

การพัฒนาผงฝุ่นคาร์บอนจากกาบมะพร้าวเผาสำหรับการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง

สุพิชฌาย์ แสงแก้วสุข¹, ปริญญา สีสานันท์^{2,*}

^{1,2} คณะนิติวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ

Received: 3 April 2024

Revised: 21 November 2024

Accepted: 21 November 2024

บทคัดย่อ

การตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงเป็นขั้นตอนการค้นหาลักษณะเพื่อเชื่อมโยงกับพฤติการณ์ในกระบวนการทางนิติวิทยาศาสตร์ ผงฝุ่นดำที่ใช้ตรวจเก็บรอยมักเป็นผลิตภัณฑ์นำเข้า งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและศึกษาผงฝุ่นจากกาบมะพร้าวเผาสำหรับการตรวจรอยลายนิ้วมือแฝงเป็นการวิจัยเชิงทดลองโดยนำกาบมะพร้าวที่ผ่านการเผาจนเป็นผงไปวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดร่วมกับ สเปกโทรสโกปีรังสีเอกซ์แบบกระจายพลังงาน ทดสอบการเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวชนิดไม่มีรูพรุนและกึ่งรูพรุน ผลการวิจัยพบว่า ผงฝุ่นจากกาบมะพร้าวเผาที่เตรียมมีขนาดเฉลี่ย 20.3 ± 2.5 ไมโครเมตร มีรูปร่างแผ่นเหลี่ยมไม่แน่นอน เมื่อทดสอบตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวตัวอย่างและวิเคราะห์ด้วยเครื่องตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมืออัตโนมัติแบบกระเป่าหิ้ว (Mini AFIS) พบว่าให้จุดลักษณะสำคัญพิเศษสูงถึง 60 จุด และให้คุณภาพรอยลายนิ้วมือแฝงในระดับที่สูงกว่าเกณฑ์ที่ใช้ตรวจพิสูจน์ยืนยันบนพื้นผิวตัวอย่างทุกชนิด เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษโดยผงฝุ่นจากกาบมะพร้าวเผาไม่แตกต่างกับผงฝุ่นที่นำเข้า ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สรุปได้ว่า ผงฝุ่นจากกาบมะพร้าวเผาสามารถเป็นทางเลือกในการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงในทางนิติวิทยาศาสตร์ได้ มีข้อดีที่เป็นวัสดุหาง่าย ราคาถูกและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: ลายนิ้วมือแฝง ผงฝุ่นคาร์บอน กาบมะพร้าว จุดลักษณะสำคัญพิเศษ

* ผู้ประสานงานหลัก; อีเมล: parinya.se@rpca.ac.th

Development of Carbon Powder from Burnt Coconut Husk for Latent Fingerprint Detection

Supicha Saengkaewsuk¹, Parinya Seelanan^{2,*}

^{1,2} Faculty of Forensic Science, Royal Police Cadet Academy

Received: 3 April 2024

Revised: 21 November 2024

Accepted: 21 November 2024

Abstract

Latent fingerprint detection is an essential process for evidence collection linked to the incident in forensic science. The carbon powder used in fingerprint detection is generally an imported product. In this research, the study of powder from burnt coconut husk for latent fingerprint detection was developed. The coconut husk used in this study was burnt into powder & analyzed by the scanning electron microscope with energy dispersive X-ray spectroscopy. Latent fingerprint detection on non-porous & semi-porous surfaces by the developed coconut husk powder was performed. The results showed that the powder from burnt coconut husk had an average size of 20.3 ± 2.5 micrometers under angular sheet with non-symmetric shape. The powders were applied to detect latent fingerprints imprinted on 4 types of surfaces & analyzed by the Mini Automated Fingerprint Identification System (Mini AFIS). It was found that the burnt coconut husk powder provided up to 60 points of minutiae whereas latent fingerprint quality was qualified to the criteria for fingerprint examination on all sample surfaces. Statistical analysis demonstrated that the minutiae & latent fingerprint quality collected from burnt coconut husk powder were not different from using imported powder at the significance level of 0.05. In conclusion, the developed powder from burnt coconut husk can be used as an alternative tool for latent fingerprint detection in forensic examination with advantages of easy preparation, low cost, & environmentally friendly material.

Keywords: Latent fingerprint, Carbon powder, Coconut husk, Minutiae

* Corresponding Author; E-mail: parinya.se@rpca.ac.th

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

รอยลายนิ้วมือแฝงมีความสำคัญต่องานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ในการตรวจพิสูจน์เป็นอย่างมาก วิธีการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงได้แก่ การใช้ผงฝุ่นทางเคมี การใช้กาวย การใช้สีย้อมเคมี การถ่ายภาพรอยลายนิ้วมือที่มองเห็นด้วยตาเปล่า หรือการใช้แสงเลเซอร์ส่องหารอยลายนิ้วมือแฝง (Kesorn, 2014) แต่ละวิธีมีการตรวจหาที่แตกต่างกัน วิธีการที่ใช้สารเคมีอาจเกิดการสะสมในร่างกายของตัวผู้ปฏิบัติงานได้ในระยะยาว สำหรับการใช้ผงฝุ่นทางเคมีในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง ได้มีการพัฒนาผงฝุ่นที่ผลิตจากธรรมชาติ อาทิเช่น ผงฝุ่นจากเปลือกมังคุด (Khanbo et al., 2016) ผงฝุ่นจากผงขมิ้น (Garg et al., 2011) ผงฝุ่นจากถ่านหิน (Saengkaew, 2008) ผงฝุ่นจากเกล็ดดำ (Thongthammachad & Witchuwanich, 2019) และผงฝุ่นจากสปอร์ของเห็ด (Chaiheng & Witchuwanich, 2019) รวมถึงการประยุกต์ใช้ผงฝุ่นที่ได้จากการแปรรูปยางรถยนต์ (Pimpaporn & Sinloyma, 2021) เป็นต้น ผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นประโยชน์ของการแปรรูปผลิตภัณฑ์ และมีแนวคิดในการพัฒนาผงฝุ่นธรรมชาติจากกาบมะพร้าวเผาซึ่งพบทั่วไปตามธรรมชาติ เป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีต้นทุนต่ำและไม่มีสารพิษสะสมในร่างกายของผู้ปฏิบัติงานจากภูมิปัญญาชาวบ้าน กาบมะพร้าวถูกนำมาใช้ประโยชน์หลากหลาย เช่น การทำขนมเปียกปูนโบราณเพื่อให้ได้สีน้ำตาลตามธรรมชาติ การนำกาบมะพร้าวเผามาทำยาแก้ท้องเสีย หรือที่เรียกว่าผงถ่านชาโคล การผลิตเป็นยาขัดรองเท้า ซึ่งล้วนเป็นวิธีการนำวัสดุจากธรรมชาติมาแปรรูปใช้งานเพื่อลดต้นทุนในการผลิตและไม่อันตรายต่อผู้ใช้ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะทำการเผาและเตรียมผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าว พร้อมศึกษาลักษณะทางสัณฐาน ขนาดและรูปร่าง ตลอดจนวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบในผงฝุ่น (Rajan et al., 2020) จากนั้นศึกษาการนำไปใช้เบื้องต้น โดยทดลองตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงจากการใช้ผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผา ทดสอบกับวัสดุประเภทพื้นผิวไม่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นเอกสารพลาสติก กระดาษ และพื้นผิวกึ่งรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง และกล่องกระดาษบรรจุภัณฑ์โทรศัพท์ และเปรียบเทียบคุณภาพรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏขึ้นจากการใช้ผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผากับผงฝุ่นดำนำเข้าเพื่อเป็นแนวทางและพัฒนาต่อยอดให้เกิดประโยชน์ต่องานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาสำหรับตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง
2. เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้จากการใช้ผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผากับผงฝุ่นดำนำเข้าบนวัตถุพื้นผิวไม่มีรูพรุนและกึ่งรูพรุน

