



การพัฒนาผงฝุ่นจากผงสีผสมอาหารเพื่อใช้ในการตรวจรอยลายนิ้วมือฝ่ามือแฝง  
บนถ้วยที่ทำจากเซรามิกและพลาสติก



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ แผนก ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2564

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

การพัฒนาผงฝุ่นจากผงสีผสมอาหารเพื่อใช้ในการตรวจรอยลายนิ้วมือแฝง  
บนถ้วยที่ทำจากเซรามิคและพลาสติก



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโทมหาบัณฑิต  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร  
ปีการศึกษา 2564  
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

DEVELOPMENT OF A POWDER FROM FOOD COLORANTS POWDER TO  
DETECT FINGERPRINTS ON CUPS MADE OF CERAMIC AND PLASTIC



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for Master of Science (FORENSIC SCIENCE)  
Graduate School, Silpakorn University  
Academic Year 2021  
Copyright of Silpakorn University

หัวข้อ	การพัฒนาผงฟูจากผงสีผสมอาหารเพื่อใช้ในการตรวจรอย ลายนิ้วมือฝ่ามือแฝง บนถ้วยที่ทำจากเซรามิกและพลาสติก
โดย	ฐิติวัฒน์ มหาวีโร
สาขาวิชา	นิติวิทยาศาสตร์ แผนก ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโทมหาบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	อาจารย์ ดร. ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี

---

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

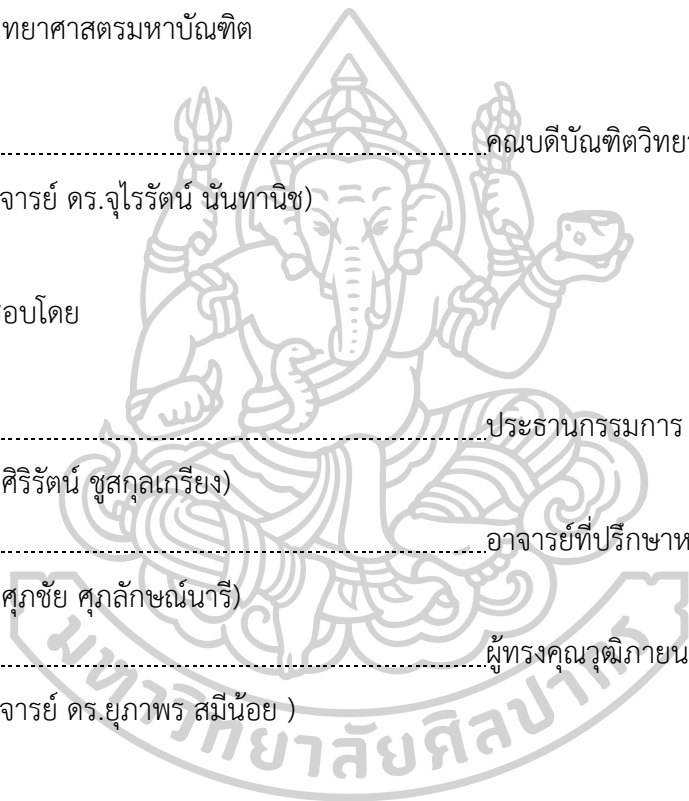
..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ นันทานิช)

พิจารณาเห็นชอบโดย

..... ประธานกรรมการ  
(อาจารย์ ดร.ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก  
(อาจารย์ ดร.ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี)

..... ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ยุภาพร สมน้อย )



620720062 : นิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโท

คำสำคัญ : สีผสมอาหาร, รอยลายนิ้วมือแฝง, ซิลิกา

ร้อยตำรวจโท ฐิติวัฒน์ มหาวิโร: การพัฒนาผงฝุ่นจากผงสีผสมอาหารเพื่อใช้ในการตรวจรอยลายนิ้วมือฝ่ามือแฝงบนถ้วยที่ทำจากเซรามิคและพลาสติก อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : อาจารย์ ดร. ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี

รอยลายนิ้วมือจัดเป็นวัตถุพยานสำคัญที่มักพบได้บ่อยในสถานที่เกิดเหตุ ถูกนำมาใช้ช่วยในการสืบสวนสอบสวนในหลายๆคดีที่เกี่ยวข้องกับคดีอาชญากรรมร้ายแรง รอยลายนิ้วมือที่พบในที่เกิดเหตุเป็นรอยลายนิ้วมือแฝงซึ่งจะไม่สามารถมองเห็นได้จนกระทั่งได้นำกระบวนการทางกายภาพหรือทางเคมีมาใช้เพื่อช่วยให้ลายนิ้วมือแฝงนั้นปรากฏขึ้นมา งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผสมสีผสมอาหาร และ ผงสีผสมอาหารที่ผสมกับผงซิลิกาที่อัตราส่วนสองอัตราส่วน (10% และ 30% โดยน้ำหนัก) เพื่อพัฒนาการตรวจวัดรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวถ้วยเซรามิคและถ้วยพลาสติก โดยการบดรอยลายนิ้วมือแฝงทำพื้นที่หลังจากการเกิดรอยลายนิ้วมือแฝงจากนั้นทำการลอกด้วยเทปใส ถ่ายรูปลายรอยนิ้วมือแฝงด้วยกล้องดิจิทัลนำไปตรวจนับจุดลักษณะสำคัญพิเศษโดยผู้เชี่ยวชาญ ผลการทดลองสามารถตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงจากผงสีแดงและผงสีแดงที่ผสมกับผงซิลิกาในทุกอัตราส่วน เฉพาะบนพื้นผิวแก้วเซรามิค โดยตรวจพบจุดลักษณะสำคัญพิเศษมากกว่า 10 จุด ในขณะที่รอยลายนิ้วมือแฝงบนแก้วพลาสติกสามารถหารอยลายนิ้วมือแฝงได้เฉพาะผงสีแดงและ 10% โดยน้ำหนักของผงสีที่ผสมกับผงซิลิกาเท่านั้น ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าผงซิลิกาผสมผงสีแดงและผงสี สามารถใช้ตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นแก้วเซรามิคและแก้วพลาสติกได้และอาจนำมาใช้ในในกรณีทางนิติวิทยาศาสตร์ได้

620720062 : Major (FORENSIC SCIENCE)

Keyword : food colorants, Latent fingerprints, Silica

POL.LT. THITIWAT MAHAVEERO : DEVELOPMENT OF A POWDER FROM FOOD COLORANTS POWDER TO DETECT FINGERPRINTS ON CUPS MADE OF CERAMIC AND PLASTIC THESIS ADVISOR : SUPACHAI SUPALAKNARI, Ph.D.

Fingerprints are the important evidence often recovered from crime scenes. They have provided key evidence in uncountable cases of serious criminal. Fingerprints left at crime scenes generally are latent prints. They are invisible until brought out with a physical or chemical process intended to enhance latent print residue. The current study explores the uses of colorant powder and the mixtures of colorant powder/ silica in two different proportions (10 % and 30% by weight) as developing agents for detection latent fingerprints on ceramic mugs and plastic cups. The test samples were prepared immediately before developing. The developed fingerprints were recovered using clear adhesive tapes and the images of the fingerprints were taken on a digital camera. The numbers of minutiae were taken by a fingerprint expert. Only the processed fingerprints obtained by using the red colorant powder and the mixtures of the red colorant powder/ silica displayed a good quality with the number of minutiae greater than 10 points in all samples which were developed on the ceramic mugs. The latent fingerprints on the plastic cups can be detected only using the red colorant powder and the 10% mixtures. The results of this study demonstrated the use of silica powers and their mixtures for developing fingerprints on ceramic mug and plastic cup that may be encountered in forensic cases.

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ที่ให้การสนับสนุนและให้การช่วยเหลือทุกท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อาจารย์ ดร. ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัย และอาจารย์ ดร. ศิริรัตน์ ชุสกุลเกรียง ซึ่งได้ให้คำปรึกษาคอยแนะนำแนวทางในการทำงานวิจัยเป็นอย่างดีเสมอมา ทำให้งานวิจัยสามารถดำเนินไปด้วยความราบรื่นตลอดจนช่วยปรับปรุงแก้ไขรวมไปถึงการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัย และอาจารย์ ดร. ศิริรัตน์ ชุสกุลเกรียง ที่สละเวลามาเป็นกรรมการในการสอบและให้คำชี้แนะ รวมทั้งแก้ไขข้อบกพร่องของงานวิจัยฉบับนี้ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการและรุ่นพี่ทุกท่านที่ช่วยอำนวยความสะดวก และภาคีวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร สำหรับสถานที่ในการทำงานวิจัยและค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติม และท่านอาจารย์ทุกท่านที่คอยอบรมสั่งสอนให้ความรู้ต่าง ๆ งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณทุก ๆ ท่านที่หากมิได้เอื้อนนาม ในการช่วยเหลือด้านต่าง ๆ งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ทุกคน ที่คอยสนับสนุนอบรมสั่งสอน และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ร้อยตำรวจโท ฐิติวัฒน์ มหาวีโร

ผู้ทำการวิจัย

ร้อยตำรวจโท ฐิติวัฒน์ มหาวีโร

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญรูปภาพ.....	ฌ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 สมมติฐาน.....	2
1.4 ขอบเขต.....	2
1.5 ตัวแปรที่ใช้.....	2
1.6 ข้อยกเว้น.....	3
1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ.....	3
1.8 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ประวัติของรอยลายนิ้วมือ.....	4
2.2 ความสำคัญของรอยลายนิ้วมือ.....	5
2.3 แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับรอยลายนิ้วมือ.....	5
2.4 ลักษณะของรอยลายนิ้วมือ.....	6
2.5 ประเภทของรอยลายนิ้วมือ.....	6
2.6 วิธีการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือ.....	7



2.7 การใช้ผงฝุ่นเพื่อใช้ในการการตรวจเก็บลายนิ้วมือแฝง.....	9
2.8 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์ และวิธีการทดลอง.....	13
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย.....	13
3.2 ประเภทพื้นผิวที่ใช้ทำการศึกษา.....	15
3.3 ขั้นตอนการเตรียมผงฝุ่นสีผสมอาหาร.....	15
3.4 การเตรียมรอยลายนิ้วมือแฝง.....	17
3.5 การเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวของถ้วยน้ำ.....	17
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	19
บทที่ 4 ผลการทดลอง และวิจารณ์ผลการทดลอง.....	21
4.1 ผลการทดลองปิดผงฝุ่นสีผสมอาหาร.....	21
4.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM).....	26
4.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเครื่อง LS Particle Size Analyzer.....	36
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	37
สรุปและอภิปรายการทดลอง.....	37
รายการอ้างอิง.....	39
ประวัติผู้เขียน.....	42

## สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1 คุณภาพรอยลายนิ้วมือจากผงฝุ่นสีผสมอาหารสีแดง .....	22
รูปที่ 2 คุณภาพรอยลายนิ้วมือจากผงฝุ่นสีผสมอาหารสีเขียว .....	22
รูปที่ 3 คุณภาพรอยลายนิ้วมือจากผงฝุ่นสีผสมอาหารสีม่วง .....	23
รูปที่ 4 ลายนิ้วมือแฝงจากผงฝุ่นสีผสมอาหารสีแดง .....	23
รูปที่ 5 ลายนิ้วมือแฝงจากผงฝุ่นสีผสมอาหารสีเขียว .....	24
รูปที่ 6 ลายนิ้วมือแฝงจากผงฝุ่นสีผสมอาหารสีม่วง .....	24
รูปที่ 7 ผงฝุ่นสีผสมอาหารสีแดงผสมกับซิลิกา 10%wt ที่กำลังขยาย 500 เท่า .....	26
รูปที่ 8 ผงฝุ่นสีผสมอาหารสีแดงผสมกับซิลิกา 10%wt ที่กำลังขยาย 500 เท่า .....	26
รูปที่ 9 ผงฝุ่นสีผสมอาหารสีแดงผสมกับซิลิกา 10%wt ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า .....	27
รูปที่ 10 ผงฝุ่นสีผสมอาหารสีแดงผสมกับซิลิกา 10%wt ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า .....	27
รูปที่ 11 ผงฝุ่นสีผสมอาหารสีแดงผสมกับซิลิกา 10%wt ที่กำลังขยาย 5,000 เท่า .....	27
รูปที่ 12 ผงฝุ่นสีผสมอาหารสีแดงผสมกับซิลิกา 10%wt ที่กำลังขยาย 5,000 เท่า .....	28
รูปที่ 13 ตำแหน่งต่างๆที่ทำการตรวจสอบองค์ประกอบของธาตุต่างๆ ด้วยเครื่อง SEM – EDS .....	30
รูปที่ 14 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM – EDS ที่ตำแหน่งที่ 1 .....	30
รูปที่ 15 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM – EDS ที่ตำแหน่งที่ 2 .....	31
รูปที่ 16 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM – EDS ที่ตำแหน่งที่ 3 .....	31
รูปที่ 17 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM – EDS ที่ตำแหน่งที่ 4 .....	32
รูปที่ 18 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM – EDS ที่ตำแหน่งที่ 5 .....	32
รูปที่ 19 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM – EDS ที่ตำแหน่งที่ 6 .....	33
รูปที่ 20 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM – EDS ที่ตำแหน่งที่ 7 .....	33
รูปที่ 21 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM – EDS ที่ตำแหน่งที่ 8 .....	34

รูปที่ 22 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM – EDS ที่ตำแหน่งที่ 9 ..... 34

รูปที่ 23 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM – EDS ที่ตำแหน่งที่ 10..... 35

รูปที่ 24 กราฟแสดงขนาดของอนุภาคของผงฝุ่นสีผสมอาหารผสมกับซิลิกา 10%wt สีแดง ..... 36



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันพยานหลักฐานที่พบในสถานที่เกิดเหตุมีความสำคัญต่องานด้านนิติวิทยาศาสตร์ และกระบวนการยุติธรรมเป็นอย่างยิ่ง เพื่อพิสูจน์ความจริงโดยกระบวนการสืบสวน สอบสวนการ เชื่อมโยงเหตุการณ์ ในการยืนยันตัวผู้กระทำความผิดและผู้เกี่ยวข้องกับการกระทำความผิด และ คลื่นคล้ายคดีต่างๆ ที่เกิดขึ้น โดยผู้กระทำความผิดมักทิ้งพยานหลักฐานสำคัญไว้ในที่เกิดเหตุ เช่น เส้น ผม หยดเลือด คราบอสุจิ เป็นต้น และพยานหลักฐานสำคัญที่ผู้กระทำความผิดมักทิ้งร่องรอยไว้เสมอ ก็ คือ รอยลายนิ้วมือแฝง เนื่องจากลายนิ้วมือของแต่ละบุคคลนั้นจะมีความเป็นเอกลักษณ์ ไม่ซ้ำกันและ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่เกิดจนตาย ดังนั้นลายนิ้วมือมีความสำคัญต่องานนิติวิทยาศาสตร์อย่างมาก และเป็นวัตถุพยานที่มีค่าที่สุดสำหรับการสืบสวนสอบสวน นอกจากจะใช้เป็นหลักฐานเพื่อยืนยันตัวผู้ บริสุทธิ์แล้วยังจะเป็นการหาตัวผู้กระทำความผิดและผู้ที่อยู่ในที่เกิดเหตุ ซึ่งในสถานที่เกิดเหตุ นั้น ลายนิ้วมือจะสามารถพบได้ทั่วไปในสถานที่เกิดเหตุ ไม่ว่าจะเป็นวัตถุที่มีรูพรุน กึ่งรูพรุน และไม่มีรู พรุน ดังนั้นวิธีการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงจึงแตกต่างกันไปตามปัจจัยของการประทับนิ้ว แล้วจึง วิเคราะห์ว่าควรใช้วิธีใดเพื่อให้เหมาะสมกับพื้นผิววัตถุ นั้น ขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นผิวของวัตถุพยานนั้น ๆ โดย พื้นผิววัตถุที่มีการสัมผัสจะแบ่งตามการดูดซับ คือ พื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน พื้นผิววัตถุกึ่งรูพรุน และพื้นผิว วัตถุที่มีรูพรุน โดยงานวิจัยของคุณ Kulvir และคณะ ในปี 2012 ได้ศึกษาวิธีการหารอยลายนิ้วมือแฝง โดยใช้ซิลิกา และทำการศึกษาบนพื้นผิวต่าง ๆ ได้แก่ พลาสติก แก้ว กระจก แผ่นอลูมิเนียมพอยล์ กระดาษคาร์บอน กล่องไม้ขีดไฟ กระดาษแข็ง แผ่นไม้รองเคลือบมัน พื้นผิวด้านบนและของซีดี และ พื้นผิวกระดาษนิตยสารสีเคลือบ ซึ่งทดลองที่ได้แสดงพบว่ารอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏชัดเจนบนพื้นผิว ทุกชนิด (Singh, Sharma et al. 2013) ซึ่งปัจจุบันได้มีการพัฒนาวิธีการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝง ในหลายรูปแบบ ได้แก่ วิธีผงฝุ่น วิธีทางเคมี การใช้แสงเลเซอร์และเครื่องโพลีไลท์ วิธีการลอก ลายนิ้วมือและวิธีการถ่ายภาพ เป็นต้น (รงค์ 2015) ซึ่งวิธีดังกล่าวเป็นที่นิยมในการตรวจเก็บ ลายนิ้วมือแฝงที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ซึ่งจำเป็นจะต้องใช้ผงฝุ่นหรือทำให้เกิดสีกับสิ่งที่ซบออกมา ทางนิ้วด้วยการใช้สารเคมีผงฝุ่นที่ใช้ในการหาลายนิ้วมือ ได้แก่ ผงฝุ่นอะลูมิเนียม ผงฝุ่นดำ ผงฝุ่นขาว ผงแม่เหล็ก ฯลฯ ซึ่งองค์ประกอบของผงฝุ่นล้วนแต่เป็นสารเคมีที่มีพิษ โดยเมื่อผงฝุ่นเหล่านี้เข้าสู่ ร่างกายอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ที่ปฏิบัติงานได้ ต่อมาได้มีการศึกษาและพัฒนาผงฝุ่นนอกหลายวิธี เช่น การเติมสียอมลงไปโครงสร้างของไดอะทอมหรือซิลิกา ซึ่งอาศัยประจุบวกภายในโมเลกุลของสี

