

การวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบและลักษณะสัณฐานของรอยเปื้อนแป้งผัดหน้าบนผ้า
ที่แตกต่างกันโดย SEM/EDS สำหรับงานด้านนิติวิทยาศาสตร์
ANALYSIS OF ELEMENT COMPOSITION AND MORPHOLOGICAL
CHARACTERISTICS OF FACE POWDER STAIN ON DIFFERENT
FABRICS USING SEM/EDS FOR FORENSIC APPLICATION

ศุภิสรา นรนิ่ม และ ปริญญา สีลานันท์*

Supisara Norranim and Parinya Seelanan*

คณะนิติวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ

Faculty of Forensic Science, Royal Police Cadet Academy

Received: 7 March 2024

Revised: 29 April 2024

Accepted: 30 April 2024

บทคัดย่อ

ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ วัตถุสิ่งของที่สัมผัสแลกเปลี่ยนกันบริเวณหนึ่งสามารถนำมาตรวจเปรียบเทียบและเชื่อมโยงกับพฤติการณ์ที่เกิดขึ้นได้ โดยเฉพาะระหว่างผู้เสียหายกับผู้กระทำผิด เครื่องสำอางเป็นวัตถุที่แลกเปลี่ยนระหว่างบุคคลได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเครื่องสำอางประเภทแป้งผัดหน้าที่ทำการจำลองเป็นรอยเปื้อนบนพื้นผิวผ้าฝ้ายและโพลีเอสเตอร์ วิเคราะห์ลักษณะและธาตุองค์ประกอบด้วย Scanning Electron Microscope ร่วม Energy Dispersive Spectroscopy (SEM/EDS) ผลการวิจัย พบว่า ลักษณะและธาตุองค์ประกอบของผงแป้งจะแตกต่างกันตามชนิดและส่วนผสมของแต่ละผลิตภัณฑ์ แป้งกลุ่มทาลค์มีทั้ง 3 ตัวอย่าง มีลักษณะเป็นแผ่นเหลี่ยมขนาดจากเล็กไปใหญ่เป็น $38.6 \pm 4.5 \mu\text{m}$ $42.2 \pm 3.5 \mu\text{m}$ และ $44.3 \pm 8.9 \mu\text{m}$ ผงแป้งกลุ่มซิลิกา มีลักษณะทรงกลมขนาด $8.2 \pm 1.2 \mu\text{m}$ ส่วนแป้งกลุ่มไมกาพบเป็นแผ่นทรงเหลี่ยมมีขนาด $12.5 \pm 1.1 \mu\text{m}$ และพบอนุภาคทรงกลมขนาด $13.5 \pm 2.2 \mu\text{m}$ ผสมอยู่ ปริมาณธาตุองค์ประกอบแป้งแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน แป้งกลุ่มทาลค์มีธาตุหลัก C, O, Mg, และ Si และพบธาตุ Zn ในตัวอย่างที่ตรงกับส่วนผสม

* Corresponding author: ปริญญา สีลานันท์

E-mail: parinya.se@rpca.ac.th

ในผลิตภัณฑ์ แป้งชนิดซิลิกาจะพบธาตุหลัก C, O, และ Si ส่วนแป้งชนิดไมกาจะพบธาตุ C, O, Si และ Mg เป็นหลัก มีธาตุ Al และ K ที่เป็นองค์ประกอบเฉพาะจากแร่ไมกา จากผลการวิจัย รอยเปื้อนแป้งผัดหน้าบนพื้นผิวผ้ามีลักษณะสัญญาณและธาตุองค์ประกอบที่สอดคล้องกับผงแป้งแต่ละชนิด สามารถใช้ตรวจเปรียบเทียบชนิดของแป้งผัดหน้าจากรอยเปื้อนแป้งได้อีกทั้งมีประโยชน์ในการตรวจพิสูจน์และเป็นฐานข้อมูลสนับสนุนงานด้านนิติวิทยาศาสตร์

คำสำคัญ: แป้งผัดหน้า, ธาตุองค์ประกอบ, ลักษณะสัญญาณ, นิติวิทยาศาสตร์

Abstract

In forensic application, the objects that are exchanged in one area can be examined, compared, and linked to the incident, especially between the victim and the offender. Cosmetics are objects that can be exchanged between people. The objective of this research was to study cosmetic face powders that were simulated as stains on cotton and polyester fabric surfaces. Morphological characteristics and element compositions were analyzed by Scanning Electron Microscope combined with Energy Dispersive Spectroscopy (SEM/EDS). The results showed that the characteristics and composition of commercial face powders differed according to the type and ingredients of each product. All 3 samples of talc powder were with square shapes with various sizes of $38.6 \pm 4.5 \mu\text{m}$, $42.2 \pm 3.5 \mu\text{m}$, and $44.3 \pm 8.9 \mu\text{m}$. The silica type powder was in spherical shape of $8.2 \pm 1.2 \mu\text{m}$. The mica type powder was found to be square-shaped pieces with the size of $12.5 \pm 1.1 \mu\text{m}$ containing spherical particles of $13.5 \pm 2.2 \mu\text{m}$ in the powder. The element compositions of selected face powders were different. Talcum based powders contain the main elements of C, O, Mg, and Si while Zn was found in specific sample matched to the product report ingredients. The elements in Silica type powder were found with C, O, and Si. For Mica based powder, main element compositions were C, O, Si, and Mg whereas Al and K which are specifically from Mica minerals were observed. In summary, morphology, and composition of powder stains on fabric surfaces

were consistent with each type of face powder. Hence, it can be used to perform comparison tests for types of face powder from the stain. This can be useful for the examination and as a database to support forensic application.