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ลายนิ้วมือมีคุณสมบัติพิเศษที่มีอยู่ตั้งแต่เป็นทารกในครรภ์ โดยจะเริ่มสร้างขึ้นระหว่าง 10.5-16 สัปดาห์ โดยประมาณมีความเป็นเอกลักษณ์และคงอยู่ถาวร (Wertheim & Maceo, 2002) เป็นข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการยืนยันบุคคลทางนิติวิทยาศาสตร์ วิธีการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงในสถานที่เกิดเหตุอาชญากรรมสังเกตุ เนื่องจากรอยลายนิ้วมือแฝงอาจไม่สามารถเห็นด้วยตาเปล่า ต้องมีวิธีการตรวจหารอยลายนิ้วมือให้ปรากฏซึ่งอาจขึ้นกับชนิดของวัตถุที่มีพื้นผิวต่างกัน เช่น วิธีทางเคมี การใช้การระเหย วิธีลอกลายนิ้วมือ การใช้แสง และการใช้ผงฝุ่นตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือ จึงต้องเลือกวิธีที่เหมาะสมกับชนิดของวัตถุที่นำมาตรวจสอบ (Kesorn, 2014) ทั้งนี้ยังพบว่าผงฝุ่นดำนิยมนำมาใช้ในงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ อีกทั้งมีงานวิจัยที่พัฒนาผงฝุ่นดำจากธรรมชาติมาใช้เพื่อทดแทนผงฝุ่นที่

ผลิตจากสารเคมี อาทิเช่น ผงฝุ่นดำจากถ่านไม้ยางพารา ถ่านไม้โกงกาง และถ่านไม้ขนุน (Tiprong, 2015) รวมถึง ผงฝุ่นดำจากเกลบซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (Rajan & Kaur, 2001) ซึ่งจะพบประกอบด้วยสารอินทรีย์และซิลิกา ปริมาณสารอินทรีย์จะประกอบด้วยธาตุคาร์บอนประมาณร้อยละ 51 ออกซิเจนร้อยละ 42 ส่วนที่เหลือจะเป็นไฮโดรเจน และไนโตรเจน (Thongthammachad & Witchuwanich, 2019) โดยที่ผงฝุ่นจะเกาะติดกับสารประกอบของเหล็กที่อยู่ในลายนิ้วมือและจะไปเกาะติดกับเส้นขนในรอยลายนิ้วมือแฝง เมื่อทำการปิดด้วยผงฝุ่นจะทำให้รอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏขึ้นมา และอนุภาคของผงฝุ่นขนาดเล็กจะเกาะติดกับลายนิ้วมือได้ดีกว่าผงฝุ่นขนาดใหญ่ (Sodhi & Kaur, 2001) ลายนิ้วมือของมนุษย์เป็นเอกลักษณ์เฉพาะบุคคล สามารถใช้ในการพิสูจน์ยืนยันตัวบุคคลได้เนื่องจากไม่มีลายนิ้วมือใดที่เหมือนกันหรือซ้ำกัน ไม่ว่าจะเป็นญาติพี่น้องหรือฝาแฝดไข่ใบเดียวกัน นอกจากนี้ลายนิ้วมือจะไม่มี การเปลี่ยนแปลงตั้งแต่เกิดจนกระทั่งเสียชีวิต (Singthong, 2015) ในขณะที่รูปร่างและหน้าตาอาจตกแต่งและเปลี่ยนแปลงได้ โดยเจ้าหน้าที่ตำรวจทั้งประเทศไทยและต่างประเทศ ใช้ประโยชน์จากลายนิ้วมือในการจัดทำทะเบียนประวัติอาชญากรและการพิสูจน์หลักฐานด้วยการใช้ระบบตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ (Automated Fingerprint Identification System, AFIS) ซึ่งเป็น การนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาใช้ในการตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมือ (Gibb & John, 2023) และจัดเก็บเป็นฐานข้อมูลในระบบ ไม่ว่าจะเป็นลายพิมพ์นิ้วมือของผู้กระทำความผิด หรือผู้ขอ อนุญาตสมัครงาน โดยมีระบบคำนวณค่าความสัมพันธ์ของจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (Minutiae) ของลายพิมพ์นิ้วมือที่ นำมาเข้าตรวจสอบกับหลักฐานข้อมูล โดยระบบสืบค้นจะทำการเปรียบเทียบ Minutiae ของลายนิ้วมือที่นำเข้า ตรวจสอบกับฐานข้อมูล จากนั้นแสดงรายการผู้เข้าข่ายที่มีความสัมพันธ์เรียงลำดับจากมากไปน้อย เพื่อทำการยืนยัน โดยผู้เชี่ยวชาญด้านลายพิมพ์นิ้วมือต่อไป ในการพัฒนาผงฝุ่นดำของงานวิจัยนี้ เพื่อนำมาใช้เป็นทางเลือกทดแทนผงฝุ่น จากสารเคมีและสนับสนุนงานด้านการตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมือแฝงทางนิติวิทยาศาสตร์ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ตัวอย่างผงฝุ่นดำในการทดสอบ 3 ชนิด คือ ผงฝุ่นจากกาบมะพร้าวเผาที่ไม่ผ่านการร่อน (NSP) ผงฝุ่นจาก กาบมะพร้าวเผาที่ผ่านการร่อน (SP) และผงฝุ่นดำนำเข้ายี่ห้อ Kagaku Sobi Kenkyusho จากประเทศญี่ปุ่น (IP)
2. เตรียมผงฝุ่นดำโดยนำกาบมะพร้าวมาเผาในเตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร แล้วนำมาบดให้ละเอียดด้วย เครื่องปั่นอเนกประสงค์ คอปไล่ความชื้นในตู้อบเป็นเวลา 48 ชั่วโมง กรองโดยใช้ตะแกรงร่อนขนาด 400 mesh แล้วนำไป วิเคราะห์ด้วย Scanning Electron Microscope / Energy Dispersive X-ray Spectroscopy หรือ SEM/EDX (Hitachi รุ่น FlexSEM1000)
3. เตรียมตัวอย่างวัตถุพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน (แฟ้มเอกสารพลาสติก และกระจก) พื้นผิวกึ่งรูพรุน (กระเบื้อง และ กล่องกระดาษบรรจุภัณฑ์โทรศัพท์) ที่ผ่านการทำความสะอาดและทิ้งจนแห้งก่อนประทับรอย
4. เตรียมรอยลายนิ้วมือของผู้วิจัยเพียงคนเดียวโดยการประทับนิ้วโป้งขวาที่ไม่ผ่านการล้างมือเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ลงบนพื้นผิวตัวอย่าง กดค้างไว้จนน้ำหนักได้ 900-1,000 กรัม เป็นเวลา 10 วินาที (Chaiheng & Witchuwanich, 2019)
5. การเก็บตัวอย่างรอยลายนิ้วมือแฝง