ยอมเพื่อให้ผงฝุ่นมีประสิทธิภาพในการใช้งานเพิ่มมากขึ้น (Yuan, Li et al. 2018) การพัฒนาผงฝุ่นผลิตจากอนุภาคนาโน คอนจุกต์ของซิลิกากับสารเรืองแสงสีแดง ซึ่งมีประสิทธิภาพในการจับกับรอยลายนิ้วมือแฝงที่ทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพในอีกหลากหลายพื้นผิว (Yang, Liu et al. 2019) อีกทั้งยังมีการพัฒนาอนุภาคนาโนของซิลิกาทรงกลมโดยใช้เกลบเป็นวัสดุหุ้บ ซึ่งพบว่าซิลิกาทรงกลมนั้นมีความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นผงฝุ่นเพื่อตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง เนื่องจากอนุภาคของซิลิกาเกิดแรงกระทำระหว่างโมเลกุลกับไขมันและสารประกอบอื่นที่อยู่ในรอยลายนิ้วมือได้มีประสิทธิภาพ ทำให้สามารถยึดเกาะกับรอยลายนิ้วมือแฝงได้ดีขึ้นทำให้ได้รอยลายนิ้วมือแฝงที่ชัดเจน ช่วยลดปัญหาการรบกวนของพื้นหลัง และจากการศึกษาพบว่าการรวมตัวกันของอนุภาคนาโนของซิลิกาส่งผลให้ประสิทธิภาพในการยึดเกาะกับรอยลายนิ้วมือแฝงลดลง (Rajan, Zakaria et al. 2020)

โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาผงฝุ่นจากสีผสมอาหารขึ้น และนำไปใช้หารอยลายนิ้วมือแฝงบนถ้วยที่ทำจากเซรามิกและพลาสติก ทำได้โดยนำสีผสมอาหารมาผสมเข้ากับซิลิกา (silica) เพื่อให้สีผสมอาหารสามารถยึดเกาะกับรอยลายนิ้วมือแฝงได้ดีขึ้น โดยซิลิกาจะเข้าทำปฏิกิริยากับองค์ประกอบของสารที่อยู่บนนิ้วมือ เช่น ไขมัน เป็นต้น ทำให้ผงฝุ่นนั้นสามารถยึดเกาะกับรอยลายนิ้วมือได้ดีมากขึ้น และซิลิกายังมีส่วนช่วยในการดูดซับสีผสมอาหารทำให้สามารถคงสภาพของสีผสมอาหารไว้ได้ดียิ่งขึ้น ในการเลือกใช้ซิลิกากับสีผสมอาหารเป็นส่วนผสมนั้นเพื่อใช้เป็นทางเลือกในการเลือกใช้ผงฝุ่นในการหารอยลายนิ้วมือแฝง เนื่องจากสามารถหาได้ง่ายและมีราคาไม่สูง และมีความเป็นพิษที่น้อย

## 1.2 วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อศึกษาและพัฒนาผงฝุ่นจากสีผสมอาหาร
- 2.2 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบวิธีการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงจากผงฝุ่นสีผสมอาหาร

## 1.3 สมมติฐาน

- 3.1 การตรวจลายนิ้วมือแฝงจากผงฝุ่นจากสีผสมอาหารทำให้ปรากฏรอยลายนิ้วมือและสามารถลอกลายเก็บวัตถุพยานมาตรวจพิสูจน์ได้ตามหลักการทางนิติวิทยาศาสตร์
- 3.2 ชนิดของผงฝุ่นสีผสมอาหาร เวลาในการสัมผัสกับวัตถุพยานที่แตกต่างกันเป็นปัจจัยในการปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝงที่ชัดเจนที่แตกต่างกันไป

## 1.4 ขอบเขต

การวิจัยครั้งนี้ศึกษาการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง โดยใช้ตัวอย่างจากนิ้วหัวแม่มือขวาจากบุคคลเพียงคนเดียวระดับนิ้วลงบนพื้นผิววัตถุผิวเรียบและทำการเปรียบเทียบระดับคุณภาพตามความชัดเจนของลายนิ้วมือแฝงจากจำนวนจุดลักษณะพิเศษที่ตรวจเก็บได้ด้วยกล้องถ่ายภาพจากโทรศัพท์มือถือ รุ่น ไอโฟน 11 โปร แมกซ์ (iPhone 11 Pro max)

## 1.5 ตัวแปรที่ใช้

- 1.5.1 ตัวแปรต้น คือ ปริมาณของสีผสมอาหารที่ผสมกับซิลิกา
- 1.5.2 ตัวแปรตาม คือ คุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจเก็บได้

1.5.3 ตัวแปรควบคุม คือ ระยะเวลาที่สัมผัสกับวัตถุพยาน นิ้วที่สัมผัสกับวัตถุพยาน วิธีที่ใช้ตรวจหาลายนิ้วมือแฝง และชนิดของสีผสมอาหาร

## 1.6 ข้อจำกัด

1.6.1 การประทับรอยลายนิ้วมือลงบนพื้นผิวด้วยนิ้วโป้งมือซ้ายแต่ละครั้ง อาจทำให้มีความแตกต่างกันบ้างเนื่องจากไม่สามารถที่จะควบคุมปริมาณเหงื่อ ไขมัน และน้ำหนักให้เท่ากันได้ในการประทับนิ้วมือแต่ละครั้ง

1.6.2 การนับจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษ จำเป็นต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญด้านลายนิ้วมือแฝงช่วยในการตรวจสอบจุดลักษณะสำคัญ

## 1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.7.1 ลายนิ้วมือ หมายถึง ส่วนของเส้นนูนบนลายนิ้วมือที่อยู่ภายนอกสุดของผิวหนัง ซึ่งทำให้เห็นลักษณะเป็นเส้น

1.7.2 รอยลายนิ้วมือแฝง หมายถึง รอยของนิ้วมือที่ติดอยู่บนพื้นผิวต่างๆ โดยไม่ได้ตั้งใจบนพื้นผิวของวัตถุที่มองเห็นด้วยตาเปล่าและมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า

1.7.3 วิธีปิดผงฝุ่น หมายถึง วิธีการปิดผงฝุ่นที่รอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏขึ้นและใช้เทปใสลอกติดกระดาษรองรับ หรือโดยการถ่ายภาพ

## 1.8 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.8.1 นำสิ่งของที่ได้ทั่วไปในครัวเรือนมาพัฒนาทำให้เกิดประโยชน์

1.8.2 สามารถลดค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อผงฝุ่นดำจากต่างประเทศ

1.8.3 เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องทางด้านพิสูจน์ลายนิ้วมือ และพัฒนาการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิววัตถุพยานอื่นๆ ได้

1.8.4 สามารถนำรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏบนพื้นวัตถุไปเปรียบเทียบกับ เพื่อยืนยันตัวบุคคลได้



## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ประวัติของรอยลายนิ้วมือ

มนุษย์รู้จักถึงความแตกต่างของลายนิ้วมือของแต่ละบุคคลมานานแล้ว ในสมัยก่อนประวัติศาสตร์พบลายนิ้วมือของชาวสเปน ภาพเขียนลายนิ้วมือในถ้ำของฝรั่งเศส ชาวบาบิโลเนียนได้มีการกดลายนิ้วมือตามก้อนดินเหนียวเพื่อป้องกันการปลอมแปลง เป็นต้น ในภาคพื้นเอเชียพบว่าในประเทศจีน ประเทศญี่ปุ่นมีการใช้ลายนิ้วมือเป็นตราประทับ กดนิ้วมือประกอบการเซ็นชื่อกันมาหลายศตวรรษแล้ว ที่มีบันทึกในประเทศจีนว่าศตวรรษที่ 12 ได้มีการตัดสินคดีฆาตกรรมโดยพิสูจน์ลายนิ้วมือเปื้อนเลือด ในศิลปะบ้านเชียงของไทยกล่าวกันว่าลวดลายบนภาชนะต่างๆ ก็นำแบบจากลายนิ้วมือนั่นเอง

ปี ค.ศ. 1684 เนเฮเมียห์ เกรว์ (Nehemiah) เขียนบทความเกี่ยวกับลายนิ้วมือไว้ใน Philosophical Transaction of the Royal Society of London

ปี ค.ศ. 1823 เพอคินเจ (John Veangelist Purkinje) เขียนหนังสืออธิบายแบบแผนลายนิ้วมือพื้นฐาน 9 แบบ ซึ่งนำมาสู่การจัดระบบการจัดการแฟ้มลายนิ้วมือในเวลาต่อมา ตามรูปร่างและลักษณะลายเส้น การจำแนกแสดงให้เห็นว่าลายนิ้วมือมีแนวโน้มของทิศทางของลายนิ้วมือที่เหมือนกัน สิ่งที่พบนั้น

ปี ค.ศ. 1858 เซอร์ วิลเลียม เฮอร์เชล (Sir William Herschel) ได้นำคุณสมบัติพิเศษของลายพิมพ์นิ้วมือมาใช้ โดยมีการกดลายพิมพ์นิ้วมือประกอบในเอกสารการเงินในโฉนดที่ดิน เป็นต้น เมื่อมีขอกฎหมายยอมรับค่าให้การของผู้เชี่ยวชาญในการตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมือ ประกอบคดีได้นับว่าท่านผู้นี้เป็นบุคคลแรกที่นำลายนิ้วมือมาใช้ประโยชน์ในทางปฏิบัติอย่างแท้จริง

ปี ค.ศ. 1880 ดร. เฮนรี ฟาวด์ (Dr. Henry Faulde) ได้พิสูจน์ยืนยันตัวบุคคลผู้กระทำความผิดด้วยลายนิ้วมือที่ได้จากสถานที่เกิดเหตุและยืนยันว่า แม้ศพที่ถูกตัดเป็นส่วนๆ หากได้ลายนิ้วมือนั้นจะเป็นพยานหลักฐานพิสูจน์ ตัวบุคคลได้แน่นอนกว่าตำหนิรูปพรรณอื่นๆ

ปี ค.ศ. 1882 อัลฟอนเซ เบร์ติลลอน (Alphose Bertillon) ได้คิดค้นระบบการจำแนก อันเป็นที่รู้จักในสาขาวัตรยางค์ของมนุษย์ (Antropometry) ที่เรียกว่า ระบบเบร์ติลลอน (Bertillon system) ประกอบด้วยการวัดส่วนของร่างกาย อาทิ ความยาวของศีรษะ ความกว้างของศีรษะ ความยาวของนิ้วกลาง ความยาวของเท้าซ้ายและความยาวของแขนจากศอกจนสุดปลายนิ้วกลาง

ปี ค.ศ. 1897 เซอร์เอ็ดเวิร์ด ริชาร์ท เอนรี (Sir Edward Richard Henry) ได้แต่งหนังสือเรื่อง “การแยกประเภทลายพิมพ์นิ้วมือและการใช้ประโยชน์ (Classification and Uses of Fingerprints)”

ปี ค.ศ. 1915 ผู้ตรวจการ Herry Caldwell ได้ส่งหนังสือเชิญผู้ตรวจพิสูจน์อาชญากรรม (CriminL Identifiacion Operators) เพื่อก่อตั้งองค์การของผู้เชี่ยวชาญการตรวจและก่อตั้ง International Association for Criminal Identifiacion ขึ้นในปี ค.ศ. 1918 ได้เปลี่ยนชื่อเป็น International Association for Identifiacion (IAI)

นอกจากนี้ยังมีระบบอื่นๆ อีก 5% ประมาณ 50 ระบบ ที่ใช้อยู่ในประเทศต่างๆ เกิดจากการดัดแปลงมาจากระบบเฮนรี ระบบวูเซตีส เพื่อที่จะให้เกิดความสะดวกและง่ายที่สุดแก่การปฏิบัติตามทฤษฎีของแต่ละท่านที่คิดค้นได้แล้วตั้งชื่อใหม่ตามชื่อผู้ดัดแปลง

## 2.2 ความสำคัญของรอยลายนิ้วมือ

ลายนิ้วมือมีความแม่นยำในการพิสูจน์บุคคล (Reliability in identification) ดังเหตุผลดังนี้

2.2.1 มีลักษณะคงทนไม่เปลี่ยนแปลง คือ ลายเส้นของผิวหนัง เริ่มปรากฏขึ้นตั้งแต่ทารกอยู่ในครรภ์มารดาประมาณเดือนที่ 3 ถึงเดือนที่ 4 ลักษณะลายเส้นในลายนิ้วมือของมนุษย์นั้นจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลยจนเสียชีวิต เมื่อเติบโตขึ้นหรืออายุมากขึ้น ลายเส้นนิ้วมือจะขยายใหญ่ขึ้นแต่สภาพยังคงเดิม ถึงแม้จะเสียชีวิตหากนิ้วมียังไม่เน่าเปื่อย เช่น ศพฉีดยารักษาซากศพไว้เป็นรูปแห้ง ลายนิ้วมือที่ปรากฏอยู่จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ในขณะที่นิ้วมือเกิดความผิดปกติขึ้น เช่น โรคหนังลอกลายนิ้วมือ เหล่านี้จะลบเลือนไปเพียงชั่วคราว เมื่อนิ้วมือนั้นหายเป็นปกติแล้วลายเส้นก็จะเกิดใหม่โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลง ยิ่งกว่านั้นบางรายที่นิ้วมือถูกของมีคมบาดจนเกิดเป็นรอยแผลเป็น รอยแผลก็แค่ทำลาย ลายเส้นของนิ้วมือได้เพียงบางส่วนเท่านั้น ส่วนที่เหลือจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงด้วยเหตุนี้ ลักษณะลายเส้นของลายนิ้วมือมนุษย์จึงนับว่าเป็นเครื่องหมายพิสูจน์ตัวบุคคลได้เป็นอย่างดีเมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะอื่นในร่างกายมนุษย์ เช่น รอยแผลเป็น รอยสักผิวหนัง ผมนัยน์ตา เพราะสิ่งเหล่านี้ย่อมเสื่อมลงไปตามอายุที่เพิ่มมากขึ้น (คงเอียง 2540)

2.2.2 ลายนิ้วมือของมนุษย์ ลักษณะลายเส้นของนิ้วมือนั้นยังไม่มีวิธีการที่จะเปลี่ยนแปลงให้เป็นอย่างอื่นได้เพราะเหตุว่า หากลายเส้นเสียหายไปด้วยสาเหตุใดก็ตามลายเส้นนิ้วมือก็จะเกิดใหม่ในรูปและสภาพเดิมเสมอเว้นแต่จะทำได้ทำลายให้ลึกลงไปจนถึงต่อมเหงื่อโดยการฉีดยาออกให้หมด ลายเส้นของนิ้วมือจะถูกทำลายไปโดยสิ้นเชิงและไม่สามารถมีรอยนิ้วมือเกิดมาใหม่ได้ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากลายเส้นของลายนิ้วมือเกิดขึ้นจากในชั้น ใต้ผิวหนังหรือที่เรียกว่าชั้น dermis นั้นเอง หากไม่ทำลายหรือเสียหายจนถึงชั้น dermis ลายเส้นนิ้วมือก็จะไม่เสียหายด้วย

## 2.3 แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับรอยลายนิ้วมือ

การเกิดขึ้นของลายเส้นบนนิ้วมือถูกกำหนดขึ้นโดยโครโมโซมของร่างกาย และซึ่งลักษณะอย่างหนึ่งของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมโดยสิ่งแวดล้อมมีผลร่วมด้วย (Polygenic trait, Multifactorial inheritance) เช่น ความเครียดของแม่ในช่วงตั้งครรภ์ (Maternal stress) การติดเชื้อระหว่างตั้งครรภ์ เป็นต้น ทำให้มนุษย์นั้นมีลายรอยนิ้วมือที่ไม่เหมือนกัน ผิวหนังมีโครงสร้างอยู่ 2 ชั้นหลัก คือ ชั้นหนังกำพร้า (Epidermis) และชั้นหนังแท้ (Dermis)

ชั้นหนังกำพร้า (Epidermis) เป็นผิวหนังชั้นนอกสุดเทียบกับความหนาทั้งหมดของผิวหนัง



แต่ความหนาของชั้นหนังกำพร้า นั้น จะแตกต่างกันไปในแต่ละบริเวณของร่างกายทำให้สามารถแบ่งผิวหนังตามความหนาของชั้นหนังกำพร้าออกเป็น 2 ชนิด คือ หนังกำพร้าที่หนา (Thick epidermis) ที่พบบริเวณฝ่ามือ (Palms) และฝ่าเท้า (Soles) และหนังกำพร้าที่บาง (Thin epidermis) พบที่บริเวณส่วนอื่นๆ ของร่างกายนอกเหนือจากบริเวณหนังกำพร้าที่หนา 2 แห่ง

## 2.4 ลักษณะของรอยลายนิ้วมือ

สามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ชนิด ดังนี้

2.4.1 เส้นนูน (Friction ridge) คือเส้นที่นูนขึ้นจากผิวหนังชั้นนอกของนิ้วมือ นิ้วเท้ารวมทั้งฝ่ามือและฝ่าเท้า

2.4.2 เส้นร่อง (Groove or furrow) คือเส้นที่อยู่ต่ำกว่าระดับของเส้นนูนโดยจะอยู่ที่บริเวณผิวหนังชั้นนอกของนิ้วมือ นิ้วเท้ารวมทั้งฝ่ามือและฝ่าเท้า

และเมื่อนิ้วมือสัมผัสกับพื้นผิวเส้นนูนจะเป็นส่วนที่จะปรากฏกลายเป็นรอยลายนิ้วมือ ลายเส้นนูนทำให้นิ้วมือและฝ่ามือสามารถยึดจับวัตถุเส้นนูนทำให้เกิดความฝืดระหว่างผิวหนังและวัตถุ จึงทำให้มือจับวัตถุได้ดี บนเส้นนูนมีรูต่อมเหงื่อซึ่งทำหน้าที่ระบายเหงื่อ สรุ๊ป ก้นหอย (Whorl) เป็นลายนิ้วมือที่พบประมาณ 30% ส่วนมัดหวาย (Loop) พบประมาณ 65% ที่เหลือจะเป็นแบบโค้ง (Arch) ผิวหนังตรงบริเวณลายนิ้วมือฝ่ามือ นิ้วเท้า ฝ่าเท้าของมนุษย์ประกอบด้วยจุดสำคัญพิเศษ ทำให้สามารถนำมาใช้ระบุตัวบุคคลได้ (Special characteristic of minutia) (มงคล 2009)

