

## การพัฒนาผงฝุ่นจากกระบวนการไพโรไลซิสเพื่อใช้ในการตรวจลายนิ้วมือแฝง

เนตรนภา พิมพ์ภาพ<sup>1,\*</sup>, พัชรา สีนลอยมา<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>คณะนิติวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ

Received: 4 February 2021

Revised: 17 June 2021

Accepted: 11 November 2021

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผงฝุ่นสำหรับตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงโดยใช้ผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์ที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิสและนำมาเปรียบเทียบการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงระหว่างผงฝุ่นที่พัฒนาขึ้นกับผงฝุ่นมาตรฐานที่นำเข้าจากประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศญี่ปุ่น การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยทำการประเมินผลการนำไปใช้หารอยนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวเรียบไม่มีรูพรุน ทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ แก้วกระจก แก้วพลาสติก แผ่นพลาสติก ด้านหลังแผ่นซีดี และกระป๋องน้ำอัดลม และนำรอยลายนิ้วมือแฝงมาวิเคราะห์หาจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษด้วยเครื่อง AFIS ผลวิจัยพบว่า ผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์มีขนาดอนุภาคอยู่ที่  $45.9 \pm 3.49$  ไมโครเมตร เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับขนาดของผงฝุ่นที่ผลิตได้กับผงฝุ่นที่มีขายอยู่ทั่วไป พบว่า ขนาดของอนุภาคมีขนาดใกล้เคียงกับผงฝุ่นที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น ซึ่งมีขนาดอนุภาคอยู่ที่  $39.5 \pm 0.56$  ไมโครเมตร และเมื่อพิจารณาจากการปรากฏขึ้นของรอยลายนิ้วมือแฝงของผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์ และผงฝุ่นมาตรฐานจากทั้งสองประเทศ พบว่า ผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์ สามารถตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวทั้ง 5 ชนิดได้ แต่มีความคมชัดแตกต่างกันในแต่ละพื้นผิววัตถุ โดยบนพื้นผิวแก้วพลาสติกมีความคมชัดมากที่สุด รองลงมาคือ กระป๋องน้ำอัดลม แผ่นพลาสติก แก้วกระจก และด้านหลังแผ่นซีดี ตามลำดับ

**คำสำคัญ:** ผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์ ผงฝุ่นที่นำเข้าจากต่างประเทศ รอยลายนิ้วมือแฝง

\* ผู้ประสานงานหลัก; อีเมล: netnapa.pimpa@gmail.com

## Development of Black Powder from Pyrolysis Process for Latent Fingerprint Detection

Netnapa Pimpaporn<sup>1,\*</sup>, Patchara Sinloyma<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Faculty of Forensic Science, Royal Police Cadet Academy

*Received: 4 February 2021*

*Revised: 17 June 2021*

*Accepted: 11 November 2021*

---

### Abstract

This research aimed to develop dust for the detection of latent fingerprints using carbon powder produced from the pyrolysis of tires and to compare the detection of latent fingerprints between the developed dust and the standard powder imported from the United States and Japan. This study was done through experimental research by evaluating the results from the detection of latent fingerprints on five types of smooth and non-porous surfaces (glass, a plastic cup, a plastic file, the back of a CD, and a soft drink can) and the latent fingerprints were analyzed for a number of special features with AFIS. The results showed that the carbon dust from tires had a particle size of  $45.9 \pm 3.49 \mu\text{m}$ , which was close to the commercially available powder particles imported from Japan (particle size of  $39.5 \pm 0.56 \mu\text{m}$ ). In addition, the clarity of latent fingerprints generated from tire carbon powder on five types of surfaces, were plastic cup surface > soft drink can > the plastic file > drinking glass > and the back of a CD, respectively.

**Keywords:** Carbon Black, Imported Powder, Latent Fingerprints

---

\* Corresponding Author; E-mail: netnapa.pimpa@gmail.com

## ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากรายงานผลการปฏิบัติตามแผนป้องกันปราบปรามอาชญากรรมของสำนักงานตำรวจแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2563 (ตุลาคม 2562 – กันยายน 2563) สรุปผลการวิเคราะห์สถานภาพอาชญากรรมคดีอาญา 4 กลุ่ม มีการดำเนินการจับกุมรวมทั้งสิ้น 669,753 คดี (Counter Crime Planning Division, 2020) จากรายงานจะเห็นได้ว่ามีจำนวนคดีเกิดขึ้นหลากหลาย และบางคดีมีความจำเป็นในการนำหลักการทางนิติวิทยาศาสตร์มาใช้โดยสิ่งสำคัญในการรวบรวมพยานหลักฐานจะต้องมีการเก็บวัตถุพยานในที่ที่เกิดเหตุ รวมถึงการเก็บลายนิ้วมือแฝงมาตรวจหาลายนิ้วมือที่ปรากฏในที่ที่เกิดเหตุ และในกระบวนการดังกล่าวจะต้องใช้อุปกรณ์เฉพาะทางไม่ว่าจะเป็นแปรงปัดผงฝุ่นหรือแม้แต่ผงฝุ่นที่ต้องใช้ในการทำให้ลายนิ้วมือปรากฏ ทั้งนี้หากมองจำนวนคดีทั่วประเทศซึ่งต้องใช้ผงฝุ่นในการตรวจเก็บลายนิ้วมือแฝงเป็นจำนวนมาก โดยปัจจุบันผงฝุ่นที่มีการใช้เพื่อให้ร่องรอยของลายนิ้วมือปรากฏนั้นได้มีการนำเข้ามาจากต่างประเทศ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น ออสเตรเลีย เพื่อใช้ในการตรวจเก็บลายนิ้วมือแฝง

