



อิทธิพลของพอลิเมอร์เซลลูโลสในสารละลายไนโนไฮดรินต่อการตรวจจับลายนิ้วมือแฝงสำหรับกระดาษ

เทอร์มอล

โดย

นางสาวมัทนพร สาหร่าย



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

อิทธิพลของพอลิเมอร์เซลลูโลสในสารละลายไนไฮดรินต่อการตรวจจับลายนิ้วมือแฝง
สำหรับกระดาษเทอร์มอล



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ แผนก ก แบบ ก 2
มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2567
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

INFLUENCE OF POLYMER CELLULOSE IN NINHYDRIN SOLUTION ON THE
DETECTION OF LATENT FINGERPRINTS FOR THERMAL PAPER.



By
MISS Muttanaporn SARAI

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for Master of Science (FORENSIC SCIENCE)

Academic Year 2024

Copyright of Silpakorn University

630720049 : นิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2

คำสำคัญ : ลายนิ้วมือแฝง กระดาษเทอร์มอล นินไฮดริน เซลลูโลส, เซลลูโลสอะซิเตทบิวทิเรต

นางสาว มัทนพร สาหร่าย: อิทธิพลของพอลิเมอร์เซลลูโลสในสารละลายนินไฮดรินต่อการตรวจจับลายนิ้วมือแฝงสำหรับกระดาษเทอร์มอล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รองศาสตราจารย์ ดร. สุธินี เกิดเทพ

อะซิโตนทำให้กระดาษเทอร์มอลมีสีที่เปลี่ยนไปเป็นสีน้ำตาล-ดำมากกว่าปิโตรเลียม อีเทอร์ โดยเมื่อเติม พอลิเมอร์ตระกูลเซลลูโลส ลงไปในสารละลายนินไฮดรินทั้งสองชนิด พบว่าเซลลูโลสอะซิเตทบิวทิเรต (CAB) สามารถช่วยลดคราบดำของกระดาษเทอร์มอลลงได้ดี โดยที่ปริมาณ CAB ที่เหมาะสมในสารละลาย acetone/ninhydrin และ petroleum ether/ninhydrin ได้แก่ 1 และ 0.5 %wt ตามลำดับ โดยแสดงค่าดัชนีความขาวของกระดาษความร้อนเท่ากับ 80.78 ± 3.63 % และ 61.28 ± 11.89 % ตามลำดับ นอกจากนี้ลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจด้วยน้ำยานินไฮดรินทุกสูตรก่อนและหลังการศึกษาคงอยู่ของลายนิ้วมือแฝงที่เวลาต่าง ๆ มีค่าใกล้เคียงกับจุดสำคัญพิเศษของลายนิ้วมือแฝงที่ใช้สารละลายนินไฮดรินสำหรับการหาลายนิ้วมือที่ใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์ โดยที่มีจำนวนจุดสำคัญพิเศษนั้นมีค่ามากกว่า 10 จุดโดยสามารถระบุตัวบุคคลได้ อีกทั้งการเติม CAB ชี้ให้เห็นว่าอัตราการลดลงของจุดสำคัญพิเศษลดลง โดยเฉพาะกรณีของ 0.5 %wt CAB/ninhydrin/petroleum ether น้ำยานินไฮดรินในงานวิจัยนี้ถือเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในตรวจสอบลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษความร้อนด้วยการนับจุดลักษณะสำคัญพิเศษด้วยตาเปล่าได้ด้วยตนเองโดยไม่ต้องอาศัยเครื่องเอฟิส นอกจากนี้น้ำยานินไฮดรินในงานวิจัยนี้ค่าราคาของสารเคมีที่ไม่แพงและง่ายต่อการเตรียมอีกด้วย

630720049 : Major (FORENSIC SCIENCE)

Keyword : Latent fingerprint Thermal paper Ninhydrin Cellulose, cellulose acetate butyrate

MISS Muttanaporn SARAI : Influence of polymer cellulose in ninhydrin solution on the detection of latent fingerprints for thermal paper. Thesis advisor : Associate Professor Sutinee Girdthep, Ph.D.

Acetone discolors thermal paper more brown-black than petroleum ether. Adding polymer cellulose to both types of ninhydrin solution, it was found that the brown-black color of the thermal paper had disappeared. Cellulose acetate butyrate (CAB) was found to be able to reduce black stains on thermal paper very well. Optimal concentration of CAB in solution of acetone/ninhydrin and petroleum ether/ninhydrin were 1 and 0.5 %wt, respectively. It suggested the whiteness index of the thermal paper being 80.78 ± 3.63 % and 61.28 ± 11.89 %, respectively. In addition, the latent fingerprints examined with all types of ninhydrin solution in this research before and after the ageing study at different times showed that the minutae of latent fingerprints was similar to using the forensic ninhydrin solution. It was found that the special significance of latent fingerprints is a value greater than 10 points, which could verify a person. Moreover, the cellulose acetate butyrate (CAB) incorporation indicated that the rate of decline of minutae of latent fingerprints decreased, especially in the case of 0.5 %wt CAB/ninhydrin/petroleum ether. The ninhydrin solution in this research is considered as an alternative method for detecting latent fingerprints on thermal paper by manually counting minutae with the naked eyes, without using an AFIS machine. In addition, the ninhydrin solution used in this research is inexpensive and easy to prepare.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากความช่วยเหลือจาก รองศาสตราจารย์ ดร. สุธิณี เกิดเทพ ที่เป็นทั้งปรีชาวิทยานิพนธ์ แนะนำแนวทางการวิจัย ให้ความรู้ คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ ติดตามความคืบหน้างานวิจัย ตลอดจนแนะนำแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดี ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของอาจารย์เป็นอย่างยิ่ง ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณประธานกรรมการ อาจารย์ ดร. ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง ที่กรุณาให้ คำแนะนำการทำงานวิจัยและแนวคิดต่างๆที่เป็นประโยชน์ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณทุนการศึกษาสำหรับนักศึกษาในหลักสูตรบัณฑิตศึกษา เพื่อเป็นผู้ช่วยวิจัย จาก งบประมาณเงินรายได้ในส่วนของคณะวิทยาศาสตร์ สำหรับนางสาวมัทนพร สาหร่าย ขอขอบคุณ สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์

ขอกราบขอบพระคุณพันตำรวจโทหญิง ดร. กุลนาถ ชนาชินรัฐ กลุ่มงานตรวจลายนิ้วมือแฝง ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 7 ที่ได้ช่วยตรวจสอบคุณภาพของลายนิ้วมือแฝงด้วยเครื่องตรวจพิสูจน์ลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ และเตรียมสารละลายนินไฮดรินของนิติวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในการวิจัย

ขอขอบคุณบริษัทฟาร์มาแพค แพลน เทคโนโลยี จำกัด ที่คอยสนับสนุนในการศึกษาเรียนรู้ สุดท้ายนี้ขอขอบคุณบิดา มารดา ครอบครัวอันเป็นที่รักยิ่ง ที่เป็นกำลังใจสำคัญและให้การสนับสนุน ตลอดมา

มัทนพร สาหร่าย

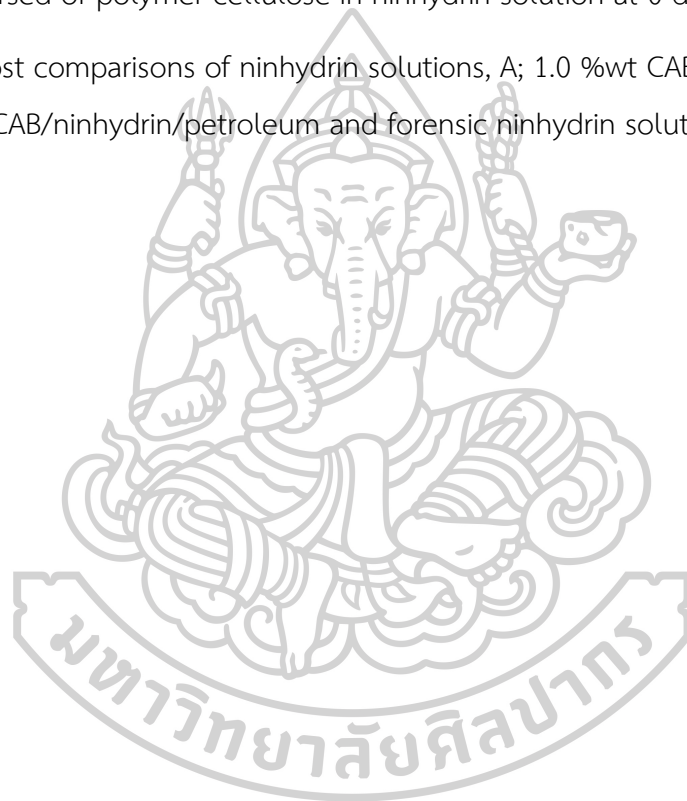
สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	3
1.3 สมมติฐานของงานวิจัย.....	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
1.6 นิยามศัพท์ที่เกี่ยวข้อง.....	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 ลายนิ้วมือ.....	7
2.2 กระดาษเทอร์มอล (Thermal Paper).....	11
2.3 นินไฮดริน (Ninhydrin).....	14
2.4 ระบบตรวจพิสูจน์ลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ AFIS.....	16
2.5 พอลิเมอร์ตระกูลเซลลูโลส.....	17
2.6 ปีโตรเลียมอีเทอร์.....	19
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	20

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	23
3.1 วัสดุและอุปกรณ์.....	23
3.2 วิธีการวิจัย.....	24
3.2.1 ศึกษาการเตรียมสารละลายนินไฮดรินที่มีพอลิเมอร์ตระกูลเซลลูโลส.....	24
3.2.2 ศึกษาประสิทธิภาพการตรวจเก็บลายนิ้วมือบนกระดาษเทอร์มอลที่ได้จากใช้สารละลายนินไฮดรินที่มีการเติมพอลิเมอร์เซลลูโลส.....	26
3.2.3 การศึกษาปัจจัยด้านระยะเวลาที่มีผลต่อคุณภาพของลายนิ้วมือแฝง.....	26
3.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	27
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	28
4.1 ศึกษาการเตรียมสารละลายนินไฮดรินที่มีพอลิเมอร์ตระกูลเซลลูโลส.....	28
4.2 ศึกษาประสิทธิภาพการตรวจเก็บลายนิ้วมือบนกระดาษเทอร์มอลที่ได้จากใช้สารละลายนินไฮดรินที่มีการเติมพอลิเมอร์เซลลูโลส.....	31
4.3 การศึกษาปัจจัยด้านระยะเวลาที่มีผลต่อคุณภาพของลายนิ้วมือแฝง.....	37
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	44
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	44
5.2 ข้อเสนอแนะในงานวิจัย.....	45
รายการอ้างอิง.....	46
ภาคผนวก.....	49
ประวัติผู้เขียน.....	98

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 Study of the viscosity of various polymers in acetone solvent.	29
ตารางที่ 2 Prepared ninhydrin solutions.....	31
ตารางที่ 3 The table shows images of latent fingerprints on thermal paper stored after being immersed of polymer cellulose in ninhydrin solution at 0 day.....	32
ตารางที่ 4 Cost comparisons of ninhydrin solutions, A; 1.0 %wt CAB/ninhydrin/acetone, B; 0.5 %wt CAB/ninhydrin/petroleum and forensic ninhydrin solution.	43



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 ขอบเขตด้านวิธีการศึกษา 3 ส่วน.....	4
ภาพที่ 2 แสดงชั้นผิวหนัง ผิวหนังประกอบด้วย 3 ชั้น	8
ภาพที่ 3 เส้นขน-เส้นร่องของผิวหนังตรงบริเวณลายนิ้วมือของมนุษย์	8
ภาพที่ 4 Thermal Paper Layer.....	12
ภาพที่ 5 กระบวนการการทำงานของกระดาษเทอร์มอล	12
ภาพที่ 6 ปฏิกิริยาการลดรอยดำของกระดาษเทอร์มอลโดยใช้ PVP	13
ภาพที่ 7 Chemical structure of ninhydrin.....	14
ภาพที่ 8 Reaction of an amino acid with ninhydrin.....	15
ภาพที่ 9 โครงสร้างทางเคมีของพอลิเมอร์ตระกูลเซลลูโลส	17
ภาพที่ 10 Cellulose polymer derivatives	18
ภาพที่ 11 Cellulose polymer structure.....	19
ภาพที่ 12 Petroleum Ether Structure.....	20
ภาพที่ 13 Polymer solution in acetone at a concentration of 5.0 (%wt).....	30
ภาพที่ 14 Physical appearance of thermal paper (a) before and (b) after dipped with acetone and petroleum ether solution.....	33
ภาพที่ 15 Chemical structure of (a) acetone, (b) petroleum ether, (c) ninhydrin molecule and (d) Proposed mechanism of the reaction of Leuco dye.	34
ภาพที่ 16 Compare the physical appearance of thermal paper (a) no add ninhydrin (b) add ninhydrin.....	35
ภาพที่ 17 Whiteness index of thermal paper before and after using acetone and petroleum ether with and without 0.5 %wt of ninhydrin solution and with difference of CAB concentration (0, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 and 5.0 %wt) comparable to forensic solution.....	36

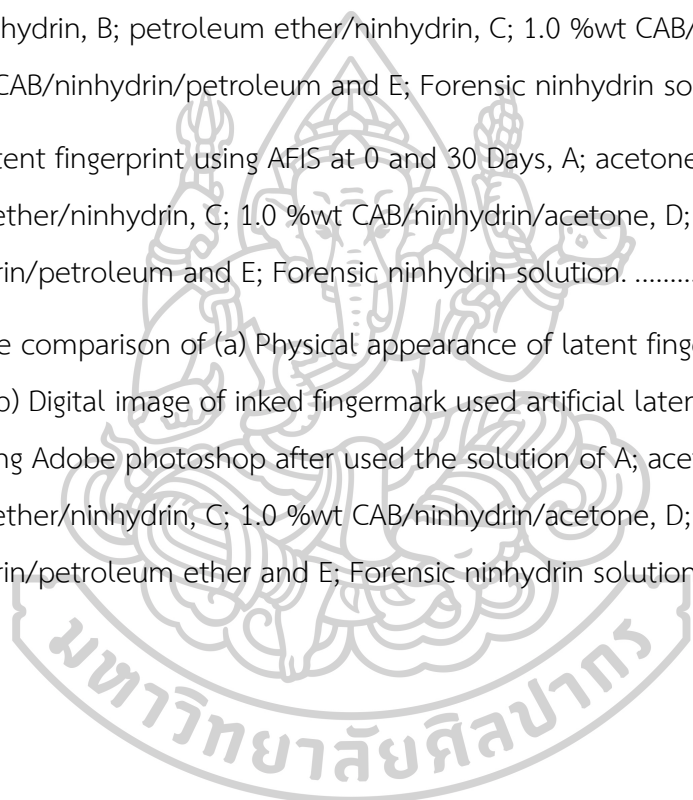
ภาพที่ 18 Proposed mechanism of the reaction of color to colorless form of Leuco dye via CAB. 37

ภาพที่ 19 Physical appearance of latent fingerprints on thermal paper using solution of A; acetone/ninhydrin, B; petroleum ether/ninhydrin, C; 1.0 %wt CAB/Ninhydrin/acetone, D; 0.5 %wt CAB/Ninhydrin/petroleum and E; Forensic ninhydrin solution at 0, 7, 14 and 30 Days. 38

ภาพที่ 20 Minutes of latent fingerprints using AFIS at at 0, 7, 14 and 30 Days: A; acetone/ninhydrin, B; petroleum ether/ninhydrin, C; 1.0 %wt CAB/ninhydrin/acetone, D; 0.5 %wt CAB/ninhydrin/petroleum and E; Forensic ninhydrin solution..... 40

ภาพที่ 21 Latent fingerprint using AFIS at 0 and 30 Days, A; acetone/ninhydrin, B; petroleum ether/ninhydrin, C; 1.0 %wt CAB/ninhydrin/acetone, D; 0.5 %wt CAB/ninhydrin/petroleum and E; Forensic ninhydrin solution. 40

ภาพที่ 22 The comparison of (a) Physical appearance of latent fingerprints on thermal paper and (b) Digital image of inked fingermark used artificial latent fingermarks creation using Adobe photoshop after used the solution of A; acetone/ninhydrin, B; petroleum ether/ninhydrin, C; 1.0 %wt CAB/ninhydrin/acetone, D; 0.5 %wt CAB/ninhydrin/petroleum ether and E; Forensic ninhydrin solution..... 42



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหาเศรษฐกิจไม่ว่าจะเป็น ปัญหาทางด้านการเมือง ภัยธรรมชาติ ขาดแคลนเงินทุน ราคาน้ำมัน วิกฤตเศรษฐกิจของประเทศคู่ค้า ความตกต่ำของ เศรษฐกิจโลก จึงก่อให้เกิดปัญหาการก่ออาชญากรรมต่าง ๆ ตามมาอย่างมาก Edmund Locard นักนิติวิทยาศาสตร์และศาสตราจารย์ทางอาชญาวิทยาชาวฝรั่งเศสกล่าวไว้ว่าทุกการสัมผัส มีการทิ้งร่องรอย (Every contact leaves a trace) การตรวจหาร่องรอยต่าง ๆ มีหลักการ คือ เมื่อวัตถุสองชิ้นสัมผัสกัน จะเกิดการแลกเปลี่ยนบริเวณพื้นผิวที่สัมผัสกันของวัตถุนั้น ซึ่งเป็นแนวทางสำคัญในการนำมาใช้การตรวจหาลายนิ้วมือแฝงของผู้ต้องสงสัยในสถานที่เกิดเหตุ (Inman and Rudin, 2000) ซึ่งหลักฐานที่พบได้บ่อยในที่เกิดเหตุคือ ลายนิ้วมือ โดยลายนิ้วมือมีการใช้อย่างแพร่หลายที่เป็นข้อมูลไบโอเมตริกซ์โดยตรงสำหรับการจัดเก็บ จดจำ หรือยืนยันตัวตนส่วนบุคคลตั้งแต่สมัยโบราณ จนถึงในปัจจุบัน เนื่องจากรูปแบบลายนิ้วมือมีความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะสำหรับทุกคน และไม่เปลี่ยนรูปไปตลอดชีวิต (Polson, 1951) ทำให้การนำลายนิ้วมือแฝงมาเปรียบเทียบกับลายนิ้วมือที่ถูกจัดเก็บไว้ เป็นหนึ่งในวิธีการที่เชื่อถือได้มากที่สุดในการระบุตัวบุคคล (Miller, 1994) เนื่องจากลายนิ้วมือยังคงถือเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการสืบสวนทางนิติเวช (Datta, 2001) ซึ่งหลักฐานลายนิ้วมือส่วนใหญ่จะพบอยู่ใน เทปกาว รอยเลือด บนวัตถุพยานต่าง ๆ รวมไปถึงเอกสารด้วย

ทางผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาลายนิ้วมือแฝงที่อยู่บนวัตถุพยานที่เป็นกระดาษเทอร์มอล (Thermal paper) ถูกนำไปใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น สลิปธนาคาร บัตรจอดรถ บัตรคิว ใบเสร็จร้านอาหาร และ ใบเสร็จร้านสะดวกซื้อต่าง ๆ กระดาษเทอร์มอลเป็นกระดาษที่ถูกเคลือบด้วยเคมีพิเศษที่จะเปลี่ยนสีเมื่อถูกความร้อน สารเคลือบชนิดนี้จะทำให้เกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนสีของสารเคลือบให้เป็นสีดำ ซึ่งกระบวนการปรากฏขึ้นของลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอลเมื่อทำการตรวจเก็บด้วยสารละลายนินไฮดริน มีงานวิจัยที่ศึกษาปฏิกิริยาของกระดาษเทอร์มอลกับ โพลีไวนิล ไพโรลิโดน (Polyvinyl Pyrrolidone, PVP) ในสารละลายนินไฮดริน พบว่า PVP มีหมู่คาร์บอนิลในโครงสร้างที่สามารถรับโปรตอนในปฏิกิริยาที่มีผลให้สารโมเลกุลสี Leuco dye อยู่ในรูปของวง Lactone ที่มีคุณสมบัติไม่มีสี จึงทำให้พื้นผิวกระดาษความร้อนไม่เป็นสีดำ (Luo et al., 2013)

จากงานวิจัยดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจพอลิเมอร์ตระกูลเซลลูโลส เนื่องจากเป็นโครงสร้างเดียวกับ กระดาษ และจากการศึกษาพบว่าพอลิเมอร์ตระกูลเซลลูโลสมีหมู่คาร์บอนิลในโครงสร้างจำนวนมาก เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ไม่เป็นพิษ สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ และเป็นทรัพยากรหมุนเวียนที่ พบมากในธรรมชาติ (Gilbert, 2017) โดยมีงานวิจัยหนึ่งได้มีการศึกษาการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงด้วย นินไฮดริน/เซลลูโลส อะซิเตทบิวทิเรต (Cellulose Acetate Butyrate, CAB) บนกระดาษเทอร์มอล ด้วยสารละลายผสมของนินไฮดรินกับ เซลลูโลสอะซิเตทบิวทิเรต ในตัวทำละลายอะซิโตนพบว่าช่วย ลดคราบดำบนพื้นหลังของกระดาษเทอร์มอลได้ ส่วนการใช้ตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ พบว่า เตตระไฮโดรฟูแรน (Tetrahydrofuran, THF) เป็นตัวทำละลายที่เหมาะสมที่สามารถละลายผลิตภัณฑ์ของ นินไฮดริน และ CAB ได้ และได้ลายนิ้วมือแฝงที่เกิดขึ้นคมชัดกว่าในตัวทำละลายอะซิโตน (เจนจิรา ว่องพรรณงาม, 2561)

จากข้างต้นกล่าวมา ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาอิทธิพลของพอลิเมอร์เซลลูโลสในสารละลาย นินไฮดรินต่อการตรวจจับลายนิ้วมือแฝงสำหรับกระดาษเทอร์มอล เพื่อให้ได้ลายนิ้วมือแฝงบน กระดาษเทอร์มอลที่ไม่มีรอยดำบนกระดาษบดบังลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจพบ โดยมีระยะเวลาการศึกษา ลายนิ้วมือแฝงเป็นเวลา 0 7 14 และ 30 วัน เพื่อดูความเปลี่ยนแปลงของลายนิ้วมือแฝงหลังจากจุ่ม กระดาษเทอร์มอลลงในสารละลายนินไฮดรินที่มีการเติมพอลิเมอร์เซลลูโลส และวิเคราะห์สมบัติ ต่างๆ เช่น ลักษณะความขาวของพื้นหลังกระดาษ นอกจากนี้วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยจำนวนจุดลักษณะ สำคัญพิเศษที่นับได้จากเครื่องตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ Automated Fingerprints Identification System (AFIS) โดยมีการเปรียบเทียบกับสารละลายนินไฮดรินที่ใช้ในงานนิติ วิทยาศาสตร์ในปัจจุบันด้วย เพื่อเป็นแนวทางของเทคนิคใหม่ของการตรวจลายนิ้วมือแฝง อีกทั้งยัง สามารถนำไปใช้งานได้อย่าสะดวก รวดเร็ว ประหยัดเวลา ราคาสารเคมีถูกกว่า ไม่ก่ออันตรายต่อ เจ้าหน้าที่ และเป็นประโยชน์ต่อเจ้าหน้าที่ที่ทำงานด้านนิติวิทยาศาสตร์

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

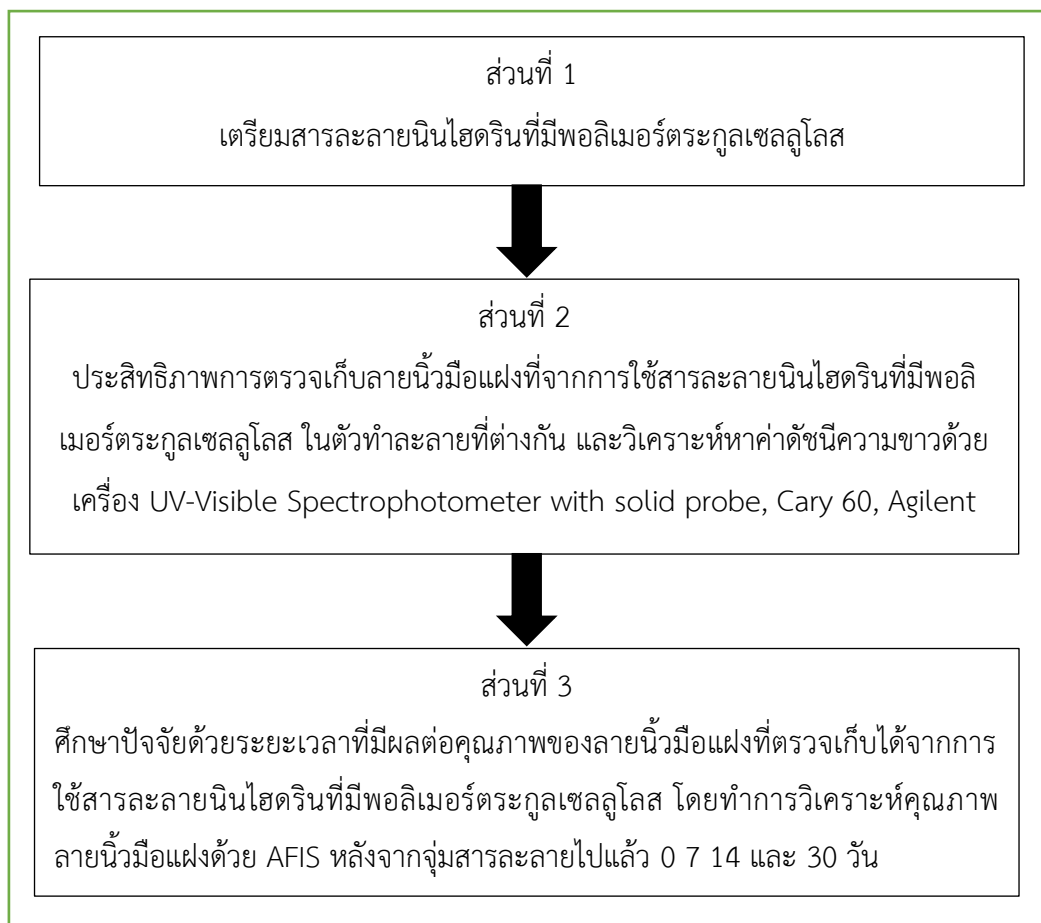
- 1.2.1 เพื่อศึกษาการเตรียมสารละลายนินไฮดรินที่มีพอลิเมอร์ตระกูลเซลลูโลส
- 1.2.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการตรวจเก็บลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอลที่ตรวจเก็บโดยใช้สารละลายนินไฮดรินที่มีพอลิเมอร์ตระกูลเซลลูโลส โดยดูลักษณะความขาวของพื้นหลังกระดาษ
- 1.2.3 เพื่อศึกษาระยะเวลาการคงอยู่ของลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอล ที่ใช้สารละลายนินไฮดรินที่มีการเติมพอลิเมอร์เซลลูโลส ที่ 0 7 14 และ 30 วัน

1.3 สมมติฐานของงานวิจัย

- 1.3.1 สารละลายนินไฮดรินที่มีพอลิเมอร์ตระกูลเซลลูโลสสามารถช่วยลดการเกิดรอยดำบนกระดาษเทอร์มอลได้
- 1.3.2 สารละลายนินไฮดรินที่มีพอลิเมอร์ตระกูลเซลลูโลสสามารถใช้ตรวจเก็บลายนิ้วมือแฝงได้คุณภาพดีกว่าหรือเทียบเท่าการใช้สารละลายนินไฮดรินที่ใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.4.1 ขอบเขตด้านวิธีการศึกษา
งานวิจัยนี้แบ่งกระบวนการศึกษาออกเป็น 3 ส่วน (แสดงในภาพที่ 1) ดังนี้
ส่วนที่ 1 เตรียมสารละลายนินไฮดรินที่มีพอลิเมอร์ตระกูลเซลลูโลส
ส่วนที่ 2 ประสิทธิภาพการตรวจเก็บลายนิ้วมือแฝงที่จากการใช้สารละลายนินไฮดรินที่มีพอลิเมอร์ตระกูลเซลลูโลส ในตัวทำละลายที่ต่างกัน และวิเคราะห์หาค่าดัชนีความขาวด้วยเครื่อง UV-Visible Spectrophotometer with solid probe, Cary 60, Agilent
ส่วนที่ 3 ศึกษาปัจจัยด้วยระยะเวลาที่มีผลต่อคุณภาพของลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจเก็บได้จากการใช้สารละลายนินไฮดรินที่มีพอลิเมอร์ตระกูลเซลลูโลส โดยทำการวิเคราะห์คุณภาพลายนิ้วมือแฝงด้วย AFIS หลังจากจุ่มสารละลายไปแล้ว 0 7 14 และ 30 วัน



ภาพที่ 1 ขอบเขตด้านวิธีการศึกษา 3 ส่วน

1.4.2 ขอบเขตด้านตัวอย่าง

- 1) ตัวอย่างที่ใช้คือ กระดาษเทอร์มอล ยี่ห้อ one ตัดให้มีขนาด 2 x 2 cm. เพื่อใช้ในการสร้างลายนิ้วมือแฝง
- 2) อาสาสมัครชาวไทย เพศหญิง อายุ 26 ปี 1 คน

1.4.3 ขอบเขตด้านตัวแปร

ตัวแปรต้น ได้แก่

- 1) ตัวทำละลายที่ใช้ในสารละลายนินไฮดริน คือ อะซิโตน และ ปีโตรเลียมอีเทอร์
- 2) นิ้วมือที่ใช้ประทับลายนิ้วมือคือนิ้วหัวแม่มือขวา

3) ระยะเวลาที่ทำการศึกษา มี 4 ช่วงเวลา คือ 0 (ทำการตรวจเก็บหลังจุ่มลงลายละลาย 1 ชั่วโมง) 7 14 และ 30 วัน

ตัวแปรตาม ได้แก่

1) ค่าดัชนีความขาวของพื้นหลังกระดาษ

2) คุณภาพของลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจเก็บได้ โดยพิจารณาจากจำนวนจุดลักษณะสำคัญ พิเศษ (Minutiae) ที่ได้จากการใช้ AFIS

ตัวแปรควบคุม ได้แก่

1) วิธีการตรวจเก็บลายนิ้วมือแฝง คือการใช้สารละลายนินไฮดริน

2) การประทับลายนิ้วมือใช้แรงกดให้มีน้ำหนักประมาณ 700-800 g ค้างไว้เป็นเวลา 3 -5 วินาที

3) อาสาสมัครที่เข้าร่วมทดลองไม่ผ่านการล้างมืออย่างน้อย 30 นาที ก่อนประทับลายนิ้วมือ

1.4.4 ขอบเขตด้านระยะเวลาดำเนินการวิจัย

ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างกระดาษเทอร์มอลที่เตรียมขึ้นโดยใช้ลายนิ้วมือของอาสาสมัครสำหรับใช้ในงานวิจัย ตั้งแต่เดือน เมษายน 2566 ถึงเดือน พฤษภาคม 2566

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 พอลิเมอร์ตระกูลเซลลูโลสช่วยให้คุณภาพลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอลดีขึ้น

1.5.2 สามารถใช้สารละลายนินไฮดรินที่มีพอลิเมอร์ตระกูลเซลลูโลสได้คุณภาพลายนิ้วมือที่ดีกว่าหรือเทียบเท่าสารละลายนินไฮดรินที่ใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในปัจจุบันได้

1.6 นิยามศัพท์ที่เกี่ยวข้อง

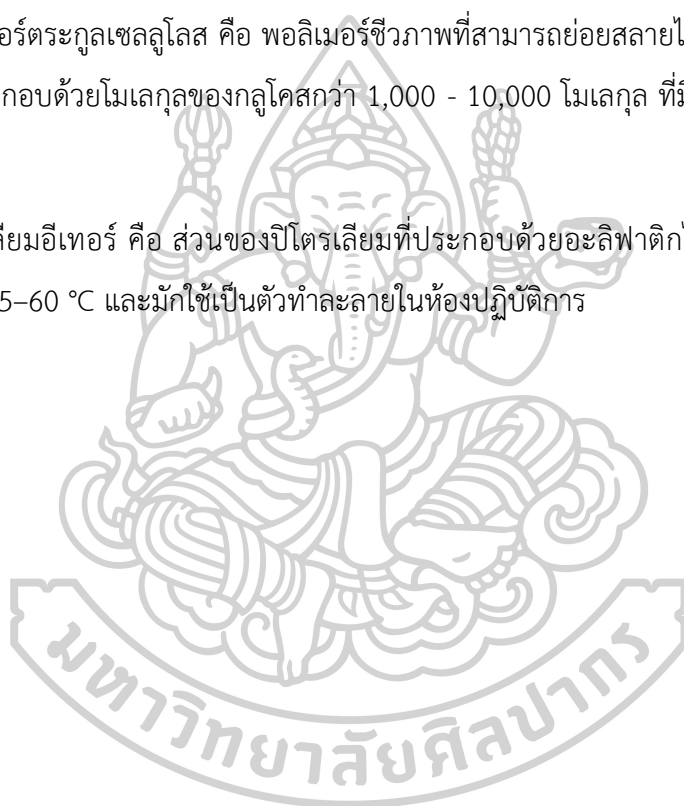
ลายนิ้วมือ หมายถึง ลายเส้นนูนที่ปรากฏอยู่บนผิวหนังด้านหน้าของนิ้วมือ สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ลายเส้นบนนิ้วมือ มี 2 ชนิด ได้แก่ เส้นนูนและเส้นร่อง