## 2.5 ประเภทของรอยลายนิ้วมือ

จำแนกได้เป็น 9 ชนิด

2.5.1 ลายเส้นแบบโค้งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

2.5.1.1 ลายเส้นแบบ โค้งราบ (plain arch) หมายถึง ลักษณะของรอยลายเส้นลายนิ้วมือที่มีลักษณะเป็นโค้งที่เริ่มจากขอบเส้นด้านหนึ่งแล้วไปบรรจบอีกด้านหนึ่ง ทำให้สามารถมองเป็นลักษณะของเส้นโค้งบนลายนิ้วมือ

2.5.1.2 ลายเส้นแบบโค้งกระโจม (tented arch) หมายถึง ลักษณะรอยลายเส้นนิ้วมือชนิดโค้งราบ แต่มีลักษณะความไม่เหมือนกับโค้งราบ คือ มีรอยลายนิ้วมือหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งเส้น ซึ่งอยู่ตรงกลางไม่ไปบรรจบที่อีกด้านหนึ่ง ทำให้เกิดเป็นเส้นที่มีลักษณะพุ่งขึ้นจากแนวนอน หรือมีเส้นสองเส้นมาบรรจบกันตรงกลาง ในลักษณะทำมุมกันเป็นมุมแหลม

2.5.2 ลายเส้นแบบมัดหวาย แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

2.5.2.1 ลายเส้นแบบมัดหวายปิดขวา หมายถึง รอยลายนิ้วม่อมัดหวายที่มีปลายเส้นเกือบมาปิดไปทางด้านขวาหรือนิ้วหัวแม่มือของมือนั้นเมื่อทำการหงายฝ่ามือขึ้น

2.5.2.2 ลายเส้นแบบมัดหวายปิดซ้าย หมายถึง รอยลายนิ้วม่อมัดหวายที่มีปลายเส้นเกือบมาปิดไปทางด้านซ้ายหรือทางนิ้วก้อยของมือนั้นเมื่อทำการหงายฝ่ามือขึ้น

2.5.3 ลายเส้นแบบก้นหอย แบ่งออกเป็น 5 ชนิด ดังนี้

2.5.3.1 ลายเส้นแบบก้นหอยทั่วไป หมายถึง รอยลายนิ้วมือที่มีเส้นวนรอบ โดยอาจมีลักษณะเหมือนวงกลม โดยจะมีรูปแบบที่สำคัญ คือ ต้องมีจุดสันดอน 2 แห่ง และหน้าจุดสันดอนเข้าไปจะต้องมีเส้นวนรอบอยู่ข้างหน้าจุดสันดอนทั้ง 2 จุด ถ้าลากเส้นสมมุติจากจุดสันดอนข้างหนึ่งไป

ยังสันดอนอีกข้างหนึ่ง เส้นสมมุติจะต้องสัมผัสหรือตัดกับเส้นวนรอบหน้าจุดสันดอนทั้ง 2 แห่ง อย่างน้อย 1 เส้น

2.5.3.2 ลายเส้นแบบก้นหอยกระเป๋ากลาง หมายถึง รอยลายนิ้วมือแบบก้นหอย แต่ต่างตรงที่การลากเส้นจากสันดอนหนึ่งไปยังอีกสันดอนหนึ่ง เส้นจะไม่สัมผัสกับเส้นวงจร

2.5.3.3 ลายเส้นแบบก้นหอยกระเป๋าช้าง หมายถึง ลายนิ้วมือชนิดมัดหวายคู่แต่มีเส้นสันดอนอยู่ด้านเดียว

2.5.3.4 ลายเส้นแบบมัดหวายคู่หรือมัดหวายแฝดหมายถึง รอยลายนิ้วมือที่มีลักษณะของมัดหวาย 2 แห่ง ติดกันเป็นลายนิ้วมือที่มีเส้นสันดอน 2 แห่ง โดยมัดหวาย 2 แห่ง ไม่จำเป็นว่าจะต้องมีขนาดที่เท่ากัน

2.5.3.5 ลายเส้นแบบซับซ้อน หมายถึง รอยลายนิ้วมือที่มีลักษณะที่ไม่ตรงตามลักษณะรอยลายนิ้วมือที่กล่าวไว้ข้างต้นทั้งหมด ทำให้ไม่สามารถจัดเข้าเป็นรอยลายนิ้วมือชนิดใดได้

## 2.5.4 ลายนิ้วมือแฝง (Latent fingerprints)

ลายนิ้วมือแฝงประกอบไปด้วยส่วนผสมของสารคัดหลั่ง จากร่างกายและส่วนที่เจือปนที่มาจากสิ่งแวดล้อมรอบข้างในส่วนผสมของสารคัดหลั่งจากร่างกายจะมาจากการทำงานของต่อม 3 ประเภท คือ

2.5.4.1 Eccrine glands เป็นต่อมที่พบได้ทั่วร่างกายซึ่งทำหน้าที่ผลิตเหงื่อโดยไม่มีการสูญเสียเซลล์ไฮโดรพลาสซึม

2.5.4.2 Apocrine glands เป็นต่อมที่พบในบริเวณขาหนีบ รักแร้และรอบทวารหนัก โดยจะผลิตเหงื่อพร้อมกับการสูญเสียเซลล์ไฮโดรพลาสซึม

2.5.4.3 ต่อมไขมัน เป็นต่อมที่จะผลิตสารคัดหลั่งที่เป็นไขมันออกมา เรียกว่า ซีบัม (sebum) ที่สามารถพบได้ทั่วไปตามผิวหนังของร่างกาย

## 2.6 วิธีการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือ

วิธีการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือในสถานที่เกิดเหตุแตกต่างกันไปตามเงื่อนไขของการสัมผัสนิ้วมือ เนื่องจากรอยลายนิ้วมือในสถานที่เกิดเหตุเป็นรอยที่สัมผัสโดยไม่ตั้งใจ และเสียหายไม่ครบถ้วนจึงจำเป็นที่จะต้องสังเกตรายละเอียดของการสัมผัสอย่างละเอียดก่อนที่จะทำการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือด้วยวิธีการที่เหมาะสม

2.6.1 รอยลายนิ้วมือแฝงที่สามารถพบได้บ่อยในที่เกิดเหตุ มักพบได้ 2 ลักษณะ ดังนี้

2.6.1.1 รอยลายนิ้วมือที่สามารถมองเห็นได้ เช่น รอยลายนิ้วมือลบน้ำมัน คราบน้ำมัน เป็นต้น รอยลายนิ้วมือลักษณะนี้จะสามารถมองเห็นอย่างชัดเจน อาทิ นิ้วมือที่มีสารเคมีที่ติดอยู่ไปสัมผัสกับวัตถุทำให้เลือดหรือสารเคมีเหล่านั้นไปติดอยู่บนวัตถุเกิดเป็นรอยลายนิ้วมือขึ้น ซึ่งลายนิ้วมือลักษณะนี้สามารถมองเห็นได้ทั้งส่วนกว้าง ยาวและลึก เช่น ลายนิ้วมือที่กดบนดินน้ำมัน หรือ ลายนิ้วมือที่สัมผัสลงบนพื้นผิวอ่อนนุ่มอื่นๆ

2.6.1.2 รอยลายนิ้วมือที่ไม่สามารถมองเห็นได้ เป็นลายนิ้วมือที่มองเห็นด้วยตาเปล่า ข้อนข้างยากหรือไม่สามารถมองไม่เห็นเลย จำเป็นต้องใช้แสงเข้ามาช่วยหรือการใช้สารเคมีบางชนิด ทำให้ปรากฏชัดเจนขึ้น ได้แก่ ลายนิ้วมือบนวัตถุผิวเรียบ เช่น กระจกกระดาด ฝา ไม้ เป็นต้น

## 2.6.2 การเปลี่ยนแปลงของรอยลายนิ้วมือ

2.6.2.1 การเปลี่ยนแปลงโดยธรรมชาติ ขึ้นอยู่กับสภาพวัตถุหรือพื้นผิววัตถุที่รอยลายนิ้วมือประทับอยู่และสภาพเงื่อนไขของผู้ประทับรอยลายนิ้วมือ เช่น ปริมาณ คุณภาพเหงื่อ เงื่อนไขการประทับ เช่น แสงที่โชก ระยะเวลาที่โชก สภาพอากาศหรือเงื่อนไขสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ลม ฝน น้ำ ฝุ่น

2.6.2.2 การเปลี่ยนแปลงโดยมนุษย์ ลายนิ้วมือในสถานที่เกิดเหตุทำให้เสียหายได้ง่ายโดยการขูดถูหรือสัมผัสอื่นๆ ภายนอก ซึ่งเกิดขึ้นบ่อยกับวัตถุที่มองไม่เห็นบนวัตถุผิวไม่ดูดซับและเรียบ เช่น แก้ว กระเบื้อง

## 2.6.3 การตรวจเก็บลายนิ้วมือ

สามารถทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับ พื้นผิวที่แตกต่างกันไป เช่น พื้นผิวมีรูพรุน พื้นผิวไม่มีรูพรุน และพื้นผิวกึ่งรูพรุน ซึ่งการเก็บรอยลายนิ้วมือสามารถทำได้ ดังนี้

2.6.3.1 วิธีการปิดผงฝุ่น เป็นวิธีมาตรฐานเพื่อให้ได้ลายนิ้วมือแฝง ผงฝุ่นจะติดความชื้นและไขมันของสารที่ขับถ่ายออกมาทางนิ้วมือ และอุปกรณ์ลอกขึ้นมาติดพื้นที่ที่รองรับหรือใช้วิธีการถ่ายภาพให้ชัดเจน วิธีการปิดผงฝุ่นเป็นวิธีนิยมมากในการตรวจเก็บลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ผงฝุ่นแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน คือ สี การยึดติด ขนาดของเม็ดฝุ่น ความสามารถเลือกยึดกับพื้นผิว ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเลือกใช้ให้เหมาะสม

2.6.3.2 วิธีใช้สารเคมี ใช้การหาลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่มีผิวดูดซึม เช่น กระดาด เช่น ลายนิ้วมือเปื้อนเหงื่อหลักการ คือ สารเคมีที่ใช้ทำปฏิกิริยากับ สารประกอบที่ขับออกมาทางนิ้วมือทำให้ปรากฏเป็นสีขึ้น เช่น Ninhydrin, Silver nitrate, Crystal violet

2.6.3.3 Superglue เป็นวิธีที่เกิดเป็นไอหรือก๊าซด้วยความร้อน ไอของสารเคมีจะไปจับหรือไปทำปฏิกิริยากับสารที่ขับออกมาจากทางรอยลายนิ้วมือ ทำให้เกิดรอยลายนิ้วมือขึ้นเป็นสีขาว วิธีนี้เหมาะกับวัตถุเครื่องหนัง กระดาด แก้ว ฝาโลหะต่างๆ เป็นต้น

2.6.3.4 วิธีลอกลายนิ้วมือ เป็นการลอกลายนิ้วมือโดยตรงด้วยเทปลอก หลังการปิดฝุ่นหรือการใช้สารเคมีและบันทึกภาพถ่ายแล้ว เป็นต้น

2.6.3.5 วิธีการถ่ายภาพ เป็นการตรวจเก็บลายนิ้วมือโดยการบันทึกภาพถ่าย ภายใต้แสงปกติหรือแสงเฉียง

2.6.3.6 วิธีใช้แสงโดยการใช้แสงเลเซอร์ (Laser) และแสงโพลีไลท์ (polilight) ในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง เป็นกรรมวิธีที่นักวิทยาศาสตร์ได้วิจัยพัฒนามีประสิทธิภาพ

2.6.3.7 วิธีหลอร่องรอย เช่น การหลอร่องรอยด้วยปูนปลาสเตอร์ใช้หลอร่องรอยที่ติดอยู่บนวัตถุที่มีพื้นผิวที่มีความเหนียวทำให้ปรากฏร่องรอยเป็นลักษณะ 3 มิติ

## 2.6.4 หลักการพิสูจน์รอยลายนิ้วมือ

หลักการทั่วไปเปรียบเทียบรอยลายนิ้วมือ 2 รอย จะต้องมียุทธศาสตร์เหมือนกัน มีจำนวนจุดสำคัญพิเศษ (minutia) ที่ตรงกันมากพอที่ยอมรับได้ คือ ลักษณะสำคัญพิเศษของลายเส้น ต้องเป็นชนิดและตำแหน่งชนิดเดียวกันและมีความสำคัญต่างกัน นอกจากนี้จะต้องไม่มีจุดที่ไม่เหมือนกันจึงจะสามารถยืนยันได้ว่าเป็นบุคคลคนเดียว

ในปัจจุบัน การลงความเห็นการตรวจพิสูจน์ว่า รอยลายนิ้วมือ 2 รอยนี้ เป็นลายนิ้วมือเดียวกัน ต้องมีจุดลักษณะพิเศษของลายเส้นอย่างน้อย 10 จุด เพื่อลงความเห็น ซึ่งในแต่ละประเทศจะกำหนดจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษที่แตกต่างกัน ปี ค.ศ.1793 หน่วยงาน International Association for Identification ใช้เวลา 3 ปี ในการศึกษาว่าจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษที่ใช้ในการตรวจเปรียบเทียบที่น้อยที่สุดควรเป็นเท่าใดพบว่าไม่สามารถกำหนดค่าต่ำสุดดังกล่าวได้

การที่แต่ละประเทศต่างมีมาตรฐานในการกำหนดจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษสำหรับในการตรวจพิสูจน์ เพื่อยืนยันตัวบุคคลที่แตกต่างกัน จึงได้ทำการสำรวจหาความสัมพันธ์ของจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษกับ นิ้วมือ รูปแบบและมือ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงให้เห็นว่า แต่ละคนรูปแบบและปัจจัยของนิ้วมือ เป็นตัว กำหนดจุดลักษณะสำคัญพิเศษ จึงน่าจะเป็นไปได้ว่าจำนวนของจุดลักษณะสำคัญพิเศษ จำเป็นสำหรับการตรวจพิสูจน์เพื่อยืนยันตัวบุคคล ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับที่มากหรือน้อยบนนิ้วมือ รูปแบบ เพศและกลุ่มประชากร ในแต่ละพื้นที่

## 2.7 การใช้ผงฝุ่นเพื่อใช้ในการการตรวจเก็บลายนิ้วมือแฝง

ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์นั้นผงฝุ่นถูกนำมาใช้ด้วยกันหลายชนิด แต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันไปตามความเหมาะสมของการนำไปใช้งาน เช่น สี การยึดติด ขนาดของอนุภาคฝุ่น การฟุ้งกระจาย ความสามารถในการติดบนพื้นผิววัตถุแต่ละชนิด จึงควรเลือกผงฝุ่นที่เหมาะสมกับชนิดของพื้นผิววัตถุของกลาง และบางครั้งอาจผสมผงฝุ่น 2 ชนิดหรือมากกว่า ซึ่งเรียกว่า ผงฝุ่นผสม โดยการผสมผงฝุ่น ทำให้สามารถปรับสีและการยึดติดได้ ชนิดและสัดส่วนในการผสมนั้นจะขึ้นกับสภาพอากาศความชื้น เป็นต้น (บุญภูมิ 2548)

### ผงฝุ่นจำแนกได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

2.7.1 ผงฝุ่นทั่วไป มีส่วนประกอบด้วยกัน 2 ส่วน คือ สีสำหรับเพิ่มความคมชัดทำให้สามารถมองเห็นลายนิ้วมือได้ดีขึ้น และเรซินโพลีเมอร์ สำหรับเพิ่มประสิทธิภาพของผงฝุ่นในการยึดติด นอกจากนี้ยังมีด้วยกันหลากหลายสีแล้วบางครั้งจะมีการเติมโลหะที่เป็นส่วนผสมลงไปผงฝุ่นอีกด้วย

2.7.2 ผงฝุ่นแม่เหล็ก เป็นผงฝุ่นที่มีส่วนผสมของโลหะซึ่งมีลักษณะพิเศษประการหนึ่งคือต้องใช้ควบคู่กับแปรงขัดผงฝุ่นแม่เหล็กในการหารอยลายนิ้วมือแฝงจากพื้นผิวต่างๆ เช่น ผนังพลาสติก ผนัง และผิวหนังมนุษย์

2.7.3 ผงฝุ่นเรืองแสง ผงฝุ่นชนิดนี้ประกอบไปด้วยสารประกอบสังเคราะห์อย่าง เช่น ฟลูออเรสเซนต์หรือฟอสฟอเรสเซนต์ ซึ่งการใช้งานนั้นจะขึ้นอยู่กับช่วงการมองเห็นของแสงอัลตราไวโอเล็ต



(UV) แสงเลเซอร์และแหล่งแสงอื่นๆ ผงฝุ่นชนิดนี้เป็นประโยชน์สำหรับรอยลายนิ้วมือที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่าที่ประทับอยู่บนพื้นผิวที่หลากหลาย

### ปัจจัยในการเลือกใช้ผงฝุ่น

1. พื้นผิวควรเหมาะสมกับผงฝุ่นและไม่ดึงดูดลายนิ้วมือ
2. สีของพื้นผิวลายพิมพ์นิ้วมือควรเลือกให้แตกต่างมากที่สุดกับพื้นผิวที่มีลายนิ้วมือแฝงเกาะอยู่
3. ผงต้องมีการยึดเกาะดี
4. ขนาดอนุภาคของผงความละเอียดเพียงพอจะได้ผลดี รูปแบบชัดเจน

