



การวิเคราะห์ตัวอย่างลิปสติกด้วยเทคนิค X-ray Diffraction (XRD) เพื่อประยุกต์ใช้ทางนิติ

วิทยาศาสตร์

โดย

นางสาวธัชพร พัทฒิมศรี



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ แผนก ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโทมหาบัณฑิต

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2565

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

การวิเคราะห์ตัวอย่างลิปสติกด้วยเทคนิค X-ray Diffraction (XRD) เพื่อประยุกต์ใช้ทาง  
นิติวิทยาศาสตร์



โดย  
นางสาวรัชพร ทับทิมศรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโทมหาบัณฑิต  
มหาวิทยาลัยศิลปากร  
ปีการศึกษา 2565  
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

ANALYSIS OF LIPSTICK SAMPLES BY X-RAY DIFFRACTION (XRD) TECHNIQUE  
FOR FORENSIC APPLICATIONS.



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for Master of Science (FORENSIC SCIENCE)

Silpakorn University

Academic Year 2022

Copyright of Silpakorn University

หัวข้อ	การวิเคราะห์ตัวอย่างลิปสติกด้วยเทคนิค X-ray Diffraction (XRD) เพื่อประยุกต์ใช้ทางนิติวิทยาศาสตร์
โดย	นางสาวธันชพร ทับทิมศรี
สาขาวิชา	นิติวิทยาศาสตร์ แผนก ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโท
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	อาจารย์ ดร. อรทัย เขียวพุ่ม

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

.....	คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นรงค์ ฉิมพาลี)	
พิจารณาเห็นชอบโดย	
.....	ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร. ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง)	
.....	อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(อาจารย์ ดร. อรทัย เขียวพุ่ม)	
.....	ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน
(อาจารย์ ดร. ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี)	
.....	ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(รองศาสตราจารย์ ดร. ยูภาพร สมิน้อย)	

630720006 : นิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโท

คำสำคัญ : ลิปстик, X-ray Diffraction (XRD)

นางสาว ธนัชพร ทับทิมศรี: การวิเคราะห์ตัวอย่างลิปстикด้วยเทคนิค X-ray Diffraction (XRD) เพื่อประยุกต์ใช้ทางนิติวิทยาศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : อาจารย์ ดร. อรทัย เขียวพุ่ม

ลิปстикเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่ใช้แต่งแต้มสีส้นให้กับริมฝีปาก บางครั้งอาจพบลิปстикที่งั้วบนเสื้อผ้าเพื่อเป็นหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตัวอย่างลิปстикด้วยเทคนิค X-ray diffraction (XRD) ซึ่งในการวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างลิปстикเนื้อแมท (Matte Lipstick) และเนื้อลิกวิด (Liquid Lipstick) ที่มีสีห้อแตกต่างกัน จำนวน 24 ตัวอย่างจากตลาดในประเทศไทย โดยการวิเคราะห์ XRD โดยตรงกับตัวอย่างลิปстик และตัวอย่างรอยลิปстикบนเสื้อผ้า พบว่า XRD diffractograms ของตัวอย่าง 24 ตัวอย่างแสดงตำแหน่ง 2-Theta (degree) ที่แตกต่างกัน ดังนั้นจากผลการวิจัยนี้เสนอแนะให้เห็นว่า เทคนิค XRD สามารถใช้ในการระบุและจับคู่ตัวอย่างลิปстикสำหรับการตรวจสอบทางนิติวิทยาศาสตร์ได้



630720006 : Major (FORENSIC SCIENCE)

Keyword : Lipstick/ X-ray Diffraction (XRD)

MISS Thanatchaporn TABTIMSRI : Analysis of Lipstick Samples by X-ray Diffraction (XRD) Technique for Forensic Applications. Thesis advisor : Orathai Kheawpum, Ph.D.

Lipstick is a cosmetic invention used to apply coloration to lips. The Lipstick may be found left on clothing as forensic evidence. The objective of this study is to characterize lipstick samples by the technique of X-ray diffraction (XRD). In this research, twenty-four samples of Matte and liquid lipsticks of different brands were collected from the market in Thailand. XRD measurements were performed directly on the lipsticks and samples of lipstick stains on clothes. It was found that the diffractograms of twenty-four samples displayed peak positions at different values of 2-theta (degree). The results from this work suggested that the XRD technique may be used in identification and matching and of the lipstick sample for forensic investigation.



## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจาก อาจารย์ ดร.อรทัย เขียวพุ่ม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำ แนวทางในการทำวิจัย ตลอดจนตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ผู้วิจัยซาบซึ้งในความกรุณา และขอกราบ ขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง ประธานกรรมการสอบ วิทยานิพนธ์อาจารย์ ดร.ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน และรองศาสตราจารย์ ดร.ยุภาพร สมิน้อย ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาสละเวลาในการให้คำปรึกษาและแนะนำเกี่ยวกับรายละเอียดใน การทดลองตั้งแต่เริ่มต้น และได้ให้คำแนะนำทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์และมีคุณค่ามากขึ้น

ขอขอบพระคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากรที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และ เครื่องมือสำหรับใช้ในการทดลองงานวิจัยสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บิดามารดา ครู อาจารย์ทุกท่าน ที่สั่งสอนอบรมให้ความรู้ รวมทั้งผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่มิได้เอ่ยนาม ซึ่งมีส่วนช่วยให้วิทยานิพนธ์นี้มีความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นางสาว ธนัชพร ทับทิมศรี



## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูปภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
สมมติฐานของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
ประโยชน์ที่จะได้รับ.....	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเครื่องสำอางประเภทลิปสติก.....	5
1.1 ประเภทของเครื่องสำอางประเภทลิปสติก.....	5
1.2 ส่วนประกอบของเครื่องสำอางประเภทลิปสติก.....	6
2. เครื่องมือ X-ray Diffractometer (XRD).....	9
2.1 ทฤษฎีของเครื่อง X-ray Diffractometer (XRD).....	9
2.2 หลักการของเครื่อง X-ray Diffractometer (XRD).....	10
บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	12
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	14



3.1 เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้การวิจัย .....	14
3.2 ตัวอย่างลิปสติกที่ใช้ในการวิจัย .....	15
3.3 วิธีการทดลอง.....	15
3.3.1 การเตรียมตัวอย่างลิปสติก.....	15
3.3.2 การเตรียมตัวอย่างรอยลิปสติกบนผ้าฝ้าย 100 %.....	15
3.3.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างลิปสติกโดยเทคนิค X-ray Diffraction (XRD).....	16
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	17
4.1 ศึกษาตัวอย่างลิปสติก ด้วยเทคนิค X-ray diffraction (XRD).....	17
4.2 ศึกษาตัวอย่างรอยลิปสติกบนผ้าฝ้าย 100% ด้วยเทคนิค X-ray Diffraction (XRD).....	24
4.3 การเปรียบเทียบ XRD diffractograms ตัวอย่างรอยลิปสติกและ ตัวอย่างรอยลิปสติกบนผ้า ฝ้าย 100%.....	30
บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผลการทดลอง .....	35
5.1. สรุปและอภิปรายผลการทดลอง.....	35
ข้อเสนอแนะในการวิจัย.....	37
รายการอ้างอิง.....	38
ภาคผนวก.....	40
ประวัติผู้เขียน.....	66

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 รายชื่อสีย้อมที่มักพบในลิปสติกสีแดง.....	7
ตารางที่ 2 เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้การวิจัย.....	14
ตารางที่ 3 สภาวะของเครื่อง X-ray diffractometer (Measurement conditions).....	16
ตารางที่ 4 แสดงผล XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติก.....	23
ตารางที่ 5 แสดงผล XRD diffractograms ของตัวอย่างรอยลิปสติกบนผ้าฝ้าย.....	30
ตารางที่ 6 เปรียบเทียบตำแหน่งพีค 2-Theta (degree) ของตัวอย่างลิปสติก.....	33



## สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 โครงสร้างทางเคมี carnauba wax.....	6
ภาพที่ 2 โครงสร้างทางเคมี Beeswax .....	7
ภาพที่ 3 แผนภาพแสดงกฎของ Bragg ของคลื่นรังสีเอกซ์คู่ขนาน 2 คลื่น .....	9
ภาพที่ 4 เครื่อง X-ray diffractometer (XRD) ยี่ห้อ Malvern Panalytical รุ่น Aeris .....	10
ภาพที่ 5 การคายรังสีเอกซ์.....	11
ภาพที่ 6 แผนภาพของการทำงานของ X-ray diffractometer (XRD).....	11
ภาพที่ 7 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Merrez'ca .....	17
ภาพที่ 8 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Maybelline.....	18
ภาพที่ 9 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Cute press .....	19
ภาพที่ 10 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ In 2 it .....	20
ภาพที่ 11 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Mistine.....	21
ภาพที่ 12 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Cathy Doll .....	22
ภาพที่ 13 XRD diffractogram ของตัวอย่างผ้าฝ้ายสีขาว (Cotton) 100%.....	24
ภาพที่ 14 XRD diffractograms ของตัวอย่างรอยลิปสติกยี่ห้อ Merrez'ca บนผ้าฝ้าย.....	25
ภาพที่ 15 XRD diffractograms ของตัวอย่างรอยลิปสติกยี่ห้อ Maybelline บนผ้าฝ้าย.....	25
ภาพที่ 16 XRD diffractograms ของตัวอย่างรอยลิปสติกยี่ห้อ Cute press บนผ้าฝ้าย .....	26
ภาพที่ 17 XRD diffractograms ของตัวอย่างรอยลิปสติกยี่ห้อ In 2 it บนผ้าฝ้าย .....	27
ภาพที่ 18 XRD diffractograms ของตัวอย่างรอยลิปสติกยี่ห้อ Mistine ผ้าฝ้าย .....	28
ภาพที่ 19 XRD diffractograms ของตัวอย่างรอยลิปสติกยี่ห้อ Cathy Doll บนผ้าฝ้าย.....	29
ภาพที่ 20 XRD diffractograms ของตัวอย่าง Merrez'ca.....	31
ภาพที่ 21 XRD diffractograms ของตัวอย่าง Maybelline.....	31

ภาพที่ 22 XRD diffractograms ของตัวอย่าง Cute press ..... 31

ภาพที่ 23 XRD diffractograms ของตัวอย่าง In 2 it ..... 32

ภาพที่ 24 XRD diffractograms ของตัวอย่าง Mistine..... 32

ภาพที่ 25 XRD diffractograms ของตัวอย่าง Mistine..... 32



## บทที่ 1

### บทนำ

#### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ศิลปะการทาลิปสติกบนริมฝีปากเพื่อความสวยงามมีมาหลายศตวรรษและศิลปะนี้ยังคงได้รับความนิยม แม้ในยุคปัจจุบันอุตสาหกรรมสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางนี้กำลังเฟื่องฟูอย่างรวดเร็วและมีหลาย ผลิตภัณฑ์ลิปสติกใหม่ ๆ มากมายที่เพิ่มเข้ามาในตลาดอย่างต่อเนื่อง จากความแพร่หลายและการใช้เป็นประจำของลิปสติก ผลิตภัณฑ์ลิปสติกสามารถถ่ายโอนได้ง่ายเมื่อสัมผัสกับวัสดุอื่น ๆ ทำให้มีแนวโน้มที่จะช่วยไขคดีในคดีอาญา โดยเฉพาะคดีทำร้ายร่างกายและทางเพศต่อผู้หญิง คดีฆ่าตัวตายที่เหยื่อถึงบ้านทักเป็นลายลักษณ์อักษรไว้ และการกระทำความผิดทางอาญาอื่น ๆ (Chophi, R. และ คณะ (2019)) เช่น กรณีคดีการขโมยของในร้านขายเสื้อผ้าตามคำให้การของเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยคนหนึ่งได้สังเกตเห็นผู้หญิงคนหนึ่งนำเสื้อกันหนาวปิดปาก จากนั้นนำเสื้อกันหนาวตัวดังกล่าวใส่กระเป๋าแล้วออกจากร้านโดยไม่จ่ายค่าสินค้า ภายหลังจากตรวจสอบและสอบสวน ปรากฏว่าผู้หญิงคนนั้นกดป้ายราคาพลาสติกออกจากเสื้อกันหนาว แต่ได้ทิ้งรอยลิปสติกไว้บนป้ายที่เย็บติดกับเสื้อกันหนาว และเมื่อเจ้าหน้าที่ตรวจสอบหลักฐานแสดงให้เห็นว่าร่องรอยลิปสติกมีองค์ประกอบทางเคมีที่สอดคล้องกับลิปสติกที่ทาบนปากผู้หญิงที่ถูกกล่าวหาว่าขโมย (Russell, LW และ Welch, AE (1984)) จะเห็นได้ว่าหลักฐานลิปสติกที่พบบนพื้นผิววัสดุต่าง ๆ จะบ่งชี้ถึงหลักฐานการสัมผัสทางกายภาพ และลักษณะเฉพาะของหลักฐานดังกล่าวสามารถใช้เป็นหลักฐานยืนยันเพื่อเชื่อมโยงผู้ต้องสงสัยกับเหยื่อ วัตถุหรือสถานที่ที่เป็นคดี ดังนั้นในปัจจุบันร่องรอยของลิปสติกจึงมีประโยชน์เป็นอย่างมากในการตรวจสอบทางด้านนิติวิทยาศาสตร์

คราบหรือรอยของลิปสติกอาจเป็นหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ที่สำคัญในการสืบสวน โดยเฉพาะในคดีของการข่มขืน การล่วงละเมิดทางเพศ การฆาตกรรม และการลักทรัพย์ อาจพบทั้งไว้บนพื้นผิว ต่างๆ เช่น กระดาษทิชชู ก้นบุหรี แก้วน้ำ ถ้วยน้ำ เสื้อผ้า เป็นต้น และถือเป็นหลักฐานทางอ้อมที่เชื่อมโยงผู้ต้องสงสัยกับเหยื่อหรือสถานที่ที่เกิดเหตุ อย่างไรก็ตาม การระบุตัวอย่างลิปสติกและการแยกความแตกต่างระหว่างลิปสติกเหล่านี้ อาจเป็นความท้าทายที่สำคัญ เนื่องจากลิปสติกส่วนใหญ่มีส่วนประกอบที่คล้ายคลึงกันมากมาย เช่น สารที่เพิ่มคุณภาพของลิปสติกให้มีความคงตัวดีขึ้น สารให้ความชุ่มชื้นแก่ผิวริมฝีปาก สารแต่งกลิ่นแต่งรส สารให้สี สารกันเสีย และสารป้องกันแสงแดด เป็นต้น (Gładysz, M. (2021)) ดังนั้น การวิเคราะห์หลักฐานของลิปสติกในทางนิติวิทยาศาสตร์เป็นงานที่ท้าทายในการแยกชนิด ประเภทของลิปสติก หรือองค์ประกอบทางเคมี เนื่องจากลิปสติกนั้น

ประกอบด้วยส่วนประกอบทางเคมีมากมาย ทั้งนี้ร่องรอยของลิปสติกที่พบในที่เกิดเหตุสามารถวิเคราะห์ได้ หากเป็นร่องรอยที่หลงเหลืออยู่บนพื้นผิวในรูปแบบของรอยพิมพ์ริมฝีปาก เหล่านี้วิเคราะห์ได้ยากกว่าลายนิ้วมือ เนื่องจากริมฝีปากของมนุษย์มีความยืดหยุ่น และมีแนวโน้มที่เปลี่ยนรูปเมื่อสัมผัสกับพื้นผิวที่แตกต่างกัน ซึ่งแต่ละครั้งที่ริมฝีปากสัมผัสบนพื้นผิวด้วยวิธีที่แตกต่างกันเล็กน้อย บ่อยครั้งจะพบเพียงร่องรอยเล็กๆ จากรอยพิมพ์ริมฝีปาก ซึ่งไม่เพียงพอสำหรับการระบุตัวตนได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นร่องรอยเล็กๆ ของลิปสติกจึงถูกนำไปตรวจสอบทางเคมีเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ลักษณะของร่องรอยลิปสติกที่ตรวจพบและเปรียบเทียบ แม้ว่าข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ร่องรอยของรอยลิปสติกดังกล่าวจะไม่ใช่หลักฐานโดยตรงในคดีแต่ข้อมูลเหล่านี้อาจมีบทบาทชี้ให้เห็นได้โดยการสร้างความเชื่อมโยงระหว่างผู้ต้องสงสัย เหยื่อ และสถานที่เกิดเหตุได้ (Gardner, P (2013))

การตรวจวิเคราะห์เปรียบเทียบและระบุลักษณะของลิปสติกชนิดต่าง ๆ ของ งานวิจัย Johny T. Abraham และคณะ (2007) ใช้เทคนิค XRD วิเคราะห์เปรียบเทียบลักษณะระหว่างลิปสติกบนเสื้อผ้าจากลิปสติก 6 ยี่ห้อที่มีสีชมพูและสีน้ำตาลกับลิปสติกควบคุม พบว่าผล XRD diffractograms แต่ละยี่ห้อมีความแตกต่างกันและสามารถระบุยี่ห้อตัวอย่างลิปสติกบนเสื้อผ้าได้ถูกต้อง งานวิจัย Salahioglu, F. และ Went, M.J. (2012) ใช้เทคนิค Raman spectroscopy วิเคราะห์ลิปสติกบนพื้นผิวแก้ว และเก็บไว้ภายใต้เงื่อนไขห้องปฏิบัติการเป็นเวลา 1 ปี โดยมีการดำเนินการตรวจสอบเป็นระยะ ๆ อย่างเป็นระบบ พบว่าสเปกตรัมของร่องรอยลิปสติกไม่มีการเปลี่ยนแปลง แสดงให้เห็นว่าหลักฐานจากร่องรอยของลิปสติกมีความคงทนที่สามารถตรวจวิเคราะห์และเปรียบเทียบลักษณะของสเปกตรัมได้ งานวิจัย Abdullah, A.F.L. และคณะ (2011) ใช้เทคนิค GC-MS วิเคราะห์จำแนกลิปสติกสีแดง 53 แห่ง โดยนำลิปสติกทาบนกระดาษ 4x4 มิลลิเมตร จากนั้นทำการสกัดและวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS พบว่าผลโครมาโตกราฟสามารถจำแนก แยกความแตกต่างของลิปสติกได้ทั้งหมด ถึงแม้ว่าโครมาโตกราฟที่คล้ายคลึงกัน งานวิจัย Gardner et al. (2013) ได้วิเคราะห์ความแตกต่างของลิปสติก 80 ชนิดโดยใช้วิธี Raman spectroscopy พบว่าแยกความแตกต่างของลิปสติกที่นำมาวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคดังกล่าวได้ถึง 95% งานวิจัย Tongdeeters, T. (2014) เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของลิปสติกโดยเทคนิค ATR-FTIR และเทคนิค TGA เพื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีและจำแนกลิปสติก พบว่าการศึกษาจากเทคนิค ATR-FTIR และเทคนิค TGA มาใช้ร่วมกับข้อมูลชนิดสีของลิปสติก จะสามารถจัดกลุ่มของตัวอย่างได้ 37 กลุ่ม งานวิจัย Ezejobogu M.O., Osadolo, H.B.r. (2019) โดยใช้เทคนิค TLC และ GC-FID วิเคราะห์แยกองค์ประกอบของลิปสติกสีต่างๆ 8 ชนิดที่บนริมฝีปากของอาสาสมัครและให้แต่ละคนทิ้งรอยปากไว้

บนถ้วยชา 3 ใบ ทั้งเป็นเวลา 2-4 สัปดาห์ ในห้องปฏิบัติการ พบว่าเทคนิค TLC ไม่สามารถวิเคราะห์แยกความแตกต่างได้ ซึ่งตรงข้ามกับเทคนิค GC-FID ที่สามารถวิเคราะห์แยกความแตกต่างของลิปสติกได้ นอกจากนี้งานวิจัย Chophi, R. et. (2020) ใช้เทคนิค ATR-FTIR วิเคราะห์ความแตกต่างของลิปสติกสีแดง ที่ทาบนเสื้อผ้าฝ้าย กระดาษทิชชู พลาสติก และ แก้ว พบว่าสามารถการจำแนกและเปรียบเทียบความแตกต่างของลิปสติกบนพื้นผิวต่างๆ ได้อย่างแม่นยำ

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเห็นได้ว่าลิปสติกมีลักษณะที่แตกต่าง เช่น เหนียวมัน หนืด และความคงทนของลิปสติกบนพื้นผิววัสดุต่าง ๆ รวมทั้งยี่ห้อที่ความแตกต่างกัน ก็ส่งผลถึงลักษณะที่แตกต่างกัน ซึ่งลักษณะความแตกต่างของลิปสติกนั้นสามารถตรวจวิเคราะห์ได้อย่างแม่นยำหลายเทคนิค ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาตัวอย่างลิปสติกลิปสติกเนื้อแมท (Matte Lipstick) และเนื้อลิกวิด (Liquid Lipstick) ที่มียี่ห้อแตกต่างกัน ด้วยเทคนิค X-ray diffraction (XRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของตัวอย่างลิปสติกบนผ้าฝ้าย 100% จาก XRD diffractograms พร้อมทั้งระบุประเภทและจับคู่ตัวอย่างลิปสติก ซึ่งเทคนิคที่นำมาทดสอบมีความสะดวก รวดเร็ว ไม่ทำลายตัวอย่าง มีประสิทธิภาพในการศึกษาความแตกต่างกันของลิปสติก และผู้วิจัยหวังว่าเทคนิคที่เลือกมาจะเป็นประโยชน์ที่จะนำไปใช้งานตรวจพิสูจน์ทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ได้

#### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

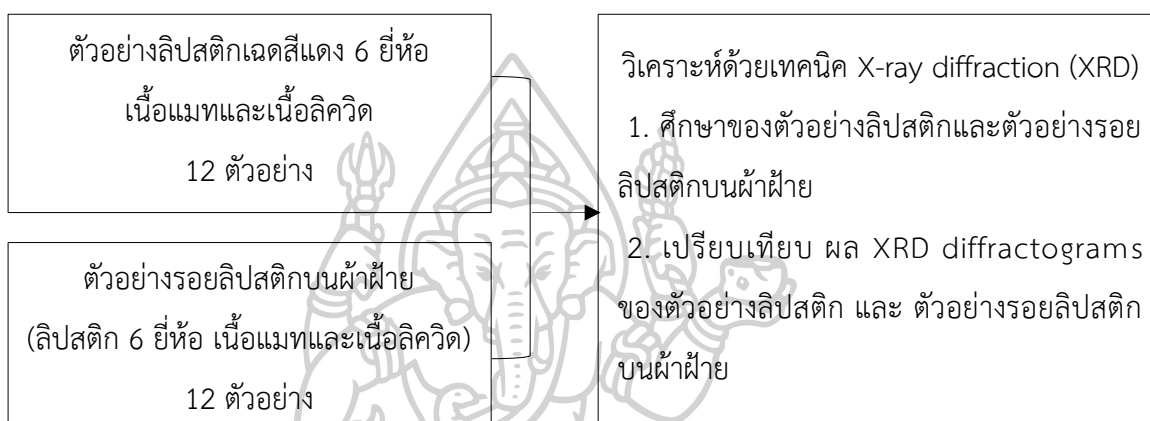
1. เพื่อศึกษาตัวอย่างลิปสติกเนื้อแมท (Matte Lipstick) และเนื้อลิกวิด (Liquid Lipstick) ที่มียี่ห้อแตกต่างกัน ด้วยเทคนิค X-ray Diffraction (XRD)
2. เพื่อศึกษาตัวอย่างรอยลิปสติกบนผ้าฝ้าย 100% ด้วยเทคนิค X-ray Diffraction (XRD)

#### สมมติฐานของการวิจัย

1. เทคนิค X-ray Diffraction (XRD) สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างลิปสติกเนื้อแมท (Matte Lipstick) และเนื้อลิกวิด (Liquid Lipstick) ที่มียี่ห้อแตกต่างกัน และตัวอย่างรอยลิปสติกบนผ้าฝ้าย 100% ได้
2. เทคนิค X-ray Diffraction (XRD) สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างของตัวอย่างลิปสติก และ ตัวอย่างรอยลิปสติกบนผ้าฝ้าย 100% จาก XRD diffractograms ได้

### ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้วิเคราะห์ของตัวอย่างลิปสติกด้วยเทคนิค X-ray diffraction (XRD) โดยวิเคราะห์ตัวอย่างลิปสติกเฉดสีแดง เนื้อแมท (Matte Lipstick) และเนื้อลิกวิด (Liquid Lipstick) ที่มีสีห่อแตกต่างกัน 6 ยี่ห้อ จากตลาดในประเทศไทย โดยการวิเคราะห์ XRD โดยตรงกับตัวอย่างลิปสติก และตัวอย่างรอยลิปสติกบนผ้าฝ้าย 100 % จำนวน 24 ตัวอย่าง และเปรียบเทียบความแตกต่างของตัวอย่างลิปสติกจาก XRD diffractograms ที่ได้จากการวิเคราะห์



### ประโยชน์ที่จะได้รับ

1. สามารถใช้เทคนิค X-ray Diffraction (XRD) ในการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างลิปสติกได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวดเร็ว และไม่ทำลายตัวอย่าง
2. ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค X-ray Diffraction (XRD) สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างของตัวอย่างลิปสติก และตัวอย่างรอยลิปสติกบนผ้าฝ้าย จาก XRD diffractograms ได้อย่างแม่นยำ ซึ่งมีประโยชน์อย่างมากในการนำไปประยุกต์ใช้ในการตรวจวิเคราะห์หลักฐานรอยลิปสติกที่พบในสถานที่เกิดเหตุ



## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเครื่องสำอางประเภทลิปสติก

ลิปสติกเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางประเภทหนึ่ง ที่มีการใช้อย่างกว้างขวางส่วนใหญ่โดยทาริมฝีปาก เพื่อช่วยให้ชุ่มชื้นไม่แห้งกร้าน ช่วยปกป้องผิวของริมฝีปากจากสิ่งกระทบภายนอก ช่วยปกปิดริ้วรอย แต่งสีให้เด่นสะดุดตาแลดูงดงาม ดึงดูดความสนใจจากผู้พบเห็น

##### 1.1 ประเภทของเครื่องสำอางประเภทลิปสติก

1.1.1 ลิปสติกเนื้อครีม (Cream Lipstick) เป็นลิปสติกที่อัดแน่นไปด้วยเม็ดสี ทาแล้วจะเห็นเป็นสีสันทัดเจน ไม่ทำให้ปากแห้ง และสีติดทนนาน

1.1.2 ลิปสติกเนื้อแมท (Matte Lipstick) เป็นลิปสติกที่มีความเข้มข้นของเนื้อสีซัดมากที่สุด เป็นลิปสติกเนื้อด้านที่ขาดความมันวาว ทาแล้วจะแห้งและติดทน

1.1.3 ลิปสติกเนื้อเชียร์และเนื้อซาติน (Sheer and Satin Lipstick) เป็นลิปสติกที่มีสีสันทึบบาง ๆ มีส่วนผสมของน้ำมันอยู่เยอะ ให้ความมันวาวได้ดีระดับหนึ่ง ใช้เพื่อบนสีสันทธรรมชาติของริมฝีปากให้ชัดเจขึ้นหรือเติมสีสันทใหม่ลงไปเพียงจาง ๆ

1.1.4 ลิปสติกฟรอสตี้ (Frosty หรือ Pearlescent Lipstick) เป็นลิปสติกที่มีเนื้อสีเข้มข้น มีประกายมุก เนื่องจากมีส่วนผสมของกริตเตอร์ เมื่อทาแล้วจะทำให้ริมฝีปากดูเปล่งปลั่งสดใสและมีประกาย แต่ไม่มันวาวจนเกินไป

1.1.5 ลิกวิคลิปสติก (Liquid Lipstick) เป็นลิปสติกที่มีลักษณะเป็นเนื้อเหลว เม็ดสีซัด สดติดทนนาน มีทั้งแบบที่เป็นเนื้อวาว หรือบางรุ่นทาแล้วจะเปลี่ยนเป็นเนื้อแมท

1.1.6 ลิปกลอสและทินส์ (Lip Gloss and Tins) เป็นลิปสติกชนิดเนื้อเหลว โปร่งแสง บางอันอาจมีประกายมุก ทาแล้วจะเป็นสีใส ๆ แวววาว ทำให้ริมฝีปากชุ่มชื้น อวบอิมอย่างเป็นธรรมชาติ

1.1.7 ลิปไลเนอร์ (Lip Liner) ลิปไลเนอร์หรือดินสอเขียนขอบปาก ใช้สำหรับเน้นขอบและเรียวกปากให้ชัดเจขึ้น มักจะใช้เป็นสีที่ใกล้เคียงกับลิปสติก โดยจะใช้วาดขอบก่อนลงลิปสติก จะช่วยให้ริมฝีปากสวยเนี้ยบคมชัดมากขึ้น

1.1.8 ลิปบาล์มหรือลิปมัน (Lip balm) เป็นลิปสติกที่ช่วยเพิ่มความชุ่มชื้น ลดอาการแตกหลอกของริมฝีปาก มีส่วนผสมสารบำรุงเพื่อเพิ่มความนุ่มนวล และลิปบาล์มส่วนใหญ่ไม่มีสี หรือบางอันอาจเปลี่ยนเป็นสีชมพูระเรื่อ

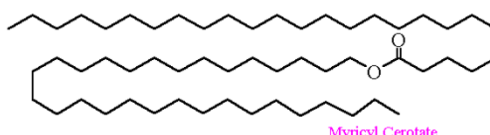
## 1.2 ส่วนประกอบของเครื่องสำอางประเภทลิปสติก

ลิปสติกเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่มักจะมีการกลืนกินเข้าไปในร่างกายได้ การเลือกใช้ลิปสติกที่ไม่ได้รับรองมาตรฐานอาจจะก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย ดังนั้นต้องมีความระมัดระวังเป็นพิเศษในการเลือกซื้อและใช้ผลิตภัณฑ์ลิปสติก โดยลิปสติกสมัยใหม่ส่วนใหญ่ประกอบด้วย น้ำมัน (40-70%) ไข (20%) และสารให้สี (10%) ซึ่งใช้ในความเข้มข้นอย่างเหมาะสมตามสมบัติที่ต้องการ และต้องได้รับอนุญาตจากกระทรวงสาธารณสุขหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง นอกจากนี้ส่วนผสมเสริมเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์ลิปสติกให้ดีขึ้นและเพิ่มความดึงดูด เช่น สารให้ความเงา มอยเจอร์ไรเซอร์ น้ำหอม สารป้องกันแสงแดด และวิตามินเสีย เป็นต้น

1.2.1 น้ำมัน (oil) เป็นส่วนประกอบที่ช่วยให้ลิปสติกมีเนื้อเรียบเนียนและนุ่มนวลเมื่อทาลงบนริมฝีปาก น้ำมันที่นิยมในการผลิตลิปสติกมากที่สุด ได้แก่ น้ำมันละหุ่ง (Castor seed oil) น้ำมันมะพร้าว (Coconut oil) น้ำมันแร่ (Mineral oil) น้ำมันจากเมล็ดคามาเลีย (Camellia Japonica Seed Oil) อนุพันธ์น้ำมันลาโนลิน (Lanolin oil derivative) ซึ่งช่วยให้เม็ดสีกระจายตัวได้ดีขึ้น เมื่อใช้ปริมาณที่เหมาะสม

1.2.2 ไข (Wax) เป็นส่วนประกอบหลักทำให้ลิปสติกสร้างโครงสร้างของลิปสติกเสริมความแข็ง และความคงตัวของลิปสติก มีคุณสมบัติทำให้ผิวของลิปสติกนุ่มและเรียบเนียน ไขสามารถแบ่งตามแหล่งกำเนิด เช่น ไขที่ได้จากพืช (carnauba, candelilla) ไขที่ได้จากสัตว์ (beeswax) ไขที่ได้จากแร่ (ozokerite, paraffin, microcrystalline wax) และไขที่ได้จากการสังเคราะห์ (polyethylene, synthetic wax) เป็นต้น

Carnauba Wax

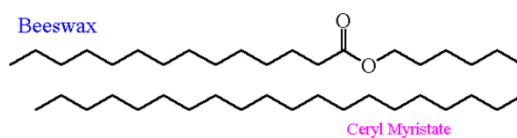


Myricyl Cerotate

ภาพที่ 1 โครงสร้างทางเคมี carnauba wax

ที่มา: [https://duhslibrary.ac.in/Content/514\\_17\\_1467782004](https://duhslibrary.ac.in/Content/514_17_1467782004)

module22glycolipidsandwaxes.pdf



ภาพที่ 2 โครงสร้างทางเคมี Beeswax

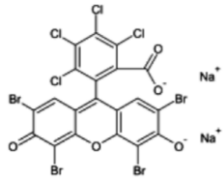
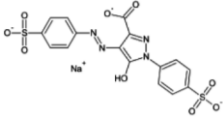
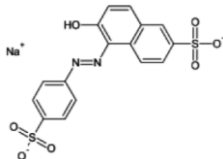
ที่มา: [https://duhslibrary.ac.in/Content/514\\_17\\_1467782004](https://duhslibrary.ac.in/Content/514_17_1467782004)  
module22glycolipidsandwaxes.pdf

1.2.3 สารให้สี ส่วนใหญ่เป็นสีที่สามารถละลายได้ในไขมัน และต้องผ่านการรับรองมาตรฐานให้ใช้ในลิปสติกได้ สารให้สีสามารถแบ่งได้แหล่งกำเนิด เช่น สีสังเคราะห์ (tartrazine, erythrosine, eosin, phloxine B) และสีอินทรีย์ธรรมชาติ (Carmine) นอกจากนี้ยังมีสีย้อมอนินทรีย์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเหล็กออกไซด์ (iron (II) oxide, iron (III) oxide) หรือ ไทเทเนียมออกไซด์ (Titanium (IV) oxide) ช่วยให้ทำให้สีสว่างขึ้น และนอกจากนี้สารให้สีมักจะรายงานเป็นรหัส Color Index ในผลิตภัณฑ์ลิปสติก เช่น Red 7 lack /CI 15850, Yellow 6 lake CI 15985, Iron Oxide Red/CI77491, Iron Oxide Yellow/CI 77492, Titanium oxide/CI 7789

ตารางที่ 1 รายชื่อสีย้อมที่มักพบในลิปสติกสีแดง

สารสี	Color Index	โครงสร้าง
Acid Blue 92	42090	
Red 7 lack	15850	
Red 22 lack	45380	

ตารางที่ 1 รายชื่อสีย้อมที่มักพบในลิปสติคสีแดง (ต่อ)

สารสี	Color Index	โครงสร้าง
Red 28 lack	45410	
Yellow 5 lake	19140	
Yellow 6 lake	15985	

- 1.2.4 สารแต่งกลิ่นและรส เป็นส่วนประกอบที่ช่วยกลบกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ของ  
ไขมัน
- 1.2.5 สารกันเสีย เป็นส่วนประกอบที่ช่วยต้านเชื้อรา เชื้อแบคทีเรีย
- 1.2.6 วิตามิน (Vitamin) เป็นส่วนที่ช่วยบำรุงริมฝีปาก เช่น วิตามิน A C E
- 1.2.7 สารป้องกันแสงแดด เป็นส่วนป้องกันรังสียูวีจากแสงอาทิตย์ ซึ่งมีคุณสมบัติ 2  
ชนิด
- 1.2.7.1 กลุ่มสารที่เป็นสารสะท้อนแสง โดยสารกลุ่มนี้จะเคลือบที่บนผิว ไม่  
ดูดซึมเข้าสู่ผิวหนัง เช่น ซิงก์ออกไซด์ (Zinc oxide) ไทเทเนียมไดออกไซด์  
(Titanium) แมกนีเซียมออกไซด์ (Magnesium oxide) เป็นต้น
- 1.2.7.2 กลุ่มสารที่เป็นสารดูดซับแสง สารเหล่านี้ดูดซับแสงแดด ทำให้  
แสงแดดไม่สามารถผ่านเข้ามาทำอันตรายต่อผิวหนังได้ เช่น แอนทรานิเลต  
(Anthranilate) เบนโซฟีโนน (Benzophenone) และซินนามेट (Cinnamate)  
เป็นต้น

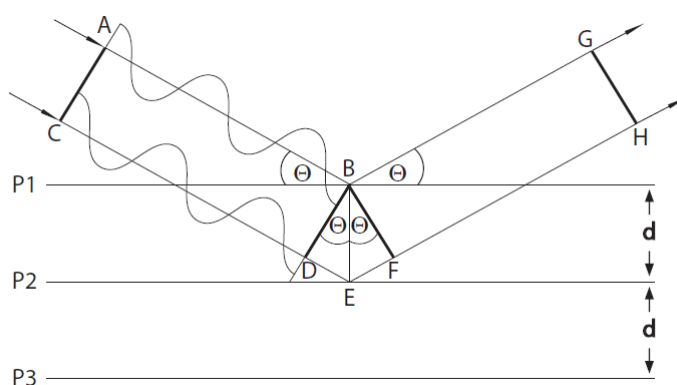
## 2. เครื่องมือ X-ray Diffractometer (XRD)

### 2.1 ทฤษฎีของเครื่อง X-ray Diffractometer (XRD)

เครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ ใช้ในการวิเคราะห์สมบัติเชิงโครงสร้างของวัสดุที่ไม่ทำลายตัวอย่าง โดยอาศัยหลักการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ที่ตกกระทบผิวหน้าผลึกของสารตัวอย่างที่มุมต่าง ๆ กันโดยอาศัยหลักการของ Bragg's Law คือ เมื่อรังสีเอ็กซ์ตกกระทบกับระนาบของอะตอมภายในผลึกที่มุมตกกระทบ รังสีเอ็กซ์จะเกิดการสะท้อนที่มุมสะท้อนเท่ากับมุมตกกระทบ ทำให้มีการนำมาใช้ศึกษารูปแบบโครงสร้างผลึกของสารตัวอย่าง ซึ่งผลึกของสารตัวอย่างแต่ละชนิดจะมีขนาดของ Unit Cell ที่ไม่เท่ากัน ทำให้รูปแบบของการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ที่ได้ออกมาแตกต่างกัน ทำให้สามารถหาความสัมพันธ์ของสารประกอบต่าง ๆ กับรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ได้ ทำให้สามารถพิสูจน์เอกลักษณ์ (Identification) โครงสร้างผลึกของวัสดุหรือสารตัวอย่าง ได้ จากหลักการของ Bragg's Law สามารถแสดงความสัมพันธ์ของค่าตัวแปรต่าง ๆ ออกมาในสมการ คือ

$$n \lambda = 2d \sin \theta$$

โดยที่	n	แทน	ลำดับการสะท้อน
	$\lambda$	แทน	ความยาวคลื่นรังสีเอ็กซ์
	d	แทน	ระยะห่างระหว่างระนาบของอะตอม
	$\theta$	แทน	มุมตกกระทบของลำรังสีเอ็กซ์กับระนาบของอะตอม



ภาพที่ 3 แผนภาพแสดงกฎของ Bragg ของคลื่นรังสีเอ็กซ์คู่ขนาน 2 คลื่น

เครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ สามารถทำการวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของสารประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่าง ได้ทั้งในรูปแบบผลึกและแบบฟิล์มบาง ซึ่งผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD จะให้รายละเอียดเกี่ยวกับโครงสร้างผลึก และระนาบผลึกของสารตัวอย่าง โดยทำการวัดค่าความเข้มของรังสีที่สะท้อนออกมาที่มุมต่างๆ เปรียบเทียบกับข้อมูลมาตรฐานที่ทำการตรวจวัดโดยองค์การ JCPDs (Joint Committee on Powder Diffraction Standard) เนื่องจากสารประกอบแต่ละชนิดมีรูปแบบโครงสร้างผลึกและระยะห่างระหว่างระนาบของอะตอมแตกต่างกันขึ้นอยู่กับขนาดและประจุของอะตอม สารประกอบแต่ละชนิดจะมีรูปแบบ (XRD pattern) เฉพาะตัวเปรียบเสมือนลายนิ้วมือของคนที่แตกต่างกัน

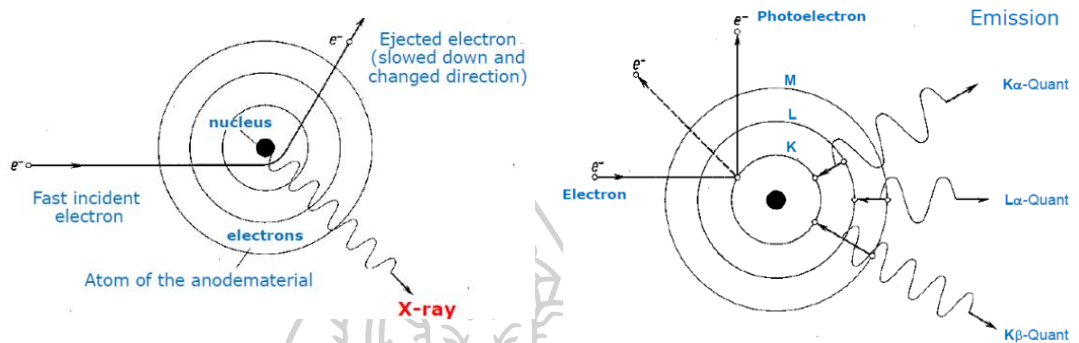


ภาพที่ 4 เครื่อง X-ray diffractometer (XRD) ยี่ห้อ Malvern Panalytical รุ่น Aeris

## 2.2 หลักการทำงานของเครื่อง X-ray Diffractometer (XRD)

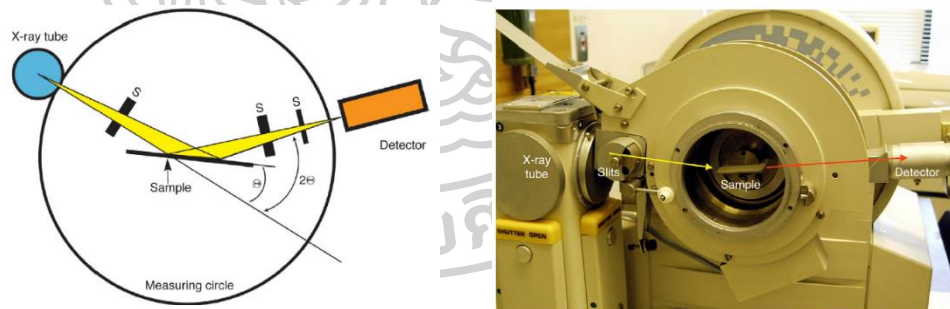
ภายในเครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ ประกอบด้วย หลอดกำเนิดรังสีเอ็กซ์ ที่เป็นหลอดปิดและอยู่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ ซึ่งรังสีเอ็กซ์จะถูกสร้างขึ้นโดยให้กระแสไฟฟ้าแก่เส้นลวดฟิลาเมนต์ (Filament) ที่อยู่ภายในหลอดกำเนิดรังสีเอ็กซ์ทำให้เส้นลวดร้อนขึ้นและก่อให้เกิดการปลดปล่อยอิเล็กตรอนออกจากเส้นลวด อิเล็กตรอนเหล่านี้จะถูกเร่งด้วยความต่างศักย์สูง ทำให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงจากเส้นลวดฟิลาเมนต์ที่เป็นขั้วแคโทดเข้าชนขั้วแอโนด ซึ่งโดยทั่วไปทำจาก

โลหะทองแดง อิเล็กตรอนที่พุ่งเข้าชนจะทำให้อิเล็กตรอนวงในสุด (K-shell) ของอะตอมทองแดงหลุดออกไปจึงเกิดเป็นช่องว่างขึ้น เป็นผลให้อิเล็กตรอนวงนอกที่อยู่ถัดมา (L- และ M-shell) เกิดการเปลี่ยนระดับพลังงานลงมาแทนที่ช่องว่างนั้น โดยการคายรังสีเอ็กซ์ออกมาจากหลอดกำเนิดรังสีเอ็กซ์ไปยังสารตัวอย่าง และรังสีเอ็กซ์ที่เลี้ยวเบนออกจากสารตัวอย่างจะถูกตรวจจับด้วย อุปกรณ์ตรวจจับรังสีเอ็กซ์ (detector)



ภาพที่ 5 การคายรังสีเอ็กซ์

ที่มา: <https://ocw.snu.ac.kr/sites/default/files/NOTE/03-XRD%20Diffractometer.pdf>



ภาพที่ 6 แผนภาพของการทำงานของ X-ray diffractometer (XRD)

### บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัย Johnny, T. A. และคณะ (2007) ใช้เทคนิค XRD วิเคราะห์เปรียบเทียบลักษณะระหว่างลิปสติกบนเสื้อผ้าจากลิปสติก 6 ยี่ห้อที่มีสีชมพูและสีน้ำตาลกับลิปสติกควบคุม พบว่าผล XRD diffractograms แต่ละยี่ห้อมีความแตกต่างกันและสามารถระบุยี่ห้อตัวอย่างลิปสติกบนเสื้อผ้าได้ถูกต้อง

งานวิจัย Salahoglu, F. และ Went, M.J. (2012) ใช้เทคนิค Raman spectroscopy วิเคราะห์ลิปสติกจำนวน 69 ตัวอย่าง บนพื้นผิวแก้ว และเก็บไว้ภายใต้เงื่อนไขห้องปฏิบัติการเป็นเวลา 1 ปี โดยมีการดำเนินการ ตรวจสอบเป็นระยะ ๆ อย่างเป็นระบบ จากการวิเคราะห์สเปกตรัมความยาวคลื่น 632.8 นาโนเมตร พบว่าสเปกตรัมของร่องรอยลิปสติกไม่มีการเปลี่ยนแปลง และสามารถจำแนกความแตกต่างของลิปสติกตามสเปกตรัมได้ 7 กลุ่ม ถึงแม้พบการวิเคราะห์ให้สเปกตรัมที่คล้ายคลึงกันมากก็สามารถระบุได้ว่าเป็นลิปสติกชนิดใด

งานวิจัย Abdullah, A.F.L. และคณะ (2011) ใช้เทคนิค GC-MS วิเคราะห์จำแนกลิปสติกสีแดง 53 แห่ง โดยนำลิปสติกทาบนกระดาษ 4x4 มิลลิเมตร จากนั้นทำการสกัดและวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS พบว่าผลโครมาโตกราฟสามารถจำแนก แยกความแตกต่างของลิปสติกได้ทั้งหมด ถึงแม้ว่าโครมาโตกราฟที่คล้ายคลึงกัน

งานวิจัย Gardner และคณะ (2013) ได้วิเคราะห์ความแตกต่างของลิปสติก 80 ชนิดโดยใช้วิธี Raman spectroscopy ที่ความยาวคลื่น 532 และ 780 นาโนเมตร พบว่าแยกความแตกต่างของลิปสติกที่นำมาวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคดังกล่าวได้ถึง 95%

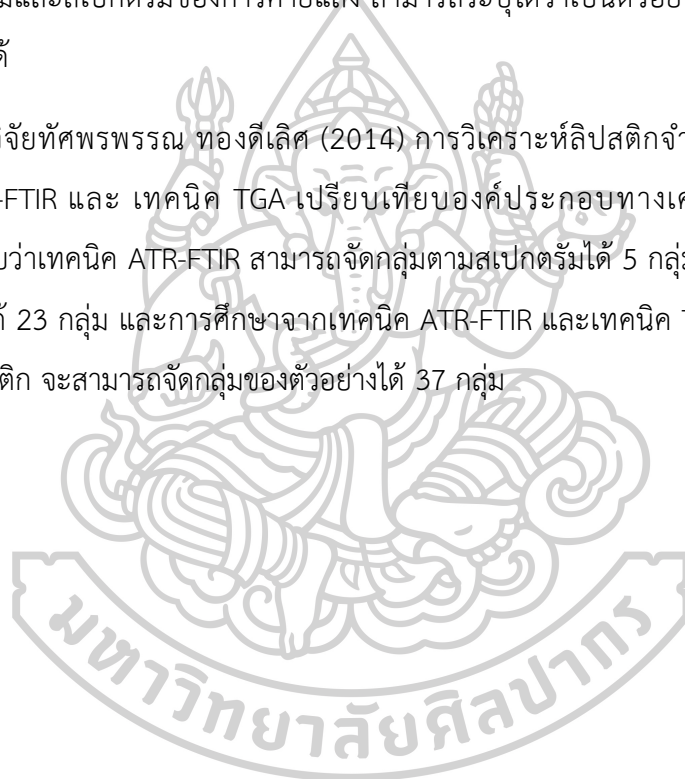
งานวิจัย Ezeqboqu, M.O. และ Osadolor, H.B. (2019) โดยใช้เทคนิค TLC และ GC-FID วิเคราะห์แยกองค์ประกอบของลิปสติกสีต่างๆ 8 ชนิดที่บนริมฝีปากของอาสาสมัครและให้แต่ละคนทิ้งรอยปากไว้บนถ้วยชา 3 ใบ ทั้งเป็นเวลา 2-4 สัปดาห์ ในห้องปฏิบัติการ พบว่าเทคนิค TLC ไม่สามารถวิเคราะห์แยกความแตกต่างได้ ซึ่งตรงข้ามกับเทคนิค GC-FID ที่สามารถวิเคราะห์แยกความแตกต่างของลิปสติกได้

งานวิจัย Choppi, R. และคณะ (2020) ใช้เทคนิค ATR-FTIR วิเคราะห์ความแตกต่างของลิปสติกสีแดงจำนวน 38 ตัวอย่าง ที่ทาบนเสื้อผ้าฝ้าย กระดาษทิชชู พลาสติก และ แก้ว พบว่าสามารถการจำแนกและเปรียบเทียบความแตกต่างของลิปสติกบนพื้นผิวต่าง ๆ ได้อย่างแม่นยำ 100% แบ่งกลุ่มได้ถูกต้องถึง 81.48%



งานวิจัยของผกายมาศ อภิวัฒน์วรารวงศ์ และคณะ (2013) ได้วิเคราะห์ตัวอย่างลิปสติกและลิปกลอสจำนวน 32 ตัวอย่าง ด้วยเทคนิค GC-FID และเทคนิค Fluorescence Spectroscopy ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-FID สามารถจำแนกตัวอย่างลิปสติกได้จากการพิจารณารูปแบบพีคในโครมาโทแกรมของตัวอย่าง และการศึกษาด้วยวิธี Fluorescence Spectroscopy เมื่อกระตุ้นด้วยแสงที่มีความยาวคลื่น 350 nm จะเกิดสเปกตรัมของการคายแสงของตัวอย่างในช่วงความยาวคลื่น 350 – 800 nm เมื่อเปรียบเทียบสเปกตรัมของตัวอย่างทำให้สามารถจำแนกตัวอย่างได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ผู้วิจัยจึงประยุกต์ใช้เทคนิคทั้งสองมาวิเคราะห์คราบลิปสติกและลิปกลอสที่ติดอยู่บนผ้า จากโครมาโทแกรมและสเปกตรัมของการคายแสง สามารถระบุได้ว่าเป็นตัวอย่างลิปสติกและลิปกลอสจากแห่งที่ใช้ได้

