



การวิเคราะห์ทางนิติวิทยาศาสตร์ของลิปสติกด้วยเทคนิค ATR-FTIR และการวัดสี Forensic Analysis of Lipstick Using ATR-FTIR and Color Measurement

ชนิกานต์ กองแก้ว^{1*} และ ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง²

Chanikarn Kongkaew^{1*} and Sirirat Choosakulkrieng²

¹ นักศึกษาระดับปริญญาโท, สาขานิติวิทยาศาสตร์, หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร

¹ Graduate student, Department of Forensic Science, Faculty of Science, Silpakorn University.

² อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

² Academic, Faculty of Science, Silpakorn University.

*Corresponding author, E-mail: Kongkaew_c@su.ac.th

บทคัดย่อ

ลิปสติกเป็นเครื่องสำอางยอดนิยมที่นำมาใช้ในหมู่ผู้หญิงและผู้ชาย สามารถพบร่องรอยของลิปสติกในการปนเปื้อนบนพื้นผิวต่าง ๆ ได้ ดังนั้นการระบุร่องรอยของลิปสติกในที่เกิดเหตุอาจเป็นหลักฐานสำคัญทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ในการนำไประบุตัวคนร้ายได้ ในการศึกษาครั้งนี้วิเคราะห์ลิปสติกที่สามารถพบได้ง่ายในห้องตลาดจำนวน 20 ตัวอย่าง โดยใช้เทคนิค Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) ในช่วงความยาวคลื่น 400 - 4000 cm^{-1} ทำการทดลองในกรณีที่ไม่มีพื้นผิวและทดลองบนพื้นผิวที่เป็นผ้าดิบ พบว่าลิปสติกแต่ละตัวอย่างมีเลขคลื่นที่แตกต่างกัน จึงส่งผลให้ค่าสถิติอำนาจในการแยก (Discriminating power: DP) มีค่า 100% และในส่วนการทดลองวัดค่าสี (Color Measurement) ของร่องรอยลิปสติกบนผ้าดิบโดยใช้เครื่อง Spectrophotometer พบว่า ในทุกตัวอย่างแสดงผลค่าสีออกมาแตกต่างกัน เมื่อนำมาคำนวณเพื่อหาค่าความแตกต่างของสี (ΔE) สามารถบ่งบอกว่า ลิปสติกทุกตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งทำให้ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถแยกตัวอย่างของลิปสติกเพื่อนำมาประยุกต์ในงานทางนิติวิทยาศาสตร์ได้

คำสำคัญ: ลิปสติก, นิติวิทยาศาสตร์, Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR), Spectrophotometer, อำนาจในการแยก

Abstract

Lipstick is a popular cosmetic product used by both women and men. Traces of lipstick can be found in contaminants on various surfaces. Therefore, identifying traces of lipstick at the crime scene may be important forensic evidence in identifying the criminal. In this study, 20 samples of easily found lipsticks were analyzed using the Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) in the wavelength range of



400-4000 cm^{-1} . The experiment was conducted in the absence of a surface and experiment on a calico surface. It was found that each lipstick sample had a different wavenumber. Therefore, resulting in the discriminating power statistic has a value of 100%. In the experimental part the color measurement of lipstick traces on the calico using Spectrophotometer found that every sample displayed different color values. When calculated to find the color difference (ΔE), it can indicate that every lipstick sample has a different shade value. This allows the information obtained from this research to separate samples of lipstick for application in forensic science.

Keywords : lipstick, forensic science, Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR), Spectrophotometer, discriminating power

บทนำ

ปัจจุบันลิปสติกเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่นำมาใช้อย่างแพร่หลายมีส่วนประกอบที่สำคัญคือน้ำมัน ขี้ผึ้ง และสารให้ความชุ่มชื้น ใช้สำหรับทาปากให้มีสีสวยงามและสร้างความชุ่มชื้นให้กับริมฝีปาก โดยส่วนใหญ่ลิปสติกมักนิยมใช้ในหมู่ผู้หญิง แต่ในหมู่ผู้ชายก็สามารถใช้ในการบำรุงริมฝีปากได้ ซึ่งลิปสติกมีสีและประเภทให้เลือกใช้ได้หลากหลายเช่นเดียวกับเครื่องสำอางทั่ว ๆ ไป เช่น ลิปสติกเนื้อแมท (Matte Lipstick) ลิปบาล์ม (Lip balm) ลิปสติกเนื้อครีม (Cream Lipstick) และทินส์ (Tins) เป็นต้น (อุษณา เทียงมณี, 2564)