## 2.8 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.8.1 งานวิจัยภายในประเทศ

ชุตินา อินตะนัย และ ร.ต.ท.ณัฐพงศ์ คงเอียง ได้ศึกษาวิจัยเรื่องการศึกษารูปแบบและจุดลักษณะสำคัญ พิเศษของลายนิ้วมือชายไทย จากข้อมูลของการพิมพ์นิ้วมือ 10 นิ้วของผู้ต้องสงสัยเพศชาย ที่พนักงานสอบสวนทั่วประเทศ ส่งมาให้ทำการพิสูจน์เปรียบเทียบในคดีต่างๆจำนวน 1,500 คน จากผลการวิจัยพบว่า มีรูปแบบลายนิ้วมือชนิดมัดหวายปัดซ้ายมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ รูปแบบมัดหวายปัดขวา ส่วนรูปแบบที่พบน้อยที่สุด คือรูปแบบซับซ้อนในนิ้วหัวแม่มือขวา รูปก้นหอยกระเป่าข้างในนิ้วชี้ขวาและนิ้วชี้ซ้าย รูปแบบโค้งกระโถมในนิ้วนางขวาและนิ้วนางซ้ายและจากการวิจัยพบว่ารูปแบบก้นหอยกระเป่าข้างเป็นรูปแบบที่พบน้อยที่สุด และพบเฉพาะในนิ้วชี้ขวาและนิ้วชี้ซ้ายเท่านั้น (บุญกมฺติ 2548)

ปิติภูมิ อมรมงคล ได้ศึกษาวิจัยเรื่องการพัฒนาผงฝุ่นเพื่อใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่าผู้เชี่ยวชาญมีความพึงพอใจในคุณภาพของผงฝุ่นที่ผลิตจาก Carbon black ในการหารอยลายนิ้วมือแฝงในด้าน ความละเอียดของเนื้อผงฝุ่น ความเข้มของผงฝุ่น ลักษณะของผงฝุ่นโดยรวม ความคมชัดของลายเส้น ความสามารถแยกลายเส้นได้ชัดเจน การกระจายตัวสม่ำเสมอของผงฝุ่น และความเหมาะสมที่อาจนำมาใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์อยู่ในเกณฑ์ดีและมีคุณภาพใกล้เคียงกับผงฝุ่นมาตรฐานที่ใช้ในปัจจุบัน (มงคล 2009)

สุธาวิณี ลิ้มสุวรรณ ได้ศึกษาวิจัยเรื่องการพัฒนาลายนิ้วมือแฝงโดยการใช้สารเคมีเรืองแสงพบว่าลายนิ้วมือแฝงที่มีความเก่าอยู่ภายในช่วง 7 วัน วิธีการปัดผงฝุ่น การรมกาว (Superglue) การใช้สารเรืองแสง(Rhodamine 6G) ทำปฏิกิริยาหลังการรมกาว ให้ผลของลายนิ้วมือปรากฏชัดเจนขึ้น แต่เมื่อลายนิ้วมือแฝงมีความเก่าแก่มากกว่า 7 วัน ถึง 1 เดือน ปรากฏว่าวิธีที่ช่วยให้ลายนิ้วมือปรากฏชัดเจนขึ้นนั้น มีเพียงวิธีการใช้สารเคมีเรืองแสง (Rhodamine 6G) ทำปฏิกิริยาหลังการรมกาวเท่านั้นที่ให้ผลดี (บุญกมฺติ 2548)

อิสรา วารีเกษม ได้ศึกษาวิจัยเรื่องการเปรียบเทียบการทดสอบลายพิมพ์นิ้วมือโดยมนุษย์และระบบตรวจสอบอัตโนมัติ โดยรวบรวมข้อมูลรายงานสถิติผลของการตรวจสอบแผ่นลายนิ้วมือ 10 นิ้ว ผลการวิจัยพบว่าระบบตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ (AFIS) พบว่าการตรวจสอบ

เปรียบเทียบบลายพิมพ์นิ้วมือ ช่วยย่นระยะเวลาการตรวจสอบได้มากกว่าและแม่นยำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ ระบบ Manual หรือสายตา ในส่วนการตรวจสอบเบื้องต้น ว่ามีการพิมพ์สลับมือสลับนิ้วหรือไม่หรือมีการพิมพ์นิ้วเท้ามาแทนลายพิมพ์ลายนิ้วมือ หรือไม่ ยังคงจำเป็นต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการจัดเตรียมการข้อมูลให้พร้อมและถูกต้องสำหรับป้อนข้อมูลเข้าไปยังเครื่อง (วาริเกษม 2553)

อุกฤษณ์ ศรีเสื่อขาม ได้ศึกษาวิจัยเรื่องประมวลลายพิมพ์นิ้วมือเบื้องต้นสำหรับระบบตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมืออัตโนมัติ จากการวิจัยพบว่าลายพิมพ์นิ้วมือที่พิมพ์ชัดเจนและมีคุณภาพดีเมื่อทำการตรวจสอบด้วยเครื่อง AFIS และได้ผลดีเท่ากับการใช้คนเป็นผู้ตรวจสอบ ส่วนภาพที่มีคุณภาพรองลงมาก็จะให้คุณภาพที่ใกล้เคียงกันแต่ยังด้อยกว่าการใช้คนเป็นผู้พิจารณา (ศรีเสื่อขาม 2541)

## 2.8.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Sodhi, G.S. et al. ได้ทำการศึกษาผงฝุ่นสำหรับการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง เทคนิคผงฝุ่นนั้นเกี่ยวข้องกับสารประกอบของรอยลายนิ้วมือแฝง โดยที่ผงฝุ่นจะเกาะติดกับเส้นขนที่อยู่ในรอยลายนิ้วมือแฝง ดังนั้นโดยปกติผงฝุ่นจะมีสี เมื่อทำการปิดด้วยผงฝุ่นจะทำให้รอยลายนิ้วมือแฝงเกิดขึ้น (Kaur, Sodhi et al. 1996)

Thomas, G.I. พบว่าการที่ผงฝุ่นไปติดที่ลรอยนิ้วมือนั้น โดยทดลองโดยใส่ถุงมือเพื่อให้แห้งจากนั้นก็เอานิ้วและฝ่ามือประทับบนกับกระจกแล้วนำไปวัดความต้านทานกระแสไฟฟ้าของเหงื่อจากนิ้วมือ พบว่ามีค่าต้านทานทางไฟฟ้า 1-10 โอห์มมิเตอร์ และมีค่าต้านทานทางไฟฟ้าจะสูงขึ้นระหว่าง 100 - 400 โอห์มมิเตอร์ เมื่อเวลาผ่านไป 4 ชั่วโมง และไม่เปลี่ยนแปลง การที่ค่าต้านทานทางไฟฟ้าสูงขึ้นเมื่อมีการระเหย อาจเป็นผลจากแรงต้านทานของสารจำพวกสารเคมีที่หลั่งออกมาจากนิ้วมือ ผลการทดลองที่ได้ ประจุที่ผิวของรอยลายนิ้วมือเกิดจากการเสียดทานกับขนแปรง ทำให้มีประจุไฟฟ้าไหลออก ฉะนั้นฝุ่นดำที่ไปติดที่รอยลายนิ้วมือ เกิดจากแรงดึงดูด เนื่องจากประจุต่างกับผิว (Thomas 1975)

Kulvir Singh, Sahil Sharma, Rakesh K. Garg ได้ศึกษาวิธีการหารอยลายนิ้วมือแฝงโดยใช้ซิลิกา และทำการศึกษาบนพื้นผิวต่างๆ ได้แก่ พลาสติก แก้ว กระจก แผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ กระจกคาร์บอน กล่องไม้ขีดไฟ กระจกแข็ง แผ่นไม้รองเคลือบมัน พื้นผิวด้านบนและของซีดี และพื้นผิวกระจกนิตยสารสีเคลือบ ซึ่งทดลองที่ได้แสดงพบว่ารอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏชัดเจนบนพื้นผิวทุกชนิด (Singh, Sharma et al. 2013)

Liqiang Tan ได้ศึกษาผลกระทบของ กรดฮิวมิก และ แมกนีเซียมไอออน ที่มีต่อการรวมตัวกันของซิลิกา โดยใช้การวัดการกระเจิงของแสง (DLS) เพื่อใช้ในการวัดขนาดของซิลิกาที่เกิดการรวมตัวกัน จากการทดลองพบว่าประจุไฟฟ้าของกรดฮิวมิก และ แมกนีเซียมไอออน ส่งผลให้เกิดการรวมตัวกันของซิลิกา ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของไอออนโลหะต่างๆ จะสามารถทำให้เกิดการรวมตัวกันของซิลิกา (Tan, Tan et al. 2018)

Katarzyna Szewczuk-Karpisz ได้ศึกษาการดูดซับของคอมโพสิตของคาร์บอนกับซิลิกา กับโปรตีนโอวาบูมิน และทำการศึกษาการรวมตัวของคอมโพสิตของคาร์บอนกับซิลิกา โดยใช้เทคนิคการดูด

ซับไนโตรเจน จากการศึกษาเมื่อโปรตีนที่ใช้ในการทดลองเกิดการเสียสภาพจะไม่สามารถดูดซับเข้าไป แออยู่ในคอมโพสิตของคาร์บอนกับซิลิกาได้ ส่งผลให้คอมโพสิตของคาร์บอนกับซิลิกาเกิดการรวมตัวกันเองแล้วมีขนาดที่เพิ่มขึ้น (Szewczuk-Karpisz, WiŚniewska et al. 2020)

Chuanjun Yuan ได้ศึกษาและพัฒนาผงฝุ่นเพื่อใช้ในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง เพื่อประสิทธิภาพในการตรวจหารอยลายนิ้วแฝงที่พบในสถานที่เกิดเหตุ จึงได้ทำการเติมสีย้อมลงไป ในโครงสร้างของไดอะทอมหรือซิลิกา โดยอาศัยประจุบวกภายในโมเลกุลของสีย้อมเพื่อให้ผงฝุ่นมีประสิทธิภาพในการใช้งานเพิ่มมากขึ้น (Yuan, Li et al. 2018)

Yu Yang ได้ศึกษาการพัฒนาผงฝุ่นตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงที่ผลิตจากอนุภาคนาโนคอมพोजิตของซิลิกากับสารเรืองแสงสีแดง ผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการจับกับรอยลายนิ้วมือแฝงที่ทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ และจากการใช้สีเรืองแสงในการทดลองทำให้สามารถประยุกต์ใช้การเรืองแสงเพื่อตรวจวิเคราะห์รอยลายนิ้วมือแฝงได้ในอีกหลากหลายพื้นผิว (Yang, Liu et al. 2019)

Revathi Rajan ได้ศึกษาการพัฒนาอนุภาคนาโนของซิลิกาทรงกลมโดยใช้แคลเซียมเป็นวัสดุดิบ ซึ่งพบว่าซิลิกาทรงกลมนั้นมีความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นผงฝุ่นเพื่อตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง เนื่องจากอนุภาคของซิลิกาเกิดแรงกระทำระหว่างโมเลกุลกับไขมันและสารประกอบอื่นที่อยู่ในรอยลายนิ้วมือได้มีประสิทธิภาพ ทำให้สามารถยึดเกาะกับรอยลายนิ้วแฝงได้ดีขึ้นทำให้ได้ลรอยลายนิ้วมือแฝงที่ชัดเจน ช่วยลดปัญหาการรบกวนของพื้นหลัง และจากการศึกษาพบว่าการรวมตัวกันของอนุภาคนาโนของซิลิกาส่งผลให้ประสิทธิภาพในการยึดเกาะกับรอยลายนิ้วมือแฝงลดลง





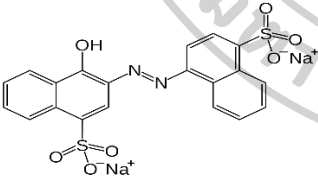
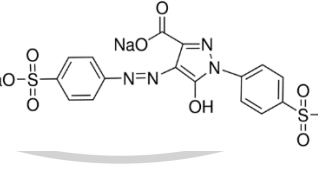
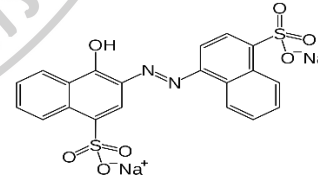
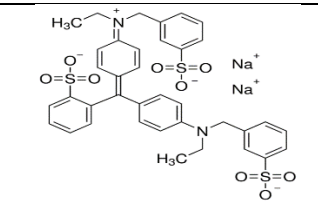
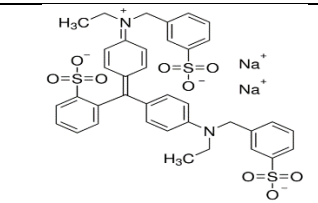
(Revathi Rajan 2020)



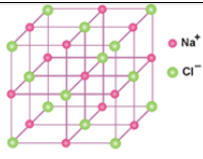
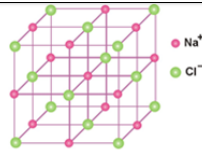
## บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

การศึกษาวิจัยนี้เป็นศึกษาวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษาการปรากฏขึ้นของลายพิมพ์นิ้วมือแฝง และความคมชัดของลายนิ้วมือแฝงบนพื้นวัตถุชนิดต่างๆ โดยมีขั้นตอนและรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

### 3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

1.1 เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง : METTLER TOLEDO JB3002-G/FACT		
1.2 สีผสมอาหาร ยี่ห้อ Star Brand		
สีแดง	สีเขียว	สีม่วง
		
		
Azorubine	Tartrazine	Azorubine
		
	brillint blue FCF	brillint blue FCF





	 <p data-bbox="726 481 960 515">Sodium Chloride</p>	 <p data-bbox="1117 481 1351 515">Sodium Chloride</p>
--	--	--

<p data-bbox="287 616 821 705">1.3 ซิลิกา เจล 60 เมริก (silica gel 60 MERCK)</p>	
<p data-bbox="287 967 750 1001">1.4 กล้องถ่ายภาพ iPhone 11 Pro max</p>	
<p data-bbox="287 1232 686 1265">1.5 ปากกาเลเบล ยี่ห้อ identi pen</p>	
<p data-bbox="287 1496 558 1529">1.6 แปรงปัดขนกระรอก</p>	
<p data-bbox="287 1758 614 1792">1.7 เทปใส 3M ยี่ห้อ Scotch</p>	

1.8 กรรไกร	
1.9 ปีกเกอร์ ขนาด 100 ml	

### 3.2 ประเภทพื้นผิวที่ใช้ทำการศึกษา

1. ถ้วยน้ำพลาสติก	
2. ถ้วยเซรามิก	

### 3.3 ขั้นตอนการเตรียมผงฝุ่นสีผสมอาหาร

ผงฝุ่นสีผสมอาหารที่เตรียม (สีแดง)	การเตรียม
สีผสมอาหาร	สีผสมอาหาร 1 กรัม
สีผสมอาหารผสม $SiO_2$ 10 wt%	สีผสมอาหาร 0.9 กรัม ผสม $SiO_2$ 0.1 กรัม
สีผสมอาหารผสม $SiO_2$ 30 wt%	สีผสมอาหาร 0.7 กรัม ผสม $SiO_2$ 0.3 กรัม

ผงฝุ่นสีผสมอาหารที่เตรียม (สีเขียว)	การเตรียม
สีผสมอาหาร	สีผสมอาหาร 1 กรัม
สีผสมอาหารผสม $SiO_2$ 10 wt%	สีผสมอาหาร 0.9 กรัม ผสม $SiO_2$ 0.1 กรัม
สีผสมอาหารผสม $SiO_2$ 30 wt%	สีผสมอาหาร 0.7 กรัม ผสม $SiO_2$ 0.3 กรัม

ผงฝุ่นสีผสมอาหารที่เตรียม (สีม่วง)	การเตรียม
สีผสมอาหาร	สีผสมอาหาร 1 กรัม
สีผสมอาหารผสม $SiO_2$ 10 wt%	สีผสมอาหาร 0.9 กรัม ผสม $SiO_2$ 0.1 กรัม
สีผสมอาหารผสม $SiO_2$ 30 wt%	สีผสมอาหาร 0.7 กรัม ผสม $SiO_2$ 0.3 กรัม

นำตัวอย่างในตารางคือ สีผสมอาหารสีแดง, สีผสมอาหารสีเขียว และสีผสมอาหารสีม่วง ผสมกับ ซิลิกา (silica) 10 wt% 30 wt% โดยมาบดภายในบีกเกอร์

นำสีผสมอาหารสีต่างๆ ชั่งน้ำหนัก 0.1 กรัม,  
0.3 กรัม ผสมกับซิลิกา 0.9 กรัม, 0.7 กรัม

ผสมให้เข้ากันและบดให้ละเอียด

ผงฝุ่นสีผสมอาหารสีต่างๆ

### 3.4 การเตรียมรอยลายนิ้วมือแฝง

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ตัวอย่างจากนิ้วหัวแม่มือจาก ตัวอย่างบุคคล 1 คน เป็นเพศชาย อายุ 25 ปี น้ำหนัก 54 กิโลกรัม ที่มีลักษณะผิวมีเหงื่อออกง่าย การเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงให้ครบจำนวนที่ต้องการนั้น อาจจะไม่สามารถเก็บได้ภายในวันเดียว ดังนั้น จึงมีการป้องกันความแตกต่างโดยการกำหนดตัวแปรต่างๆ ดังนี้

- 3.4.1 บุคคลที่ทำการประทับลายนิ้วมือ จะต้องไม่ล้างมือก่อนหน้าทำการประทับลายนิ้วมือ อย่างน้อยประมาณ 1 ชั่วโมง
- 3.4.2 ใช้นิ้วหัวแม่มือสัมผัสผิวบริเวณหน้าผากหรือที่โขน
- 3.4.3 ทำการเก็บตัวอย่างที่ห้องเดิม ปิดพัดลม ปิดเครื่องปรับอากาศ ทุกครั้ง
- 3.4.4 ระยะเวลาในการประทับรอยลายนิ้วมือแฝง 30 วินาที โดยใช้แรงกดประทับ ประมาณ 700 – 1000 g

### 3.5 การเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวของถ้วยน้ำ

- 3.5.1 นำถ้วยน้ำทั้ง 2 ชนิด มาเช็ดด้วยกระดาษทิชชู ก่อนจะทำการประทับลายนิ้วมือ ฝ่ามือแฝง
- 3.5.2 ใช้นิ้วหัวแม่มือขวาสัมผัสผิวบริเวณหน้าผากหรือที่โขน แล้วกดนิ้วหัวแม่มือลงที่ตรง พื้นผิวของถ้วยน้ำที่ใช้ในการทดลอง โดยลงน้ำหนักแรงกดนิ้วมือประมาณ 700 - 1000 g จากนั้นดึงมือในแนวตั้งเพื่อป้องกันการทำให้ลายรอยลายนิ้วมือแฝงที่ประทับไว้ เพื่อไม่ให้ลายนิ้วมือมี รอยนิ้วมือแฝงเพิ่มมากขึ้น
- 3.5.3 นำผงฝุ่นตัวอย่างที่เตรียมไว้ มาปิดเบาๆ โดยใช้แปรงปิดขนกระรอก
- 3.5.4 ตัดเทปใสให้มีขนาดพอเหมาะ แล้วนำไปติดบนรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏขึ้นมาบน ถ้วยน้ำ โดยระวังไม่ให้เกิดฟองอากาศจากนั้นลอกเทปใสที่มีรอยลายนิ้วมือแฝงขึ้นมาติดบน กระดาษสีขาวที่เตรียมไว้
- 3.5.5 นำรอยลายนิ้วมือฝ่ามือแฝงที่ลอกเก็บได้ มาบันทึกภาพด้วยกล้องถ่ายภาพ โทรศัพท์มือถือ ยี่ห้อ iPhone 11 Pro max