งานวิจัยทัศนพรพรรณ ทองดีเลิศ (2014) การวิเคราะห์ลิปสติกจำนวน 42 ตัวอย่าง โดยเทคนิค ATR-FTIR และ เทคนิค TGA เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีเพื่อจำแนกลิปสติก ผลการวิจัยพบว่าเทคนิค ATR-FTIR สามารถจัดกลุ่มตามสเปกตรัมได้ 5 กลุ่ม เทคนิค TGA สามารถจัดกลุ่มตามได้ 23 กลุ่ม และการศึกษาจากเทคนิค ATR-FTIR และเทคนิค TGA มาใช้ร่วมกับข้อมูลเฉดสีของลิปสติก จะสามารถจัดกลุ่มของตัวอย่างได้ 37 กลุ่ม







## บทที่ 3


## วิธีการดำเนินการวิจัย

## 3.1 เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้การวิจัย

ตารางที่ 2 เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้การวิจัย

ลำดับที่	เครื่องมือและอุปกรณ์/แหล่งที่มา	รูปถ่าย
1	เครื่อง X-ray diffractometer (XRD) ยี่ห้อ Malvern Panalytical รุ่น Aeris	
2	ผ้าฝ้ายสีขาว (Cotton) 100%	
3	กรรไกร	
4	ไม้บรรทัด	

ตารางที่ 2 เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้การวิจัย (ต่อ)

ลำดับที่	เครื่องมือและอุปกรณ์/แหล่งที่มา	รูปถ่าย
5	ถุงพลาสติก	

### 3.2 ตัวอย่างลิปสติกที่ใช้ในการวิจัย

ตัวอย่างลิปสติกเฉดสีแดงเนื้อแมท (Matte Lipstick) และลิปสติกเนื้อน้ำ (Liquid Lipstick) ที่มีขายตามท้องตลาดและห้างสรรพสินค้าในประเทศไทย จำนวน 6 ยี่ห้อ ทั้งหมด 12 ตัวอย่าง ดังนี้

1. ยี่ห้อลิปสติกเนื้อแมท ได้แก่ MERREZ'CA, Maybelline, Cute press, In 2 it, Mistine และ Cathy doll
2. ยี่ห้อลิปสติกเนื้อลิควิด ได้แก่ MERREZ'CA, Maybelline, Cute press, In 2 it, Mistine และ Cathy doll

### 3.3 วิธีการทดลอง

การวิเคราะห์ตัวอย่างลิปสติกเฉดสีแดงเนื้อแมท (Matte Lipstick) และลิปสติกเนื้อลิควิด (Liquid Lipstick) ที่มียี่ห้อแตกต่างกัน 6 ยี่ห้อ จำนวน 12 ตัวอย่าง และตัวอย่างรอยลิปสติกบนผ้าฝ้าย 100 % จำนวน 12 ตัวอย่าง ด้วยเทคนิค X-Ray Diffraction (XRD)

#### 3.3.1 การเตรียมตัวอย่างลิปสติก

ป้ายตัวอย่างลิปสติกบนแผ่นบรรจุตัวอย่าง เกลี่ยตัวอย่างให้เรียบและเสมอกับขอบแผ่นบรรจุ จากนั้นนำแผ่นตัวอย่างที่ใส่ตัวอย่างเรียบร้อยแล้ววางบนแท่นวางตัวอย่างของเครื่อง X-ray diffractometer (XRD) จนครบทั้งหมด 12 ตัวอย่าง

#### 3.3.2 การเตรียมตัวอย่างรอยลิปสติกบนผ้าฝ้าย 100 %

3.3.2.1 นำผ้าฝ้ายสีขาวมาตัดขนาด 5 × 5 cm จำนวน 12 ผืน

3.3.2.2 นำตัวอย่างลิปสติกทาบนริมฝีปากบนและริมฝีปากล่างของผู้ทดสอบ โดยป้ายในทิศทางไปและกลับ ซ้ำ จำนวน 10 รอบ ต่อ 1 ตัวอย่าง

3.3.2.3 นำผ้าฝ้ายสีขาวที่ตัดมาเช็ดลิปสติกบนริมฝีปากบนและริมฝีปากล่าง โดยเช็ดในทิศทางไปและกลับ จำนวน 10 รอบ

3.3.2.4 วางตัวอย่างรอยลิปสติกบนผ้าให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง

3.3.2.5 นำตัวอย่างรอยลิปสติกบนผ้าที่แห้งมาตัดเฉพาะบริเวณที่มีรอยตัวอย่างลิปสติกขนาด  $2 \times 2$  cm และนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง X-ray Diffractometer (XRD) โดยวิเคราะห์หลังจากเก็บตัวอย่างรอยลิปสติกทิ้งไว้ 2 วัน

**หมายเหตุ** การเก็บคราบลิปสติก 1 ตัวอย่าง ต้องทำความสะอาดริมฝีปากบนและริมฝีปากให้สะอาด ด้วยผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด จนมั่นใจว่าไม่มีลิปสติกหลงเหลือ

### 3.3.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างลิปสติกโดยเทคนิค X-ray Diffraction (XRD)

ตารางที่ 3 สภาวะของเครื่อง X-ray diffractometer (Measurement conditions)

Operator	Instrument
Start Position [ $^{\circ}2\theta$ ]	3.0054
End Position [ $^{\circ}2\theta$ ]	79.9834
Scan Step Time [s]	18.8700
Scan Type	Continuous
PSD Mode	Scanning
Measurement Temperature [ $^{\circ}\text{C}$ ]	25.00
Anode Material	Cu
Intended Wavelength Type	K-Alpha
K-Alpha1 [ $\text{\AA}$ ]	1.54060
K-Alpha2 [ $\text{\AA}$ ]	1.54443
K-A2 / K-A1 Ratio	0.50000
Generator Settings	8 mA, 40 kV

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

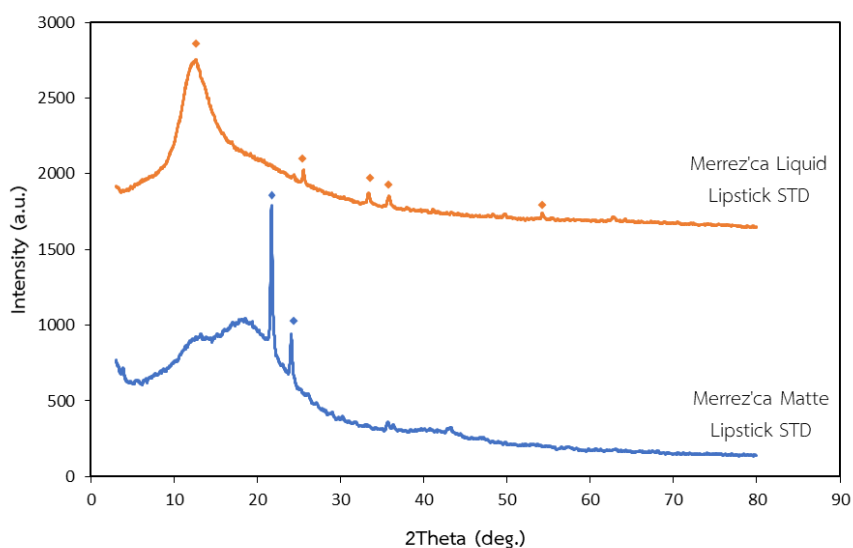
การวิเคราะห์ตัวอย่างลิปสติกด้วยเทคนิค X-ray diffraction (XRD) เพื่อศึกษาตัวอย่างลิปสติก และตัวอย่างรอยลิปสติกบนผ้าฝ้าย 100 %

#### 4.1 ศึกษาตัวอย่างลิปสติก ด้วยเทคนิค X-ray diffraction (XRD)

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างลิปสติกชนิดสีแดงเนื้อแมท (Matte Lipstick) และเนื้อลิกวิด (Liquid Lipstick) ที่แตกต่างกัน ยี่ห้อ 6 ยี่ห้อ ทั้งหมด 12 ตัวอย่าง ด้วยเทคนิค X-ray diffraction (XRD) เพื่อศึกษาตัวอย่างลิปสติก ได้ผลการทดลองเป็น XRD diffractograms ที่พลอตกราฟระหว่าง Intensity (a.u.) และ 2-Theta (degree)

เมื่อนำลิปสติกยี่ห้อเดียวกัน ทั้ง 6 ยี่ห้อ ที่มีเนื้อแตกต่างกัน (ลิปสติกเนื้อแมทและเนื้อลิกวิด) วิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD พบว่า เมื่อนำผล XRD diffractograms มาเปรียบเทียบจะปรากฏรูปแบบพีคหลักขึ้นที่ตำแหน่ง 2-Theta (degree) แตกต่างกัน แสดงดังภาพดังต่อไปนี้

##### 4.1.1 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Merrez'ca

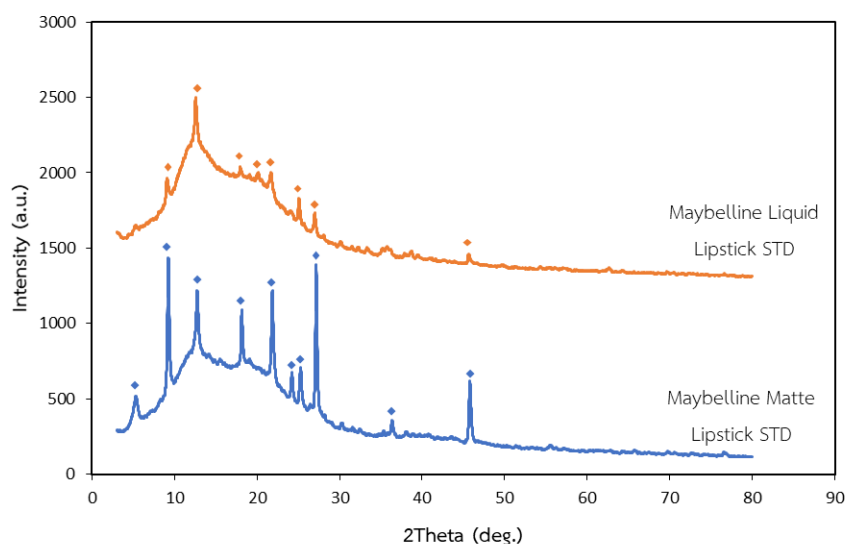


##### ภาพที่ 7 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Merrez'ca

จากการวิเคราะห์ XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Merrez'ca ในภาพที่ 7 พบว่า XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกเนื้อแมท (Matte Lipstick) มีพีคหลักขึ้นที่ตำแหน่ง 22° และ 24° และตัวอย่างลิปสติกเนื้อลิกวิด (Liquid Lipstick) มีพีคหลักขึ้นที่ตำแหน่ง 13° 25° 33° 36° 54° ซึ่งพีคหลักของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อเดียวกันแต่ลักษณะเนื้อต่างกัน ที่ปรากฏ

ไม่มีตำแหน่งใดตรงกัน แสดงให้เห็นว่าลิปสติกยี่ห้อเดียวกันแต่ลักษณะเนื้อต่างกัน มี XRD diffractograms แสดงตำแหน่ง 2-Theta (degree) มีลักษณะแตกต่างกันอย่างชัดเจน

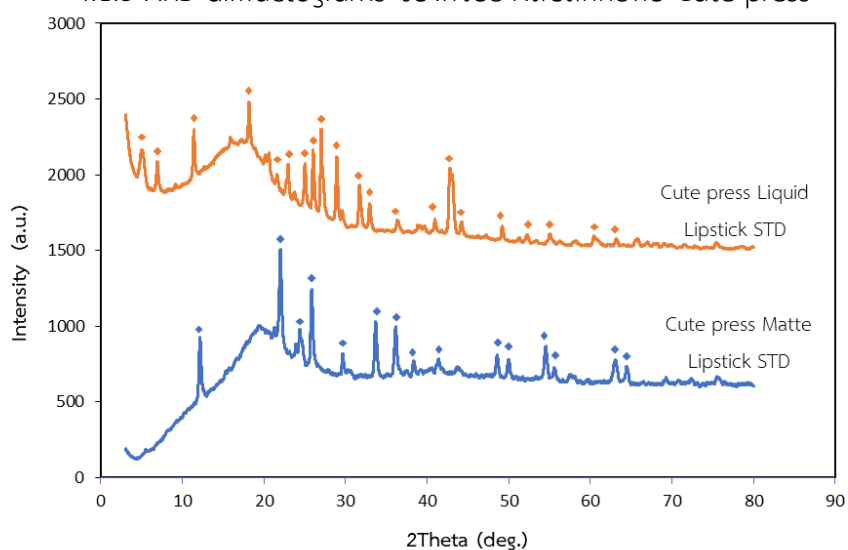
#### 4.1.2 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Maybelline



ภาพที่ 8 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Maybelline

จากการวิเคราะห์ XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Maybelline ในภาพที่ 8 พบว่า XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกเนื้อแมท (Matte Lipstick) มีพีคหลักขึ้นที่ตำแหน่ง  $5^{\circ}$   $9^{\circ}$   $13^{\circ}$   $18^{\circ}$   $22^{\circ}$   $24^{\circ}$   $25^{\circ}$   $27^{\circ}$   $36^{\circ}$   $46^{\circ}$  และ ตัวอย่างลิปสติกเนื้อลิกวิด (Liquid Lipstick) มีพีคหลักขึ้นที่ตำแหน่ง  $9^{\circ}$   $13^{\circ}$   $18^{\circ}$   $20^{\circ}$   $22^{\circ}$   $25^{\circ}$   $27^{\circ}$  และ  $46^{\circ}$  ซึ่งพีคหลักของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อเดียวกันแต่ลักษณะเนื้อต่างกัน ที่ปรากฏมีตำแหน่งตรงกัน 5 ตำแหน่ง คือ  $13^{\circ}$   $18^{\circ}$   $22^{\circ}$   $27^{\circ}$   $46^{\circ}$  แสดงให้เห็นว่าลิปสติกยี่ห้อเดียวกันแต่ลักษณะเนื้อต่างกัน อาจมีส่วนประกอบของลิปสติกที่เหมือนกัน แต่รูปแบบ XRD diffractograms แสดงตำแหน่ง 2-Theta (degree) มีลักษณะแตกต่างกันของตัวอย่างลิปสติกแต่ละชนิด

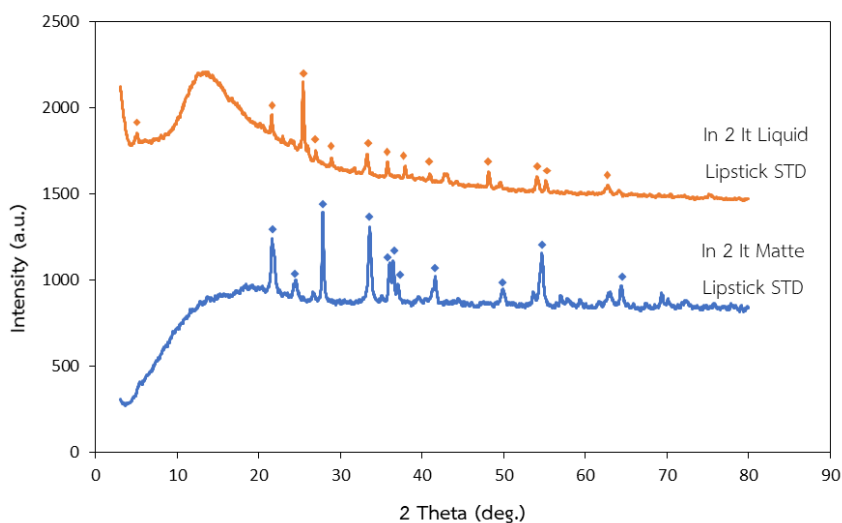
#### 4.1.3 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Cute press



ภาพที่ 9 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Cute press

จากการวิเคราะห์ XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Cute press ในภาพที่ 9 พบว่า XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกเนื้อแมท (Matte Lipstick) มีพีคหลักขึ้นที่ตำแหน่ง  $12^\circ$   $22^\circ$   $24^\circ$   $26^\circ$   $30^\circ$   $34^\circ$   $36^\circ$   $38^\circ$   $41^\circ$   $48^\circ$   $50^\circ$   $54^\circ$   $55^\circ$   $63^\circ$  และ  $64^\circ$  ตัวอย่างลิปสติกเนื้อลิกวิด (Liquid Lipstick) มีพีคหลักขึ้นที่ตำแหน่ง  $5^\circ$   $7^\circ$   $11^\circ$   $18^\circ$   $21^\circ$   $23^\circ$   $25^\circ$   $26^\circ$   $27^\circ$   $29^\circ$   $30^\circ$   $32^\circ$   $33^\circ$   $36^\circ$   $41^\circ$   $43^\circ$   $44^\circ$   $49^\circ$   $52^\circ$   $55^\circ$   $60^\circ$  และ  $63^\circ$  ซึ่งพีคหลักของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อเดียวกันแต่ลักษณะเนื้อต่างกัน ที่ปรากฏมีตำแหน่งตรงกัน 6 ตำแหน่ง คือ  $26^\circ$   $30^\circ$   $36^\circ$   $41^\circ$   $55^\circ$   $63^\circ$  แสดงให้เห็นว่าลิปสติกยี่ห้อเดียวกันแต่ลักษณะเนื้อต่างกัน อาจมีส่วนประกอบของลิปสติกที่เหมือนกัน แต่รูปแบบ XRD diffractograms แสดงตำแหน่ง 2-Theta (degree) มีลักษณะแตกต่างกันของตัวอย่างลิปสติกแต่ละชนิด

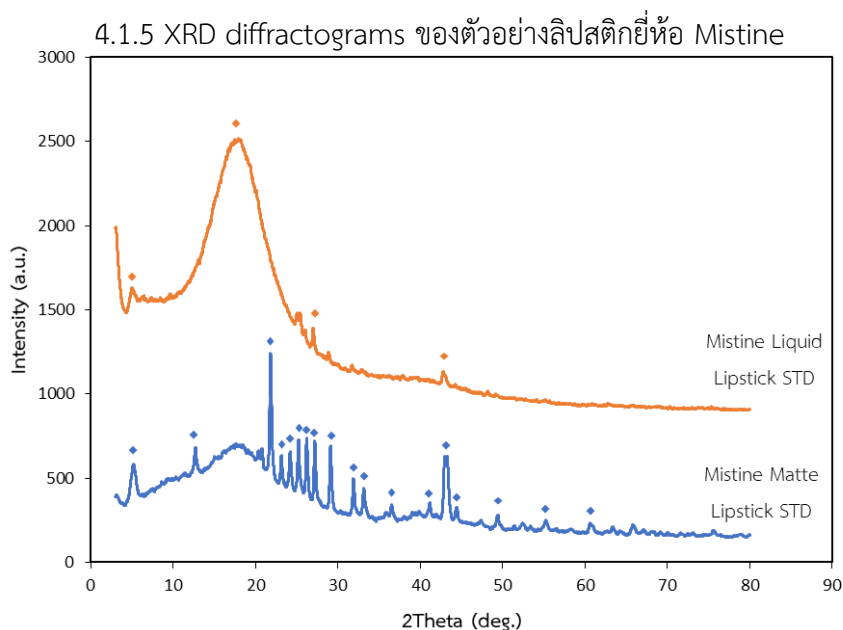
#### 4.1.4 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ In 2 it



ภาพที่ 10 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ In 2 it

จากการวิเคราะห์ XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ In 2 it ในภาพที่ 10 พบว่า XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกเนื้อแมท (Matte Lipstick) มีพีคหลักขึ้นที่ตำแหน่ง  $22^\circ$   $28^\circ$   $34^\circ$   $36^\circ$   $36.5^\circ$   $37^\circ$   $41^\circ$   $50^\circ$   $55^\circ$   $64^\circ$  และ ตัวอย่างลิปสติกเนื้อลิกวิด (Liquid Lipstick) มีพีคหลักขึ้นที่ตำแหน่ง  $5^\circ$   $22^\circ$   $25^\circ$   $27^\circ$   $29^\circ$   $33^\circ$   $36^\circ$   $38^\circ$   $41^\circ$   $48^\circ$   $54^\circ$   $55^\circ$  และ  $63^\circ$  ซึ่งพีคหลักของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อเดียวกันแต่ลักษณะเนื้อต่างกัน ที่ปรากฏมีตำแหน่งตรงกัน 4 ตำแหน่ง คือ  $22^\circ$   $36^\circ$   $41^\circ$   $55^\circ$  แสดงให้เห็นว่าลิปสติกยี่ห้อเดียวกันแต่ลักษณะเนื้อต่างกัน มี XRD diffractograms แสดงตำแหน่ง 2-Theta (degree) มีลักษณะแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเจน

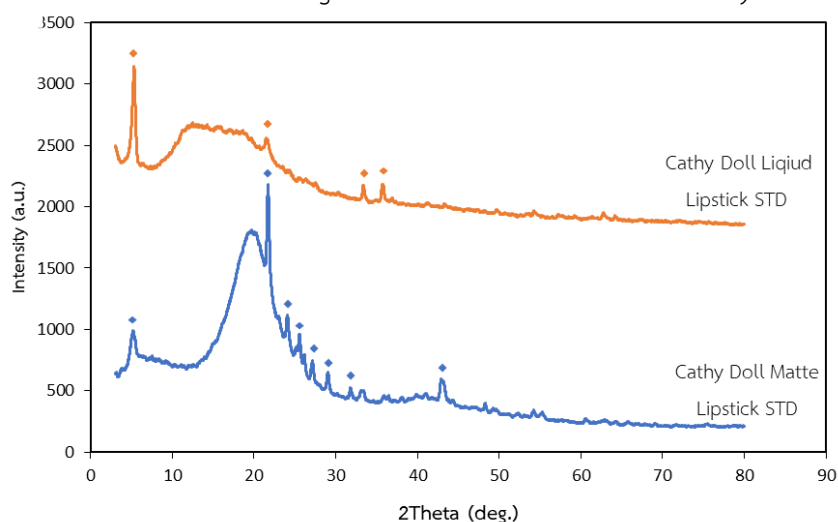




ภาพที่ 11 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Mistine

จากการวิเคราะห์ XRD diffractograms XRD ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Mistine ในภาพที่ 11 พบว่า XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกเนื้อแมท (Matte Lipstick) มีพีคหลักขึ้นที่ตำแหน่ง  $5^\circ$   $13^\circ$   $21^\circ$   $22^\circ$   $23^\circ$   $24^\circ$   $25^\circ$   $26^\circ$   $27^\circ$   $29^\circ$   $32^\circ$   $33^\circ$   $37^\circ$   $41^\circ$   $43^\circ$   $44^\circ$   $49^\circ$   $55^\circ$  และ  $60^\circ$  และตัวอย่างลิปสติกเนื้อลิกวิด (Liquid Lipstick) มีพีคหลักขึ้นที่ตำแหน่ง  $5^\circ$   $18^\circ$   $27^\circ$  และ  $43^\circ$  ซึ่งพีคหลักของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อเดียวกันแต่ลักษณะเนื้อต่างกัน ที่ปรากฏมีตำแหน่งตรงกัน 3 ตำแหน่ง คือ  $5^\circ$   $27^\circ$   $43^\circ$  เมื่อเปรียบเทียบจำนวนพีคหลักทั้ง 2 ตัวอย่าง มี XRD diffractograms แสดงตำแหน่ง 2-Theta (degree) มีลักษณะแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเจน

#### 4.1.6 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Cathy Doll



ภาพที่ 12 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Cathy Doll

จากการวิเคราะห์ XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Cathy Doll ในภาพที่ 12 พบว่า XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกเนื้อแมท (Matte Lipstick) มีพีคหลักขึ้นที่ตำแหน่ง  $5^\circ$   $22^\circ$   $24^\circ$   $25.5^\circ$   $26^\circ$   $27^\circ$   $29^\circ$   $32^\circ$  และ  $43^\circ$  และตัวอย่างลิปสติกเนื้อลิกวิด (Liquid Lipstick) มีพีคหลักขึ้นที่ตำแหน่ง  $5^\circ$   $23^\circ$   $33^\circ$  และ  $36^\circ$  ซึ่งพีคหลักของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อเดียวกันแต่ลักษณะเนื้อต่างกัน ที่ปรากฏมีตำแหน่งตรงกัน 2 ตำแหน่ง คือ  $5^\circ$   $43^\circ$  เมื่อเปรียบเทียบจำนวนพีคหลักทั้ง 2 ตัวอย่าง มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่าลิปสติกยี่ห้อเดียวกันแต่ลักษณะเนื้อต่างกัน มี XRD diffractograms แสดงตำแหน่ง 2-Theta (degree) มีลักษณะแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเจน

เมื่อนำตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อเดียวกัน 6 ยี่ห้อ เนื้อต่างกัน ได้แก่ เนื้อแมท (Matte Lipstick) และเนื้อลิกวิด (Liquid Lipstick) วิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD พบว่าเมื่อนำผล XRD diffractograms มาเปรียบเทียบจะปรากฏรูปแบบพีคหลักขึ้นที่ตำแหน่ง 2-Theta (degree) แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4 แสดงผล XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติก

ยี่ห้อ	เนื้อลิปสติก	ตำแหน่งพีค 2-Theta (degree)
Merrez'ca	Matte Lipstick	22° 24°
	Liquid Lipstick	13° 25° 33° 36° 54°
Maybelline	Matte Lipstick	5° 9° 13° 18° 22° 24° 25° 27° 36° 46°
	Liquid Lipstick	9° 13° 18° 20° 22° 25° 27° 46°
Cute press	Matte Lipstick	12° 22° 24° 26° 30° 34° 36° 38° 41° 48° 50° 54° 55° 63° 64°
	Liquid Lipstick	5° 7° 11° 18° 21° 23° 25° 26° 27° 29° 30° 32° 33° 36° 41° 43° 44° 49° 52° 55° 60° 63°
In 2 it	Matte Lipstick	22° 28° 34° 36° 36.5° 37° 41° 50° 55° 64°
	Liquid Lipstick	5° 22° 25° 27° 29° 33° 36° 38° 41° 48° 54° 55° 63°
Mistine	Matte Lipstick	5° 13° 21° 22° 23° 24° 25° 26° 27° 29° 32° 33° 37° 41° 43° 44° 49° 55° 60°
	Liquid Lipstick	5° 18° 27° 43°
Cathy Doll	Matte Lipstick	5° 22° 24° 25.5° 26° 27° 29° 32° 43°
	Liquid Lipstick	5° 23° 33° 36°

จากตารางที่ 4 แสดงผล XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกที่มียี่ห้อเดียวกันแต่มีเนื้อลิปสติกแตกต่างกัน ผลการศึกษาพบว่า รูปแบบพีคหลักที่ตำแหน่ง 2-Theta (degree) ปรากฏลักษณะแตกต่างกัน และ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบ XRD diffractograms ตัวอย่างลิปสติกต่างยี่ห้อที่มีเนื้อลิปสติกเหมือนกัน ปรากฏลักษณะรูปแบบพีคหลักที่ตำแหน่ง 2-Theta (degree) แตกต่างกัน เช่นเดียวกัน ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าตัวอย่างลิปสติกแต่ละชนิด มีลักษณะรูปแบบ XRD diffractograms ที่เฉพาะเจาะจงทั้ง 12 ตัวอย่าง

ผลการวิเคราะห์ พบว่า XRD diffractograms ของลิปสติก 6 ยี่ห้อ ที่มีลักษณะเนื้อต่างกัน (ลิปสติกเนื้อแมทและเนื้อลิกวิด) ปรากฏลักษณะรูปแบบ XRD diffractograms แตกต่างกัน แสดงดังภาพที่ 7 เมื่อพิจารณาตำแหน่งพีค 2-Theta (degree) ของตัวอย่างลิปสติกที่มียี่ห้อเดียวกันแต่เนื้อลิปสติกที่ต่างกัน พบว่า มีตำแหน่งพีค 2-Theta (degree) แตกต่างกัน ยกตัวอย่าง เช่น ตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Merrez'ca เนื้อแมท มีพีคหลักขึ้นที่ตำแหน่ง 22° 24° ลิปสติกยี่ห้อ Merrez'ca เนื้อลิกวิดมีพีคหลักขึ้นที่ ตำแหน่ง 13° 25° 33° 36° 54° 27° 36° 46° และเมื่อเปรียบเทียบลิปสติกต่างยี่ห้อ เช่น ตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Merrez'ca เนื้อแมท มีพีคหลักขึ้นที่ตำแหน่ง 22° 24° กับตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Maybelline เนื้อแมท มีพีคหลักขึ้นที่ตำแหน่ง 5° 9° 13° 18° 22° 24° 25° ซึ่งพีคหลักของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อและลักษณะเนื้อต่างกัน ปรากฏตำแหน่ง พีค 2-Theta (degree)

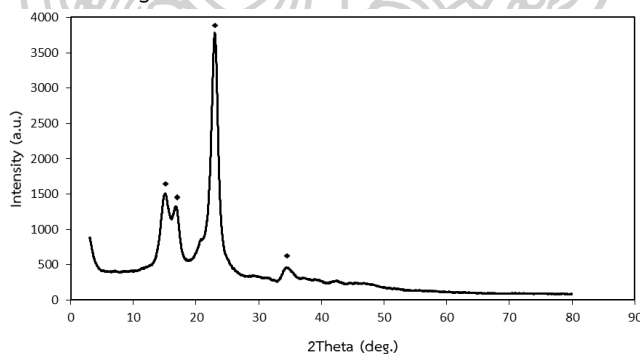
แตกต่างกันและไม่มีตำแหน่งใดตรงกัน เช่นเดียวกับตัวอย่างลิปสติกยี่ห้ออื่นที่ปรากฏผลในทำนองเดียวกัน แสดงดังตารางที่ 4 ดังนั้นผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างลิปสติก 6 ยี่ห้อที่มีเนื้อลิปสติกที่ต่างกัน (ลิปสติกเนื้อแมทและเนื้อลิกวิด) XRD diffractograms ของตัวอย่าง 12 ตัวอย่าง แสดงตำแหน่ง 2-Theta (degree) ที่แตกต่างกันและมีลักษณะเฉพาะเจาะจง

#### 4.2 ศึกษาตัวอย่างรอยลิปสติกบนผ้าฝ้าย 100% ด้วยเทคนิค X-ray Diffraction (XRD)

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างรอยลิปสติกเม็ดสีแดงบนผ้าฝ้าย โดยวิเคราะห์ลิปสติก 6 ยี่ห้อ จำนวน 12 ตัวอย่าง ที่มีเนื้อลิปสติกแตกต่างกัน คือ เนื้อแมท (Matte Lipstick) และเนื้อลิกวิด (Liquid Lipstick) ด้วยเทคนิค X-ray diffraction (XRD) เพื่อศึกษาตัวอย่างรอยลิปสติกบนผ้าฝ้าย ได้ผลการทดลองเป็น XRD diffractograms ที่พลอตกราฟระหว่าง Intensity (a.u.) และ 2-Theta (degree)

เมื่อนำตัวอย่างผ้าฝ้าย (Cotton 100%) และ ตัวอย่างรอยลิปสติก 6 ยี่ห้อบนผ้าฝ้าย ที่มีเนื้อลิปสติกแตกต่างกัน (ลิปสติกเนื้อแมทและเนื้อลิกวิด) วิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD พบว่า เมื่อนำผล XRD diffractograms มาเปรียบเทียบจะปรากฏรูปแบบพีคหลักขึ้นที่ตำแหน่ง 2-Theta (degree) แสดงดังภาพต่อไปนี้

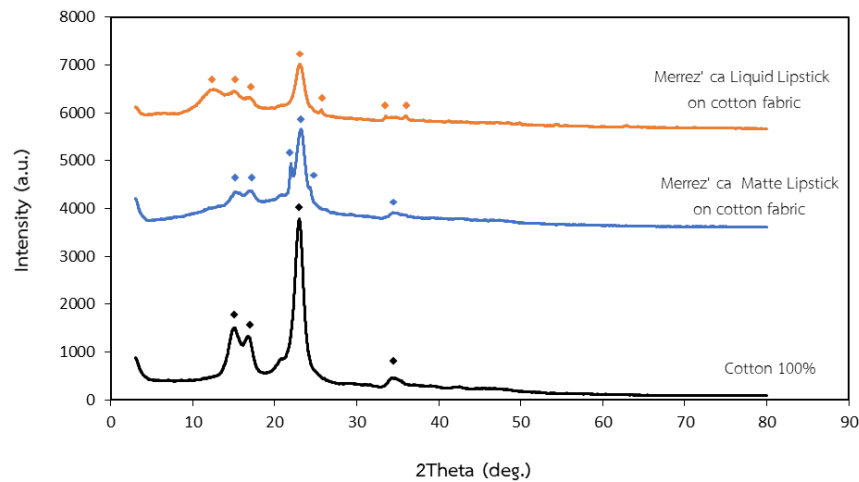
##### 4.2.1 XRD diffractograms ของตัวอย่างผ้าฝ้ายสีขาว (Cotton) 100%



ภาพที่ 13 XRD diffractogram ของตัวอย่างผ้าฝ้ายสีขาว (Cotton) 100%

จากการวิเคราะห์ XRD diffractograms ของตัวอย่างผ้าฝ้ายสีขาว (Cotton) 100% พบว่า XRD diffractograms ของตัวอย่างผ้าฝ้ายสีขาว (Cotton) 100%) มีพีคหลักขึ้นที่ตำแหน่ง 2-Theta (degree) คือ  $15^{\circ}$   $17^{\circ}$   $23^{\circ}$   $34^{\circ}$  (JCPDS File No. 03-0226)

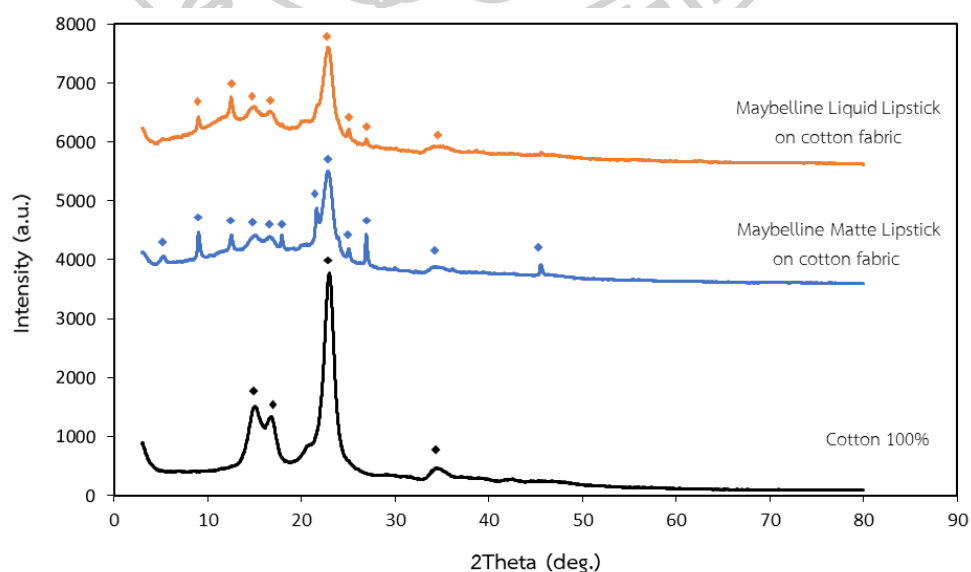
#### 4.2.2 XRD diffractograms ของตัวอย่างรอยลิปสติกยี่ห้อ Merrez'ca



ภาพที่ 14 XRD diffractograms ของตัวอย่างรอยลิปสติกยี่ห้อ Merrez'ca บนผ้าฝ้าย

จากการวิเคราะห์ XRD พบว่า XRD diffractograms ของรอยลิปสติกยี่ห้อ Merrez'ca เนื้อแมท (Matte Lipstick) บนผ้าฝ้าย มีพีคหลักปรากฏที่ตำแหน่ง  $15^\circ$   $17^\circ$   $22^\circ$   $23^\circ$   $24^\circ$   $34^\circ$  และเนื้อลิกวิด (Liquid Lipstick) บนผ้าฝ้ายมีพีคหลักขึ้นที่ตำแหน่ง  $12^\circ$   $15^\circ$   $17^\circ$   $23^\circ$   $26^\circ$   $33^\circ$   $36^\circ$  เมื่อเปรียบเทียบ XRD diffractograms มีพีคหลักของผ้าฝ้ายที่มีค่า Intensity ลดลง และพีคหลักของรอยลิปสติกซ้อนทับกัน แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างรอยลิปสติกบนผ้าฝ้าย XRD diffractograms ที่ปรากฏตำแหน่ง 2-Theta (degree) มีลักษณะแตกต่างกัน

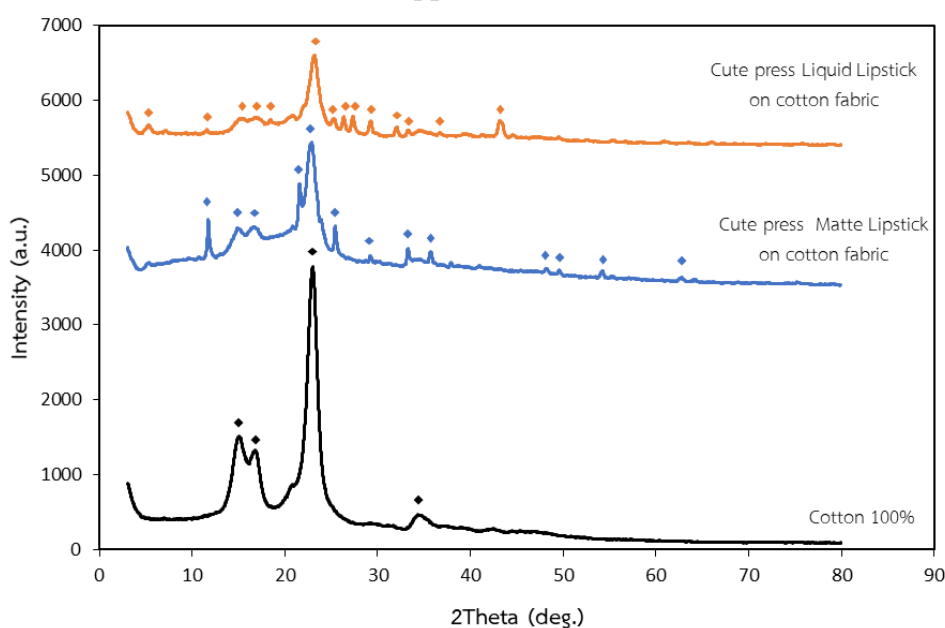
#### 4.2.3 XRD diffractograms ของตัวอย่างรอยลิปสติกยี่ห้อ Maybelline



ภาพที่ 15 XRD diffractograms ของตัวอย่างรอยลิปสติกยี่ห้อ Maybelline บนผ้าฝ้าย

จากการวิเคราะห์ XRD พบว่า XRD diffractograms ของรอยลิปสติกยี่ห้อ Maybellin เนื้อแมท (Matte Lipstick) บนผ้าฝ้าย มีพีคหลักปรากฏที่ตำแหน่ง  $5^{\circ}$   $9^{\circ}$   $12^{\circ}$   $15^{\circ}$   $18^{\circ}$   $22^{\circ}$   $23^{\circ}$   $25^{\circ}$   $27^{\circ}$   $35^{\circ}$   $45^{\circ}$  เนื้อลิควิด (Liquid Lipstick) บนผ้าฝ้ายมีพีคหลักขึ้นที่ตำแหน่ง  $9^{\circ}$   $12^{\circ}$   $15^{\circ}$   $17^{\circ}$   $22^{\circ}$   $23^{\circ}$   $25^{\circ}$   $27^{\circ}$  เมื่อเปรียบเทียบ XRD diffractograms มีพีคหลักของผ้าฝ้ายที่มีค่า Intensity ลดลง และพีคหลักของรอยลิปสติกซ้อนทับกัน แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างรอยลิปสติกบนผ้าฝ้าย XRD diffractograms ที่ปรากฏตำแหน่ง 2-Theta (degree) มีลักษณะแตกต่างกัน

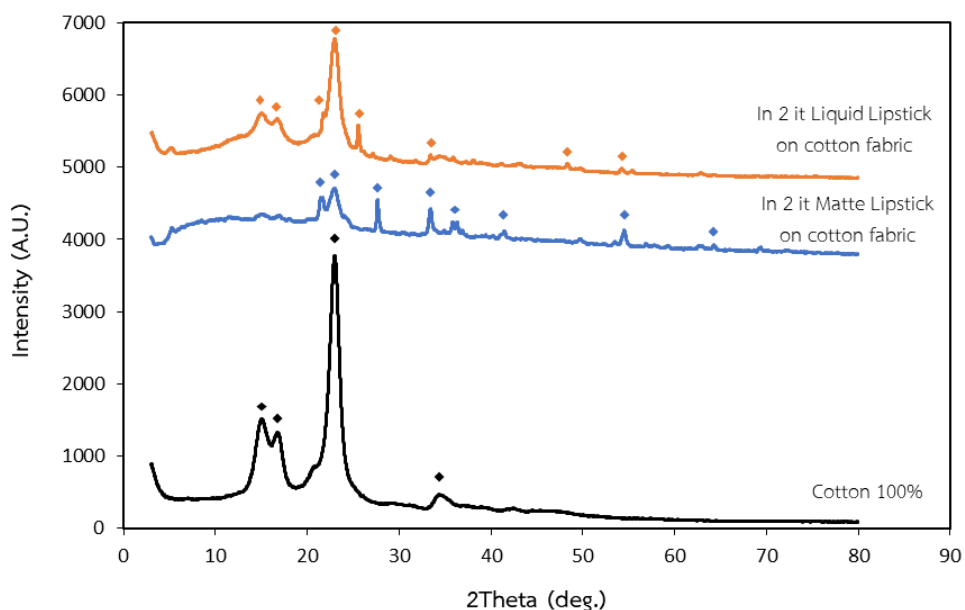
#### 4.2.4 XRD diffractograms ของตัวอย่างรอยลิปสติกยี่ห้อ Cute press



ภาพที่ 16 XRD diffractograms ของตัวอย่างรอยลิปสติกยี่ห้อ Cute press บนผ้าฝ้าย

จากการวิเคราะห์ XRD พบว่า XRD diffractograms ของรอยลิปสติกยี่ห้อ Cute press เนื้อแมท (Matte Lipstick) บนผ้าฝ้าย มีพีคหลักปรากฏที่ตำแหน่ง  $12^{\circ}$   $15^{\circ}$   $17^{\circ}$   $22^{\circ}$   $23^{\circ}$   $24^{\circ}$   $25^{\circ}$   $29^{\circ}$   $33^{\circ}$   $36^{\circ}$   $48^{\circ}$   $50^{\circ}$   $54^{\circ}$   $63^{\circ}$  เนื้อลิควิด (Liquid Lipstick) บนผ้าฝ้าย มีพีคหลักขึ้นที่ตำแหน่ง  $5^{\circ}$   $7^{\circ}$   $15^{\circ}$   $17^{\circ}$   $18^{\circ}$   $21^{\circ}$   $23^{\circ}$   $25^{\circ}$   $26^{\circ}$   $27^{\circ}$   $29^{\circ}$   $32^{\circ}$   $33^{\circ}$   $35^{\circ}$  และ  $43^{\circ}$  เมื่อเปรียบเทียบ XRD diffractograms มีพีคหลักของผ้าฝ้ายที่มีค่า Intensity ลดลง และพีคหลักของรอยลิปสติกซ้อนทับกัน แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างรอยลิปสติกบนผ้าฝ้าย XRD diffractograms ที่ปรากฏตำแหน่ง 2-Theta (degree) มีลักษณะแตกต่างกัน

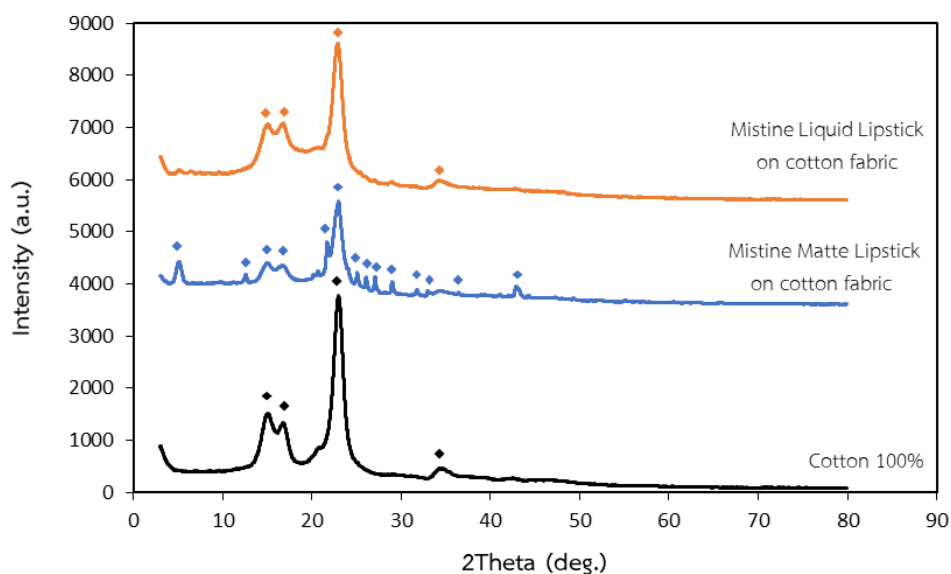
#### 4.2.5 XRD diffractograms ของตัวอย่างรอยลิปสติกยี่ห้อ In 2 it



ภาพที่ 17 XRD diffractograms ของตัวอย่างรอยลิปสติกยี่ห้อ In 2 it บนผ้าฝ้าย

จากการวิเคราะห์ XRD พบว่า XRD diffractograms ของรอยลิปสติกยี่ห้อ In 2 it เนื้อเมท (Matte Lipstick) บนผ้าฝ้าย มีพีคหลักปรากฏที่ตำแหน่ง  $21^\circ$   $23^\circ$   $24^\circ$   $28^\circ$   $33^\circ$   $36^\circ$   $41^\circ$   $49^\circ$   $54^\circ$   $64^\circ$  เนื้อลิกวิด (Liquid Lipstick) บนผ้าฝ้าย มีพีคหลักขึ้นที่ตำแหน่ง  $15^\circ$   $17^\circ$   $22^\circ$   $23^\circ$   $26^\circ$   $33^\circ$   $48^\circ$   $54^\circ$  เมื่อเปรียบเทียบ XRD diffractograms มีพีคหลักของผ้าฝ้ายที่มีค่า Intensity ลดลง และพีคหลักของรอยลิปสติกซ้อนทับกัน แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างรอยลิปสติกบนผ้าฝ้าย XRD diffractograms ที่ปรากฏตำแหน่ง 2-Theta (degree) มีลักษณะแตกต่างกัน

#### 4.2.6 XRD diffractograms ของตัวอย่างรอยลิปสติกยี่ห้อ Mistine

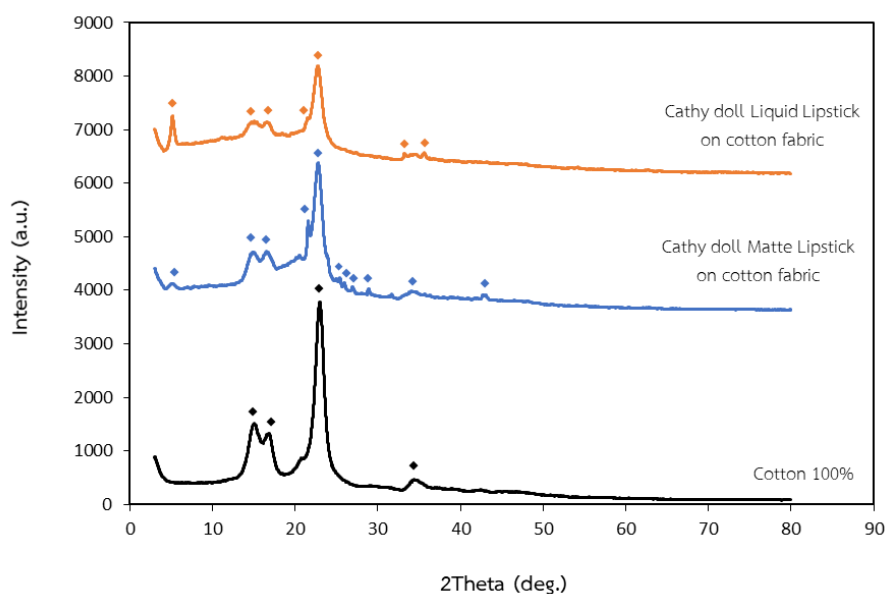


ภาพที่ 18 XRD diffractograms ของตัวอย่างรอยลิปสติกยี่ห้อ Mistine ผ้าฝ้าย

จากการวิเคราะห์ XRD พบว่า XRD diffractograms ของรอยลิปสติกยี่ห้อ Mistine เนื้อแมท (Matte Lipstick) บนผ้าฝ้าย มีพีคหลักปรากฏที่ตำแหน่ง  $5^{\circ}$   $12^{\circ}$   $15^{\circ}$   $17^{\circ}$   $22^{\circ}$   $23^{\circ}$   $25^{\circ}$   $26^{\circ}$   $27^{\circ}$   $29^{\circ}$   $32^{\circ}$   $33^{\circ}$   $34^{\circ}$  และ  $42^{\circ}$  เนื้อลิควิด (Liquid Lipstick) บนผ้าฝ้าย มีพีคหลักขึ้นที่ตำแหน่ง  $15^{\circ}$   $17^{\circ}$   $23^{\circ}$  และ  $34^{\circ}$  เมื่อเปรียบเทียบ XRD diffractograms มีพีคหลักของผ้าฝ้าย และพีคหลักของรอยลิปสติกซ้อนทับกัน โดยพีคหลักของผ้าฝ้าย ที่มีค่า Intensity ลดลง แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างรอยลิปสติกบนผ้าฝ้าย XRD diffractograms ที่ปรากฏตำแหน่ง 2-Theta (degree) มีลักษณะแตกต่างกัน โดยรอยลิปสติกเนื้อแมทบนผ้าฝ้ายมีค่า Intensity ลดลงมากกว่าเนื้อลิควิด เนื่องจากคราบลิปสติกเนื้อแมทบนผ้าฝ้ายมีเนื้อลิปสติกที่ติดหนาแน่นกว่า XRD diffractograms ของรอยลิปสติกเนื้อน้ำบนผ้า ปรากฏพีคหลักของผ้าฝ้ายเพียงอย่างเดียว เป็นผลมาจากเนื้อลิปสติกที่ติดบนผ้ามีความบางเบา จึงไม่ปรากฏพีคหลักของตัวอย่างลิปสติก