ลายนิ้วมือแฝง หมายถึง รอยที่เกิดจากลายเส้นบนนิ้วมือที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

กระดาษเทอร์มอล หมายถึง กระดาษที่ถูกเคลือบเคมี ตัวกระดาษจะเกิดภาพและตัวอักษรจากปฏิกิริยาทางเคมี เมื่อกระดาษเจอกับความร้อน เช่น ใบเสร็จตามร้านสะดวกซื้อต่าง ๆ เป็นต้น

พอลิเมอร์ตระกูลเซลลูโลส คือ พอลิเมอร์ชีวภาพที่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ เป็นสายยาวที่ประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคสกว่า 1,000 - 10,000 โมเลกุล ที่มีการจัดเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ

ปิโตรเลียมอีเทอร์ คือ ส่วนของปิโตรเลียมที่ประกอบด้วยอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนและการเตือดในช่วง 35-60 °C และมักใช้เป็นตัวทำละลายในห้องปฏิบัติการ



บทที่ 2

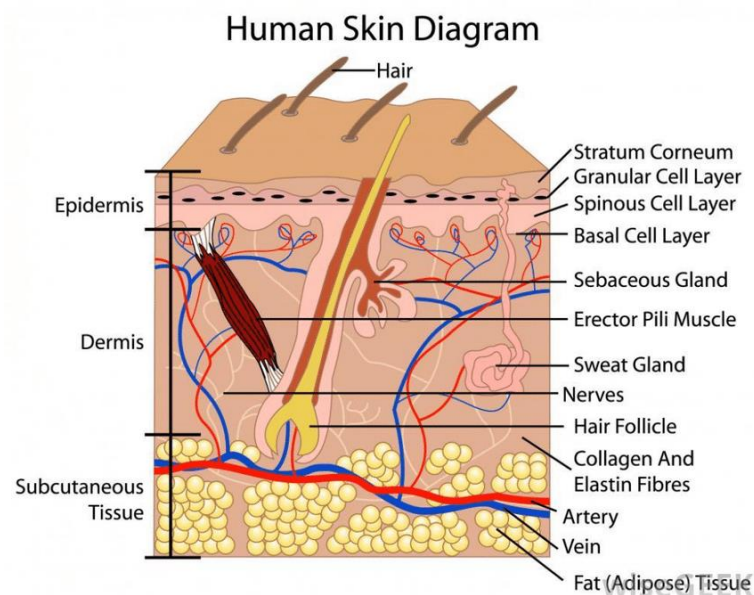
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาค้นคว้า เอกสาร ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

- 2.1 ลายนิ้วมือ
- 2.2 กระดาษเทอร์มอล
- 2.3 นิโนไฮดริน
- 2.4 วิธีการตรวจพิสูจน์เปรียบเทียบลายนิ้วมือ
- 2.5 ระบบตรวจพิสูจน์ลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ AFIS
- 2.6 พอลิเมอร์เซลล์โลส
- 2.7 ปีโตรเลียมอีเทอร์
- 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลายนิ้วมือ

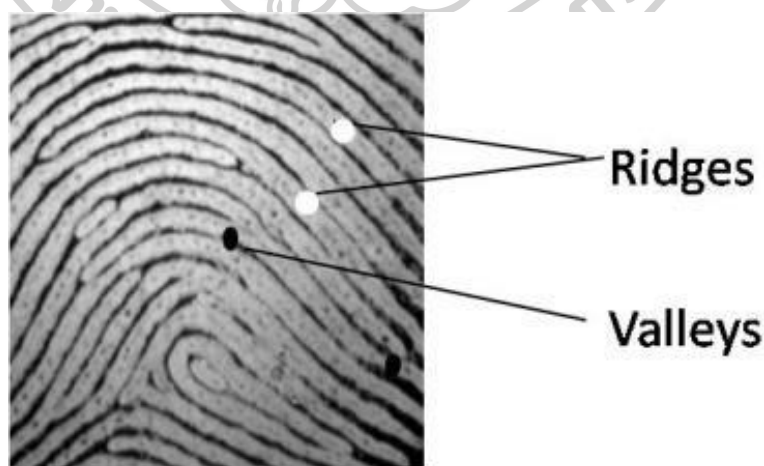
ลายนิ้วมือเป็นวัตถุพยานที่มีคุณค่า มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย ลายนิ้วมือเป็นข้อมูลไบโอเมตริกซ์โดยตรงสามารถจัดเก็บ จดจำ หรือยืนยันตัวตนส่วนบุคคลตั้งแต่สมัยโบราณ เนื่องจากรูปแบบลายนิ้วมือมีความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะสำหรับทุกคนและไม่เปลี่ยนรูปไปตลอดชีวิต (Polson, 1951) ลายนิ้วมือที่เห็นนั้นจะปรากฏอยู่บนชั้นหนังกำพวด (Epidermis) แต่รูปแบบของลายนิ้วมือของเรานั้นถูกฝังลึกลงไปถึงเนื้อเยื่อบริเวณชั้นหนังแท้ (Dermis) ดังภาพที่ 2 และในส่วน Basal Layer ซึ่งจะแบ่งตัวเพื่อสร้างเซลล์ผิวหนังชั้นใหม่ทดแทนเซลล์ผิวหนังเก่าที่ตายและดันให้มันหลุดลอกออกไป เมื่อรูปแบบของลายนิ้วมือเกิดใน Basal Layer ความเสียหายที่ผิวหนังชั้นตื้นที่เกิดจากการขีดข่วนเพียงเล็กน้อยหรือแม้แต่การถูกไฟไหม้ จึงไม่สามารถทำให้รูปแบบของลายนิ้วมือเปลี่ยนแปลงไปได้ ผิวหนังที่สร้างขึ้นใหม่จะมีรูปแบบเดิม เว้นเสียแต่ว่าความเสียหายจะเกิดขึ้นในชั้นที่ลึกลงไป



ภาพที่ 2 แสดงชั้นผิวหนัง ผิวหนังประกอบด้วย 3 ชั้น

ที่มา: (Rubins et al., 2018)

ลายนิ้วมือมีลักษณะที่ทำให้ปรากฏเป็นเส้นลายนิ้วมือ เส้นลายนิ้วมือประกอบด้วย 2 ชนิด ได้แก่ เส้นนูน หรือสันลายนิ้วมือ (ridge) คือ รอยนูนที่ยกสูงกว่าพื้นผิวหน้านิ้วมือที่มีลักษณะเป็นเส้นนูนโค้งและยาวตามรูปแบบลายนิ้วมือเส้นนูนนี้เมื่อประทับลายนิ้วมือจะติดหมึกพิมพ์ และ เส้นร่องลายนิ้วมือ (valley หรือ furrow) คือ รอยลึกที่อยู่ต่ำกว่าระดับของเส้นนูน และสลับระหว่าง เส้นนูน ซึ่งจะมองเห็นเป็นร่องสีดำ เมื่อประทับลายนิ้วมือ ร่องนี้จะไม่ติดหมึกพิมพ์ ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 เส้นนูน-เส้นร่องของผิวหนังตรงบริเวณลายนิ้วมือของมนุษย์

ที่มา: (Dyre, 2017)

ลายนิ้วมือในสถานที่เกิดเหตุมีอยู่ 2 ประเภท คือ ลายนิ้วมือที่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า และลายนิ้วมือที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า โดยลายนิ้วมือที่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า เช่น รอยประทับของลายนิ้วมือเปื้อนฝุ่นเปื้อนเลือด คราบน้ำมัน เป็นต้น อีกประเภทหนึ่งคือ ลายนิ้วมือที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า เช่น รอยประทับของลายนิ้วมือจากเหงื่อบนพื้นผิวที่มีรูพรุน เช่น กระดาษ เป็นต้น ลายนิ้วมือที่พบในสถานที่เกิดเหตุส่วนมากจะเป็นลายนิ้วมือที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่าหรือที่เรียกว่าลายนิ้วมือแฝง โดยเทคนิคการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษสามารถทำได้โดยการใช้สารเคมีเพื่อให้รอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏ เช่น วิธินินไฮดริน (นันทกาล ตาลจินดา, 2013) ลายนิ้วมือที่ปรากฏได้เกิดจากสารคัดหลั่งธรรมชาติที่มาจากต่อมเหงื่อ (Sweat gland) ต่อมไขมัน (sebaceous gland) และไขมันจากผิวหนัง (ศิริรัตน์ เทียงเจริญธรรม, 2556)

การนำลายนิ้วมือแฝงที่ได้จากที่เกิดเหตุมาเปรียบเทียบกับลายนิ้วมือที่ถูกจัดเก็บไว้เป็นหนึ่งในวิธีการที่เชื่อถือได้มากที่สุดในการระบุตัวบุคคล (Miller, 1994) ในปัจจุบันยังมีการใช้ลายนิ้วมือ เพื่อจัดเก็บและระบุตัวตน เนื่องจากลายนิ้วมื่อยังคงถือเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการสืบสวนทางนิติเวช (Datta, 2001) การตรวจหาลายนิ้วมือแฝงในคดีมักพบปัญหาที่เกิดขึ้นในหลายคดี คือ วัตถุพยานประเภทลายนิ้วมือที่เก็บได้ในสถานที่เกิดเหตุไม่สมบูรณ์ มีจุดลักษณะสำคัญพิเศษในลายนิ้วมือไม่ครบทั้ง 10 จุด จึงไม่สามารถยืนยันตัวผู้กระทำผิดได้ซึ่งมีปัญหามาจากหลายคดีทำให้ผู้เสียหายไม่ได้รับความเป็นธรรม (โสภษา สิงห์ทอง, 2558) โดยวิธีการตรวจเก็บลายนิ้วมือมีหลากหลายรูปแบบ เนื่องจากวัตถุพยานแต่ละชนิดจะขึ้นอยู่กับชนิดของพื้นผิวกับการดูดซับเหงื่อ โดยพื้นผิวแบ่งเป็น 3 แบบ คือ

พื้นผิวมีรูพรุน (Porous Surface) เช่น กระดาษ ไม้ เป็นต้น

พื้นผิวกึ่งมีรูพรุน (Semi Porous Surface) เช่น กล่องกระดาษที่มีสารเคลือบทำให้เสมือนไม่มีรูพรุน

พื้นผิวไม่มีรูพรุน (Nonporous Surface) เช่น แก้ว พลาสติก โลหะต่าง ๆ

โดยแต่ละชนิดของวัตถุพยานแต่ละพื้นผิวจะมีใช้วิธีการตรวจเก็บลายนิ้วมือที่ต่างกัน

2.1.1 วิธีการปิดฝุ่น

ผงฝุ่นธรรมดา (Regular Fingerprint Powder) ผงฝุ่นธรรมดาประกอบด้วย 2 ส่วน คือเรซินพอลิเมอร์สำหรับการยึดติด และสีสำหรับความคมชัด ในการสัมผัสของแปรงปิดผงฝุ่นต้องระวังไม่ให้มีการทำลายรอยลายนิ้วมือ

ผงฝุ่นแม่เหล็ก (Magnetic Fingerprint Powder) ผงฝุ่นแม่เหล็กเป็นผงฝุ่นที่มีส่วนผสมของเหล็กเนื้อละเอียด ซึ่งต้องใช้กับแปรงแม่เหล็ก ใช้ในการตรวจหา ลายนิ้วมือแฝงจากพื้นผิวต่าง ๆ เช่น ผนัง พลาสติก ผนัง และผิวหนังมนุษย์ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในการหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวแนวตั้งได้อีกด้วย วัตถุดิบพื้นฐานที่ใช้ในผงฝุ่นแม่เหล็ก คือ iron oxide และ iron powder dust

2.1.2 วิธีการใช้สารเคมี

นินไฮดริน (Ninhydrin) นินไฮดรินมีลักษณะเป็นเม็ดละเอียดสีเหลืองอ่อน โดยนินไฮดรินจะไปทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนในเหงื่อ ทำให้ลายนิ้วมือแฝงปรากฏขึ้นมาเป็นสีม่วงปนน้ำเงิน ลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏด้วยวิธีนี้จะอยู่ได้นานหลายวันแล้วค่อย ๆ จางหายไป จึงควรทำการถ่ายภาพเก็บไว้ วิธีนี้เหมาะกับวัตถุพื้นผิวมีรูพรุน เช่น กระดาษและเอกสารต่าง ๆ

อินเดนไดโอน (Indandione) อินเดนไดโอน มีลักษณะเป็นเม็ดละเอียดสีเหลืองอ่อน ใช้ตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุที่มีผิวเป็นรูพรุน และกึ่งรูพรุน โดยจะไปทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนในเหงื่อเช่นเดียวกับนินไฮดรินโดยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏจะเป็นสีส้ม หรือ สีชมพู อินเดนไดโอนมีคุณสมบัติเรืองแสงจึงใช้คุณสมบัตินี้ร่วมกับแสงจากเครื่องโพลิไลท์ช่วยในการมองเห็นและถ่ายภาพวัตถุพยาน

ไอโอดีน (Iodine) ไอโอดีนมีลักษณะเป็นเกล็ดสีน้ำตาล เมื่อได้รับความร้อนเพียงเล็กน้อยจะระเหิดเป็นไอ ไอโอดีนจะทำปฏิกิริยากับไขมันที่อยู่ในลายนิ้วมือ การรมควันไอโอดีนจะทำในภาชนะปิดเมื่อรมควันด้วยไอโอดีนจะทำให้ลายนิ้วมือแฝงปรากฏขึ้นมาเป็นสีน้ำตาลแดงทำการถ่ายภาพ

ซูเปอร์กลู (super glue) หรือ ไซยาโนอะคริเลต (Cyanoacrylate) ซูเปอร์กลูซึ่งมีส่วนผสมของสารไซยาโนอะคริเลต เมื่อสารนี้ได้รับความร้อนจะระเหยเป็นไอ ซึ่งมีความเข้มข้นสูงแล้วไปทำปฏิกิริยากับโปรตีนและน้ำในเหงื่อ ทำให้ลายนิ้วมือแฝงปรากฏขึ้นมาเป็นสีขาว ทำการถ่ายภาพ

จากนั้นนำไปปิดผงฝุ่นหรือย้อมสีเรืองแสงหรือวิธีการอื่น ๆ ต่อไป วิธีนี้เหมาะกับวัตถุประเภทเครื่องหนัง แก้ว โลหะต่าง ๆ

Sticky-Side Powder การทาลายนิ้วมือแฝงบนด้านเหนียวของเทปกาว โดยการนำผงฝุ่นธรรมดาผสมกับน้ำยาล้าง อัดภาพ ที่เรียกว่า photoflo จากนั้นนำไปทาที่ด้านเหนียวของเทปกาว ทิ้งไว้สักครู่แล้วล้างออกด้วยน้ำเปล่า จะทำให้ลายนิ้วมือแฝงปรากฏขึ้น การตรวจเก็บใช้การถ่ายภาพและวางสเกล

2.1.3 วิธีการหลอร่องรอย

เป็นการหลอร่องรอย ที่ติดอยู่บนวัตถุที่มีส่วนลึกด้วย เช่น รอยร่องเท้า รอยดอกยางรถยนต์ที่ติดบน ดินเหนียว ดินน้ำมัน

2.1.4 วิธีการถ่ายภาพ

วัตถุพยานที่สามารถพบลายนิ้วมือแฝงได้ในที่เกิดเหตุส่วนใหญ่ที่มักจะมีพบ คือ กระดาษเทอร์มอล เนื่องจากปัจจุบันมีการใช้กระดาษเทอร์มอลกันอย่างแพร่หลาย ทั้งเป็นใบเสร็จซื้อสินค้า ใบเสร็จการฝากถอนเงินของธนาคาร เป็นต้น เป็นสิ่งที่หลายคนมองข้ามและมักทิ้งร่องรอยในที่เกิดเหตุ

2.2 กระดาษเทอร์มอล (Thermal Paper)

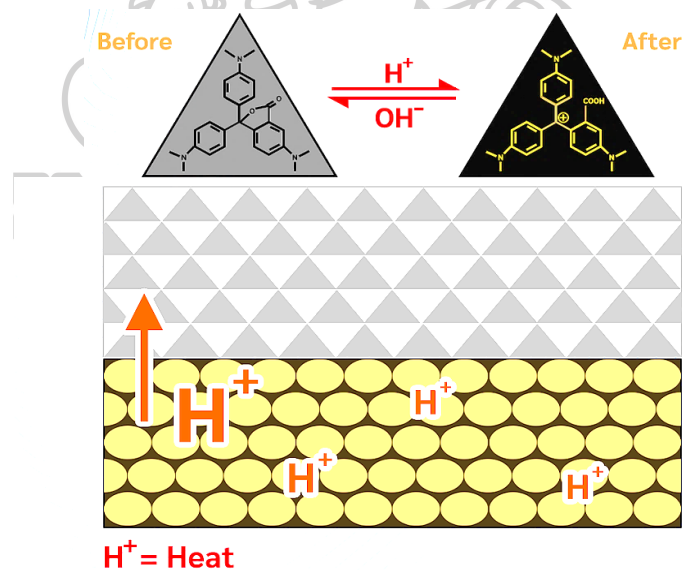
กระดาษเทอร์มอลมี 4 ชั้น ได้แก่ หน้าปก (Front Cover) ซึ่งจะเป็นส่วนที่จะแสดงข้อความหรือภาพที่จะปรากฏขึ้นมาสีย้อมไวต์อกรด (Acid Sensitive Dye) ชั้นที่ถูกเคลือบไว้ด้วยสีย้อมไวต์อกรด ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดตัวหนังสือหรือภาพขึ้นในชั้นของหน้าปก โดยสารเคมีชนิดนี้มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ซึ่งเมื่อค่า pH เปลี่ยนไป สารเคลือบชนิดนี้จะทำให้เกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนสีของสารเคลือบให้เป็นสีดำกรดอะซิติกที่ไวต่อความร้อน (Heat Sensitive Acetic Acid) ชั้นนี้ถูกเคลือบด้วยกรดอะซิติกที่ไวต่อความร้อน ตัวกรดอะซิติกชนิดนี้จะทำปฏิกิริยากับความร้อนโดยตรงและจะปล่อยโปรตอนออกมาเพื่อไปทำปฏิกิริยากับชั้นที่ 2 (Acid Sensitive Dye) ปกหลัง (Back Cover) เป็นกระดาษทั่วไปที่ไม่ได้ถูกเคลือบไว้ ซึ่งทำให้ไม่สามารถใช้ความร้อนในการพิมพ์ได้ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 Thermal Paper Layer

ที่มา: (Trading, 2564)

หลักการทำงานของกระดาษเทอร์มอล มีตัวแปรสำคัญคือความร้อน เมื่อเกิดความร้อนขึ้นบนตัวกระดาษ ความร้อนจะทำให้กรดอะซิติกที่ไวต่อความร้อน ปลดปล่อยโปรตอนออกมาเพื่อเปลี่ยนสภาพแวดล้อมให้กลายเป็นกรด (H^+) และเมื่อสภาพแวดล้อมกลายเป็นกรดทำให้สีย้อมเคมี ที่อยู่ในชั้นที่ 2 สามารถรับโปรตอนและเปลี่ยนจากสถานะไม่มีสีเป็นสีดำ ดังภาพที่ 5

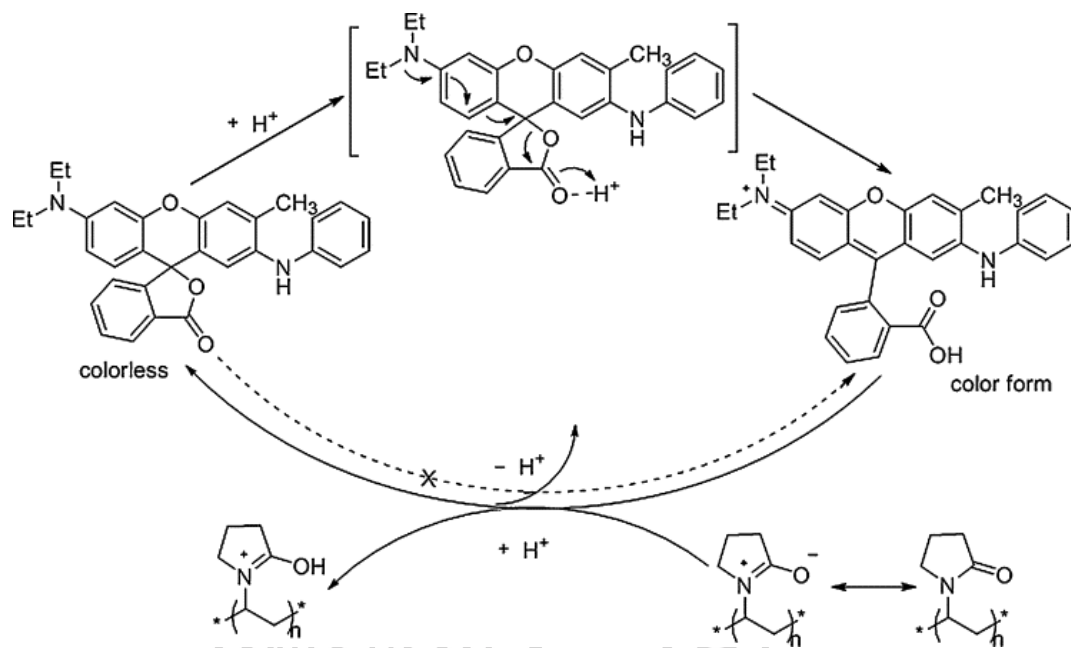


ภาพที่ 5 กระบวนการการทำงานของกระดาษเทอร์มอล

ที่มา: ปรับปรุงจาก (Trading, 2564)

การเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวสามารถเกิดย้อนกลับได้ โดยสามารถเปลี่ยนเป็นรูปแบบไม่มีสีได้ โดยงานวิจัยของ Luo และคณะ (2013) โดยนำสารละลายผสมของ 1,8-diazafluoren-9-one/Polyvinylpyrrolidone (DFO/ PVP) ซึ่ง DFO สามารถผลิตสารเรืองแสงให้ลายนิ้วมือได้ และ

PVP ช่วยลดพื้นหลังสีดำของกระดาษเทอร์มอลโดยการศึกษาจากผลการวิจัยของ Schwarz และ Klenke (2010) มีการใช้ PVP เติมลงในสารละลายของนินไฮดริน โดยมีกลไกการเปลี่ยนแปลงสีพื้นหลัง คือ PVP มีหมู่คาร์บอนิลอยู่จึงเข้าไปรับโปรตอนในโครงสร้างของ Fluoran leuco dyes จะถูกจับ ทำให้เกิดการปิดวงเป็น Spirolactone ทำให้สีย้อนมบนกระดาษกลับไปในรูปแบบที่ไม่มีสี แสดงปฏิกิริยาดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ปฏิกิริยาการลดรอยดำของกระดาษเทอร์มอลโดยใช้ PVP

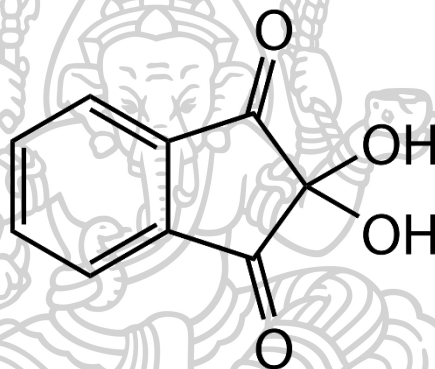
ที่มา: (Luo et al., 2013)

โดยงานวิจัยนี้มีความสนใจที่จะการศึกษาลายนิ้วมือแฝงที่อยู่บนกระดาษเทอร์มอล เป็นกระดาษชนิดพิเศษที่สามารถเปลี่ยนสีได้ เมื่อโดนความร้อนในอุณหภูมิที่พอดี ซึ่งแตกต่างจากกระดาษที่ใช้หมึกในการพิมพ์ โดยทั่วไปกระดาษชนิดนี้ใช้กับเครื่องพิมพ์ความร้อน (Thermal Printer) โดยสีที่เปลี่ยนเป็นสีดำบนกระดาษนั้นจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อกระดาษสัมผัสกับสารละลายประเภทต่าง ๆ และความร้อนจากเครื่องพิมพ์ เช่น ความร้อนจากเครื่องพิมพ์ความร้อนและความร้อนทั่วไป สารละลายประเภท น้ำมัน แอลกอฮอล์ และสารละลายอื่น ๆ ที่ทำปฏิกิริยากับสารเคมีที่เคลือบอยู่บนกระดาษเทอร์มอล แต่หากกระดาษเทอร์มอลที่ผ่านการพิมพ์อักษรหรือภาพพิมพ์ต่าง ๆ แล้วไปสัมผัสกับพลาสติกหรือวัสดุอื่นโดยตรงเป็นเวลานานก็ทำให้สีดำที่เกิดขึ้นจากการพิมพ์จากเครื่องพิมพ์ความร้อนบนกระดาษนั้นจางหายไปได้เช่นกัน การที่กระดาษเกิดสีดำขึ้นบนหน้ากระดาษนั้นเกิดจากกระดาษมีการเคลือบด้วยสารเคมีที่ไวต่อความร้อนไว้ด้านหน้า ทำให้เมื่อกระดาษสัมผัส

ความร้อนหรือสารละลายโดยตรงจึงทำให้เกิดภาพพิมพ์ต่าง ๆ ขึ้น ซึ่งวิธีการตรวจเก็บลายนิ้วมือแฝงที่ใช้กับกระดาษเทอร์โมล คือ การใช้สารละลายนินไฮดริน วิธีรมไอโอดีน 1,2-อินเดนไดโอน เป็นต้น (สมภัทร สุขพาณิชย์, 2560) ซึ่งในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยมีความสนใจวิธีการใช้สารละลายนินไฮดริน เนื่องจากเป็นวิธีการตรวจเก็บลายนิ้วมือที่ง่ายและรวดเร็ว

2.3 นินไฮดริน (Ninhydrin)

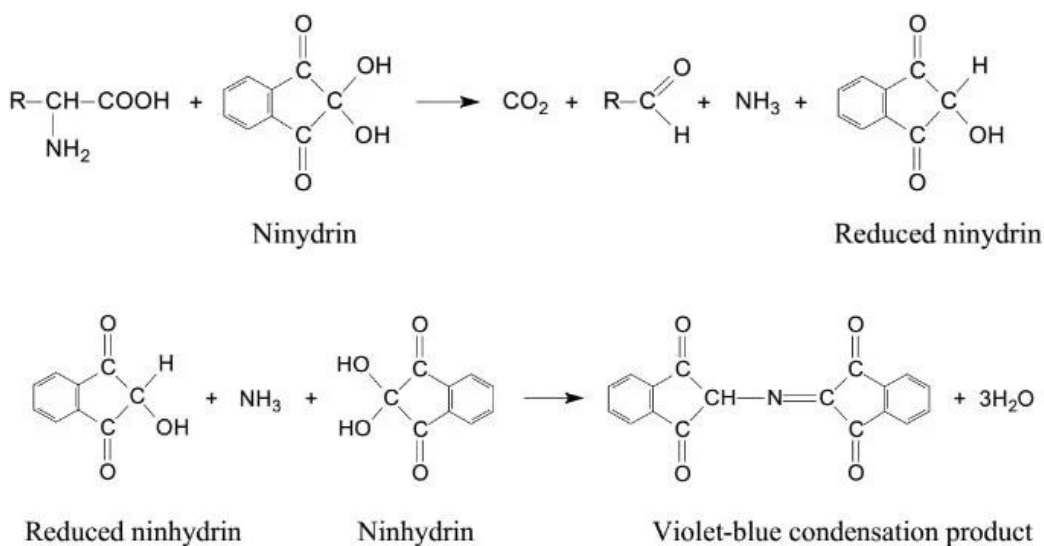
นินไฮดรินเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีสูตร $C_6H_4(CO)_2C(OH)_2$ ชื่อทางเคมี 2,2-Dihydroxyindane-1,3-dione โดยมีโครงสร้างทางเคมี ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 Chemical structure of ninhydrin.

ที่มา: (Ozhikandathil et al., 2018)

นินไฮดรินเป็นสารเคมีที่นิยมใช้ตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษ โดยนินไฮดรินทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนที่ผิวหนังหลั่งออกมาและอยู่ในเหงื่อได้เป็น Reduced ninhydrin จากนั้นทำปฏิกิริยากับนินไฮดรินอีก 1 โมเลกุลได้เป็นสารประกอบสีม่วงที่เรียกว่า Ruhemann's purple หรือ Violet-blue condensation product (Anupama Sapkota, 2022) ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 Reaction of an amino acid with ninhydrin.