ปัญหาอาชญากรรมในปัจจุบันมีแนวโน้มของความรุนแรง และความซับซ้อนเพิ่มมากขึ้นตามความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยี และความทันสมัยของการสื่อสารต่าง ๆ สิ่งที่ยืนยันได้ก็คือ สถิติคดีอาชญากรรมที่เพิ่มขึ้น ไทยรัฐออนไลน์ (2567) เสนอข่าวอาชญากรรมในสื่อต่าง ๆ ของปี 2566 ประเทศไทยมีคดีเกี่ยวกับชีวิต ร่างกาย และเพศ โดยมีการแจ้งความ 17,848 คดี จับกุมได้ 16,678 คดี จำนวนคนร้าย 22,045 คน เรียกว่า จับกุมได้ 93.44% โดยคดีที่ก่อเหตุมากที่สุด คือ การทำร้ายร่างกาย 9,616 คดี รองลงมาคือ พยายามฆ่า 2,241 คดี ช่มชู้ 1,885 คดี และฆ่าผู้อื่น 1,308 คดี (ข้อมูลจากสำนักงานตำรวจแห่งชาติ เก็บระหว่างวันที่ 1 ต.ค. 65 ถึง 30 ก.ย. 66) ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมาจากปี 2565 ซึ่งภาพรวมในปี 2565 (ข้อมูล วันที่ 1 ต.ค. 64 ถึง 30 ก.ย. 65) คดีความผิดเกี่ยวกับชีวิตและร่างกาย มีแจ้งความ 15,038 คดี จับกุมได้ 14,395 คดี มีผู้กระทำความผิด 17,980 คน แบ่งเป็นคดีทำร้ายร่างกายมากที่สุด 6,985 คดี รองลงมา พยายามฆ่า 1,732 คดี ช่มชู้ 1,577 คดี และฆ่าผู้อื่น 1,210 คดี

นิติวิทยาศาสตร์ (Forensic Science) คือ การนำความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ทุกสาขามาประยุกต์ใช้ เพื่อประโยชน์ในการคลี่คลายปัญหา และการพิสูจน์ข้อเท็จจริง ซึ่งนิติวิทยาศาสตร์สามารถจำแนกได้ 2 ประเภท คือ นิติวิทยาศาสตร์ที่เป็นวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ เช่น การพิสูจน์หลักฐาน การตรวจ



สถานที่เกิดเหตุ รวมถึงการเก็บวัตถุพยานในสถานที่เกิดเหตุ เป็นต้น และนิติวิทยาศาสตร์ที่เป็นวิทยาศาสตร์ประยุกต์ โดยการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในสาขาต่าง ๆ มาประยุกต์ให้เป็นประโยชน์ต่อกระบวนการยุติธรรม เช่น การตรวจสถานที่เกิดเหตุ การตรวจลายนิ้วมือฝ่ามือเท้า การตรวจร่องรอยการฉีดยา การตรวจทางนิติเวช และการตรวจทางชีววิทยา เป็นต้น โดยพยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์เป็นที่ยอมรับในหลายประเทศ (ศรีนยา สีสมา, 2563).

ในด้านนิติวิทยาศาสตร์การเก็บพยานหลักฐานและพยานวัตถุจึงเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นอย่างมากสำหรับการนำไปพิสูจน์ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับคดีความเพื่อสามารถเชื่อมโยงไปยังตัวผู้กระทำความผิดได้ ผู้วิจัยจึงคิดว่าการตรวจหาคราบร่องรอยลิปสติกถือเป็นพยานหลักฐานที่สำคัญ ในการช่วยไขคดีความได้ เนื่องจากอาจพบร่องรอยคราบลิปสติกในสถานที่เกิดเหตุ เช่น ร่องรอยบนเสื้อผ้า ร่องรอยบนกระดาษทิชชู รวมถึงร่องรอยบนแก้วน้ำได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการจำแนกลักษณะพิเศษของลิปสติกโดยใช้เทคนิค Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) ซึ่งเป็นเทคนิคทางเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ตรวจสอบถึงหมู่ฟังก์ชันของโมเลกุลของสารได้ นำมาวิเคราะห์ด้วยสถิติอำนาจจำแนก (Discriminating power: DP) และมีการใช้เครื่อง Spectrophotometer ในการหาค่าสีในระบบ CIE เพื่อนำมาแสดงผลในรูปแบบความแตกต่างของสี (ΔE) เพื่อแยกความแตกต่างของแต่ละตัวอย่าง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อจำแนกลักษณะพิเศษของลิปสติกและร่องรอยลิปสติกแต่ละชนิดที่ติดผ้าดิบด้วยเทคนิค Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) ได้
2. เพื่อแยกความแตกต่างของสี (ΔE) ในตัวอย่างร่องรอยลิปสติกแต่ละชนิดที่ติดบนผ้าดิบ ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ได้

