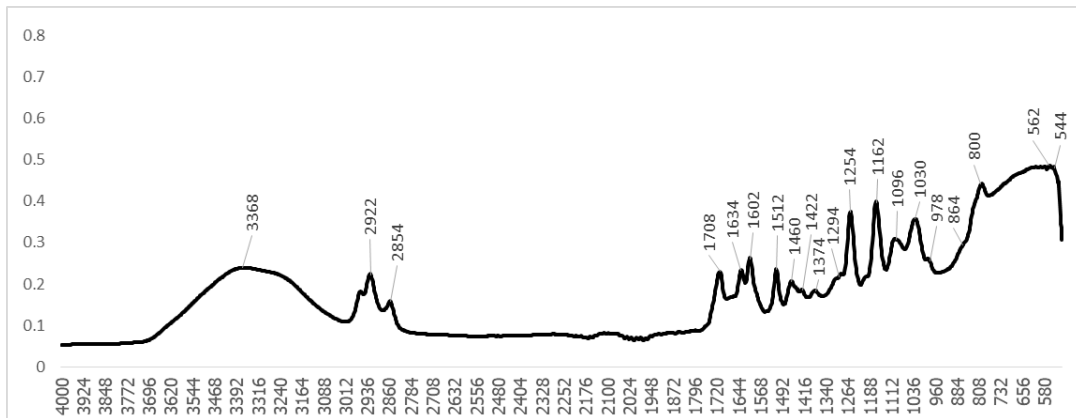
ตัวอย่างครีมกันแดด S18



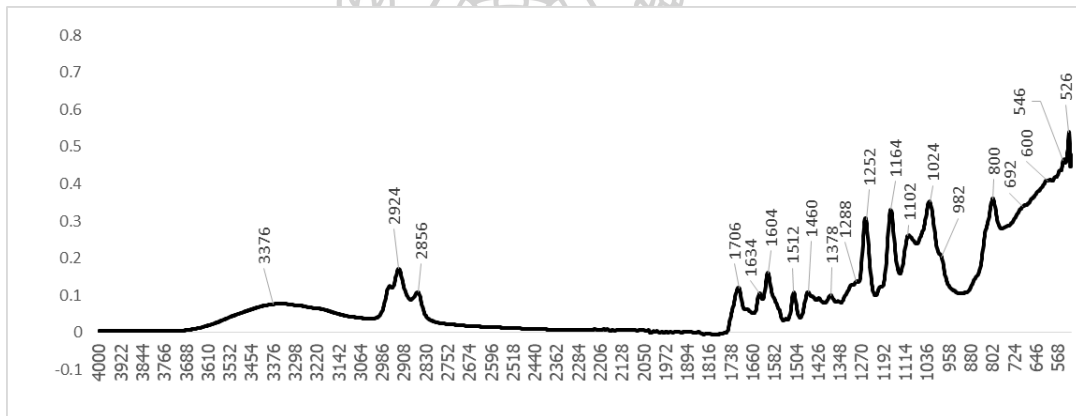
ตัวอย่างคราบครีมกันแดดบนพื้นผิวผ้า F18



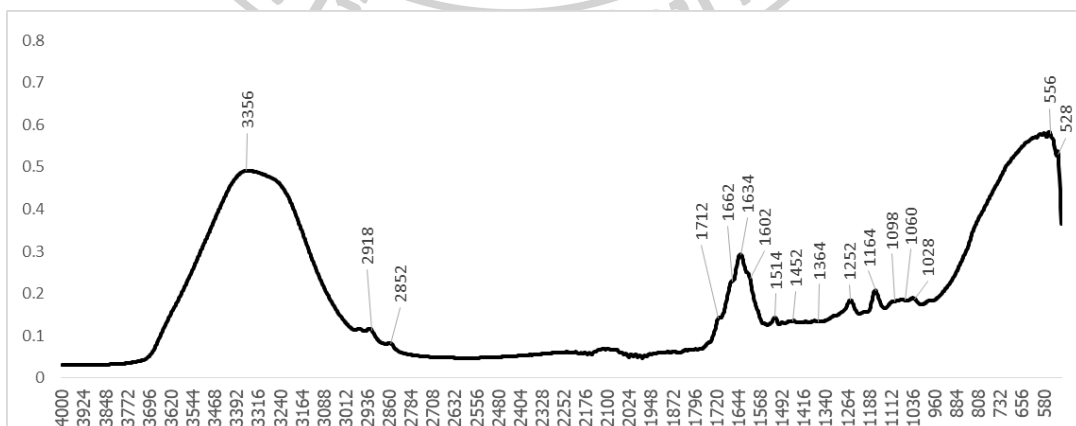
ตัวอย่างครีมกันแดด S19



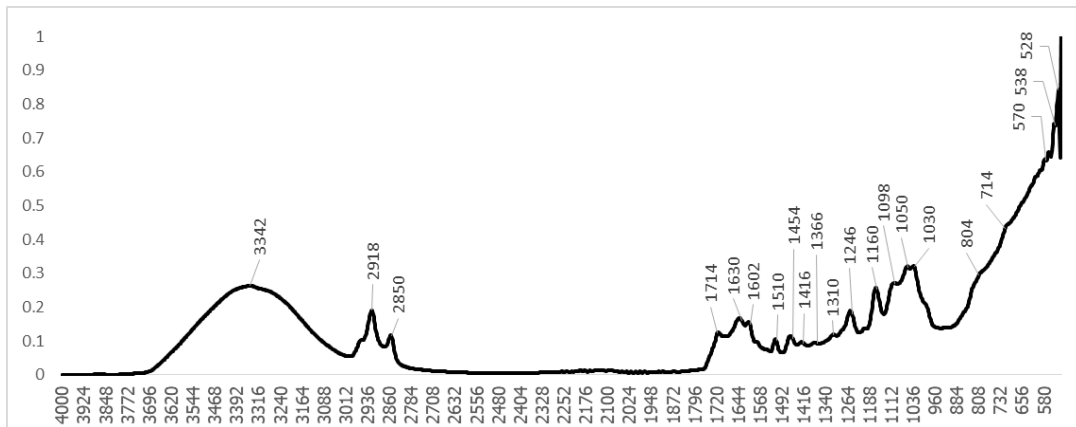
ตัวอย่างครีมกันแดดบนพื้นผิวผ้า F19



ตัวอย่างครีมกันแดด S20



ตัวอย่างกราฟครีมนักันแดดบนพื้นผิวผ้า F20









4	1510,1410,1340,1310,1230,1020,920,870,850,620,605,590,560,510,490,470,450,440,410	14	1660,1600,1530,1510,1490,1410,1310,1270,1230,1020,920,850,800,590,560,535,450
5	1660,1600,1510,1410,1340,1310,1060,1020,870,800,650,620,590,560,535,510,410	15	1660,1600,1530,1510,1490,1440,1410,1340,1140,920,870,800,750,620,590,560,535
6	1660,1510,1490,1410,1340,1310,1210,920,870,850,750,620,605,590,560,510,490,470,450,440	16	1660,1600,1510,1490,1410,1310,1290,1210,1140,1020,950,850,750,620,590,560,510,490,470,450,410
7	1660,1580,1530,1440,1410,1310,1230,870,770,720,640,590,560,535,510,450	17	1660,1610,1580,1510,1490,1410,1340,1310,1290,1210,1140,1020,970,920,850,770,750,620,590,560,510,490,470,450,440
8	1660,1600,1510,1490,1290,1210,1140,1060,990,920,800,750,620,590,560,535,510,440,410	18	1660,1600,1580,1510,1490,1410,1340,1290,1210,920,870,750,620,590,560,535,520,490,470,450,440,410
9	1660,1600,1510,1440,1410,1340,1310,1290,1210,1140,1060,1020,850,750,670,620,590,560,535,510,490,450	19	1660,1600,1530,1510,1440,1410,1340,1310,1290,1210,1020,920,870,750,670,620,590,560,535,510,470,450,440
10	1660,1600,1580,1510,1410,1340,1310,1210,1020,950,920,850,800,750,720,640,620,590,560,535,520,510,450,440,410	20	1660,1600,1580,1530,1510,1490,1440,1410,1340,1310,1290,1210,1020,870,750,620,590,560,535,510,490,450,440





4	1510,1410,1340,1310,1230,1020,920,870,850,620,605,590,560, 51490,470,450,440,410	14	1660,1600,1530,1510,1490,1410,1310,1270,1230, 1020,920,850,800,590,560,535