ที่มา: (Anupama Sapkota, 2022)

หลังจากที่มีการตรวจเก็บลายนิ้วมือเรียบร้อยแล้ว ทางด้านการตรวจพิสูจน์ จะต้องนำลายนิ้วมือที่ตรวจเก็บได้ไปทำการตรวจเปรียบเทียบลายนิ้วมือต่อไป โดยวิธีการตรวจพิสูจน์เปรียบเทียบลายนิ้วมือ มี 4 ขั้นตอน หรือที่เรียกว่า ACE-V

ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูล (Analysis) เป็นการพิจารณาว่าลายนิ้วมือ ฝ่ามือ และฝ่าเท้าแฝงสามารถตรวจพิสูจน์เปรียบเทียบได้หรือไม่

ขั้นตอนที่ 2 การตรวจเปรียบเทียบ (Comparison) เป็นการเปรียบเทียบว่าลายนิ้วมือ ฝ่ามือ หรือฝ่าเท้าแฝงตรงกันกับลายพิมพ์นิ้วมือ ฝ่ามือ หรือฝ่าเท้าของผู้ต้องสงสัย หรือไม่ โดยขั้นตอนการพิจารณา มีดังนี้

- 1) มีรูปแบบและทิศทางเดียวกันหรือไม่
- 2) ความสัมพันธ์ของจุดลักษณะสำคัญพิเศษของลายเส้นที่เหมือนกัน และมีจำนวนเส้นคั่นระหว่างจุดลักษณะสำคัญพิเศษของลายนิ้วมือกันตรงกันทุกจุดจึงจะยืนยันว่าเป็นบุคคลคนเดียวกัน

ขั้นตอนที่ 3 การลงความเห็น (Evaluation) สรุปผลจากการตรวจพิสูจน์ตามขั้นตอนที่ 1 และ 2 ได้ 3 ลักษณะ ดังนี้

- 1) ตรงตรง
- 2) ตรงไม่ตรง
- 3) ไม่สามารถตรวจพิสูจน์ได้

ขั้นตอนที่ 4 การยืนยันผล (Verification) การตรวจพิสูจน์อย่างอิสระจากผู้ตรวจพิสูจน์อีกท่านหนึ่งเพื่อยืนยันผล

2.4 ระบบตรวจพิสูจน์ลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ AFIS

AFIS เป็นระบบคอมพิวเตอร์ สำหรับตรวจเปรียบเทียบลายพิมพ์นิ้วมือผู้ต้องสงสัยหรือลายนิ้วมือแฝงที่เก็บได้จากสถานที่เกิดเหตุกับข้อมูลลายพิมพ์นิ้วมือ 10 นิ้ว หรือข้อมูลลายนิ้วมือแฝงที่จัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลคอมพิวเตอร์ ขอบข่ายการทำงานของระบบ AFIS สามารถตรวจได้ 4 ฟังก์ชันคือ

- 1) ตรวจสอบลายนิ้วมือของผู้ต้องสงสัยกับฐานข้อมูลลายพิมพ์นิ้วมือ 10 นิ้ว จะทำให้ทราบว่าผู้ต้องสงสัยเคยมีประวัติการกระทำความผิดมาก่อนหรือไม่
- 2) ตรวจสอบลายนิ้วมือของผู้ต้องสงสัยกับฐานข้อมูลลายนิ้วมือแฝง จะทำให้ทราบว่า ผู้กระทำความผิดเคยกระทำความผิดในคดีอื่น ๆ หรือไม่
- 3) ตรวจสอบลายนิ้วมือแฝงที่เก็บจากสถานที่เกิดเหตุกับฐานข้อมูลลายพิมพ์นิ้วมือ 10 นิ้ว จะทำให้ทราบว่า ผู้กระทำความผิดคือใคร
- 4) ตรวจสอบลายนิ้วมือแฝงที่เก็บจากสถานที่เกิดเหตุกับฐานข้อมูลลายนิ้วมือแฝง จะทำให้ทราบว่า มีคดีใดบ้างที่เกิดจากการกระทำความผิดจากบุคคลคนเดียวกัน

ฐานข้อมูลในระบบ AFIS ปัจจุบัน มี 2 ฐาน ได้แก่

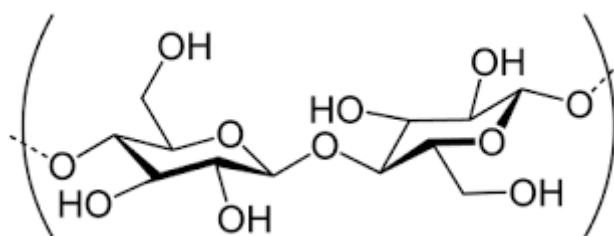
- 1) Tenprint Database ฐานข้อมูลลายพิมพ์นิ้วมือ 10 นิ้ว
- 2) Latent Print Database ฐานข้อมูลลายนิ้วมือแฝง

การตรวจเก็บลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอลด้วยวิธีการใช้สารละลายนินไฮดรินมีข้อเสียคือ พื้นหลังของกระดาษเทอร์มอลเป็นคราบดำ ทำให้มองเห็นลายนิ้วมือที่ปรากฏขึ้นไม่ชัดเจน

ทางผู้วิจัยจึงสนใจที่จะแก้ปัญหาการเกิดรอยดำบนกระดาษเทอร์มอลโดยการนำพอลิเมอร์มาประยุกต์ใช้กับสารละลายนินไฮดริน โดยอ้างอิงจากงานวิจัยของ Schwarz และ Klenke (2010) จากโครงสร้างของ PVP ทำให้มีความสนใจที่จะศึกษากับพอลิเมอร์ตระกูลเซลลูโลส มีหมู่ไฮดรอกซิลและหมู่คาร์บอนิล ในโครงสร้างเป็นจำนวนมาก ดังภาพที่ 9 แสดงโครงสร้างทางเคมีของพอลิเมอร์ตระกูลเซลลูโลส ที่สามารถรับโปรตอนในปฏิกิริยาที่มีผลให้สารโมเลกุลสี Leuco dye อยู่ในรูปของวง Lactone ที่มีคุณสมบัติไม่มีสี จึงทำให้พื้นผิวกระดาษเทอร์มอลไม่เป็นสีดำ

2.5 พอลิเมอร์ตระกูลเซลลูโลส

เซลลูโลส มีสูตรโมเลกุลคือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ คือ พอลิเมอร์ชีวภาพที่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติซึ่งประกอบด้วยสารคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) ประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) ชนิดโฮโมพอลิแซ็กคาไรด์ (Homopolysaccharide) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ซึ่งโครงสร้างของเซลลูโลสประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคส (Glucose) ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl group) เป็นหมู่หลัก มาเรียงต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ (Glycosidic bond) ที่ตำแหน่งปีต้า-1,4 (β (1-4 Glycosidic bond)) ได้เป็นสายยาวที่ประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคสกว่า 1,000 - 10,000 โมเลกุล ที่มีการจัดเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ ดังแสดงในภาพที่ 9 เซลลูโลสมีหน่วยซ้ำที่เรียกว่า เซลโลไบโอส (Cellobiose) และทุก ๆ หน่วยที่สองของกลูโคสที่ต่อกันในโมเลกุลของเซลลูโลสจะสามารถหมุนได้ 180 องศา เกิดเป็นพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลในโมเลกุลกลูโคส ทำให้เซลลูโลสมีความแข็งแรง มีอุณหภูมิการหลอมสูง และไม่สามารถละลายได้ในสารละลายอินทรีย์ทั่วไป (อทิทยา ออมชาติ และ อทิทยา เครือฝื่อ, 2565)



ภาพที่ 9 โครงสร้างทางเคมีของพอลิเมอร์ตระกูลเซลลูโลส

ที่มา: (อุษารัตน์ รัตนคำวน, 2557)

เซลลูโลส ดังภาพที่ 9 เป็นเซลลูโลสที่ไม่ละลายน้ำ และเอสเทอร์ฟิเคชันที่หมู่ไฮดรอกซิลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมากในคุณสมบัติเดิม ทำให้อนุพันธ์ของพอลิเมอร์ละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์และน้ำ หมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ของเซลลูโลสสามารถทำปฏิกิริยาบางส่วนหรือทั้งหมดกับรีเอเจนต์ต่างๆ เพื่อให้ได้อนุพันธ์ที่มีคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์ เช่น เซลลูโลสเอสเทอร์และเซลลูโลสอีเทอร์ (-OR) เป็นหลัก โดยอนุพันธ์พอลิเมอร์เซลลูโลส (Harika et al., 2012) แสดงดังรูปที่ 10

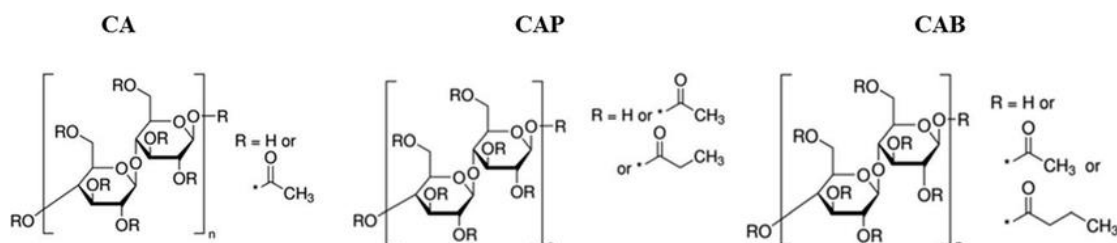
Cellulose ester	Reagent	Example	Reagent
Organic esters	Organic acids	Cellulose acetate	Acetic acid and acetic anhydride
		Cellulose triacetate	Acetic acid and acetic anhydride
		Cellulose propionate	Propanoic acid
		Cellulose acetate propionate	Acetic acid and propanoic acid
		Cellulose acetate butyrate	Acetic acid and butyric acid
Inorganic esters	Inorganic acids	Nitrocellulose (cellulose nitrate)	Nitric acid or another powerful nitrating agent
		Cellulose sulfate	Sulfuric acid or another powerful sulfuring agent

ภาพที่ 10 Cellulose polymer derivatives

ที่มา: (Harika et al., 2012)

เซลลูโลสอะซิเตท (Cellulose Acetate, CA) เป็นเอสเทอร์ของเซลลูโลส ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ที่พบได้มากเป็นอันดับหนึ่งในธรรมชาติ ด้วยผลจากหมู่แทนที่อะซิเตททำให้พอลิเมอร์ชนิดนี้มีสมบัติในการแยกสารแบบรีเวอร์สเฟส (reverse phase) (Kowalska & Sherma, 2007) เซลลูโลสอะซิเตทเซลลูโลสอะซิเตทบิวเรต ถูกนำมาใช้ในการผลิตสิ่งของ ไม่ว่าจะเป็นการขึ้นรูป การเคลือบของผ้า พิล์มแลคเกอร์ หรือฉนวนไฟฟ้า เป็นต้น (Fordyce & Meyer, 1940) และ เซลลูโลสอะซิเตทโพรพิโอเนต (Cellulose Acetate Propionate, CAP) นิยมถูกใช้ในทางเภสัชกรรมจะนิยมใช้เป็น enteric coating ของยาเม็ดและแคปซูล (Raymond C Rowe, 2009)

โดยงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาพอลิเมอร์ตระกูลเซลลูโลส ได้แก่ เซลลูโลสอะซิเตท, เซลลูโลสอะซิเตทบิวทิเรต และเซลลูโลสอะซิเตทโพรพิโอเนต โครงสร้างแสดงดังภาพที่ 11 เนื่องจากพอลิเมอร์ตระกูลเซลลูโลสมีโครงสร้างชนิดเดียวกับกระดาษ



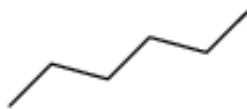
ภาพที่ 11 Cellulose polymer structure

ที่มา: (Okhovat et al., 2015)

นอกจากนี้ยังพบปัญหาที่ตัวทำละลายที่มีขี้ ทำลายข้อมูลบนกระดาษ และสีของหมึกบนกระดาษละลายจนบดบังลายนิ้วมือบนกระดาษทำให้เห็นลายนิ้วมือได้ไม่ชัดเจน (Kent, 1998) และงานวิจัยของ Ruengdit (2010) ศึกษาวิธีที่เหมาะสมในการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษชนิดต่าง ๆ โดยใช้ไนไฮดรินในปิโตรเลียมอีเทอร์ โดยปิโตรเลียมอีเทอร์ช่วยลดคอนทราสต์ระหว่างพื้นหลังของกระดาษเทอร์มอล กับ ลายนิ้วมือแฝง ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาปัจจัยของตัวทำละลายที่ใช้

2.6 ปิโตรเลียมอีเทอร์

ปิโตรเลียมอีเทอร์ คือ ปิโตรเลียมที่ประกอบด้วย หมู่อะลิฟาติก และไฮโดรคาร์บอน มีจุดเดือดอยู่ในช่วง 35-60 °C มักใช้ในห้องปฏิบัติการเป็นตัวทำละลาย มีจุดวาบไฟต่ำมาก และก่อให้เกิดอันตรายจากไฟไหม้ได้ ประโยชน์ของปิโตรเลียมอีเทอร์ คือ ใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ ใช้ในการผลิตกระดาษ ใช้ในการสกัดสาร เป็นต้น โดยมีโครงสร้างทางเคมีแสดงในภาพที่ 12



ภาพที่ 12 Petroleum Ether Structure

ที่มา: (ChemSrc, 2567)

ในงานวิจัยฉบับนี้จะศึกษาอิทธิพลของพอลิเมอร์เซลลูโลสในสารละลายนินไฮดรินต่อการตรวจจับลายนิ้วมือแฝงสำหรับกระดาษเทอร์มอลเพื่อศึกษา การลดคราบดำที่เกิดขึ้นบนพื้นหลังกระดาษเทอร์มอล และ ความคงทนของลายนิ้วมือ โดยใช้พอลิเมอร์เซลลูโลส ที่จะศึกษา 2 ชนิด คือ CAB และ เซลลูโลสอะซิเตตโพรพิโอเนต ศึกษาผลของตัวทำละลายที่มีต่อการเกิดลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอลด้วย

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Schwarz และ Klenke (2010) เตรียมสารละลายนินไฮดรินแบบ One step โดยนำพอลิเมอร์ PVP และนินไฮดรินละลายในสารละลายที่ไม่มีขั้วต่าง ๆ และผสมด้วยปิโตรเลียมเบนซิน จากผลการศึกษาพบว่าสามารถทดสอบหาลายนิ้วมือแฝงได้ ลายนิ้วมือที่ตรวจเก็บได้มีสีฟ้าอมม่วง โดยสารละลายนินไฮดรินที่มีพอลิเมอร์ PVP ผสม สามารถป้องกันการเกิดคราบและสีฟ้าอมม่วงมีความคงที่ตลอดระยะเวลา 6 เดือน

Chen และ คณะ (2017) เตรียมอนุภาคนาโนโพลี p-phenylene vinylene (PPV) ในสารละลายคอลลอยด์ ด้วยวิธี Wessling ตัดแปลงด้วยการเติมสาร Surfactant ทำให้สารละลายคอลลอยด์เรืองแสง และใช้เป็นสารละลายเพื่อตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนวัสดุพิมพ์ต่าง ๆ โดยการจุ่มพื้นผิวลงในสารละลายที่เตรียมได้ ล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน โดยงานวิจัยนี้ผู้วิจัยศึกษาลายนิ้วมือแฝงบนเทปกาวพบว่า สารละลายที่เตรียมได้นั้นมีประสิทธิภาพมากในการเรืองแสงสามารถมองเห็นได้ทั้งลายนิ้วมือแฝงใหม่และลายนิ้วมือแฝงที่เก็บมานานสูงสุด 50 วัน ยังสามารถตรวจพบลายนิ้วมือแฝงได้ แสดงให้เห็นว่าอนุภาคนาโน PPV ในสารละลายคอลลอยด์มี Sensitivity สูงในการพัฒนาลายนิ้วมือเพื่อให้มีรูปแบบการเรืองแสงชัดเจนมาก การเก็บรักษาสารละลาย

คอลลอยด์อย่างน้อย 6 เดือนพบว่า ผลการศึกษายังคงเดิม สามารถใช้สารละลายที่เตรียมได้ซ้ำได้อย่างน้อย 30 ครั้ง โดยที่ไม่สูญเสียความชัดเจนของรูปแบบลายนิ้วมือ

Eksinitkun และคณะ (2019) เตรียมนินไฮดรินผสมกับกาวน้ำ ใช้ตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอลทำการศึกษาประสิทธิภาพของสารละลายนินไฮดริน/กาวน้ำที่อัตราส่วนที่ต่างกัน และศึกษาที่กระดาษเทอร์มอลต่างยี่ห้อกัน โดยเตรียมสารละลายนินไฮดรินผสมกับกาวน้ำที่อัตราส่วนที่ต่างกัน กวนเป็นเวลา 20 นาที จากนั้นกรองสารละลายที่ได้ แล้วนำกระดาษเทอร์มอลจุ่มลงในสารละลายที่เตรียมไว้ 10 วินาที เก็บตัวอย่างในถุงพลาสติกเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นวิเคราะห์ลายนิ้วมือแฝงด้วย AFIS พบว่า กระดาษเทอร์มอลยี่ห้อ Sakura สามารถลด Background ได้ดีกว่ายี่ห้อ Casio และอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดของสารละลายนินไฮดริน/กาวน้ำ คือ 0.020-0.050 g/ml สามารถตรวจพบจุดบนลายนิ้วมือแฝงได้ในช่วง 59-87 จุด ด้วย AFIS วิธีเก็บลายนิ้วมือแฝงด้วยสารละลายนินไฮดริน/กาวน้ำที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจพบลายนิ้วมือได้ชัดเจนขึ้น และลด Background ของกระดาษเทอร์มอลได้

Wang และคณะ (2021) เตรียม Polymer micelles มีการใช้ Polymer เป็น poly[(9,9bis(3'-((N,N-dimethyl)-N-ethylammonium)-propyl)-2,7-fluorene)-alt-2,7-(9,9-dioctylfluorene)] (PFN), Coumarin 6 (C6) และ Nile red (NR) เพื่อเตรียม PFN micelles, PFN/C6 micelles และ PFN/NR micelles โดยงานวิจัยนี้ผู้วิจัยศึกษาลายนิ้วมือแฝงบนแก้วอะลูมิเนียมสแตนเลสพื้นผิวเรียบ และสแตนเลสพื้นผิวขรุขระ ทำการศึกษาโดยสร้างลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวต่าง ๆ ที่จะศึกษาและนำ Micelles ทั้ง 3 ชนิดไปหยดลงบนพื้นผิว ทั้งไว้ 3 นาที จากนั้นล้างออกด้วยน้ำสะอาด ทำการบันทึกภาพในห้องภายใต้แสง UV 365 nm จากการทดลองพบว่าลายนิ้วมือแฝงมีการเรืองแสงที่ PFN micelles เรืองแสงได้สีน้ำเงิน PFN/C6 micelles เรืองแสงได้สีเขียว และ PFN/NR micelles เรืองแสงได้สีแดง สามารถสังเกตเห็นได้ชัดด้วยตาเปล่าว่ารูปแบบลายนิ้วมือชัดเจนและสมบูรณ์ทุกบนพื้นผิวที่ศึกษาแม้กระทั่งบนสแตนเลสพื้นผิวขรุขระ ซึ่งจากรูปร่างโมเลกุลทางผู้วิจัยจึงสันนิษฐานได้ว่าประจุบวกที่ Micelles จับกับประจุลบของส่วนประกอบของเหงื่อ ซึ่งรวมถึง กระจอะมิโน โปรตีน เกลือ และ ไขมัน ส่วน Hydrophobic ของ Micelles จับกับไขมัน เช่น กรดไขมัน คอเลสเทอรอล Wax Esters นอกจากนี้ Polymer micelles สามารถจับกับพื้นผิวได้อ่อน

ๆ ดังนั้นโครงสร้าง Amphiphilic และ การ Emission ของ Polymer micelles เหล่านี้ จึงได้ภาพถ่าย
ลายนิ้วมือเรืองแสงที่มีความละเอียดสูง

เจนจิรา ว่องพรรณงาม (2561) เตรียมสารละลายนินไฮดริน และเติมพอลิเมอร์
CAB โดยมีการใช้ตัวทำละลายที่ต่างกัน 2 ชนิด คือ อะซิโตน และ ปีโตรเลียมอีเทอร์ เพื่อใช้ตรวจหา
ลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอล จากนั้นทำการศึกษาเปรียบเทียบอายุของลายนิ้วมือที่เกิดขึ้นที่
1 3 7 30 และ 60 วัน โดยเก็บตัวอย่างโดยการสแกนภาพด้วยเครื่อง HP LaserJet Pro 100 และ
วิเคราะห์หาจุดลักษณะสำคัญพิเศษด้วยระบบตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ (AFIS) จากผลการ
ทดสอบได้ระดับคุณภาพของความคมชัดลายนิ้วมือที่ดีที่สุดคือ สารละลายนินไฮดรินในปีโตรเลียม
อีเทอร์ ลายเส้นของลายนิ้วมือมีความชัดเจนและสามารถวิเคราะห์หาจุดลักษณะสำคัญพิเศษใช้ในการ
ยืนยันตัวบุคคลได้ และ ลายนิ้วมือแฝงที่ได้มีความคมชัดไม่เปลี่ยนแปลงในช่วงระยะเวลา 84 วัน



บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้ต้องการศึกษาอิทธิพลของพอลิเมอร์ตระกูลเซลลูโลส CAB และ CAP ที่มีผลต่อการทำลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอล นอกจากนี้ยังต้องศึกษาสมบัติของพอลิเมอร์ตระกูลเซลลูโลส ด้วยการหาความหนืด ในตัวทำละลายอะซิโตน โดยจะศึกษาที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เพื่อหาความเข้มข้นที่ดีที่สุด สำหรับใช้ในการเตรียมสารละลายนิโนไฮดรินเพื่อทำการทำลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานโดยวัสดุและอุปกรณ์และรายละเอียดขั้นตอน ดังนี้

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

- 1) CAB
- 2) CAP
- 3) CA
- 4) PVP
- 5) นินไฮดริน
- 6) อะซิโตน
- 7) ปีโตรเลียมอีเทอร์
- 8) เมทานอล (Methanol)
- 9) ไอโซโพรพานอล (Isopropanol)
- 10) THF
- 11) น้ำกลั่น
- 12) กระดาษเทอร์มอล
- 13) Volumetric Flask



- 14) ปีกเกอร์
- 15) กล้องโทรศัพท์มือถือ ยี่ห้อ Samsung รุ่น Galaxy S22 plus ความละเอียดกล้อง 50 ล้านพิกเซล
- 16) เครื่องชั่งแบบละเอียด
- 17) เครื่องวัดความหนืด แบบ Helipath Stand
- 18) เครื่อง AFIS
- 19) เครื่อง UV-Visible Spectrophotometer with solid probe

3.2 วิธีการวิจัย

3.2.1 ศึกษาการเตรียมสารละลายนินไฮดรินที่มีพอลิเมอร์ตระกูลเซลลูโลส

3.2.1.1 การเตรียมสารละลายเพื่อวัดความหนืดของสารละลายพอลิเมอร์ในตัวทำละลายอะซิโตน

การทดสอบความหนืดของสารละลายพอลิเมอร์ CAB ในตัวทำละลายอะซิโตน โดยเตรียมที่ความเข้มข้น 0.50 (%wt) โดยชั่ง CAB 1.25 g และสารละลายอะซิโตน 250.00 ml. ใส่ในปีกเกอร์ขนาด 300.00 ml. ใช้ Hotplate Stirrer กวนสารละลายจนเป็นเนื้อเดียวกัน ได้เป็นสารละลาย CAB เข้มข้น 0.5 (%wt) ทำเช่นเดียวกันที่ความเข้มข้น 1.0 (%wt) 2.0 (%wt) 3.0 (%wt) 4.0 (%wt) และ (%wt) โดยชั่งน้ำหนัก CAB 2.5 5.0 7.5 10.0 12.5 g ตามลำดับ จากนั้นนำสารละลาย CAB ทุกความเข้มข้นไปวัดด้วยเครื่องวัดความหนืดแบบ Helipath Stand ทำการทดสอบเช่นเดียวกับพอลิเมอร์ CAP CA และ PVP โดยชั่งน้ำหนักเท่ากับที่ใช้ในพอลิเมอร์ CAB

3.2.1.2 การเตรียมตัวอย่างลายนิ้วมือแฝง

เตรียมกระดาษเทอร์มอลขนาด 2 x 2 cm. สำหรับประทับลายนิ้วมือโดยใช้อาสาสมัครหญิงไทย 1 คน ล้างมือให้สะอาดด้วยสบู่แล้วปล่อยให้แห้งสนิท จากนั้นใช้นิ้วหัวแม่มือลูบบริเวณที่โชนบนใบหน้า 5 วินาที อาสาสมัครประทับลายนิ้วมือที่มีไขมัน ลงบนกระดาษเทอร์มอลที่วางไว้บนเครื่องชั่ง ให้มีน้ำหนักกดประมาณ 700 g เป็นเวลา 5 วินาที โดยเว้นระยะเวลาในการประทับลายนิ้วมือในแต่ละตัวอย่างห่างกัน 30 นาที

3.2.1.3 การเตรียมสารละลายนินไฮดรินที่มีการเติมพอลิเมอร์เซลลูโลส

สารละลายนินไฮดรินจำนวน 22 สูตร เตรียมโดยใช้ตัวทำละลาย 2 ชนิดได้แก่ อะซีโตน (อะซีโตน 1 สูตร เติม CAB จำนวน 6 สูตร CAP จำนวน 6 สูตร) และปิโตรเลียมอีเทอร์ (ปิโตรเลียมอีเทอร์ 1 สูตร เติม CAB จำนวน 5 สูตร CAP จำนวน 3 สูตร) ในอัตราส่วนที่ต่างกัน ดังนี้

การเตรียมสารละลายนินไฮดริน ความเข้มข้น 0.5 % ในตัวทำละลายอะซีโตน (Acetone/0.5 (%wt) ninhydrin) ซึ่งอ้างอิงความเข้มข้นจากสารละลายนินไฮดรินใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์ (สมภพร สุขพาณิชย์, 2560) โดยชั่งนินไฮดริน 0.25 g และอะซีโตน 50.00 ml. ใส่ลงในปิเกอร์ขนาด 100.00 ml. กวนจนสารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน เก็บสารละลายไว้ในขวดสีชาและในที่มืดเป็น Stock Solution ในส่วนที่มีการเติมสารพอลิเมอร์ให้ทำการชั่งน้ำหนัก CAB 0.10 g เติมลงในสารละลาย Acetone/0.5 (%wt) ninhydrin ที่เตรียมไว้ 20.00 ml. กวนสารละลายให้เป็นเนื้อเดียวกัน จะได้ Acetone/0.5 (%wt) ninhydrin/0.5 (%wt) CAB ทำเช่นเดียวกันโดยเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของ CAB เป็น 0.20 0.40 0.60 0.80 และ 1.00 g ตามลำดับ จะได้ Acetone/0.5 (%wt) ninhydrin/1.0 (%wt) CAB, Acetone/0.5 (% wt), ninhydrin/2.0 (% wt) CAB, Acetone/0.5 (% wt), ninhydrin/3.0 (% wt) CAB, Acetone/0.5 (% wt), ninhydrin/4.0 (% wt) CAB และ Acetone/0.5 (% wt), ninhydrin/5.0 (% wt) CAB ตามลำดับ เตรียม Acetone/0.5 (%wt) ninhydrin/ CAP เช่นเดียวกับวิธีการเติมพอลิเมอร์ CAP โดยการเปลี่ยนเป็นพอลิเมอร์ CAP จะได้ Acetone/0.5 (%wt) ninhydrin/0.5 (%wt) CAP, Acetone/0.5 (%wt) ninhydrin/1.0 (%wt) CAP, Acetone/0.5 (%wt), ninhydrin/2.0 (% wt) CAP, Acetone/0.5 (% wt), ninhydrin/3.0 (% wt) CAP, Acetone/0.5 (% wt), ninhydrin/4.0 (% wt) CAP และ Acetone/0.5 (% wt), ninhydrin/5.0 (%wt) CAP ตามลำดับ

เตรียมสารละลายนินไฮดรินในตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum ether /0.5 (%wt) ninhydrin) โดยผสมนินไฮดริน 0.25 g เมทานอล 15.00 ml. และไอโซโพรพานอล 20.00 ml. กวนจนสารละลายเป็นเนื้อเดียวกันแล้วเติมปิโตรเลียมอีเทอร์ 465.00 ml. เก็บสารละลายไว้ในขวดสีชาและในที่มืด จากนั้นชั่ง CAB 0.025 g ในปิเกอร์ เติมสารละลาย THF 10.00 ml. เพื่อให้พอลิเมอร์ละลายเป็นเนื้อเดียวกันก่อน จากนั้นเติม Petroleum ether /0.5 (%wt) ninhydrin ที่เตรียมไว้ปริมาตร 10.00 ml. กวนจนสารละลายเป็นเนื้อเดียวกันจะได้ Petroleum ether /0.5 (%wt) ninhydrin/0.5 (%wt) CAB ทำเช่นเดียวกันโดยเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของ CAB เป็น 0.05 0.10 0.15

0.20 และ 0.25 ml. จะได้ Petroleum ether /0.5 (%wt) ninhydrin/1.0 (%wt) CAB, Petroleum ether /0.5 (%wt) ninhydrin/2.0 (%wt) CAB, Petroleum ether /0.5 (%wt) ninhydrin/3.0 (%wt) CAB และ Petroleum ether /0.5 (%wt) ninhydrin/4.0 (%wt) CAB ตามลำดับ เตรียม Petroleum ether /0.5 (%wt) ninhydrin/CAP เช่นเดียวกับวิธีการเติมพอลิเมอร์ CAP โดยการเปลี่ยนเป็นพอลิเมอร์ CAP จะได้ Petroleum ether /0.5 (%wt) ninhydrin/0.5 (%wt) CAP, Petroleum ether /0.5 (%wt) ninhydrin/1.0 (%wt) CAP และ Petroleum ether /0.5 (%wt) ninhydrin/2.0 (%wt) CAP ตามลำดับ

3.2.2 ศึกษาประสิทธิภาพการตรวจเก็บลายนิ้วมือบนกระดาษเทอร์มอลที่ได้จากใช้สารละลายนินไฮดรินที่มีการเติมพอลิเมอร์เซลลูโลส

3.2.2.1 การตรวจเก็บลายนิ้วมือบนกระดาษเทอร์มอลที่ได้จากใช้สารละลายนินไฮดรินที่มีการเติมพอลิเมอร์เซลลูโลส

การตรวจเก็บลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอล จุ่มตัวอย่างลายนิ้วมือแฝงลงในสารละลายนินไฮดริน โดยจุ่มสารละลายละ 3 ชั่วโมง ครั้งละ 5 วินาที แล้วผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำซ้ำกับสารละลายทุกสูตร รวมทั้งหมด 22 สูตร ที่เตรียมได้จากข้อ 3.2.1.3 แล้วทำการบันทึกภาพลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจเก็บได้ด้วยกล้องโทรศัพท์มือถือ โดยการตั้งกล้อง 90 องศา กับตัวอย่าง และถ่ายที่ระยะห่างจากตัวอย่าง 30 cm. และมีการเพิ่มแสงให้กับตัวอย่างอย่างเพียงพอ

3.2.2.2 การวิเคราะห์หาค่าดัชนีความขาวบนพื้นหลังกระดาษเทอร์มอล

นำลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจเก็บได้จากสารละลายนินไฮดรินที่มีการเติม CAB มาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความขาว (whiteness, WI) ด้วยเครื่องยูวี-วิซิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่มีหัววัดตัวอย่างของแข็ง (UV-Visible Spectrophotometer with solid probe, Cary 60, Agilent) โดยค่าที่ได้จะรายงานในหน่วย % โดยที่หากกระดาษมีความขาวมากจะแสดงค่าที่มาก โดยวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง

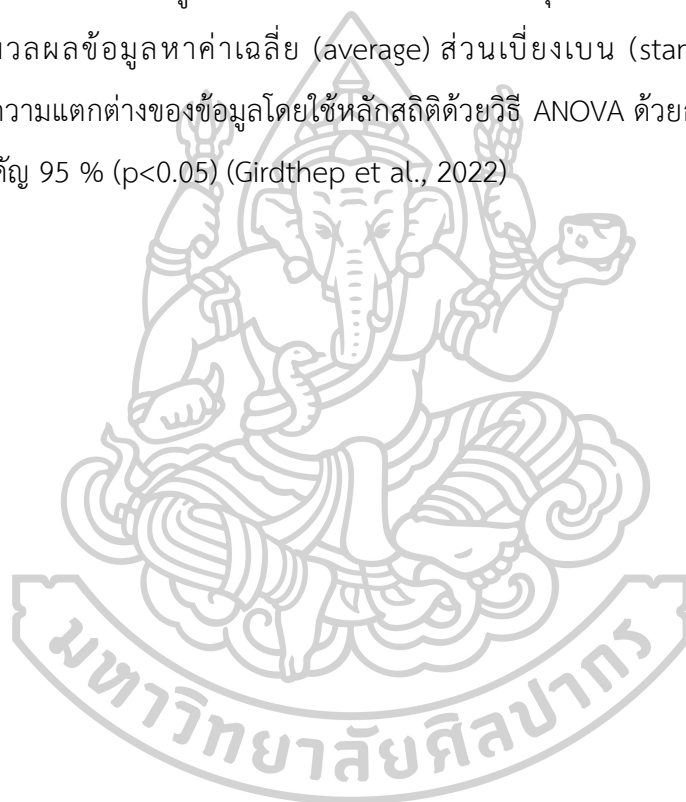
3.2.3 การศึกษาปัจจัยด้านระยะเวลาที่มีผลต่อคุณภาพของลายนิ้วมือแฝง

ในการศึกษาการคงอยู่ของลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษความร้อนนั้นจะทำการตัวอย่างไว้ในถุงซิปล็อคพลาสติกใสในที่มืด เป็นระยะเวลา 0 7 14 และ 30 วัน จากนั้นทำการบันทึกภาพลักษณะปรากฏของลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษความร้อนด้วยกล้องโทรศัพท์เมื่อเวลาผ่านไป จากนั้นวิเคราะห์คุณภาพลายนิ้วมือโดยการนับจุดลักษณะสำคัญพิเศษด้วยเครื่อง AFIS แล้วนำไปหาค่าเฉลี่ย

3.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลค่าความหนืดของสารละลายที่วัดได้มาประมวลผลข้อมูลเพื่อหาค่าเฉลี่ย (\bar{X}) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel

ข้อมูลค่าดัชนีความขาวของพื้นหลังกระดาษเทอร์มอลและจำนวนจุดลักษณะพิเศษของลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจด้วยเครื่อง AFIS โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการพิสูจน์ลายนิ้วมือ ฝ่ามือ และฝ่าเท้าแฝงของกลุ่มงานตรวจลายนิ้วมือแฝง ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 7 เป็นผู้ดำเนินการในประเทศไทย โดยใช้หลักเกณฑ์สำหรับการตรวจพิสูจน์ยืนยันตัวตนจะต้องมีจำนวนจุดลักษณะพิเศษตรงกันตั้งแต่ 10 จุดขึ้นไป ประมวลผลข้อมูลหาค่าเฉลี่ย (average) ส่วนเบี่ยงเบน (standard deviation) และเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลโดยใช้หลักสถิติด้วยวิธี ANOVA ด้วยการทดสอบของ Tukey ที่ระดับนัยสำคัญ 95 % ($p < 0.05$) (Girdthep et al., 2022)



บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอล โดยใช้สารละลายนินไฮดรินที่มีการเติมพอลิเมอร์ตระกูลเซลลูโลส เพื่อลดการเกิดคราบดำที่พื้นหลังของกระดาษเทอร์มอลที่ทำให้บดบังลายนิ้วมือแฝง โดยทำการศึกษาเป็น 3 ส่วน ดังนี้

- 4.1 ศึกษาการเตรียมสารละลายนินไฮดรินที่มีพอลิเมอร์ตระกูลเซลลูโลส
- 4.2 ศึกษาประสิทธิภาพการตรวจเก็บลายนิ้วมือบนกระดาษเทอร์มอลที่ได้จากใช้สารละลายนินไฮดรินที่มีการเติมพอลิเมอร์เซลลูโลส
- 4.3 การศึกษาปัจจัยด้านระยะเวลาที่มีผลต่อคุณภาพของลายนิ้วมือแฝง

4.1 ศึกษาการเตรียมสารละลายนินไฮดรินที่มีพอลิเมอร์ตระกูลเซลลูโลส

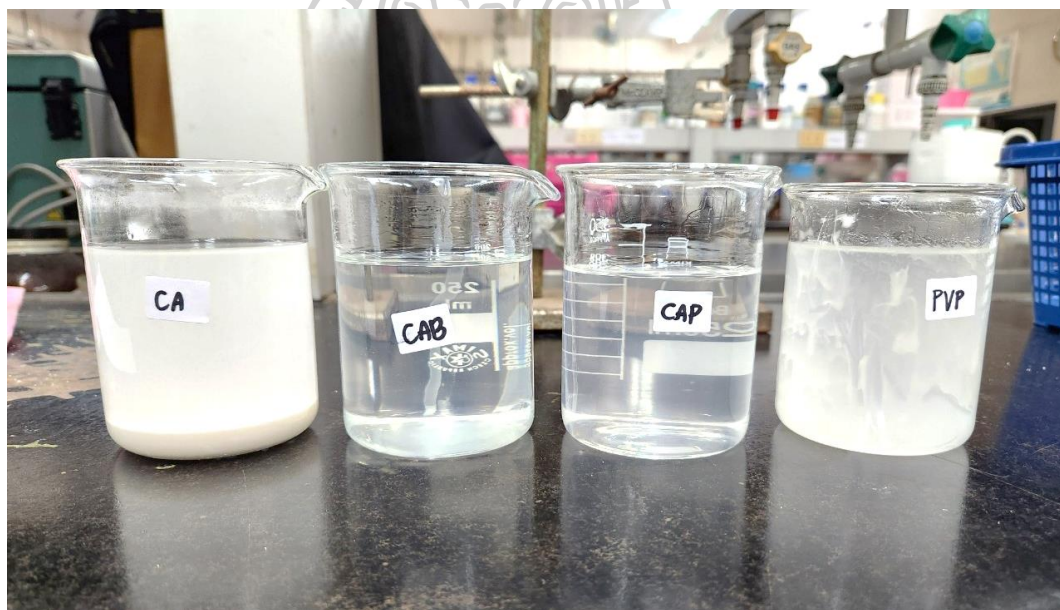
- 4.1.1 การศึกษาหาความหนืดระหว่างอะซิโตนกับพอลิเมอร์ชนิดต่าง ๆ

ผู้วิจัยนำพอลิเมอร์ 4 ชนิด ได้แก่พอลิเมอร์ CA CAB CAP และ PVP มาศึกษาหาความหนืด โดยละลายพอลิเมอร์ชนิดต่างๆในตัวทำละลายอะซิโตน ที่ความเข้มข้น 0 (%wt) 0.5 (%wt) 1.0 (%wt) 2.0 (%wt) 3.0 (%wt) 4.0 (%wt) และ 5.0 (%wt) ตามลำดับ และวิเคราะห์หาความหนืดของสารละลายด้วยเครื่องวัดความหนืดแบบ Helipath Stand ได้ผลการทดสอบดัง ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 Study of the viscosity of various polymers in acetone solvent.