Keywords: Face Powder, Element Composition, Morphological Characteristics, Forensic Science

บทนำ

ในการตรวจหาพยานหลักฐานและใช้พยานหลักฐานในการยืนยันการกระทำความผิด วัตถุพยานที่มีการแลกเปลี่ยนกันเป็นหนึ่งในปัจจัยที่ทำให้เชื่อมโยงพฤติกรรมที่เกิดขึ้นได้ (Richard, 2009) โดยเหตุการณ์และการกระทำความผิดส่วนใหญ่จะมีการตรวจพบร่องรอยหลักฐานและตรวจเก็บในสถานที่เกิดเหตุ (Thongpagde & Saksiri, 2022) ในการสืบสวนคดีอาชญากรรมโดยเฉพาะเหตุที่เกี่ยวข้องกับผู้หญิง เครื่องสำอางมีแนวโน้มและสามารถพบเป็นร่องรอยหลักฐาน เนื่องจากผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางเหล่านี้ถูกใช้ในชีวิตประจำวัน สามารถถ่ายโอนจากบุคคลไปสู่พื้นผิวอื่นโดยง่าย เช่น เสื้อผ้า แก้วน้ำ กระดาษเช็ดหน้า และบนพื้นผิวต่างๆ รวมทั้งบุคคลที่อยู่ในสถานที่เกิดเหตุ (Chophi et al., 2019) มีรายงานอ้างถึงว่าเครื่องสำอางได้ถูกตรวจเก็บและนำมาเพื่อช่วยในการสืบสวนคดีฆาตกรรม (Gardner et al., 2013) จากหลักการแลกเปลี่ยนวัตถุพยานประกอบกับรายงานการสืบสวนและตรวจหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ของ เอ็ดมอนด์ โลคาร์ด หรือ Edmond Locard ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1912 ได้มีการศึกษาและพบว่าหลักฐานประเภทผงที่เก็บได้จากบริเวณใต้เล็บของผู้ต้องสงสัยในคดีฆาตกรรมเป็นสารเคมีที่ตรงกับแป้งฝุ่นในห้องนอนของเหยื่อ (Nickell & Fischer, 2014) นักวิทยาศาสตร์จึงได้ศึกษาองค์ประกอบของเครื่องสำอางและประโยชน์ในการใช้เครื่องสำอางเพื่อช่วยสืบสวนและแก้ไขคดีอาชญากรรม (Ezegbogbu et al., 2019)

แป้ง เป็นเครื่องสำอางที่ถูกนำมาใช้สำหรับการแต่งหน้ามาตั้งแต่สมัยโบราณ โดยทั่วไปแป้งนั้นจะมีทั้งแบบผงฝุ่น (loose powder) และแบบอัดแข็ง (compact powder) ตามลักษณะทางกายภาพและส่วนผสมในเนื้อแป้ง (Steiling et al., 2018) มีรายงานการวิเคราะห์ที่เกี่ยวกับลักษณะและองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางหลายวิธี งานวิจัยที่ผ่านมาพบการตรวจวิเคราะห์ร่องรอยเปื้อนของรองพื้นด้วยวิธีการทางสเปกโตรสโคปี การแยกด้วยโครมาโทกราฟี และเทคนิค SEM-EDX (Gordon & Coulson, 2004) รวมไปถึงการนำ

วิธีทาง Microscopy FTIR Raman XRD และ SEM/EDS ในการวิเคราะห์อนุภาคของ ซิมเมอร์หรือสารตกค้างในเครื่องสำอาง (Najjar et al., 2022) นอกจากนี้ได้มีการศึกษา เครื่องสำอางประเภทแป้งผัดหน้าเพื่อใช้เป็นกรณีศึกษาทางนิติวิทยาศาสตร์ โดยวิเคราะห์ ผลิตภัณฑ์ของแป้งผัดหน้าจำนวน 20 ยี่ห้อ ด้วยเทคนิค Gas Chromatography-Flame Ionization Detector และเทคนิค XRD (ศิริณญา อยู่สุข, 2557) อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบ รายงานวิจัยทำการวิเคราะห์แป้งผัดหน้าจากการตรวจเก็บบนพื้นผิวเสื้อผ้าซึ่งคล้ายกับที่ต้อง พบในสถานการณ์จริง ในงานวิจัยนี้ จึงสนใจศึกษาวิเคราะห์เปรียบเทียบลักษณะทางสัณฐาน และปริมาณธาตุองค์ประกอบของรอยเปื้อนแป้งผัดหน้าบนพื้นผิวที่แตกต่างกัน โดยเทคนิค Scanning Electron Microscope ร่วม Energy Dispersive Spectroscopy (SEM/EDS) สำหรับการประยุกต์ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะเหตุการณ์ที่พบร่องรอยหลักฐาน ของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางเป็นวัตถุพยาน เพื่อนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในการสืบสวนโดยใช้ นิติวิทยาศาสตร์ได้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาในงานวิจัยนี้

ตัวอย่างในการวิจัยนี้ได้แก่ ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางแป้งผัดหน้าชนิดฝุ่น (Loose Face Powder) โดยเลือกกลุ่มที่มีส่วนผสมหลักเป็นทัลคัมซึ่งเป็นสารที่ทำให้ลื่น (Slip Effect) กลุ่มที่มีซิลิกาซึ่งเป็นสารดูดซับ (Absorbency) และกลุ่มที่มีส่วนผสมเป็นไมกาซึ่งเป็นสาร ให้ความเงา (Transparency) รวมจำนวน 5 ผลิตภัณฑ์ สุ่มจากผลิตภัณฑ์แป้งผัดหน้าที่นิยม ใช้และมีจำหน่ายในท้องตลาด กำหนดอักษรย่อแทนแป้งผัดหน้าแต่ละยี่ห้อโดยแบ่งกลุ่มทัลคัม (Talcum) ซึ่งมีสูตรทางเคมี คือ $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ เป็นชนิด T แป้งผัดหน้าที่มีซิลิกา (Silica) ซึ่งมีสูตรทางเคมี คือ SiO_2 เป็น S และแป้งผัดหน้าที่มีไมกา (Mica) ซึ่งมีสูตรทางเคมี คือ $KAl_2Si_3AlO_{10}(OH)_2$ เป็น M สำหรับตัวอย่างพื้นผิวที่ประทับรอยเปื้อนแป้งผัดหน้าจะเลือกใช้ ผ้าซึ่งผลิตจากเส้นใยธรรมชาติ คือ ผ้าฝ้าย (cotton) กับผ้าเส้นใยสังเคราะห์ คือ ผ้าโพลี เอสเทอร์ (polyester)