เตรียมนิ้วมือเพื่อประทับรอยลายนิ้วมือโดยการ  
ไม่ล้างมือก่อนหน้าทำการประทับลายนิ้วมือ  
อย่างน้อยประมาณ 1 ชั่วโมง



ใช้นิ้วหัวแม่มือสัมผัสบริเวณหน้าผากหรือที่โขน



ประทับรอยลายนิ้วมือบนพื้นผิวที่ทำการศึกษา  
เป็นระยะเวลา 30 วินาที  
น้ำหนัก 700 - 1,000 กรัม



ใช้แปรงปัดขนกระรอกปัดที่พื้นผิวที่ศึกษา



ตัดเทปใสให้มีขนาดพอเหมาะ แล้วนำไปติดบน  
รอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏขึ้น จากนั้นลอก  
เทปใสที่มีรอยลายนิ้วมือแฝงขึ้นมาติดบน  
กระดาษสีขาวที่เตรียมไว้



นำรอยลายนิ้วมือฝ่ามือแฝงที่ลอกเก็บได้  
มาบันทึกภาพด้วยกล้องถ่ายภาพโทรศัพท์มือถือ  
ยี่ห้อ iPhone 11 Pro max

### 3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.6.1 การวิเคราะห์และการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนถ้วยน้ำแต่ละชนิดอาศัยการนับจำนวนจุด minutiae ถ้าผ่านเกณฑ์ “V” หมายถึง พื้นผิวของถ้วยน้ำแต่ละชนิดที่ตรวจพบลายนิ้วมือฝ่ามือแฝง มีจำนวนมีจำนวนจุด minutiae มากกว่า 10 จุด หรือถ้าไม่ผ่านเกณฑ์ “X” หมายถึง พื้นผิวของถ้วยน้ำแต่ละชนิดที่ตรวจพบลายนิ้วมือฝ่ามือแฝง มีจำนวนมีจำนวนจุด minutiae น้อยกว่า 10 จุด หรือตรวจไม่พบเลย โดยให้ผู้ชำนาญกลุ่มงานตรวจพิสูจน์รอยนิ้วแฝงเป็นผู้ทำการตรวจวิเคราะห์

3.6.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) ยี่ห้อ TESCAN รุ่น MIRA 3 เพื่อทดสอบเพื่อทราบถึงลักษณะของอนุภาคผงฝุ่น โดยได้ใช้สภาวะในการตรวจวิเคราะห์ ดังนี้

ที่กำลังขยาย 500 เท่า

SEM HV : 25.0 kV	WD : 14.85 mm
View field : 415 $\mu$ m	Det : BSE
SEM MEG : 500 x	BI : 8.00

ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า

SEM HV : 25.0 kV	WD : 14.85 mm
View field : 208 $\mu$ m	Det : BSE
SEM MEG : 1.00 kx	BI : 8.00

ที่กำลังขยาย 5,000 เท่า

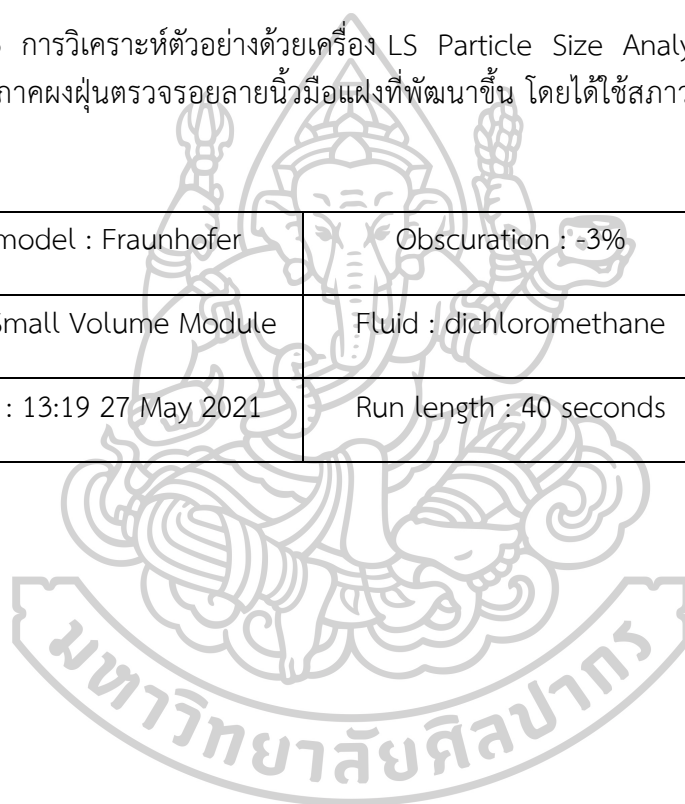
SEM HV : 25.0 kV	WD : 14.86 mm
View field : 415 $\mu$ m	Det : SE + BSE
SEM MEG : 5.00 kx	BI : 8.00

และการตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของผงฝุ่นสีผสมอาหารด้วย Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDS) เพื่อทราบถึงองค์ประกอบของธาตุต่างๆที่พบในผงฝุ่นสีผสมอาหารที่พัฒนาขึ้น ตรวจรอยลายนิ้วมือแฝงที่พัฒนาขึ้น โดยได้ใช้สภาวะในการตรวจวิเคราะห์ ดังนี้

kV : 25	Life Time (s) : 20 mm
Mag : 667	Amp Time ( $\mu$ s) : 3.84
Takeoff : 47.2	Resolution (eV) : 131.7

3.6.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเครื่อง LS Particle Size Analyzer เพื่อทดสอบเพื่อหาขนาดของอนุภาคผงฝุ่นตรวจรอยลายนิ้วมือแฝงที่พัฒนาขึ้น โดยได้ใช้สภาวะในการตรวจวิเคราะห์ ดังนี้

Optical model : Fraunhofer	Obscuration : -3%
LS 100Q : Small Volume Module	Fluid : dichloromethane
Start time : 13:19 27 May 2021	Run length : 40 seconds



## บทที่ 4

### ผลการทดลอง และวิจารณ์ผลการทดลอง

#### 4.1 ผลการทดลองปิดผงฝุ่นสีผสมอาหาร

การศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาผงฝุ่นจากผงสีผสมอาหารเพื่อใช้ในการตรวจรอยลายนิ้วมือฝ่ามือแฉงบนถ้วยที่ทำจากเซรามิกและพลาสติก เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง ( Experiment ) ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาโดยใช้สีผสมอาหารนำมาผ่านกระบวนการเพื่อพัฒนาเป็นผงฝุ่นสำหรับตรวจหารอยลายนิ้วมือแฉง โดยในงานวิจัยนี้ได้เลือกหารอยลายนิ้วมือแฉงบนพื้นผิวเรียบและไม่มีรูพรุน คือแก้วน้ำ 2 ชนิด เป็นพื้นผิวตัวอย่างในการทดสอบเบื้องต้น โดยให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการตรวจสอบที่เกิดเหตุทำการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฉง เพื่อทดสอบคุณภาพของผงฝุ่นที่พัฒนาขึ้นเพื่อการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฉงในทางนิติวิทยาศาสตร์ โดยมีผลการวิเคราะห์ที่ได้ดังนี้

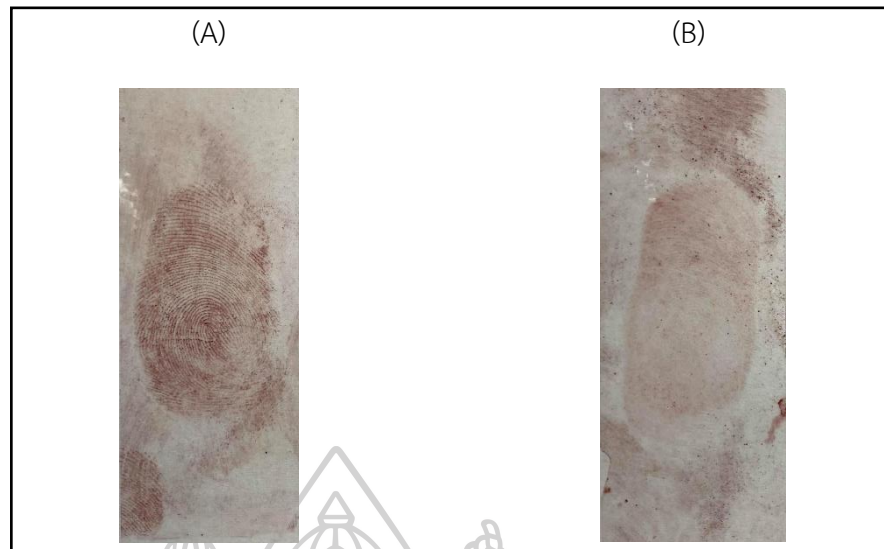
จากการทดลองเก็บตัวอย่างบุคคล 1 คน โดยรอยลายนิ้วมือลงบนแก้วน้ำ 2 ชนิด คือ แก้วน้ำพลาสติกและเซรามิก และตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และนับจุดสำคัญพิเศษ โดยรอยที่ตรวจเก็บได้คือ รอยลายนิ้วมือที่ปรากฏบนแก้วน้ำ ทั้ง 2 ชนิด ที่มีลายนิ้วมือชัดเจนเพียงพอที่จะอ่านจุดลักษณะสำคัญพิเศษ จำนวน 10 จุด

จากการทดลองพบว่ารอยลายนิ้วมือที่ไม่สามารถตรวจเก็บได้มีรูปแบบพลาสติก ดังนี้ คือไม่ปรากฏลายนิ้วมือแฉงบนแก้วน้ำ ลายนิ้วมือแฉงที่ปรากฏขึ้นมีลายเส้นไม่เพียงพอต่อการอ่านค่าจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้ครบ 10 จุด ลายนิ้วมือแฉงปรากฏขึ้นบนถ้วยน้ำ แต่มีลักษณะประอะเปื้อน ไม่ปรากฏให้เห็นเป็นลายเส้นให้เห็น

เมื่อพิจารณารอยลายนิ้วมือที่ได้จากตัวอย่างบุคคลพบว่า สามารถทำการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฉงได้จากแก้วน้ำทั้ง 2 ชนิด ในกรณีของผงฝุ่นสีผสมอาหารสีแดง ซึ่งลายนิ้วมือแฉงที่ทำการเก็บมีลักษณะลายเส้นที่ชัดเจนสมบูรณ์ดังรูปที่ 1 แต่ในกรณีของผงฝุ่นสีผสมอาหารสีเขียวและผงฝุ่นสีผสมอาหารสีม่วงลายนิ้วมือแฉงที่ทำการเก็บมีลักษณะลายเส้นที่ไม่ชัดเจนหรือไม่ปรากฏลายเส้นดังรูปที่ 2 และ 3

เมื่อนำสีผสมอาหารทั้ง 3 สี มาผสมกับซิลิกา (silica) ที่ 10 %wt , 30 %wt เมื่อนำมาปิดฝุ่นบนพื้นผิวแก้วน้ำทั้งสอง คือ เซรามิก และพลาสติก พบว่ารอยลายนิ้วมือแฉงที่ได้จากผงฝุ่นจากสีผสมอาหารสีแดงที่เก็บได้บนแก้วมีลักษณะดังรูปที่ 1 และรอยลายนิ้วมือแฉงที่ได้จากผงฝุ่นจากสีผสมอาหารสีเขียวที่เก็บได้บนแก้วมีลักษณะดังรูปที่ 2 และรอยลายนิ้วมือแฉงที่ได้จากผงฝุ่นจากสีผสมอาหารสีม่วงที่เก็บได้บนแก้วมีลักษณะดังรูปที่ 3

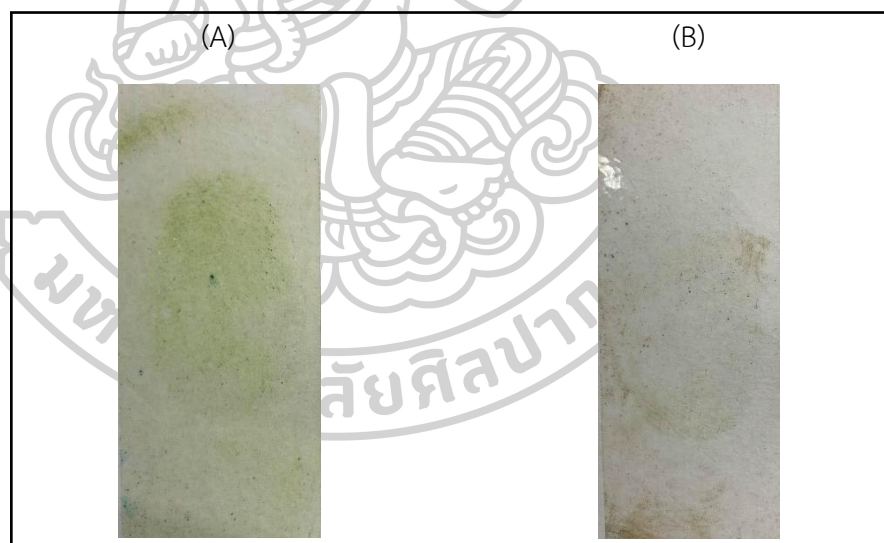




รูปที่ 1 คุณภาพรอยลายนิ้วมือจากผงฝุ่นสีผสมอาหารสีแดง

(A) รอยลายนิ้วมือแฝงที่แก้วเซรามิค

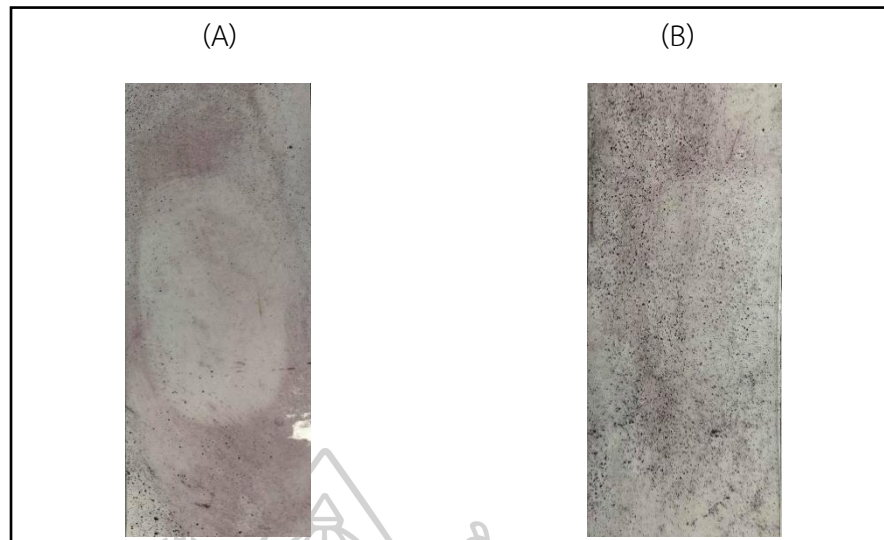
(B) รอยลายนิ้วมือแฝงที่แก้วพลาสติก



รูปที่ 2 คุณภาพรอยลายนิ้วมือจากผงฝุ่นสีผสมอาหารสีเขียว

(A) รอยลายนิ้วมือแฝงที่แก้วเซรามิค

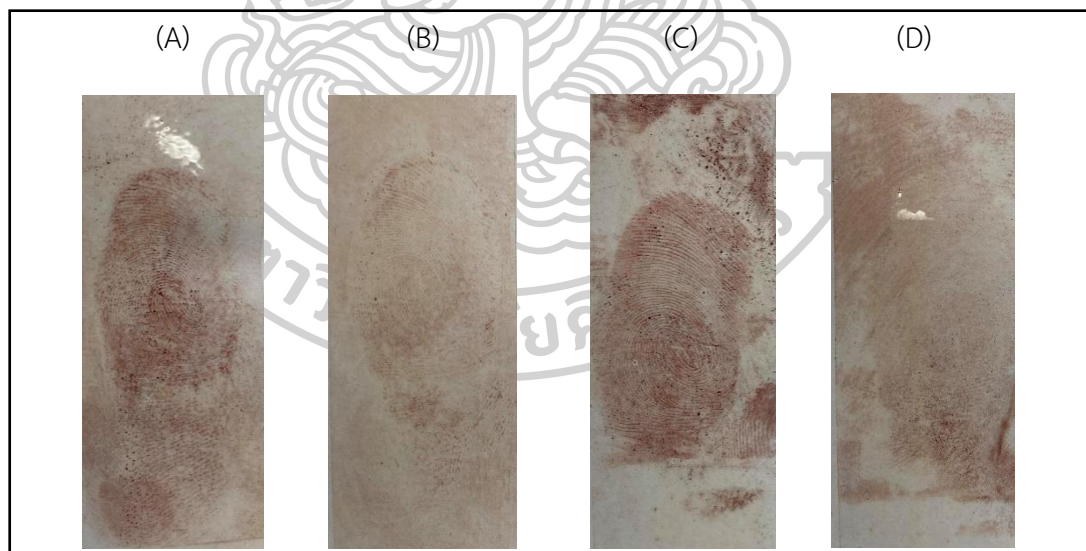
(B) รอยลายนิ้วมือแฝงที่แก้วพลาสติก



รูปที่ 3 คุณภาพรอยลายนิ้วมือจากผงฝุ่นสีผสมอาหารสีม่วง

(A) รอยลายนิ้วมือแฝงที่แก้วเซรามิค

(B) รอยลายนิ้วมือแฝงที่แก้วพลาสติก



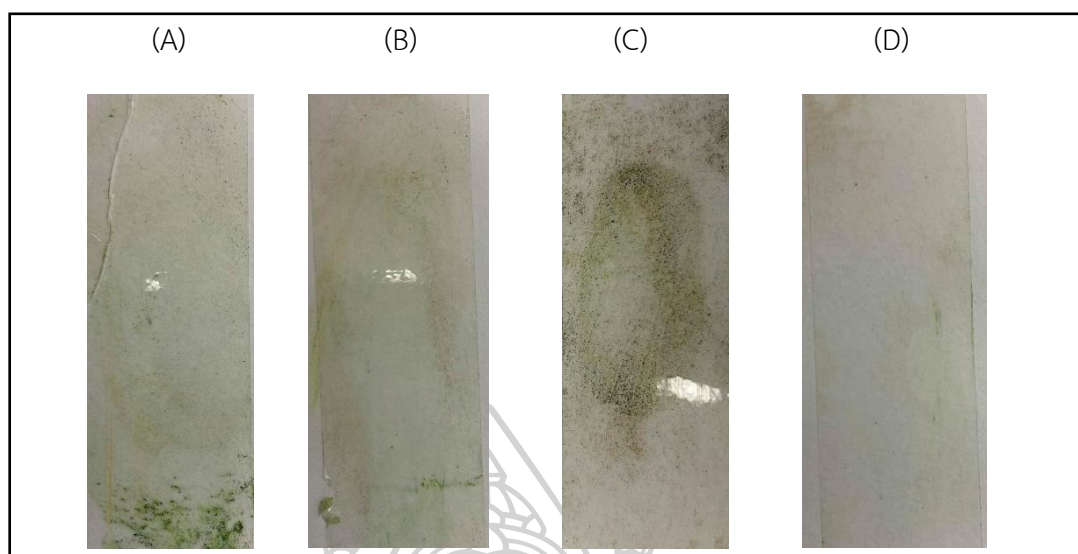
รูปที่ 4 ลายนิ้วมือแฝงจากผงฝุ่นสีผสมอาหารสีแดง