ทั้งนี้ ยังมีงานวิจัยที่ศึกษาและทดลองนำผงฝุ่นที่เป็นวัสดุจากธรรมชาติมาทดแทน เช่น ผงขมิ้น (Songnonlek, 2012) ผงฝุ่นต้นแบบจากถ่านหิน (Sangkaew, 2012) ผงฝุ่นจากเกล็ดดำ (Thongthammachad and Witchuwanich, 2019) และผงฝุ่นจากสปอร์เห็ดเห็ด (Chaiheng and Witchuwanich, 2019) นอกจากนี้ยังมีผงฝุ่นที่ได้จากกระบวนการกำจัดของเสียที่เรียกว่า ไพโรไลซิส (Pyrolysis) คือการย่อยสลาย โมเลกุลด้วยความร้อนในบรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจนเพื่อได้ผลิตภัณฑ์เป็น น้ำมันชีวภาพ (Bio-oil) ถ่านชีวภาพ (Bio-char) และแก๊สที่ไม่ควบแน่น (Non-Condensable Gas) น้ำมันชีวภาพที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสมีศักยภาพที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิง (Fuel) หรือสารเคมีที่จะใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในกระบวนการผลิตต่างๆ โดยองค์ประกอบทางเคมีขึ้นอยู่กับชนิดของชีวมวลที่ใช้และสภาวะในกระบวนการผลิต (Chanthanumat et al., 2019) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงชนิดเป็นน้ำมัน โดยใช้การผลิตพลังงานจากการไพโรไลซิสของวัตถุดิบที่มีศักยภาพช่วยลดปัญหาพลังงานได้ซึ่งปัจจุบันมีขยะที่ถูกทิ้งอย่างไร้ค่ามากถึง 14 ล้านตันต่อปี จำนวนขยะนี้มีอัตราการย่อยสลายที่ช้าเกินไปจำนวนไม่น้อย โดยในประเทศไทยมีอัตราการย่อยสลายที่เกิดขึ้น 56.7-170 ล้านตันต่อปี หรือประมาณ 1.7 ล้านตัน ซึ่งที่ผ่านมาได้มีการนำขยะมาเผาเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตยางรถยนต์ใหม่ และใช้ในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ นอกจากนั้น มีการนำมารีไซเคิล ทำยางมะตอย ผลิตเป็นเชื้อเพลิงแปรรูป เป็นต้น แต่สิ่งที่น่าสนใจของยางรถยนต์เก่าอยู่คือการมีองค์ประกอบเป็นสารไฮโดรคาร์บอนต่อกันเป็นโซ่ขนาดใหญ่ ซึ่งเมื่อทำการสลายสายโซ่ไฮโดรคาร์บอนให้มีขนาดเล็กลง จะได้สายโซ่ที่คล้ายกับองค์ประกอบสายโซ่ไฮโดรคาร์บอนของน้ำมัน (Jitkranka, 2008) และที่สำคัญยังได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นผงฝุ่นคาร์บอนที่นำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง แต่มีลักษณะและองค์ประกอบที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้และทำให้เกิดประโยชน์ในด้านงานตรวจพิสูจน์หลักฐานหรืองานนิติวิทยาศาสตร์ รวมทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือใช้หลังการเก็บเกี่ยวหรือแปรรูปของโรงงานอุตสาหกรรม



ภาพที่ 1 ผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์ที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิส

เมื่อบทบาทของงานนิติวิทยาศาสตร์ได้ถูกนำมาใช้เพื่อคลี่คลายคดี โดยเน้นความสำคัญของประจักษ์พยานมาสู่ระบบพิสูจน์การกระทำความผิดโดยรับฟังพยานหลักฐานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์มากขึ้น มีการนำหลักนิติวิทยาศาสตร์มาใช้ควบคู่กับกระบวนการยุติธรรมเพื่อใช้เป็นมาตรการป้องกันและปราบปรามการก่ออาชญากรรม ซึ่งลายนิ้วมือเป็นพยานหลักฐานที่สำคัญที่ได้จากสถานที่เกิดเหตุและมีการจัดเก็บประวัติลายนิ้วมือของ ผู้ต้องหา คนร้าย ผู้ต้องสงสัย หรือบุคคลกลุ่มเสี่ยงไว้ในระบบฐานข้อมูลทะเบียนประวัติอาชญากรรมของสำนักงานตำรวจแห่งชาติ ตั้งแต่ปี 2537 (ระบบ Automated Fingerprint Identification System: AFIS) เพื่อใช้ในการตรวจสอบประวัติข้อมูลของผู้กระทำความผิดซึ่งส่วนใหญ่ก่อนได้ข้อมูลจะต้องมีการตรวจหา และเก็บร่องรอยของลายนิ้วมือแฝงเพื่อใช้ในการพิสูจน์หาผู้กระทำความผิดหรือพิจารณาความเชื่อมโยงต่อคดี โดยวิธีที่ได้รับการยอมรับ เป็นมาตรฐานสากล คือ วิธีของการปิดผงฝุ่นเมื่อทำการปิดด้วยผงฝุ่นจะทำให้รอยลาย นิ้วมือแฝงที่อยู่ในสถานที่เกิดเหตุปรากฏขึ้นมา โดยอนุภาคของผงฝุ่นจะยึดจับกับลายเส้นของลายนิ้วมือซึ่งอนุภาคของผงฝุ่นที่มีขนาดเล็กจะยึดจับกับรอยลายนิ้วมือได้ดีกว่าผงฝุ่นที่มีขนาดใหญ่กว่า (Sodhi and Kaur, 2003) สำหรับประเทศไทยนั้นหน่วยงานที่มีหน้าที่เกี่ยวข้อง กับการเก็บรวบรวมพยานหลักฐานและการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ซึ่งหน่วยงานหลักก็คือ สำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจ ซึ่งมีหน้าที่ในการเก็บรวบรวมพยานหลักฐานในการตรวจพิสูจน์จากคดีต่างๆ และผลของการตรวจรอยของลายนิ้วมือแฝงสามารถนำไปสู่การหาตัวผู้กระทำผิดได้ง่ายขึ้น

ผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นถึงปัญหาดังกล่าวที่ว่าผงฝุ่นในการปิดหารอยลายนิ้วมือแฝงมีการใช้มากขึ้น และมีความจำเป็นในการช่วยคลี่คลายคดีต่างๆ รวมถึงการส่งสินค้าเข้าทำให้เกิดกระบวนการในการสั่งซื้อล่าช้า จึงคิดที่จะพัฒนานวัตกรรมผงฝุ่นสำหรับการตรวจลายนิ้วมือแฝงเพื่อใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์ และเพื่อเป็นการนำทรัพยากรที่เหลือใช้มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดโดยทำการทดสอบประสิทธิภาพของผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์ที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิสบนพื้นผิวเรียบไม่มีรูพรุน และประเมินคุณภาพของลายนิ้วมือแฝงจากจำนวนของจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (minutia) ด้วยเครื่องตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ (AFIS) ร่วมกับเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญด้านการตรวจพิสูจน์จากสำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ รวมทั้งเพื่อเป็นการลดการนำเข้าผงฝุ่นจากต่างประเทศ ทั้งในอนาคตอาจมีความเป็นไปได้ในเชิงพาณิชย์ที่จะมีการผลิตผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์ในการใช้ตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมือแฝงในงานนิติวิทยาศาสตร์

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาผงฝุ่นสำหรับตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงจากผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์ที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิส
2. เพื่อศึกษาผลการเปรียบเทียบการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงระหว่างผงฝุ่นที่พัฒนาขึ้นจากผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์ที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิส กับผงฝุ่นดำที่นำเข้าจากต่างประเทศ