5.1 ใช้แปรงขนกระรอกจุ่มลงบนผงฝุ่นเล็กน้อยปิดลงบนพื้นผิวของวัตถุจนไปในทิศทางเดียวกันจนรอยลายนิ้วมือปรากฏ

5.2 ถ่ายภาพรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏด้วยกล้องถ่ายรูปดิจิทัล (Canon, EOS40D เลนส์ EFS 18-55 mm, F-stop f/7.1, Exposure time 1/80sec., ISO speed-800, Focal length 55 mm) ที่ติดตั้งบนขาตั้งในระยะ 30 เซนติเมตร

5.3 นำภาพรอยลายนิ้วมือแฝง ไปตรวจนับจุดลักษณะสำคัญพิเศษด้วยเครื่องตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมืออัตโนมัติแบบกระเป๋าทัวร์ (Mini AFIS) โดยกำหนดขนาดของภาพในการนำเข้าเครื่อง กว้าง 2 เซนติเมตร ยาว 3 เซนติเมตร และวิเคราะห์คุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝง อ้างอิงจากเกณฑ์ระดับคุณภาพที่กำหนด (Chaiheng & Witchuwanich, 2019)

$$\text{ความกว้างช่วงระดับ} = \frac{\text{จำนวน Minutiae ตรวจพบสูงสุด} - \text{จำนวน Minutiae ที่ตรวจพบต่ำสุด}}{\text{จำนวนชั้น}}$$

$$\text{ความกว้างช่วงระดับ} = \frac{72 - 41}{5} = 6.2$$

โดยนำช่วงความกว้างที่ได้ มาใช้แบ่งระดับคุณภาพลายนิ้วมือออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

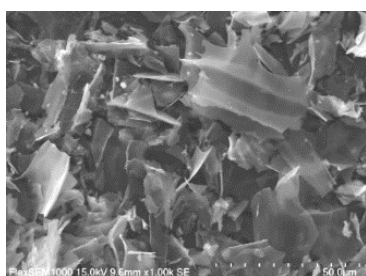
ระดับที่ 1 คุณภาพลายนิ้วมือระดับสูงที่สุด	ระหว่าง 66.0 – 72.2
ระดับที่ 2 คุณภาพลายนิ้วมือระดับสูง	ระหว่าง 59.8 – 65.9
ระดับที่ 3 คุณภาพลายนิ้วมือระดับปานกลาง	ระหว่าง 53.6 – 59.7
ระดับที่ 4 คุณภาพลายนิ้วมือระดับต่ำ	ระหว่าง 47.3 – 53.5
ระดับที่ 5 คุณภาพลายนิ้วมือระดับต่ำที่สุด	ระหว่าง 41.0 – 47.2

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม SPSS โดยใช้ One-Way ANOVA (Version 11.5 for Windows) และ Pair T-test ลิขสิทธิ์ของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) โดยวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และเปรียบเทียบคุณภาพของลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจเก็บได้บนพื้นผิวแต่ละชนิดจากการทดสอบใช้ผงฝุ่นดำจากกบมะพร้าวเผาที่ไม่ผ่านการร่อน ผงฝุ่นดำจากกบมะพร้าวเผาที่ผ่านการร่อน และผงฝุ่นดำนำเข้า