แนวคิด ทฤษฎี กรอบแนวคิด

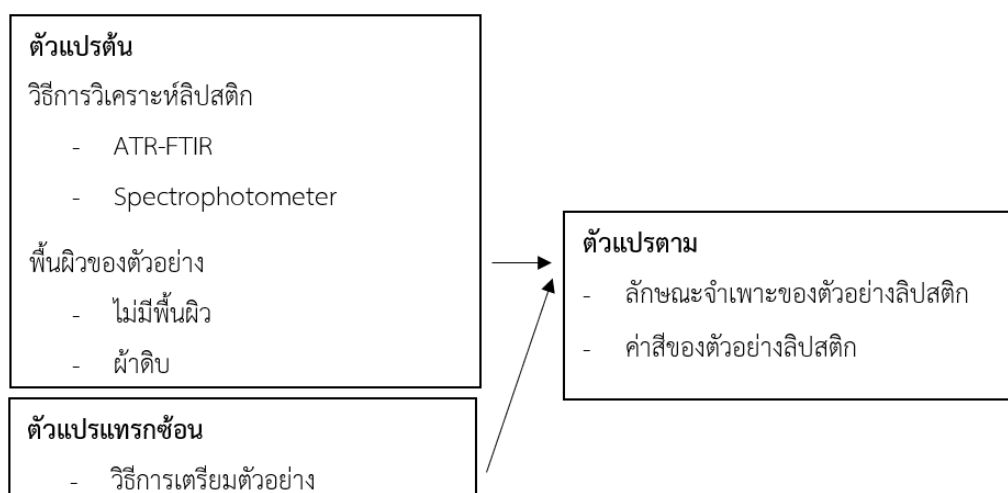
ลิปสติก (lipstick) เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่ประกอบด้วยรงควัตถุ น้ำมัน ขี้ผึ้ง และสารให้ความชุ่มชื้น ใช้สำหรับทาสี ลวดลาย และเกราะป้องกันไว้บนริมฝีปาก เป็นเครื่องสำอางชนิดแรกๆ ที่ผู้หญิงมักนึกถึงและใช้กันอย่างกว้างขวาง จึงถือว่าเป็นของคู่กับผู้หญิงในทุกยุคทุกสมัย นอกจากจะช่วยให้ริมฝีปากชุ่มชื้น ช่วยปกป้องผิวของริมฝีปากแล้ว ยังช่วยแต่งเติมรูปปากให้สวยงามขึ้น แต่งสีให้สอดคล้องลิปสติกมีหลากหลายรูปแบบและหลากหลายสีสัน โดยทั่วไปลิปสติกมีส่วนประกอบหลักอยู่ 3 ส่วน ดังนี้ แวกซ์ หรือไขแข็ง (Wax), น้ำมัน (Oil) และ สีย้อม (Dye) (บริษัท มิติ โซน จำกัด, 2565)

เทคนิค Infrared Spectroscopy เป็นเทคนิคที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ตรวจสอบโมเลกุลของสาร โดยอาศัยหลักการการสั่น (Vibration) ของโมเลกุล โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่อยู่ในช่วงอินฟราเรดอยู่ในช่วงเลขคลื่นประมาณ 12800 ถึง 10 cm^{-1} จำแนกออกเป็น 3 ช่วง คือ ย่านอินฟราเรดใกล้ Near IR



(4,000 – 12,800 cm^{-1}) ย่านอินฟราเรดกลาง Mid IR (200 – 4,000 cm^{-1}) และย่านอินฟราเรดไกล Far IR (10 – 200 cm^{-1}) เมื่อสารอินทรีย์ดูดกลืนรังสีย่านอินฟราเรดกลางหรือเรียกว่า ความถี่ ทำให้เกิดทรานซิชันการสั่นพร้อมกับทรานซิชันการหมุน เรียกเทคนิคนี้ว่า อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี ซึ่งทรานซิชันการสั่นนี้จะทราบชนิดหมู่ทำหน้าที่ เช่น พันธะคู่ พันธะสาม หมู่คาร์บอนิล หมู่ไฮดรอกซิล หมู่อะมิโน หรือภายในโครงสร้างของสาร เมื่อนำมารวมกับเทคนิควิเคราะห์แบบ Attenuated Total Reflectance (ATR) มีอุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างแบบสัมผัสตัวอย่าง (Single Reflection ATR) 2 แบบ คือแบบที่ 1 ส่วนรองรับตัวอย่างเป็นผลึกเจอร์มาเนียม (Germanium Crystal) ให้ช่วงการใช้งานที่ความยาวคลื่นตั้งแต่ 5,500-550 cm^{-1} และแบบที่ 2 ส่วนรองรับตัวอย่างเป็น เพชร (Pure Diamond) ให้ช่วงการใช้งานที่ความยาวคลื่นตั้งแต่ 6,000-80 cm^{-1} เทคนิควิเคราะห์แบบ ATR สามารถตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างได้ทั้ง ของแข็ง ของเหลว และแผ่นฟิล์มบางได้ และไม่ต้องเตรียมสารตัวอย่างใช้เวลาในการวิเคราะห์อย่างรวดเร็ว (ศิรินิตย์ ธารธาดา และ ปฐมาพร อำนานอนันต์, 2561).

การวัดสี (Color Measurement) สีคือ คุณสมบัติเชิงแสงที่บ่งบอกลักษณะภายนอกของผลิตภัณฑ์ และถูกนำมาเป็นตัวแปรหนึ่งในการกำหนดมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ หลายโรงงานอุตสาหกรรมประสบปัญหาการควบคุมคุณภาพของสีจากกระบวนการตรวจวัดสีด้วยสายตาจากคนธรรมดา ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนสูง เกิดจากหลากหลายปัจจัยเช่น แหล่งกำเนิดแสง สายตาบุคคล เป็นต้น หนึ่งในองค์กรสำคัญที่กำหนดหน่วยการวัดสีให้เป็นมาตรฐาน คือ International Commission on Illumination แต่ตัวย่อเป็นภาษาฝรั่งเศส Commission International de l'Eclairage (CIE) เพื่อลดความคลาดเคลื่อนในการตรวจวัดสีเนื่องจากสายตาและแหล่งกำเนิดแสง CIE ได้กำหนดหน่วยวัดสีมีสัญลักษณ์ $L^*a^*b^*$ โดยทั้ง 3 ตัวแปรมีรายละเอียดดังนี้ แกน L^* บ่งบอกถึง ความสว่าง (lightness) มีค่าตั้งแต่ 0-100 โดย 0 คือ สีดำ และ 100 คือ สีขาว แกน a^* บรรยายแกนสี จากสีเขียว ($-a^*$) จนถึง สีแดง ($+a^*$) แกน b^* บรรยายแกนสี จากสีน้ำเงิน ($-b^*$) จนถึงสีเหลือง ($+b^*$) (PT ALL INSTRUMENT, 2562)