Concentration of polymer solvent in acetone	Time	Type of polymer											
		CA				CAB				PVP			
		Torque (%)	Viscosity (cP)	Spindle	RPM	Torque (%)	Viscosity (cP)	Spindle	RPM	Torque (%)	Viscosity (cP)	Spindle	RPM
0 (%wt)	1	20.0	8.1	0.1	250	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	20.0	8.1	0.1	250	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	20.0	8.1	0.1	250	-	-	-	-	-	-	-	-
	\bar{X}	20.0	8.1	0.1	250	-	-	-	-	-	-	-	-
	S.D.	0.0	0.0	0.0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
0.5 (%wt)	1	22.5	9.3	0.1	250	26.6	10.6	0.1	250	27.4	10.9	0.1	250
	2	22.5	9.4	0.1	250	26.0	10.5	0.1	250	27.6	11.3	0.1	250
	3	22.4	9.4	0.1	250	26.5	10.8	0.1	250	27.4	10.8	0.1	250
	\bar{X}	22.5	9.4	0.1	250	26.4	10.6	0.1	250	27.5	11.0	0.1	250
	S.D.	0.1	0.1	0.0	0	0.3	0.2	0.0	0	0.1	0.3	0.0	0
1 (%wt)	1	23.3	9.3	0.1	250	36.0	14.5	0.1	250	29.5	11.7	0.1	250
	2	23.4	9.3	0.1	250	36.2	14.6	0.1	250	29.5	11.5	0.1	250
	3	23.1	9.2	0.1	250	36.0	14.2	0.1	250	29.5	11.7	0.1	250
	\bar{X}	23.3	9.2	0.1	250	36.1	14.4	0.1	250	29.5	11.6	0.1	250
	S.D.	0.2	0.1	0.0	0	0.1	0.2	0.0	0	0.0	0.1	0.0	0
2 (%wt)	1	22.5	8.9	0.1	250	57.9	25.8	0.1	250	49.5	19.9	0.1	250
	2	22.4	8.9	0.1	250	57.7	25.8	0.1	250	50.1	22.3	0.1	250
	3	23.1	8.9	0.1	250	57.2	25.7	0.1	250	43.7	19.8	0.1	250
	\bar{X}	22.7	8.9	0.1	250	57.6	25.8	0.1	250	47.8	20.7	0.1	250
	S.D.	0.4	0.0	0.0	0	0.4	0.1	0.0	0	3.5	1.4	0.0	0
3 (%wt)	1	23.2	9.0	0.1	250	93.4	36.5	0.1	250	-	-	-	-
	2	23.6	9.3	0.1	250	93.1	36.6	0.1	250	-	-	-	-
	3	23.1	9.0	0.1	250	94.2	36.2	0.1	250	-	-	-	-
	\bar{X}	23.3	9.1	0.1	250	93.6	36.4	0.1	250	-	-	-	-
	S.D.	0.3	0.1	0.0	0	0.6	0.2	0.0	0	-	-	-	-
4 (%wt)	1	23.1	9.4	0.1	250	96.5	47.6	0.1	250	-	-	-	-
	2	23.4	9.4	0.1	250	98.8	47.7	0.1	250	-	-	-	-
	3	23.7	9.4	0.1	250	99.4	48.0	0.1	250	-	-	-	-
	\bar{X}	23.4	9.4	0.1	250	98.2	47.8	0.1	250	-	-	-	-
	S.D.	0.3	0.0	0.0	0	1.5	0.2	0.0	0	-	-	-	-
5 (%wt)	1	24.8	9.7	0.1	250	89.6	69.9	0.1	250	-	-	-	-
	2	25.1	9.8	0.1	250	90.0	69.0	0.1	250	-	-	-	-
	3	25.1	9.6	0.1	250	89.8	69.7	0.1	250	-	-	-	-
	\bar{X}	25.0	9.7	0.1	250	89.8	69.5	0.1	250	-	-	-	-
	S.D.	0.2	0.1	0.0	0	0.2	0.5	0.0	0	-	-	-	-

จากการทดสอบพบว่าพอลิเมอร์ละลายในสารละลายอะซิโตน เมื่อมีความเข้มข้นมากขึ้นจะมีค่าความหนืดเพิ่มมากขึ้น เมื่อพิจารณาจากค่า Viscosity พบว่า CAB และ CAP มีความหนืดเพิ่มมากตามความเข้มข้นที่สูงขึ้น ส่วน CA เมื่อมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นพบว่าค่าความหนืดเพิ่มขึ้นถึงที่ระดับความเข้มข้น 2.0 (%wt) จึงคงที่หรือเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจนถึงความเข้มข้น 5.0 (%wt) เห็นได้ว่า CA มีการตกตะกอนไม่เป็นสารละลายเนื้อเดียวกัน ส่วน PVP มีความหนืดเพิ่มมากตามความเข้มข้นที่สูงขึ้น แต่ที่ความเข้มข้น 3.0 (%wt) พบว่าพอลิเมอร์ PVP ที่เติมลงไปละลายติดบริเวณปีกเกอร์ จึงสามารถวัดค่าความหนืดได้เพียง 3 ความเข้มข้นเท่านั้นคือ 0.5 (%wt) 1.0 (%wt) และ 2.0 (%wt) ดังนั้นจึงมีเพียงสารละลายพอลิเมอร์ชนิด CAB และ CAP ที่สามารถละลายเป็นเนื้อเดียวกันดังแสดงในภาพที่ 13 ทางผู้วิจัยจึงเลือกนำพอลิเมอร์ CAB และ CAP มาทำการศึกษาคุณภาพปลายนิ้วมือแฝงในกระดาษเทอร์มอลที่ตรวจเก็บโดยใช้สารละลายนินไฮดรินต่อไป



ภาพที่ 13 Polymer solution in acetone at a concentration of 5.0 (%wt)

4.1.2 การเตรียมสารละลายนินไฮดรินที่มีการเติมพอลิเมอร์เซลลูโลส

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการเตรียมสารละลายนินไฮดรินจำนวน 22 สูตร เตรียมโดยใช้ตัวทำละลาย 2 ชนิดได้แก่ อะซีโตน (อะซีโตน 1 สูตร เติม CAB จำนวน 6 สูตร CAP จำนวน 6 สูตร) และปิโตรเลียมอีเทอร์ (ปิโตรเลียมอีเทอร์ 1 สูตร เติม CAB จำนวน 5 สูตร CAP จำนวน 3 สูตร) ในอัตราส่วนที่ต่างกัน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 Prepared ninhydrin solutions

	CAB content (%wt)							CAP content (%wt)						
	0.0	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	0.0	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
0.50 %wt of ninhydrin in acetone	0.0	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	0.0	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
0.50 %wt of ninhydrin in petroleum ether	0.0	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	n/d	0.0	0.5	1.0	2.0	n/d	n/d	n/d

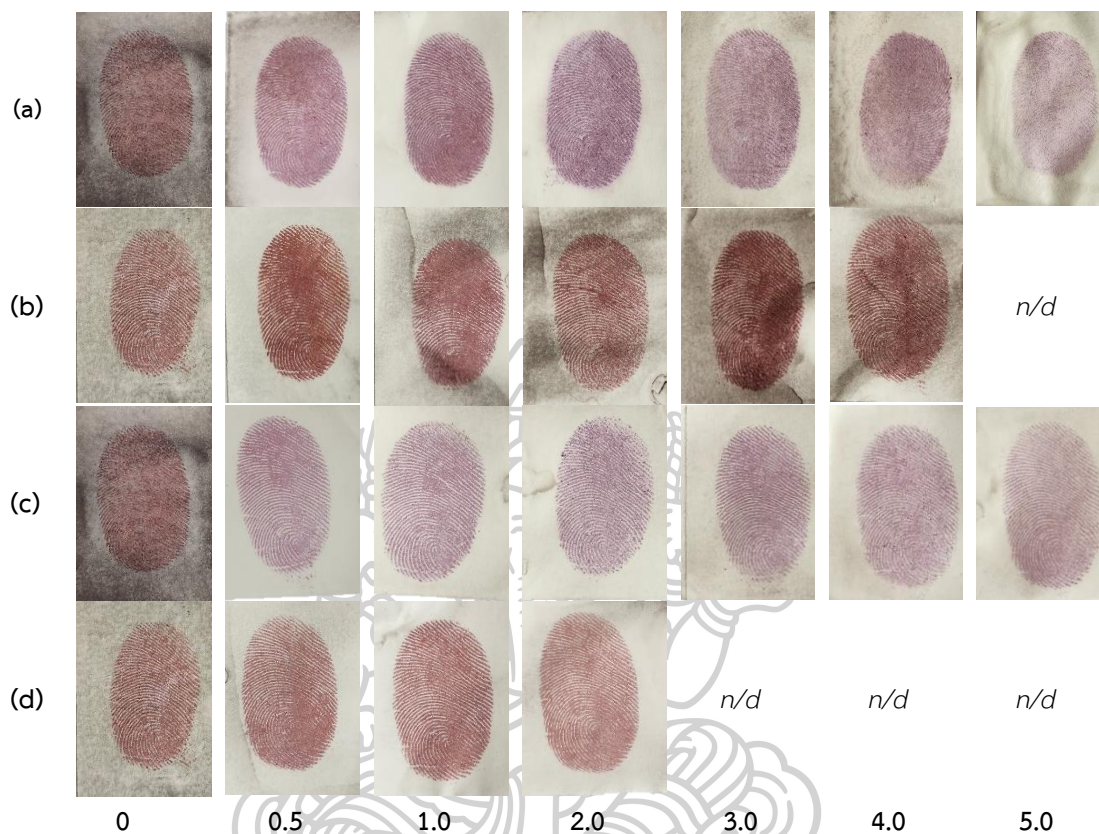
*n/d, CAB/CAP could not dissolve.

4.2 ศึกษาประสิทธิภาพการตรวจเก็บลายนิ้วมือบนกระดาษเทอร์มอลที่ได้จากใช้สารละลายนินไฮดรินที่มีการเติมพอลิเมอร์เซลลูโลส

4.2.1 การตรวจเก็บลายนิ้วมือบนกระดาษเทอร์มอลโดยใช้สารละลายนินไฮดรินที่มีการเติมพอลิเมอร์เซลลูโลส

การตรวจเก็บลายนิ้วมือบนกระดาษเทอร์มอลโดยใช้สารละลายนินไฮดรินที่เตรียมขึ้น 22 สูตร นำลายนิ้วมือแฝงของอาสาสมัครที่เตรียมขึ้นมาจุ่มลงในสารละลายนินไฮดรินที่เตรียมขึ้นพบว่า ลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอลเกิดเป็นลายนิ้วมือที่มีสีม่วงปรากฏขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสารละลายนินไฮดรินที่ไม่ได้มีการเติมพอลิเมอร์กับสารละลายนินไฮดรินที่มีการเติมพอลิเมอร์พบว่าสารละลายนินไฮดรินที่มีการเติมพอลิเมอร์ ได้ลายนิ้วมือบนกระดาษเทอร์มอลที่ปรากฏชัดเจนกว่า สามารถช่วยลดการเกิดรอยดำบนพื้นหลังของกระดาษเทอร์มอลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในตัวทำละลายอะซีโตนและปิโตรเลียมอีเทอร์ แสดงบนตารางที่ 3

ตารางที่ 3 The table shows images of latent fingerprints on thermal paper stored after being immersed of polymer cellulose in ninhydrin solution at 0 day.

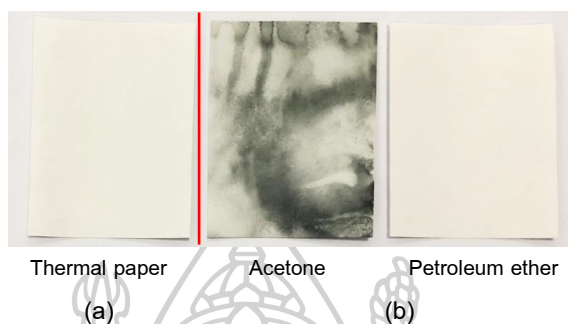


จาก ตารางที่ 3 สังเกตพบว่า สารละลายนินไฮดรินที่เตรียมขึ้นทั้งในตัวทำละลายอะซิโตนที่ความเข้มข้น Acetone/0.5 (%wt) ninhydrin/1.0 (%wt) CAB และ Acetone/0.5 (%wt) ninhydrin/0.5 (%wt) CAP และในตัวทำละลายปิโตรเลียม อีเทอร์ที่ความเข้มข้น Petroleum ether /0.5 (%wt) ninhydrin/0.5 (%wt) CAB และ Petroleum ether /0.5 (% wt) ninhydrin/1.0 (%wt) CAP มีประสิทธิภาพดีมากที่สุดเมื่อใช้ตรวจเก็บลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอล

ซึ่งจากการสังเกตทางกายภาพทั้ง 22 สูตร และปริมาณความเข้มข้นของพอลิเมอร์ที่สามารถทำการศึกษาได้ พบว่า CAB เป็นตัวแทนที่จะทำการศึกษาต่อไป เนื่องจากสามารถศึกษาได้ทั้งในตัวทำละลายอะซิโตนและปิโตรเลียมที่ปริมาณความเข้มข้นของพอลิเมอร์อยู่ในช่วง 0-5.0 (%wt)

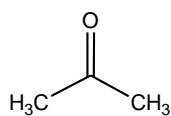
มีการศึกษาตัวทำละลายทั้งสองชนิดก่อนมีการเติมสารละลายนินไฮดรินและ CAB ลงไปพบว่าอะซิโตนทำให้กระดาษเทอร์มอลมีสีที่เปลี่ยนไปเป็นสีน้ำตาล-ดำ ดังภาพที่ 14b ในขณะที่กระดาษเทอร์มอลไม่มีการเปลี่ยนแปลงสีเมื่อใช้สารละลายปิโตรเลียม อีเทอร์ เมื่อเปรียบเทียบกับ

กระดาษเทอร์มอลเทอร์มอลก่อนการทดสอบ ดังภาพที่ 14a จากนั้นนำตัวอย่างไปวัดค่าดัชนีความขาว (whiteness, WI) ของภาพที่ 14a ได้ $WI = 99.20 \pm 0.12$ และภาพที่ 14b ซึ่งจะเห็นได้ว่ากระดาษมีความขาวลดลงมากที่สุด คืออะซิโตน ($WI = 30.24 \pm 12.99$) > ปีโตรเลียม อีเทอร์ ($WI = 98.48 \pm 0.80$)

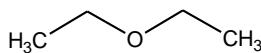


ภาพที่ 14 Physical appearance of thermal paper (a) before and (b) after dipped with acetone and petroleum ether solution.

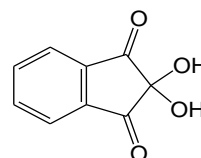
โดยสามารถอธิบายกลไกการเปลี่ยนสีของกระดาษเทอร์มอลไปเป็นสีน้ำตาล-ดำแสดงดังในภาพที่ 15d ทั้งนี้เนื่องจากกระดาษเทอร์มอลถูกเคลือบด้วยชั้นของสารเคมีที่เป็นส่วนผสมของแข็งที่มีองค์ประกอบของสีย้อมลิวโก้ (Leuco dye) ซึ่งมีสมบัติเป็นสารที่สามารถรับโปรตรอนได้ โดยหมู่เอสเทอร์บนวงแลคโตน (Lactone) เปิดออกโดยได้โปรตรอนจากตัวทำละลาย เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสได้เป็นคาร์บอกซิลิก ทำให้สีย้อมลิวโก้มีสี ซึ่งตัวทำละลายอะซิโตนจึงมีโอกาสทำให้โมเลกุลของสีย้อมลิวโก้ ได้รับโปรตรอนมากกว่าใช้ปีโตรเลียมอีเทอร์เนื่องจากหมู่คาร์บอนิล ($>C=O$) ในอะซิโตนสามารถดึงอิเล็กตรอนได้ดีกว่าหมู่อีเทอร์ ($-O-$) ดังแสดงโครงสร้างทางเคมีใน ภาพที่ 15a-b จึงทำให้มีโอกาสให้โปรตรอนแก่โมเลกุลของสีย้อมลิวโก้ ได้ทำให่วงแลคโตน (Lactone) ของโมเลกุลของสีย้อมลิวโก้ถูกเปิดออกและเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของสารที่มีสี (Muthyala, 1997) ดังนั้นจึงเห็นว่าอะซิโตนเป็นสารละลายที่สามารถทำให้รบกวนลายนิ้วมือแฝงที่จะปรากฏบนกระดาษเทอร์มอลได้หากมีการประยุกต์ใช้เป็นน้ำยาตรวจสอบลายนิ้วมือแฝง



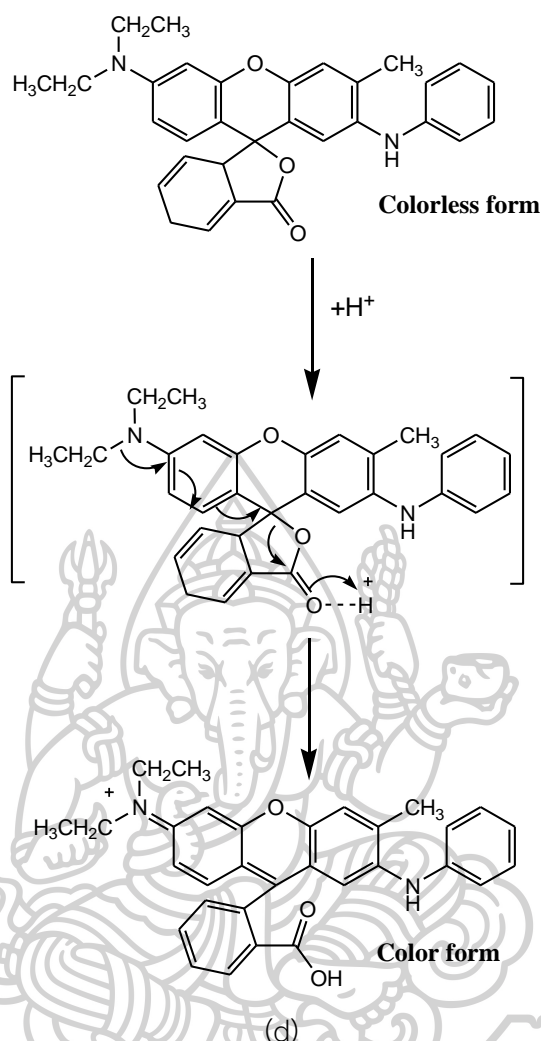
(a)



(b)




(c)



ภาพที่ 15 Chemical structure of (a) acetone, (b) petroleum ether, (c) ninhydrin molecule and (d) Proposed mechanism of the reaction of Leuco dye.

หลังจากนั้นมีการเติมนินไฮดรินลงในตัวทำละลายพบว่า มีลักษณะที่มีรอยเปื้อนสีดำรบกวน โดยที่ผลสีดำที่รบกวนนี้ให้ผลเช่นเดียวกับเมื่อทดสอบในกระดาษ โดยที่ Ninhydrin/petroleum ether พบว่ากระดาษเทอร์มอลเกิดการเปลี่ยนสีเช่นเดียวกันแต่น้อยกว่า Ninhydrin/acetone ซึ่งสอดคล้องกับค่าดัชนีความขาวที่แสดงใน ภาพที่ 16 ซึ่งเห็นว่าการผสมนินไฮดรินลงในตัวทำละลายโดยไม่มี CAB มีผลทำให้กระดาษเทอร์มอลเปลี่ยนเป็นสีคล้ำได้เพิ่มขึ้นโดยค่าดัชนีความขาวลดลงในอะซิโตน จาก $WI = 30.24 \pm 12.99$ เป็น 12.29 ± 6.04 และในปิโตรเลียมอีเทอร์ จาก $WI = 98.48 \pm 0.80$ เป็น 50.80 ± 16.67 โดยมีผลทำให้กระดาษเทอร์มอลเปลี่ยนเป็นสีคล้ำได้เพิ่มขึ้น เนื่องจากโครงสร้างทางเคมีของนินไฮดริน ดังภาพที่ 15c เป็นโครงสร้างที่สามารถให้

โปรตอน (H^+) กับโมเลกุลของสีย้อมลิโวโกได้เช่นเดียวกับตัวทำละลาย ทำให้เกิดเป็นสารประกอบของสีย้อมลิโวโกที่เป็นรูปแบบมีสีเกิดขึ้นบนพื้นผิวกระดาษเทอร์มอล

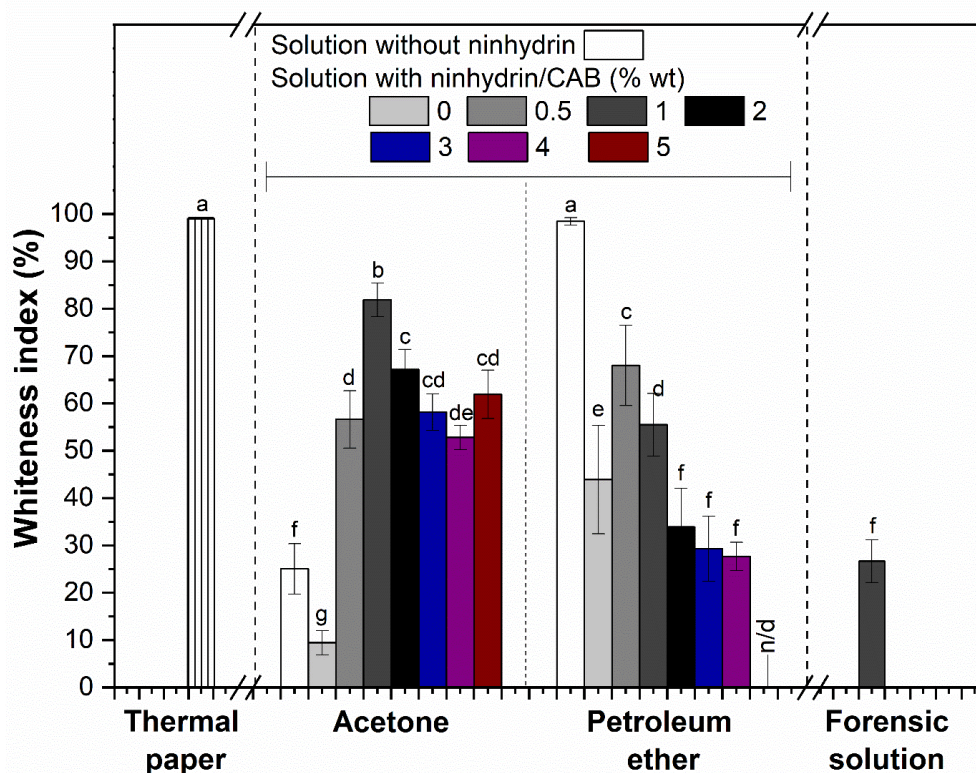
			
No Ninhydrin		Ninhydrin	
acetone	petroleum ether	acetone/ninhydrin	petroleum ether/ninhydrin
WI = 30.24 ± 12.99	WI = 98.48 ± 0.80	WI = 12.29 ± 6.04	WI = 50.80 ± 16.67
(a)		(b)	

ภาพที่ 16 Compare the physical appearance of thermal paper (a) no add ninhydrin
(b) add ninhydrin

เมื่อเติม CAB ลงไปใน acetone/ninhydrin เป็นปริมาณเพิ่มขึ้นพบว่าพื้นผิวของกระดาษเทอร์มอลมีรอยดำลดลงเมื่อเติม CAB ลงไปเป็นปริมาณ 0.5 %wt และพื้นผิวของกระดาษเทอร์มอลปรากฏรอยดำน้อยที่สุดเมื่อเติม CAB เป็นปริมาณ 1.0 %wt และลักษณะความขาวของกระดาษเทอร์มอลเริ่มลดลงเมื่อเติม CAB เป็นปริมาณ 2.0 %wt โดยลักษณะความขาวที่ปรากฏสอดคล้องกับค่าดัชนีความขาว ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเติม CAB เป็นปริมาณ 1.0 %wt ใน acetone/ninhydrin ทำให้ลดการเกิดรอยดำบนกระดาษเทอร์มอลได้ดีที่สุดซึ่งก่อนเติมมีค่า WI = 12.29 ± 6.04 เมื่อเติม CAB ปริมาณ 1.0 %wt. ค่า WI = 80.78 ± 3.63 แต่เมื่อเติม CAB ปริมาณ 2.0 %wt. ขึ้นไปพบว่า WI มีค่าลดลงจาก 80.78 ± 3.63 เป็น 68.03 ± 3.92 แสดงดังภาพที่ 16 นอกจากนี้กระดาษเทอร์มอลมีลักษณะที่แข็งและย่นเพิ่มขึ้นเมื่อเติม CAB เพิ่มขึ้นตั้งแต่ 3 จนถึง 5 %wt ส่งผลให้ลายนิ้วมือแฝงเกิดการโค้งงอตามรูปกระดาษเทอร์มอลทั้งนี้เนื่องจากปริมาณ CAB ที่สูงทำให้เกิดเป็นฟิล์ม CAB ที่หนาเคลือบผิวบนกระดาษเทอร์มอล

สำหรับ petroleum ether/ninhydrin พบว่าเมื่อเติม CAB ลงรอยดำปรากฏน้อยที่สุดเมื่อเติม CAB เป็นปริมาณ 0.5 %wt มีค่า WI = 61.28 ± 11.89 โดยเมื่อเติม CAB เป็นปริมาณเพิ่มขึ้นพบว่ามียอยดำปรากฏเพิ่มขึ้นด้วยเช่นเดียวกับ acetone/ninhydrin

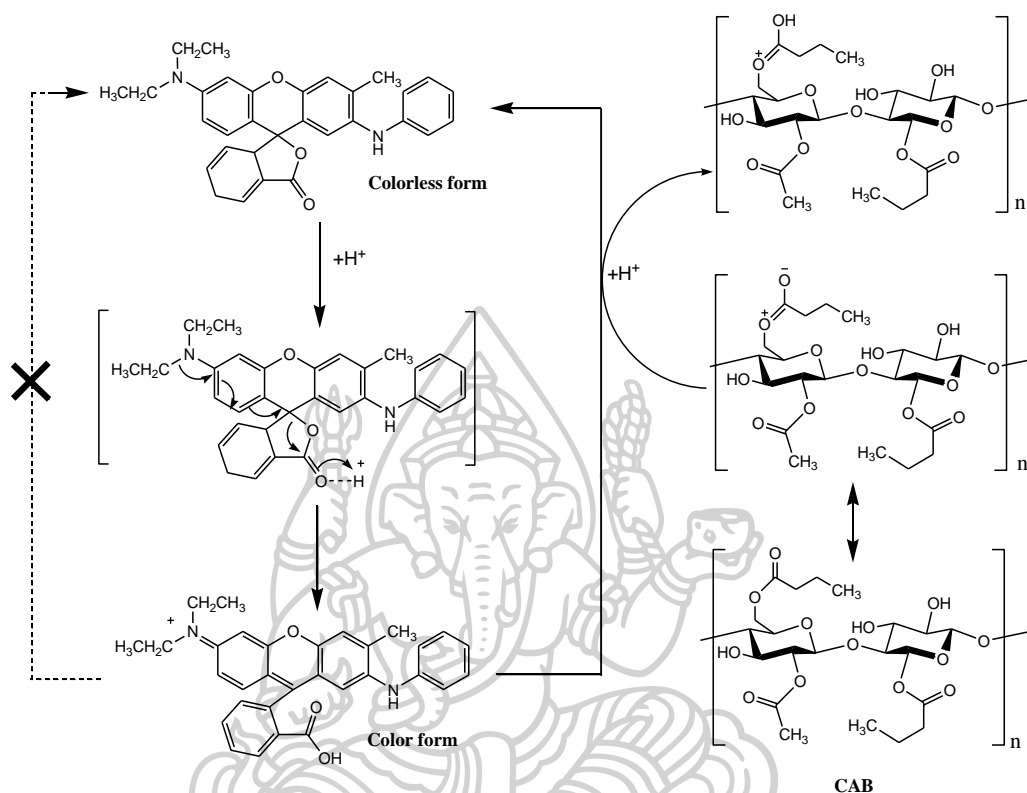
จากผลข้างต้นจะพบว่าสูตรที่ดีที่สุดเมื่อเลือกจากสารละลายสองชนิด คือ Acetone/0.5 (%wt) ninhydrin/1.0 (%wt) CAB และ Petroleum ether /0.5 (%wt) ninhydrin/0.5 (%wt) CAB



ภาพที่ 17 Whiteness index of thermal paper before and after using acetone and petroleum ether with and without 0.5 %wt of ninhydrin solution and with difference of CAB concentration (0, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 and 5.0 %wt) comparable to forensic solution.