#### 4.2.7 XRD diffractograms ของตัวอย่างรอยลิปสติกยี่ห้อ Cathy Doll



ภาพที่ 19 XRD diffractograms ของตัวอย่างรอยลิปสติกยี่ห้อ Cathy Doll บนผ้าฝ้าย

จากการวิเคราะห์ XRD พบว่า XRD diffractograms ของรอยลิปสติกยี่ห้อ Cathy Doll เนื้อแมท (Matte Lipstick) บนผ้าฝ้าย มีพีคหลักปรากฏที่ตำแหน่ง  $5^{\circ}$   $15^{\circ}$   $17^{\circ}$   $22^{\circ}$   $23^{\circ}$   $25^{\circ}$   $26^{\circ}$   $27^{\circ}$   $29^{\circ}$   $34^{\circ}$   $42^{\circ}$  เนื้อลิกวิด (Liquid Lipstick) บนผ้าฝ้าย มีพีคหลักขึ้นที่ตำแหน่ง  $5^{\circ}$   $15^{\circ}$   $17^{\circ}$   $22^{\circ}$   $23^{\circ}$   $33^{\circ}$   $35^{\circ}$  เมื่อเปรียบเทียบ XRD diffractograms มีพีคหลักของผ้าฝ้ายที่มีค่า Intensity ลดลง และพีคหลักของรอยลิปสติกซ้อนทับกัน แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างรอยลิปสติกบนผ้าฝ้าย XRD diffractograms ที่ปรากฏตำแหน่ง 2-Theta (degree) มีลักษณะแตกต่างกัน

เมื่อนำตัวอย่างรอยลิปสติกบนผ้าฝ้าย ยี่ห้อเดียวกัน 6 ยี่ห้อ เนื้อต่างกัน ได้แก่ เนื้อแมท (Matte Lipstick) และเนื้อลิกวิด (Liquid Lipstick) วิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD พบว่าเมื่อนำผล XRD diffractograms มาเปรียบเทียบจะปรากฏรูปแบบพีคหลักขึ้นที่ตำแหน่ง 2-Theta (degree) แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 5

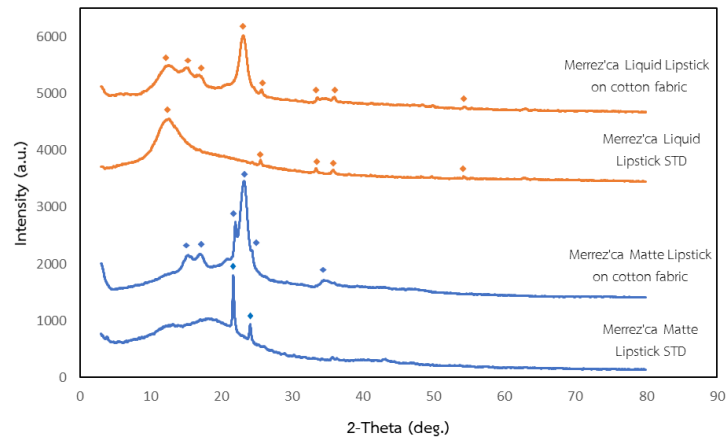
ตารางที่ 5 แสดงผล XRD diffractograms ของตัวอย่างรอยลิปสติกบนผ้าฝ้าย

ยี่ห้อ	เนื้อลิปสติก	ตำแหน่งพีค 2-Theta (degree)
Cotton 100%	-	15° 17° 23° 34° (JCPDS File No. 03-0226)
Merrez'ca	Matte Lipstick	15° 17° 22° 23° 24° 34°
	Liquid Lipstick	12° 15° 17° 23° .26° 33° 36°
Maybelline	Matte Lipstick	5° 9° 12° 15° 18° 22° 23° 25° 27° 35° 45°
	Liquid Lipstick	9° 12° 15° 17° .22° 23° 25° 27°
Cute press	Matte Lipstick	12° 15° 17° 22° 23° 24° 25° 29° 33° 36° 48° 50° 54° 63°
	Liquid Lipstick	5° 7° 15° 17° 18° 21° 23° 25° 26° 27° 29° 32° 33° 35° 43°
In 2 it	Matte Lipstick	21° 23° 24° 28° 33° 36° 41° 49° 54° 64°
	Liquid Lipstick	15° 17° 22° 23° 26° 33° 48° 54°
Mistine	Matte Lipstick	5° 12° 15° 17° 22° 23° 25° 26° 27° 29° 32° 33° 34° 42°
	Liquid Lipstick	15° 17° 23° 34°
Cathy Doll	Matte Lipstick	5° 15° 17° 22° .23° 25° 26° 27° 29° 34° 42°
	Liquid Lipstick	5° 15° 17° 22° 23° 33° 35°

#### 4.3 การเปรียบเทียบ XRD diffractograms ตัวอย่างรอยลิปสติกและ ตัวอย่างรอยลิปสติกบนผ้าฝ้าย 100%

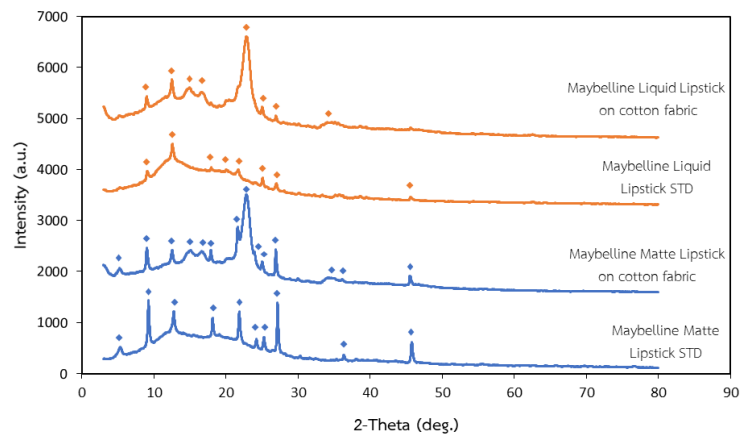
จากการวิเคราะห์ตัวอย่างรอยลิปสติกและตัวอย่างรอยลิปสติกบนผ้าฝ้าย นำ XRD diffractograms มาเปรียบเทียบจะปรากฏรูปแบบพีคหลักขึ้นที่ตำแหน่ง 2-Theta (degree) แตกต่างกัน แสดงดังภาพต่อไปนี้

#### 4.3.1 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Merrez'ca



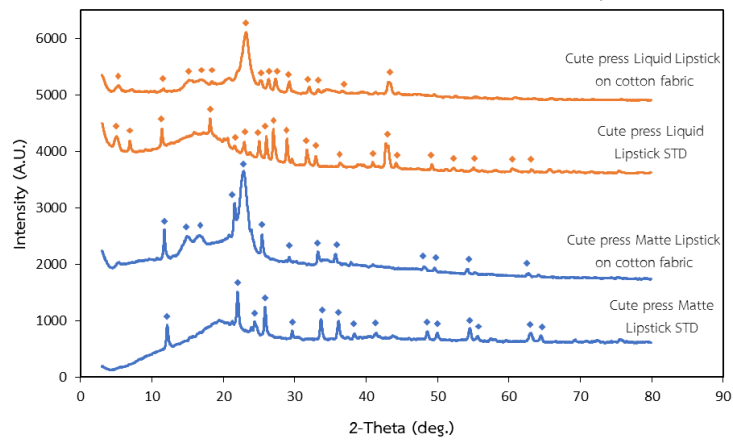
ภาพที่ 20 XRD diffractograms ของตัวอย่าง Merrez'ca

#### 4.3.2 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Maybelline



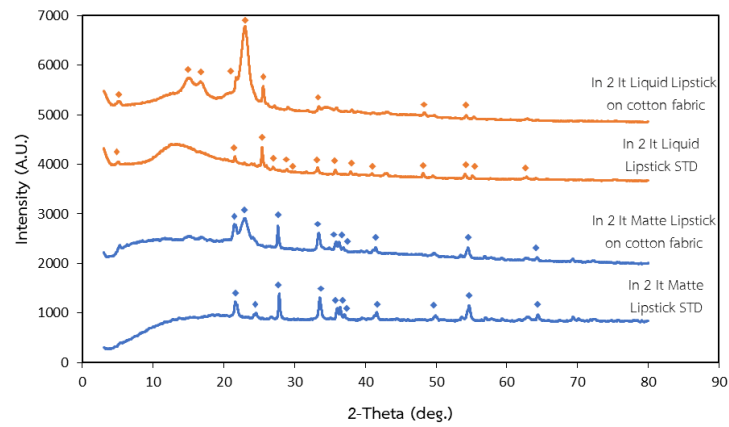
ภาพที่ 21 XRD diffractograms ของตัวอย่าง Maybelline

#### 4.3.3 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Cute press



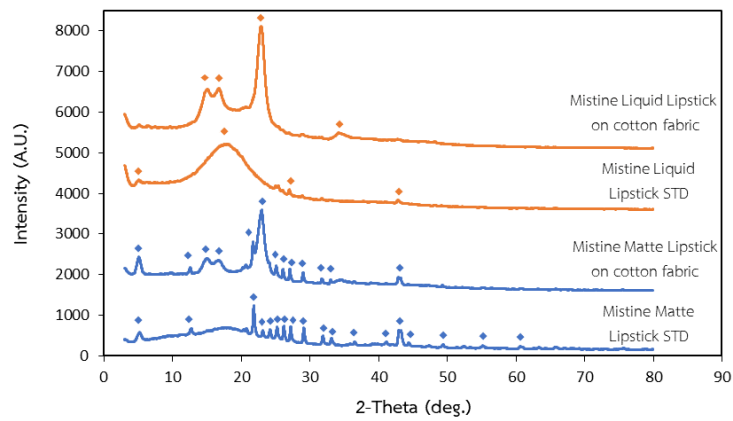
ภาพที่ 22 XRD diffractograms ของตัวอย่าง Cute press

#### 4.3.4 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ In 2 it



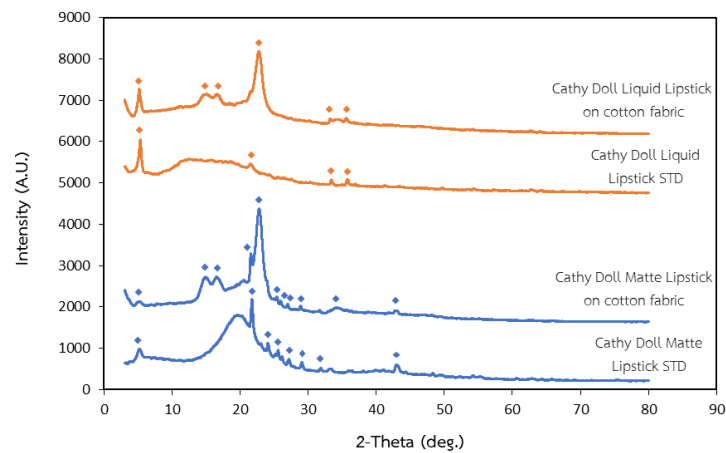
ภาพที่ 23 XRD diffractograms ของตัวอย่าง In 2 it

#### 4.3.5 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Mistine



ภาพที่ 24 XRD diffractograms ของตัวอย่าง Mistine

#### 4.3.6 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Mistine



ภาพที่ 25 XRD diffractograms ของตัวอย่าง Mistine

ผลการวิเคราะห์ พบว่า XRD diffractograms ของลิปสติก 6 ยี่ห้อ ที่มีลักษณะเนื้อต่างกัน (ลิปสติกเนื้อแมทและเนื้อลิกวิด) บนผ้าฝ้าย ปรากฏลักษณะรูปแบบ XRD diffractograms แตกต่าง กัน เมื่อพิจารณาตำแหน่งพีค 2-Theta (degree) ของตัวอย่างลิปสติก ลักษณะรูปแบบผล XRD diffractograms มีการปรากฏพีคหลักของผ้าฝ้ายตามรูปแบบพีคมาตรฐานตาม JCPDS File No. 03-0226 แต่มีค่า Intensity ลดลง และปรากฏพีคหลักของตัวอย่างลิปสติก เมื่อทำการหักล้างพีคหลักของผ้าฝ้าย ผล XRD diffractograms จะปรากฏพีคหลักตำแหน่งตรงกับตัวอย่างลิปสติกแต่ละยี่ห้อ ยกตัวอย่าง เช่น ในตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Merrez'ca เนื้อแมท บนผ้าฝ้าย มีพีคหลักขึ้นที่ตำแหน่ง  $15^{\circ}$   $17^{\circ}$   $22^{\circ}$   $23^{\circ}$   $24^{\circ}$   $34^{\circ}$  เมื่อหักล้างพีคหลักของผ้าฝ้าย คือ  $15^{\circ}$   $17^{\circ}$   $23^{\circ}$   $34^{\circ}$  จะเหลือพีคปรากฏ  $22^{\circ}$   $24^{\circ}$  ซึ่งตรงกับพีค 2-Theta ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Merrez'ca เนื้อแมท ที่แสดงดังตารางที่ 4 เช่นเดียวกับตัวอย่างลิปสติกยี่ห้ออื่นที่ปรากฏผลในทำนองเดียวกัน แสดงดังตารางที่ 5

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อเดียวกัน 6 ยี่ห้อ เนื้อต่างกัน ได้แก่ เนื้อแมท (Matte Lipstick) และเนื้อลิกวิด (Liquid Lipstick) ด้วยเทคนิค XRD พบว่าเมื่อนำผล XRD diffractograms มาเปรียบเทียบตำแหน่งพีค 2-Theta (degree) ปรากฏตำแหน่งพีคตรงกันและตำแหน่งพีคเฉพาะเจาะจง แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบตำแหน่งพีค 2-Theta (degree) ของตัวอย่างลิปสติก

ยี่ห้อ	เนื้อลิปสติก	ตำแหน่งพีค 2-Theta (degree)	
		ตำแหน่งพีคตรงกัน	ตำแหน่งพีคเฉพาะเจาะจง
Merrez'ca	Matte Lipstick	$22^{\circ}$ $24^{\circ}$	-
	Liquid Lipstick	$13^{\circ}$ $25^{\circ}$ $33^{\circ}$ $36^{\circ}$ $54^{\circ}$	
Maybelline	Matte Lipstick	$5^{\circ}$ $13^{\circ}$ $22^{\circ}$ $24^{\circ}$ $25^{\circ}$ $27^{\circ}$ $36^{\circ}$	$9^{\circ}$ $18^{\circ}$ $46^{\circ}$
	Liquid Lipstick	$13^{\circ}$ $18^{\circ}$ $22^{\circ}$ $25^{\circ}$ $27^{\circ}$	$9^{\circ}$ $20^{\circ}$ $46^{\circ}$
Cute press	Matte Lipstick	$22^{\circ}$ $24^{\circ}$ $26^{\circ}$ $36^{\circ}$ $41^{\circ}$ $50^{\circ}$ $55^{\circ}$	$12^{\circ}$ $30^{\circ}$ $34^{\circ}$ $38^{\circ}$ $48^{\circ}$ $54^{\circ}$ $63^{\circ}$
	Liquid Lipstick	$5^{\circ}$ $25^{\circ}$ $18^{\circ}$ $27^{\circ}$ $29^{\circ}$ $33^{\circ}$ $36^{\circ}$ $41^{\circ}$ $43^{\circ}$ $55^{\circ}$ $63^{\circ}$	$7^{\circ}$ $11^{\circ}$ $21^{\circ}$ $23^{\circ}$ $30^{\circ}$ $32^{\circ}$ $44^{\circ}$ $49^{\circ}$ $52^{\circ}$ $61^{\circ}$
In 2 it	Matte Lipstick	$22^{\circ}$ $36^{\circ}$ $37^{\circ}$ $50^{\circ}$ $55^{\circ}$	$28^{\circ}$ $34^{\circ}$ $41^{\circ}$
	Liquid Lipstick	$5^{\circ}$ $25^{\circ}$ $22^{\circ}$ $27^{\circ}$ $29^{\circ}$ $33^{\circ}$ $36^{\circ}$ $41^{\circ}$ $55^{\circ}$ $63^{\circ}$ $54^{\circ}$	$38^{\circ}$ $48^{\circ}$
Mistine	Matte Lipstick	$5^{\circ}$ $13^{\circ}$ $22^{\circ}$ $24^{\circ}$ $25^{\circ}$ $27^{\circ}$ $29^{\circ}$ $37^{\circ}$ $41^{\circ}$ $43^{\circ}$ $55^{\circ}$	$21^{\circ}$ $23^{\circ}$ $26^{\circ}$ $32^{\circ}$ $33^{\circ}$ $44^{\circ}$ $49^{\circ}$ $60^{\circ}$
	Liquid Lipstick	$5^{\circ}$ $18^{\circ}$ $27^{\circ}$ $43^{\circ}$	-
Cathy Doll	Matte Lipstick	$5^{\circ}$ $22^{\circ}$ $24^{\circ}$ $25^{\circ}$ $26^{\circ}$ $27^{\circ}$ $29^{\circ}$ $43^{\circ}$	$32^{\circ}$
	Liquid Lipstick	$5^{\circ}$ $33^{\circ}$ $36^{\circ}$	$23^{\circ}$

ผลการวิเคราะห์ พบว่า XRD diffractograms ของลิปสติก 6 ยี่ห้อ ที่มีลักษณะเนื้อต่างกัน (ลิปสติกเนื้อแมทและเนื้อลิกวิด) ปรากฏลักษณะรูปแบบ XRD diffractograms แตกต่างกันโดย ปรากฏตำแหน่ง 2-Theta (degree) ตรงกัน ยกตัวอย่างเช่น ลิปสติกเนื้อแมททุกยี่ห้อ ขึ้นพีคหลักที่  $22^{\circ}$   $24^{\circ}$  และลิปสติกเนื้อลิกวดยี่ห้อ Cute press In 2 it Mistine Cathy Doll ยี่ห้อ ส่วนใหญ่ขึ้นพีคหลักตรงกันที่  $5^{\circ}$   $13^{\circ}$   $25^{\circ}$  ซึ่งตำแหน่งพีคที่ขึ้นตรงกันอาจผลมาจากการใช้ส่วนผสมทางเคมีที่เหมือนกัน และตัวอย่างลิปสติกที่ปรากฏตำแหน่ง 2-Theta (degree) ตำแหน่งพีคเฉพาะเจาะจง ยกตัวอย่างเช่น ลิปสติกยี่ห้อ Maybelline  $9^{\circ}$   $18^{\circ}$   $20^{\circ}$   $46^{\circ}$  แสดงดังตารางที่ 6



## บทที่ 5

### สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

#### 5.1. สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างลิปสติกเฉดสีแดง และตัวอย่างรอยลิปสติกบนผ้าฝ้าย ที่มีเนื้อแมท (Matte Lipstick) และลิปสติกเนื้อลึควิด (Liquid Lipstick) โดยใช้ลิปสติก 6 ยี่ห้อ ได้แก่ Merrez'ca Maybelline Cute press In 2 it Mistine และ Cathy doll ทั้งหมด 24 ตัวอย่าง ด้วยเทคนิค X-ray diffraction (XRD)

5.1.1 การศึกษาตัวอย่างลิปสติกเนื้อแมท (Matte Lipstick) และเนื้อลึควิด (Liquid Lipstick) ที่มียี่ห้อแตกต่างกัน ด้วยเทคนิค X-ray Diffraction (XRD)

การศึกษาตัวอย่างลิปสติกเฉดสีแดงที่มียี่ห้อและเนื้อลิปสติกที่ต่างกัน 6 ยี่ห้อ โดยแต่ละยี่ห้อจะมีลักษณะเนื้อลิปสติก 2 แบบ ได้แก่ ลิปสติกเนื้อแมท (Matte Lipstick) และเนื้อลึควิด (Liquid Lipstick) ด้วยเทคนิค XRD เมื่อพิจารณาตำแหน่งพีค 2-Theta (degree) ของตัวอย่างลิปสติกที่มียี่ห้อเดียวกันแต่เนื้อลิปสติกที่ต่างกันผลการวิเคราะห์ พบว่า XRD diffractograms ปรากฏพีค 2-Theta (degree) ลักษณะแตกต่างกัน ยกตัวอย่าง เช่น ตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Merrez'ca เนื้อแมท มีพีคหลักขึ้นที่ตำแหน่ง  $22^{\circ}$   $24^{\circ}$  ลิปสติกยี่ห้อ MERREZ'CA เนื้อลึควิดมีพีคหลักขึ้นที่ ตำแหน่ง  $13^{\circ}$   $25^{\circ}$   $33^{\circ}$   $36^{\circ}$   $54^{\circ}$   $27^{\circ}$   $36^{\circ}$   $46^{\circ}$  และเมื่อเปรียบเทียบลิปสติกต่างยี่ห้อ เช่น ตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Merrez'ca เนื้อแมท มีพีคหลักขึ้นที่ตำแหน่ง  $22^{\circ}$   $24^{\circ}$  กับ ตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Maybelline เนื้อแมท มีพีคหลักขึ้นที่ตำแหน่ง  $5^{\circ}$   $9^{\circ}$   $13^{\circ}$   $18^{\circ}$   $22^{\circ}$   $24^{\circ}$   $25^{\circ}$  ซึ่งพีคหลักของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อและลักษณะเนื้อต่างกัน ปรากฏตำแหน่ง พีค 2-Theta (degree) แตกต่างกัน และไม่มีตำแหน่งใดตรงกัน เช่นเดียวกับตัวอย่างลิปสติกยี่ห้ออื่นที่ปรากฏลักษณะรูปแบบพีคในทำนองเดียวกัน ดังนั้นผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างลิปสติก 6 ยี่ห้อที่มีเนื้อลิปสติกที่ต่างกัน (ลิปสติกเนื้อแมทและเนื้อลึควิด) XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติก 12 ตัวอย่างแสดงตำแหน่ง 2-Theta (degree) ที่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของคุณ Johny, T. A. และคณะ ที่วิเคราะห์เปรียบเทียบลักษณะลิปสติก 6 ยี่ห้อ ด้วยเทคนิค XRD พบว่าลิปสติกแต่ละชนิดมี XRD diffractograms ที่มีลักษณะรูปแบบที่เฉพาะเจาะจง และสอดคล้องกับงานวิจัยของผกายมาศ อภิวัฒน์วรารังค์ และคณะ (2013) ได้วิเคราะห์ตัวอย่างลิปสติกและลิปกลอสจำนวน 32 ตัวอย่าง ด้วยเทคนิค GC-FID และเทคนิค Fluorescence Spectroscopy ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-FID สามารถจำแนกตัวอย่างลิปสติกได้จากการพิจารณารูปแบบพีคในโครมาโทแกรมของตัวอย่างและเปรียบเทียบสเปกตรัมของตัวอย่างทำให้สามารถจำแนกตัวอย่างลิปสติกได้

### 5.1.2 การศึกษาตัวอย่างรอยลิปสติกบนผ้าฝ้าย 100% ด้วยเทคนิค X-ray Diffraction (XRD) (Cotton 100 %)

การศึกษาตัวอย่างรอยลิปสติกชนิดสีแดงบนผ้าฝ้าย ลิปสติก 6 ยี่ห้อ ที่มีลักษณะเนื้อต่างกัน (ลิปสติกเนื้อแมทและเนื้อลิกวิด) ผลการวิเคราะห์ พบว่า XRD diffractograms ปรากฏลักษณะรูปแบบ XRD diffractograms แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาดำแหน่งพีค 2-Theta (degree) ของตัวอย่างรอยลิปสติก ลักษณะรูปแบบ XRD diffractograms มีการปรากฏพีคหลักของผ้าฝ้ายตามรูปแบบพีคมาตรฐานตาม JCPDS File No. 03-0226 และปรากฏพีคหลักของตัวอย่างลิปสติก เมื่อทำการหักล้างพีคหลักของผ้าฝ้าย ผล XRD diffractograms จะปรากฏพีคหลักตำแหน่งตรงกับตัวอย่างลิปสติกแต่ละยี่ห้อ ยกตัวอย่าง เช่น ในตัวอย่างรอยลิปสติกยี่ห้อ Merrez'ca เนื้อแมท บนผ้าฝ้าย มีพีคหลักขึ้นที่ตำแหน่ง  $15^{\circ}$   $17^{\circ}$   $22^{\circ}$   $23^{\circ}$   $24^{\circ}$   $34^{\circ}$  เมื่อหักล้างพีคหลักของผ้าฝ้าย คือ  $15^{\circ}$   $17^{\circ}$   $23^{\circ}$   $34^{\circ}$  จะเหลือพีคปรากฏ  $22^{\circ}$   $24^{\circ}$  ซึ่งตรงกับพีค 2-Theta ของตัวอย่างรอยลิปสติกยี่ห้อ Merrez'ca เนื้อแมท เช่นเดียวกับตัวอย่างรอยลิปสติกยี่ห้ออื่นที่ปรากฏผลของลักษณะรูปแบบพีคในทำนองเดียวกัน ยกเว้นตัวอย่างรอยลิปสติกยี่ห้อ Mistine เนื้อลิกวิด จะปรากฏพีคหลักของผ้าฝ้ายเท่านั้น เนื่องจากรอยลิปสติกเนื้อลิกวิดมีความบางจึงส่งผลให้การวิเคราะห์ไม่ปรากฏตำแหน่ง 2-Theta ของตัวอย่างรอยลิปสติก และรอยลิปสติกบนผ้าฝ้ายนั้นยังส่งผลทำให้ค่า Intensity ของพีคหลักผ้าฝ้ายลดลง และเมื่อนำผล XRD diffractograms ของตัวอย่างรอยลิปสติกบนผ้าฝ้ายเปรียบเทียบกับผล XRD diffractograms ของตัวอย่างรอยลิปสติก สามารถระบุและจับคู่ระหว่างผล XRD diffractograms กับยี่ห้อและลักษณะของเนื้อของลิปสติกได้อย่างถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของคุณ Johnny T. A. และคณะ ที่ใช้เทคนิค XRD วิเคราะห์เปรียบเทียบลิปสติกบนเสื้อผ้าจากลิปสติก 6 ยี่ห้อที่มีสีชมพูและสีน้ำตาล พบว่าผล XRD diffractograms แต่ละยี่ห้อมีความแตกต่างกัน และสามารถระบุยี่ห้อตัวอย่างลิปสติกบนเสื้อผ้าได้ถูกต้อง และ เป็นผลเนื่องจากเนื้อของลิปสติกที่เคลือบบนผ้าฝ้าย ดังนั้นสรุปได้ว่าเทคนิค XRD วิเคราะห์ตัวอย่างลิปสติก และสามารถระบุและจับคู่ผล XRD diffractograms กับยี่ห้อและลักษณะของเนื้อของลิปสติก ซึ่งเป็นลักษณะรูปแบบพีคเฉพาะของตัวอย่างลิปสติกได้ถูกต้อง แม่นยำ และเป็นประโยชน์ที่จะนำไปใช้งานตรวจพิสูจน์ทางด้านนิติวิทยาศาสตร์