ผลการวิจัย

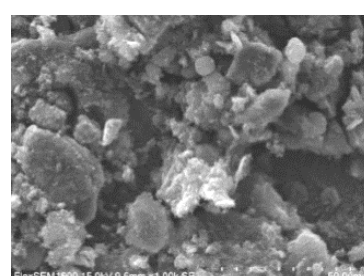
1. ผลการศึกษาขนาดและรูปร่างอนุภาคของผงฝุ่นด้วย SEM และการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบด้วย EDX ตัวอย่างผงฝุ่นจากกาบมะพร้าวที่เผาเตรียมขึ้นมาและผงฝุ่นดำนำเข้าถูกตรวจวิเคราะห์โดย SEM/EDX ของศูนย์เครื่องมือวิจัยทางนิติวิทยาศาสตร์ คณะนิติวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ ผลการศึกษารูปร่างอนุภาคและลักษณะพื้นผิวของผงฝุ่นดำแสดงดังภาพที่ 2 ทำการหาขนาดอนุภาคของผงฝุ่นดำแต่ละชนิดโดยการเทียบมาตรฐานวัดและทำการตรวจวัดขนาดจากภาพ SEM โดยวิเคราะห์ซ้ำจำนวน 5 ครั้ง จากภาพที่ 2 สามารถวิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานของผงฝุ่นที่ได้ โดยพบผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่เตรียมขึ้นทั้ง 2 ชนิด มีลักษณะทางสัณฐานที่สำคัญคือพบเป็นแผ่นที่ไม่มีรูปทรงแน่นอน ส่วนผงฝุ่นดำนำเข้าจะมีลักษณะเป็นก้อนขึ้นหนา ไม่เป็นแผ่น ขนาดคละกันไปมีรายละเอียดขนาดผงฝุ่นแสดงดังตารางที่ 1 ผงฝุ่นดำที่เตรียมจากกาบมะพร้าวเผาที่ไม่ผ่านการร่อน (NSP) จะมีขนาดใหญ่ที่สุด พบมีขนาด 28.7 ± 8.7 ไมโครเมตร ผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ผ่านการร่อน (SP) จะมีขนาด 20.3 ± 2.5 ไมโครเมตร และผงฝุ่นดำนำเข้า (IP) มีขนาด 17.3 ± 1.9 ไมโครเมตรแสดงให้เห็นว่าขนาดของอนุภาคผงฝุ่นดำทั้ง 3 ชนิดมีขนาดใกล้เคียงกัน



NSP



SP



IP

ภาพที่ 2 ภาพ SEM ของตัวอย่างผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ไม่ผ่านการร่อน (NSP) ผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ผ่านการร่อน (SP) และ ผงฝุ่นดำนำเข้า (IP) โดยวัดที่กำลังขยาย 1,000 เท่า

ตารางที่ 1 ขนาดของผงฝุ่นดำที่ตรวจวัดจากการวิเคราะห์ด้วย SEM กำลังขยาย 1,000 เท่า (n = 5)

ชนิดของผงฝุ่น	ขนาดของอนุภาค (μm)
ผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ไม่ผ่านการร่อน (NSP)	28.7 ± 8.7
ผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ผ่านการร่อน (SP)	20.3 ± 2.5
ผงฝุ่นดำนำเข้า (IP)	17.3 ± 1.9

ทำการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบของผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ผ่านการร่อน (SP) และผงฝุ่นดำนำเข้า (IP) ด้วย EDX โดยผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 2 โดยรายงานธาตุองค์ประกอบเปรียบเทียบกันระหว่างผงฝุ่นดำ SP กับ IP จะพบว่าผงฝุ่นดำ SP มีธาตุองค์ประกอบหลักที่มีปริมาณสัดส่วนสูงที่สุดจำนวน 2 อันดับแรก คือ คาร์บอน 74.37% และ ออกซิเจน 15.35% โดยน้ำหนักสอดคล้องกับผงฝุ่นดำ IP โดยพบสัดส่วนธาตุองค์ประกอบหลัก คือ คาร์บอน 85.14% และ ออกซิเจน 8.18% โดยน้ำหนัก และไม่ได้นำผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ไม่ผ่านการร่อน (NSP) ทำการวิเคราะห์ เนื่องจากเป็นการคัดแยกทางกายภาพเพื่อให้ได้ขนาดของอนุภาคเล็กกว่า 400 mesh หรือ ประมาณ 20 ไมโครเมตร

ตารางที่ 2 ธาตุองค์ประกอบในผงฝุ่นจากกาบมะพร้าวเผาที่ผ่านการร่อน (SP) และผงฝุ่นดำนำเข้า (IP)

ธาตุ	ผงฝุ่นดำ SP (Weight %)	ผงฝุ่นดำ IP (Weight %)
Carbon (C)	37.74	6.84
Oxygen (O)	35.15	12.5
Nitrogen (N)	13.2	-
Magnesium (Mg)	75.0	-
Aluminum (Al)	58.0	96.0
Silicon (Si)	06.1	62.2
Phosphorus (P)	62.0	48.1
Molybdenum (Mo)	05.1	22.1
Chlorine (Cl)	02.1	-
Potassium (K)	71.1	-
Calcium (Ca)	37.1	01.4

2. ผลการศึกษาการปรากฏขึ้นของรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิววัตถุ

การใช้ผงฝุ่นดำตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวแต่ละชนิด คือ พื้นผิวไม่มีรูพรุน (แทมเอกสารพลาสติก และกระจก) พื้นผิวกึ่งรูพรุน (กระเบื้อง และกล่องกระดาษบรรจุภัณฑ์โทรศัพท์) โดยใช้ผงฝุ่นดำ NSP SP และ IP ตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงและถ่ายภาพบันทึก ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 รอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏบนพื้นผิวโดยการใช้ผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ไม่ผ่านการร่อน (ISP) ผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ผ่านการร่อน (SP) และผงฝุ่นดำนำเข้า (IP)

ชนิดผงฝุ่น	การปรากฏขึ้นของรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิว			
	แทมเอกสารพลาสติก	กระจก	กระเบื้อง	กล่องกระดาษบรรจุภัณฑ์โทรศัพท์
NSP				
SP				
IP				

3. ผลการตรวจจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (Minutiae) และวิเคราะห์คุณภาพรอยลายนิ้วมือแฝงจากตารางที่ 3 ทำการตรวจนับจุดลักษณะสำคัญพิเศษของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏ โดยใช้เครื่อง Mini AFIS และวิเคราะห์ผ่าน

ผู้เชี่ยวชาญด้านลายนิ้วมือแฝงเพื่อยืนยันผล ผลการนับจุดลักษณะสำคัญพิเศษบนรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏจากการใช้ผงฝุ่นดำ NSP SP และ IP แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 จุดลักษณะสำคัญพิเศษและระดับคุณภาพจากรอยลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจพบบนพื้นผิวชนิดต่างๆ