2. วิธีการเตรียมตัวอย่าง

นำแป้งผัดหน้าแต่ละชนิดมาแบ่งจากบรรจุภัณฑ์เพื่อไปวิเคราะห์โดยตรงในการศึกษา ลักษณะทางสัณฐานและธาตุองค์ประกอบของแป้ง ในการวิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานและ

ธาตุองค์ประกอบของรอยเปื้อนแบ่ง จะเตรียมตัวอย่างผ้าให้มีขนาดกว้าง x ยาว ประมาณ 3.0×3.0 เซนติเมตร จำนวน 11 แผ่น สำหรับผ้าแต่ละชนิด โดยทำความสะอาดพื้นผิว โดยการเป่าลมเพื่อขจัดฝุ่นละอองที่อาจติดอยู่บนผ้าออกไป และแยกไว้วิเคราะห์ลักษณะทาง สัณฐานและธาตุองค์ประกอบของผ้าแต่ละชนิดอย่างละ 1 แผ่น จากนั้นชั่งแบ่งแบ่งผัดหน้า 1 กรัม โยลงบนชิ้นส่วนของผ้าฝ้ายและผ้าโพลีเอสเตอร์ที่จัดเตรียมวางอยู่บนเครื่องชั่งน้ำหนัก ใช้กระดาษสะอาดปิดลงบนผงบ่งผัดหน้าและนำภาชนะบรรจุน้ำที่มีน้ำหนัก 1 กิโลกรัม วางทับลงไปบนกระดาษเป็นเวลา 3 วินาที จากนั้นนำตัวอย่างรอยเปื้อนที่ได้ไปวิเคราะห์ทันที และแบ่งเก็บตัวอย่างรอยเปื้อนอีกชุด ไปเก็บรักษาในห้องปิดควบคุมอุณหภูมิที่ 25°C เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปวิเคราะห์

3. วิธีการวิเคราะห์

ในการวิเคราะห์แบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 คือ ลักษณะทางสัณฐานและปริมาณ ธาตุองค์ประกอบของแบ่งผัดหน้าจำนวน 5 ผลัดภัณฑ์ ส่วนที่ 2 คือ ลักษณะทางสัณฐาน และปริมาณธาตุองค์ประกอบของตัวอย่างผ้า และส่วนที่ 3 คือ ลักษณะทางสัณฐานของ รอยเปื้อนแบ่งผัดหน้าบนพื้นผิวของผ้าแต่ละชนิด และผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณธาตุ องค์ประกอบของรอยเปื้อนแบ่งผัดหน้าที่อยู่บนพื้นผิวของผ้าที่ระยะเวลาต่างกัน นำตัวอย่าง ที่เตรียมไว้มาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM/EDS (Hitachi รุ่น SU1000) โดยใช้ Backscattered- Electron mode ศักย์ไฟฟ้า 15 กิโลโวลต์ (kV) และตรวจเก็บภาพที่กำลังขยาย 500 เท่า วิเคราะห์บริเวณผงบ่งผัดหน้าตัวอย่างจำนวน 3 ตำแหน่ง นำผลการทดลองที่ได้ไปวิเคราะห์ โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistic) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.) เพื่อเปรียบเทียบชนิดและปริมาณของธาตุองค์ประกอบของรอยเปื้อนแบ่ง ผัดหน้าที่อยู่บนพื้นผิว

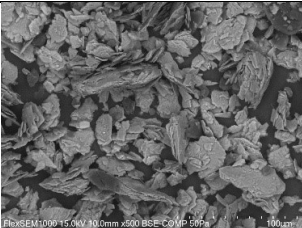
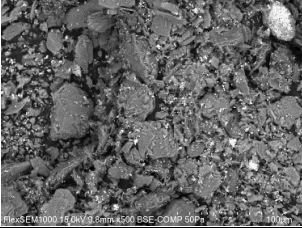
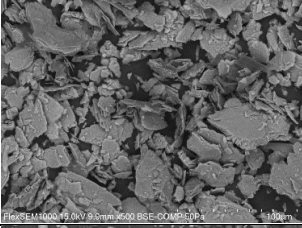
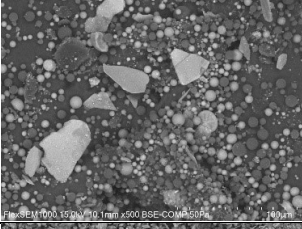
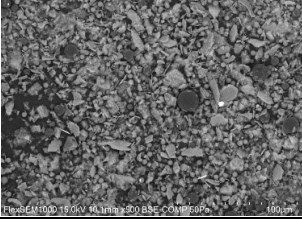
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การวิเคราะห์เปรียบเทียบธาตุองค์ประกอบและลักษณะทางสัณฐานของรอยเปื้อน แบ่งผัดหน้าโดย SEM/EDS จากการนำรอยเปื้อนแบ่งผัดหน้าจำนวน 5 ผลัดภัณฑ์ ที่เตรียม บนพื้นผิวของผ้าฝ้ายและผ้าโพลีเอสเตอร์ โดยการประทับเป็นรอยเปื้อนลงบนผ้า มีรายละเอียด ของผลการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1. แบ่งผัดหน้า