จากงานวิจัยของ เจนจิรา ว่องพรรณงาม (2561) ที่ได้รายงานว่าเมื่อเติมพอลิเมอร์ CAB สามารถช่วยลดคราบดำบนพื้นหลังของกระดาษเทอร์มอลได้ ลายนิ้วมือแฝงที่เกิดขึ้นมีความคมชัดของลายเส้นใกล้เคียงกัน ทั้งในตัวทำละลายอะซิโตนและปิโตรเลียมอีเทอร์ ทั้งนี้เนื่องมาจากสีย้อมลิวโก้เปลี่ยนกลับไปเป็นโมเลกุลรูปแบบไม่มีสีโดยมีพอลิเมอร์ CAB โดยที่หมู่อะซิเตทที่อยู่ในโครงสร้าง CAB ทำหน้าที่กำจัดโปรตอนบนหมู่คาร์บอกซิลิกและปิดวงแหวนบนโมเลกุลสีลิวโก้เพื่อสร้างสไปโรแลคโตน (spirolactone) ขึ้นใหม่ทำให้สีย้อมลิวโก้กลับคืนมาในรูปแบบที่ไม่มีสี ซึ่งสามารถแก้ไขการเกิดรอยดำบนกระดาษเทอร์มอลได้เช่นเดียวกับ PVP (Muthyala & Lan, 1997) โดยปกติแล้วกลไกการเปลี่ยนแปลงของโมเลกุลสีย้อมลิวโก้จากรูปแบบที่มีสีเป็นไม่มีสีจะไม่สามารถเกิดขึ้นได้เอง ทั้งนี้กลไกที่

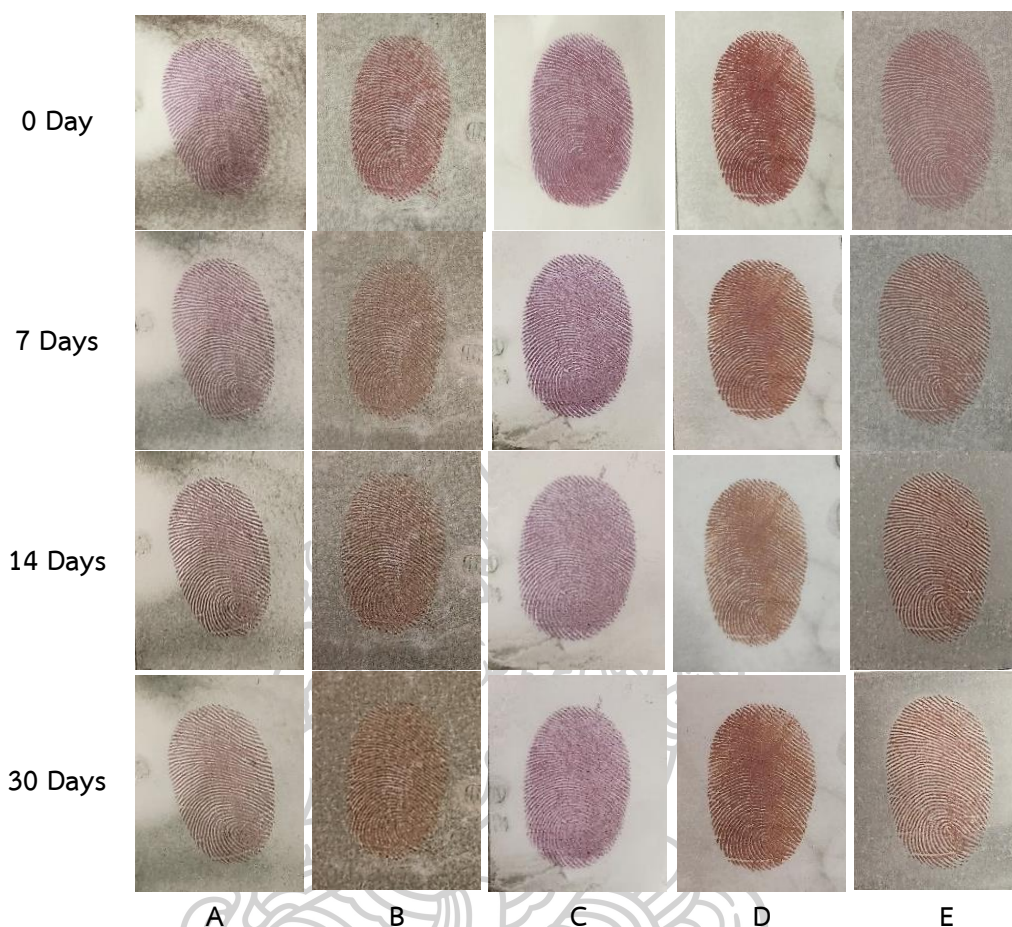
เป็นไปได้ถูกนำเสนอในรูปแบบ ภาพที่ 18 ดังนั้นจึงชี้ให้เห็นว่าพอลิเมอร์ CAB สามารถทำให้ลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์โมลเห็นได้ชัดเจนมากขึ้นเมื่อพิจารณาลักษณะปรากฏด้วยตาเปล่า



ภาพที่ 18 Proposed mechanism of the reaction of color to colorless form of Leuco dye via CAB.

4.3 การศึกษาปัจจัยด้านระยะเวลาที่มีผลต่อคุณภาพของลายนิ้วมือแฝง

สารละลายนินไฮดรินทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ Acetone/0.5 (%wt) ninhydrin, Petroleum ether/0.5 (%wt) ninhydrin, Acetone/0.5 (%wt) ninhydrin/1.0 (%wt) CAB, Petroleum ether /0.5 (%wt) ninhydrin/0.5 (%wt) CAB และสารละลายนินไฮดรินสำหรับการหาลายนิ้วมือที่ใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์ถูกนำมาศึกษาคุณภาพและการคงอยู่ของลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์โมลเมื่อเวลาผ่านไปเป็นระยะเวลา 0 7 14 และ 30 วัน ลักษณะปรากฏของลายนิ้วมือแฝงเมื่อเวลาผ่านไปแสดงดัง ภาพที่ 19 และจากรูปชี้ให้เห็นว่าลักษณะปรากฏของลายนิ้วมือแฝงมีการซีดจางลงเมื่อเวลาผ่านไปโดยเฉพาะวันที่ 30 สอดคล้องผลของจุดสำคัญพิเศษ (Minutae) และลักษณะจุดสำคัญพิเศษของลายนิ้วแฝงจากโดยเปรียบเทียบวันที่ 0 และ 30 ด้วยเทคนิคเอพิสแสดงดังภาพที่ 20 และ ภาพที่ 21 ตามลำดับ



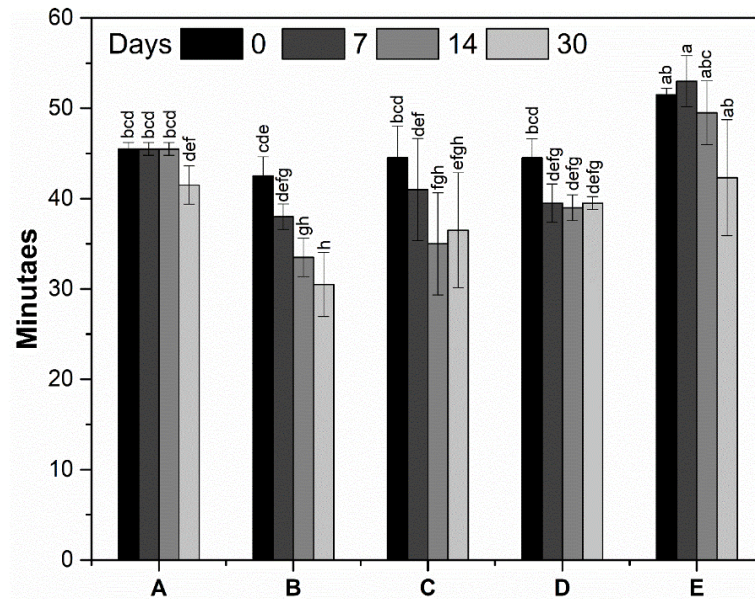
ภาพที่ 19 Physical appearance of latent fingerprints on thermal paper using solution of A; acetone/ninhydrin, B; petroleum ether/ninhydrin, C; 1.0 %wt CAB/Ninhydrin/acetone, D; 0.5 %wt CAB/Ninhydrin/petroleum ether and E; Forensic ninhydrin solution at 0, 7, 14 and 30 Days.

จากรูป ภาพที่ 20 พบว่าอัตราการลดลงน้อยที่สุดของจุดสำคัญพิเศษเมื่อเวลาผ่านไปจากเริ่มต้น (วันที่ 0) จนถึงวันที่ 30 เป็นลำดับ ดังนี้ acetone/ninhydrin < 0.5 %wt CAB/ninhydrin/petroleum ether < 1.0 %wt CAB/ninhydrin/acetone < Forensic ninhydrin solution < petroleum ether/ninhydrin

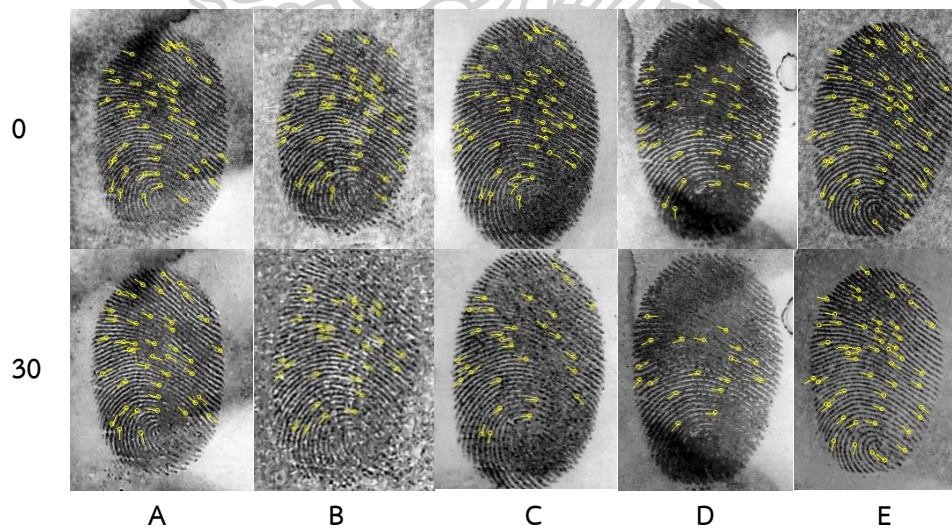
เมื่อพิจารณาที่เวลาผ่านไป 30 วันจำนวนจุดสำคัญพิเศษที่มากที่สุดสามารถเรียงลำดับได้ดังนี้ petroleum ether/ninhydrin > acetone/ninhydrin > 1.0 %wt CAB/ninhydrin/acetone > 0.5 %wt CAB/ninhydrin/petroleum ether > Forensic ninhydrin solution โดยที่จุดสำคัญพิเศษในวันที่ 30 พบว่าการเติม CAB ส่งผลให้จุดสำคัญพิเศษคงอยู่เพิ่มมากขึ้นในกรณีของ 0.5 %wt

CAB/ninhydrin/petroleum ether (จุดสำคัญพิเศษ = 31.0 ± 3.5) เมื่อเทียบกับไม่เติม CAB (จุดสำคัญพิเศษ = 39.7 ± 0.6)

นอกจากนี้เมื่อผ่านไปเป็นเวลา 30 วัน พบว่าจุดสำคัญพิเศษของลายนิ้วมือแฝงที่คงอยู่เมื่อใช้ 0.5 %wt CAB/Ninhydrin/petroleum ether มีค่าใกล้เคียงกับจุดสำคัญพิเศษของลายนิ้วมือแฝงที่คงอยู่ สารละลายนินไฮดรินสำหรับการหาลายนิ้วมือที่ใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์ (Forensic ninhydrin solution) ด้วย อย่างไรก็ตามแม้ว่าสารละลายนินไฮดรินที่เตรียมขึ้นทั้ง 4 สูตร (acetone/ninhydrin, petroleum ether/ninhydrin, 1.0 %wt CAB/Ninhydrin/acetone, 0.5 %wt CAB/Ninhydrin/petroleum ether) มีจุดสำคัญพิเศษที่มีค่าต่ำกว่าสารละลายนินไฮดรินสำหรับการหาลายนิ้วมือที่ใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์ แต่ก็ยังคงจำนวนจุดสำคัญพิเศษนั้นมีค่ามากกว่า 10 จุด โดยสามารถระบุตัวบุคคลได้ โดยเฉพาะ 0.5 %wt CAB/ninhydrin/petroleum ether นั้นสามารถนำมาใช้เป็นสารละลายเพื่อหาลายนิ้วมือแฝงได้ในกรณีที่เกิดเหตุพยานมีหมึกบนกระดาษเทอร์มอล เนื่องจาก petroleum ether ไม่ละลายหมึกบนกระดาษเทอร์มอลเมื่อเปรียบเทียบกับสารละลายนินไฮดรินที่ใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย (acetone/ninhydrin และ 1.0 %wt CAB/ninhydrin/acetone) (เจนจิรา ว่องพรรณงาม, 2561) นอกจากนี้วัตถุพยานที่ไม่มีหมึกบนกระดาษเทอร์มอลก็ยังสามารถเลือกใช้สารละลายนินไฮดรินมีอะซิโตนเป็นตัวทำละลายได้เช่นกัน (acetone/ninhydrin และ 1.0 %wt CAB/ninhydrin/acetone) โดย acetone/ninhydrin แสดงการคงอยู่ของลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอลได้ดีกว่า 1.0 %wt CAB/ninhydrin/acetone ดังภาพที่ 20 ในขณะที่ 1.0 %wt CAB/ninhydrin/acetone มีลักษณะของลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอลที่ชัดเจนเนื่องจากการเติม CAB ไปลดการรบกวนของรอยด่าง



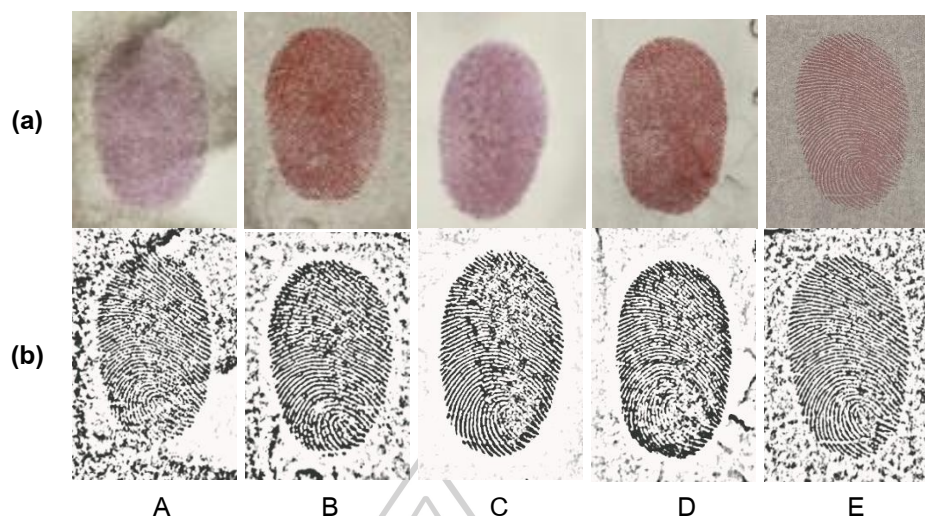
ภาพที่ 20 Minutaes of latent fingerprints using AFIS at at 0, 7, 14 and 30 Days: A; acetone/ninhydrin, B; petroleum ether/ninhydrin, C; 1.0 %wt CAB/ninhydrin/acetone, D; 0.5 %wt CAB/ninhydrin/petroleum and E; Forensic ninhydrin solution.



ภาพที่ 21 Latent fingerprint using AFIS at 0 and 30 Days, A; acetone/ninhydrin, B; petroleum ether/ninhydrin, C; 1.0 %wt CAB/ninhydrin/acetone, D; 0.5 %wt CAB/ninhydrin/petroleum and E; Forensic ninhydrin solution.

ซึ่งการจากศึกษาปัจจัยด้านระยะเวลาที่มีผลต่อคุณภาพของลายนิ้วมือแฝงพบว่าประสิทธิภาพในการตรวจสอบลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอลนั้นหากใช้จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษเป็นเกณฑ์ในการพิจารณาคุณภาพลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจเก็บได้และทำการนับจุดด้วยเอฟิสโดยผู้ชำนาญด้านการตรวจลายนิ้วมือ พบว่าลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจเก็บด้วยสารละลายนินไฮดรินที่ใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์ให้จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษลายนิ้วมือมากกว่าการใช้สารละลายนินไฮดรินที่มีการเติมพอลิเมอร์ชนิด CAB แม้ว่าจะมีลักษณะลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอลเป็นลายเส้นสีม่วง-ชมพูสลับเทาเนื่องจากมีรอยดำที่พื้นหลังของกระดาษเทอร์มอลแต่อย่างไรก็ตามผู้ชำนาญด้านการตรวจลายนิ้วมือก็ยังสามารถใช้เครื่องเอฟิสช่วยกำหนดจุดลักษณะสำคัญพิเศษในเบื้องต้นแล้วจึงทำการแก้ไขให้มีเฉพาะจุดลักษณะสำคัญพิเศษที่มีอยู่จริงตามหลักวิชาการตรวจลายนิ้วมือแฝงได้

จากข้อดีดังกล่าวทำให้ผู้ชำนาญด้านการตรวจลายนิ้วมือสามารถนับจุดลักษณะสำคัญพิเศษด้วยตนเองเพื่อตรวจสอบว่ารอยลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจเก็บได้โดยไม่ต้องใช้เครื่องเอฟิสในการนับจุดเพียงอย่างเดียวนอกจากนี้ยังสามารถใช้โปรแกรมตกแต่งภาพเพื่อทำการปรับแต่งภาพให้มีความคมชัดและขยายภาพให้มีขนาดใหญ่ขึ้นได้โดยไม่ปรากฏพื้นหลังที่เป็นสีดำรบกวนโดยเฉพาะสารละลายนินไฮดรินที่มีการผสมพอลิเมอร์ ชนิด CAB ลงไป (1.0 %wt CAB/ninhydrin/acetone และ 0.5 %wt CAB/ninhydrin/petroleum) ดังแสดงในภาพที่ 22 ซึ่งทำให้มีความชัดเจนขึ้นในการนับจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษบนวัตถุพยานที่เป็นกระดาษเทอร์มอล



ภาพที่ 22 The comparison of (a) Physical appearance of latent fingerprints on thermal paper and (b) Digital image of inked fingermark used artificial latent fingerprints creation using Adobe photoshop after used the solution of A; acetone/ninhydrin, B; petroleum ether/ninhydrin, C; 1.0 %wt CAB/ninhydrin/acetone, D; 0.5 %wt CAB/ninhydrin/petroleum ether and E; Forensic ninhydrin solution.

นอกจากนี้จาก ตารางที่ 4 แสดงถึงต้นทุนของสารที่เคมีที่ใช้ พบว่าต้นทุนของสารละลายนินไฮดรินในงานวิจัยนี้ที่มีการผสมพอลิเมอร์ ชนิด CAB มีราคาต่ำกว่าสารละลายนินไฮดรินที่ใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันถือเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเลือกใช้สารละลายราคาไม่แพงมากสำหรับตรวจสอบลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอลด้วย โดยเฉพาะสารละลายนินไฮดริน 0.5 %wt CAB/ninhydrin/petroleum ether

ตารางที่ 4 Cost comparisons of ninhydrin solutions, A; 1.0 %wt

CAB/ninhydrin/acetone, B; 0.5 %wt CAB/ninhydrin/petroleum and forensic ninhydrin solution.

Chemicals	A (Net = 100 ml)	B (Net = 100 ml)	Forensic ninhydrin solution	
			ninhydrin stock solution (Net = 500 ml)	working solution (Net = 1,000 ml)
Acetone (0.40 Baht/ml) ^a	0.40 x 100 ml = 40.00 Baht			
Petroleum ether (0.79 Baht/ml) ^a		0.79 x 100 ml = 79.00 Baht		
CAB (0.30 Baht/g) ^b	0.30 x 1.0 g = 0.30 Baht	0.30 x 0.5 g = 0.15 Baht		
Ninhydrin (76.0 Baht/g) ^a	76.0 x 0.5 g = 38.00 Baht	76.0 x 0.5 g = 38.00 Baht	76.0 x 35.0 g = 2,660 Baht	
Ethanol (0.69 Baht/ml) ^a			0.69 x 425 ml = 293.2 Baht	
Ethyl Acetate (0.56 Baht/ml) ^a			0.56 x 35 ml = 19.8 Baht	
Acetic Acid (0.48 Baht/ml) ^a			0.4816 x 40 ml = 19.6 Baht	
			Ninhydrin stock solution 2,992.6 / 500 ml = 5.98 Baht/ml	5.98 x 65 ml = 389 Baht
Hexafluoropropyl methyl ether, HFE (3M Novec 7100 Engineering Fluids) (4.42 Baht/ml) ^c				4.42 x 935 ml = 4,133 Baht
Price (Baht per 100 ml)	≈ 78.3	≈ 117.2		≈ 452.2

^a M&P IMPEX Limited Partnership

^b Eastman Chemical Company

^c 3M Thailand Co.,Ltd.

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการตรวจเก็บลายนิ้วมือบนกระดาษเทอร์มอลที่ได้จากใช้สารละลายนินไฮดรินที่มีการเติมพอลิเมอร์เซลลูโลส โดยมีการศึกษาวัดความหนาของสารละลายพอลิเมอร์เพื่อเลือกที่เหมาะสมกับการทดลอง ซึ่งเป็น พอลิเมอร์ 2 ชนิด คือ CAB และ CAP จากนั้นเตรียมการเตรียมสารละลายนินไฮดรินที่มีการเติมพอลิเมอร์ CAB และ CAP ได้เป็นสารละลายนินไฮดรินที่เตรียมขึ้นทั้งหมด 22 สูตร และมีศึกษาผลการตรวจเก็บลายนิ้วมือบนกระดาษเทอร์มอลโดยใช้สารละลายนินไฮดรินที่มีการเติมพอลิเมอร์เซลลูโลส และปัจจัยด้านระยะเวลาที่มีผลต่อคุณภาพของลายนิ้วมือแฝง ดังข้อสรุปต่อไปนี้

5.1.1 การศึกษาผลการตรวจเก็บลายนิ้วมือบนกระดาษเทอร์มอลโดยใช้สารละลายนินไฮดรินที่มีการเติมพอลิเมอร์เซลลูโลส

สารละลายนินไฮดรินที่มีการเติมพอลิเมอร์พบว่าสารละลายนินไฮดรินที่มีการเติมพอลิเมอร์ได้ลายนิ้วมือบนกระดาษเทอร์มอลที่ปรากฏชัดเจนกว่า สามารถช่วยลดการเกิดรอยดำบนพื้นหลังของกระดาษเทอร์มอลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในตัวทำละลายอะซิโตนและปิโตรเลียมอีเทอร์ โดยสารละลายนินไฮดริน และตัวทำละลายทั้งอะซิโตนและปิโตรเลียมอีเทอร์ มีผลทำให้สีย้อมลิวกั๊วได้ทำให้วงแลคโตน (Lactone) ของโมเลกุลของสีย้อมลิวกั๊วถูกเปิดออก ซึ่งจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของสารที่มีสี (Muthyala, 1997) แต่เมื่อเติมพอลิเมอร์ CAB ลงไปทำให้ช่วยลดคราบดำบนพื้นหลังของกระดาษเทอร์มอลได้ โดยสามารถทำให้สีย้อมลิวกั๊วเปลี่ยนกลับไปเป็นโมเลกุลรูปแบบไม่มีสีโดยมีพอลิเมอร์ CAB โดยที่หมู่อะซิเตทที่อยู่ในโครงสร้าง CAB ทำหน้าที่กำจัดโปรตอนบนหมู่คาร์บอกซิลิกและตามด้วยการปิดวงแหวนเพื่อสร้างสไปโรแลคโตน (spirolactone) ในโมเลกุลสีลิวกั๊วขึ้นใหม่ทำให้สีย้อมลิวกั๊วกลับคืนมาในรูปแบบที่ไม่มีสี

5.1.2 การศึกษาปัจจัยด้านระยะเวลาที่มีผลต่อคุณภาพของลายนิ้วมือแฝง

เมื่อผ่านไปเป็นเวลา 30 วัน พบว่าจุดสำคัญพิเศษของลายนิ้วมือแฝงที่คงอยู่ มีค่าใกล้เคียงกับจุดสำคัญพิเศษของลายนิ้วมือแฝงที่คงอยู่สารละลายนินไฮดรินสำหรับการหาลายนิ้วมือที่ใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์ (Forensic ninhydrin solution) แม้ว่าสารละลายนินไฮดรินที่เตรียมขึ้นทั้ง 4 สูตร

(acetone/ninhydrin, petroleum ether/ninhydrin, 1.0 %wt CAB/Ninhydrin/acetone, 0.5 %wt CAB/Ninhydrin/petroleum) มีจุดสำคัญพิเศษที่มีค่าต่ำกว่าสารละลายนินไฮดรินสำหรับการหาลายนิ้วมือที่ใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์ แต่ก็ยังคงจำนวนจุดสำคัญพิเศษนั้นมีค่ามากกว่า 10 จุด โดยสามารถระบุตัวบุคคลได้ โดยเฉพาะ 0.5 %wt CAB/ninhydrin/petroleum ether นั้นสามารถนำมาใช้เป็นสารละลายเพื่อหาลายนิ้วมือแฝงได้ในกรณีที่วัตถุพยานมีหมึกบนกระดาษเทอร์มอล เนื่องจาก petroleum ether ไม่ละลายหมึกบนกระดาษเทอร์มอลเมื่อเปรียบเทียบกับสารละลายนินไฮดรินที่ใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย (acetone/ninhydrin และ 1.0 %wt CAB/ninhydrin/acetone) (เจนจิรา ว่องพรรณงาม, 2561) และการที่ไม่มีคราบดำที่พื้นหลังรบกวนสามารถช่วยให้ผู้ชำนาญด้านการตรวจลายนิ้วมือสามารถนับจุดลักษณะสำคัญพิเศษด้วยตนเองเพื่อตรวจสอบว่ารอยลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจเก็บได้โดยไม่ต้องใช้เครื่องเอฟิสในการนับจุดเพียงอย่างเดียวทำได้โดยการใช้โปรแกรมตกแต่งภาพเพื่อทำการปรับแต่งภาพให้มีความคมชัดและขยายภาพให้มีขนาดใหญ่ขึ้นได้โดยไม่ปรากฏพื้นหลังที่เป็นสีดาร์บรบกวนโดยเฉพาะสารละลายนินไฮดรินที่มีการผสมพอลิเมอร์ ชนิด CAB ลงไป (1.0 %wt CAB/ninhydrin/acetone และ 0.5 %wt CAB/ninhydrin/petroleum) นอกจากนี้ต้นทุนของสารละลายนินไฮดรินในงานวิจัยนี้ที่มีการผสมพอลิเมอร์ มีราคาต่ำกว่าสารละลายนินไฮดรินที่ใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันถือเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเลือกใช้สารละลายราคาไม่แพงมากสำหรับตรวจสอบลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอลด้วย โดยเฉพาะสารละลายนินไฮดริน 0.5 %wt CAB/ninhydrin/petroleum ether และมีวิธีการเตรียมสารละลายที่ง่ายไม่ยุ่งยาก

5.2 ข้อเสนอแนะในงานวิจัย

5.2.1 มีการศึกษาผลของการเติมเซลลูโลสอะซิเตตโพรพิโอเนตในสารละลายนินไฮดรินที่มีต่อการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอล

5.2.2 ศึกษาผลของ pH ของสารละลายนินไฮดรินที่มีการเติมพอลิเมอร์เซลลูโลสที่มีผลต่อการเกิดคราบดำบนกระดาษเทอร์มอล

5.2.3 ศึกษาความเสถียรภาพของสารละลายนินไฮดรินที่มีการเติมพอลิเมอร์เซลลูโลส

5.2.4 ศึกษาวิธีการเก็บรักษาสารละลายนินไฮดรินที่มีการเติมพอลิเมอร์เซลลูโลสให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

รายการอ้างอิง

- Anupama Sapkota. (2022). *Ninhydrin Test- Definition, Principle, Procedure, Result, Uses*.
<https://microbenotes.com/ninhydrin-test/>
- ChemSrc. (2567). *Petroleum Ether*. https://www.chemsrc.com/en/cas/64742-82-1_1375807.html
- Chen, H., Ma, R.-L., Chen, Y., & Fan, L.-J. (2017). Fluorescence development of latent fingerprint with conjugated polymer nanoparticles in aqueous colloidal solution. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 9(5), 4908-4915.
- Datta, A. K. (2001). *Advances in fingerprint technology*. CRC press.
- Dyre, S., & Sumathi, CP. (2017). RELIABLE ORIENTATION FIELD ESTIMATION OF FINGERPRINT BASED ON ADAPTIVE NEIGHBORHOOD ANALYSIS. *ICTACT Journal on Image & Video Processing*, 7(3).
- Eksinitkun, G., Pansiw, S., & Phutdhawong, W. (2019). Simple improvement in latent fingerprint detection with Ninhydrin/water glue on thermal paper. *Journal of Physics: Conference Series*,
- Fordyce, C., & Meyer, I. (1940). Plasticizers for cellulose acetate and cellulose acetate butyrate. *Industrial & Engineering Chemistry*, 32(8), 1053-1060.
- Gilbert, M. (2017). *Brydson's plastics materials*. William Andrew.
- Girdthep, S., Limwanich, W., & Punyodom, W. (2022). Non-isothermal cold crystallization, melting, and moisture barrier properties of silver-loaded kaolinite filled poly (lactic acid) films. *Materials Chemistry and Physics*, 276, 125227.
- Harika, K., Sunitha, K., Maheshwar, K., & Rao, M. (2012). Basic concepts of cellulose polymers-a comprehensive review. *Archives of Pharmacy Practice*, 3(3-2012), 202-216.
- Kent, T. (1998). *Manual of fingerprint development techniques*. Sandridge, Home Office.
- Kowalska, T., & Sherma, J. (2007). *Thin layer chromatography in chiral separations and analysis*. CRC Press.
- Luo, Y. P., Zhao, Y. B., & Liu, S. (2013). Evaluation of DFO/PVP and its application to latent fingermarks development on thermal paper. *Forensic Sci Int*, 229(1-3), 75-

79. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2013.03.045>

Miller, B. (1994). Vital signs of identity [biometrics]. *IEEE spectrum*, 31(2), 22-30.

Muthyala, R., & Lan, X. (1997). *The Chemistry of Leuco Triarylmethanes*. Plenum Press: New York.

Okhovat, A., Ashtiani, F. Z., & Karimi, M. (2015). A comparative study on thermodynamic phase behavior analysis of cellulose acetate, cellulose acetate propionate and cellulose acetate butyrate-DMF-water ternary systems. *Journal of Polymer Research*, 22(12), 234.

Ozhikandathil, J., Badilescu, S., & Packirisamy, M. (2018). Polymer composite optically integrated lab on chip for the detection of ammonia. *Journal of The Electrochemical Society*, 165(8), B3078.

Polson, C. J. (1951). Finger prints and finger printing: an historical study. *J. Crim. L. & Criminology*, 41, 495.

Raymond C Rowe, P. J. S., , Marian E Quinn. (2009). *Handbook of Pharmaceutical Exipients*.

Rubins, U., Marcinkevics, Z., Cimurs, J., Grabovskis, A., & Kviesis-Kipge, E. (2018). Snapshot hyperspectral system for noninvasive skin blood oxygen saturation monitoring. *Biophotonics: Photonic Solutions for Better Health Care VI*,

Rudin, I. K. N. (2000). *Principles and practice of criminalistics: the profession of forensic science*. CRC Press.

Ruengdit, S. (2010). *Appropriate Concentration of Ninhydrin for Latent Fingerprints Detection on Various Papers*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย,

Schwarz, L., & Klenke, I. (2010). Improvement in latent fingerprint detection on thermal paper using a one-step ninhydrin treatment with polyvinylpyrrolidones (PVP). *Journal of Forensic Sciences*, 55(4), 1076-1079.

Trading, S. (2564). กระดาษเทอร์มอล สร้างตัวหนังสือได้อย่างไร . <https://www.suksawad.com/post/how-does-thermal-paper-works>

Wang, J., Peng, R., Luo, Y., Wu, Q., & Cui, Q. (2021). Preparation of fluorescent conjugated polymer micelles with multi-color emission for latent fingerprint

imaging. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 615, 126192.

เจนจิรา ว่องพรรณงาม. (2561). การตรวจหาลายนิ้วมือแฝงด้วยนินไฮดริน/เซลลูโลสอะซิเตทบิวทีเรตบนกระดาษ ความร้อน [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์].

นันทกาล ตาลจินดา. (2013). การตรวจเก็บลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอลด้วยวิธีการมไอโอดีน, วิธินินไฮดริน และวิธี 1,2 อินเดนไดโอน. *Veridian E-Journal*, 6(1), 808-816.

ศิริรัตน์ เทียงเจียรธรรม. (2556). การปรากฏขึ้นของลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุที่จมอยู่ในน้ำธรรมชาติโดยใช้ *Small Particle Reagent* และผงฝุ่นดำ [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศิลปากร].

ไศภษา สิงห์ทอง. (2558). ลายนิ้วมือกับการพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคล. วารสารวิชาการแพรวกาฬสินธุ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกาฬสินธุ์, 2(2), 52-63.

สมภัทร สุขพาณิชย์. (2560). การเปรียบเทียบการตรวจเก็บลายนิ้วมือที่มีอายุต่างกันบนกระดาษเทอร์มอล ด้วยวิธีมไอโอดีน วิธินินไฮดริน และวิธี 1,2-อินเดนไดโอน [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศิลปากร].

อติตยา ออมชาติ, อติตยา เครือฝื่อ. (2565). การพัฒนาวัสดุกันกระแทกจากเส้นใยผักตบชวาและชานอ้อย [วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชานาฏศิลป์สิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี].

อุษารัตน์ รัตนคำนวน. (2557). การเตรียมเซลลูโลสตัดแปรที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ภายใต้พลังงานไมโครเวฟ [วิทยาศาสตร์บัณฑิต, มหาวิทยาลัยแม่โจ้].