(A) ผงฝุ่นสีผสมอาหารผสมกับซิลิกา 10%wt บนพื้นผิวแก้วเซรามิค

(B) ผงฝุ่นสีผสมอาหารผสมกับซิลิกา 30%wt บนพื้นผิวแก้วเซรามิค

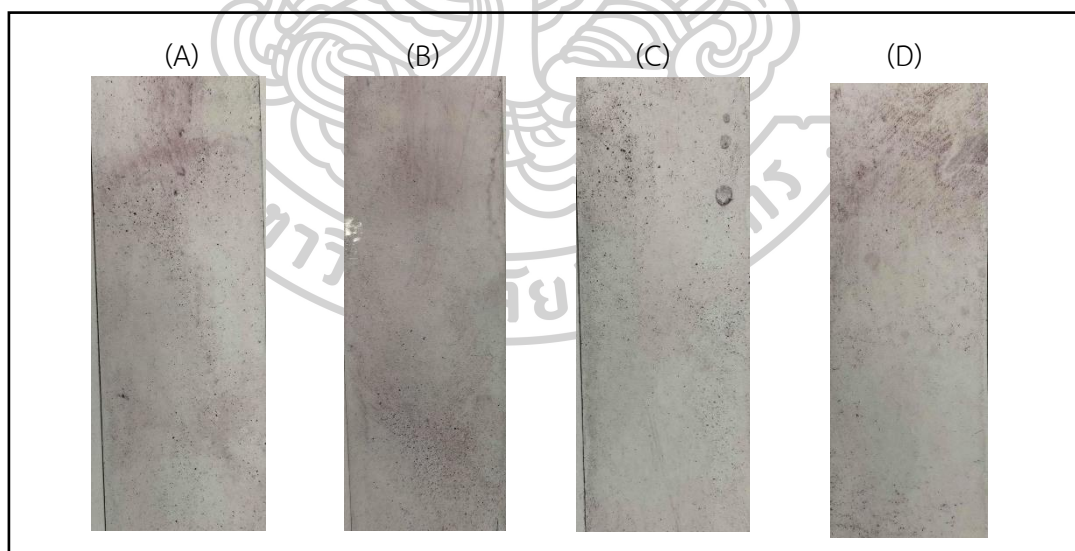
(C) ผงฝุ่นสีผสมอาหารผสมกับซิลิกา 10%wt บนพื้นผิวแก้วพลาสติก

(D) ผงฝุ่นสีผสมอาหารผสมกับซิลิกา 30%wt บนพื้นผิวแก้วพลาสติก



รูปที่ 5 ลายนิ้วมือแฝงจากผงฝุ่นสีผสมอาหารสีเขียว

- (A) ผงฝุ่นสีผสมอาหารผสมกับซิลิกา 10%wt บนพื้นผิวแก้วเซรามิค
- (B) ผงฝุ่นสีผสมอาหารผสมกับซิลิกา 30%wt บนพื้นผิวแก้วเซรามิค
- (C) ผงฝุ่นสีผสมอาหารผสมกับซิลิกา 10%wt บนพื้นผิวแก้วพลาสติก
- (D) ผงฝุ่นสีผสมอาหารผสมกับซิลิกา 30%wt บนพื้นผิวแก้วพลาสติก



รูปที่ 6 ลายนิ้วมือแฝงจากผงฝุ่นสีผสมอาหารสีม่วง

- (A) ผงฝุ่นสีผสมอาหารผสมกับซิลิกา 10%wt บนพื้นผิวแก้วเซรามิค
- (B) ผงฝุ่นสีผสมอาหารผสมกับซิลิกา 30%wt บนพื้นผิวแก้วเซรามิค
- (C) ผงฝุ่นสีผสมอาหารผสมกับซิลิกา 10%wt บนพื้นผิวแก้วพลาสติก
- (D) ผงฝุ่นสีผสมอาหารผสมกับซิลิกา 30%wt บนพื้นผิวแก้วพลาสติก

เมื่อนำผลการตรวจรอยลายนิ้วมือแฝงมาอ่านค่าโดยผงฝุ่นจากสีผสมอาหาร บนพื้นผิวของแก้ว 2 ชนิด แก้วเซรามิกและแก้วพลาสติก โดยจากการอ่านค่า 10 จุดลักษณะพิเศษ ให้ผลการทดลองดังนี้

ผลการตรวจลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏขึ้นบนพื้นผิวแก้ว หลังจากปิดด้วยผงฝุ่นจากสีผสมอาหารผสมกับซิลิกา (silica)

ผงฝุ่นที่ผลิตจากสีผสมอาหาร	ผสมซิลิกา (%wt)	ชนิดของแก้ว					
		แก้วเซรามิก			แก้วพลาสติก		
สีผสมอาหารสีแดง	0	√	√	√	√	√	X
สีผสมอาหารสีแดง	10	√	√	√	√	√	X
สีผสมอาหารสีแดง	30	√	√	√	√	X	X
สีผสมอาหารสีเขียว	0	X	X	X	X	X	X
สีผสมอาหารสีเขียว	10	X	X	X	X	X	X
สีผสมอาหารสีเขียว	30	X	X	X	X	X	X
สีผสมอาหารสีม่วง	0	X	X	X	X	X	X
สีผสมอาหารสีม่วง	10	X	X	X	X	X	X
สีผสมอาหารสีม่วง	30	X	X	X	X	X	X

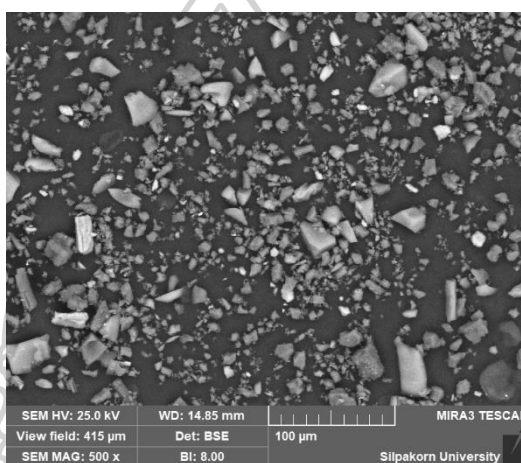
√ หมายถึง สามารถอ่านค่าจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้ครบ 10 จุด

X หมายถึง ไม่สามารถอ่านค่าจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้ครบ 10 จุด

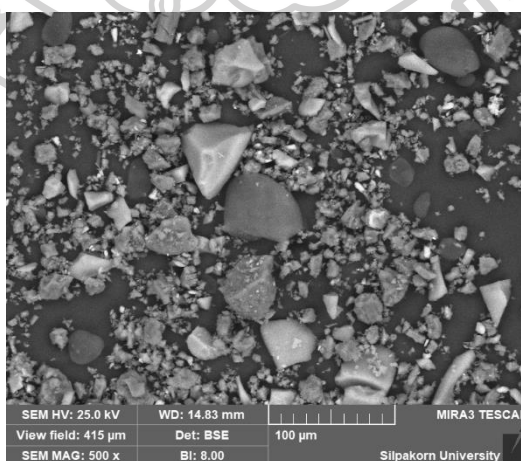


#### 4.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM)

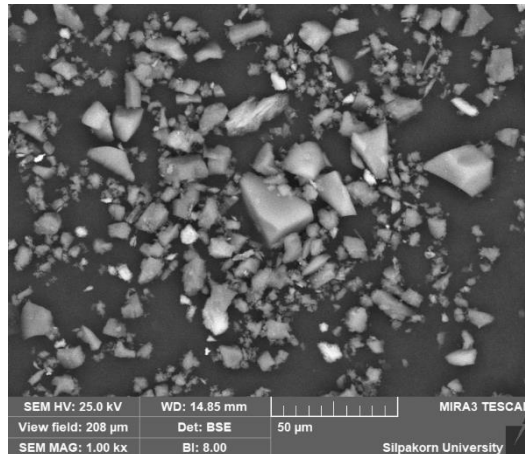
เมื่อนำตัวอย่างผงฝุ่นสีผสมอาหารสีแดงผสมกับซิลิกา 10%wt ซึ่งให้การทดลองที่ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับผงฝุ่นสีผสมอาหารประเภทอื่นๆ มาทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 7 – 12 จากภาพที่ได้จากเครื่อง Scanning Electron Microscope ทำให้ทราบว่าผงฝุ่นสีผสมอาหารสีแดงผสมกับซิลิกา 10%wt นั้นจากภาพจะเห็นได้ว่าซิลิกากระจายอยู่ทั่วไปและมีลักษณะของการรวมตัวกันของอนุภาคสีผสมอาหารได้เข้าไปแทรกอยู่ภายในรูพรุนของซิลิกา และพบว่าอนุภาคที่มีขนาดที่แตกต่างกันหลายขนาด ซึ่งอาจเกิดจากการรวมตัวกันของอนุภาคซิลิกาด้วยตัวเอง ทำให้สามารถพบอนุภาคที่มีขนาดและรูปร่างที่แตกต่างกัน



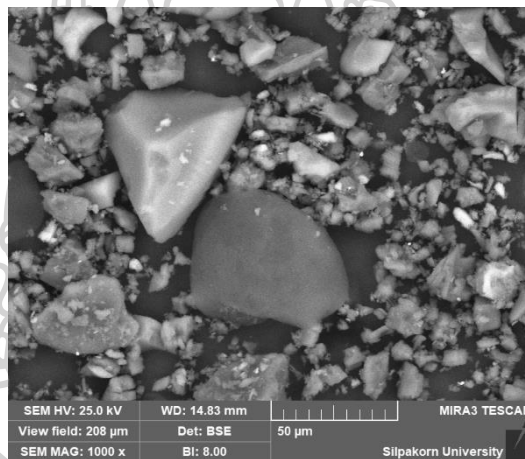
รูปที่ 7 ผงฝุ่นสีผสมอาหารสีแดงผสมกับซิลิกา 10%wt ที่กำลังขยาย 500 เท่า



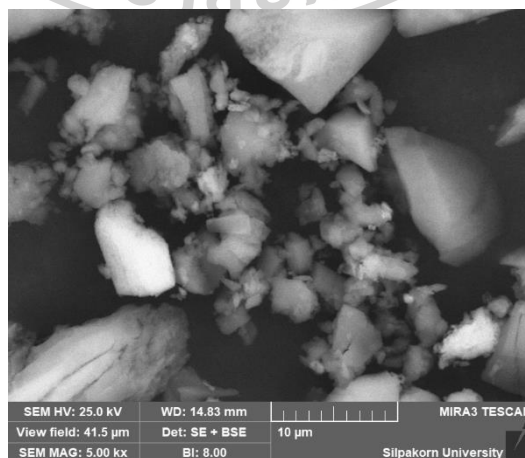
รูปที่ 8 ผงฝุ่นสีผสมอาหารสีแดงผสมกับซิลิกา 10%wt ที่กำลังขยาย 500 เท่า



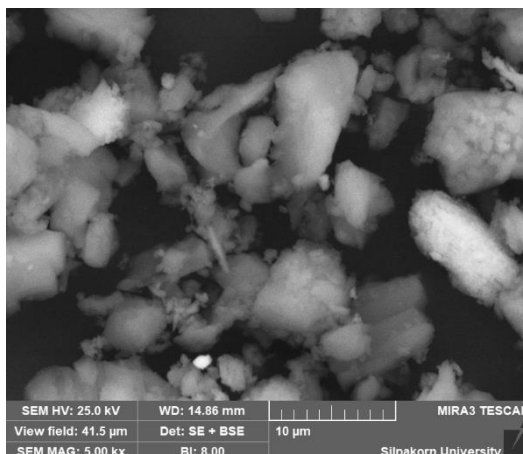
รูปที่ 9 ผงฝุ่นสีผสมอาหารสีแดงผสมกับซิลิกา 10%wt ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า



รูปที่ 10 ผงฝุ่นสีผสมอาหารสีแดงผสมกับซิลิกา 10%wt ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า



รูปที่ 11 ผงฝุ่นสีผสมอาหารสีแดงผสมกับซิลิกา 10%wt ที่กำลังขยาย 5,000 เท่า



รูปที่ 12 ผงฝุ่นสีผสมอาหารสีแดงผสมกับซิลิกา 10%wt ที่กำลังขยาย 5,000 เท่า

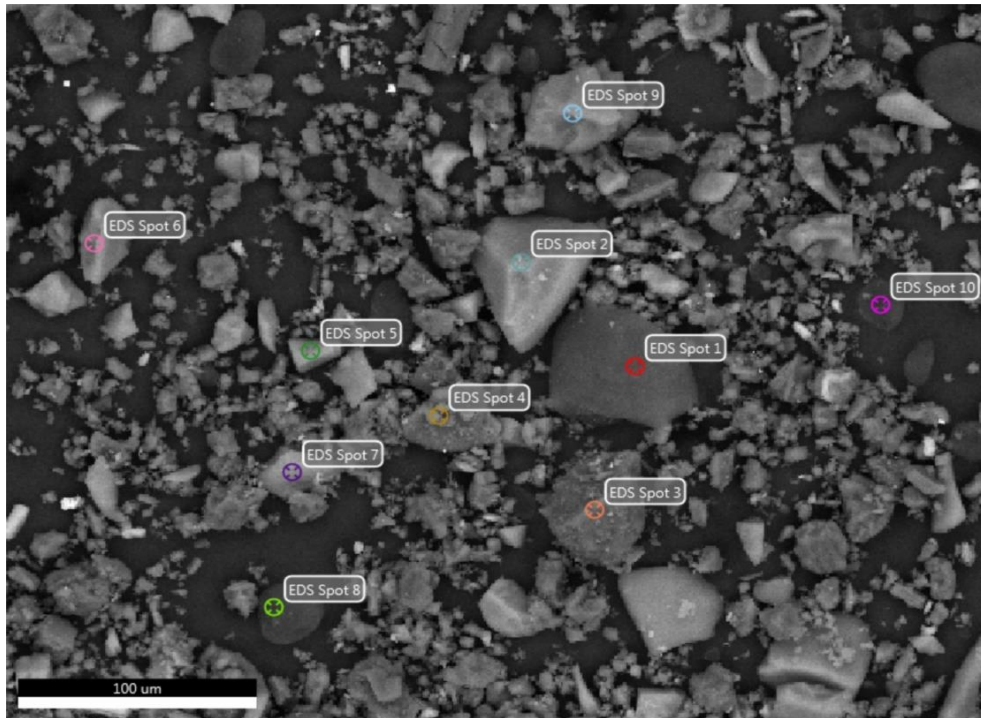
การทดลองหาองค์ประกอบของธาตุที่เป็นองค์ประกอบภายในผงฝุ่นสีผสมอาหารผสมสีแดงกับซิลิกา 10%wt โดยใช้เทคนิค SEM – EDS โดยในการทดลองนี้ได้ทำการทำการตรวจหาที่บริเวณต่างๆ จำนวน 10 จุด โดยผลการทดลองที่ได้เป็นดังนี้

ตำแหน่ง	ธาตุที่ตรวจพบ
1	C, O, Na, Si, S, Cl, Ca
2	O, Na, Si, S, Cl
3	C, O, Na, S, Cl, K
4	C, O, Na, Si, S, K, Ca, Cu
5	C, O, Na, Si, S, Cl, K
6	C, O, Na, Al, Si, S, Cl, K
7	C, O, Na, Si, S, Cl, K
8	C, O, Na, Si, S
9	C, O, Na, Si, S, Cl, K
10	C, O, Na, Al, Si, S

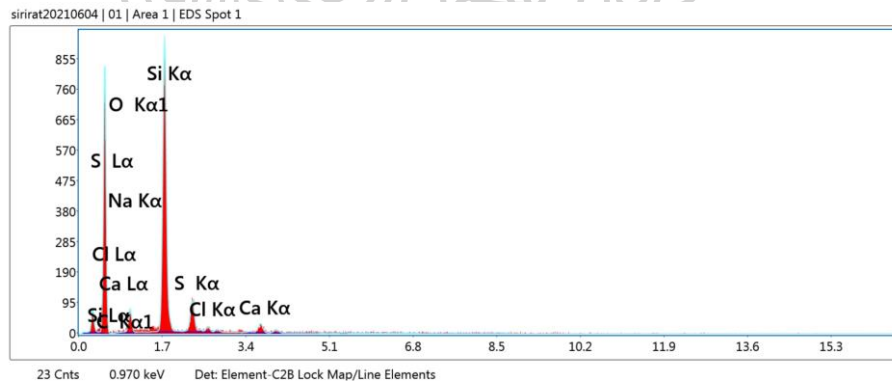
- ตำแหน่งที่ 1 มีลักษณะเป็นผลึกขนาดประมาณ 70  $\mu m$  โดยธาตุที่พบมากที่สุดคือ Si และ O จึงสามารถบอกได้ว่าที่บริเวณนี้เป็นโครงที่มี  $SiO_2$  เป็นหลัก