จากการวิเคราะห์และเปรียบเทียบความแตกต่างลักษณะ XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกและตัวอย่างรอยลิปสติกบนผ้าฝ้าย ด้วยเทคนิค XRD พบว่า ตัวอย่างลิปสติกที่มียี่ห้อและเนื้อสัมผัสที่แตกต่างกันจำนวน 24 ตัวอย่าง โดยการวิเคราะห์ XRD โดยตรงกับตัวอย่างลิปสติก (ลิปสติกเนื้อแมทและเนื้อลิกวิด) และตัวอย่างรอยลิปสติกบนเสื้อผ้า พบว่า XRD diffractograms ของตัวอย่าง 24 ตัวอย่างแสดงตำแหน่ง 2-Theta (degree) ที่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่า เทคนิคนี้สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างลิปสติกและรอยลิปสติกบนผ้าฝ้าย ได้อย่างแม่นยำและถูกต้อง ซึ่งเทคนิค



XRD ใช้เวลาในการวิเคราะห์รวดเร็ว ไม่ทำลายตัวอย่าง และมีประสิทธิภาพ ดังนั้นงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ทางนิติวิทยาศาสตร์ในการระบุและจับคู่ตัวอย่างลิปสติกของรอยลิปสติกที่พบในสถานที่เกิดเหตุ โดยนำไปใช้เปรียบเทียบกับลักษณะผล XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกกับตัวอย่างของผู้เสียหาย หรือผู้กระทำความผิด เพื่อนำไปสู่การตรวจพิสูจน์ทางอ้อม และนำไปสู่การตรวจพิสูจน์เชื่อมโยงหาตัวผู้กระทำความผิดได้

#### ข้อเสนอแนะในการวิจัย

1. การศึกษาควรมีตัวอย่างที่มีความหลากหลาย เช่น ยี่ห้อ เจดสี เพิ่มการวิเคราะห์รอยลิปสติกบนพื้นผิววัสดุที่หลากหลาย เช่น กระดาษทิชชู แก้ว พลาสติก กันบูห์รี เป็นต้น รวมถึงเพิ่มการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับเทคนิคอื่น ๆ
2. ในการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาการวิเคราะห์หาปริมาณของรอยลิปสติกบนผ้าฝ้ายที่น้อยที่สุดที่สามารถวิเคราะห์ด้วยเทคนิค X-ray Diffraction (XRD) ได้



## รายการอ้างอิง

- “กำหนดสีที่อาจใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตเครื่องสำอาง.” **ราชกิจจานุเบกษา** เล่ม 133, ตอนพิเศษ 245ง (27 ตุลาคม 2559): 17-32
- ทัศพรพรรณ ทองดีเลิศ. “การวิเคราะห์ลิปสติกโดยเทคนิค ATR-FTIR และเทคนิค TGA เพื่อประยุกต์ใช้ในทางนิติวิทยาศาสตร์” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขานิติวิทยาศาสตร์บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2557.
- ผกายมาศ อภิวัฒน์วรวงษ์. “การวิเคราะห์คราบลิปสติกโดยเทคนิค Gas Chromatography และเทคนิค Fluorescence Spectroscopy” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขานิติวิทยาศาสตร์บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2556.
- ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. **เครื่อง X-ray diffractometer (XRD)**, เข้าถึงเมื่อ เข้าถึงเมื่อ 12 เมษายน 2566. เข้าถึงได้จาก <https://www.su-stec.com/x-ray-diffractometer-xrd>
- Abdullah, A.F.L., and other (2011). “Forensic discrimination of lipsticks by thin layer chromatography and gas chromatography-massspectrometry”, **Malaysian Journal of Forensic Sciences**, 2: 22-28
- Chophi, R., Sharma, S., and Singh, R. (2019). “Forensic analysis of red lipsticks using ATR-FTIR spectroscopy and chemometrics”, 100209.
- Ezegbogu, M.O., and H.B. Osadolor (2019). “Comparative forensic analysis of lipsticks using thin layer chromatography and gas chromatography”, **International Journal of Innovative Research in Science Engineering and Technology**, 13
- Gardner, P., and other (2013). “Analysis of lipsticks using Raman spectroscopy”, **Forensic Science International**, 232(1-3), 67-72.
- Gladysz, M., Król, M., and Koscielniak, P (2021). “Current analytical methodologies used for examination of lipsticks and its traces for forensic purposes”, **Journal of Microchemical**, 164, 106002.
- Gupta, M.N, **Glycolipids and Waxes**, accessed April 12, 2023, available from [https://duhslibrary.ac.in/Content/514\\_17\\_1467782004module22glycolipidsandwaxes.pdf](https://duhslibrary.ac.in/Content/514_17_1467782004module22glycolipidsandwaxes.pdf)
- Johny, T. Abraham, S.K. Shukla and A.K. Singh (2007). “Application of X-ray diffraction technique in forensic science”.**Forensic Science Communications**.

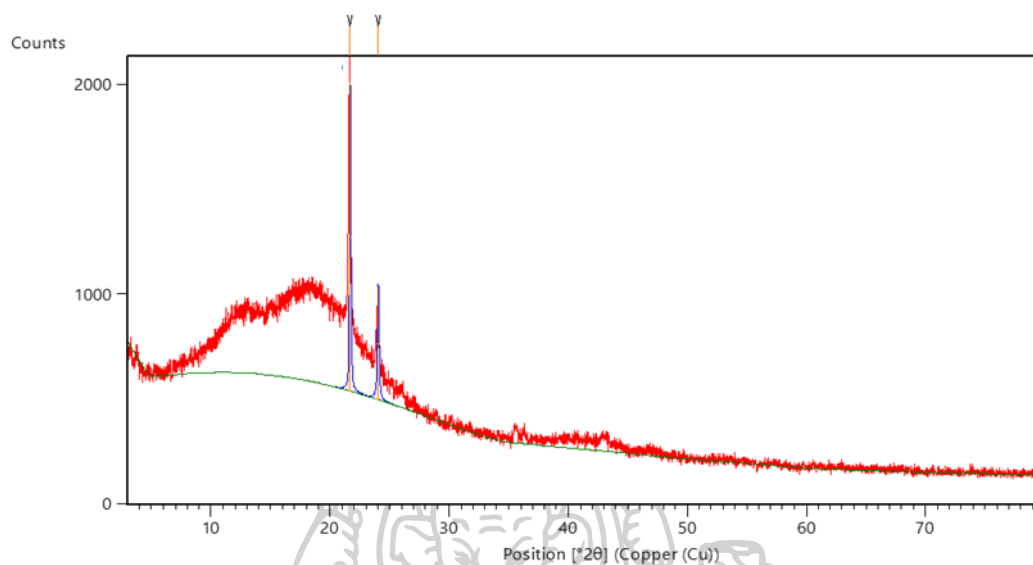
- Kaur, K., and other (2020). “Forensic classification of Lipsticks using Attenuated Total Reflectance – Fourier Transform Infrared (ATR-FTIR) Spectroscopy”, **Vibrational Spectroscopy**, 103146.
- Salahioglu, F., and Went, M. J. (2012). “Differentiation of lipsticks by Raman spectroscopy”. **Forensic Science International**, 223(1-3), 148–152.
- Wong, J. X. W., Sauzier, G., and Lewis, S. W (2019). “Forensic discrimination of lipsticks using visible and attenuated total reflectance infrared spectroscopy”, **Forensic Science International**.





ภาคผนวก

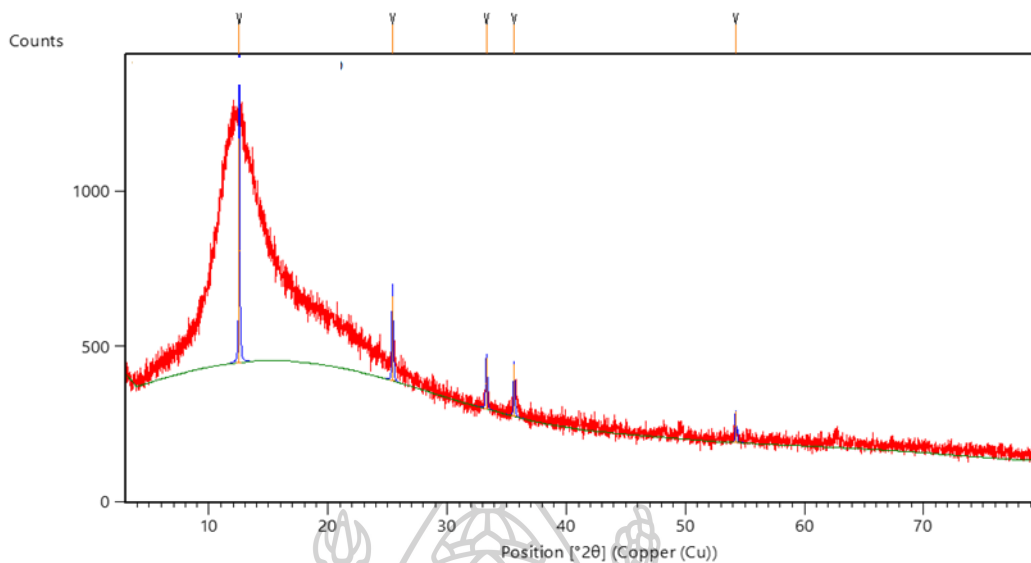
ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างลิปสติก ด้วยเทคนิค X-ray diffraction (XRD)



ภาพที่ 1 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Merrez'ca เนื้อแมท

Pos. [ $^{\circ}2\theta$ ]	Height [cts]	FWHM Left [ $^{\circ}2\theta$ ]	d-spacing [ $\text{\AA}$ ]	Rel. Int. [%]
21.6736	1473.37	0.1299	4.10046	100.00
24.0174	534.00	0.1732	3.70536	36.24

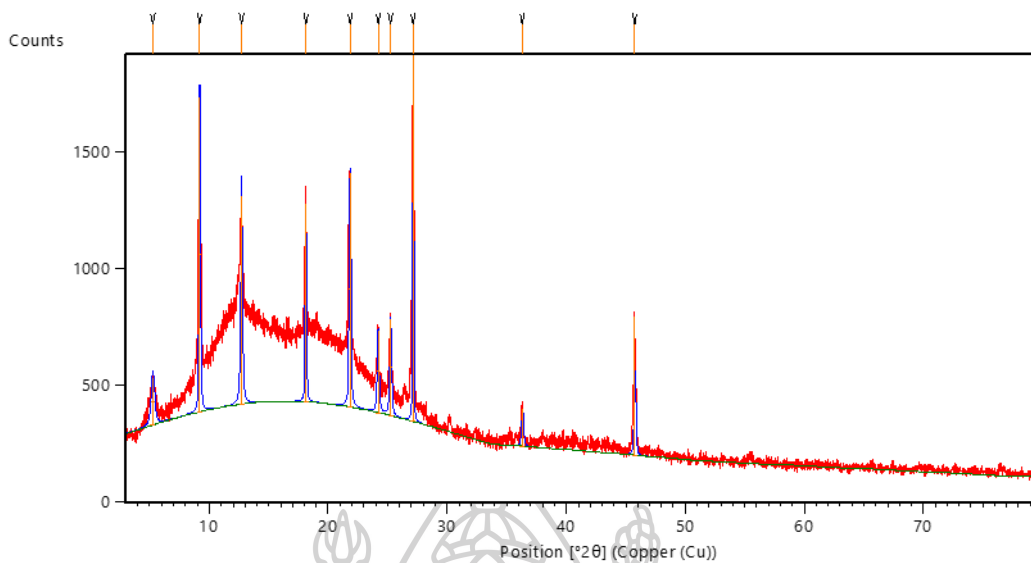
ตารางที่ 1 Peak List ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Merrez'ca เนื้อแมท



ภาพที่ 2 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Merrez'ca เนื้อลิกวิด

Pos. [ $^{\circ}2\theta$ ]	Height [cts]	FWHM Left [ $^{\circ}2\theta$ ]	d-spacing [ $\text{\AA}$ ]	Rel. Int. [%]
12.5435	723.29	0.0900	7.05118	100.00
25.4077	269.47	0.0900	3.50277	37.26
33.2751	163.14	0.0900	2.69038	22.56
35.6140	165.95	0.0900	2.51887	22.94
54.2193	100.94	0.0900	1.69038	13.96

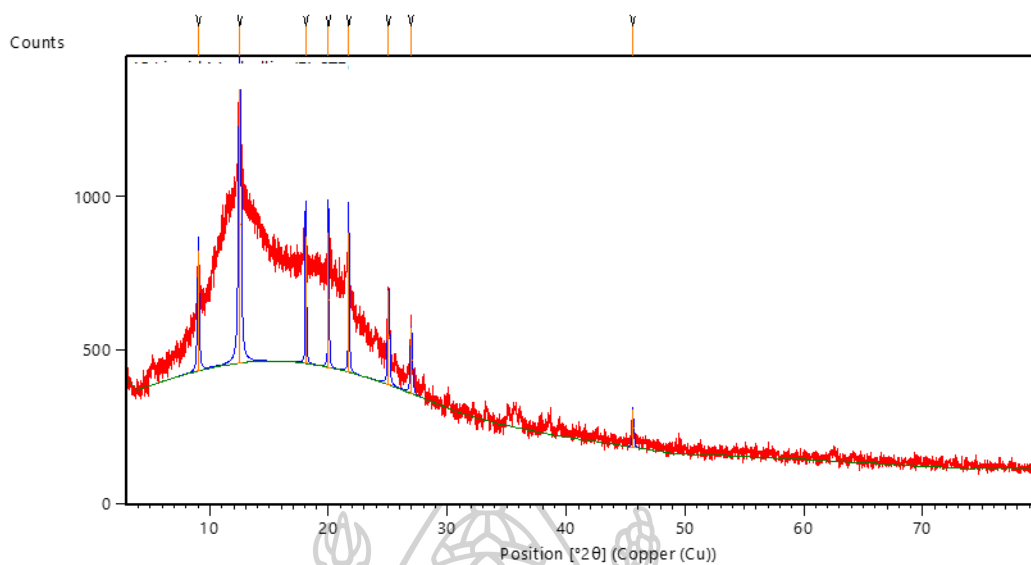
ตารางที่ 2 Peak List ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Merrez'ca เนื้อลิกวิด



ภาพที่ 3 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Maybelline เนื้อแมท

Pos. [ $^{\circ}2\theta$ ]	Height [cts]	FWHM Left [ $^{\circ}2\theta$ ]	d-spacing [ $\text{\AA}$ ]	Rel. Int. [%]
5.2737	204.97	0.3464	16.75748	13.06
9.2121	1351.55	0.1191	9.60026	86.12
12.7228	894.95	0.1732	6.95798	57.03
18.1152	853.68	0.1082	4.89709	54.40
21.8258	1006.31	0.1515	4.07221	64.12
24.1865	351.61	0.1732	3.67983	22.40
25.2345	414.10	0.1732	3.52933	26.39
27.1242	1569.35	0.0758	3.28759	100.00
36.3193	159.56	0.1732	2.47360	10.17
45.7264	597.57	0.1082	1.98423	38.08

ตารางที่ 3 Peak List ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Maybelline เนื้อแมท

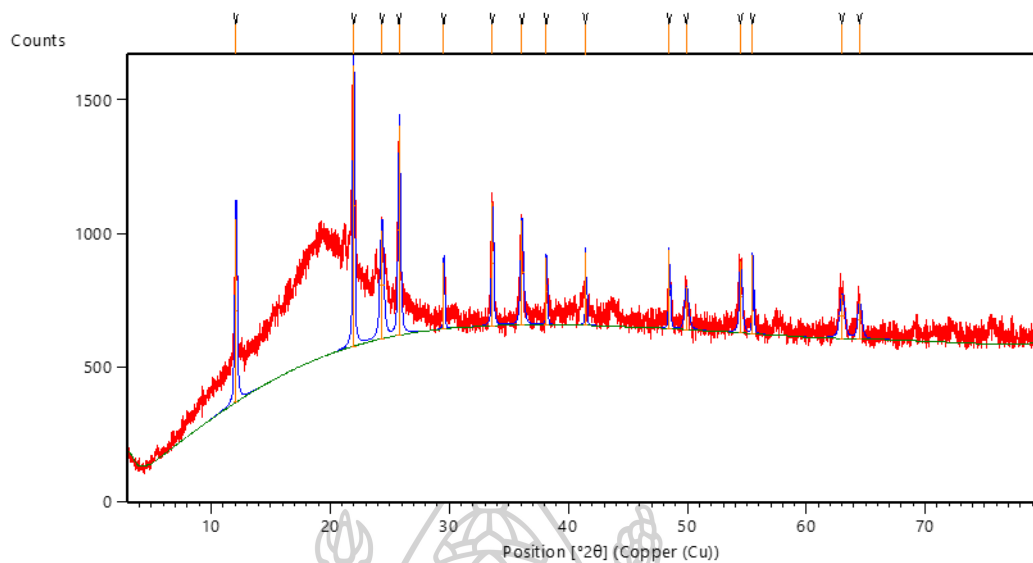


ภาพที่ 4 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Maybelline เนื้อลึควิด

Pos. [ $^{\circ}2\theta$ ]	Height [cts]	FWHM Left [ $^{\circ}2\theta$ ]	d-spacing [ $\text{\AA}$ ]	Rel. Int. [%]
9.0376	393.55	0.1732	9.78521	43.42
12.5224	906.33	0.2598	7.06882	100.00
18.0719	414.77	0.0900	4.90467	45.76
19.9856	438.23	0.0900	4.43914	48.35
21.6866	454.16	0.0900	4.09464	50.11
25.0436	307.91	0.1732	3.55580	33.97
26.9551	216.70	0.1732	3.30783	23.91
45.6077	125.05	0.0900	1.98747	13.80

ตารางที่ 4 Peak List ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Maybelline เนื้อลึควิด

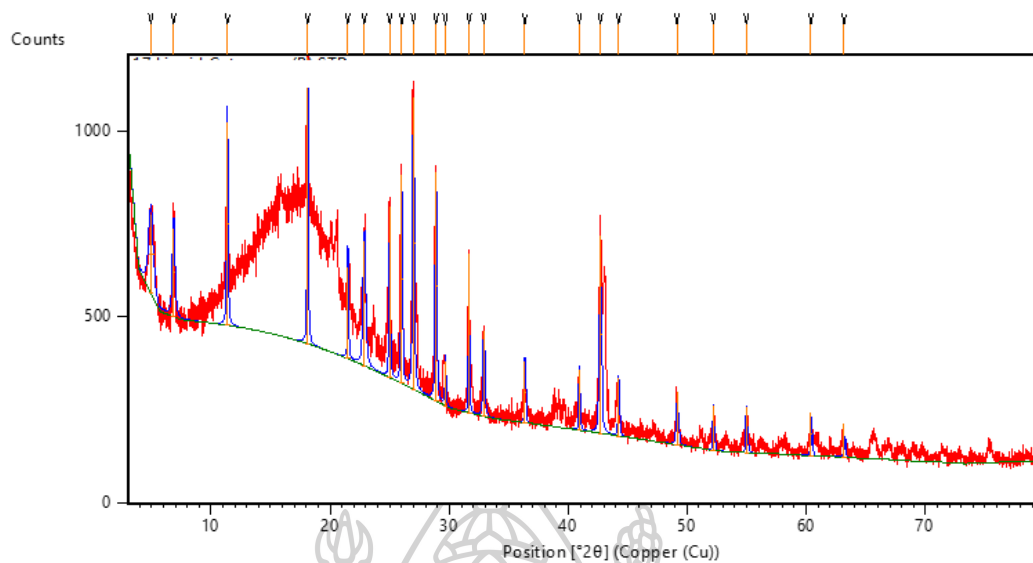




ภาพที่ 5 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกียี่ห้อ Cute press เนื้อเมท

Pos. [ $2\theta$ ]	Height [cts]	FWHM Left [ $2\theta$ ]	d-spacing [ $\text{\AA}$ ]	Rel. Int. [%]
12.0896	682.92	0.2165	7.32093	65.15
21.9628	1048.26	0.1732	4.04711	100.00
24.3383	406.07	0.3464	3.65722	38.74
25.8014	780.65	0.2165	3.45306	74.47
29.5540	246.87	0.0900	3.02010	23.55
33.6256	462.50	0.1732	2.66534	44.12
36.0936	392.17	0.2598	2.48855	37.41
38.1656	252.13	0.0900	2.35613	24.05
41.4614	274.86	0.0900	2.17614	26.22
48.4782	295.29	0.0900	1.87628	28.17
49.9140	161.29	0.3464	1.82713	15.39
54.4590	268.95	0.2598	1.68490	25.66
55.4950	293.38	0.0900	1.65451	27.99
62.9712	166.90	0.4330	1.47609	15.92
64.4525	142.50	0.3464	1.44569	13.59

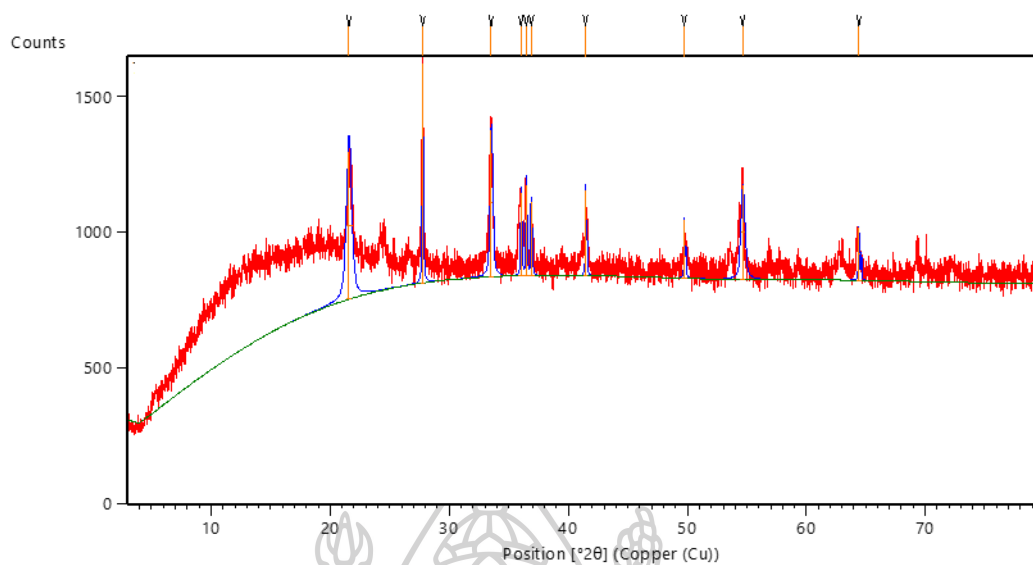
ตารางที่ 5 Peak List ของตัวอย่างลิปสติกียี่ห้อ Cute press เนื้อเมท



ภาพที่ 6 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Cute press เนื้อลิกวิด

Pos. [ $2\theta$ ]	Height [cts]	FWHM Left [ $2\theta$ ]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
4.9325	212.13	0.4763	17.91579	26.93
6.8554	238.07	0.2598	12.89436	30.22
11.3504	547.71	0.1299	7.79597	69.53
18.1120	774.40	0.1082	4.89794	98.31
21.4740	248.01	0.0900	4.13470	31.48
22.8688	336.91	0.2598	3.88879	42.77
24.9845	462.04	0.1082	3.56408	58.66
25.9976	562.70	0.1299	3.42745	71.43
26.9755	787.72	0.1624	3.30538	100.00
28.8679	617.59	0.1515	3.09286	78.40
29.6603	121.02	0.0900	3.00951	15.36
31.6465	428.65	0.0866	2.82735	54.42
32.9054	230.59	0.1732	2.72201	29.27
36.3582	166.64	0.0900	2.46900	21.16
40.9298	165.81	0.0900	2.20316	21.05
42.6776	534.50	0.1732	2.11864	67.85
44.2256	157.18	0.0900	2.04632	19.95
49.1331	142.42	0.1732	1.85433	18.08
52.1993	121.58	0.0900	1.75094	15.43
54.9635	124.25	0.0900	1.66924	15.77
60.3856	114.72	0.0900	1.53168	14.56
63.1498	92.20	0.0900	1.47112	11.70