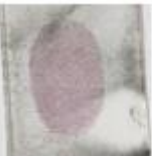
















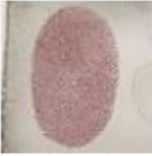











































ภาคผนวก






















































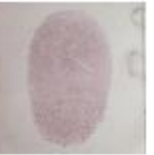




















ภาพลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจเก็บได้จากการใช้สารละลายนินไฮดรินโดยใช้ตัวทำละลายอะซิโตนและปิโตรเลียมอีเทอร์ แสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2

























ตารางที่ 1 ภาพลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจเก็บได้จากการใช้สารละลายนินไฮดรินในตัวทำละลายอะซิโตน โดยบันทึกภาพที่ระยะเวลา 0 7 14 และ 30 วัน

ภาพลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจเก็บได้จากการใช้สารละลายไฮดรินในตัวทำละลายอะซิโตน						
ความเข้มข้น	จำนวนวัน		0	7	14	30
	จำนวนครั้ง					
Acetone/0.5 (%wt) ninhydrin	ครั้งที่ 1					
	ครั้งที่ 2					
	ครั้งที่ 3					
Acetone/0.5 (%wt) ninhydrin/0.5 (%wt) CAB	ครั้งที่ 1					
	ครั้งที่ 2					
	ครั้งที่ 3					























ภาพลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจเก็บได้จากการใช้สารละลายไฮดรินในตัวทำละลายอะซิโตน						
ความเข้มข้น	จำนวนวัน		0	7	14	30
	จำนวนครั้ง					
Acetone/0.5 (%wt) ninhydrin/1.0 (%wt) CAB	ครั้งที่ 1					
	ครั้งที่ 2					
	ครั้งที่ 3					
Acetone/0.5 (%wt) ninhydrin/2.0 (%wt) CAB	ครั้งที่ 1					
	ครั้งที่ 2					
	ครั้งที่ 3					
Acetone/0.5 (%wt) ninhydrin/3.0 (%wt) CAB	ครั้งที่ 1					
	ครั้งที่ 2					
	ครั้งที่ 3					

































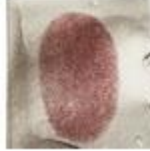



ภาพลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจเก็บได้จากการใช้สารละลายไฮดรินในตัวทำละลายอะซิโตน					
ความเข้มข้น	จำนวนวัน	0	7	14	30
	จำนวนครั้ง				
Acetone/0.5 (%wt) ninhydrin/4.0 (%wt) CAB	ครั้งที่ 1				
	ครั้งที่ 2				
	ครั้งที่ 3				
Acetone/0.5 (%wt) ninhydrin/5.0 (%wt) CAB	ครั้งที่ 1				
	ครั้งที่ 2				
	ครั้งที่ 3				
Acetone/0.5 (%wt) ninhydrin/0.5 (%wt) CAP	ครั้งที่ 1				
	ครั้งที่ 2				
	ครั้งที่ 3				





































ภาพลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจเก็บได้จากการใช้สารละลายไฮดรินในตัวทำละลายอะซิโตน					
ความเข้มข้น	จำนวนวัน	0	7	14	30
	จำนวนครั้ง				
Acetone/0.5 (%wt) ninhydrin/1.0 (%wt) CAP	ครั้งที่ 1				
	ครั้งที่ 2				
	ครั้งที่ 3				
Acetone/0.5 (%wt) ninhydrin/2.0 (%wt) CAP	ครั้งที่ 1				
	ครั้งที่ 2				
	ครั้งที่ 3				
Acetone/0.5 (%wt) ninhydrin/3.0 (%wt) CAP	ครั้งที่ 1				
	ครั้งที่ 2				
	ครั้งที่ 3				













ภาพลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจเก็บได้จากการใช้สารละลายไฮดรินในตัวทำละลายอะซิโตน					
ความเข้มข้น	จำนวนวัน	0	7	14	30
	จำนวนครั้ง				
Acetone/0.5 (%wt) ninhydrin/4.0 (%wt) CAP	ครั้งที่ 1				
	ครั้งที่ 2				
	ครั้งที่ 3				
Acetone/0.5 (%wt) ninhydrin/5.0 (%wt) CAP	ครั้งที่ 1				
	ครั้งที่ 2				
	ครั้งที่ 3				

ตารางที่ 2 ภาพลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจเก็บได้จากการใช้สารละลายนินไฮดรินในตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ โดยบันทึกภาพที่ระยะเวลา 0 7 14 และ 30 วัน

ภาพลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจเก็บได้จากการใช้สารละลายนินไฮดรินในตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์					
ความเข้มข้น	จำนวนวัน จำนวนครั้ง	0	7	14	30
		Petroleum ether /0.5 (%wt) ninhydrin	ครั้งที่ 1		
ครั้งที่ 2					
ครั้งที่ 3					
Petroleum ether /0.5 (%wt) ninhydrin/0.5 (%wt) CAB	ครั้งที่ 1				
	ครั้งที่ 2				
	ครั้งที่ 3				

ภาพลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจเก็บได้จากการใช้สารละลายนินไฮดรินในตัวทำละลายปิโตรเลียม					
อีเทอร์					
ความเข้มข้น	จำนวนวัน	0	7	14	30
	จำนวนครั้ง				
Petroleum ether /0.5 (%wt) ninhydrin/1.0 (%wt) CAB	ครั้งที่ 1				
	ครั้งที่ 2				
	ครั้งที่ 3				
Petroleum ether /0.5 (%wt) ninhydrin/2.0 (%wt) CAB	ครั้งที่ 1				
	ครั้งที่ 2				
	ครั้งที่ 3				
Petroleum ether /0.5 (%wt) ninhydrin/3.0 (%wt) CAB	ครั้งที่ 1				
	ครั้งที่ 2				
	ครั้งที่ 3				

ภาพลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจเก็บได้จากการใช้สารละลายนินไฮดรินในตัวทำละลายปิโตรเลียม					
อีเทอร์					
ความเข้มข้น	จำนวนวัน	0	7	14	30
	จำนวนครั้ง				
Petroleum ether /0.5 (%wt) ninhydrin/4.0 (%wt) CAB	ครั้งที่ 1				
	ครั้งที่ 2				
	ครั้งที่ 3				
Petroleum ether /0.5 (%wt) ninhydrin/0.5 (%wt) CAP	ครั้งที่ 1				
	ครั้งที่ 2				
	ครั้งที่ 3				
Petroleum ether /0.5 (%wt) ninhydrin/1.0 (%wt) CAP	ครั้งที่ 1				
	ครั้งที่ 2				
	ครั้งที่ 3				

ภาพลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจเก็บได้จากการใช้สารละลายนินไฮดรินในตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์					
ความเข้มข้น	จำนวนวัน	0	7	14	30
	จำนวนครั้ง				
Petroleum ether /0.5 (%wt) ninhydrin/2.0 (%wt) CAP	ครั้งที่ 1				
	ครั้งที่ 2				
	ครั้งที่ 3				





ข้อมูลทางสถิติค่าความขาวของกระดาษความร้อน (Whiteness, WI)

Oneway

ค่าความขาวของกระดาษความร้อน (Whiteness, WI)

No.	Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
1.00	Neat thermal paper	3	99.2037	.12592	.07270	98.8909	99.5165	99.11	99.35
2.00	Acetone/No ninhydrin	3	25.0387	5.31477	3.06848	11.8361	38.2413	19.03	29.13
3.00	Acetone/0.5 (%wt) ninhydrin	3	43.8860	11.43235	6.60047	15.4864	72.2855	31.09	53.08
4.00	Acetone/0.5 (%wt) ninhydrin/0.5 (%wt) CAB	3	56.6363	6.07130	3.50527	41.5544	71.7183	52.18	63.55
5.00	Acetone/0.5 (%wt) ninhydrin/1.0 (%wt) CAB	3	81.8888	3.50726	2.02492	73.1763	90.6013	78.24	85.24
6.00	Acetone/0.5 (%wt) ninhydrin/2.0 (%wt) CAB	3	67.1455	4.28339	2.47301	56.5049	77.7860	63.73	71.95
7.00	Acetone/0.5 (%wt) ninhydrin/3.0 (%wt) CAB	3	58.1187	3.85960	2.22834	48.5309	67.7065	54.23	61.95
8.00	Acetone/0.5 (%wt) ninhydrin/4.0 (%wt) CAB	3	52.7990	2.57092	1.48432	46.4125	59.1856	49.96	54.96
9.00	Acetone/0.5 (%wt) ninhydrin/5.0 (%wt) CAB	3	61.9331	5.15165	2.97431	49.1357	74.7305	56.85	67.15
10.00	Petroleum ether/No ninhydrin	3	98.4764	.79720	.46026	96.4961	100.4567	97.57	99.06
11.00	Petroleum ether /0.5 (%wt) ninhydrin	3	9.4567	2.60037	1.50132	2.9971	15.9164	6.99	12.17
12.00	Petroleum ether /0.5 (%wt) ninhydrin/0.5 (%wt) CAB	3	68.0424	8.50441	4.91002	46.9163	89.1685	62.42	77.83
13.00	Petroleum ether /0.5 (%wt) ninhydrin/1.0 (%wt) CAB	3	55.4681	6.64789	3.83816	38.9538	71.9824	48.53	61.78
14.00	Petroleum ether /0.5 (%wt) ninhydrin/2.0 (%wt) CAB	3	33.9112	8.16844	4.71605	13.6196	54.2027	27.56	43.13
15.00	Petroleum ether /0.5 (%wt) ninhydrin/3.0 (%wt) CAB	3	29.3263	6.86620	3.96421	12.2697	46.3829	21.41	33.60
16.00	Petroleum ether /0.5 (%wt) ninhydrin/4.0 (%wt) CAB	3	27.6880	2.98199	1.72165	20.2803	35.0956	24.89	30.82
17.00	Forensic working solution	3	26.6688	4.50051	2.59837	15.4889	37.8487	22.21	31.21
Total		51	52.6875	25.65337	3.59219	45.4724	59.9026	6.99	99.35

Test of Homogeneity of Variances

ค่าความขาวของกระดาษความร้อน (Whiteness, WI)

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.493	16	34	.012

ANOVA

ค่าความขาวของกระดาษความร้อน (Whiteness, WI)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	31821.867	16	1988.867	62.446	.000
Within Groups	1082.896	34	31.850		
Total	32904.763	50			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ค่าความขาวของกระดาษความร่อน (Whiteness, WI)

	(I) sample	(J) sample	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	1.00	2.00	74.16503	4.60798	.000	56.9782	91.3519
		3.00	55.31777	4.60798	.000	38.1309	72.5048
		4.00	42.58740	4.60798	.000	25.3808	59.7542
		5.00	17.31490	4.60798	.047	.1281	34.5017
		6.00	32.05827	4.60798	.000	14.8714	49.2451
		7.00	41.08507	4.60798	.000	23.8982	58.2719
		8.00	46.40470	4.60798	.000	29.2179	63.5915
		9.00	37.27067	4.60798	.000	20.0838	54.4575
		10.00	.72733	4.60798	1.000	-16.4595	17.9142
		11.00	89.74700	4.60798	.000	72.5602	106.9338
		12.00	31.16133	4.60798	.000	13.9745	48.3482
		13.00	43.73580	4.60798	.000	26.5488	60.9224
		14.00	65.29257	4.60798	.000	48.1057	82.4794
		15.00	69.87743	4.60798	.000	52.6906	87.0643
		16.00	71.51577	4.60798	.000	54.3289	88.7028
		17.00	72.53490	4.60798	.000	55.3481	89.7217
			2.00	1.00	-74.16503	4.60798	.000
3.00	-18.84727			4.60798	.020	-36.0341	-1.6604
4.00	-31.59763			4.60798	.000	-48.7845	-14.4108
5.00	-56.85013			4.60798	.000	-74.0370	-39.6633
6.00	-42.10677			4.60798	.000	-59.2936	-24.9199
7.00	-33.07997			4.60798	.000	-50.2668	-15.8931
8.00	-27.76033			4.60798	.000	-44.9472	-10.5735
9.00	-36.89437			4.60798	.000	-54.0812	-19.7075
10.00	-73.43770			4.60798	.000	-90.6245	-56.2509
11.00	15.58197			4.60798	.111	-1.6049	32.7688
12.00	-43.00370			4.60798	.000	-60.1905	-25.8169
13.00	-30.42943			4.60798	.000	-47.6163	-13.2428
14.00	-8.87247			4.60798	.866	-26.0593	8.3144
15.00	-4.28760			4.60798	1.000	-21.4744	12.8992
16.00	-2.64927			4.60798	1.000	-19.8361	14.5378
17.00	-1.63013			4.60798	1.000	-18.8170	15.5567
	3.00			1.00	-55.31777	4.60798	.000
		2.00	18.84727	4.60798	.020	1.6604	36.0341
		4.00	-12.75037	4.60798	.355	-29.9372	4.4365
		5.00	-38.00287	4.60798	.000	-55.1897	-20.8160
		6.00	-23.25950	4.60798	.002	-40.4463	-6.0727
		7.00	-14.23270	4.60798	.202	-31.4195	2.9541
		8.00	-8.91307	4.60798	.862	-26.0999	8.2738
		9.00	-18.04710	4.60798	.032	-35.2339	-8.8603
		10.00	-54.59043	4.60798	.000	-71.7773	-37.4036
		11.00	34.42923	4.60798	.000	17.2424	51.6161
		12.00	-24.15643	4.60798	.001	-41.3433	-6.9696
		13.00	-11.58217	4.60798	.512	-28.7690	5.6047
		14.00	9.97480	4.60798	.739	-7.2120	27.1618
		15.00	14.55967	4.60798	.176	-2.6272	31.7465

	16.00	16.19800	4.60796	.082	-.9888	33.3848
	17.00	17.21713	4.60796	.049	.0303	34.4040
4.00	1.00	-42.56740	4.60796	.000	-59.7542	-25.3806
	2.00	31.59763	4.60796	.000	14.4108	48.7845
	3.00	12.75037	4.60796	.355	-4.4365	29.9372
	5.00	-25.25250	4.60796	.000	-42.4393	-8.0657
	6.00	-10.50913	4.60796	.666	-27.6960	6.6777
	7.00	-1.48233	4.60796	1.000	-18.6692	15.7045
	8.00	3.83730	4.60796	1.000	-13.3495	21.0241
	9.00	-5.29673	4.60796	.999	-22.4836	11.8901
	10.00	-41.84007	4.60796	.000	-59.0269	-24.6532
	11.00	47.17960	4.60796	.000	29.9928	64.3664
	12.00	-11.40607	4.60796	.537	-28.5929	5.7808
	13.00	1.16820	4.60796	1.000	-16.0186	18.3550
	14.00	22.72517	4.60796	.002	5.5383	39.9120
	15.00	27.31003	4.60796	.000	10.1232	44.4969
	16.00	28.94837	4.60796	.000	11.7615	46.1352
	17.00	29.96750	4.60796	.000	12.7807	47.1543
5.00	1.00	-17.31490	4.60796	.047	-34.5017	-.1281
	2.00	56.85013	4.60796	.000	39.6633	74.0370
	3.00	38.00287	4.60796	.000	20.8160	55.1897
	4.00	25.25250	4.60796	.000	8.0657	42.4393
	6.00	14.74337	4.60796	.162	-2.4435	31.9302
	7.00	23.77017	4.60796	.001	6.5833	40.9570
	8.00	29.08980	4.60796	.000	11.9030	46.2766
	9.00	19.95577	4.60796	.011	2.7689	37.1426
	10.00	-16.58757	4.60796	.068	-33.7744	.5993
	11.00	72.43210	4.60796	.000	55.2453	89.6189
	12.00	13.84643	4.60796	.236	-3.3404	31.0333
	13.00	26.42070	4.60796	.000	9.2339	43.6075
	14.00	47.97767	4.60796	.000	30.7908	65.1645
	15.00	52.56253	4.60796	.000	35.3757	69.7494
	16.00	54.20087	4.60796	.000	37.0140	71.3877
	17.00	55.22000	4.60796	.000	38.0332	72.4068
6.00	1.00	-32.05827	4.60796	.000	-49.2451	-14.8714
	2.00	42.10677	4.60796	.000	24.9199	59.2936
	3.00	23.25950	4.60796	.002	6.0727	40.4463
	4.00	10.50913	4.60796	.666	-6.6777	27.6960
	5.00	-14.74337	4.60796	.162	-31.9302	2.4435
	7.00	9.02680	4.60796	.850	-8.1600	26.2136
	8.00	14.34643	4.60796	.192	-2.8404	31.5333
	9.00	5.21240	4.60796	.999	-11.9744	22.3992
	10.00	-31.33093	4.60796	.000	-48.5178	-14.1441
	11.00	57.68873	4.60796	.000	40.5019	74.8756
	12.00	-.89693	4.60796	1.000	-18.0838	16.2899
	13.00	11.67733	4.60796	.496	-5.5095	28.8642
	14.00	33.23430	4.60796	.000	16.0475	50.4211
	15.00	37.81917	4.60796	.000	20.6323	55.0060
	16.00	39.45750	4.60796	.000	22.2707	56.6443
	17.00	40.47663	4.60796	.000	23.2898	57.6635
7.00	1.00	-41.08507	4.60796	.000	-58.2719	-23.8982
	2.00	33.07997	4.60796	.000	15.8931	50.2668

	3.00	14.23270	4.60796	.202	-2.9541	31.4195
	4.00	1.48233	4.60796	1.000	-15.7045	18.6892
	5.00	-23.77017	4.60796	.001	-40.9570	-6.5833
	6.00	-9.02680	4.60796	.850	-26.2136	8.1800
	8.00	5.31983	4.60796	.999	-11.8672	22.5065
	9.00	-3.81440	4.60796	1.000	-21.0012	13.3724
	10.00	-40.35773	4.60796	.000	-57.5446	-23.1709
	11.00	48.66193	4.60796	.000	31.4751	65.8488
	12.00	-9.92373	4.60796	.745	-27.1106	7.2631
	13.00	2.65053	4.60796	1.000	-14.5363	19.8374
	14.00	24.20750	4.60796	.001	7.0207	41.3943
	15.00	28.79237	4.60796	.000	11.6055	45.9792
	16.00	30.43070	4.60796	.000	13.2439	47.6175
	17.00	31.44983	4.60796	.000	14.2630	48.6367
8.00	1.00	-46.40470	4.60796	.000	-63.5915	-29.2179
	2.00	27.76033	4.60796	.000	10.5735	44.9472
	3.00	8.91307	4.60796	.862	-8.2738	26.0999
	4.00	-3.83730	4.60796	1.000	-21.0241	13.3495
	5.00	-29.08980	4.60796	.000	-46.2766	-11.9030
	6.00	-14.34643	4.60796	.192	-31.5333	2.8404
	7.00	-5.31983	4.60796	.999	-22.5065	11.8672
	9.00	-9.13403	4.60796	.839	-26.3209	8.0528
	10.00	-45.67737	4.60796	.000	-62.8642	-28.4905
	11.00	43.34230	4.60796	.000	26.1555	60.5291
	12.00	-15.24337	4.60796	.130	-32.4302	1.9435
	13.00	-2.66910	4.60796	1.000	-19.8559	14.5177
	14.00	18.88787	4.60796	.020	1.7010	36.0747
	15.00	23.47273	4.60796	.001	6.2859	40.6596
	16.00	25.11107	4.60796	.000	7.9242	42.2979
	17.00	26.13020	4.60796	.000	8.9434	43.3170
9.00	1.00	-37.27067	4.60796	.000	-54.4575	-20.0838
	2.00	36.89437	4.60796	.000	19.7075	54.0812
	3.00	18.04710	4.60796	.032	.8603	35.2339
	4.00	5.29673	4.60796	.999	-11.8901	22.4836
	5.00	-19.95577	4.60796	.011	-37.1426	-2.7689
	6.00	-5.21240	4.60796	.999	-22.3992	11.9744
	7.00	3.81440	4.60796	1.000	-13.3724	21.0012
	8.00	9.13403	4.60796	.839	-8.0528	26.3209
	10.00	-36.54333	4.60796	.000	-53.7302	-19.3565
	11.00	52.47633	4.60796	.000	35.2895	69.6632
	12.00	-6.10933	4.60796	.994	-23.2962	11.0775
	13.00	6.46493	4.60796	.990	-10.7219	23.6518
	14.00	28.02190	4.60796	.000	10.8351	45.2087
	15.00	32.60677	4.60796	.000	15.4199	49.7936
	16.00	34.24510	4.60796	.000	17.0583	51.4319
	17.00	35.26423	4.60796	.000	18.0774	52.4511
10.00	1.00	-.72733	4.60796	1.000	-17.9142	16.4595
	2.00	73.43770	4.60796	.000	56.2509	90.6245
	3.00	54.59043	4.60796	.000	37.4036	71.7773
	4.00	41.84007	4.60796	.000	24.6532	59.0269
	5.00	16.58757	4.60796	.088	-.5993	33.7744
	6.00	31.33093	4.60796	.000	14.1441	48.5178

	7.00	40.35773 ³	4.60796	.000	23.1709	57.5446
	8.00	45.67737 ⁷	4.60796	.000	28.4905	62.8642
	9.00	38.54333 ³	4.60796	.000	19.3565	53.7302
	11.00	89.01967 ⁷	4.60796	.000	71.8328	106.2065
	12.00	30.43400 ⁰	4.60796	.000	13.2472	47.6208
	13.00	43.00827 ⁷	4.60796	.000	25.8214	60.1951
	14.00	64.56523 ³	4.60796	.000	47.3784	81.7521
	15.00	69.15010 ⁰	4.60796	.000	51.9633	86.3369
	16.00	70.78843 ³	4.60796	.000	53.6016	87.9753
	17.00	71.80757 ⁷	4.60796	.000	54.6207	88.9944
11.00	1.00	-89.74700 ⁰	4.60796	.000	-106.9338	-72.5602
	2.00	-15.58197	4.60796	.111	-32.7688	1.6049
	3.00	-34.42923 ³	4.60796	.000	-51.6161	-17.2424
	4.00	-47.17960 ⁰	4.60796	.000	-64.3664	-29.9928
	5.00	-72.43210 ⁰	4.60796	.000	-89.6189	-55.2453
	6.00	-57.88873 ³	4.60796	.000	-74.8756	-40.5019
	7.00	-48.86193 ³	4.60796	.000	-65.8488	-31.4751
	8.00	-43.34230 ⁰	4.60796	.000	-60.5291	-28.1555
	9.00	-52.47633 ³	4.60796	.000	-69.6632	-35.2895
	10.00	-89.01967 ⁷	4.60796	.000	-106.2065	-71.8328
	12.00	-58.58567 ⁷	4.60796	.000	-75.7725	-41.3988
	13.00	-46.01140 ⁰	4.60796	.000	-63.1982	-28.8246
	14.00	-24.45443 ³	4.60796	.001	-41.6413	-7.2676
	15.00	-19.86957 ⁷	4.60796	.011	-37.0564	-2.6827
	16.00	-18.23123 ³	4.60796	.029	-35.4181	-1.0444
	17.00	-17.21210 ⁰	4.60796	.049	-34.3989	-.0253
12.00	1.00	-31.16133 ³	4.60796	.000	-48.3482	-13.9745
	2.00	43.00370 ⁰	4.60796	.000	25.8169	60.1905
	3.00	24.15643 ³	4.60796	.001	6.9696	41.3433
	4.00	11.40607	4.60796	.537	-5.7808	28.5929
	5.00	-13.84643	4.60796	.236	-31.0333	3.3404
	6.00	.89693	4.60796	1.000	-16.2899	18.0838
	7.00	9.92373	4.60796	.745	-7.2631	27.1106
	8.00	15.24337	4.60796	.130	-1.9435	32.4302
	9.00	6.10933	4.60796	.994	-11.0775	23.2962
	10.00	-30.43400 ⁰	4.60796	.000	-47.6208	-13.2472
	11.00	58.58567 ⁷	4.60796	.000	41.3988	75.7725
	13.00	12.57427	4.60796	.377	-4.6126	29.7611
	14.00	34.13123 ³	4.60796	.000	16.9444	51.3181
	15.00	38.71610 ⁰	4.60796	.000	21.5293	55.9029
	16.00	40.35443 ³	4.60796	.000	23.1676	57.5413
	17.00	41.37357 ⁷	4.60796	.000	24.1867	58.5604
13.00	1.00	-43.73560 ⁰	4.60796	.000	-60.9224	-26.5488
	2.00	30.42943 ³	4.60796	.000	13.2426	47.6163
	3.00	11.58217	4.60796	.512	-5.6047	28.7690
	4.00	-1.16820	4.60796	1.000	-18.3550	16.0186
	5.00	-26.42070 ⁰	4.60796	.000	-43.6075	-9.2339
	6.00	-11.67733	4.60796	.496	-28.8642	5.5095
	7.00	-2.65053	4.60796	1.000	-19.8374	14.5363
	8.00	2.66910	4.60796	1.000	-14.5177	19.8559
	9.00	-6.46493	4.60796	.990	-23.6518	10.7219
	10.00	-43.00827 ⁷	4.60796	.000	-60.1951	-25.8214

	11.00	46.01140'	4.60796	.000	28.8246	63.1982
	12.00	-12.57427	4.60796	.377	-29.7611	4.6126
	14.00	21.55697'	4.60796	.004	4.3701	38.7438
	15.00	26.14183'	4.60796	.000	8.9550	43.3287
	16.00	27.78017'	4.60796	.000	10.5933	44.9670
	17.00	28.79930'	4.60796	.000	11.6125	45.9861
14.00	1.00	-65.29257'	4.60796	.000	-82.4794	-48.1057
	2.00	8.87247	4.60796	.866	-8.3144	26.0593
	3.00	-9.97480	4.60796	.739	-27.1616	7.2120
	4.00	-22.72517'	4.60796	.002	-39.9120	-5.5383
	5.00	-47.97767'	4.60796	.000	-65.1645	-30.7908
	6.00	-33.23430'	4.60796	.000	-50.4211	-16.0475
	7.00	-24.20750'	4.60796	.001	-41.3943	-7.0207
	8.00	-18.88787'	4.60796	.020	-36.0747	-1.7010
	9.00	-28.02190'	4.60796	.000	-45.2087	-10.8351
	10.00	-64.56523'	4.60796	.000	-81.7521	-47.3784
	11.00	24.45443'	4.60796	.001	7.2676	41.6413
	12.00	-34.13123'	4.60796	.000	-51.3181	-16.9444
	13.00	-21.55697'	4.60796	.004	-38.7438	-4.3701
	15.00	4.58487	4.60796	1.000	-12.6020	21.7717
	16.00	6.22320	4.60796	.993	-10.9636	23.4100
	17.00	7.24233	4.60796	.971	-9.9445	24.4292
15.00	1.00	-69.87743'	4.60796	.000	-87.0643	-52.6906
	2.00	4.28760	4.60796	1.000	-12.8992	21.4744
	3.00	-14.55987	4.60796	.176	-31.7465	2.6272
	4.00	-27.31003'	4.60796	.000	-44.4969	-10.1232
	5.00	-52.56253'	4.60796	.000	-69.7494	-35.3757
	6.00	-37.81917'	4.60796	.000	-55.0060	-20.6323
	7.00	-28.79237'	4.60796	.000	-45.9792	-11.6055
	8.00	-23.47273'	4.60796	.001	-40.6596	-6.2859
	9.00	-32.60677'	4.60796	.000	-49.7936	-15.4199
	10.00	-69.15010'	4.60796	.000	-86.3369	-51.9633
	11.00	19.86957'	4.60796	.011	2.6827	37.0564
	12.00	-38.71610'	4.60796	.000	-55.9029	-21.5293
	13.00	-26.14183'	4.60796	.000	-43.3287	-8.9550
	14.00	-4.58487	4.60796	1.000	-21.7717	12.6020
	16.00	1.63833	4.60796	1.000	-15.5485	18.8252
	17.00	2.65747	4.60796	1.000	-14.5294	19.8443
16.00	1.00	-71.51577'	4.60796	.000	-88.7026	-54.3289
	2.00	2.64927	4.60796	1.000	-14.5376	19.8361
	3.00	-16.19800	4.60796	.082	-33.3848	.9888
	4.00	-28.94837'	4.60796	.000	-46.1352	-11.7615
	5.00	-54.20087'	4.60796	.000	-71.3877	-37.0140
	6.00	-39.45750'	4.60796	.000	-56.6443	-22.2707
	7.00	-30.43070'	4.60796	.000	-47.6175	-13.2439
	8.00	-25.11107'	4.60796	.000	-42.2979	-7.9242
	9.00	-34.24510'	4.60796	.000	-51.4319	-17.0583
	10.00	-70.78843'	4.60796	.000	-87.9753	-53.6016
	11.00	18.23123'	4.60796	.029	1.0444	35.4181
	12.00	-40.35443'	4.60796	.000	-57.5413	-23.1676
	13.00	-27.78017'	4.60796	.000	-44.9670	-10.5933
	14.00	-6.22320	4.60796	.993	-23.4100	10.9636

		15.00	-1.63833	4.60796	1.000	-18.8252	15.5485
		17.00	1.01913	4.60796	1.000	-16.1677	18.2060
	17.00	1.00	-72.53490'	4.60796	.000	-89.7217	-55.3481
		2.00	1.63013	4.60796	1.000	-15.5567	18.8170
		3.00	-17.21713'	4.60796	.049	-34.4040	-.0303
		4.00	-29.96750'	4.60796	.000	-47.1543	-12.7807
		5.00	-55.22000'	4.60796	.000	-72.4068	-38.0332
		6.00	-40.47663'	4.60796	.000	-57.6635	-23.2898
		7.00	-31.44983'	4.60796	.000	-48.6367	-14.2630
		8.00	-26.13020'	4.60796	.000	-43.3170	-8.9434
		9.00	-35.26423'	4.60796	.000	-52.4511	-18.0774
		10.00	-71.80757'	4.60796	.000	-88.9944	-54.6207
		11.00	17.21210'	4.60796	.049	.0253	34.3989
		12.00	-41.37357'	4.60796	.000	-58.5604	-24.1867
		13.00	-28.79930'	4.60796	.000	-45.9861	-11.6125
		14.00	-7.24233	4.60796	.971	-24.4292	9.9445
		15.00	-2.65747	4.60796	1.000	-19.8443	14.5294
		16.00	-1.01913	4.60796	1.000	-18.2060	16.1677
LSD	1.00	2.00	74.16503'	4.60796	.000	64.8005	83.5295
		3.00	55.31777'	4.60796	.000	45.9533	64.6823
		4.00	42.56740'	4.60796	.000	33.2029	51.9319
		5.00	17.31490'	4.60796	.001	7.9504	26.6794
		6.00	32.05827'	4.60796	.000	22.6938	41.4228
		7.00	41.08507'	4.60796	.000	31.7206	50.4496
		8.00	46.40470'	4.60796	.000	37.0402	55.7692
		9.00	37.27067'	4.60796	.000	27.9062	46.6352
		10.00	.72733	4.60796	.876	-8.6372	10.0918
		11.00	89.74700'	4.60796	.000	80.3825	99.1115
		12.00	31.16133'	4.60796	.000	21.7968	40.5258
		13.00	43.73560'	4.60796	.000	34.3711	53.1001
		14.00	65.29257'	4.60796	.000	55.9281	74.6571
		15.00	69.87743'	4.60796	.000	60.5129	79.2419
		16.00	71.51577'	4.60796	.000	62.1513	80.8803
		17.00	72.53490'	4.60796	.000	63.1704	81.8994
	2.00	1.00	-74.16503'	4.60796	.000	-83.5295	-64.8005
		3.00	-18.84727'	4.60796	.000	-28.2118	-9.4828
		4.00	-31.59763'	4.60796	.000	-40.9621	-22.2331
		5.00	-56.85013'	4.60796	.000	-66.2146	-47.4856
		6.00	-42.10677'	4.60796	.000	-51.4713	-32.7423
		7.00	-33.07997'	4.60796	.000	-42.4445	-23.7155
		8.00	-27.78033'	4.60796	.000	-37.1248	-18.3958
		9.00	-36.89437'	4.60796	.000	-46.2589	-27.5299
		10.00	-73.43770'	4.60796	.000	-82.8022	-64.0732
		11.00	15.58197'	4.60796	.002	6.2175	24.9465
		12.00	-43.00370'	4.60796	.000	-52.3682	-33.6392
		13.00	-30.42943'	4.60796	.000	-39.7939	-21.0649
		14.00	-8.87247	4.60796	.063	-18.2370	.4920
		15.00	-4.28760	4.60796	.359	-13.6521	5.0769
		16.00	-2.64927	4.60796	.569	-12.0138	6.7152
		17.00	-1.63013	4.60796	.726	-10.9946	7.7344
	3.00	1.00	-55.31777'	4.60796	.000	-64.6823	-45.9533
		2.00	18.84727'	4.60796	.000	9.4828	28.2118