ลักษณะทางสัณฐานของตัวอย่างแบ่งผัดหน้าจำนวน 5 ชนิด ทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM แสดงดัง ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ภาพ SEM ของตัวอย่างผงแบ่งผัดหน้า

Powder Type	Symbol	SEM	Powder Size
Talcum	T1		$42.2 \pm 3.5 \mu\text{m}$
	T2		$38.6 \pm 4.5 \mu\text{m}$
	T3		$44.3 \pm 8.9 \mu\text{m}$
Silica	S		$8.2 \pm 1.2 \mu\text{m}$
Mica	M		$12.5 \pm 1.1 \mu\text{m}$

จากการวิเคราะห์ SEM แสดงให้เห็นถึงลักษณะทางสัณฐานของผลิตภัณฑ์แป้งแต่ละชนิด โดยพบลักษณะที่ต่างกัน ตัวอย่างอนุภาคผงแป้งที่มีทัลคัม (Talcum) เป็นส่วนผสมหลักทั้งในยี่ห้อ T1 T2 และ T3 นั้น จะมีลักษณะผลึกเป็นแผ่นหนา รูปทรงเหลี่ยมที่มีขนาดคละกัน โดยพบขนาดของผงแป้งเฉลี่ยในแป้งยี่ห้อ T1 T2 และ T3 เป็น $42.2 \pm 3.5 \mu\text{m}$ $38.6 \pm 4.5 \mu\text{m}$ และ $44.3 \pm 8.9 \mu\text{m}$ ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะพื้นผิวของทัลคัมที่เป็นส่วนผสมหลักในสูตรของแป้งทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์นี้ จะพบลักษณะรูปร่างที่คล้ายกัน เมื่อพิจารณาองค์ประกอบอื่นๆ จะสังเกตเห็นว่าตัวอย่างแป้ง T2 จะแตกต่างกับผลิตภัณฑ์ T1 และ T3 โดยพบผงขนาดเล็กกระจายอยู่รอบๆ ซึ่งเป็นสารซิงค์ออกไซด์ (zinc oxide) ที่อยู่ในส่วนผสมของแป้ง สำหรับตัวอย่างแป้งผัดหน้าชนิด S จะพบเป็นผงที่มีรูปร่างเป็นทรงกลม มีขนาดเฉลี่ย $8.2 \pm 1.2 \mu\text{m}$ สอดคล้องกับลักษณะของซิลิกา (Silica) ที่เป็นส่วนผสมหลักในสูตร จากการวิเคราะห์จะพบซิลิกาเป็นทรงกลมสีสว่าง และตรวจพบสารกลุ่มซิลิโคนที่มีรูปร่างทรงกลมสีดำขนาดใหญ่กว่าซิลิกาผสมอยู่ด้วย สำหรับแป้งชนิด M ที่มีส่วนผสมหลักเป็นไมกา (Mica) ผงแป้งจะมีรูปร่างส่วนใหญ่เป็นแผ่นเหลี่ยมขนาดเล็ก โดยพบขนาดเฉลี่ยประมาณ $12.5 \pm 1.1 \mu\text{m}$ สอดคล้องกับส่วนผสมหลักในสูตร และยังพบซิลิโคนที่เป็นลักษณะกลมขนาดประมาณ $13.5 \pm 2.2 \mu\text{m}$ คล้ายกับซิลิโคนที่พบในตัวอย่างแป้งชนิด S ผสมอยู่ด้วย จะเห็นได้ว่าลักษณะทางสัณฐานของแป้งแต่ละชนิด แสดงลักษณะเฉพาะที่ต่างกันในแต่ละแป้งกลุ่ม สามารถจำแนกรูปร่างของอนุภาคผงแป้งได้จากรูปทรงและขนาด หากพบผงแป้งที่เป็นรูปทรงเหลี่ยมหรือทรงกลม และดูรูปร่างของสารที่เป็นส่วนผสมเพิ่มเติม ก็สามารถทำนายและระบุชนิดของแป้งผัดหน้าได้ เมื่อทราบลักษณะทางสัณฐานของผงแป้งแต่ละชนิดแล้ว ได้ทำการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณธาตุองค์ประกอบของแป้งผัดหน้าด้วยเทคนิค EDS เพื่อศึกษาองค์ประกอบที่สำคัญและปริมาณของธาตุที่เป็นองค์ประกอบผลิตภัณฑ์แป้งผัดหน้าที่จำหน่ายในท้องตลาดส่วนมากจะไม่รายงานปริมาณของสารผสมที่ใช้และผลิตเนื่องจากเป็นสูตรทางการค้า การศึกษาธาตุองค์ประกอบจึงมีความสำคัญและสามารถใช้เป็นคุณสมบัติเฉพาะที่ระบุชนิดของแป้งได้ ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณธาตุองค์ประกอบของแป้งผัดหน้าด้วยเทคนิค EDS แสดงดัง ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ธาตุองค์ประกอบของตัวอย่างแป้งผัดหน้าวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM/EDS

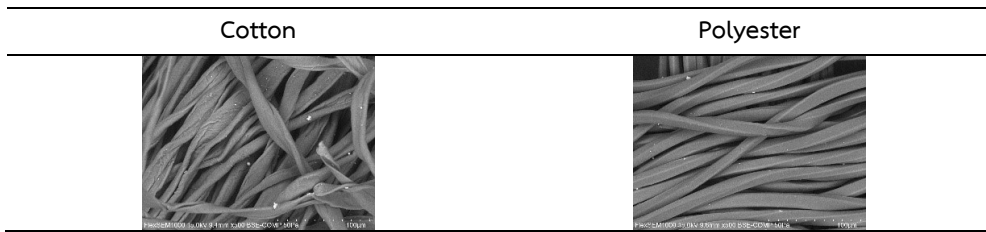
Sample		Element composition (% Weight)							
		C	O	Mg	Al	Si	K	Ti	Zn
T1	Mean	12.66	43.79	16.86	0.58	25.45	-	-	-
	S.D.	6.43	7.88	0.91	0.17	3.03	-	-	-
T2	Mean	13.46	44.53	15.27	0.39	16.73	-	1.28	12.51
	S.D.	6.40	6.74	1.99	0.01	5.54	-	0.62	6.20
T3	Mean	8.63	46.49	17.63	0.28	26.02	-	-	-
	S.D.	1.10	3.33	1.09	0.20	3.46	-	-	-
S	Mean	33.88	42.62	-	0.79	21.25	0.24	0.92	-
	S.D.	10.20	3.05	-	0.11	8.31	0.14	0.46	-
M	Mean	33.58	41.07	6.22	3.71	13.05	2.08	-	-
	S.D.	19.60	4.21	2.55	3.55	7.15	1.68	-	-