- ตำแหน่งที่ 2 มีลักษณะเป็นผลึกขนาดประมาณ 60  $\mu\text{m}$  โดยธาตุที่พบมากที่สุดคือ Si และ O จึงสามารถบอกได้ว่าที่บริเวณนี้เป็นโครงที่มี  $\text{SiO}_2$  เป็นหลัก
- ตำแหน่งที่ 3 มีลักษณะเป็นผลึกขนาดประมาณ 55  $\mu\text{m}$  โดยธาตุที่พบมากที่สุดคือ C, O, Na และ S จึงสามารถบอกได้ว่าที่บริเวณนี้เป็นโครงที่มี Azorubine เป็นหลัก
  
- ตำแหน่งที่ 4 มีลักษณะเป็นผลึกขนาดประมาณ 40  $\mu\text{m}$  โดยธาตุที่พบมากที่สุดคือ C, O, Na, Si และ S จึงสามารถบอกได้ว่าที่บริเวณนี้เป็นโครงที่มี  $\text{SiO}_2$  และ Azorubine รวมตัวกันอยู่เป็นหลัก
- ตำแหน่งที่ 5 มีลักษณะเป็นผลึกขนาดประมาณ 20  $\mu\text{m}$  โดยธาตุที่พบมากที่สุดคือ C, O, Na, Si และ S จึงสามารถบอกได้ว่าที่บริเวณนี้เป็นโครงที่มี  $\text{SiO}_2$  และ Azorubine รวมตัวกันอยู่เป็นหลัก
- ตำแหน่งที่ 6 มีลักษณะเป็นผลึกขนาดประมาณ 40  $\mu\text{m}$  โดยธาตุที่พบมากที่สุดคือ C, O, Na, Si และ S จึงสามารถบอกได้ว่าที่บริเวณนี้เป็นโครงที่มี  $\text{SiO}_2$  และ Azorubine รวมตัวกันอยู่เป็นหลัก
- ตำแหน่งที่ 7 มีลักษณะเป็นผลึกขนาดประมาณ 35  $\mu\text{m}$  โดยธาตุที่พบมากที่สุดคือ C, O, Na, Si และ S จึงสามารถบอกได้ว่าที่บริเวณนี้เป็นโครงที่มี  $\text{SiO}_2$  และ Azorubine รวมตัวกันอยู่เป็นหลัก
- ตำแหน่งที่ 8 มีลักษณะเป็นผลึกขนาดประมาณ 30  $\mu\text{m}$  โดยธาตุที่พบมากที่สุดคือ C, O, Na, Si และ S จึงสามารถบอกได้ว่าที่บริเวณนี้เป็นโครงที่มี  $\text{SiO}_2$  และ Azorubine รวมตัวกันอยู่เป็นหลัก
- ตำแหน่งที่ 9 มีลักษณะเป็นผลึกขนาดประมาณ 40  $\mu\text{m}$  โดยธาตุที่พบมากที่สุดคือ C, O, Na, Si และ S จึงสามารถบอกได้ว่าที่บริเวณนี้เป็นโครงที่มี  $\text{SiO}_2$  และ Azorubine รวมตัวกันอยู่เป็นหลัก
- ตำแหน่งที่ 10 มีลักษณะเป็นผลึกขนาดประมาณ 25  $\mu\text{m}$  โดยธาตุที่พบมากที่สุดคือ C, O, Na, Si และ S จึงสามารถบอกได้ว่าที่บริเวณนี้เป็นโครงที่มี  $\text{SiO}_2$  และ Azorubine รวมตัวกันอยู่เป็นหลัก



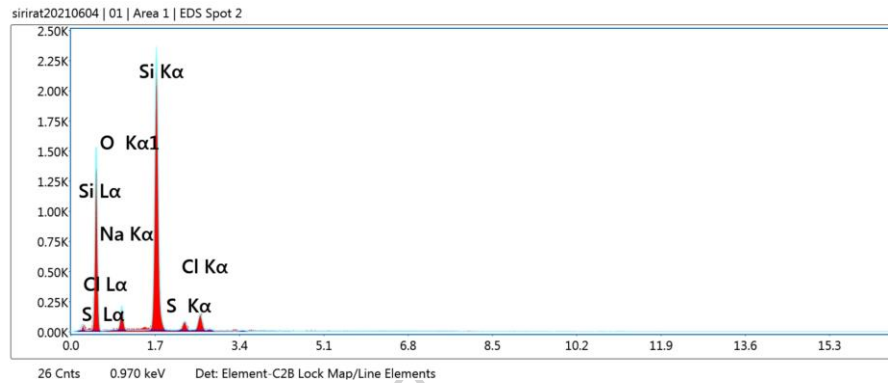


รูปที่ 13 ตำแหน่งต่างๆที่ทำการตรวจสอบองค์ประกอบของธาตุต่างๆ ด้วยเครื่อง SEM – EDS



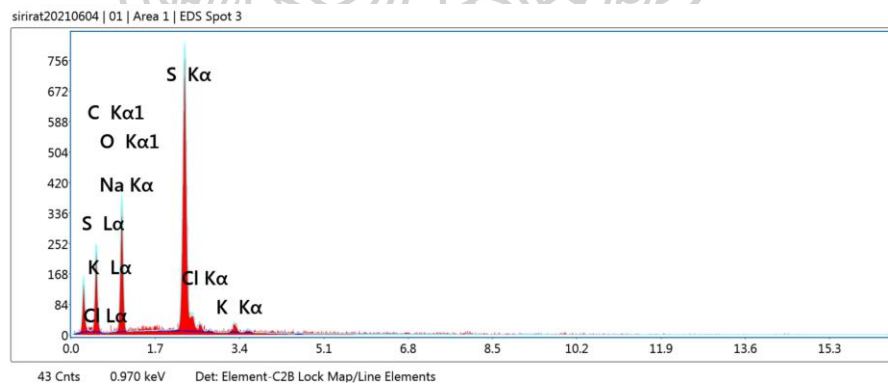
Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
C K	13.09	19.03	19.68	16.31	0.0236	1.0603	0.1702	1.0000
O K	57.10	62.32	279.85	9.55	0.1545	1.0190	0.2655	1.0000
NaK	4.62	3.51	26.64	15.43	0.0118	0.9297	0.2742	1.0023
SiK	20.49	12.74	407.56	5.13	0.1332	0.9336	0.6946	1.0030
S K	2.96	1.61	46.87	13.15	0.0189	0.9159	0.6937	1.0050
ClK	0.56	0.28	8.75	27.09	0.0038	0.8721	0.7648	1.0072
CaK	1.18	0.51	16.71	14.04	0.0099	0.8858	0.9376	1.0168

รูปที่ 14 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM – EDS ที่ตำแหน่งที่ 1



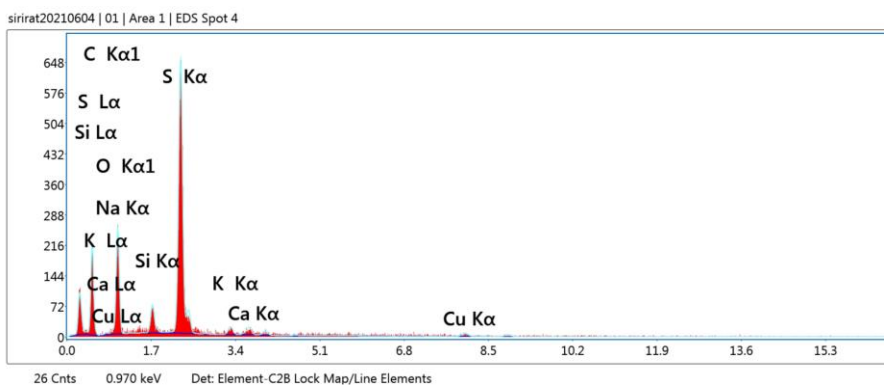
Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	54.73	67.61	509.32	8.69	0.1806	1.0395	0.3175	1.0000
NaK	7.39	6.35	73.25	11.70	0.0208	0.9490	0.2966	1.0027
SiK	32.92	23.17	1031.21	4.65	0.2166	0.9533	0.6886	1.0022
S K	1.66	1.03	36.10	17.26	0.0093	0.9355	0.5979	1.0052
ClK	3.30	1.84	74.06	9.08	0.0205	0.8908	0.6933	1.0041

รูปที่ 15 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM – EDS ที่ตำแหน่งที่ 2



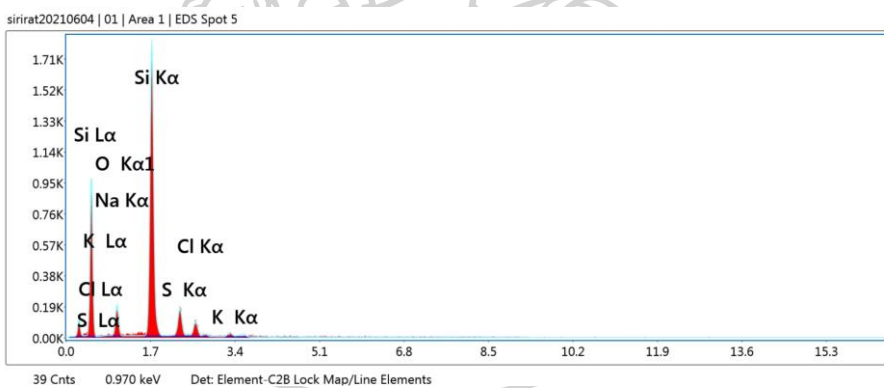
Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
C K	33.38	46.93	44.34	13.94	0.0526	1.0625	0.1483	1.0000
O K	27.02	28.53	77.12	12.79	0.0421	1.0211	0.1524	1.0000
NaK	18.34	13.47	141.14	9.32	0.0618	0.9317	0.3610	1.0016
S K	19.55	10.30	392.36	3.44	0.1563	0.9181	0.8673	1.0040
ClK	0.77	0.36	11.75	29.71	0.0050	0.8741	0.7427	1.0055
K K	0.94	0.41	14.42	22.39	0.0072	0.8714	0.8708	1.0098

รูปที่ 16 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM – EDS ที่ตำแหน่งที่ 3



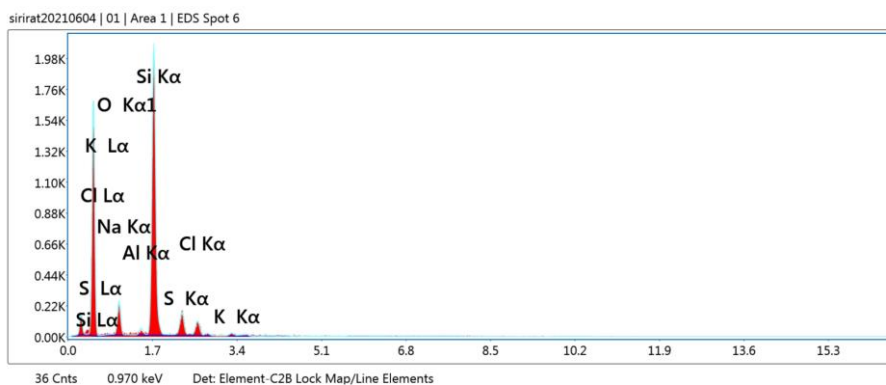
Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
C K	31.14	44.57	33.88	14.57	0.0486	1.0649	0.1467	1.0000
O K	28.69	30.83	68.82	12.96	0.0454	1.0236	0.1548	1.0000
NaK	15.84	11.85	95.10	10.38	0.0504	0.9342	0.3399	1.0015
SiK	1.84	1.13	29.02	13.21	0.0114	0.9383	0.6518	1.0086
S K	19.84	10.64	322.48	3.75	0.1555	0.9207	0.8482	1.0037
K K	0.77	0.34	9.71	26.87	0.0059	0.8739	0.8671	1.0122
CaK	0.87	0.37	10.01	21.00	0.0071	0.8907	0.9088	1.0143
CuK	1.02	0.27	6.28	27.29	0.0091	0.7689	1.0146	1.1503

รูปที่ 17 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM - EDS ที่ตำแหน่งที่ 4



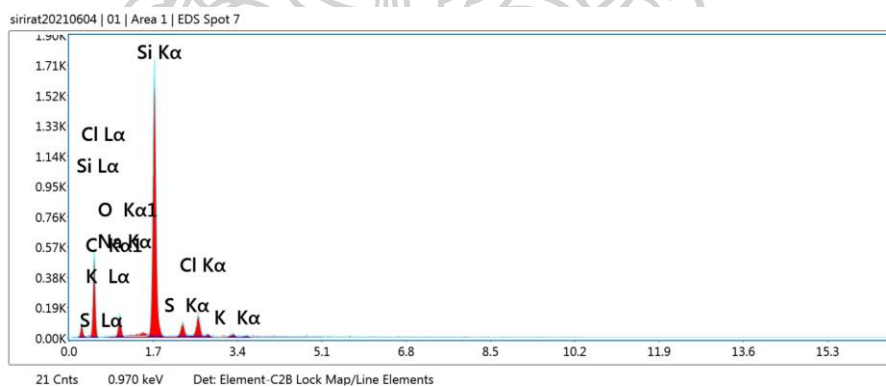
Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
C K	14.21	21.37	28.40	15.72	0.0217	1.0677	0.1432	1.0000
O K	47.61	53.73	324.53	9.83	0.1142	1.0263	0.2338	1.0000
NaK	7.01	5.50	71.13	11.49	0.0201	0.9366	0.3053	1.0025
SiK	25.17	16.18	802.06	4.61	0.1672	0.9407	0.7040	1.0030
S K	3.43	1.93	81.52	10.60	0.0210	0.9230	0.6594	1.0052
ClK	2.03	1.03	47.84	11.15	0.0131	0.8788	0.7324	1.0054
K K	0.54	0.25	12.87	21.23	0.0042	0.8760	0.8652	1.0107

รูปที่ 18 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM - EDS ที่ตำแหน่งที่ 5



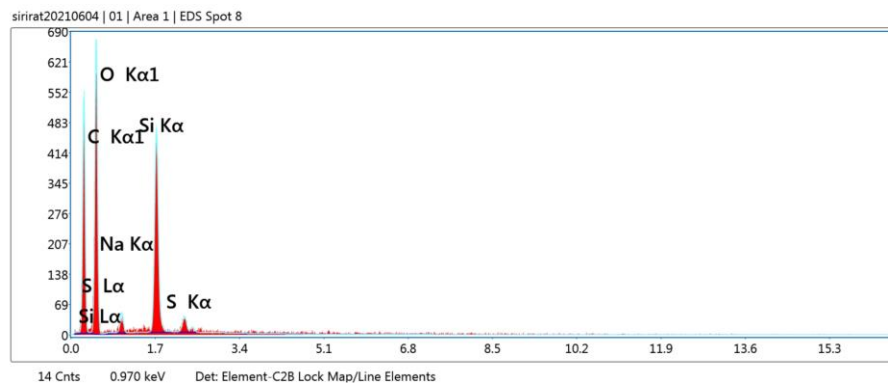
Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
C K	13.89	20.34	43.34	14.44	0.0237	1.0630	0.1606	1.0000
O K	53.34	58.65	561.83	9.25	0.1414	1.0216	0.2594	1.0000
NaK	6.64	5.08	88.68	11.53	0.0179	0.9321	0.2884	1.0024
AlK	0.61	0.40	19.78	16.61	0.0030	0.9150	0.5441	1.0084
SiK	21.29	13.34	916.37	4.77	0.1366	0.9360	0.6833	1.0028
S K	2.30	1.26	78.71	9.28	0.0145	0.9183	0.6809	1.0053
ClK	1.58	0.79	53.92	9.80	0.0106	0.8744	0.7596	1.0059
K K	0.34	0.15	11.42	22.72	0.0026	0.8715	0.8866	1.0121

รูปที่ 19 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM - EDS ที่ตำแหน่งที่ 6



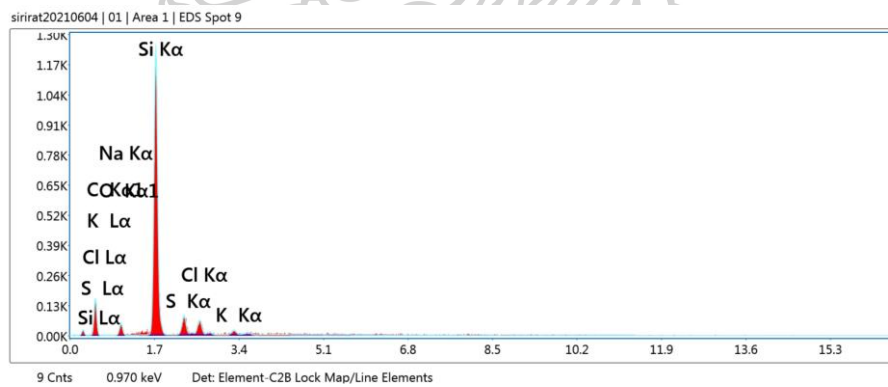
Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
C K	18.39	27.79	26.94	15.14	0.0261	1.0694	0.1327	1.0000
O K	39.78	45.12	181.63	10.62	0.0809	1.0281	0.1979	1.0000
NaK	6.12	4.83	52.74	11.99	0.0189	0.9384	0.3272	1.0027
SiK	28.94	18.70	760.46	4.32	0.2007	0.9426	0.7336	1.0029
S K	2.32	1.31	42.64	13.99	0.0139	0.9249	0.6425	1.0063
ClK	3.75	1.92	69.51	8.47	0.0242	0.8807	0.7269	1.0050
K K	0.69	0.32	12.78	21.75	0.0052	0.8779	0.8511	1.0097

รูปที่ 20 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM - EDS ที่ตำแหน่งที่ 7