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย



วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่าง

สุมตัวอย่างลิปสติกที่วางขายในท้องตลาดที่สามารถหาซื้อง่าย มีราคาไม่แพง และเป็นที่ยอมรับจำนวน 20 ตัวอย่าง หลังจากนั้นทำการเตรียมตัวอย่างผ้า โดยการตัดผ้าดิบให้มีขนาด 5x5 เซนติเมตร โดยลิปสติกทั้ง 20 ตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ยี่ห้อและรุ่นของตัวอย่างลิปสติก

ตัวอย่าง	ยี่ห้อและรุ่นของตัวอย่าง
1	Merrez'ca glow ink color lip tint 03
2	Merrez'ca glow ink color lip tint 04
3	Sasi jolly sweet lip tint 02
4	Sasi jolly sweet lip tint 01
5	4U2 make love lip glam 02
6	4U2 it's you lip glam vol.2 08
7	Sasi jolly sweet lip tint 05
8	4U2 jelly tint 06 M&M
9	Sasi fruity pop lip balm orange
10	Maybelline New York sensational liquid matte 06
11	Maybelline New York sensational liquid matte 02
12	Cute press superpower silky matte 05
13	4U2 Heart dance velvet lip V59
14	Cute press Heart ID matte lip 13
15	Mamond Creamy Tint color balm intense 11
16	Beauty cottage elegant impressionist semi matte lipstick 09
17	odbo baby tint
18	Sasi Fruity POP Lip Balm Cherry
19	sistar velvet matte mousse lip color 02 Autumn rust
20	Cute Press Nonstop Beauty Matte Lock Liquid Lip 04 Sand Dune

2. การวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเครื่อง ATR-FTIR

2.1 การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของลิปสติกโดยตรง (ไม่มีพื้นผิว)

นำตัวอย่างลิปสติกทั้ง 20 ตัวอย่าง วิเคราะห์ด้วยเครื่อง ATR-FTIR โดยมีการตั้งค่าดังนี้

Background ที่ใช้เป็นอากาศที่อยู่ในห้องทดลอง Wavenumber 4000 ถึง 400 cm^{-1}

Resolution 4 cm^{-1} Accumulations 16 scan Force gauge 60 แล้วบันทึกผลสเปกตรัมที่ได้

2.2 การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของลิปสติกบนพื้นผิวที่เป็นผ้า

นำตัวอย่างลิปสติกทาที่ปากหลังจากนั้นทิ้งไว้ให้แห้งประมาณ 5 นาที (1 ครั้ง / 1 ตัวอย่าง) แล้วนำผ้าดิบที่เตรียมไว้ (1 ตัวอย่าง/ 1 ชนิดของลิปสติก) มาทาบบทบริเวณปากที่ทาลิปสติกไว้ หลังจากนั้นนำ



ผ้าตัวอย่างที่ได้วิเคราะห์ด้วยเครื่อง ATR-FTIR โดยมีการตั้งค่าดังนี้ Background ที่ใช้เป็นอากาศที่อยู่ในห้องการทดลอง Wavenumber 4000 ถึง 400 cm^{-1} Resolution 4 cm^{-1} Accumulations 16 scan Force guage 60 แล้วบันทึกผลสเปกตรัมที่ได้

3. การวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเครื่อง Spectrophotometer

นำตัวอย่างผ้าที่มีร่องรอยของลิปสติกแล้วมาสแกนลงบริเวณกล้องส่องของเครื่อง Spectrophotometer โดยมีการตั้งค่าดังนี้ Blank คือผ้าที่สะอาดไม่มีร่องรอยเปื้อน โดยมีการตั้งค่าความยาวคลื่นช่วง 360-830 nm, Interval 1 nm และ Observer Angle 2 Degrees แล้วบันทึกค่า L^*a^*b ที่ได้

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 วิเคราะห์ข้อมูลจากเทคนิค ATR-FTIR

เมื่อได้ข้อมูลจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ATR-FTIR ในการทดลองทั้งสองคือ การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของลิปสติกโดยตรง (ไม่มีพื้นผิว) และการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของลิปสติกบนพื้นผิวที่เป็นผ้า นำข้อมูลสเปกตรัมที่ได้มาสร้างตารางเพื่อหาจุดที่แตกต่างของพีคที่ Wavenumber ต่างๆ หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณทางสถิติ โดยสถิติที่ใช้คือ สถิติอำนาจจำแนก (Discriminating power: DP) มีสูตรตามการศึกษาก่อนหน้า Vishal S., Anchal B., and Raj K. (2019) กล่าวว่า

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

โดยที่ จำนวนคู่ตัวอย่างที่จำแนกได้ = จำนวนคู่ตัวอย่างทั้งหมด - จำนวนคู่ตัวอย่างที่จำแนกไม่ได้