## วิธีดำเนินการวิจัย

### กลุ่มตัวอย่าง

1. ในการศึกษาครั้งนี้เตรียมตัวอย่างผงฝุ่นจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ ผงฝุ่นที่ผลิตขึ้นจากยางรถยนต์ที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิส (Jitkranka, 2008) คัดแยกโดยใช้ตะแกรงร่อน ขนาด 400 mesh (Sangkaew, 2012) และผงฝุ่นดำที่นำเข้าจากต่างประเทศโดยทำการเปรียบเทียบขนาดผงฝุ่นด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning Electron Microscopy; SEM) (Krongthong, 2003) เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของผงฝุ่น และนอกจากนี้ยังนำไปวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของผงฝุ่น โดยใช้เครื่อง Particle size analysis
2. ตัวอย่างวัตถุพื้นผิวเรียบไม่มีรูพรุน โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้เตรียมตัวอย่างวัตถุประเภทพื้นผิวเรียบไม่มีรูพรุน 5 ชนิด ได้แก่ ประเภทกระจก (แก้วกระจก) ประเภทพลาสติก (แก้วพลาสติก แผ่นพลาสติก ด้านหลังแผ่นซีดี) และประเภทโลหะ (กระป๋องน้ำอัดลม) หลังจากนั้นล้างทำความสะอาดและทิ้งไว้ให้แห้งก่อนประทับรอยลายนิ้วมือ

### ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

1. ในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดเงื่อนไข คือ การเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงให้ครบจำนวนที่ต้องการนั้นไม่สามารถเก็บได้ภายในวันเดียว จึงป้องกันความแตกต่าง โดยกำหนดเงื่อนไขเก็บตัวอย่างรอยลายนิ้วมือแฝงของบุคคลเพียงคนเดียว (เพศหญิง อายุ 25 ปี) ที่ทำการล้างมือให้สะอาดด้วยสบู่ ทิ้งให้มือแห้งสนิท สวมถุงมือพลาสติกคลุมมือไว้ประมาณ 5 นาที ถอดถุงมือออกหรือปล่อยให้แห้งออกตามปกติ หลังจากนั้นทำการกดประทับรอยลายนิ้วมือลงบนวัตถุตัวอย่าง โดยน้ำหนักแรงกดในการพิมพ์แต่ละครั้งจะถูกควบคุมอยู่ที่ประมาณ 300 กรัม นาน 5 วินาที โดยทำการทดลองทั้งหมด 3 ครั้ง และเก็บตัวอย่างลายนิ้วมือที่อุณหภูมิห้อง (25°C) ผู้วิจัยเลือกใช้นิ้วชี้เนื่องจากตรวจพบในสถานที่เกิดเหตุมากที่สุด
2. ตรวจสอบลายนิ้วมือแฝงที่ได้ โดยให้เจ้าหน้าที่ตำรวจซึ่งปฏิบัติหน้าที่ด้านการตรวจพิสูจน์รอยลายนิ้วมือแฝง ตรวจสอบด้วยเครื่อง Automated Fingerprints Identification System (AFIS) เพื่อนับจุดลักษณะสำคัญพิเศษ

### การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การเปรียบเทียบคุณภาพของผงฝุ่นโดยวิเคราะห์จากระดับคุณภาพของลายนิ้วมือแฝงทำการวิเคราะห์ระดับคุณภาพความคมชัดสมบูรณ์ของลายนิ้วมือแฝง โดยอาศัยเกณฑ์การแปลค่าคะแนนเฉลี่ยของจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (minutiae) ที่ได้ออกเป็นช่วงระดับ จำนวน 5 ระดับขั้น (Thongthammachad and Witchuwanich, 2019) เพื่อนำมาใช้อธิบายความหมายของระดับคุณภาพของการตรวจสอบลายนิ้วมือแฝง ซึ่งมีวิธีดังนี้ เช่น กรณีพบจุดลักษณะสำคัญพิเศษสูงสุด 59 จุด และ จุดลักษณะสำคัญพิเศษต่ำสุด 15 จุด จะสามารถหาได้ ดังนี้

$$\frac{\text{จำนวน Minutiae ที่ตรวจพบสูงสุด} - \text{จำนวน Minutiae ที่ตรวจพบต่ำสุด}}{\text{จำนวนระดับชั้น}} = \frac{59 - 15}{5} = 8.8$$

#### การแปลค่าของแต่ละระดับ

|             |                                              |
|-------------|----------------------------------------------|
| 44.5 - 53.3 | ระดับคุณภาพของลายนิ้วมืออยู่ในระดับสูงที่สุด |
| 35.6 - 44.4 | ระดับคุณภาพของลายนิ้วมืออยู่ในระดับสูง       |
| 26.7 - 35.5 | ระดับคุณภาพของลายนิ้วมืออยู่ในระดับปานกลาง   |
| 17.9 - 26.6 | ระดับคุณภาพของลายนิ้วมืออยู่ในระดับต่ำ       |
| 9.0 - 17.8  | ระดับคุณภาพของลายนิ้วมืออยู่ในระดับต่ำที่สุด |

2. สถิติที่ใช้ในการวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลและกำหนดสถิติที่ใช้ในการวิจัยให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และกรอบแนวคิดในการวิจัยโดยใช้สถิติ Independent t-test วิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของลายนิ้วมือแฝงที่เก็บด้วยผงฝุ่นที่ผลิตขึ้นจากผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์ กับผงฝุ่นที่นำเข้าจากต่างประเทศบนวัตถุพื้นผิวเรียบไม่มีรูพรุน 5 ชนิด โดยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ และการหาค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

#### ผลการวิจัย

จากการนำยางรถยนต์เก่าผ่านกระบวนการไพโรไลซิสมาใช้เป็นผงฝุ่นสำหรับตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพื้นผิวเรียบไม่มีรูพรุน 5 ชนิด ได้แก่ 1) แก้วกระจก 2) แก้วพลาสติก 3) แผ่นพลาสติก 4) ด้านหลังแผ่นซีดี และ 5) กระป๋องน้ำอัดลม ด้วยวิธีปิดผงฝุ่น โดยใช้ผงฝุ่นจากยางรถยนต์ที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิส ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ผงฝุ่นที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น และผงฝุ่นที่นำเข้าจากประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่า ผงฝุ่นทั้ง 3 ชนิด สามารถทำให้อยู่ลายนิ้วมือแฝงปรากฏขึ้นบนตัวอย่างทั้ง 5 ชนิด แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่เก็บด้วยผงฝุ่นบนพื้นผิวต่างๆ

| ชนิดพื้นผิว | คุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่เก็บด้วยผงฝุ่น                                          |                                                                                      |                                                                                       |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|             | คาร์บอนจากยางรถยนต์                                                                 | ประเทศญี่ปุ่น                                                                        | ประเทศสหรัฐอเมริกา                                                                    |
| แก้วกระจก   |  |  |  |