โดยการวิเคราะห์คุณภาพรอยลายนิ้วมือแฝงจากจุดลักษณะสำคัญพิเศษที่ตรวจเก็บได้บนพื้นผิวชนิดต่างๆ									
พื้นผิว		จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (Minutiae)					$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5			
แฟ้มเอกสาร	SP	66	72	46	67	63	62.8	9.9	สูง
	NSP	54	43	59	67	64	57.4	9.5	ปานกลาง
พลาสติก	IP	55	45	61	64	63	57.6	7.9	ปานกลาง
	SP	61	58	58	68	61	61.2	4.1	สูง
กระดาษ	NSP	60	52	60	63	47	56.4	6.6	ปานกลาง
	IP	59	63	60	60	60	60.4	1.5	สูง
กระเบื้อง	SP	61	54	43	51	48	51.4	6.7	ต่ำ
	NSP	63	60	64	41	47	55.0	10.0	ปานกลาง
	IP	54	63	57	60	49	56.6	5.4	ปานกลาง
กล่องกระดาษ	SP	52	67	57	63	62	60.2	5.8	สูง
	NSP	61	55	58	58	65	59.4	3.8	ปานกลาง
บรรจุภัณฑ์	IP	67	57	66	66	69	65.0	4.6	สูง

พบว่าการใช้ผงฝุ่นดำ SP ให้จุดลักษณะสำคัญพิเศษที่มีจำนวนมากไปน้อยตามลำดับ คือ แฟ้มเอกสารพลาสติก (62.8 จุด) กระดาษ (61.2 จุด) กล่องกระดาษบรรจุภัณฑ์โทรศัพท์ (60.2 จุด) และกระเบื้อง (51.4 จุด) สำหรับรอยลายนิ้วมือแฝงที่พบจากการใช้ผงฝุ่นดำ NSP มีค่าเฉลี่ยจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษบนพื้นผิวจากมากไปน้อย คือ กล่องกระดาษบรรจุภัณฑ์โทรศัพท์ (59.4 จุด) แฟ้มเอกสารพลาสติก (57.4 จุด) กระดาษ (56.4 จุด) และกระเบื้อง (55.0 จุด) ส่วนรอยลายนิ้วมือแฝงจากการใช้ผงฝุ่นดำนำเข้า IP มีค่าเฉลี่ยจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษจากมากไปน้อยคือ กล่องกระดาษบรรจุภัณฑ์โทรศัพท์ (65.0 จุด) กระดาษ (60.4 จุด) แฟ้มเอกสารพลาสติก (57.6 จุด) และกระเบื้อง (56.6 จุด) โดยรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้จากทุกตัวอย่างมีจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษสูงกว่าเกณฑ์การตรวจพิสูจน์เพื่อยืนยันบุคคล ผลการวิเคราะห์ระดับคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏบนวัตถุพื้นผิวเรียบชนิดไม่มีรูพรุนและกึ่งรูพรุนจากการใช้ผงฝุ่นดำแต่ละชนิด ตามเกณฑ์ที่กำหนดมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4

4. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

4.1 วิเคราะห์ขนาดอนุภาคของผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ผ่านการร่อน (SP) ไม่ผ่านการร่อน (NSP) และผงฝุ่นดำนำเข้า (IP) ที่ตรวจวัดจากการวิเคราะห์ด้วย SEM กำลังขยาย 1,000 เท่า ($n = 5$) รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 วิเคราะห์ขนาดอนุภาคของผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ผ่านการร่อน (SP) ไม่ผ่านการร่อน (NSP) และผงฝุ่นดำนำเข้า (IP) วิเคราะห์ด้วย One Way ANOVA ด้วยโปรแกรม SPSS; $p\text{-value} < 0.05$

ผงฝุ่นดำ 3 ชนิด	Df	Sum of Squares	Mean Square	F	P-value
-----------------	----	----------------	-------------	---	---------

1. ระหว่างกลุ่ม	1	448.900	448.900	8.763	.0181
2. ภายในกลุ่ม	8	409.796	51.224		
รวม	9	858.696	95.410		

การวิเคราะห์ทางสถิติขนาดของอนุภาคผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ผ่านการร่อน (SP) ไม่ผ่านการร่อน (NSP) และผงฝุ่นดำนำเข้า (IP) พบว่า ค่า F เท่ากับ 8.763 และมีค่า P-value เท่ากับ 0.0181 ซึ่งน้อยกว่าค่า P-value เท่ากับ 0.05 ที่กำหนดไว้ แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ 1 คู่ที่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยขนาดของอนุภาคอย่างมีนัยสำคัญ

4.2 วิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพื้นผิวเรียบไม่มีรูพรุนและกึ่งรูพรุน ได้แก่ แผ่นเอกสารพลาสติก กระดาษ กระเบื้อง และกล่องกระดาษบรรจุภัณฑ์โทรศัพท์ โดยการใช้ผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ผ่านการร่อน (SP) ไม่ผ่านการร่อน (NSP) และผงฝุ่นดำนำเข้า (IP) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจุดลักษณะสำคัญพิเศษและวิเคราะห์ด้วย Pair T-test ด้วยโปรแกรม SPSS รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบคุณภาพของผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ผ่านการร่อน (SP) ที่ไม่ผ่านการร่อน (NSP) และผงฝุ่นดำนำเข้า (IP) บนแผ่นเอกสารพลาสติก กระดาษ กระเบื้อง และกล่องกระดาษบรรจุภัณฑ์โทรศัพท์; p-value < 0.05

ชนิดของผงฝุ่นดำ	N	Mean ($\bar{X}$)	SD	t	P-value
คู่ที่ 1 ผงฝุ่นดำ SP	20	58.90	7.80	0.80	0.45
ผงฝุ่นดำ NSP	20	57.00	7.50		
คู่ที่ 2 ผงฝุ่นดำ SP	20	58.90	7.80	0.43	0.67
ผงฝุ่นดำ IP	20	59.90	5.90		
คู่ที่ 3 ผงฝุ่นดำ NSP	20	57.00	7.50	1.91	0.07
ผงฝุ่นดำ IP	20	59.90	5.90		

การเปรียบเทียบคุณภาพของผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ผ่านการร่อน (SP) ที่ไม่ผ่านการร่อน (NSP) และผงฝุ่นดำนำเข้า (IP) บนแผ่นเอกสารพลาสติก กระดาษ กระเบื้อง และกล่องกระดาษบรรจุภัณฑ์โทรศัพท์วิเคราะห์ด้วย Pair T-test กำหนดค่า P-value < 0.05 พบว่าค่าสถิติทดสอบระหว่างผงฝุ่นดำ SP กับผงฝุ่นดำ NSP โดยค่า t(19) เท่ากับ 0.80 แสดงว่าผงฝุ่นดำ SP ($\bar{X}$ =58.90, SD=7.80) มีคุณภาพสูงกว่าผงฝุ่นดำ NSP ($\bar{X}$ =57.00, SD=7.50) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ พบค่า P-value เท่ากับ 0.45 สำหรับค่าสถิติทดสอบระหว่างผงฝุ่นดำ SP กับผงฝุ่นดำนำเข้า IP โดยค่า t(19) เท่ากับ 0.43 แสดงว่าผงฝุ่นดำ SP ($\bar{X}$ =58.90, SD=7.80) มีคุณภาพต่ำกว่าผงฝุ่นดำ IP ($\bar{X}$ =59.90, SD=5.90) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบค่า P-value เท่ากับ 0.67 และค่าสถิติทดสอบระหว่างผงฝุ่นดำ NSP กับผงฝุ่นดำนำเข้า IP โดยค่า t(19) เท่ากับ 1.91 แสดงว่าผงฝุ่นดำ NSP ($\bar{X}$ =57.00, SD=7.50) มีคุณภาพต่ำกว่าผงฝุ่นดำ IP ($\bar{X}$ =59.90, SD=5.90) พบค่า P-value เท่ากับ 0.07 แสดงว่าคุณภาพของผงฝุ่นดำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

อภิปรายผล

การวิเคราะห์เปรียบเทียบผงฝุ่นด้วย SEM จากภาพที่ 1 พบว่าผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ผ่านการร่อนด้วยตะแกรงขนาด 400 mesh มีลักษณะพื้นฐานเป็นแผ่น รูปทรงไม่แน่นอน มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งใกล้เคียงกับขนาดของผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ไม่ผ่านการร่อนซึ่งมีรูปทรงไม่แน่นอนกระจายตัวอย่างไม่สม่ำเสมอเช่นกัน แต่ผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ไม่ผ่านการร่อนจะมีลักษณะของผงเป็นแผ่นหยาบ ขนาดเล็กและใหญ่ปะปนกัน แสดงให้เห็นว่าการกรองขนาดโดยใช้ตะแกรงร่อน ทำให้การกระจายตัวของผงฝุ่นมีขนาดใกล้เคียงกัน ขนาดอนุภาคละเอียดมากขึ้น สำหรับผงฝุ่นดำนำเข้ามีลักษณะพื้นฐานเป็นอนุภาคที่มีรูปทรงค่อนข้างกลม เกาะเป็นกลุ่ม ลักษณะพองฟู และกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ เมื่อพิจารณาขนาดของผงฝุ่นพบว่าขนาดอนุภาคของผงฝุ่นทั้ง 3 ชนิด ใกล้เคียงกัน โดยผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ผ่านการร่อนมีขนาดอนุภาคเท่ากับ 20.3 ± 2.5 ไมโครเมตร ขณะที่ผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ไม่ผ่านการร่อนมีขนาดอนุภาคเท่ากับ 28.7 ± 8.7 ไมโครเมตร และผงฝุ่นดำนำเข้า มีขนาดอนุภาคเป็น 17.3 ± 1.9 ไมโครเมตร ส่วนของการวิเคราะห์ทางสถิติขนาดของอนุภาคผงฝุ่นดำ 3 ชนิด มีขนาดของอนุภาคที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จากการวิเคราะห์ลักษณะและขนาดอนุภาคของผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาพบว่าผงฝุ่นดำที่พัฒนาขึ้นมีลักษณะแตกต่างกับผงฝุ่นดำนำเข้าอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากกระบวนการเผาที่ใช้เป็นการใช้เตาเผาแบบธรรมดา ผงฝุ่นดำทั้ง 3 ชนิดมีขนาดของอนุภาคที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แม้ว่าอุณหภูมิที่ใช้สูงพอจนสามารถเผากาบมะพร้าวจนเป็นผงได้ แต่ยังขาดระบบควบคุมความดันและอุณหภูมิซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลให้การจัดเรียงตัวของอนุภาคคาร์บอน ส่งผลให้ลักษณะอนุภาคแตกต่างกัน โดยขั้นตอนการเผากาบมะพร้าวของงานวิจัยนี้ใช้กาบมะพร้าวในปริมาณที่น้อยกว่า 5 กิโลกรัม และได้ผงฝุ่นดำประมาณ 0.5 กิโลกรัม ถึงแม้ว่ากาบมะพร้าวจะไม่มีพิษต่อสิ่งแวดล้อม แต่กระบวนการเผาส่งผลให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้ในเชิงปฏิบัติการเผาโดยใช้เตาเผาถ่าน 200 ลิตร อุณหภูมิที่จะเปลี่ยนวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติให้กลายเป็นถ่านได้อยู่ระหว่าง 300-400 เซลเซียส (Chaichana, 2016) การกรองขนาดของผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาและเปรียบเทียบขนาดก่อนและหลังร่อนกรองด้วยตะแกรง ส่งผลให้ผงฝุ่นดำมีขนาดละเอียด และเล็กลงจนใกล้เคียงกับผงฝุ่นดำนำเข้าเมื่อพิจารณาจากการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบในผงฝุ่นด้วยเทคนิค Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDX) พบว่าธาตุองค์ประกอบหลักที่พบเป็นคาร์บอน สอดคล้องกับธาตุองค์ประกอบหลักของผงฝุ่นดำ IP พบสัดส่วนของธาตุคาร์บอนต่อธาตุออกซิเจนในผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ต่ำกว่าเล็กน้อย หากมีการควบคุมให้เกิดการเผาไหม้ได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นก็สามารถทำให้สัดส่วนของธาตุคาร์บอนต่อธาตุออกซิเจนสูงขึ้นได้ นอกจากนี้ ยังตรวจพบธาตุองค์ประกอบชนิดอื่นๆ ในผงฝุ่นดำที่เตรียมจากกาบมะพร้าว เช่น โพแทสเซียม แมกนีเซียม ซึ่งพบได้จากองค์ประกอบของกาบมะพร้าวในธรรมชาติ