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

4.2 วิเคราะห์ข้อมูลจากเครื่อง Spectrophotometer

เมื่อได้ข้อมูลค่า L^*a^*b ของแต่ละตัวอย่างแล้ว นำค่าที่ได้มาหาความแตกต่างของสี (ΔE) ในทุกตัวอย่างลิปสติก โดยมีสูตรดังนี้

$$\Delta E = \sqrt{(L^*_1 - L^*_2)^2 + (a^*_1 - a^*_2)^2 + (b^*_1 - b^*_2)^2}$$

โดยที่ หมายเลข 1 คือ สีทดสอบที่ 1 หมายเลข 2 คือสีทดสอบที่ 2

ผลการวิจัย

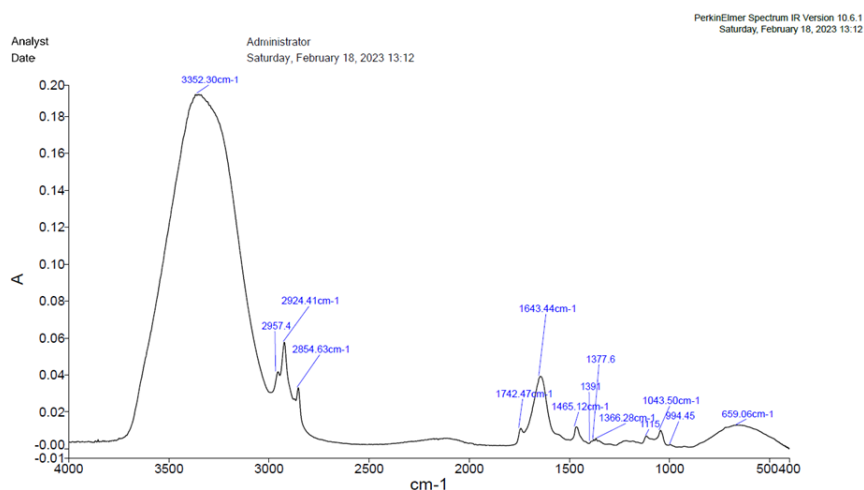
1. ผลจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ATR-FTIR

จากการนำตัวอย่างลิปสติก และตัวอย่างร่องรอยลิปสติกทั้ง 20 ตัวอย่าง มาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ATR-FTIR ที่ช่วงความยาวคลื่น 4000-400 cm^{-1} เพื่อวิเคราะห์จำแนกลักษณะพิเศษของลิปสติกพบว่า

ผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของลิปสติกโดยตรง (ไม่มีพื้นผิว) ด้วยเทคนิค ATR-FTIR แล้วนำสเปกตรัมที่ได้จากเครื่อง ATR-FTIR ตามภาพที่ 2 มาสรุปว่า แต่ละตัวอย่างมีปรากฏพีคที่เลขคลื่นใดบ้างพบว่าสเปกตรัมที่ได้ปรากฏพีคของเลขคลื่นหลักที่พบในลิปสติกดังนี้ 3400 cm^{-1} , 2960 cm^{-1} , 1740 cm^{-1}



$1, 1640\text{ cm}^{-1}, 1460\text{ cm}^{-1}, 1400\text{ cm}^{-1}, 1360\text{ cm}^{-1}, 1260\text{ cm}^{-1}, 1100\text{ cm}^{-1}, 1050\text{ cm}^{-1}, 1000\text{ cm}^{-1}$ และ 690 cm^{-1} ซึ่งพิกัดดังกล่าวเป็นพิกัดที่พบได้ในเกือบทุกตัวอย่างลิปสติก ซึ่งพิกัดทั้งหมดที่พบในตัวอย่างลิปสติกแสดงดังตารางที่ 2 และพบว่า หมู่ฟังก์ชันที่คาดว่าพบบนตัวอย่างลิปสติก อย่างเช่นตัวอย่างลิปสติกที่มีเนื้อเป็นน้ำจะพบพิกัดที่ 3400 cm^{-1} และ 1740 cm^{-1} ซึ่งเป็นพิกัดของหมู่ฟังก์ชัน O-H stretching และ O-H bending ของน้ำ



ภาพที่ 2 สเปกตรัมของลิปสติกตัวอย่างที่ 1

ตารางที่ 2 พิกัดของเลขคลื่นที่ทั้งหมดพบในตัวอย่างลิปสติก

Sample	Wavenumber (cm ⁻¹)													พิกัดอื่นๆที่พบ
	3400	2960	1740	1640	1460	1400	1360	1260	1100	1050	1000	670		
1	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓	✓	2920, 2850	
2	✓	✓	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓	2920, 2850, 1360	
3	✓			✓	✓				✓	✓	✓		620	
4	✓			✓	✓					✓			2100	
5	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	2920, 2850, 1600, 1510, 1160, 790, 720	
6	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	2920, 2850, 1540, 1160, 790, 720	
7	✓			✓	✓				✓	✓	✓	✓	1490, 920	
8	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	1190, 920, 790	
9	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	2920, 2850, 1600, 1510, 1160, 820, 720, 470	
10		✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓		3600, 2850, 820, 720, 530, 450	
11	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	3600, 2850, 1790, 1200, 860, 750, 530, 450	



ตารางที่ 2 (ต่อ)

Sample	Wavenumber (cm ⁻¹)												พีคอื่นๆที่พบ
	3400	2960	1740	1640	1460	1400	1360	1260	1100	1050	1000	670	
12	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓				2920, 2850, 840, 790
13	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	2890, 1600, 1180, 840, 620
14	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		2920, 2850, 1540, 720, 460
15	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓			✓	✓	2920, 2850, 1570, 1160, 840, 790, 750
16	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	3070, 2920, 2850, 840, 720, 540, 480
17				✓					✓	✓	✓		3300, 2100, 590
18		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	2920, 2850, 2730, 1600, 1510, 760, 480
19		✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓		✓	2920, 2850, 1190, 1150, 860, 760, 480
20	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	2920, 2850, 2160, 1430, 1170, 860, 760, 700, 600, 550, 480