ตารางที่ 1 (ต่อ)

| ชนิดพื้นผิว      | คุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่เก็บด้วยผงฝุ่น                                          |                                                                                      |                                                                                       |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|                  | คาร์บอนจากยางรถยนต์                                                                 | ประเทศญี่ปุ่น                                                                        | ประเทศสหรัฐอเมริกา                                                                    |
| แก้วพลาสติก      |    |    |    |
| แผ่นพลาสติก      |    |    |    |
| ด้านหลังแผ่นซีดี |   |   |   |
| กระป๋องน้ำอัดลม  |  |  |  |

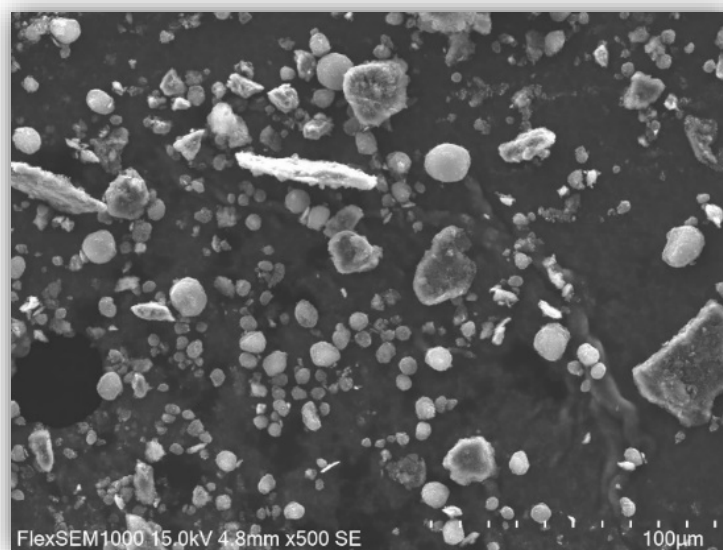
นอกจากนี้ผู้วิจัยได้พัฒนาฝุ่นสำหรับตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง ด้วยการนำผงฝุ่นจากยางรถยนต์ที่ทำการอบไล่ความชื้นก่อน เพื่อป้องกันการเกิดการฟุ้งตัวของเทปใสที่ใช้เก็บรอยลายนิ้วมือแฝง และเพื่อป้องกันการจับตัวเป็นก้อนของผงฝุ่นที่อาจเกิดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศกับอุณหภูมิภายนอก หลังจากนั้นนำมาผ่านการลดขนาดด้วยตะแกรงร่อนขนาด 400 mesh เนื่องจากผงฝุ่นจากยางรถยนต์มีขนาดใหญ่และไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นในการนำผงฝุ่นจากยางรถยนต์มาใช้ในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงทางนิติวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการลดขนาดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำให้ปรากฏขึ้นของลายนิ้วมือแฝง (แสดงดังตารางที่ 2)

**ตารางที่ 2** ตารางแสดงผลของขนาดอนุภาคของผงฝุ่นทำการวัดด้วยเครื่อง Particle size analysis

| ชนิดของผงฝุ่น                                             | ขนาดอนุภาค ( $\mu\text{m}$ ) | S.D. |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------|------|
| ผงฝุ่นที่นำเข้ามาจากประเทศสหรัฐอเมริกา                    | 319                          | 28.9 |
| ผงฝุ่นที่นำเข้ามาจากประเทศญี่ปุ่น                         | 39.5                         | 0.56 |
| ผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์<br>(ผ่านการอบและผ่านตะแกรงร่อน) | 45.9                         | 3.49 |
| ผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์                                 | 642                          | 8.05 |

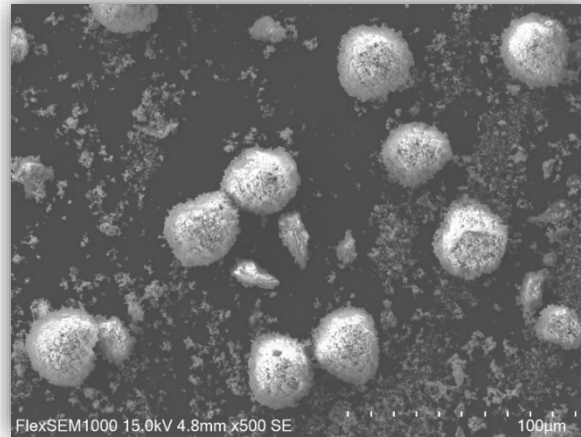
S.D. หมายถึง ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของผงฝุ่นประเภทต่างๆ แสดงให้เห็นในตารางที่ 2 ว่ามีความแตกต่างของขนาดอนุภาคแต่ละตัวอย่างๆ ชัดเจน ผงฝุ่นก่อนแปรรูปสภาพจะมีขนาดใหญ่กว่าผงฝุ่นที่ผ่านการแปรรูปแล้ว ดังนั้นการอบและนำมาร้อนผ่านตะแกรงขนาด 400 mesh แสดงให้เห็นว่ามีขนาดผงฝุ่นมีขนาดเล็กลงและใกล้เคียงกับผงฝุ่นที่ผลิตในประเทศญี่ปุ่น นอกจากนี้ ยังได้ทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบลักษณะพื้นผิวของผงฝุ่น โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (SEM) ซึ่งผลการวิจัยปรากฏดังภาพที่ 2 - 5