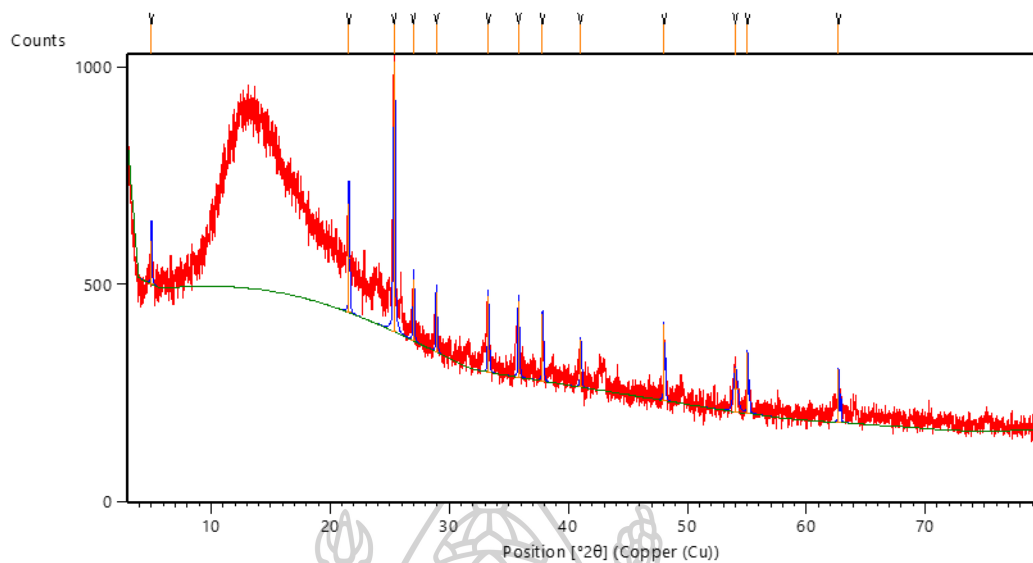
ตารางที่ 6 Peak List ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Cute press เนื้อลิกวิด



ภาพที่ 7 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ In 2 it เนื้อแมท

Pos. [ $^{\circ}2\theta$ ]	Height [cts]	FWHM Left [ $^{\circ}2\theta$ ]	d-spacing [ $\text{\AA}$ ]	Rel. Int. [%]
21.5727	544.77	0.5196	4.11942	67.18
27.7686	810.88	0.1082	3.21274	100.00
33.5303	543.22	0.2598	2.67270	66.99
36.0393	306.30	0.0900	2.49011	37.77
36.4645	338.64	0.0900	2.46204	41.76
36.8898	273.02	0.0900	2.43463	33.67
41.4614	318.37	0.0900	2.17614	39.26
49.7540	216.51	0.0900	1.83112	26.70
54.6346	349.62	0.3464	1.67990	43.12
64.4256	196.63	0.0900	1.44504	24.25

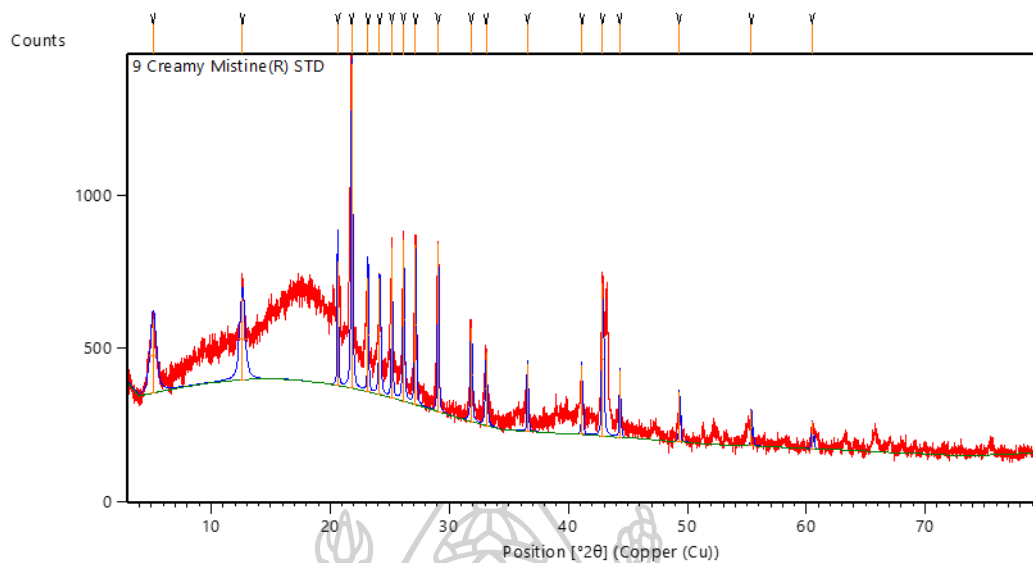
ตารางที่ 7 Peak List ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ In 2 it เนื้อแมท



ภาพที่ 8 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ In 2 it เนื้อลิกวิด

Pos. [ $^{\circ}2\theta$ ]	Height [cts]	FWHM Left [ $^{\circ}2\theta$ ]	d-spacing [ $\text{\AA}$ ]	Rel. Int. [%]
4.9951	99.85	0.0900	17.67702	16.05
21.5803	249.96	0.0900	4.11457	40.19
25.3758	621.96	0.1515	3.51000	100.00
27.0024	144.02	0.0900	3.29941	23.16
28.9161	139.09	0.0900	3.08525	22.36
33.2751	174.91	0.0900	2.69038	28.12
35.8266	176.99	0.0900	2.50440	28.46
37.8466	155.13	0.0900	2.37525	24.94
41.0361	110.34	0.0900	2.19770	17.74
48.0529	174.52	0.0900	1.89189	28.06
54.0201	103.00	0.3464	1.69755	16.56
55.0698	140.47	0.0900	1.66627	22.59
62.7245	122.62	0.0900	1.48007	19.72

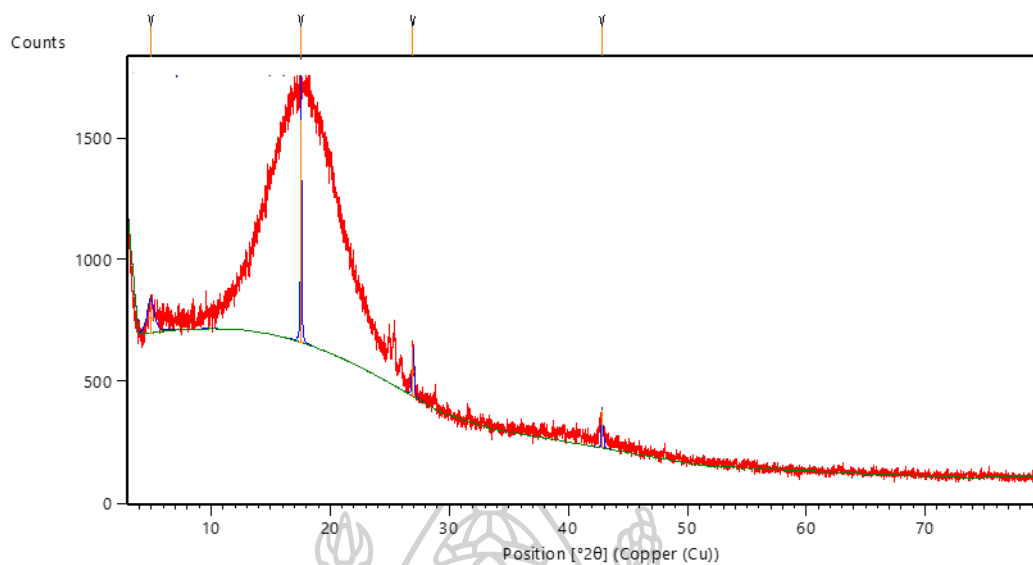
ตารางที่ 8 Peak List ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ In 2 it เนื้อลิกวิด



ภาพที่ 9 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Mistine เนื้อแมท

Pos. [ $2\theta$ ]	Height [cts]	FWHM Left [ $2\theta$ ]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
5.1354	240.62	0.6061	17.20837	22.78
12.6131	270.83	0.5196	7.01822	25.64
20.6235	407.19	0.0900	4.30326	38.55
21.8055	1056.38	0.1515	4.07595	100.00
23.1751	369.94	0.0900	3.83492	35.02
24.1643	381.81	0.1732	3.68316	36.14
25.1802	494.28	0.1082	3.53683	46.79
26.1529	529.28	0.1515	3.40744	50.10
27.1661	521.73	0.1515	3.28261	49.39
29.0576	549.23	0.1299	3.07310	51.99
31.8474	304.47	0.1732	2.80998	28.82
33.0941	240.62	0.1732	2.70691	22.78
36.5708	220.67	0.0900	2.45513	20.89
41.1424	227.66	0.0900	2.19227	21.55
42.8869	501.17	0.1732	2.10879	47.44
44.3319	218.07	0.0900	2.04166	20.64
49.3287	164.25	0.0900	1.84590	15.55
55.3887	116.44	0.0900	1.65743	11.02
60.4919	89.23	0.0900	1.52924	8.45

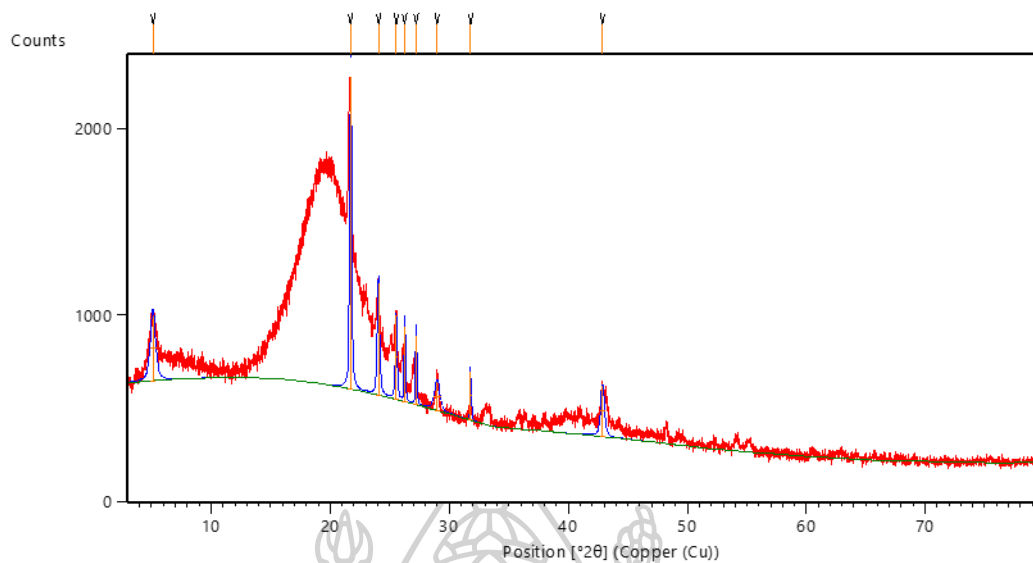
ตารางที่ 9 Peak List ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Mistine เนื้อแมท



ภาพที่ 10 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Mistine เนื้อลึควิด

Pos. [ $2\theta$ ]	Height [cts]	FWHM Left [ $2\theta$ ]	d-spacing [ $\text{\AA}$ ]	Rel. Int. [%]
4.9229	129.29	0.6927	17.95068	14.13
17.5403	915.16	0.0900	5.05210	100.00
26.9574	202.60	0.1732	3.30755	22.14
42.8435	160.50	0.0900	2.10908	17.54

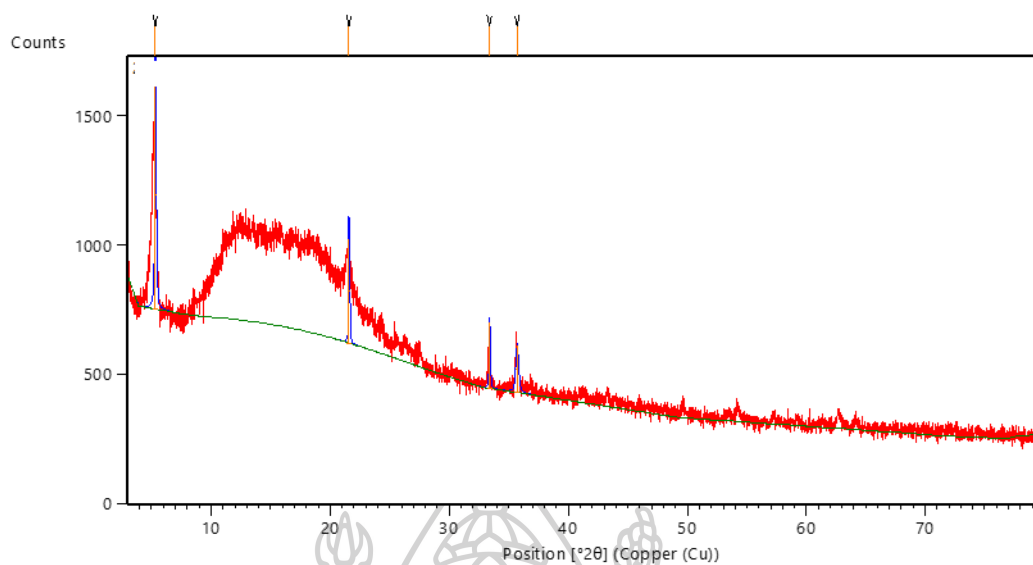
ตารางที่ 10 Peak List ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Mistine เนื้อลึควิด



ภาพที่ 11 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Cathy Doll เนื้อแมท

Pos. [ $^{\circ}2\theta$ ]	Height [cts]	FWHM Left [ $^{\circ}2\theta$ ]	d-spacing [ $\text{\AA}$ ]	Rel. Int. [%]
5.1047	343.45	0.5196	17.31194	19.86
21.7093	1728.96	0.1732	4.09380	100.00
24.0466	601.99	0.2165	3.70091	34.82
25.5280	451.90	0.1732	3.48942	26.14
26.2582	400.26	0.0900	3.39121	23.15
27.2151	374.92	0.0900	3.27411	21.68
28.9651	151.71	0.5196	3.08270	8.77
31.7866	261.30	0.0900	2.81288	15.11
42.8546	270.48	0.3464	2.11031	15.64

ตารางที่ 11 Peak List ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Cathy Doll เนื้อแมท



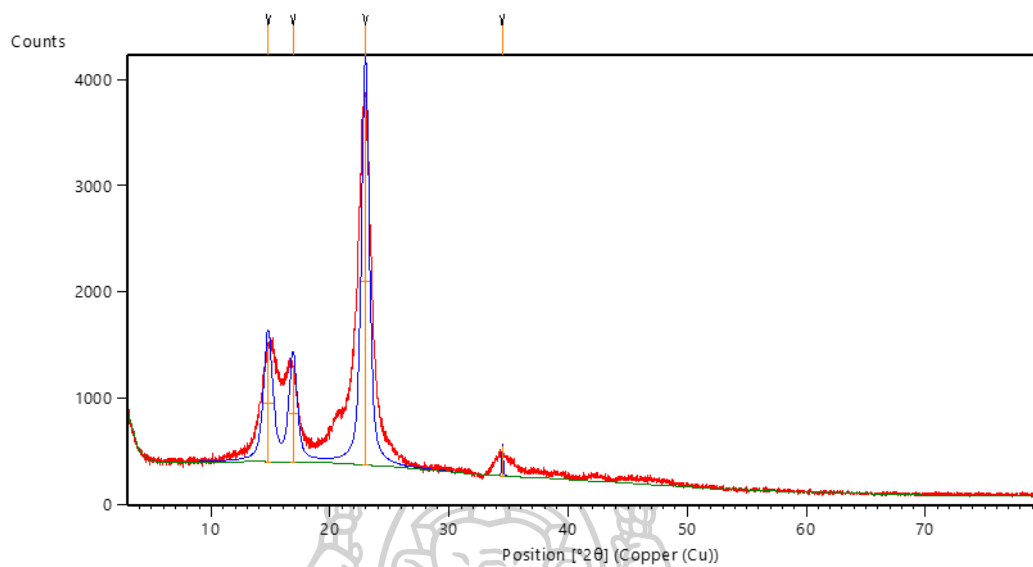
ภาพที่ 12 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Cathy Doll เนื้อลึควิด

Pos. [ $^{\circ}2\theta$ ]	Height [cts]	FWHM Left [ $^{\circ}2\theta$ ]	d-spacing [ $\text{\AA}$ ]	Rel. Int. [%]
5.3234	886.90	0.1515	16.60112	100.00
21.5803	401.58	0.0900	4.11457	45.28
33.3814	255.30	0.0900	2.68206	28.79
35.6934	183.79	0.2598	2.51553	20.72

ตารางที่ 12 Peak List ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Cathy Doll เนื้อลึควิด



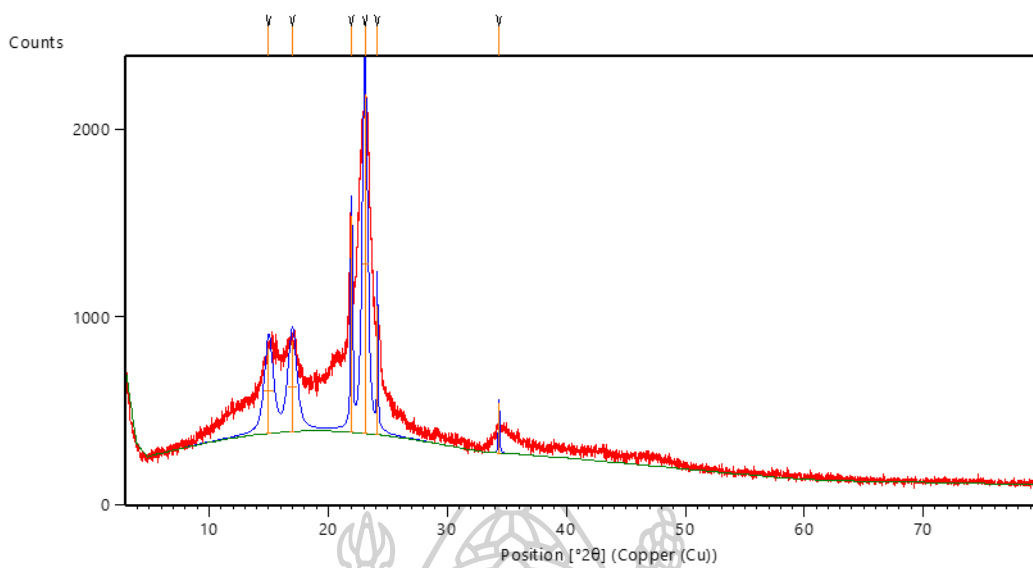
ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างรอยลิปติกบนผ้าฝ้าย ด้วยเทคนิค X-ray diffraction (XRD)



ภาพที่ 1 XRD diffractograms ของผ้าฝ้าย

Pos. [ $^{\circ}2\theta$ ]	Height [cts]	FWHM Left [ $^{\circ}2\theta$ ]	d-spacing [ $\text{\AA}$ ]	Rel. Int. [%]
14.7822	1087.95	0.8659	5.99290	31.42
16.8678	898.89	0.7793	5.25633	25.96
22.9399	3462.31	0.7360	3.87690	100.00
34.4445	281.75	0.0900	2.60167	8.14

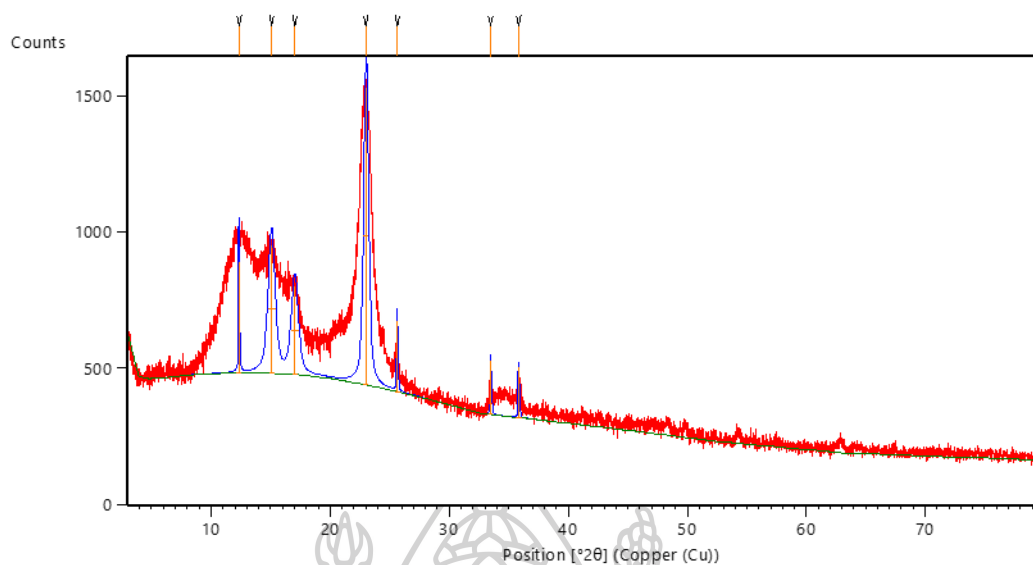
ตารางที่ 1 Peak List ของตัวอย่างผ้าฝ้าย



ภาพที่ 2 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Merrez'ca เนื้อแมท

Pos. [°2θ]	Height [cts]	FWHM Left [°2θ]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
15.0075	460.57	0.8659	5.90343	25.40
16.9824	486.18	0.8659	5.22112	26.82
21.9501	1158.29	0.1732	4.04944	63.89
23.0801	1812.96	0.5196	3.85367	100.00
24.1319	690.74	0.0900	3.68498	38.10
34.3382	266.85	0.0900	2.60948	14.72

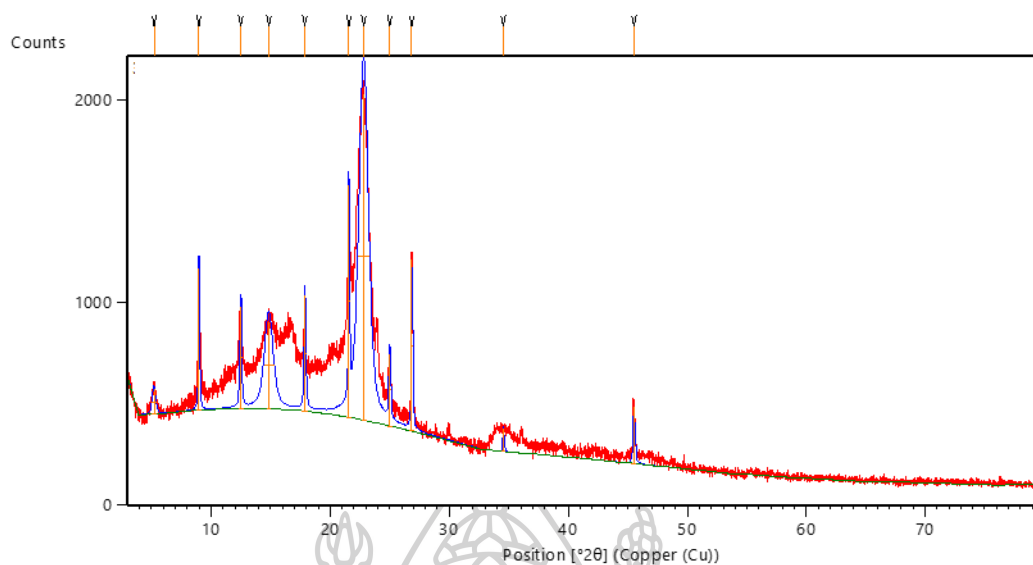
ตารางที่ 2 Peak List ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Merrez'ca เนื้อแมท



ภาพที่ 3 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Merrez'ca เนื้อลิกวิด

Pos. [ $^{\circ}2\theta$ ]	Height [cts]	FWHM Left [ $^{\circ}2\theta$ ]	d-spacing [ $\text{\AA}$ ]	Rel. Int. [%]
12.3308	411.44	0.0900	7.17229	37.65
15.0726	472.82	0.6927	5.87808	43.27
17.0179	326.29	0.6927	5.21030	29.86
23.0166	1092.74	0.4763	3.86416	100.00
25.6203	260.28	0.0900	3.47418	23.82
33.4877	202.20	0.0900	2.67378	18.50
35.8266	188.84	0.0900	2.50440	17.28

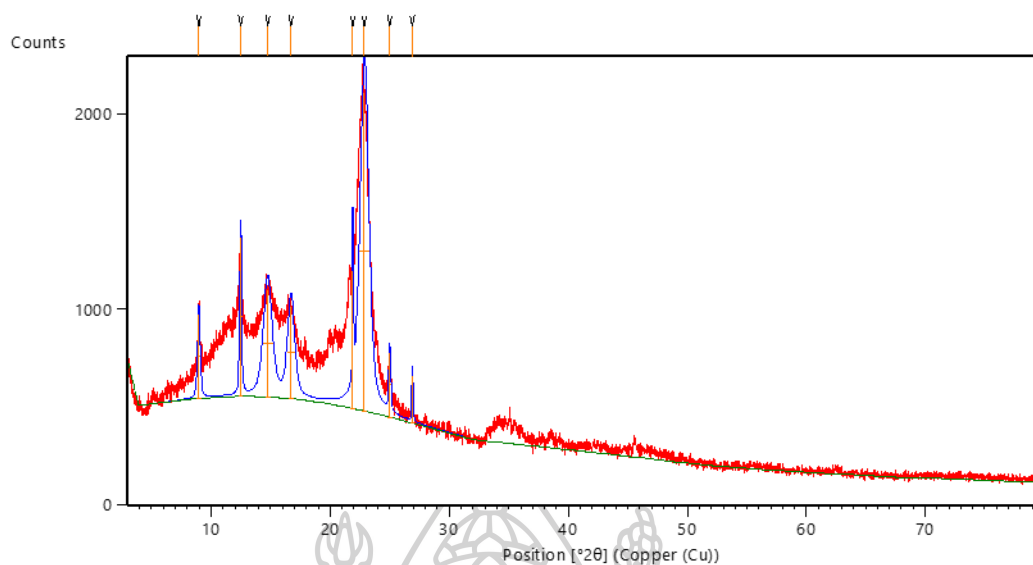
ตารางที่ 3 Peak List ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Merrez'ca เนื้อลิกวิด