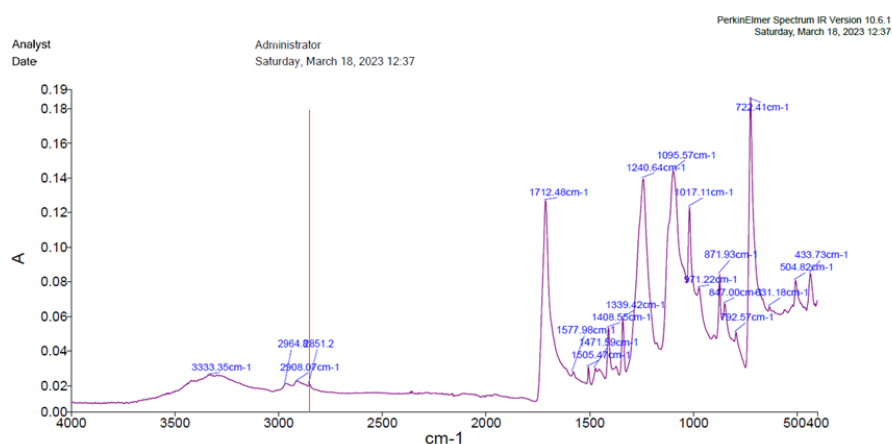
เมื่อนำข้อมูลในตารางที่ได้มาทำการคำนวณทางสถิติด้วยการอธิบายด้วยค่าอำนาจจำแนก (Discriminating power: DP) โดยกำหนดให้พีคที่มีเลขคลื่นต่างกันจำนวน 1 พีคขึ้นไป จึงจะบ่งชี้ได้ว่า ตัวอย่างลิปสติกมีความแตกต่างกัน ซึ่งในการศึกษาในครั้งนี้มีจำนวนคู่ตัวอย่างทั้งหมด 190 คู่ตัวอย่าง และเมื่อทำการเปรียบเทียบแต่ละคู่ตัวอย่างพบว่า ทุกคู่ตัวอย่างพีคมีเลขคลื่นต่างกันจำนวน 1 พีคขึ้นไปทั้งหมด จึงส่งผลให้เมื่อนำค่าไปแทนในสูตรเพื่อหาค่าอำนาจจำแนก (DP) มีค่าเท่ากับ 100%

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

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

$$DP = 100\%$$

ผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของลิปสติกบนพื้นผิวที่เป็นผ้าด้วยเทคนิค ATR-FTIR แล้วนำสเปกตรัมที่ได้จากเครื่อง ATR-FTIR ตามภาพที่ 3 มาสรุปว่า แต่ละตัวอย่างมีปรากฏพีคที่เลขคลื่นใดบ้าง พบว่าสเปกตรัมที่ได้ปรากฏพีคของเลขคลื่นหลักที่พบในลิปสติกดังนี้ 3330 cm⁻¹, 2960 cm⁻¹, 2920 cm⁻¹, 1710 cm⁻¹, 1580 cm⁻¹, 1500 cm⁻¹, 1460 cm⁻¹, 1400 cm⁻¹, 1240 cm⁻¹, 1090 cm⁻¹, 1010 cm⁻¹, 870 cm⁻¹, 850 cm⁻¹, 790 cm⁻¹, 500 cm⁻¹ และ 430 cm⁻¹ ซึ่งพีคดังกล่าวเป็นพีคที่พบได้ในทุกตัวอย่างร่องรอยของลิปสติก ดังนั้นพีคที่แสดงในตารางที่ 3 เป็นพีคที่พบในตัวอย่างร่องรอยของลิปสติกเพิ่มเติมจากพีคดังกล่าวด้านบน



ภาพที่ 3 สเปกตรัมของร่องรอยลิปสติกบนผ้าตัวอย่างที่ 7

ตารางที่ 3 พิกของเลขคลื่นเพิ่มเติมที่พบในตัวอย่างร่องรอยลิปสติกบนผ้าดิบ

Sample	Wavenumber (cm ⁻¹) ของพิกอื่นที่พบ
1	2850, 1460, 1360, 1330, 970, 890, 720, 630
2	2850, 1460, 1360, 1330, 970, 720
3	2850, 1460, 1370, 1330, 970, 890, 630
4	1460, 1330, 970, 720
5	2850, 1460, 1370, 1330, 970, 720, 630, 550
6	2850, 2100, 1460, 1330, 970, 890, 660, 630
7	2850, 1460, 1330, 970, 720, 630
8	2850, 2360, 1460, 1330, 720, 630, 400
9	2850, 1630, 1600, 1460, 1380, 1360, 1330, 1170, 820, 800, 720, 630
10	2850, 2360, 1460, 1330, 970, 720, 630, 550
11	2850, 2360, 1460, 1360, 1330, 720, 630, 550
12	2850, 2280, 1950, 1460, 1370, 1330, 970, 720, 630
13	1950, 1460, 1360, 1330, 720, 630
14	2850, 1450, 1370, 1330, 890, 720, 630, 550, 400
15	3570, 2850, 2100, 1460, 1370, 1330, 1170, 970, 720, 630, 550
16	3280, 2850, 2280, 1460, 1330, 970, 750, 720, 630, 550
17	3420, 2850, 2160, 1950, 1610, 1460, 1450, 1360, 1330, 1170, 970, 890, 720, 630, 550
18	2870, 2850, 1630, 1600, 1460, 1380, 1360, 1330, 1170, 1030, 980, 970, 890, 820, 800, 760, 720, 630, 550, 520
19	3420, 2850, 2160, 2050, 1950, 1810, 1610, 1460, 1450, 1360, 1330, 1170, 970, 900, 720, 630, 610, 550, 520, 460, 450
20	3420, 3270, 3050, 2870, 2850, 2160, 1950, 1460, 1450, 1370, 1330, 1170, 970, 890, 720, 660, 630, 550, 460, 410