จากตารางที่ 2 พบว่าแป้งกลุ่มทลคัม T1, T2 และ T3 มีธาตุองค์ประกอบหลัก C, O, Mg, Al, และ Si คล้ายกัน ยกเว้น T2 ที่พบธาตุ Zn เป็นองค์ประกอบสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ลักษณะสัญญาณที่พบเป็นผงขนาดเล็กกระจายอยู่ และเป็นทลคัมชนิดเดียวที่พบธาตุ Ti เป็นองค์ประกอบซึ่งมีลักษณะอนุภาคจำนวนหนึ่งที่คล้ายกันกับแป้งชนิดซิลิกา เมื่อพิจารณาสัดส่วนระหว่างธาตุ C กับ O พบว่าไม่ต่างกันใน แป้ง T1 และ T2 แต่พบว่า แป้ง T3 มีสัดส่วนระหว่างธาตุ C กับ O ต่างกับแป้ง T1 และ T2 อย่างเห็นได้ชัด ส่วนแป้งชนิด S พบธาตุองค์ประกอบหลัก คือ C, O, Al, Si, K และ Ti โดยพบสัดส่วนปริมาณธาตุ C สูงกว่าแป้งในกลุ่มทลคัม สำหรับแป้งชนิด M พบธาตุองค์ประกอบ คือ C, O, Mg, Al, Si และ K ซึ่งแป้งชนิด M มีปริมาณของธาตุ C ใกล้เคียงกับแป้งชนิด S และลักษณะคล้ายกับกลุ่ม T แต่จะตรวจพบธาตุ Al และ K ที่เป็นองค์ประกอบหลักและใช้จำแนกแป้งที่มีแร่ไมกาได้

2. ผ้า

วิเคราะห์ลักษณะทางสัญญาณของผ้าฝ้าย (เส้นใยธรรมชาติ) และผ้าโพลีเอสเตอร์ (เส้นใยสังเคราะห์) ด้วยเทคนิค SEM ผลการทดลองแสดงดัง ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณธาตุองค์ประกอบด้วยเทคนิค EDS ของตัวอย่างผ้าที่ใช้เป็นพื้นผิวในการประทับรอยแป้งผัดหน้าในการทดลองแสดงดัง ตารางที่ 4

ตารางที่ 3 SEM ของเส้นใยผ้าฝ้าย (Cotton) และเส้นใยผ้าโพลีเอสเตอร์ (Polyester)



จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นลักษณะพื้นผิวของผ้าแต่ละชนิด ซึ่งพบว่ามีลักษณะเป็นมัดของเส้นใยที่ไม่แตกต่างกัน ผ้าโพลีเอสเตอร์จะมีลักษณะของเส้นใยที่ดูเรียบกว่ามัดเส้นใยมีขนาดประมาณ 20 μm โดยระหว่างมัดผ้าจะยังคงพบเป็นช่องว่างโดยมากตามสภาพการจัดเรียงเส้นใย และจากตารางที่ 4 พบว่ามีธาตุองค์ประกอบ ได้แก่ C, O, Ca ในผ้าฝ้าย และธาตุ C, O, Al, Cl ในผ้าโพลีเอสเตอร์ ซึ่งพบสัดส่วนปริมาณธาตุ C ในผ้าโพลีเอสเตอร์มากกว่าผ้าฝ้าย

ตารางที่ 4 แสดงธาตุองค์ประกอบของผ้าฝ้าย (Cotton) และผ้าโพลีเอสเตอร์ (Polyester)

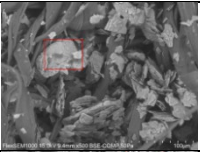
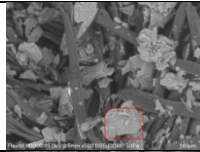
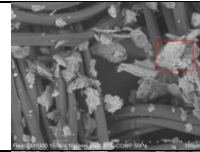
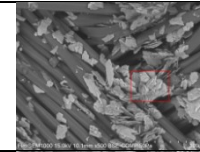
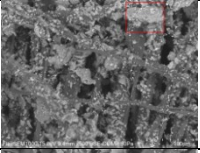
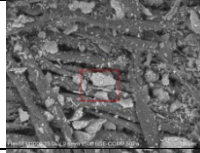
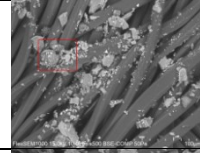
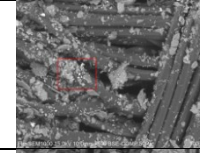
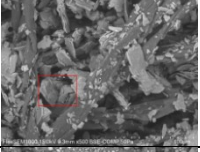
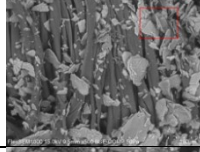
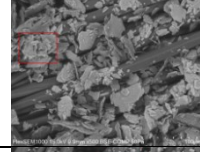
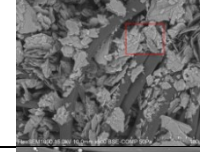
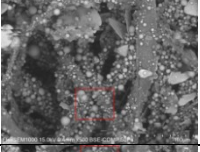
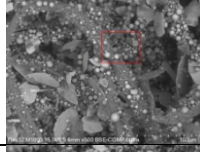
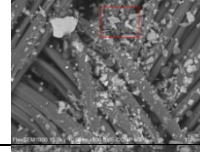
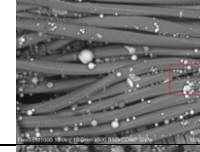
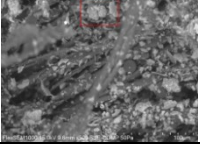
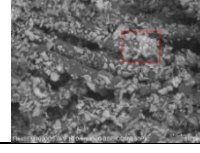
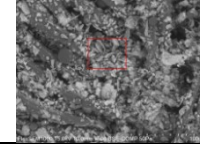
Type		Element composition (%Weight)				
		C	O	Al	Cl	Ca
Cotton	Mean	38.83	57.06	-	-	4.10
	S.D.	4.44	2.25	-	-	2.32
Polyester	Mean	57.87	41.90	0.23	0.46	-
	S.D.	1.12	1.35	0.13	0.27	-