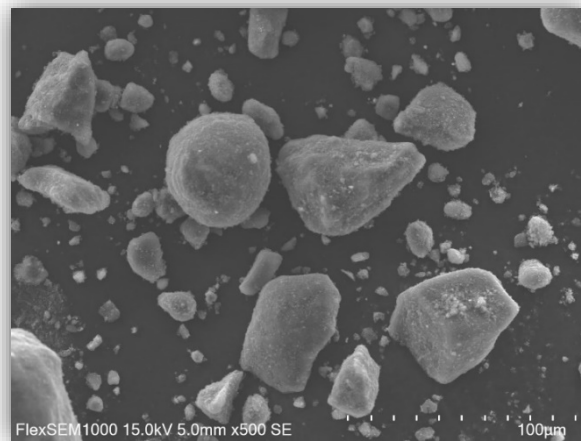


**ภาพที่ 2** ผลการตรวจวิเคราะห์ลักษณะของผงฝุ่นที่นำเข้ามาจากประเทศญี่ปุ่น โดยใช้ SEM

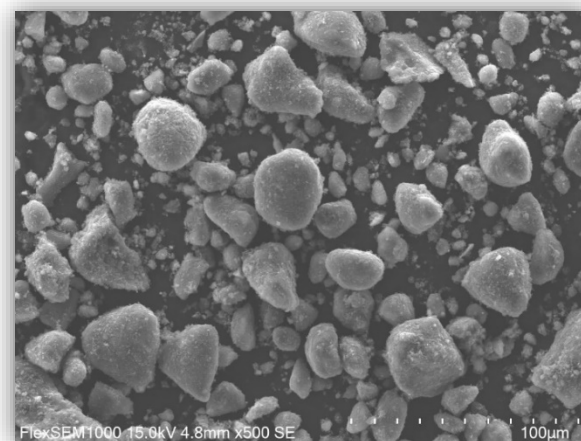
จากภาพแสดงการกระจายตัวของอนุภาค และลักษณะพื้นผิวของผงฝุ่นที่นำเข้ามาจากประเทศญี่ปุ่น จะเห็นได้ว่าอนุภาคมีการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ และขนาดอนุภาคที่ปรากฏเป็นการปะปนกันระหว่างอนุภาคขนาดต่างๆ โดยไม่มีรูปแบบที่แน่นอน



ภาพที่ 3 ผลการตรวจวิเคราะห์ลักษณะของผงฝุ่นที่ผลิตขึ้นในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยใช้ SEM



ภาพที่ 4 ผลการตรวจวิเคราะห์ลักษณะของผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์ (ไม่ผ่านตะแกรงร้อน) โดยใช้ SEM



ภาพที่ 5 ผลการตรวจวิเคราะห์ลักษณะของผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์  
(ผ่านการอบและผ่านตะแกรงร้อน) โดยใช้ SEM

ภาพข้างต้นแสดงให้เห็นว่าผงฝุ่นที่นำเข้ามาจากต่างประเทศจะมีขนาดเล็กกว่าผงฝุ่นที่ผลิตขึ้นและผงฝุ่นหลังแปรรูปจะมีขนาดเล็กกว่าผงฝุ่นก่อนแปรรูป

จากการศึกษาผลการเปรียบเทียบการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงระหว่างผงฝุ่นที่พัฒนาขึ้นจากผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์ที่ผ่านกระบวนการโฟโวลซิส กับผงฝุ่นดำที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ โดยการวิเคราะห์จากระดับคุณภาพของลายนิ้วมือแฝงทำการวิเคราะห์ระดับคุณภาพความคมชัดสมบูรณ์ของลายนิ้วมือแฝงโดยอาศัยเกณฑ์การแปลค่าคะแนนเฉลี่ยของจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (minutiae) ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงการวิเคราะห์เชิงคุณภาพของการตรวจหาลายพิมพ์นิ้วมือแฝงด้วยผงฝุ่นทั้ง 3 ชนิด

| ชนิดพื้นผิวและผงฝุ่น |                                   | $\bar{X}$ | ระดับคุณภาพ |
|----------------------|-----------------------------------|-----------|-------------|
| แก้วกระจก            | ผงฝุ่นที่ผลิตในประเทศสหรัฐอเมริกา | 36.3      | สูง         |
|                      | ผงฝุ่นที่ผลิตในประเทศญี่ปุ่น      | 33.3      | สูง         |
|                      | ผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์         | 33.7      | สูง         |
| แก้วพลาสติก          | ผงฝุ่นที่ผลิตในประเทศสหรัฐอเมริกา | 35.0      | สูง         |
|                      | ผงฝุ่นที่ผลิตในประเทศญี่ปุ่น      | 50.7      | สูงที่สุด   |
|                      | ผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์         | 52.7      | สูงที่สุด   |
| แผ่นพลาสติก          | ผงฝุ่นที่ผลิตในประเทศสหรัฐอเมริกา | 38.3      | สูง         |
|                      | ผงฝุ่นที่ผลิตในประเทศญี่ปุ่น      | 39.7      | สูง         |
|                      | ผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์         | 38.7      | สูง         |
| ด้านหลังแผ่นซีดี     | ผงฝุ่นที่ผลิตในประเทศสหรัฐอเมริกา | 28.3      | ปานกลาง     |
|                      | ผงฝุ่นที่ผลิตในประเทศญี่ปุ่น      | 24.0      | ต่ำ         |
|                      | ผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์         | 27.7      | ปานกลาง     |
| กระป๋องน้ำอัดลม      | ผงฝุ่นที่ผลิตในประเทศสหรัฐอเมริกา | 41.0      | สูง         |
|                      | ผงฝุ่นที่ผลิตในประเทศญี่ปุ่น      | 41.7      | สูง         |
|                      | ผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์         | 41.7      | สูง         |