เมื่อนำข้อมูลในตารางที่ได้มาทำการคำนวณทางสถิติด้วยการอธิบายด้วยค่าอำนาจจำแนก (Discriminating power: DP) โดยกำหนดให้พืชที่มีเลขคลื่นต่างกันจำนวน 1 พืชขึ้นไป จึงจะบ่งชี้ได้ว่า ตัวอย่างร่องรอยลิปสติกบนผ้ามีความแตกต่างกัน ซึ่งในการศึกษาในครั้งนี้มีจำนวนคู่ตัวอย่างทั้งหมด 190 คู่ตัวอย่าง และเมื่อทำการเปรียบเทียบแต่ละคู่ตัวอย่างพบว่า ทุกคู่ตัวอย่างพืชมีเลขคลื่นต่างกันจำนวน 1 พืชขึ้นไปทั้งหมด จึงส่งผลให้เมื่อนำค่าไปแทนในสูตรเพื่อหาค่าอำนาจจำแนก (DP) มีค่าเท่ากับ 100%

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

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

$$DP = 100\%$$

2. การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Spectrophotometer

ผลการวิเคราะห์ค่าสีของตัวอย่างร่องรอยลิปสติกบนผ้าด้วยเครื่อง Spectrophotometer พบว่า ปรากฏค่า L^*a^*b ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของร่องรอยลิปสติกที่ได้จากการทดลองแต่ละตัวอย่างแตกต่างกัน ซึ่งแสดงค่า L^*a^*b ของทุกตัวอย่างตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าสีของตัวอย่างร่องรอยลิปสติกบนผ้าดิบทั้งหมด

Sample	ค่า L^*a^*b			Sample	ค่า L^*a^*b		
	L	a	b		L	a	b
1	81.2105	28.8722	22.2222	11	47.4116	39.3428	17.5365
2	84.4826	20.3868	12.8487	12	75.0226	22.8347	17.1596
3	87.9014	23.2715	18.9871	13	83.1316	28.2536	17.7628
4	93.2426	24.9814	6.4920	14	75.5778	32.7523	15.0296
5	89.3704	10.3782	29.3040	15	77.0412	28.5500	13.7592
6	74.0485	30.0911	15.0725	16	59.3405	25.8911	15.3273
7	72.4014	28.0962	9.4445	17	71.2590	44.0444	3.9600
8	88.0019	16.2802	12.7780	18	93.5837	18.8753	1.7179
9	94.4172	17.4505	11.7123	19	74.0412	25.2196	18.7243
10	78.5191	27.6225	10.5609	20	82.3982	30.4011	20.8457

จากนั้นนำค่า L^*a^*b ที่ได้หาค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ในทุกคู่ตัวอย่างร่องรอยของลิปสติกบนผ้า ตามสูตรการคำนวณจะได้ค่าการคำนวณตามตาราง ซึ่งค่า ΔE นี้สามารถบ่งบอกได้ถึงความแตกต่างของสีในทุกตัวอย่างร่องรอยลิปสติกบนผ้าว่ามีความแตกต่างกัน โดยมีค่าตั้งแต่ 2.38 ถึง 52.92 ซึ่งแสดงว่า สามารถแยกความแตกต่างของลิปสติกแต่ละตัวได้