	4.00	-12.75037'	4.60796	.009	-22.1149	-3.3859
	5.00	-38.00287'	4.60796	.000	-47.3674	-28.6384
	6.00	-23.25950'	4.60796	.000	-32.6240	-13.8950
	7.00	-14.23270'	4.60796	.004	-23.5972	-4.8682
	8.00	-8.91307	4.60796	.061	-18.2776	.4514
	9.00	-18.04710'	4.60796	.000	-27.4116	-8.6826
	10.00	-54.59043'	4.60796	.000	-63.9549	-45.2259
	11.00	34.42923'	4.60796	.000	25.0647	43.7937
	12.00	-24.15643'	4.60796	.000	-33.5209	-14.7919
	13.00	-11.58217'	4.60796	.017	-20.9467	-2.2177
	14.00	9.97480'	4.60796	.036	.6103	19.3393
	15.00	14.55967'	4.60796	.003	5.1952	23.9242
	16.00	16.19800'	4.60796	.001	6.8335	25.5625
	17.00	17.21713'	4.60796	.001	7.8526	26.5816
4.00	1.00	-42.56740'	4.60796	.000	-51.9319	-33.2029
	2.00	31.59763'	4.60796	.000	22.2331	40.9621
	3.00	12.75037'	4.60796	.009	3.3859	22.1149
	5.00	-25.25250'	4.60796	.000	-34.6170	-15.8880
	6.00	-10.50913'	4.60796	.029	-19.8736	-1.1446
	7.00	-1.48233	4.60796	.750	-10.8468	7.8822
	8.00	3.83730	4.60796	.411	-5.5272	13.2018
	9.00	-5.29673	4.60796	.258	-14.6612	4.0678
	10.00	-41.84007'	4.60796	.000	-51.2046	-32.4756
	11.00	47.17960'	4.60796	.000	37.8151	56.5441
	12.00	-11.40607'	4.60796	.018	-20.7706	-2.0416
	13.00	1.16820	4.60796	.801	-8.1963	10.5327
	14.00	22.72517'	4.60796	.000	13.3607	32.0897
	15.00	27.31003'	4.60796	.000	17.9455	36.6745
	16.00	28.94837'	4.60796	.000	19.5839	38.3129
	17.00	29.96750'	4.60796	.000	20.6030	39.3320
5.00	1.00	-17.31490'	4.60796	.001	-26.6794	-7.9504
	2.00	56.85013'	4.60796	.000	47.4856	66.2146
	3.00	38.00287'	4.60796	.000	28.6384	47.3674
	4.00	25.25250'	4.60796	.000	15.8880	34.6170
	6.00	14.74337'	4.60796	.003	5.3789	24.1079
	7.00	23.77017'	4.60796	.000	14.4057	33.1347
	8.00	29.08980'	4.60796	.000	19.7253	38.4543
	9.00	19.95577'	4.60796	.000	10.5913	29.3203
	10.00	-16.58757'	4.60796	.001	-25.9521	-7.2231
	11.00	72.43210'	4.60796	.000	63.0676	81.7966
	12.00	13.84643'	4.60796	.005	4.4819	23.2109
	13.00	26.42070'	4.60796	.000	17.0562	35.7852
	14.00	47.97767'	4.60796	.000	38.6132	57.3422
	15.00	52.56253'	4.60796	.000	43.1980	61.9270
	16.00	54.20087'	4.60796	.000	44.8364	63.5654
	17.00	55.22000'	4.60796	.000	45.8555	64.5845
6.00	1.00	-32.05827'	4.60796	.000	-41.4228	-22.6938
	2.00	42.10677'	4.60796	.000	32.7423	51.4713
	3.00	23.25950'	4.60796	.000	13.8950	32.6240
	4.00	10.50913'	4.60796	.029	1.1446	19.8736
	5.00	-14.74337'	4.60796	.003	-24.1079	-5.3789
	7.00	9.02680	4.60796	.058	-.3377	18.3913

	8.00	14.34643'	4.60796	.004	4.9819	23.7109
	9.00	5.21240	4.60796	.266	-4.1521	14.5769
	10.00	-31.33093'	4.60796	.000	-40.6954	-21.9664
	11.00	57.68673'	4.60796	.000	48.3242	67.0532
	12.00	-.89693	4.60796	.847	-10.2614	8.4676
	13.00	11.67733'	4.60796	.016	2.3128	21.0418
	14.00	33.23430'	4.60796	.000	23.8698	42.5988
	15.00	37.81917'	4.60796	.000	28.4547	47.1837
	16.00	39.45750'	4.60796	.000	30.0930	48.8220
	17.00	40.47663'	4.60796	.000	31.1121	49.8411
7.00	1.00	-41.06507'	4.60796	.000	-50.4496	-31.7206
	2.00	33.07997'	4.60796	.000	23.7155	42.4445
	3.00	14.23270'	4.60796	.004	4.8682	23.5972
	4.00	1.48233	4.60796	.750	-7.8822	10.8468
	5.00	-23.77017'	4.60796	.000	-33.1347	-14.4057
	6.00	-9.02680	4.60796	.058	-18.3913	.3377
	8.00	5.31963	4.60796	.256	-4.0449	14.6841
	9.00	-3.81440	4.60796	.414	-13.1789	5.5501
	10.00	-40.35773'	4.60796	.000	-49.7222	-30.9932
	11.00	48.66193'	4.60796	.000	39.2974	58.0264
	12.00	-9.92373'	4.60796	.038	-19.2862	-.5592
	13.00	2.65053	4.60796	.569	-6.7140	12.0150
	14.00	24.20750'	4.60796	.000	14.8430	33.5720
	15.00	28.79237'	4.60796	.000	19.4279	38.1569
	16.00	30.43070'	4.60796	.000	21.0662	39.7952
	17.00	31.44963'	4.60796	.000	22.0853	40.8143
8.00	1.00	-46.40470'	4.60796	.000	-55.7692	-37.0402
	2.00	27.76033'	4.60796	.000	18.3958	37.1248
	3.00	8.91307	4.60796	.061	-.4514	18.2776
	4.00	-3.83730	4.60796	.411	-13.2018	5.5272
	5.00	-29.08980'	4.60796	.000	-38.4543	-19.7253
	6.00	-14.34643'	4.60796	.004	-23.7109	-4.9819
	7.00	-5.31963	4.60796	.256	-14.6841	4.0449
	9.00	-9.13403	4.60796	.056	-18.4985	.2305
	10.00	-45.67737'	4.60796	.000	-55.0419	-36.3129
	11.00	43.34230'	4.60796	.000	33.9778	52.7068
	12.00	-15.24337'	4.60796	.002	-24.6079	-5.8789
	13.00	-2.66910	4.60796	.566	-12.0336	6.6954
	14.00	18.88787'	4.60796	.000	9.5234	28.2524
	15.00	23.47273'	4.60796	.000	14.1082	32.8372
	16.00	25.11107'	4.60796	.000	15.7466	34.4756
	17.00	26.13020'	4.60796	.000	16.7657	35.4947
9.00	1.00	-37.27067'	4.60796	.000	-46.6352	-27.9062
	2.00	36.89437'	4.60796	.000	27.5299	46.2589
	3.00	18.04710'	4.60796	.000	8.6826	27.4116
	4.00	5.29673	4.60796	.258	-4.0678	14.6612
	5.00	-19.95577'	4.60796	.000	-29.3203	-10.5913
	6.00	-5.21240	4.60796	.266	-14.5769	4.1521
	7.00	3.81440	4.60796	.414	-5.5501	13.1789
	8.00	9.13403	4.60796	.056	-.2305	18.4985
	10.00	-36.54333'	4.60796	.000	-45.9078	-27.1788
	11.00	52.47633'	4.60796	.000	43.1118	61.8408

	12.00	-6.10933	4.60796	.194	-15.4738	3.2552
	13.00	6.46493	4.60796	.170	-2.8996	15.8294
	14.00	28.02190	4.60796	.000	18.6574	37.3864
	15.00	32.60677	4.60796	.000	23.2423	41.9713
	16.00	34.24510	4.60796	.000	24.8806	43.6096
	17.00	35.26423	4.60796	.000	25.8997	44.6287
10.00	1.00	-.72733	4.60796	.876	-10.0918	8.6372
	2.00	73.43770	4.60796	.000	64.0732	82.8022
	3.00	54.59043	4.60796	.000	45.2259	63.9549
	4.00	41.84007	4.60796	.000	32.4756	51.2046
	5.00	16.58757	4.60796	.001	7.2231	25.9521
	6.00	31.33093	4.60796	.000	21.9664	40.6954
	7.00	40.35773	4.60796	.000	30.9932	49.7222
	8.00	45.67737	4.60796	.000	36.3129	55.0419
	9.00	36.54333	4.60796	.000	27.1788	45.9078
	11.00	89.01967	4.60796	.000	79.6552	98.3842
	12.00	30.43400	4.60796	.000	21.0695	39.7985
	13.00	43.00827	4.60796	.000	33.6438	52.3728
	14.00	64.56523	4.60796	.000	55.2007	73.9297
	15.00	69.15010	4.60796	.000	59.7856	78.5146
	16.00	70.78843	4.60796	.000	61.4239	80.1529
	17.00	71.80757	4.60796	.000	62.4431	81.1721
11.00	1.00	-89.74700	4.60796	.000	-99.1115	-80.3825
	2.00	-15.58197	4.60796	.002	-24.9465	-6.2175
	3.00	-34.42923	4.60796	.000	-43.7937	-25.0647
	4.00	-47.17960	4.60796	.000	-56.5441	-37.8151
	5.00	-72.43210	4.60796	.000	-81.7966	-63.0676
	6.00	-57.68873	4.60796	.000	-67.0532	-48.3242
	7.00	-48.66193	4.60796	.000	-58.0264	-39.2974
	8.00	-43.34230	4.60796	.000	-52.7068	-33.9778
	9.00	-52.47633	4.60796	.000	-61.8408	-43.1118
	10.00	-89.01967	4.60796	.000	-98.3842	-79.6552
	12.00	-58.58567	4.60796	.000	-67.9502	-49.2212
	13.00	-46.01140	4.60796	.000	-55.3759	-36.6469
	14.00	-24.45443	4.60796	.000	-33.8189	-15.0899
	15.00	-19.86957	4.60796	.000	-29.2341	-10.5051
	16.00	-18.23123	4.60796	.000	-27.5957	-8.8667
	17.00	-17.21210	4.60796	.001	-26.5766	-7.8476
12.00	1.00	-31.16133	4.60796	.000	-40.5258	-21.7968
	2.00	43.00370	4.60796	.000	33.6392	52.3682
	3.00	24.15643	4.60796	.000	14.7919	33.5209
	4.00	11.40607	4.60796	.018	2.0416	20.7706
	5.00	-13.84643	4.60796	.005	-23.2109	-4.4819
	6.00	.89693	4.60796	.847	-8.4676	10.2614
	7.00	9.92373	4.60796	.038	.5592	19.2882
	8.00	15.24337	4.60796	.002	5.8789	24.6079
	9.00	6.10933	4.60796	.194	-3.2552	15.4738
	10.00	-30.43400	4.60796	.000	-39.7985	-21.0695
	11.00	58.58567	4.60796	.000	49.2212	67.9502
	13.00	12.57427	4.60796	.010	3.2098	21.9388
	14.00	34.13123	4.60796	.000	24.7667	43.4957
	15.00	38.71610	4.60796	.000	29.3516	48.0806

	16.00	40.35443	4.60796	.000	30.9899	49.7189
	17.00	41.37357	4.60796	.000	32.0091	50.7381
13.00	1.00	-43.73580	4.60796	.000	-53.1001	-34.3711
	2.00	30.42943	4.60796	.000	21.0649	39.7939
	3.00	11.58217	4.60796	.017	2.2177	20.9467
	4.00	-1.16820	4.60796	.801	-10.5327	8.1963
	5.00	-26.42070	4.60796	.000	-35.7852	-17.0562
	6.00	-11.67733	4.60796	.016	-21.0418	-2.3128
	7.00	-2.65053	4.60796	.569	-12.0150	6.7140
	8.00	2.66910	4.60796	.566	-6.6954	12.0336
	9.00	-6.46493	4.60796	.170	-15.8294	2.8996
	10.00	-43.00827	4.60796	.000	-52.3728	-33.6438
	11.00	46.01140	4.60796	.000	36.6469	55.3759
	12.00	-12.57427	4.60796	.010	-21.9388	-3.2098
	14.00	21.55697	4.60796	.000	12.1925	30.9215
	15.00	26.14183	4.60796	.000	16.7773	35.5063
	16.00	27.78017	4.60796	.000	18.4157	37.1447
	17.00	28.79930	4.60796	.000	19.4348	38.1638
14.00	1.00	-65.29257	4.60796	.000	-74.6571	-55.9281
	2.00	8.87247	4.60796	.063	-4.920	18.2370
	3.00	-9.97480	4.60796	.038	-19.3393	-6.103
	4.00	-22.72517	4.60796	.000	-32.0897	-13.3607
	5.00	-47.97767	4.60796	.000	-57.3422	-38.6132
	6.00	-33.23430	4.60796	.000	-42.5988	-23.8698
	7.00	-24.20750	4.60796	.000	-33.5720	-14.8430
	8.00	-18.88787	4.60796	.000	-28.2524	-9.5234
	9.00	-28.02190	4.60796	.000	-37.3864	-18.6574
	10.00	-64.56523	4.60796	.000	-73.9297	-55.2007
	11.00	24.45443	4.60796	.000	15.0899	33.8189
	12.00	-34.13123	4.60796	.000	-43.4957	-24.7667
	13.00	-21.55697	4.60796	.000	-30.9215	-12.1925
	15.00	4.58487	4.60796	.327	-4.7796	13.9494
	16.00	6.22320	4.60796	.186	-3.1413	15.5877
	17.00	7.24233	4.60796	.125	-2.1222	16.6068
15.00	1.00	-69.87743	4.60796	.000	-79.2419	-60.5129
	2.00	4.28760	4.60796	.359	-5.0769	13.6521
	3.00	-14.55967	4.60796	.003	-23.9242	-5.1952
	4.00	-27.31003	4.60796	.000	-36.6745	-17.9455
	5.00	-52.56253	4.60796	.000	-61.9270	-43.1980
	6.00	-37.81917	4.60796	.000	-47.1837	-28.4547
	7.00	-28.79237	4.60796	.000	-38.1569	-19.4279
	8.00	-23.47273	4.60796	.000	-32.8372	-14.1082
	9.00	-32.60677	4.60796	.000	-41.9713	-23.2423
	10.00	-69.15010	4.60796	.000	-78.5146	-59.7856
	11.00	19.86957	4.60796	.000	10.5051	29.2341
	12.00	-38.71610	4.60796	.000	-48.0806	-29.3516
	13.00	-26.14183	4.60796	.000	-35.5063	-16.7773
	14.00	-4.58487	4.60796	.327	-13.9494	4.7796
	16.00	1.63833	4.60796	.724	-7.7262	11.0028
	17.00	2.65747	4.60796	.568	-6.7070	12.0220
16.00	1.00	-71.51577	4.60796	.000	-80.8803	-62.1513
	2.00	2.64927	4.60796	.569	-6.7152	12.0138

	3.00	-16.19800'	4.60796	.001	-25.5625	-6.8335
	4.00	-28.94837'	4.60796	.000	-38.3129	-19.5839
	5.00	-54.20087'	4.60796	.000	-63.5654	-44.8364
	6.00	-39.45750'	4.60796	.000	-48.8220	-30.0930
	7.00	-30.43070'	4.60796	.000	-39.7952	-21.0662
	8.00	-25.11107'	4.60796	.000	-34.4756	-15.7466
	9.00	-34.24510'	4.60796	.000	-43.6096	-24.8806
	10.00	-70.78843'	4.60796	.000	-80.1529	-61.4239
	11.00	18.23123'	4.60796	.000	8.8667	27.5957
	12.00	-40.35443'	4.60796	.000	-49.7189	-30.9899
	13.00	-27.78017'	4.60796	.000	-37.1447	-18.4157
	14.00	-6.22320	4.60796	.186	-15.5877	3.1413
	15.00	-1.63833	4.60796	.724	-11.0028	7.7262
	17.00	1.01913	4.60796	.826	-8.3454	10.3836
17.00	1.00	-72.53490'	4.60796	.000	-81.8994	-63.1704
	2.00	1.63013	4.60796	.726	-7.7344	10.9946
	3.00	-17.21713'	4.60796	.001	-26.5816	-7.8526
	4.00	-29.96750'	4.60796	.000	-39.3320	-20.6030
	5.00	-55.22000'	4.60796	.000	-64.5845	-45.8555
	6.00	-40.47663'	4.60796	.000	-49.8411	-31.1121
	7.00	-31.44983'	4.60796	.000	-40.8143	-22.0853
	8.00	-26.13020'	4.60796	.000	-35.4947	-16.7657
	9.00	-35.26423'	4.60796	.000	-44.6287	-25.8997
	10.00	-71.80757'	4.60796	.000	-81.1721	-62.4431
	11.00	17.21210'	4.60796	.001	7.8476	26.5766
	12.00	-41.37357'	4.60796	.000	-50.7381	-32.0091
	13.00	-28.79930'	4.60796	.000	-38.1638	-19.4348
	14.00	-7.24233	4.60796	.125	-16.6068	2.1222
	15.00	-2.65747	4.60796	.568	-12.0220	6.7070
	16.00	-1.01913	4.60796	.826	-10.3836	8.3454

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Homogeneous Subsets

ค่าความขาวของกระดาษความร้อน (Whiteness, WI)

Sample	N	Subset for alpha = 0.05								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Duncan ^a	11.00	3	9.4567							
	2.00	3		25.0387						
	17.00	3		26.6688						
	16.00	3		27.6880						
	15.00	3		29.3263						
	14.00	3		33.9112						
	3.00	3			43.8860					
	8.00	3			52.7990	52.7990				
	13.00	3				55.4681				
	4.00	3				56.6363				
	7.00	3				58.1187	58.1187			
	9.00	3				61.9331	61.9331			
	6.00	3					67.1455			
	12.00	3					68.0424			
	5.00	3						81.8888		
	10.00	3							98.4764	
	1.00	3								99.2037
Sig.			1.000	.093	.061	.084	.055	1.000	.876	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.



ภาคผนวก ค

ข้อมูลทางสถิติจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษของลายนิ้วมือแฝง (Minutae of latent fingerprints)

ข้อมูลทางสถิติจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษของลายนิ้วมือแฝง (Minutae of latent fingerprints)

Oneway

Descriptives

จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษของลายนิ้วมือแฝง (Minutae of latent fingerprints)

No.	Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
1.00	Acetone/0 Days	2	45.5000	.70711	.50000	39.1469	51.8531	45.00	46.00
2.00	Acetone/7 Days	2	45.5000	.70711	.50000	39.1469	51.8531	45.00	46.00
3.00	Acetone/14 Days	2	45.5000	.70711	.50000	39.1469	51.8531	45.00	46.00
4.00	Acetone/30 Days	2	41.5000	2.12132	1.50000	22.4407	60.5593	40.00	43.00
5.00	Petroleum ether/0 Days	2	42.5000	2.12132	1.50000	23.4407	61.5593	41.00	44.00
6.00	Petroleum ether/7 Days	2	38.0000	1.41421	1.00000	25.2938	50.7062	37.00	39.00
7.00	Petroleum ether/14 Days	2	33.5000	2.12132	1.50000	14.4407	52.5593	32.00	35.00
8.00	Petroleum ether/30 Days	2	30.5000	3.53553	2.50000	-1.2655	62.2655	28.00	33.00
9.00	Acetone/0.5 (%wt) ninhydrin/0.5 %wt CAB/0 Days	2	44.5000	3.53553	2.50000	12.7345	76.2655	42.00	47.00
10.00	Acetone/0.5 (%wt) ninhydrin/0.5 %wt CAB /7 Days	2	41.0000	5.65685	4.00000	-9.8248	91.8248	37.00	45.00
11.00	Acetone/0.5 (%wt) ninhydrin/0.5 %wt CAB /14 Days	2	35.0000	5.65685	4.00000	-15.8248	85.8248	31.00	39.00
12.00	Acetone/0.5 (%wt) ninhydrin/0.5 %wt CAB /30 Days	2	36.5000	6.36396	4.50000	-20.6779	93.6779	32.00	41.00
13.00	Petroleum ether /0.5 (%wt) ninhydrin/1.0 %wt CAB/0 Days	2	44.5000	2.12132	1.50000	25.4407	63.5593	43.00	46.00
14.00	Petroleum ether /0.5 (%wt) ninhydrin/1.0 %wt CAB /7 Days	2	39.5000	2.12132	1.50000	20.4407	58.5593	38.00	41.00
15.00	Petroleum ether /0.5 (%wt) ninhydrin/1.0 %wt CAB /14 Days	2	39.0000	1.41421	1.00000	26.2938	51.7062	38.00	40.00
16.00	Petroleum ether /0.5 (%wt) ninhydrin/1.0 %wt CAB /30 Days	2	39.5000	.70711	.50000	33.1469	45.8531	39.00	40.00
17.00	Forensic working solution/0 Days	2	51.5000	.70711	.50000	45.1469	57.8531	51.00	52.00
18.00	Forensic working solution /7 Days	2	53.0000	2.82843	2.00000	27.5876	78.4124	51.00	55.00
19.00	Forensic working solution /14 Days	2	49.5000	3.53553	2.50000	17.7345	81.2655	47.00	52.00
20.00	Forensic working solution /30 Days	2	50.5000	3.53553	2.50000	18.7345	82.2655	48.00	53.00
Total		40	42.3250	6.42666	1.01614	40.2697	44.3803	28.00	55.00

Test of Homogeneity of Variances

จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษของลายนิ้วมือแฝง (Minutae of latent fingerprints)

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
5.075E15	19	20	.000

ANOVA

จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษของลายนิ้วมือแฝง (Minutae of latent fingerprints)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1419.275	19	74.699	7.801	.000
Within Groups	191.500	20	9.575		
Total	1610.775	39			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษของลายนิ้วมือแฝง (Minutaes of latent fingerprints)

	(I) Sample	(J) Sample	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	1.00	2.00	.00000	3.09435	1.000	-12.5016	12.5016
		3.00	.00000	3.09435	1.000	-12.5016	12.5016
		4.00	4.00000	3.09435	.997	-8.5016	16.5016
		5.00	3.00000	3.09435	1.000	-9.5016	15.5016
		6.00	7.50000	3.09435	.642	-5.0016	20.0016
		7.00	12.00000	3.09435	.089	-.5016	24.5016
		8.00	15.00000	3.09435	.010	2.4984	27.5016
		9.00	1.00000	3.09435	1.000	-11.5016	13.5016
		10.00	4.50000	3.09435	.991	-8.0016	17.0016
		11.00	10.50000	3.09435	.188	-2.0016	23.0016
		12.00	9.00000	3.09435	.381	-3.5016	21.5016
		13.00	1.00000	3.09435	1.000	-11.5016	13.5016
		14.00	6.00000	3.09435	.893	-6.5016	18.5016
		15.00	6.50000	3.09435	.823	-6.0016	19.0016
		16.00	6.00000	3.09435	.893	-6.5016	18.5016
		17.00	-6.00000	3.09435	.893	-18.5016	6.5016
		18.00	-7.50000	3.09435	.642	-20.0016	5.0016
		19.00	-4.00000	3.09435	.997	-16.5016	8.5016
		20.00	-5.00000	3.09435	.974	-17.5016	7.5016
			2.00	1.00	.00000	3.09435	1.000
3.00	.00000			3.09435	1.000	-12.5016	12.5016
4.00	4.00000			3.09435	.997	-8.5016	16.5016
5.00	3.00000			3.09435	1.000	-9.5016	15.5016
6.00	7.50000			3.09435	.642	-5.0016	20.0016
7.00	12.00000			3.09435	.089	-.5016	24.5016
8.00	15.00000			3.09435	.010	2.4984	27.5016
9.00	1.00000			3.09435	1.000	-11.5016	13.5016
10.00	4.50000			3.09435	.991	-8.0016	17.0016
11.00	10.50000			3.09435	.188	-2.0016	23.0016
12.00	9.00000			3.09435	.381	-3.5016	21.5016
13.00	1.00000			3.09435	1.000	-11.5016	13.5016
14.00	6.00000			3.09435	.893	-6.5016	18.5016
15.00	6.50000			3.09435	.823	-6.0016	19.0016
16.00	6.00000			3.09435	.893	-6.5016	18.5016
17.00	-6.00000			3.09435	.893	-18.5016	6.5016
18.00	-7.50000			3.09435	.642	-20.0016	5.0016
19.00	-4.00000			3.09435	.997	-16.5016	8.5016
20.00	-5.00000			3.09435	.974	-17.5016	7.5016
	3.00			1.00	.00000	3.09435	1.000
		2.00	.00000	3.09435	1.000	-12.5016	12.5016
		4.00	4.00000	3.09435	.997	-8.5016	16.5016
		5.00	3.00000	3.09435	1.000	-9.5016	15.5016
		6.00	7.50000	3.09435	.642	-5.0016	20.0016
		7.00	12.00000	3.09435	.089	-.5016	24.5016
		8.00	15.00000	3.09435	.010	2.4984	27.5016
		9.00	1.00000	3.09435	1.000	-11.5016	13.5016
		10.00	4.50000	3.09435	.991	-8.0016	17.0016

	11.00	10.50000	3.09435	.168	-2.0016	23.0016
	12.00	9.00000	3.09435	.361	-3.5016	21.5016
	13.00	1.00000	3.09435	1.000	-11.5016	13.5016
	14.00	6.00000	3.09435	.893	-6.5016	18.5016
	15.00	6.50000	3.09435	.823	-6.0016	19.0016
	16.00	6.00000	3.09435	.893	-6.5016	18.5016
	17.00	-6.00000	3.09435	.893	-18.5016	6.5016
	18.00	-7.50000	3.09435	.642	-20.0016	5.0016
	19.00	-4.00000	3.09435	.997	-16.5016	8.5016
	20.00	-5.00000	3.09435	.974	-17.5016	7.5016
4.00	1.00	-4.00000	3.09435	.997	-16.5016	8.5016
	2.00	-4.00000	3.09435	.997	-16.5016	8.5016
	3.00	-4.00000	3.09435	.997	-16.5016	8.5016
	5.00	-1.00000	3.09435	1.000	-13.5016	11.5016
	6.00	3.50000	3.09435	.999	-9.0016	16.0016
	7.00	8.00000	3.09435	.544	-4.5016	20.5016
	8.00	11.00000	3.09435	.126	-1.5016	23.5016
	9.00	-3.00000	3.09435	1.000	-15.5016	9.5016
	10.00	.50000	3.09435	1.000	-12.0016	13.0016
	11.00	6.50000	3.09435	.823	-6.0016	19.0016
	12.00	5.00000	3.09435	.974	-7.5016	17.5016
	13.00	-3.00000	3.09435	1.000	-15.5016	9.5016
	14.00	2.00000	3.09435	1.000	-10.5016	14.5016
	15.00	2.50000	3.09435	1.000	-10.0016	15.0016
	16.00	2.00000	3.09435	1.000	-10.5016	14.5016
	17.00	-10.00000	3.09435	.220	-22.5016	2.5016
	18.00	-11.50000	3.09435	.093	-24.0016	1.0016
	19.00	-8.00000	3.09435	.544	-20.5016	4.5016
	20.00	-9.00000	3.09435	.361	-21.5016	3.5016
5.00	1.00	-3.00000	3.09435	1.000	-15.5016	9.5016
	2.00	-3.00000	3.09435	1.000	-15.5016	9.5016
	3.00	-3.00000	3.09435	1.000	-15.5016	9.5016
	4.00	1.00000	3.09435	1.000	-11.5016	13.5016
	6.00	4.50000	3.09435	.991	-8.0016	17.0016
	7.00	9.00000	3.09435	.361	-3.5016	21.5016
	8.00	12.00000	3.09435	.069	-.5016	24.5016
	9.00	-2.00000	3.09435	1.000	-14.5016	10.5016
	10.00	1.50000	3.09435	1.000	-11.0016	14.0016
	11.00	7.50000	3.09435	.642	-5.0016	20.0016
	12.00	6.00000	3.09435	.893	-6.5016	18.5016
	13.00	-2.00000	3.09435	1.000	-14.5016	10.5016
	14.00	3.00000	3.09435	1.000	-9.5016	15.5016
	15.00	3.50000	3.09435	.999	-9.0016	16.0016
	16.00	3.00000	3.09435	1.000	-9.5016	15.5016
	17.00	-9.00000	3.09435	.361	-21.5016	3.5016
	18.00	-10.50000	3.09435	.168	-23.0016	2.0016
	19.00	-7.00000	3.09435	.738	-19.5016	5.5016
	20.00	-8.00000	3.09435	.544	-20.5016	4.5016
6.00	1.00	-7.50000	3.09435	.642	-20.0016	5.0016
	2.00	-7.50000	3.09435	.642	-20.0016	5.0016
	3.00	-7.50000	3.09435	.642	-20.0016	5.0016
	4.00	-3.50000	3.09435	.999	-16.0016	9.0016

	5.00	-4.50000	3.09435	.991	-17.0016	8.0016
	7.00	4.50000	3.09435	.991	-8.0016	17.0016
	8.00	7.50000	3.09435	.642	-5.0016	20.0016
	9.00	-6.50000	3.09435	.823	-19.0016	6.0016
	10.00	-3.00000	3.09435	1.000	-15.5016	9.5016
	11.00	3.00000	3.09435	1.000	-9.5016	15.5016
	12.00	1.50000	3.09435	1.000	-11.0016	14.0016
	13.00	-6.50000	3.09435	.823	-19.0016	6.0016
	14.00	-1.50000	3.09435	1.000	-14.0016	11.0016
	15.00	-1.00000	3.09435	1.000	-13.5016	11.5016
	16.00	-1.50000	3.09435	1.000	-14.0016	11.0016
	17.00	-13.50000	3.09435	.026	-26.0016	-.9984
	18.00	-15.00000	3.09435	.010	-27.5016	-2.4984
	19.00	-11.50000	3.09435	.093	-24.0016	1.0016
	20.00	-12.50000	3.09435	.050	-25.0016	.0016
7.00	1.00	-12.00000	3.09435	.069	-24.5016	.5016
	2.00	-12.00000	3.09435	.069	-24.5016	.5016
	3.00	-12.00000	3.09435	.069	-24.5016	.5016
	4.00	-8.00000	3.09435	.544	-20.5016	4.5016
	5.00	-9.00000	3.09435	.361	-21.5016	3.5016
	6.00	-4.50000	3.09435	.991	-17.0016	8.0016
	8.00	3.00000	3.09435	1.000	-9.5016	15.5016
	9.00	-11.00000	3.09435	.126	-23.5016	1.5016
	10.00	-7.50000	3.09435	.642	-20.0016	5.0016
	11.00	-1.50000	3.09435	1.000	-14.0016	11.0016
	12.00	-3.00000	3.09435	1.000	-15.5016	9.5016
	13.00	-11.00000	3.09435	.126	-23.5016	1.5016
	14.00	-6.00000	3.09435	.893	-18.5016	6.5016
	15.00	-5.50000	3.09435	.943	-18.0016	7.0016
	16.00	-6.00000	3.09435	.893	-18.5016	6.5016
	17.00	-18.00000	3.09435	.001	-30.5016	-5.4984
	18.00	-19.50000	3.09435	.000	-32.0016	-6.9984
	19.00	-16.00000	3.09435	.005	-28.5016	-3.4984
	20.00	-17.00000	3.09435	.002	-29.5016	-4.4984
8.00	1.00	-15.00000	3.09435	.010	-27.5016	-2.4984
	2.00	-15.00000	3.09435	.010	-27.5016	-2.4984
	3.00	-15.00000	3.09435	.010	-27.5016	-2.4984
	4.00	-11.00000	3.09435	.126	-23.5016	1.5016
	5.00	-12.00000	3.09435	.069	-24.5016	.5016
	6.00	-7.50000	3.09435	.642	-20.0016	5.0016
	7.00	-3.00000	3.09435	1.000	-15.5016	9.5016
	9.00	-14.00000	3.09435	.019	-26.5016	-1.4984
	10.00	-10.50000	3.09435	.166	-23.0016	2.0016
	11.00	-4.50000	3.09435	.991	-17.0016	8.0016
	12.00	-6.00000	3.09435	.893	-18.5016	6.5016
	13.00	-14.00000	3.09435	.019	-26.5016	-1.4984
	14.00	-9.00000	3.09435	.361	-21.5016	3.5016
	15.00	-8.50000	3.09435	.446	-21.0016	4.0016
	16.00	-9.00000	3.09435	.361	-21.5016	3.5016
	17.00	-21.00000	3.09435	.000	-33.5016	-8.4984
	18.00	-22.50000	3.09435	.000	-35.0016	-9.9984
	19.00	-19.00000	3.09435	.001	-31.5016	-6.4984