ภาพที่ 4 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Maybelline เนื้อแมท

Pos. [ $^{\circ}2\theta$ ]	Height [cts]	FWHM Left [ $^{\circ}2\theta$ ]	d-spacing [ $\text{\AA}$ ]	Rel. Int. [%]
5.1946	126.21	0.3464	17.01254	7.82
8.9751	703.39	0.1299	9.85322	43.60
12.4825	505.86	0.1732	7.09135	31.35
14.8312	428.35	0.8659	5.97323	26.55
17.8751	571.15	0.1732	4.96232	35.40
21.5585	1148.19	0.1082	4.12210	71.17
22.7997	1613.35	0.9525	3.90042	100.00
24.9870	354.55	0.1732	3.56373	21.98
26.8683	845.90	0.1299	3.31832	52.43
34.5508	113.96	0.0900	2.59390	7.06
45.4985	282.77	0.1732	1.99364	17.53

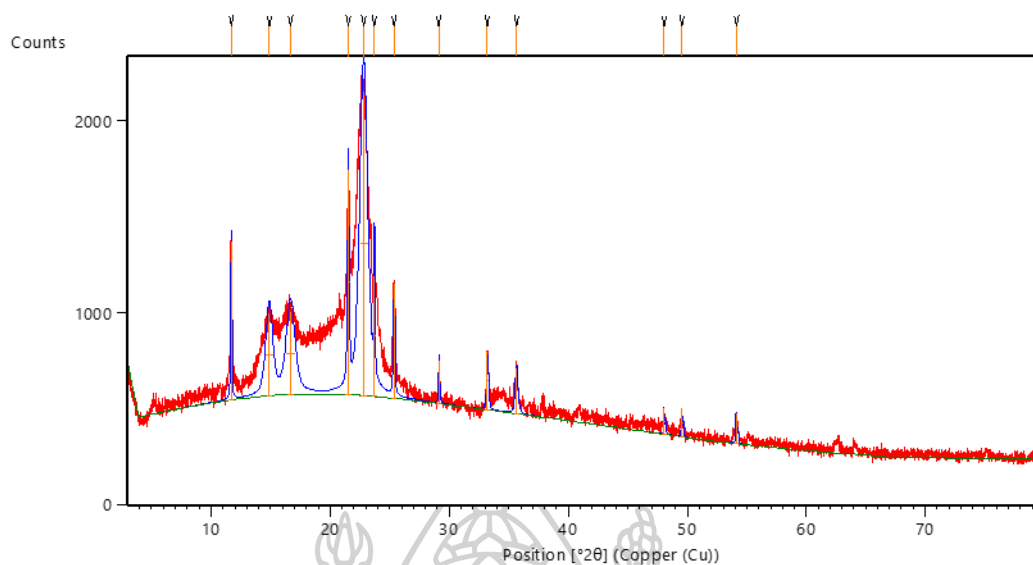
ตารางที่ 4 Peak List ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Maybelline เนื้อแมท



ภาพที่ 5 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Maybelline เนื้อลึควิด

Pos. [ $^{\circ}2\theta$ ]	Height [cts]	FWHM Left [ $^{\circ}2\theta$ ]	d-spacing [ $\text{\AA}$ ]	Rel. Int. [%]
8.9587	432.97	0.2598	9.87120	26.55
12.4678	817.42	0.1732	7.09969	50.13
14.7451	547.18	0.8659	6.00789	33.56
16.6991	468.70	0.6927	5.30905	28.74
21.8993	705.07	0.0900	4.05536	43.24
22.8718	1630.54	0.8659	3.88828	100.00
24.9830	333.01	0.1732	3.56429	20.42
26.8961	245.08	0.0900	3.31221	15.03

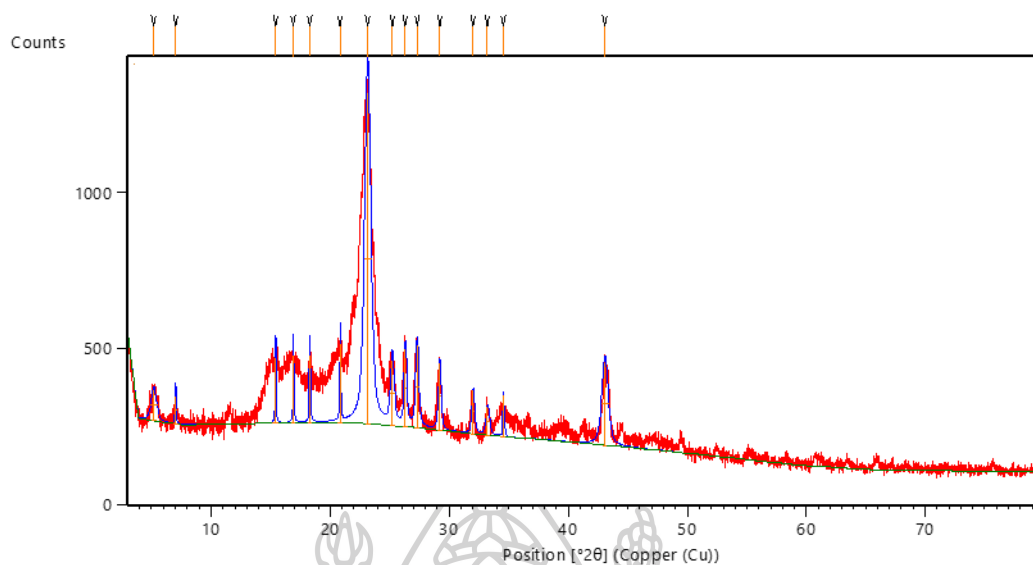
ตารางที่ 5 Peak List ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Maybelline เนื้อลึควิด



ภาพที่ 6 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Cute press เนื้อแมท

Pos. [ $^{\circ}2\theta$ ]	Height [cts]	FWHM Left [ $^{\circ}2\theta$ ]	d-spacing [ $\text{\AA}$ ]	Rel. Int. [%]
11.6974	830.96	0.1082	7.56550	52.27
14.8741	431.73	0.6927	5.95610	27.16
16.6591	434.28	0.8659	5.32170	27.32
21.5040	1179.09	0.1515	4.13241	74.17
22.8000	1589.76	0.7793	3.90038	100.00
23.7066	632.74	0.0900	3.75011	39.80
25.3594	598.07	0.1299	3.51223	37.62
29.1287	224.24	0.0900	3.06322	14.11
33.1947	302.83	0.1732	2.69894	19.05
35.6455	240.65	0.2598	2.51880	15.14
48.0529	134.69	0.0900	1.89189	8.47
49.5414	148.17	0.0900	1.83848	9.32
54.1129	160.33	0.0900	1.69345	10.09

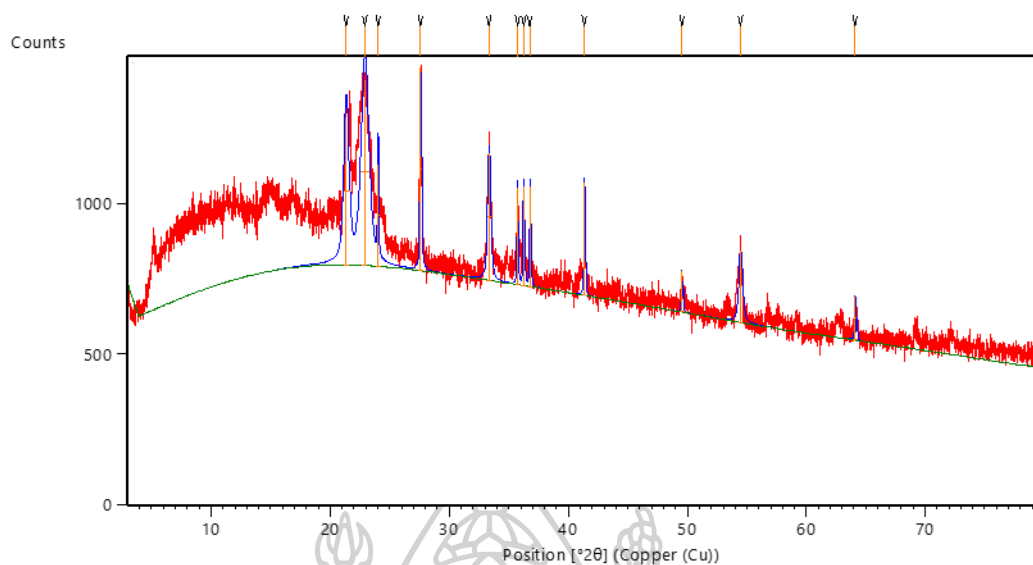
ตารางที่ 6 Peak List ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Cute press เนื้อแมท



ภาพที่ 7 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกลีหื้อ Cute press เนื้อลิควิด

Pos. [ $2\theta$ ]	Height [cts]	FWHM Left [ $2\theta$ ]	d-spacing [ $\text{\AA}$ ]	Rel. Int. [%]
5.1870	98.13	0.5196	17.03737	9.23
7.0151	88.68	0.0900	12.59076	8.34
15.4140	209.99	0.0900	5.74390	19.75
16.9024	215.73	0.0900	5.24130	20.29
18.2845	215.19	0.0900	4.84811	20.24
20.8361	252.19	0.0900	4.25982	23.72
23.1418	1063.35	0.6061	3.84354	100.00
25.2065	208.99	0.3464	3.53319	19.65
26.3100	248.44	0.2598	3.38746	23.36
27.2964	263.77	0.3031	3.26724	24.81
29.1883	216.58	0.2598	3.05964	20.37
32.0101	140.35	0.2598	2.79607	13.20
33.2143	90.05	0.3464	2.69740	8.47
34.5508	132.74	0.0900	2.59390	12.48
43.0551	263.65	0.6061	2.10094	24.79

ตารางที่ 7 Peak List ของตัวอย่างลิปสติกลีหื้อ Cute press เนื้อลิควิด

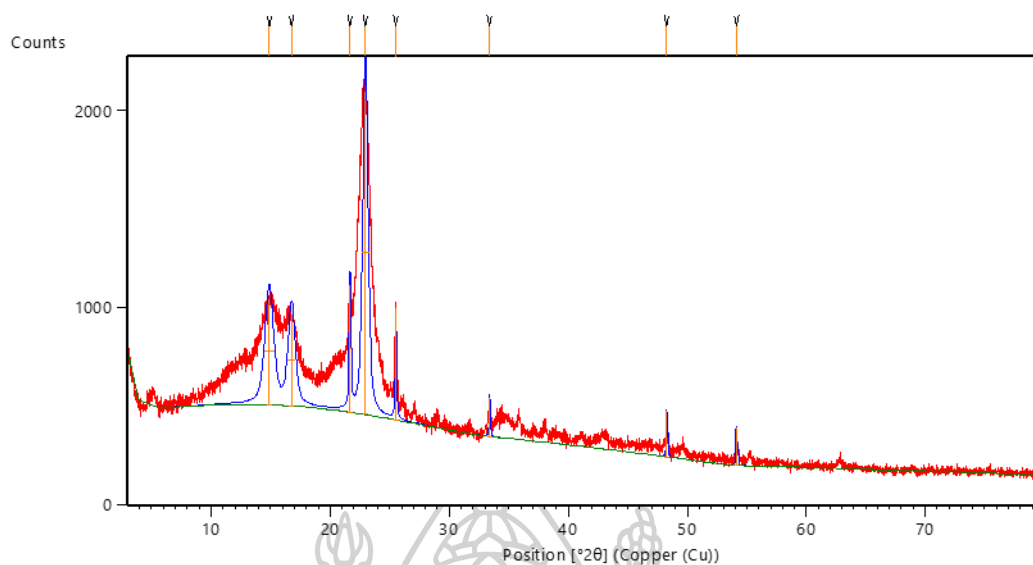


ภาพที่ 8 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ In 2 it เนื้อแมท

Pos. [ $^{\circ}2\theta$ ]	Height [cts]	FWHM Left [ $^{\circ}2\theta$ ]	d-spacing [ $\text{\AA}$ ]	Rel. Int. [%]
21.3423	493.79	0.5196	4.16335	73.00
22.9233	621.03	0.7793	3.87968	91.81
24.0256	339.55	0.0900	3.70105	50.20
27.6047	676.43	0.1515	3.23145	100.00
33.3313	423.17	0.3031	2.68820	62.56
35.7203	323.18	0.0900	2.51161	47.78
36.2519	330.13	0.0900	2.47600	48.81
36.7835	333.42	0.0900	2.44142	49.29
41.3550	377.28	0.0900	2.18148	55.78
49.5414	137.27	0.0900	1.83848	20.29
54.4552	242.22	0.3464	1.68501	35.81
64.1066	145.83	0.0900	1.45146	21.56

ตารางที่ 8 Peak List ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ In 2 it เนื้อแมท

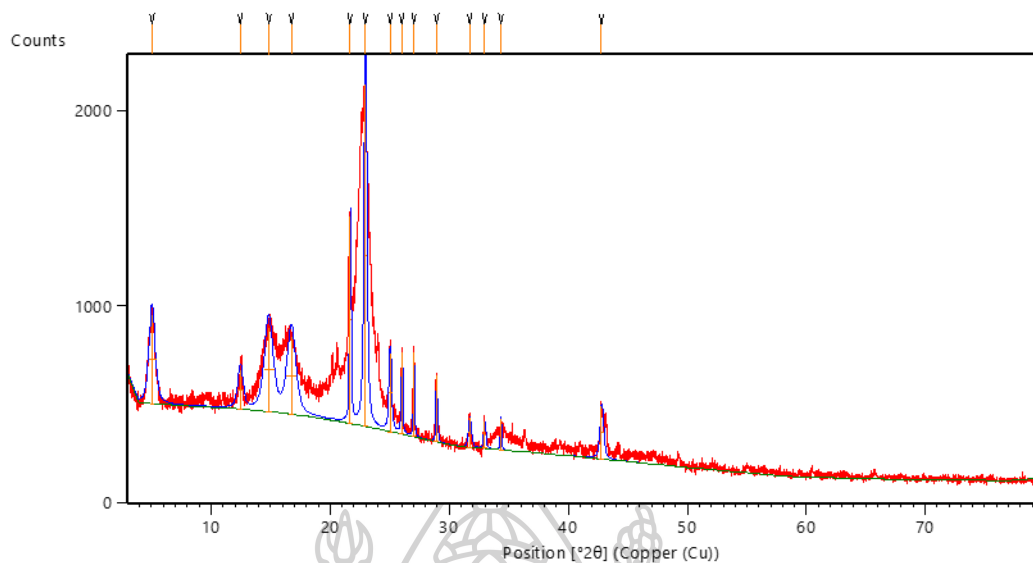




ภาพที่ 9 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ In 2 it เนื้อลึควิต

Pos. [ $^{\circ}2\theta$ ]	Height [cts]	FWHM Left [ $^{\circ}2\theta$ ]	d-spacing [ $\text{\AA}$ ]	Rel. Int. [%]
14.8771	538.53	0.8659	5.95488	32.77
16.7507	464.30	0.6927	5.29280	28.26
21.6559	649.05	0.1732	4.10377	39.50
22.9507	1643.19	0.5196	3.87511	100.00
25.5071	568.35	0.1299	3.49222	34.59
33.3814	198.60	0.0900	2.68206	12.09
48.2656	234.78	0.0900	1.88405	14.29
54.1129	192.84	0.0900	1.69345	11.74

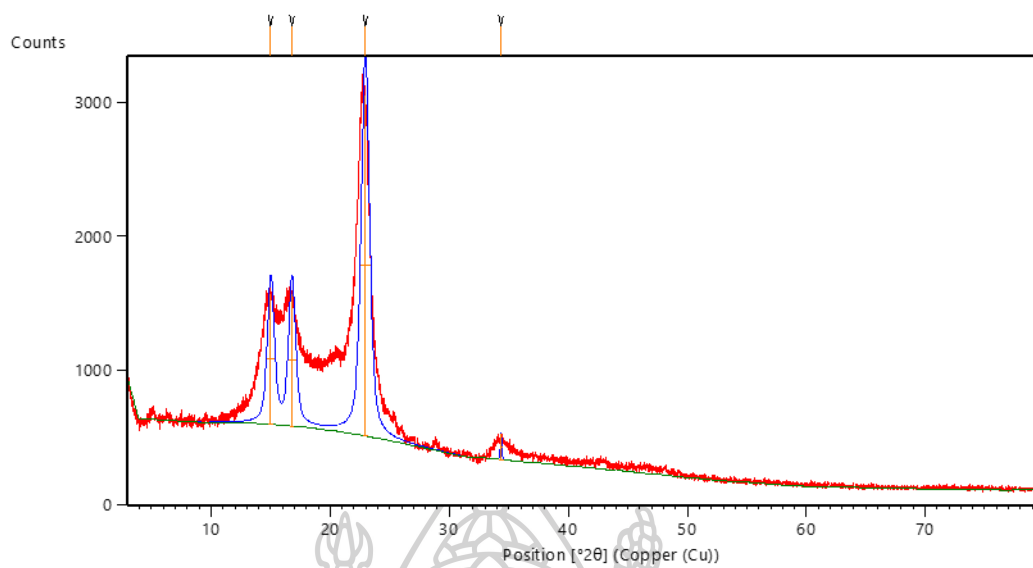
ตารางที่ 9 Peak List ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ In 2 it เนื้อลึควิต



ภาพที่ 10 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Mistine เนื้อแมท

Pos. [ $2\theta$ ]	Height [cts]	FWHM Left [ $2\theta$ ]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
5.0312	452.54	0.6061	17.56465	25.94
12.4541	197.99	0.5196	7.10744	11.35
14.8272	432.95	0.8659	5.97483	24.82
16.7303	398.66	0.8659	5.29922	22.85
21.6807	1059.46	0.1515	4.09913	60.73
22.9579	1744.68	0.3031	3.87391	100.00
25.0319	401.88	0.2598	3.55744	23.03
26.0237	417.39	0.1299	3.42407	23.92
27.0302	434.06	0.1082	3.29881	24.88
28.9250	339.82	0.1299	3.08689	19.48
31.7273	150.83	0.2598	2.82034	8.65
32.9669	142.23	0.1732	2.71707	8.15
34.3382	159.14	0.0900	2.60948	9.12
42.7961	271.86	0.3464	2.11305	15.58

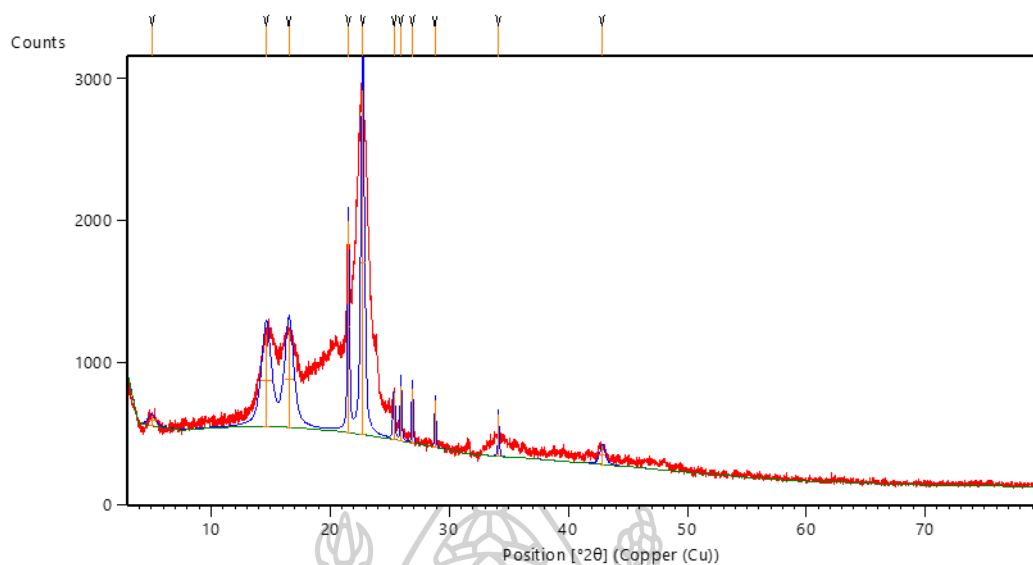
ตารางที่ 10 Peak List ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Mistine เนื้อแมท



ภาพที่ 11 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Mistine เนื้อลึควิด

Pos. [ $^{\circ}2\theta$ ]	Height [cts]	FWHM Left [ $^{\circ}2\theta$ ]	d-spacing [ $\text{\AA}$ ]	Rel. Int. [%]
15.0078	972.61	0.6927	5.90334	38.20
16.7882	982.88	0.6927	5.28108	38.60
22.9457	2546.42	0.8226	3.87594	100.00
34.3382	191.33	0.0900	2.60948	7.51

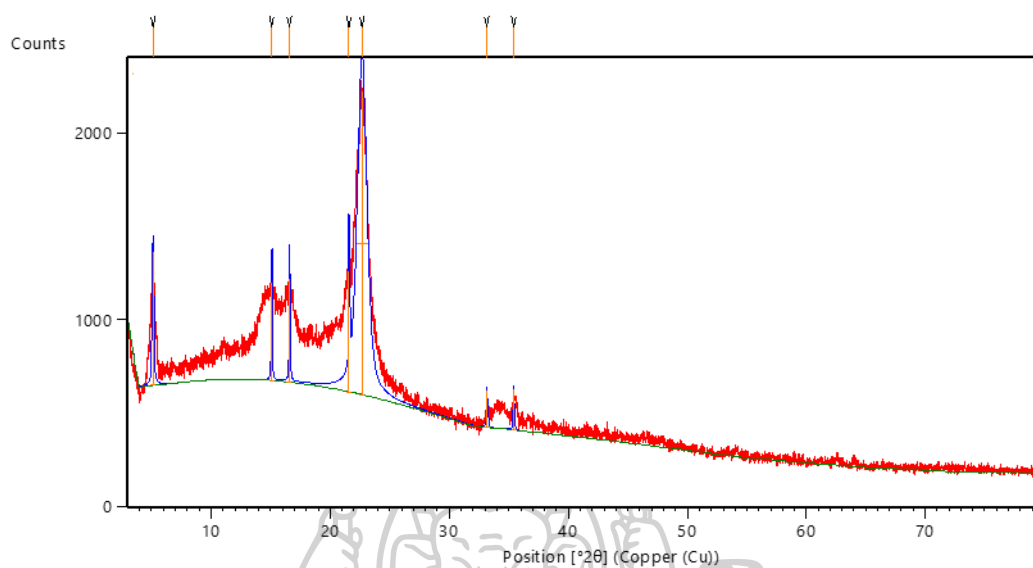
ตารางที่ 11 Peak List ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Mistine เนื้อลึควิด



ภาพที่ 12 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Cathy Doll เนื้อแมท

Pos. [ $^{\circ}2\theta$ ]	Height [cts]	FWHM Left [ $^{\circ}2\theta$ ]	d-spacing [ $\text{\AA}$ ]	Rel. Int. [%]
5.0301	74.34	0.6927	17.56842	3.06
14.6303	650.48	0.9525	6.05480	26.80
16.5362	682.48	0.8659	5.36098	28.12
21.5190	1491.38	0.1732	4.12958	61.44
22.7213	2427.47	0.3464	3.91371	100.00
25.3434	327.23	0.1732	3.51442	13.48
25.9393	392.05	0.0900	3.43218	16.15
26.8961	383.18	0.0900	3.31221	15.79
28.8098	327.74	0.0900	3.09640	13.50
34.1256	298.01	0.0900	2.62525	12.28
42.8419	133.73	0.5196	2.11090	5.51

ตารางที่ 12 Peak List ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Cathy Doll เนื้อแมท



ภาพที่ 13 XRD diffractograms ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Cathy Doll เนื้อลึควิต

Pos. [ $^{\circ}2\theta$ ]	Height [cts]	FWHM Left [ $^{\circ}2\theta$ ]	d-spacing [ $\text{\AA}$ ]	Rel. Int. [%]
5.1160	718.13	0.1732	17.27372	44.29
15.0951	526.70	0.0900	5.86454	32.48
16.5835	558.49	0.0900	5.34138	34.44
21.5803	645.50	0.0900	4.11457	39.81
22.6737	1621.58	0.9525	3.92181	100.00
33.1687	197.94	0.0900	2.69876	12.21
35.4014	218.91	0.0900	2.53351	13.50

ตารางที่ 13 Peak List ของตัวอย่างลิปสติกยี่ห้อ Cathy Doll เนื้อลึควิต

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวธันชพร ทับทิมศรี
วัน เดือน ปี เกิด	5 ธันวาคม พ.ศ. 2537
สถานที่เกิด	กาญจนบุรี
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2555 สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจาก โรงเรียนกาญจนานุเคราะห์ พ.ศ. 2560 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาเคมี มหาวิทยาลัยศิลปากร พ.ศ. 2563 ศึกษาต่อปริญญาโท สาขานิติวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
ที่อยู่ปัจจุบัน	78/8 ม.3 ต.แก่งเสี้ยน อ.เมือง จ.กาญจนบุรี 71000