3. รอยเปื้อนแบ่งผัดหน้า

ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานของรอยเปื้อนแบ่งผัดหน้าบนพื้นผิวของผ้าหลังประทับรอยทันทีและเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 5 โดยพบลักษณะสัณฐานของรอยเปื้อนของแบ่งผัดหน้าตัวอย่างบนพื้นผิวของผ้าฝ้ายและโพลีเอสเตอร์ที่ถูกประทับและตรวจเก็บที่ระยะเวลาแตกต่างกัน รอยเปื้อนแบ่งที่มีทึบคมเป็นส่วนผสมหลัก ทั้ง T1, T2 และ T3 มีลักษณะผลึกเป็นแผ่นหนา รูปทรงเหลี่ยมที่มีขนาดเล็กและใหญ่ผสมกัน โดย T2 ยังพบเป็นลักษณะผงขนาดเล็กกระจายอยู่รอบๆ ส่วนรอยเปื้อนของแบ่ง S มีลักษณะทรงกลม รอยเปื้อนแบ่ง M มีลักษณะเป็นแผ่นทรงเหลี่ยมละเอียดเล็กๆ และยังพบรูปร่างทรงกลมของซิลิโคนด้วยเช่นกัน ซึ่งลักษณะสัณฐานของรอยเปื้อนแบ่ง

ผัดหน้าทั้ง 5 ตัวอย่าง สอดคล้องกับลักษณะทางสัณฐานของผงแบ่งผัดหน้าจากการวิเคราะห์อนุภาคของแบ่งโดยตรงเมื่อแบ่งออกจากบรรจุภัณฑ์ โดยตรวจเก็บรอยเปื้อนของผงแบ่งบนผิวผ้าที่ระยะเวลาหลังประทับรอยทันทีและที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากประทับรอย โดยพบว่าลักษณะทางสัณฐานของรอยเปื้อนแบ่งตัวอย่างทุกชนิดไม่แตกต่างกันทั้ง 2 สภาวะทำการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณธาตุองค์ประกอบของรอยเปื้อนแบ่งผัดหน้าแต่ละชนิดบนผ้าฝ้ายด้วย SEM/EDS ที่ตำแหน่งของอนุภาคผงแบ่งที่พบ (กรอบสีแดง) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 6 และได้ทำการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณธาตุองค์ประกอบของรอยเปื้อนแบ่งผัดหน้าแต่ละตัวอย่างบนผ้าโพลีเอสเตอร์ด้วย SEM/EDS ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 5 ภาพ SEM ของรอยเปื้อนแบ่งผัดหน้าบนพื้นผิวผ้าฝ้ายและผ้าโพลีเอสเตอร์ที่ประทับรอยลงบนพื้นผิวทันที (0 hr.) และหลังจากเก็บไว้เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง (24 hr.) และวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบบริเวณที่พบอนุภาคของแบ่งโดยใช้ EDS

ample	Cotton		Polyester	
	0 hr.	24 hr.	0 hr.	24 hr.
T1				
T2				
T3				
S				
M				

ตารางที่ 6 แสดงธาตุองค์ประกอบของรอยเปื้อนแป้งผัดหน้าบนผ้าฝ้ายที่สภาวะหลังประทับรอยทันที (0 hr.) และหลังจาก 24 ชั่วโมง (24 hr.) ด้วย SEM/EDS

Sample		Element composition on cotton surface (%Weight)								
		C	O	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Zn
T1	0 hr.	Mean	27.48	47.92	9.12	0.57	14.18	-	1.09	-
		S.D.	13.52	1.59	5.43	0.26	7.11	-	0.14	-
	24 hr.	Mean	31.26	43.40	9.60	0.31	15.53	-	-	-
		S.D.	8.84	5.24	5.09	0.11	8.44	-	-	-
T2	0 hr.	Mean	26.10	36.06	15.16	0.56	18.78	-	-	2.16
		S.D.	9.97	7.82	0.93	0.29	2.34	-	-	1.24
	24 hr.	Mean	30.81	50.70	7.13	0.34	10.67	-	-	-
		S.D.	8.90	0.84	1.99	0.12	5.86	-	-	-
T3	0 hr.	Mean	26.01	46.37	9.71	1.53	15.90	-	-	-
		S.D.	7.99	3.95	3.19	1.44	8.11	-	-	-
	24 hr.	Mean	29.14	50.84	8.21	-	11.41	-	-	-
		S.D.	12.46	3.43	2.12	-	6.03	-	-	-
S	0 hr.	Mean	20.82	47.20	-	4.34	21.55	3.45	1.10	2.27
		S.D.	9.08	2.16	-	1.96	9.79	1.24	0.64	1.08
	24 hr.	Mean	33.47	42.39	-	1.19	16.35	3.76	-	4.29
		S.D.	2.99	5.02	-	0.81	3.35	1.97	-	2.14
M	0 hr.	Mean	33.18	50.72	3.80	1.71	8.47	1.45	1.01	-
		S.D.	4.03	2.98	1.79	0.74	3.30	0.77	0.25	-
	24 hr.	Mean	30.28	44.21	5.26	2.75	13.59	2.90	1.59	-
		S.D.	2.36	1.83	2.18	1.29	2.41	0.57	0.76	-