หมายเหตุ\*

ระดับคุณภาพลายนิ้วมือแฝงแปลค่าจาก

จำนวน minutiae

44.5 - 53.3 จุด

35.6 - 44.4 จุด

26.7 - 35.5 จุด

17.8 - 26.6 จุด

17.8 - 9.0 จุด

การแปลค่าของแต่ละระดับ

ระดับคุณภาพของลายนิ้วมืออยู่ในระดับสูงที่สุด

ระดับคุณภาพของลายนิ้วมืออยู่ในระดับสูง

ระดับคุณภาพของลายนิ้วมืออยู่ในระดับปานกลาง

ระดับคุณภาพของลายนิ้วมืออยู่ในระดับต่ำ

ระดับคุณภาพของลายนิ้วมืออยู่ในระดับต่ำที่สุด

## สรุปผลการวิจัย

จากการนำผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์ และผงฝุ่นมาตรฐานจากประเทศสหรัฐอเมริกา และประเทศญี่ปุ่น ไปทำการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของผงฝุ่นด้วยเครื่อง Particle size analysis จะเห็นได้ว่ามีความแตกต่างของขนาดอนุภาคแต่ละตัวอย่างที่ชัดเจน โดยผงฝุ่นที่นำเข้าจากประเทศสหรัฐอเมริกา มีขนาดอนุภาค  $319 \pm 28.9 \mu\text{m}$  ผงฝุ่นที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น มีขนาดอนุภาค  $39.5 \pm 0.56 \mu\text{m}$  และผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์ก่อนแปรรูปจะมีขนาดใหญ่กว่าก่อนที่จะนำมาแปรรูปอยู่ที่ขนาดอนุภาค  $642 \pm 8.05 \mu\text{m}$  และเมื่อผ่านการอบและผ่านตะแกรงขนาด 400 mesh แสดงให้เห็นว่ามีขนาดผงฝุ่นมีขนาดเล็กลงอยู่ที่  $45.9 \pm 3.49 \mu\text{m}$  ซึ่งมีความใกล้เคียงกับผงฝุ่นที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่นเมื่อพิจารณาจากการปรากฏขึ้นของรอยลายนิ้วมือแฝงของผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์ และผงฝุ่นมาตรฐานจากประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศญี่ปุ่น พบว่า ผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์ สามารถตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวทั้ง 5 ชนิดได้ แต่มีความคมชัดแตกต่างกันในแต่ละพื้นผิววัตถุ โดยบนพื้นผิวแก้วพลาสติกมีความมากที่สุด รองลงมาคือ กระป๋องน้ำอัดลม แพ้พลาสติก แก้วกระจก และด้านหลังแผ่นซีดี ตามลำดับ สำหรับผงฝุ่นมาตรฐานที่นำเข้าจากประเทศสหรัฐอเมริกา และประเทศญี่ปุ่นให้ผลการศึกษาในลักษณะที่ใกล้เคียงกัน โดยผงฝุ่นที่นำเข้าจากประเทศสหรัฐอเมริกาให้ความคมชัดบนพื้นผิวกระป๋องน้ำอัดลมมากที่สุด รองลงมาคือ แพ้พลาสติก แก้วกระจก แก้วพลาสติก และด้านหลังแผ่นซีดี มีความคมชัดตามลำดับ

## อภิปรายผล

จากการศึกษาการวิจัยครั้งนี้เป็นการนำยางรถยนต์ที่ใช้แล้วมาทำการแปรรูป ซึ่งถือเป็นผลผลิตที่ได้จากการนำสิ่งของที่ไม่ใช้แล้วกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยผ่านกระบวนการไพโรไลซิสที่เป็นกระบวนการทางเคมี ความร้อนที่เปลี่ยนรูปของชีวมวลเป็นผงฝุ่น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wiranarongkorn and Arpornwichanop (2015) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องการพัฒนากระบวนการไพโรไลซิส ที่สามารถนำมาใช้งานได้จริงในเชิงพาณิชย์ โดยมีการพัฒนากระบวนการไพโรไลซิสในรูปของเทคโนโลยีกำจัดขยะประเภทขยะ พลาสติก และยางรถยนต์ใช้แล้ว สามารถนำมาทำให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ถ่าน น้ำมัน และแก๊สไม่กลั่นตัว นอกจากนี้ ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย รวมถึงงานวิจัยในครั้งนี้ได้นำผลิตภัณฑ์จากการกำจัดยางรถยนต์ที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิส และได้เป็นผลิตภัณฑ์ผงฝุ่นที่เรียกว่า “คาร์บอนแบล็ค” ซึ่งเป็นส่วนผสมอย่างหนึ่งในการผลิตยาง ที่มีคุณสมบัติทนต่อแรงเสียดทาน มีความยืดหยุ่นสูง และมีขนาดของเม็ดเท่ากันอย่างสม่ำเสมอปลอดภัยการปนเปื้อน (Thanasukarn et al, 2012) อย่างไรก็ตาม ในการกำจัดยางรถยนต์ที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิสเป็นการกำจัดของที่ไม่ใช้แล้วมาทำลายเพื่อไปใช้ต่อในรูปแบบต่างๆ เช่น ถ่าน เชื้อเพลิงในการเผาไหม้ เป็นต้น แต่ยังไม่พบว่ามีงานนำผงฝุ่นที่ได้จะกระบวนการไพโรไลซิสมานำมาใช้งานด้านนิติวิทยาศาสตร์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำผงฝุ่นจากยางรถยนต์ที่ได้จากการแปรรูปมาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาเป็นผงฝุ่นดำปิดหารอยนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวชนิดเรียบ โดยการทดลองบนวัตถุพื้นผิวเรียบไม่มีรูพรุน 5 ชนิด ได้แก่ แก้วกระจก แก้วพลาสติก แพ้พลาสติก ด้านหลังแผ่นซีดี และกระป๋องน้ำอัดลม ซึ่งสารประกอบของรอยลายนิ้วมือแฝงจะไม่ถูกดูดซับเข้าไปในพื้นผิวของวัตถุ แต่จะเกาะอยู่ด้านบนของพื้นผิว และจากการศึกษาพบว่าวัตถุยานประเภทนี้เป็นวัตถุยานที่แท้จริง (REAL EVIDENCE) เป็นพยานวัตถุที่มีความชัดเจนในตัวเอง และเป็นพยานหลักฐานที่มีความสำคัญที่สุด พบที่ในสถานที่เกิดเหตุบ่อยครั้งและสามารถนำมาใช้เพื่อยืนยันการกระทำผิดในคดีนั้นๆ ได้โดยตรง หรือนำไปเชื่อมโยงเกี่ยวกับคดีได้ โดยวัตถุยานประเภทนี้จะสามารถถ่ายทอดหรือโยกย้าย

(Transfer Evidence) เป็นวัตถุพยานที่เกิดขึ้นจากการสัมผัสระหว่างบุคคลกับวัตถุ วัตถุพยานที่เป็นรูปแบบนี้เป็นสิ่งที่มีประโยชน์อย่างยิ่งในการประมวลเรื่องราวหรือเหตุการณ์ในคดี และการนำสิ่งเหล่านี้มาใช้เพื่อวิเคราะห์สถานที่เกิดเหตุ (Lee, 1994)

จากการพัฒนาฝุ่นสำหรับตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง โดยการนำยางรถยนต์เก่าผ่านกระบวนการไพโรไลซิสมากใช้เป็นผงฝุ่นสำหรับตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพื้นผิวเรียบไม่มีรูพรุน โดยการลดขนาดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำให้ปรากฏขึ้นของลายนิ้วมือแฝง (Sodhi & Kaur, 2001) จากผลการวิจัยพบว่า เมื่อทำการเปรียบเทียบขนาดอนุภาคของผงฝุ่นระหว่างผงฝุ่นที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นกับผงฝุ่นที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่นและประเทศสหรัฐอเมริกา ด้วยเครื่อง Particle Size Analysis จะพบความแตกต่างของขนาดอนุภาคแต่ละตัวอย่างที่ชัดเจน โดยผงฝุ่นที่นำเข้าจากประเทศสหรัฐอเมริกา มีขนาดอนุภาคเท่ากับ 319  $\mu\text{m}$  ผงฝุ่นที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น มีขนาดอนุภาค เท่ากับ 39.5  $\mu\text{m}$  และผงฝุ่นที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นก่อนแปรสภาพ มีขนาดอนุภาคเท่ากับ 642  $\mu\text{m}$  และหลังแปรสภาพผ่านการอบและตะแกรงร่อน ขนาด 400 mesh จะทำให้ผงฝุ่นมีขนาดเล็กลง เท่ากับ 45.9  $\mu\text{m}$  ซึ่งมีความใกล้เคียงกับผงฝุ่นที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น แต่ใกล้เคียงกับผงฝุ่นที่นำเข้าจากประเทศสหรัฐอเมริกา สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sangkaew (2012) พบว่า ผงฝุ่นมีสีน้ำตาลที่ได้จากถ่านหินมีอนุภาคใหญ่กว่าผงฝุ่นที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่นแต่ใกล้เคียงกับผงฝุ่นที่นำเข้าจากสหรัฐอเมริกา