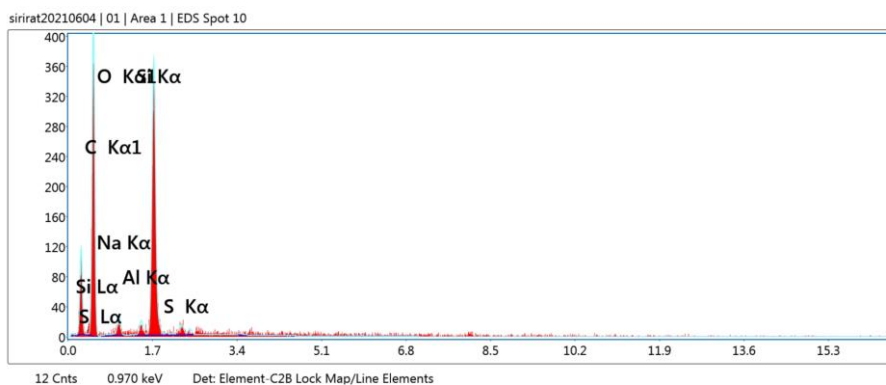
Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
C K	41.12	49.97	163.36	9.46	0.1394	1.0311	0.3287	1.0000
O K	48.99	44.70	224.97	10.68	0.0883	0.9897	0.1820	1.0000
NaK	2.03	1.29	16.29	17.75	0.0051	0.9020	0.2790	1.0018
SiK	7.19	3.74	206.33	5.29	0.0480	0.9051	0.7347	1.0033
S K	0.67	0.31	17.71	14.08	0.0051	0.8877	0.8446	1.0070

รูปที่ 21 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM-EDS ที่ตำแหน่งที่ 8



Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
C K	12.75	21.68	6.33	24.96	0.0139	1.0880	0.0999	1.0000
O K	28.44	36.31	51.73	12.79	0.0521	1.0468	0.1750	1.0000
NaK	4.54	4.03	20.15	14.19	0.0163	0.9561	0.3741	1.0032
SiK	42.72	31.06	543.87	3.91	0.3245	0.9609	0.7881	1.0030
S K	5.63	3.59	41.23	11.68	0.0303	0.9431	0.5683	1.0052
ClK	4.40	2.54	32.36	12.48	0.0254	0.8981	0.6400	1.0042
K K	1.52	0.80	11.67	19.85	0.0108	0.8954	0.7865	1.0070

รูปที่ 22 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM-EDS ที่ตำแหน่งที่ 9



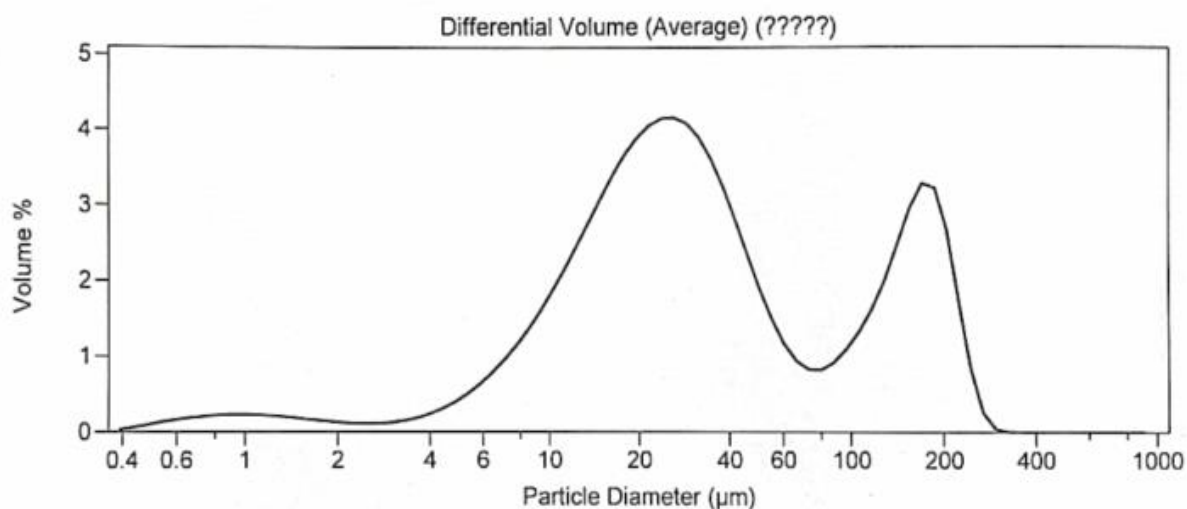
Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
C K	27.07	35.44	34.62	12.89	0.0672	1.0432	0.2382	1.0000
O K	55.41	54.47	142.59	10.57	0.1274	1.0018	0.2295	1.0000
NaK	2.39	1.64	8.30	24.24	0.0060	0.9134	0.2719	1.0023
AlK	0.85	0.50	8.01	20.34	0.0044	0.8964	0.5698	1.0076
SiK	13.72	7.68	168.39	5.75	0.0891	0.9168	0.7068	1.0022
S K	0.56	0.27	5.87	28.42	0.0038	0.8993	0.7605	1.0052

### รูปที่ 23 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM – EDS ที่ตำแหน่งที่ 10

จากผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM – EDS สีสผสมอาหารได้รวมตัวกับซิลิกาเกิดเป็นองค์ประกอบชนิดใหม่ขึ้น เนื่องจากพบผลึกที่มีองค์ประกอบของธาตุ C, O, Na, Si, S อยู่ในตำแหน่งที่ 3 – 10 ซึ่งธาตุเหล่านี้เป็นองค์ประกอบของ Azorubine และ ซิลิกา และยังตรวจพบการรวมตัวกันของซิลิกาทำให้เกิดอนุภาคของซิลิกาที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ในตำแหน่งที่ 1 และ 2 เนื่องจากขนาดของอนุภาคของซิลิกามีขนาดที่เพิ่มขึ้นจากเดิม และในบางตำแหน่งตรวจพบธาตุ Cl และ Ca ในปริมาณเล็กน้อยซึ่งอาจเกิดจากกานปนเปื้อนเข้ามาในระหว่างกระบวนการผลิตเพราะเนื่องจากในกระบวนการผลิตสีผสมอาหารจะมีการใช้เกลือแกง (Sodium chloride) เป็นส่วนประกอบ ซึ่งสามารถบอกได้จากสีผสมอาหารสีเขียว และ สีม่วง ได้มีการเติมเกลือแกงลงไปเป็นส่วนประกอบของสีผสมอาหารเข้าไปด้วย

### 4.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเครื่อง LS Particle Size Analyzer

ได้นำผงฝุ่นสีผสมอาหารสีแดง ผสมกับซิลิกา 10%wt ไปทำการหาขนาดของอนุภาคโดยใช้เครื่อง LS Particle Size Analyzer เพื่อตรวจสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคผลการทดลองที่ได้เป็นดังนี้



รูปที่ 24 กราฟแสดงขนาดของอนุภาคของผงฝุ่นสีผสมอาหารผสมกับซิลิกา 10%wt สีแดง

ซึ่งผลการทดลองที่อ่านค่าได้จากกราฟแสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยของขนาดอนุภาคมีค่าอยู่ที่ประมาณ 58  $\mu\text{m}$  แล้วส่วนมากจะมีขนาดอนุภาคอยู่ที่ประมาณ 26  $\mu\text{m}$  และในผงฝุ่นนี้มีอนุภาคที่มีขนาดที่แตกต่างกันอยู่ 2 ชนิด คือ อนุภาคของสีผสมอาหารสีแดง ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 28 และอนุภาคของซิลิกา (silica) ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 170  $\mu\text{m}$



## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง

จากงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวของแก้วที่ไม่มีรูพรุนคือแก้วเซรามิกและพลาสติก โดยใช้ผงฝุ่นที่พัฒนาขึ้นจากสีผสมอาหาร เพื่อนำมาใช้ทดแทนผงฝุ่นที่ใช้ในทางนิติวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันที่มีราคาสูง

#### สรุปและอภิปรายการทดลอง

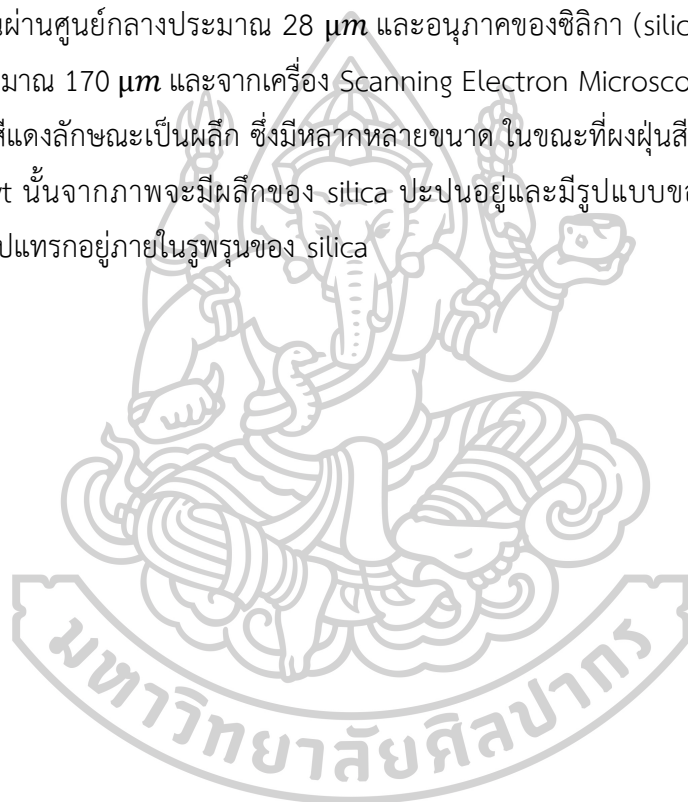
งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาผงฝุ่นจากสีผสมอาหารจำนวน 3 ชนิด คือ ผงฝุ่นจากสีผสมอาหารสีแดง ผงฝุ่นจากสีผสมอาหารสีเขียว และผงฝุ่นจากสีผสมอาหารสีม่วง โดยนำไปใช้ในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวแก้วเซรามิกและพลาสติกที่มีผิวเรียบและไม่มีรูพรุน ซึ่งลักษณะพื้นผิวประเภทนี้เหมาะสมกับการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยวิธีปิดด้วยผงฝุ่น ดังนั้นหากสามารถพัฒนาผงฝุ่นจากสีผสมอาหารที่มีประสิทธิภาพดี จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมากในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุยานต่างๆ โดยจากการทดลองพบว่าผงฝุ่นสีผสมอาหารสีแดงที่ผสมกับซิลิกา ในอัตราส่วนร้อยละ 10 โดยน้ำหนักนั้น ให้ผงฝุ่นจากสีผสมอาหารที่มีคุณภาพดีที่สุด ซึ่งสามารถทำให้รอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏชัดเจนสามารถอ่านค่าจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้ครบ 10 จุด เมื่อเปรียบเทียบกับผงฝุ่นจากสีผสมอาหารชนิดอื่นๆ ซึ่งพบว่าลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏขึ้นมีลายเส้นไม่เพียงพอต่อการอ่านค่าจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้ครบ 10 จุด และมีลักษณะเปราะเปื้อน หรือไม่ปรากฏให้เห็นเป็นลายเส้นให้เห็น และเมื่อทำการเปรียบเทียบกันระหว่างพื้นผิวแก้วเซรามิกกับแก้วพลาสติกพบว่าบนพื้นผิวแก้วเซรามิกนั้นให้รอยลายนิ้วมือที่ปรากฏชัดเจน เนื่องจากแก้วเซรามิกนั้นมีความแข็งมากกว่าแก้วพลาสติกส่งผลให้เมื่อทำการปรับทัปรอยลายนิ้วมืออาจส่งให้รอยลายนิ้วมือนั้นไปทับได้ดีไม่เท่ากับรอยลายนิ้วมือที่ประทับบนพื้นผิวของแก้วเซรามิก

การศึกษาโครงสร้างของผงฝุ่นสีผสมอาหารด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) พบว่าเมื่อนำตัวอย่างผงฝุ่นสีผสมอาหารสีแดงผสมกับซิลิกา ร้อยละ 10 โดยมวล นำมาทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope ทำให้ทราบว่าผงฝุ่นสีผสมอาหารสีแดงผสมกับซิลิกา พบว่ามีอนุภาคของซิลิกากระจายอยู่ทั่วไปและมีลักษณะของการรวมตัวกันของอนุภาคสีผสมอาหารเข้าไปแทรกอยู่ภายในรูพรุนของซิลิกา และมีอนุภาคที่มีขนาดที่แตกต่างกันหลายขนาด ซึ่งอาจเกิดจากการรวมตัวกันของอนุภาคซิลิกาทำให้เกิดเป็นอนุภาคใหม่ที่มีขนาดใหญ่และรูปร่างที่เปลี่ยนแปลงไปเพิ่มมากขึ้น



จากผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM - EDS กับผงฝุ่นสีผสมอาหารสีแดงผสมกับซิลิกา ร้อยละ 10 โดยมวล พบว่าสีผสมอาหารได้รวมตัวกับซิลิกาเกิดเป็นองค์ประกอบชนิดใหม่ขึ้น เนื่องจากพบอนุภาคที่มีองค์ประกอบของธาตุ C, O, Na, Si, S อยู่ในตำแหน่งที่ 3 - 10 ซึ่งธาตุเหล่านี้เป็นองค์ประกอบของ Azorubine และ ซิลิกา และยังตรวจพบการรวมตัวกันของซิลิกาทำให้เกิดอนุภาคของซิลิกาที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและมีรูปร่างที่มีความหลากหลายเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากในตำแหน่งที่ 1 และ 2 ขนาดของอนุภาคของซิลิกามีขนาดที่เพิ่มขึ้นจากขนาดเดิมของซิลิกา

จากศึกษาขนาดของอนุภาคของผงฝุ่นสีผสมอาหารสีแดงที่ผสมกับซิลิกา ในอัตราส่วนร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก พบว่ามีอนุภาคที่มีขนาดที่แตกต่างกันอยู่ 2 ชนิด คือ อนุภาคของสีผสมอาหารสีแดง ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ  $28 \mu\text{m}$  และอนุภาคของซิลิกา (silica) ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ  $170 \mu\text{m}$  และจากเครื่อง Scanning Electron Microscope ทำให้ทราบว่าผงฝุ่นสีผสมอาหารสีแดงลักษณะเป็นผลึก ซึ่งมีหลากหลายขนาด ในขณะที่ผงฝุ่นสีผสมอาหารสีแดงผสมกับซิลิกา 10%wt นั้นจากภาพจะมีผลึกของ silica ปะปนอยู่และมีรูปแบบของการที่ผลึกของสีผสมอาหารได้เข้าไปแทรกอยู่ในรูพรุนของ silica



## รายการอ้างอิง

Kaur, J., et al. (1996). "The application of phase transfer catalysis to fingerprint detection." Science & Justice 36(4): 267-269.

Rajan, R., et al. (2020). "Robust synthesis of mono-dispersed spherical silica nanoparticle from rice husk for high definition latent fingerprint development." Arabian Journal of Chemistry 13(11): 8119-8132.

Revathi Rajan, Y. Z., Shaharum Shamsuddin, Nik Fakhuruddin Nik Hassan, Nik Fakhuruddin Nik (2020). "Robust synthesis of mono-dispersed spherical silica nanoparticle from rice husk for high definition latent fingerprint development." Arabian Journal of Chemistry.

Singh, K., et al. (2013). "Visualization of latent fingerprints using silica gel G: a new technique." Egyptian Journal of Forensic Sciences 3(1): 20-25.

Szewczuk-Karpisz, K., et al. (2020). "Adsorption layer structure on the surface of carbon-silica composite in the presence of proteins of different internal stability and Cu (II) ions–The effect on solid aggregation." Journal of Molecular Liquids 309: 113072.

Tan, L., et al. (2018). "Effects of humic acid and Mg<sup>2+</sup> on morphology and aggregation behavior of silica aerogels." Journal of Molecular Liquids 264: 261-268.

Thomas, G. (1975). "The resistivity of fingerprint material." Journal of the Forensic Science Society 15(2): 133-135.

Yang, Y., et al. (2019). "Red-emissive conjugated oligomer/silica hybrid nanoparticles with

high affinity and application for latent fingerprint detection." Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects 565: 118-130.

Yuan, C., et al. (2018). "Cationic dye-diatomite composites: novel dusting powders for developing latent fingerprints." Dyes and Pigments 153: 18-25.

คงเอียง, ช. อ. แ. ร. ต. ท. ณ. (2540). การศึกษารูปแบบและจุดลักษณะสำคัญพิเศษของลายเส้นในลายนิ้วมือชายไทย.

บุญกมุติ, ส. (2548). การพัฒนาลายนิ้วมือแฝงโดยใช้สารเคมีเรืองแสง. มหาวิทยาลัยมหิดล.

มงคล, ป. ภ. อ. (2009). การพัฒนา ผง ผุ่น เพื่อ ใช้ ใน งาน นิติวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัย ศิลปากร.

รงค์, ท. ท. ท. (2015). การพัฒนา ผง ผุ่น ดำ จาก ถ่าน ไม้ เพื่อ ใช้ ใน การ ตรวจ รอย ลาย นิ้ว มือ แฝง บน ถ้วย ที่ ทำ จาก เซรามิก พลาสติก และ กระดาษ, มหาวิทยาลัย ศิลปากร.

วาริเกษม, อ. (2553). การเปรียบเทียบการตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมือโดยมนุษย์และระบบตรวจสอบอัตโนมัติ. มหาวิทยาลัยมหิดล.

ศรีเสื่อขาม, อ. (2541). การประมวลผลลายพิมพ์นิ้วมือเบื้องต้น สำหรับระบบตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมืออัตโนมัติ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง.



## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ร้อยตำรวจโทฐิติวัฒน์ มหาวิโร
วัน เดือน ปี เกิด	4 ตุลาคม 2538
สถานที่เกิด	ประเทศไทย
วุฒิการศึกษา	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ที่อยู่ปัจจุบัน	89/18 หมู่ที่ 1 ตำบลบ้านแพ้ว อำเภอบางแพ้ว จังหวัดสมุทรสาคร
ผลงานตีพิมพ์	การพัฒนาผงฝุ่นจากผงสีผสมอาหารเพื่อใช้ในการตรวจรอยลายนิ้วมือฝ่ามือ แฝง บนถ้วยที่ทำจากเซรามิกและพลาสติก มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