5	1660,1600,1510,1410,1340,1310,1060,1020,870,800,650,620,590, 560,535,410	15	1660,1600,1530,1510,1490,1440,1410,1340,1140,920,8 70,800,750,620,590,560,535
6	1660,1510,1490,1410,1340,1310,1210,920,870,850,750,620,605,59 0,560,510,470,450,440	16	1660,1600,1510,1490,1410,1310,1290,1210,1140, 1020,950,850,750,620,590,560,510,490,470,450,410
7	1660,1580,1530,1440,1410,1310,1230,870,770,720,640,590,560,535 ,510,450	17	1660,1610,1580,1510,1490,1410,1340,1310,1290, 1210,1140,1020,970,920,850,770,750,620,590,560, 510,490,470,450,440
8	1660,1600,1510,1490,1290,1210,1140,1060,990,920,800,750,620, 590,560,535,510,440,410	18	1660,1600,1580,1510,1490,1410,1340,1290,1210,920,8 70,750,620,590,560,535,520,450,440
9	1660,1600,1510,1440,1410,1340,1310,1290,1210,1140,1060,1020, 850,750,670,620,590,560,535,510,450	19	1660,1600,1530,1510,1440,1410,1340,1310,1290, 1210,1020,920,870,750,670,620,590,560,535,510,470,4 50,440
10	1660,1600,1580,1510,1410,1340,1310,1210,1020,950,920,850 ,800,750,720,640,620,590,560,535,520,510,440,410	20	1660,1600,1580,1530,1510,1490,1440,1410,1340, 1310,1290,1210,1020,870,750,620,590,560,535,510, 490,450,440

พืชที่ไม่ปรากฏในตัวอย่างครีมกัน และคราบครีมกันแดดบนพื้นผิวผ้าทั้ง 20 ยี่ห้อ

ครีมกันแดด	พืชที่หายไป	ครีมกันแดดบน พื้นผิวผ้า	พืชที่หายไป
1	-	1	481,425
2	-	2	-
3	-	3	510
4	-	4	631
5	600	5	510
6	-	6	490,481
7	-	7	-
8	490	8	-
9	-	9	490
10	-	10	481,450
11	-	11	527,520,481,470,450,440,410
12	-	12	1633,520,470,450,440,410
13	-	13	-
14	-	14	450
15	-	15	-
16	-	16	-
17	-	17	-
18	-	18	490,481,470,425,410
19	-	19	481
20	527	20	-



## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	กัญญารัตน์ นิลโต
วัน เดือน ปี เกิด	19 กุมภาพันธ์ 2541
สถานที่เกิด	สิงห์บุรี
วุฒิการศึกษา	-
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 26 ม.6 ต.พระงาม อ.พรหมบุรี จ.สิงห์บุรี 16120
ผลงานตีพิมพ์	-
รางวัลที่ได้รับ	-