จากตารางที่ 6 พบว่ารอยเปื้อนแป้งที่มีທັດคัมเป็นส่วนผสมหลัก T1, T2 และ T3 มีปริมาณของธาตุ C สูงกว่าการวิเคราะห์ตัวอย่างของผงแป้ง (ตารางที่ 2) อาจเป็นเพราะตรวจวัดปริมาณ C จากเส้นใยผ้ารวมอยู่ด้วย เนื่องจากอนุภาคผงแป้งค่อนข้างยึดจับติดบนเส้นใย สำหรับแป้งชนิด S และแป้งชนิด M ยังพบปริมาณธาตุ C ใกล้เคียงกับตัวอย่างผงแป้ง นอกจากนี้ ยังคงพบธาตุที่แสดงถึงส่วนผสมหลักและรองในผลิตภัณฑ์ของแป้งแต่ละกลุ่มสอดคล้องกับผงแป้งโดยพบ Zn ในแป้ง T2 และพบปริมาณ Al และ K สูงในแป้งชนิดไมกา

ตารางที่ 7 แสดงธาตุองค์ประกอบของรอยเปื้อนแป้งผัดหน้าบนผ้าโพลีเอสเตอร์ที่สภาวะหลังประทับรอยทันที (0 hr.) และหลังจาก 24 ชั่วโมง (24 hr.) ด้วย SEM/EDS

Sample		Element composition on polyester surface (%Weight)							
		C	O	Mg	Al	Si	K	Ti	Zn
T1	0 hr.	Mean	25.85	37.58	13.29	0.37	22.11	-	-
		S.D.	2.16	3.52	2.22	0.21	3.14	-	-
	24 hr.	Mean	34.37	40.29	10.06	0.30	14.97	-	-
		S.D.	11.77	2.61	4.49	0.04	7.21	-	-
T2	0 hr.	Mean	21.00	35.99	11.68	0.62	13.95	-	1.92
		S.D.	7.44	4.15	4.33	0.27	8.32	-	0.81
	24 hr.	Mean	26.65	42.56	11.60	2.19	11.80	-	5.99
		S.D.	18.78	6.81	6.27	1.76	4.84	-	2.47
T3	0 hr.	Mean	28.59	46.04	10.82	0.26	14.29	-	-
		S.D.	19.78	3.31	6.92	0.09	9.95	-	-
	24 hr.	Mean	30.86	44.99	9.91	0.20	13.22	-	-
		S.D.	21.54	5.01	7.08	0.12	9.04	-	-
S	0 hr.	Mean	40.61	38.79	1.94	1.37	13.83	3.45	-
		S.D.	4.11	3.90	0.35	0.97	7.95	1.24	-
	24 hr.	Mean	54.11	36.06	-	0.73	4.20	-	-
		S.D.	4.38	6.02	-	0.42	1.29	-	-
M	0 hr.	Mean	22.28	43.10	6.46	6.53	17.51	3.35	-
		S.D.	20.05	6.90	1.59	2.45	8.26	1.97	-
	24 hr.	Mean	33.30	43.64	5.35	2.61	13.04	1.71	-
		S.D.	15.78	3.22	3.15	1.16	6.54	0.86	-

จากตารางที่ 7 พบว่ากลุ่มรอยเปื้อนแป้งที่มีทาลค์เป็นส่วนผสม T1, T2 และ T3 มีปริมาณของธาตุ C สูงกว่าปริมาณธาตุที่วิเคราะห์ได้จากผงแป้งในตารางที่ 2 และสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุจากรอยเปื้อนแป้งผัดหน้าบนพื้นผิวชนิดอื่นดังในตารางที่ 6 เนื่องจากอาจได้รับผลกระทบของ C จากเส้นใยผ้า ในส่วนของแป้งชนิด S ที่มีซิลิกาและแป้งชนิด M ที่มีไมกา ยังตรวจพบปริมาณธาตุ C ใกล้เคียงกับในตัวอย่างผงแป้ง ยังคงตรวจพบธาตุองค์ประกอบสำคัญในองค์ประกอบของแป้งแต่ละชนิดเช่นเดียวกันกับรอยเปื้อนแป้งบนผ้าฝ้าย โดยรอยเปื้อนแป้ง T2 ยังคงพบธาตุ Zn ส่วนในรอยเปื้อนแป้งชนิด M ซึ่งมีลักษณะ

คล้ายกับกลุ่มทลคัม ยังสามารถตรวจพบธาตุ K และ Al ที่อยู่ในแร่ไมกาทั้งในสภาวะหลังจากการประทับรอยทันทีและหลังจาก 24 ชั่วโมง จึงสามารถจำแนกออกจากกลุ่มทลคัมได้

จากการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์แบ่งที่ประทับรอยทันทีในบางตัวอย่างยังพบว่ามีความแตกต่างของปริมาณธาตุองค์ประกอบในตัวอย่างที่วิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างที่ตรวจเก็บทันทีกับหลังจาก 24 ชั่วโมง แต่ผลการวิเคราะห์พื้นฐานโดยเฉพาะการวิเคราะห์บนพื้นผิวผ้านั้นไม่พบความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการระบุตำแหน่งของพื้นที่หรืออนุภาคที่จะวิเคราะห์ ด้วยบางบริเวณมีการผสมหรือปนเปื้อนของอนุภาคที่อยู่ในองค์ประกอบผลิตภัณฑ์แบ่งผัดหน้าอย่างไม่เป็นเนื้อเดียวกันเพื่อความถูกต้องและแม่นยำในการวิเคราะห์ผล ต้องคำนึงถึงปัจจัยแทรกซ้อนที่เกี่ยวข้องร่วมกับการวิเคราะห์สัดส่วนปริมาณของธาตุองค์ประกอบร่วมด้วย เมื่อพิจารณาผลการทดลองในภาพรวม แม้ปริมาณของธาตุองค์ประกอบจะมีส่วนเบี่ยงเบนและความแตกต่างระหว่างปริมาณธาตุที่พบในรอยเปื้อนแบ่งและตัวอย่างผงบ่ง อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ลักษณะทางสัญญาณของผลิตภัณฑ์แบ่งผัดหน้าแต่ละชนิดในแต่ละสภาวะ ให้ผลที่มีรูปแบบสอดคล้องตรงกัน เป็นข้อมูลประกอบที่สามารถใช้ระบุผลิตภัณฑ์แบ่งผัดหน้าบนผิวดูตัวอย่างได้

สรุปผลการวิจัย

ในการศึกษารอยเปื้อนแบ่งผัดหน้าจากการตรวจเปรียบเทียบธาตุองค์ประกอบและลักษณะทางสัญญาณของแบ่งผัดหน้าแต่ละชนิดโดยใช้ SEM/EDS พบว่าแบ่งผัดหน้าจากผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีลักษณะรูปร่าง ขนาด และองค์ประกอบทางกายภาพแตกต่างกัน โดยมีปริมาณธาตุองค์ประกอบหลักที่สอดคล้องกับส่วนผสมตามสูตรหลักของแบ่งแต่ละกลุ่ม นอกจากนี้ รอยเปื้อนแบ่งผัดหน้าที่อยู่บนพื้นผิวผ้าที่แตกต่างกัน มีลักษณะทางสัญญาณของแบ่งผัดหน้าที่ตรงกับลักษณะของผงบ่งผัดหน้าแต่ละชนิด ปริมาณธาตุองค์ประกอบของรอยเปื้อนแบ่งผัดหน้าชนิดซิลิกาและไมกาทั้งก่อนและหลังระยะเวลาที่รอยเปื้อนแบ่งสัมผัสบนผิวผ้าทั้งเส้นใยผ้าธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์ไม่แตกต่างกัน แต่พบปริมาณธาตุ C ที่สูงกว่าในผงบ่งชนิดทลคัม อย่างไรก็ตาม ลักษณะทางสัญญาณของรอยเปื้อนแบ่งที่พบไม่แตกต่างจากผงบ่ง พบว่าลักษณะทางสัญญาณของแบ่งผัดหน้าไม่ขึ้นกับระยะเวลาและพื้นผิวผ้าที่สัมผัส จึงสามารถใช้เป็นข้อมูลในการตรวจเปรียบเทียบชนิดของแบ่งผัดหน้าได้ สามารถนำไปเชื่อมโยงกับพฤติกรรมที่มีการตรวจพบวัตถุพยานชนิดรอยเปื้อนแบ่งบนเครื่องแต่งกาย

ที่ตรวจเก็บมาโดยไม่ทำลายตัวอย่าง ตลอดจนเก็บเป็นฐานข้อมูลลักษณะทางสัณฐานของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่เป็นประโยชน์ในการสืบสวนทางนิติวิทยาศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนอุปกรณ์ เครื่องมือ สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้และห้องปฏิบัติการ ตลอดจนข้อมูลความรู้ที่เป็นประโยชน์จาก คณะนิติวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ

เอกสารอ้างอิง

ศิริณญา อยู่สุข. (2557). การวิเคราะห์แบ่งผัดหน้าโดยเทคนิค Gas Chromatography (GC) และ X-Ray Diffraction (XRD) สำหรับประยุกต์ใช้ทางนิติวิทยาศาสตร์. *รายงานการประชุมวิชาการและนำเสนอผลการวิจัยระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 5 กลุ่มระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์ วันที่ 25-26 มีนาคม 2557*, 5(1), 181-189. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

Chophi, R., Sharma, S., Sharma, S., & Singh, R. (2019). Trends in the forensic analysis of cosmetic evidence. *Forensic Chemistry*, 14, 100165.

Ezegbogu, O. M., & Osadolor, B. H. (2019). Comparative Forensic Analysis of Lipsticks Using Thin Layer Chromatography and Gas Chromatography. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation*, 13(5), 231-235.

Gardner, P., Bertino, F. M., & Hazelrigg, E. (2013). Analysis of lipsticks using Raman spectroscopy. *Forensic Science International*, 232(1), 67-72.

Gordon, A., & Coulson, S. (2004). The Evidential Value of Cosmetic Foundation Smears in Forensic Casework. *Journal of Forensic Science*, 49(6), 1244-1252.

Najjar, K., Blackledge, D. R., & Bridge, C. (2022). *Leading Edge Techniques in Forensic Trace Evidence Analysis*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

- Nickell, J., & Fischer, J. F. (2014). *Crime science: methods of forensic detection*. University of Kentucky: University Press of Kentucky.
- Richard, S. (2009). *Forensic Science: From the Crime Scene to the Crime Lab*. New Jersey: Pearson: Prentice Hall.
- Steiling, W., Almeida, J. F., Assaf Vandecasteele, H., Gilpin, S., Kawamoto, T., O’Keeffe, L., Pappa, G., Rettinger, K., Rothe, H., & Bowden, M. A. (2018). Principles for the safety evaluation of cosmetic powders. *Toxicology Letters*, 297, 8-18.
- Thongpagde, W., & Saksiri, N. (2022). Developing the Forensic Evidence and Problem in Murder Prosecution. *Journal of Criminology and Forensic Science*, 8(2), 186-203.