สรุปและอภิปรายผล

จากการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของลิปสติกโดยตรง (ไม่มีพื้นผิว) ด้วยเทคนิค Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) ในช่วงความยาวคลื่น 400-4000 cm^{-1} ของตัวอย่างลิปสติกทั้งหมด 20 ตัวอย่าง พบว่า สเปกตรัมของแต่ละตัวอย่างที่ได้ปรากฏพิกของเลขคลื่นส่วนมากที่พบในตัวอย่างลิปสติกมีดังนี้ 3400 cm^{-1} , 2960 cm^{-1} , 1740 cm^{-1} , 1640 cm^{-1} , 1460 cm^{-1} , 1400 cm^{-1} , 1360 cm^{-1} , 1260 cm^{-1} , 1100 cm^{-1} , 1050 cm^{-1} , 1000 cm^{-1} และ 690 cm^{-1} โดยพิกเหล่านี้เป็นพิกที่บ่งบอกถึง hydroxyl group, hydrogen bonds, aromatic compounds, aliphatic compounds และ silicates ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของลิปสติก เมื่อนำสเปกตรัมของแต่ละตัวอย่างมาเปรียบเทียบเป็นคู่ตัวอย่างพบว่า มีคู่ตัวอย่างทั้งหมด 190 คู่ตัวอย่าง สามารถแยกความแตกต่างออกจากกันได้ทุกคู่ตัวอย่าง เมื่อนำมาคำนวณหาค่าสถิติอำนาจในการแยกจึงได้ค่า 100 เปอร์เซนต์ แสดงว่าในทุกตัวอย่างลิปสติกมีความแตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของลิปสติกบนพื้นผิวที่เป็นผ้าดิบด้วยเทคนิค Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) ในช่วงความยาวคลื่น 400-4000 cm^{-1} ของตัวอย่างร่องรอยลิปสติกทั้งหมด 20 ตัวอย่าง พบว่า สเปกตรัมของแต่ละตัวอย่างที่ได้ปรากฏพิกที่เลขคลื่นในทุกตัวอย่างคือ 3330 cm^{-1} , 2960 cm^{-1} , 2920 cm^{-1} , 1710 cm^{-1} , 1580 cm^{-1} , 1500 cm^{-1} , 1460 cm^{-1} , 1400 cm^{-1} , 1240 cm^{-1} , 1090 cm^{-1} , 1010 cm^{-1} , 870 cm^{-1} , 850 cm^{-1} , 790 cm^{-1} , 500 cm^{-1} และ 430 cm^{-1} เมื่อนำสเปกตรัมของแต่ละตัวอย่างมาเปรียบเทียบเป็นคู่ตัวอย่างพบว่า มีคู่ตัวอย่างทั้งหมด 190 คู่ตัวอย่าง สามารถแยกความแตกต่างออกจากกันได้ทุกคู่ตัวอย่าง เมื่อนำมาคำนวณหาค่าสถิติอำนาจในการแยกจึงได้ค่า 100 เปอร์เซนต์ แสดงว่า ในทุกตัวอย่างร่องรอยลิปสติกมีความแตกต่างกัน

จากการวัดค่าสีของตัวอย่างด้วยเครื่อง Spectrophotometer ในช่วงความยาวคลื่น 360-830 nm ของตัวอย่างร่องรอยลิปสติกบนผ้าดิบทั้งหมด 20 ตัวอย่าง พบว่า ปรากฏค่าสีของทุกตัวอย่างออกมาในระบบ CIE Lab scale แตกต่างกัน หลังจากนั้นนำค่าสีที่วัดได้คำนวณหาความแตกต่างของสี (ΔE) ในทุกคู่ตัวอย่างร่องรอยลิปสติกบนผ้าดิบทั้งหมด 190 คู่ตัวอย่าง โดยค่า ΔE นี้สามารถบ่งบอกได้ถึงความแตกต่างของสีในทุกตัวอย่างร่องรอยลิปสติกบนผ้าดิบว่ามีความแตกต่างกัน โดยมีค่าตั้งแต่ 2.38 ถึง 52.92

จากการทดลองในงานวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่าเทคนิค Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) สามารถจำแนกลักษณะพิเศษของลิปสติกและร่องรอยลิปสติกบนผ้าดิบได้ในทุกตัวอย่าง โดยมีค่าอำนาจในการแยก 100 เปอร์เซนต์ และในการทดลองด้วยเครื่อง Spectrophotometer สามารถจำแนกความแตกต่างค่าเฉดสีของร่องรอยลิปสติกบนผ้าดิบได้ในทุกตัวอย่าง จึงสามารถสรุปได้ว่า เทคนิค Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) และ Spectrophotometer สามารถจำแนกลักษณะพิเศษของลิปสติกและร่องรอยลิปสติกบนผ้าดิบได้ และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ได้



ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาครั้งต่อไปผู้วิจัยควรทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงพื้นผิวของร่องรอยลิปสติกเป็นชนิดอื่น, ระยะเวลาในการจัดเก็บตัวอย่างเมื่อเวลาผ่านไป และทำการทดลองในตัวอย่างลิปสติกที่หลากหลายมากกว่านี้ เพื่อให้ได้ข้อมูลและเพิ่มขอบเขตของข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

- Vishal S., Anchal B., & Raj K. (2019). On the spectroscopic investigation of lipstick stains: Forensic trace evidence. *Journal of Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 215, 48-57.
- อุษณา เทียงมณี. (2564). สารละลายเกี่ยวกับลิปสติก. สืบค้นเมื่อ 15 มกราคม 2567 จาก <https://mx.nimt.or.th/?p=13444>
- ศิรินิตย์ ธารธาดา และ ปฐมาพร อำนาจอนันต์. (2561). เทคโนโลยี Fourier Transform Infrared Spectroscopy: ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้. *วารสารวิทยาศาสตร์สุขภาพสัตว์และเทคโนโลยี*, 2(1), 29-33.
- PT ALL INSTRUMENT. (2562). การวัดสี (Color Measurement). สืบค้นเมื่อ 15 มกราคม 2567 จาก <https://www.ptallinstrument.com/article/5>
- ไทยรัฐออนไลน์ (2567). เปิดสถิติอาชญากรรม 2566 เพิ่มขึ้นแต่อาชญากรรมยังไม่สะท้อนความเป็นจริง?. สืบค้นเมื่อ 7 กุมภาพันธ์ 2567 จาก <https://www.thairath.co.th/scoop/infographic/2752159>
- ศรันยา สีม่า. (พฤษภาคม 2563). บทบาทนิติวิทยาศาสตร์กับกระบวนการยุติธรรม. *ร้อยเรื่องเมืองไทย*, หน้า 1
- บริษัท มีดี ไซน์ จำกัด (2565). ประโยชน์ของลิปสติก มีอะไรที่บ้าง. สืบค้นเมื่อ 15 มกราคม 2567 จาก https://www.medentthailand.com/blog_inside.html?read=178