เมื่อวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงบนตัวอย่างวัตถุพื้นผิวเรียบไม่มีรูพรุน 2 ชนิด คือ แผ่นเอกสารพลาสติก และกระจก พื้นผิวที่รูพรุน 2 ชนิด คือ กระเบื้อง และกล่องกระดาษบรรจุภัณฑ์โทรศัพท์ จะพบว่ารอยลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจเก็บได้จากการใช้ผงฝุ่นทั้ง 3 ชนิด วิเคราะห์จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (minutiae) ด้วยเครื่อง Mini AFIS พบว่า รอยลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจเก็บได้จาก พื้นผิวไม่มีรูพรุนและพื้นผิวที่รูพรุนนั้นไม่แตกต่างกัน ผงฝุ่นจากกาบมะพร้าวเผาให้ minutiae สูงถึง 62.8 ± 9.9 จุด ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 10 จุด ของการตรวจพิสูจน์ยืนยันรอยลายนิ้วมือแฝง (Kongkraisin et al., 2023) และยังให้คุณภาพรอยลายนิ้วมือแฝงเฉลี่ยในระดับที่ minutiae สูงกว่า 50 จุด ในทุกพื้นผิวเมื่อเปรียบเทียบในเชิงรายคู่จะพบว่าจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษของพื้นผิวตัวอย่างโดยใช้ผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่ผ่านการร่อนกรองขนาด จะมีค่าสูงกว่าการใช้ผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวที่ไม่ผ่านการร่อนกรองขนาด ยกเว้น

บนผิวกระเบื้อง อย่างไรก็ตาม เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า คุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ อาจเนื่องมาจากผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาที่นำมาจากวัสดุธรรมชาติ มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก สามารถประยุกต์ใช้ตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงที่มีสารอินทรีย์จากท่อไอเสียรถยนต์ เพราะยึดจับกับผงฝุ่นได้ดี โดยที่ผงฝุ่นจะ เกาะติดกับสารประกอบของเหงื่อที่อยู่ในลายนิ้วมือและจะไปเกาะติดกับเส้นขนในรอยลายนิ้วมือแฝง เมื่อทำการปิด ด้วยผงฝุ่นจะทำให้รอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏขึ้นมา และอนุภาคของผงฝุ่นขนาดเล็กจะเกาะติดกับลายนิ้วมือได้ดีกว่า ผงฝุ่นขนาดใหญ่ (Sodhi & Kaur, 2001) อีกทั้งยังขึ้นกับขนาดและความละเอียดอนุภาคของผงฝุ่น เมื่อทำการวิเคราะห์ ขนาดของอนุภาคที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05 พบว่าผงฝุ่นดำทั้ง 3 ชนิด มีขนาดของอนุภาคที่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ และในส่วนของการเปรียบเทียบคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝง พบว่าจากการตรวจหาและเก็บรอย ลายนิ้วมือแฝงด้วยผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาและผงฝุ่นดำนำเข้าบนพื้นผิวชนิดต่างๆ ทั้งบนแท่งพลาสติก กระจก กระเบื้อง และกล่องกระดาษบรรจุภัณฑ์ ให้ค่า minutiae ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าว เผาที่ผ่านการร่อน ให้คุณภาพรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏบนพื้นผิวเรียบและไม่มีรูพรุนชนิดแท่งพลาสติกและกระจก ในระดับสูงเช่นเดียวกับการใช้ผงฝุ่นดำ IP และยังให้คุณภาพรอยลายนิ้วมือแฝงในระดับสูงบนพื้นผิวแบบกึ่งรูพรุนชนิด กล่องกระดาษที่ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์โทรศัพท์เช่นกัน สำหรับคุณภาพรอยลายนิ้วมือแฝงในพื้นผิวกึ่งรูพรุนประเภท กระเบื้องจะอยู่ในระดับต่ำกว่า ทั้งนี้ เป็นเพราะความเรียบของพื้นผิว ประกอบกับขนาดอนุภาคของผงฝุ่นดำจากกาบ มะพร้าวเผาที่มีขนาดใหญ่กว่าผงฝุ่นดำ IP ทำให้การเข้าไปยึดจับและเกาะกับรอยลายนิ้วมือแฝงบนผิวกระเบื้อง อาจไม่สม่ำเสมอ อย่างไรก็ตามจำนวน minutiae ที่ตรวจพบยังสูงกว่าเกณฑ์การตรวจพิสูจน์และมีคุณภาพที่เพียงพอ แสดงถึงการใช้ได้ของผงฝุ่นดำที่พัฒนาขึ้น ปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝงชัดเจน ให้จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้ดีใน ระดับที่ไม่แตกต่างกัน สอดคล้องงานวิจัยที่มีการใช้ผงฝุ่นจากวัสดุธรรมชาติที่พัฒนาผงเปลือกมังคุดสำหรับตรวจหา รอยลายนิ้วมือแฝง (Khanbo et al., 2016) โดยพบว่าบนพื้นผิวแบบไม่มีรูพรุน จะให้รอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้จาก การใช้ผงเปลือกมังคุดที่มีประสิทธิภาพดี สามารถใช้ทดแทนผงฝุ่นดำและประยุกต์ใช้ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์เพื่อ การพิสูจน์หลักฐานได้ เช่นเดียวกับงานวิจัยที่ใช้ผงฝุ่นจากขมิ้นเพื่อการปรากฏของลายนิ้วมือ (Niranjan et al., 2022) ทดสอบกับพื้นผิวที่มีรูพรุน ไม่มีรูพรุนและกึ่งรูพรุน 9 ชนิด พบว่าผงขมิ้นสามารถทำให้ลายนิ้วมือปรากฏขึ้นได้เป็น อย่างดีเนื่องจากมีส่วนประกอบของเรซินและสารมีความสามารถในการรักษาความชื้น ทำให้ยึดอนุภาคผงกับน้ำมัน และความชื้นที่สะสมอยู่บนลายนิ้วมือได้ดี จากผลการวิจัยที่ศึกษาสามารถสรุปได้ว่า การพัฒนาผงฝุ่นดำจากกาบ มะพร้าวเผาสามารถใช้เป็นวัสดุทดแทนผงฝุ่นคาร์บอนสำหรับการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงได้ เนื่องจากอนุภาคมี ขนาดเหมาะสมและใกล้เคียงกับผงฝุ่นดำนำเข้าให้จำนวน minutiae สูงกว่าเกณฑ์การตรวจพิสูจน์ยืนยันของกลุ่มงาน ตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมือแฝง และยังให้คุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏขึ้นไม่แตกต่างจากการใช้ผงฝุ่นดำนำเข้า จากต่างประเทศ ถือเป็นการแปรรูปวัสดุเหลือใช้ทางธรรมชาติให้เป็นผงฝุ่นที่ประยุกต์กับงานตรวจพิสูจน์ทาง นิติวิทยาศาสตร์ สามารถเพิ่มมูลค่าและส่งเสริมรายได้ให้แก่ชุมชนเนื่องจากสามารถใช้เป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกที่มี คุณภาพเทียบเท่ากับผลิตภัณฑ์นำเข้าจากต่างประเทศ เหมาะแก่การต่อยอดการผลิตในอุตสาหกรรมที่สนับสนุนงาน ด้านการตรวจพิสูจน์ในกระบวนการยุติธรรมต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1.1 ควรจัดทำคู่มือกระบวนการเตรียมผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผาเพื่อให้ได้ขนาดและมีคุณภาพที่ใกล้เคียงกันในการเตรียมแต่ละครั้ง เพื่อสามารถนำไปใช้ในงานด้านการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 ในการเตรียมผงฝุ่น หากใช้ในปริมาณมากควรเตรียมในห้องปฏิบัติการที่มีการควบคุมความปลอดภัย เพื่อควบคุมเขม่าควันที่เกิดจากการเผาไหม้ และมีระบบกรองอากาศเพื่อป้องกันไม่ให้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและลดมลภาวะในสิ่งแวดล้อม

2. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

2.1 ควรมีการผลักดันให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องใช้ผงฝุ่นจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมากขึ้นเพื่อทดแทนการใช้ผงฝุ่นจากการนำเข้า และเพิ่มรายได้ให้แก่ชุมชน

3. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

3.1 ควรพัฒนาวิธีการเตรียมผงฝุ่นจากกาบมะพร้าวเผา โดยศึกษาปัจจัยในการเตรียมผงฝุ่นอื่น ๆ เช่น ความชื้น ความดัน ระยะเวลาการเผาไหม้ เป็นต้น และควรทดสอบกับพื้นผิวที่หลากหลายชนิดมากขึ้น

3.2 ควรศึกษาระยะเวลาในการคงอยู่ของรอยลายนิ้วมือแฝงโดยการประยุกต์ผงฝุ่นดำจากกาบมะพร้าวเผา เพื่อเป็นข้อมูลในการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงฝุ่นจากวัสดุธรรมชาติ และใช้สนับสนุนการตรวจทางนิติวิทยาศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

- Chaichana, T. (2016). *200 Liters Charcoal Kiln*. [Online]. Retrieved from: https://engineer.mju.ac.th/wtms_webpageDetail.aspx?wID=1260. (in Thai)
- Chaiheng, S. & Witchuwanich, W. (2019). The Latent Fingerprint Development by Using Spore of *Ophioglossum pendulum* L. on Different Surfaces. *Journal of Criminology & Forensic Science*, 5(1), 96-110. (in Thai)
- Garg, R., K., Kumari, H., & Kaur, R. (2011). A new technique for visualization of latent fingerprints on various surfaces using powder from turmeric: A rhizomatous herbaceous plant (*Curcuma longa*). *Forensic Medicine Authority Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 1, 53-57.
- Gibb, C., & John, R. (2023). Toward better AFIS practice & process in the forensic fingerprint environment. *Egyptian Journal of Forensic Science International: Synergy*, 7, 1-14.
- Kesom, B., (2014). *Development of reagents for the detection of latent fingerprints on the adhesive side of adhesive tapes*. Thesis of the Degree of Master of Science Program in Forensic Science Graduate School, Silpakorn University. (in Thai)
- Khanbo, K., Sungngam, C., & Thamaphat, K. (2016). *The Science Society of Thai & Under the Patronage of His Majesty the King. Thai & Innovation Awards 2016*. [Online]. Retrieved from: <https://www.scisoc.or.th/tia16>. (in Thai)

- Kongkraisin, P., Woranam, K., Suwannaphong, P., Phanthong, P., & Aobaom, S. (2023). Study of Latent Fingerprint after Using General H& Sanitizer on Metronic Poly Mailer with Magnetic Powder. *EAU HERITAGE JOURNAL Science & Technology*, 17(2), 162–175. (in Thai)
- Niranjan, H. , Rai, S. , Raikwar, K. , Kamle, C. , & Mia, R. (2022) . Unconventional powder method is a useful technique to determine the latent fingerprint impressions. *Journal of Forensic Science & research*, 6, 045-048.
- Pimpaporn, N. & Sinloyma, P. (2021). Development of Black Powder from Pyrolysis Process for Latent Fingerprint Detection. *Sripatum Review of Science & Technology*, 13(1), 199-213. (in Thai)
- Rajan, R., Zakaria, Y., Shamsuddin S., & Hassan, N., F., N. (2020). Robust synthesis of mono-dispersed spherical silica nanoparticle from rice husk for high-definition latent fingermark development. *Arabian Journal of Chemistry*, 13, 8119–8132.
- Saengkaew, S. (2013). Production & evaluation of fingerprints powder made from coal. *Veridian E-Journal, Silpakorn University (Humanities, Social Sciences & arts)*, 6(1), 829-839. (in Thai)
- Singthong, S. (2015). Fingerprints & Personal Identification. *Prae-wa Kalasin Journal of Kalasin University*, 2(2), 52-63. (in Thai)
- Sodhi, G. S. & Kaur, J. (2001). Powder method for detecting latent fingerprint: a review. *Forensic Science International*, 172-176.
- Thongthammachad, R. & Wichuwanich, W. (2019). The Development of Fingerprint Powder Made from Black Rice Husk for Detecting Latent Fingerprints on Different Types of Surfaces. *Journal of Criminology & Forensic Science*, 5(2), 87-103. (in Thai)
- Tiprong, H. (2015). *Development of black powder from wood charcoals for the detection of latent fingerprints on ceramic, plastic and paper cups*. Thesis of the Degree of Master of Science Program in Forensic Science. Silpakorn University. (in Thai)
- Wertheim, K. & Maceo, A. (2002). The Critical Stage of Friction Ridge Pattern Formation. *Journal of Forensic Identification*, 52(1), 35–85.