เมื่อนำผงฝุ่นยางรถยนต์ที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิสที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น มาทำการปิดหารอยลายนิ้วมือแฝงภายหลังจากประทับลายนิ้วมือบนวัตถุพื้นผิวเรียบไม่มีรูพรุนทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ 1) แก้วกระจก 2) แก้วพลาสติก 3) แผ่นพลาสติก 4) ด้านหลังแผ่นซีดี และ 5) กระจกอน้ำอัดลม พบว่า ผงฝุ่นที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นให้คุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจเก็บได้จากตัวอย่าง 5 ชนิด มีความเข้มและมีความคมชัดของลายเส้น ทำให้ผู้เชี่ยวชาญสามารถแยกลายเส้นและตรวจวิเคราะห์จำนวนจุดลักษณะพิเศษได้สูงที่สุดเท่ากับ 52.7 จุด ซึ่งหมายถึง รอยลายนิ้วมือแฝงมีคุณภาพอยู่ในระดับสูงที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sodhi and Kaur (2001) กล่าวว่า ขนาดอนุภาคของผงฝุ่นจะยึดจับกับลายเส้นของลายนิ้วมือได้นั้นขนาดอนุภาคของ ผงฝุ่นที่มีขนาดเล็กจะยึดจับกับรอยลายนิ้วมือได้ดีกว่าผงฝุ่นที่มีขนาดใหญ่กว่า และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Amornmongkol (2009) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่องการพัฒนาผงฝุ่นเพื่อใช้ในการนิติวิทยาศาสตร์ โดยใช้คาร์บอนแบล็คซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันเตา ผลการวิจัยพบว่า ลักษณะผงฝุ่นโดยรวมมีความละเอียด มีความเข้ม การกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ทำให้เกิดความคมชัดของลายเส้น และสามารถแยกลายเส้นของลายนิ้วมือได้อย่างชัดเจน

จากการศึกษาของผู้วิจัย พบว่า รอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏขึ้นบนพื้นผิวแก้วพลาสติก มีคุณภาพมากกว่าพื้นผิวชนิดอื่นๆ โดยมีค่าเฉลี่ยของจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษเท่ากับ 52.7 และพบว่ารอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏขึ้นบนพื้นผิวด้านหลังแผ่นซีดี ให้คุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีค่าเฉลี่ยของจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษเท่ากับ 27.7 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Thongthammachad and Witchuwanich (2019) ได้ทำการศึกษา เรื่องการพัฒนาผงฝุ่นจากเกล็ดดำสำหรับการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวที่แตกต่างกัน โดยศึกษาบนวัตถุประเภทพื้นผิวเรียบไม่มีรูพรุน พบว่า ผงฝุ่นที่นำเข้าจากต่างประเทศที่บนพื้นผิวประเภทพลาสติก ให้ผลรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏมีความสมบูรณ์และคมชัดมากกว่าบนพื้นผิวประเภทกระจกและผงฝุ่นที่ผลิตขึ้นจากเกล็ดดำที่บนพื้นผิวประเภทกระจก ให้ผลรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏมีความสมบูรณ์และคมชัดมากกว่าบนพื้นผิวประเภทพลาสติก

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยจำนวนจุดมิวชูเซียที่ตรวจเก็บได้จากรอยลายนิ้วมือแฝงโดยวิธีปิดผงฝุ่นจากผงฝุ่นที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นและผงฝุ่นที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่นและประเทศสหรัฐอเมริกา ที่ระดับความเชื่อมั่น

ร้อยละ 95 พบว่า ค่าเฉลี่ยจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษบนพื้นผิวแก้วกระจก แผ่นพลาสติก ด้านหลังแผ่นซีดี และ กระจกน้ำอัดลมที่ตรวจเก็บได้ด้วยผงฝุ่นที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นกับผงฝุ่นที่นำเข้าจากทั้งสองประเทศ มีค่าไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษที่ตรวจเก็บได้บนแก้วพลาสติก ด้วยผงฝุ่นที่ผู้วิจัยพัฒนา ขึ้นกับผงฝุ่นที่นำเข้าจากประเทศสหรัฐอเมริกา มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chaiheng and Witchuwanich (2019) ได้ทำการศึกษาการปรากฏขึ้นของลายนิ้วมือ แฝงด้วยผงฝุ่นจากสปอร์เฟิร์นริบบิ้น (*Ophioglossum pendulum* L.) และเปรียบเทียบคุณภาพรอยลายนิ้วมือแฝง บนพื้นผิวแผ่น อะลูมิเนียม กระจก และพลาสติก จากค่าเฉลี่ยจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (มิวนูเซีย) เมื่อ เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยจำนวนจุดมิวนูเซียที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่า จำนวนจุดมิวนูเซียที่ได้ จากแผ่นอะลูมิเนียมและกระจกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่จำนวนจุดมิวนูเซียได้จากแผ่นอะลูมิเนียมและ กระจกแตกต่างกับพื้นผิวพลาสติกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากผลการศึกษา พบว่า แก้วพลาสติกมีค่าเฉลี่ยจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษที่ตรวจเก็บด้วยผงฝุ่นยาง รยนต์ที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิสที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมากที่สุดเมื่อเทียบกับพื้นผิวชนิดอื่นๆ โดยมีค่าเฉลี่ยของ จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษเท่ากับ 52.7 ทั้งนี้ เนื่องจากแก้วพลาสติกที่นำมาใช้ในการทดลองเป็นแก้วพลาสติก แบบใสที่ใช้เป็นแบบ PP พอลิโพรไพลีน (Polypropylene) ซึ่งมีคุณสมบัติแข็ง ทนทานต่อการขีดข่วนคงตัวไม่เสียรูป ง่าย และมีความยืดหยุ่น น้ำหนักเบา มีความต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซได้ดี ทนทานต่อสารเคมี ได้แก่ กรด ด่าง แอลกอฮอล์ ตัวทำละลายอินทรีย์ แต่จะเกิดการพองตัว อ่อนนุ่ม หรือพื้นผิวเป็นรอยได้ในสารเคมีที่มี องค์ประกอบเป็นคลอรีน หรือไฮโดรคาร์บอนทั้งชนิดอะโรมาติกและอะลิฟาติก เนื่องจากพอลิโพรไพลีนมีคุณสมบัติไม่มี ขั้วสามารถดูดซับสารที่ไม่มีขั้วได้ดี (Vandapac Company Limited, (2020) ดังนั้น เมื่อมีการสัมผัสจึงเกิดร่องรอยได้ ง่าย ประกอบกับการนำผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์ที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิส โดยสัดส่วนของผลิตภัณฑ์จาก กระบวนการไพโรไลซิสยางนั้นจะมีปริมาณออกซิเจนต่ำมีอัตราส่วนไฮโดรเจนต่อคาร์บอนอะโรมาติกสูง และมี องค์ประกอบของสารประกอบประเภทอะลิฟาติกและอะโรมาติก (Wiranarongkorn and Arpornwichanop, 2015) จึงทำให้เกิดการยึดติดของลายนิ้วมือมากที่สุด

อย่างไรก็ตามพื้นผิววัสดุที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ มีความแตกต่างกันความสามารถในการยึดเกาะของผง ฝุ่นกับพื้นผิววัสดุจึงไม่เท่ากัน ส่งผลให้การปรากฏขึ้นของรอยลายนิ้วมือแฝงแตกต่างกัน นอกจากนี้ Sodhi and Kaur (2003) กล่าวว่า การใช้ผงฝุ่นกับรอยลายนิ้วมือแฝงเป็นวิธีที่ง่ายและนิยมใช้กันมากที่สุด และเป็นเทคนิคดั้งเดิมที่ไม่ จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ให้ยุ่งยาก มีเฉพาะแปรงปัดผงฝุ่นและเทปลอกลายนิ้วมือแฝงก็สามารถเก็บหลักฐานได้ ก็สามารถ นำไปใช้ทั้งในสถานที่เกิดเหตุและห้องปฏิบัติการ แต่อย่างไรก็ตามผงฝุ่นที่มีหลากหลายชนิด “จึงควรใช้ให้เหมาะสมกับ สถานการณ์นั้นๆ” เพื่อให้เกิดผลดีควรมีผงฝุ่นที่ปลอดภัยหรือผงฝุ่นเรืองแสงได้ รวมทั้งมีหลากหลายขนาด หลายหลายสี และหลายองค์ประกอบ

## ข้อเสนอแนะ

1. ควรเพิ่มตัวอย่างพื้นผิววัตถุที่ใช้ในการทดสอบให้มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้นเพื่อเปรียบเทียบ ประสิทธิภาพของผงฝุ่น และเพิ่มจำนวนซ้ำในการทดลอง รวมทั้งศึกษาระยะเวลาการคงอยู่ของรอยลายนิ้วมือแฝง หลังจากที่ใช้ผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์ที่ทำให้ปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝงขึ้นมาแล้ว

2. ควรทำการศึกษาวิธีการที่จะทำให้ผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
3. ควรทำการศึกษาผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์ ในการพัฒนาการทำให้เป็นหมึกพิมพ์เพื่อใช้ในการพิมพ์ลายนิ้วมือ
4. ควรนำผงฝุ่นคาร์บอนจากยางรถยนต์เสนอต่อหน่วยงานด้านอำนาจยุติธรรม ได้แก่ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ สถาบันนิติวิทยาศาสตร์ เป็นต้น เพื่อเป็นทางเลือกใหม่และลดการใช้งบประมาณภาครัฐในการนำเข้าสารเคมีสำเร็จรูปสำหรับหารอยลายนิ้วมือแฝง ทั้งเป็นการสนับสนุน เพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้ง ลดปัญหาสิ่งแวดล้อม

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยชิ้นนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากโรงเรียนนายร้อยตำรวจ

## เอกสารอ้างอิง

- Amornmongkol, P. (2009). *The Development of Fingerprint Powder for Forensic Use*. Thesis of the Degree of Master of Science Program in Forensic Science. Nakhon Pathom: Silapakorn University. (in Thai)
- Chanthanumat et al. (2019). Kinetic Study And Pyrolysis Of Palm Kernel Shell (PKS) And Palm Empty Fruit Bunches (EFB) For Bio-Oil Production. *KKU Science Journal - Khon Kaen University*, 47(3), 449-458. (in Thai).
- Chaiheng, S. and Witchuwanich, W. (2019). The Latent Fingerprint Development by Using Spore of *Ophioglossum pendulum* L. on Different Surfaces. *Journal of Criminology and Forensic Science*, 5(1), 96-110. (in Thai)
- Counter Crime Planning Division. (2020). *Report on the results of the implementation of the Crime Suppression Plan of the Royal Thai Police for the Fiscal Year 2020 for the 4<sup>th</sup> Quarter (July - September 2020) and fiscal year 2020*. Bangkok: The Royal Thai Police. (in Thai)
- Jitkranka, S. (2008). From old tires Going into new alternative oil ... Thai people can do it. *Energy Plus*, 19, 10-14. (in Thai)
- Krongthong, W. (2003). Preparation of powder samples for electron microscopy techniques. *National Metal and Materials Technology Center*, 210, 67-69. (in Thai)
- Lee Henry. (1994). *Crime Scene Investigation*. Taiwan: Central Police University Press.
- Sangkaew, S. (2012). *Production and evaluation of fingerprint powder made from coal*. Thesis of the Degree of Master of Science Program in Forensic Science. Silapakorn University. (in Thai)
- Songnonlek, N. (2012). *Development of latent fingerprint on non-porous surface by using turmeric powder*. Thesis of the Degree of Master of Science Program in Forensic Science. Nakhon Pathom: Silapakorn University. (in Thai)

- Sodhi, G. S., Kaur, J., Garg, R. K., and Kobilinsky, L. (2003). A fingerprint powder formulation based on rhodamine B dye. *Journal of Forensic Identification*, 53 (5), 551–555.
- Thanasukarn et al. (2012). *Introduction to Nano Safety for industry*. Bangkok: Department of Industrial Works, Ministry of Industry. (in Thai)
- Thongthammachad, R. and Witchuwanich, W. (2019). The Development of Fingerprint Powder Made from Black Rice Husk for Detecting Latent Fingerprints on Different Types of Surfaces. *Journal of Criminology and Forensic Science*, 5(2), 87-103. (in Thai)
- Vandapac Company Limited. (2020). *Polypropylene*. [Online]. Retrieved December 23, 2020, from: <https://sites.google.com/site/kaewphlastik/phlastik-pp-phx-li-phor-phi-lin-polypropylene>. (in Thai)
- Wiranarongkorn, K. and Arpornwichanop, A. (2015). Pyrolysis. *Energy & Environmental*, (42)241, 61 64. (in Thai)