	20.00	-20.00000	3.09435	.000	-32.5016	-7.4984
9.00	1.00	-1.00000	3.09435	1.000	-13.5016	11.5016
	2.00	-1.00000	3.09435	1.000	-13.5016	11.5016
	3.00	-1.00000	3.09435	1.000	-13.5016	11.5016
	4.00	3.00000	3.09435	1.000	-9.5016	15.5016
	5.00	2.00000	3.09435	1.000	-10.5016	14.5016
	6.00	6.50000	3.09435	.823	-6.0016	19.0016
	7.00	11.00000	3.09435	.126	-1.5016	23.5016
	8.00	14.00000	3.09435	.019	1.4984	26.5016
	10.00	3.50000	3.09435	.999	-9.0016	16.0016
	11.00	9.50000	3.09435	.285	-3.0016	22.0016
	12.00	8.00000	3.09435	.544	-4.5016	20.5016
	13.00	.00000	3.09435	1.000	-12.5016	12.5016
	14.00	5.00000	3.09435	.974	-7.5016	17.5016
	15.00	5.50000	3.09435	.943	-7.0016	18.0016
	16.00	5.00000	3.09435	.974	-7.5016	17.5016
	17.00	-7.00000	3.09435	.738	-19.5016	5.5016
	18.00	-8.50000	3.09435	.448	-21.0016	4.0016
	19.00	-5.00000	3.09435	.974	-17.5016	7.5016
	20.00	-6.00000	3.09435	.893	-18.5016	6.5016
10.00	1.00	-4.50000	3.09435	.991	-17.0016	8.0016
	2.00	-4.50000	3.09435	.991	-17.0016	8.0016
	3.00	-4.50000	3.09435	.991	-17.0016	8.0016
	4.00	-.50000	3.09435	1.000	-13.0016	12.0016
	5.00	-1.50000	3.09435	1.000	-14.0016	11.0016
	6.00	3.00000	3.09435	1.000	-9.5016	15.5016
	7.00	7.50000	3.09435	.642	-5.0016	20.0016
	8.00	10.50000	3.09435	.168	-2.0016	23.0016
	9.00	-3.50000	3.09435	.999	-16.0016	9.0016
	11.00	6.00000	3.09435	.893	-6.5016	18.5016
	12.00	4.50000	3.09435	.991	-8.0016	17.0016
	13.00	-3.50000	3.09435	.999	-16.0016	9.0016
	14.00	1.50000	3.09435	1.000	-11.0016	14.0016
	15.00	2.00000	3.09435	1.000	-10.5016	14.5016
	16.00	1.50000	3.09435	1.000	-11.0016	14.0016
	17.00	-10.50000	3.09435	.168	-23.0016	2.0016
	18.00	-12.00000	3.09435	.089	-24.5016	.5016
	19.00	-8.50000	3.09435	.448	-21.0016	4.0016
	20.00	-9.50000	3.09435	.285	-22.0016	3.0016
11.00	1.00	-10.50000	3.09435	.168	-23.0016	2.0016
	2.00	-10.50000	3.09435	.168	-23.0016	2.0016
	3.00	-10.50000	3.09435	.168	-23.0016	2.0016
	4.00	-6.50000	3.09435	.823	-19.0016	6.0016
	5.00	-7.50000	3.09435	.642	-20.0016	5.0016
	6.00	-3.00000	3.09435	1.000	-15.5016	9.5016
	7.00	1.50000	3.09435	1.000	-11.0016	14.0016
	8.00	4.50000	3.09435	.991	-8.0016	17.0016
	9.00	-9.50000	3.09435	.285	-22.0016	3.0016
	10.00	-6.00000	3.09435	.893	-18.5016	6.5016
	12.00	-1.50000	3.09435	1.000	-14.0016	11.0016
	13.00	-9.50000	3.09435	.285	-22.0016	3.0016
	14.00	-4.50000	3.09435	.991	-17.0016	8.0016

	15.00	-4.00000	3.09435	.997	-16.5016	8.5016
	16.00	-4.50000	3.09435	.991	-17.0016	8.0016
	17.00	-16.50000	3.09435	.003	-29.0016	-3.9984
	18.00	-18.00000	3.09435	.001	-30.5016	-5.4984
	19.00	-14.50000	3.09435	.013	-27.0016	-1.9984
	20.00	-15.50000	3.09435	.007	-28.0016	-2.9984
12.00	1.00	-9.00000	3.09435	.361	-21.5016	3.5016
	2.00	-9.00000	3.09435	.361	-21.5016	3.5016
	3.00	-9.00000	3.09435	.361	-21.5016	3.5016
	4.00	-5.00000	3.09435	.974	-17.5016	7.5016
	5.00	-6.00000	3.09435	.893	-18.5016	6.5016
	6.00	-1.50000	3.09435	1.000	-14.0016	11.0016
	7.00	3.00000	3.09435	1.000	-9.5016	15.5016
	8.00	6.00000	3.09435	.893	-6.5016	18.5016
	9.00	-8.00000	3.09435	.544	-20.5016	4.5016
	10.00	-4.50000	3.09435	.991	-17.0016	8.0016
	11.00	1.50000	3.09435	1.000	-11.0016	14.0016
	13.00	-8.00000	3.09435	.544	-20.5016	4.5016
	14.00	-3.00000	3.09435	1.000	-15.5016	9.5016
	15.00	-2.50000	3.09435	1.000	-15.0016	10.0016
	16.00	-3.00000	3.09435	1.000	-15.5016	9.5016
	17.00	-15.00000	3.09435	.010	-27.5016	-2.4984
	18.00	-16.50000	3.09435	.003	-29.0016	-3.9984
	19.00	-13.00000	3.09435	.036	-25.5016	-.4984
	20.00	-14.00000	3.09435	.019	-26.5016	-1.4984
13.00	1.00	-1.00000	3.09435	1.000	-13.5016	11.5016
	2.00	-1.00000	3.09435	1.000	-13.5016	11.5016
	3.00	-1.00000	3.09435	1.000	-13.5016	11.5016
	4.00	3.00000	3.09435	1.000	-9.5016	15.5016
	5.00	2.00000	3.09435	1.000	-10.5016	14.5016
	6.00	6.50000	3.09435	.823	-6.0016	19.0016
	7.00	11.00000	3.09435	.126	-1.5016	23.5016
	8.00	14.00000	3.09435	.019	1.4984	26.5016
	9.00	.00000	3.09435	1.000	-12.5016	12.5016
	10.00	3.50000	3.09435	.999	-9.0016	16.0016
	11.00	9.50000	3.09435	.285	-3.0016	22.0016
	12.00	8.00000	3.09435	.544	-4.5016	20.5016
	14.00	5.00000	3.09435	.974	-7.5016	17.5016
	15.00	5.50000	3.09435	.943	-7.0016	18.0016
	16.00	5.00000	3.09435	.974	-7.5016	17.5016
	17.00	-7.00000	3.09435	.738	-19.5016	5.5016
	18.00	-8.50000	3.09435	.448	-21.0016	4.0016
	19.00	-5.00000	3.09435	.974	-17.5016	7.5016
	20.00	-6.00000	3.09435	.893	-18.5016	6.5016
14.00	1.00	-6.00000	3.09435	.893	-18.5016	6.5016
	2.00	-6.00000	3.09435	.893	-18.5016	6.5016
	3.00	-6.00000	3.09435	.893	-18.5016	6.5016
	4.00	-2.00000	3.09435	1.000	-14.5016	10.5016
	5.00	-3.00000	3.09435	1.000	-15.5016	9.5016
	6.00	1.50000	3.09435	1.000	-11.0016	14.0016
	7.00	6.00000	3.09435	.893	-6.5016	18.5016
	8.00	9.00000	3.09435	.361	-3.5016	21.5016

	9.00	-5.00000	3.09435	.974	-17.5016	7.5016
	10.00	-1.50000	3.09435	1.000	-14.0016	11.0016
	11.00	4.50000	3.09435	.991	-8.0016	17.0016
	12.00	3.00000	3.09435	1.000	-9.5016	15.5016
	13.00	-5.00000	3.09435	.974	-17.5016	7.5016
	15.00	.50000	3.09435	1.000	-12.0016	13.0016
	16.00	.00000	3.09435	1.000	-12.5016	12.5016
	17.00	-12.00000	3.09435	.089	-24.5016	.5016
	18.00	-13.50000	3.09435	.026	-26.0016	-.9984
	19.00	-10.00000	3.09435	.220	-22.5016	2.5016
	20.00	-11.00000	3.09435	.126	-23.5016	1.5016
15.00	1.00	-6.50000	3.09435	.823	-19.0016	6.0016
	2.00	-6.50000	3.09435	.823	-19.0016	6.0016
	3.00	-6.50000	3.09435	.823	-19.0016	6.0016
	4.00	-2.50000	3.09435	1.000	-15.0016	10.0016
	5.00	-3.50000	3.09435	.999	-16.0016	9.0016
	6.00	1.00000	3.09435	1.000	-11.5016	13.5016
	7.00	5.50000	3.09435	.943	-7.0016	18.0016
	8.00	8.50000	3.09435	.448	-4.0016	21.0016
	9.00	-5.50000	3.09435	.943	-18.0016	7.0016
	10.00	-2.00000	3.09435	1.000	-14.5016	10.5016
	11.00	4.00000	3.09435	.997	-8.5016	16.5016
	12.00	2.50000	3.09435	1.000	-10.0016	15.0016
	13.00	-5.50000	3.09435	.943	-18.0016	7.0016
	14.00	-.50000	3.09435	1.000	-13.0016	12.0016
	16.00	-.50000	3.09435	1.000	-13.0016	12.0016
	17.00	-12.50000	3.09435	.050	-25.0016	.0016
	18.00	-14.00000	3.09435	.019	-26.5016	-1.4984
	19.00	-10.50000	3.09435	.168	-23.0016	2.0016
	20.00	-11.50000	3.09435	.093	-24.0016	1.0016
16.00	1.00	-6.00000	3.09435	.893	-18.5016	6.5016
	2.00	-6.00000	3.09435	.893	-18.5016	6.5016
	3.00	-6.00000	3.09435	.893	-18.5016	6.5016
	4.00	-2.00000	3.09435	1.000	-14.5016	10.5016
	5.00	-3.00000	3.09435	1.000	-15.5016	9.5016
	6.00	1.50000	3.09435	1.000	-11.0016	14.0016
	7.00	6.00000	3.09435	.893	-6.5016	18.5016
	8.00	9.00000	3.09435	.361	-3.5016	21.5016
	9.00	-5.00000	3.09435	.974	-17.5016	7.5016
	10.00	-1.50000	3.09435	1.000	-14.0016	11.0016
	11.00	4.50000	3.09435	.991	-8.0016	17.0016
	12.00	3.00000	3.09435	1.000	-9.5016	15.5016
	13.00	-5.00000	3.09435	.974	-17.5016	7.5016
	14.00	.00000	3.09435	1.000	-12.5016	12.5016
	15.00	.50000	3.09435	1.000	-12.0016	13.0016
	17.00	-12.00000	3.09435	.089	-24.5016	.5016
	18.00	-13.50000	3.09435	.026	-26.0016	-.9984
	19.00	-10.00000	3.09435	.220	-22.5016	2.5016
	20.00	-11.00000	3.09435	.126	-23.5016	1.5016
17.00	1.00	6.00000	3.09435	.893	-6.5016	18.5016
	2.00	6.00000	3.09435	.893	-6.5016	18.5016
	3.00	6.00000	3.09435	.893	-6.5016	18.5016

	4.00	10.00000	3.09435	.220	-2.5016	22.5016
	5.00	9.00000	3.09435	.361	-3.5016	21.5016
	6.00	13.50000	3.09435	.026	.9984	26.0016
	7.00	18.00000	3.09435	.001	5.4984	30.5016
	8.00	21.00000	3.09435	.000	8.4984	33.5016
	9.00	7.00000	3.09435	.738	-5.5016	19.5016
	10.00	10.50000	3.09435	.168	-2.0016	23.0016
	11.00	16.50000	3.09435	.003	3.9984	29.0016
	12.00	15.00000	3.09435	.010	2.4984	27.5016
	13.00	7.00000	3.09435	.738	-5.5016	19.5016
	14.00	12.00000	3.09435	.089	-.5016	24.5016
	15.00	12.50000	3.09435	.050	-.0016	25.0016
	16.00	12.00000	3.09435	.089	-.5016	24.5016
	18.00	-1.50000	3.09435	1.000	-14.0016	11.0016
	19.00	2.00000	3.09435	1.000	-10.5016	14.5016
	20.00	1.00000	3.09435	1.000	-11.5016	13.5016
18.00	1.00	7.50000	3.09435	.642	-5.0016	20.0016
	2.00	7.50000	3.09435	.642	-5.0016	20.0016
	3.00	7.50000	3.09435	.642	-5.0016	20.0016
	4.00	11.50000	3.09435	.093	-1.0016	24.0016
	5.00	10.50000	3.09435	.168	-2.0016	23.0016
	6.00	15.00000	3.09435	.010	2.4984	27.5016
	7.00	19.50000	3.09435	.000	6.9984	32.0016
	8.00	22.50000	3.09435	.000	9.9984	35.0016
	9.00	8.50000	3.09435	.448	-4.0016	21.0016
	10.00	12.00000	3.09435	.089	-.5016	24.5016
	11.00	18.00000	3.09435	.001	5.4984	30.5016
	12.00	16.50000	3.09435	.003	3.9984	29.0016
	13.00	8.50000	3.09435	.448	-4.0016	21.0016
	14.00	13.50000	3.09435	.026	.9984	26.0016
	15.00	14.00000	3.09435	.019	1.4984	26.5016
	16.00	13.50000	3.09435	.026	.9984	26.0016
	17.00	1.50000	3.09435	1.000	-11.0016	14.0016
	19.00	3.50000	3.09435	.999	-9.0016	16.0016
	20.00	2.50000	3.09435	1.000	-10.0016	15.0016
19.00	1.00	4.00000	3.09435	.997	-8.5016	16.5016
	2.00	4.00000	3.09435	.997	-8.5016	16.5016
	3.00	4.00000	3.09435	.997	-8.5016	16.5016
	4.00	8.00000	3.09435	.544	-4.5016	20.5016
	5.00	7.00000	3.09435	.738	-5.5016	19.5016
	6.00	11.50000	3.09435	.093	-1.0016	24.0016
	7.00	16.00000	3.09435	.005	3.4984	28.5016
	8.00	19.00000	3.09435	.001	6.4984	31.5016
	9.00	5.00000	3.09435	.974	-7.5016	17.5016
	10.00	8.50000	3.09435	.448	-4.0016	21.0016
	11.00	14.50000	3.09435	.013	1.9984	27.0016
	12.00	13.00000	3.09435	.036	.4984	25.5016
	13.00	5.00000	3.09435	.974	-7.5016	17.5016
	14.00	10.00000	3.09435	.220	-2.5016	22.5016
	15.00	10.50000	3.09435	.168	-2.0016	23.0016
	16.00	10.00000	3.09435	.220	-2.5016	22.5016
	17.00	-2.00000	3.09435	1.000	-14.5016	10.5016

		18.00	-3.50000	3.09435	.999	-16.0016	9.0016
		20.00	-1.00000	3.09435	1.000	-13.5016	11.5016
20.00		1.00	5.00000	3.09435	.974	-7.5016	17.5016
		2.00	5.00000	3.09435	.974	-7.5016	17.5016
		3.00	5.00000	3.09435	.974	-7.5016	17.5016
		4.00	9.00000	3.09435	.361	-3.5016	21.5016
		5.00	8.00000	3.09435	.544	-4.5016	20.5016
		6.00	12.50000	3.09435	.050	-.0016	25.0016
		7.00	17.00000	3.09435	.002	4.4984	29.5016
		8.00	20.00000	3.09435	.000	7.4984	32.5016
		9.00	6.00000	3.09435	.893	-6.5016	18.5016
		10.00	9.50000	3.09435	.285	-3.0016	22.0016
		11.00	15.50000	3.09435	.007	2.9984	28.0016
		12.00	14.00000	3.09435	.019	1.4984	26.5016
		13.00	6.00000	3.09435	.893	-6.5016	18.5016
		14.00	11.00000	3.09435	.126	-1.5016	23.5016
		15.00	11.50000	3.09435	.093	-1.0016	24.0016
		16.00	11.00000	3.09435	.126	-1.5016	23.5016
		17.00	-1.00000	3.09435	1.000	-13.5016	11.5016
		18.00	-2.50000	3.09435	1.000	-15.0016	10.0016
		19.00	1.00000	3.09435	1.000	-11.5016	13.5016
LSD	1.00	2.00	.00000	3.09435	1.000	-6.4547	6.4547
		3.00	.00000	3.09435	1.000	-6.4547	6.4547
		4.00	4.00000	3.09435	.211	-2.4547	10.4547
		5.00	3.00000	3.09435	.344	-3.4547	9.4547
		6.00	7.50000	3.09435	.025	1.0453	13.9547
		7.00	12.00000	3.09435	.001	5.5453	18.4547
		8.00	15.00000	3.09435	.000	8.5453	21.4547
		9.00	1.00000	3.09435	.750	-5.4547	7.4547
		10.00	4.50000	3.09435	.161	-1.9547	10.9547
		11.00	10.50000	3.09435	.003	4.0453	16.9547
		12.00	9.00000	3.09435	.009	2.5453	15.4547
		13.00	1.00000	3.09435	.750	-5.4547	7.4547
		14.00	6.00000	3.09435	.067	-.4547	12.4547
		15.00	6.50000	3.09435	.049	.0453	12.9547
		16.00	6.00000	3.09435	.067	-.4547	12.4547
		17.00	-6.00000	3.09435	.067	-12.4547	.4547
		18.00	-7.50000	3.09435	.025	-13.9547	-1.0453
		19.00	-4.00000	3.09435	.211	-10.4547	2.4547
		20.00	-5.00000	3.09435	.122	-11.4547	1.4547
	2.00	1.00	.00000	3.09435	1.000	-6.4547	6.4547
		3.00	.00000	3.09435	1.000	-6.4547	6.4547
		4.00	4.00000	3.09435	.211	-2.4547	10.4547
		5.00	3.00000	3.09435	.344	-3.4547	9.4547
		6.00	7.50000	3.09435	.025	1.0453	13.9547
		7.00	12.00000	3.09435	.001	5.5453	18.4547
		8.00	15.00000	3.09435	.000	8.5453	21.4547
		9.00	1.00000	3.09435	.750	-5.4547	7.4547
		10.00	4.50000	3.09435	.161	-1.9547	10.9547
		11.00	10.50000	3.09435	.003	4.0453	16.9547
		12.00	9.00000	3.09435	.009	2.5453	15.4547
		13.00	1.00000	3.09435	.750	-5.4547	7.4547

	14.00	6.00000	3.09435	.067	-.4547	12.4547
	15.00	6.50000	3.09435	.049	.0453	12.9547
	16.00	6.00000	3.09435	.067	-.4547	12.4547
	17.00	-6.00000	3.09435	.067	-12.4547	.4547
	18.00	-7.50000	3.09435	.025	-13.9547	-1.0453
	19.00	-4.00000	3.09435	.211	-10.4547	2.4547
	20.00	-5.00000	3.09435	.122	-11.4547	1.4547
3.00	1.00	.00000	3.09435	1.000	-6.4547	6.4547
	2.00	.00000	3.09435	1.000	-6.4547	6.4547
	4.00	4.00000	3.09435	.211	-2.4547	10.4547
	5.00	3.00000	3.09435	.344	-3.4547	9.4547
	6.00	7.50000	3.09435	.025	1.0453	13.9547
	7.00	12.00000	3.09435	.001	5.5453	18.4547
	8.00	15.00000	3.09435	.000	8.5453	21.4547
	9.00	1.00000	3.09435	.750	-5.4547	7.4547
	10.00	4.50000	3.09435	.161	-1.9547	10.9547
	11.00	10.50000	3.09435	.003	4.0453	16.9547
	12.00	9.00000	3.09435	.009	2.5453	15.4547
	13.00	1.00000	3.09435	.750	-5.4547	7.4547
	14.00	6.00000	3.09435	.067	-.4547	12.4547
	15.00	6.50000	3.09435	.049	.0453	12.9547
	16.00	6.00000	3.09435	.067	-.4547	12.4547
	17.00	-6.00000	3.09435	.067	-12.4547	.4547
	18.00	-7.50000	3.09435	.025	-13.9547	-1.0453
	19.00	-4.00000	3.09435	.211	-10.4547	2.4547
	20.00	-5.00000	3.09435	.122	-11.4547	1.4547
4.00	1.00	-4.00000	3.09435	.211	-10.4547	2.4547
	2.00	-4.00000	3.09435	.211	-10.4547	2.4547
	3.00	-4.00000	3.09435	.211	-10.4547	2.4547
	5.00	-1.00000	3.09435	.750	-7.4547	5.4547
	6.00	3.50000	3.09435	.271	-2.9547	9.9547
	7.00	8.00000	3.09435	.018	1.5453	14.4547
	8.00	11.00000	3.09435	.002	4.5453	17.4547
	9.00	-3.00000	3.09435	.344	-9.4547	3.4547
	10.00	.50000	3.09435	.873	-5.9547	6.9547
	11.00	6.50000	3.09435	.049	.0453	12.9547
	12.00	5.00000	3.09435	.122	-1.4547	11.4547
	13.00	-3.00000	3.09435	.344	-9.4547	3.4547
	14.00	2.00000	3.09435	.525	-4.4547	8.4547
	15.00	2.50000	3.09435	.429	-3.9547	8.9547
	16.00	2.00000	3.09435	.525	-4.4547	8.4547
	17.00	-10.00000	3.09435	.004	-16.4547	-3.5453
	18.00	-11.50000	3.09435	.001	-17.9547	-5.0453
	19.00	-8.00000	3.09435	.018	-14.4547	-1.5453
	20.00	-9.00000	3.09435	.009	-15.4547	-2.5453
5.00	1.00	-3.00000	3.09435	.344	-9.4547	3.4547
	2.00	-3.00000	3.09435	.344	-9.4547	3.4547
	3.00	-3.00000	3.09435	.344	-9.4547	3.4547
	4.00	1.00000	3.09435	.750	-5.4547	7.4547
	6.00	4.50000	3.09435	.161	-1.9547	10.9547
	7.00	9.00000	3.09435	.009	2.5453	15.4547
	8.00	12.00000	3.09435	.001	5.5453	18.4547

	9.00	-2.00000	3.09435	.525	-8.4547	4.4547
	10.00	1.50000	3.09435	.633	-4.9547	7.9547
	11.00	7.50000 ⁺	3.09435	.025	1.0453	13.9547
	12.00	6.00000	3.09435	.067	-.4547	12.4547
	13.00	-2.00000	3.09435	.525	-8.4547	4.4547
	14.00	3.00000	3.09435	.344	-3.4547	9.4547
	15.00	3.50000	3.09435	.271	-2.9547	9.9547
	16.00	3.00000	3.09435	.344	-3.4547	9.4547
	17.00	-9.00000 ⁺	3.09435	.009	-15.4547	-2.5453
	18.00	-10.50000 ⁺	3.09435	.003	-16.9547	-4.0453
	19.00	-7.00000 ⁺	3.09435	.035	-13.4547	-.5453
	20.00	-8.00000 ⁺	3.09435	.018	-14.4547	-1.5453
6.00	1.00	-7.50000 ⁺	3.09435	.025	-13.9547	-1.0453
	2.00	-7.50000 ⁺	3.09435	.025	-13.9547	-1.0453
	3.00	-7.50000 ⁺	3.09435	.025	-13.9547	-1.0453
	4.00	-3.50000	3.09435	.271	-9.9547	2.9547
	5.00	-4.50000	3.09435	.161	-10.9547	1.9547
	7.00	4.50000	3.09435	.161	-1.9547	10.9547
	8.00	7.50000 ⁺	3.09435	.025	1.0453	13.9547
	9.00	-8.50000 ⁺	3.09435	.049	-12.9547	-.0453
	10.00	-3.00000	3.09435	.344	-9.4547	3.4547
	11.00	3.00000	3.09435	.344	-3.4547	9.4547
	12.00	1.50000	3.09435	.633	-4.9547	7.9547
	13.00	-8.50000 ⁺	3.09435	.049	-12.9547	-.0453
	14.00	-1.50000	3.09435	.633	-7.9547	4.9547
	15.00	-1.00000	3.09435	.750	-7.4547	5.4547
	16.00	-1.50000	3.09435	.633	-7.9547	4.9547
	17.00	-13.50000 ⁺	3.09435	.000	-19.9547	-7.0453
	18.00	-15.00000 ⁺	3.09435	.000	-21.4547	-8.5453
	19.00	-11.50000 ⁺	3.09435	.001	-17.9547	-5.0453
	20.00	-12.50000 ⁺	3.09435	.001	-18.9547	-6.0453
7.00	1.00	-12.00000 ⁺	3.09435	.001	-18.4547	-5.5453
	2.00	-12.00000 ⁺	3.09435	.001	-18.4547	-5.5453
	3.00	-12.00000 ⁺	3.09435	.001	-18.4547	-5.5453
	4.00	-8.00000 ⁺	3.09435	.018	-14.4547	-1.5453
	5.00	-9.00000 ⁺	3.09435	.009	-15.4547	-2.5453
	6.00	-4.50000	3.09435	.161	-10.9547	1.9547
	8.00	3.00000	3.09435	.344	-3.4547	9.4547
	9.00	-11.00000 ⁺	3.09435	.002	-17.4547	-4.5453
	10.00	-7.50000 ⁺	3.09435	.025	-13.9547	-1.0453
	11.00	-1.50000	3.09435	.633	-7.9547	4.9547
	12.00	-3.00000	3.09435	.344	-9.4547	3.4547
	13.00	-11.00000 ⁺	3.09435	.002	-17.4547	-4.5453
	14.00	-6.00000	3.09435	.067	-12.4547	.4547
	15.00	-5.50000	3.09435	.091	-11.9547	.9547
	16.00	-6.00000	3.09435	.067	-12.4547	.4547
	17.00	-18.00000 ⁺	3.09435	.000	-24.4547	-11.5453
	18.00	-19.50000 ⁺	3.09435	.000	-25.9547	-13.0453
	19.00	-16.00000 ⁺	3.09435	.000	-22.4547	-9.5453
	20.00	-17.00000 ⁺	3.09435	.000	-23.4547	-10.5453
8.00	1.00	-15.00000 ⁺	3.09435	.000	-21.4547	-8.5453
	2.00	-15.00000 ⁺	3.09435	.000	-21.4547	-8.5453

	3.00	-15.00000'	3.09435	.000	-21.4547	-8.5453
	4.00	-11.00000'	3.09435	.002	-17.4547	-4.5453
	5.00	-12.00000'	3.09435	.001	-18.4547	-5.5453
	6.00	-7.50000'	3.09435	.025	-13.9547	-1.0453
	7.00	-3.00000	3.09435	.344	-9.4547	3.4547
	9.00	-14.00000'	3.09435	.000	-20.4547	-7.5453
	10.00	-10.50000'	3.09435	.003	-16.9547	-4.0453
	11.00	-4.50000	3.09435	.161	-10.9547	1.9547
	12.00	-6.00000	3.09435	.067	-12.4547	.4547
	13.00	-14.00000'	3.09435	.000	-20.4547	-7.5453
	14.00	-9.00000'	3.09435	.009	-15.4547	-2.5453
	15.00	-8.50000'	3.09435	.012	-14.9547	-2.0453
	16.00	-9.00000'	3.09435	.009	-15.4547	-2.5453
	17.00	-21.00000'	3.09435	.000	-27.4547	-14.5453
	18.00	-22.50000'	3.09435	.000	-28.9547	-16.0453
	19.00	-19.00000'	3.09435	.000	-25.4547	-12.5453
	20.00	-20.00000'	3.09435	.000	-26.4547	-13.5453
9.00	1.00	-1.00000	3.09435	.750	-7.4547	5.4547
	2.00	-1.00000	3.09435	.750	-7.4547	5.4547
	3.00	-1.00000	3.09435	.750	-7.4547	5.4547
	4.00	3.00000	3.09435	.344	-3.4547	9.4547
	5.00	2.00000	3.09435	.525	-4.4547	8.4547
	6.00	6.50000'	3.09435	.049	.0453	12.9547
	7.00	11.00000'	3.09435	.002	4.5453	17.4547
	8.00	14.00000'	3.09435	.000	7.5453	20.4547
	10.00	3.50000	3.09435	.271	-2.9547	9.9547
	11.00	9.50000'	3.09435	.006	3.0453	15.9547
	12.00	8.00000'	3.09435	.018	1.5453	14.4547
	13.00	.00000	3.09435	1.000	-6.4547	6.4547
	14.00	5.00000	3.09435	.122	-1.4547	11.4547
	15.00	5.50000	3.09435	.091	-.9547	11.9547
	16.00	5.00000	3.09435	.122	-1.4547	11.4547
	17.00	-7.00000'	3.09435	.035	-13.4547	-.5453
	18.00	-8.50000'	3.09435	.012	-14.9547	-2.0453
	19.00	-5.00000	3.09435	.122	-11.4547	1.4547
	20.00	-6.00000	3.09435	.067	-12.4547	.4547
10.00	1.00	-4.50000	3.09435	.161	-10.9547	1.9547
	2.00	-4.50000	3.09435	.161	-10.9547	1.9547
	3.00	-4.50000	3.09435	.161	-10.9547	1.9547
	4.00	-.50000	3.09435	.873	-6.9547	5.9547
	5.00	-1.50000	3.09435	.633	-7.9547	4.9547
	6.00	3.00000	3.09435	.344	-3.4547	9.4547
	7.00	7.50000'	3.09435	.025	1.0453	13.9547
	8.00	10.50000'	3.09435	.003	4.0453	16.9547
	9.00	-3.50000	3.09435	.271	-9.9547	2.9547
	11.00	6.00000	3.09435	.067	-.4547	12.4547
	12.00	4.50000	3.09435	.161	-1.9547	10.9547
	13.00	-3.50000	3.09435	.271	-9.9547	2.9547
	14.00	1.50000	3.09435	.633	-4.9547	7.9547
	15.00	2.00000	3.09435	.525	-4.4547	8.4547
	16.00	1.50000	3.09435	.633	-4.9547	7.9547
	17.00	-10.50000'	3.09435	.003	-16.9547	-4.0453

	18.00	-12.00000'	3.09435	.001	-18.4547	-5.5453
	19.00	-8.50000'	3.09435	.012	-14.9547	-2.0453
	20.00	-9.50000'	3.09435	.006	-15.9547	-3.0453
11.00	1.00	-10.50000'	3.09435	.003	-16.9547	-4.0453
	2.00	-10.50000'	3.09435	.003	-16.9547	-4.0453
	3.00	-10.50000'	3.09435	.003	-16.9547	-4.0453
	4.00	-6.50000'	3.09435	.049	-12.9547	-.0453
	5.00	-7.50000'	3.09435	.025	-13.9547	-1.0453
	6.00	-3.00000	3.09435	.344	-9.4547	3.4547
	7.00	1.50000	3.09435	.633	-4.9547	7.9547
	8.00	4.50000	3.09435	.161	-1.9547	10.9547
	9.00	-9.50000'	3.09435	.006	-15.9547	-3.0453
	10.00	-6.00000	3.09435	.067	-12.4547	.4547
	12.00	-1.50000	3.09435	.633	-7.9547	4.9547
	13.00	-9.50000'	3.09435	.006	-15.9547	-3.0453
	14.00	-4.50000	3.09435	.161	-10.9547	1.9547
	15.00	-4.00000	3.09435	.211	-10.4547	2.4547
	16.00	-4.50000	3.09435	.161	-10.9547	1.9547
	17.00	-16.50000'	3.09435	.000	-22.9547	-10.0453
	18.00	-18.00000'	3.09435	.000	-24.4547	-11.5453
	19.00	-14.50000'	3.09435	.000	-20.9547	-8.0453
	20.00	-15.50000'	3.09435	.000	-21.9547	-9.0453
12.00	1.00	-9.00000'	3.09435	.009	-15.4547	-2.5453
	2.00	-9.00000'	3.09435	.009	-15.4547	-2.5453
	3.00	-9.00000'	3.09435	.009	-15.4547	-2.5453
	4.00	-5.00000	3.09435	.122	-11.4547	1.4547
	5.00	-6.00000	3.09435	.067	-12.4547	.4547
	6.00	-1.50000	3.09435	.633	-7.9547	4.9547
	7.00	3.00000	3.09435	.344	-3.4547	9.4547
	8.00	6.00000	3.09435	.067	-.4547	12.4547
	9.00	-8.00000'	3.09435	.018	-14.4547	-1.5453
	10.00	-4.50000	3.09435	.161	-10.9547	1.9547
	11.00	1.50000	3.09435	.633	-4.9547	7.9547
	13.00	-8.00000'	3.09435	.018	-14.4547	-1.5453
	14.00	-3.00000	3.09435	.344	-9.4547	3.4547
	15.00	-2.50000	3.09435	.429	-8.9547	3.9547
	16.00	-3.00000	3.09435	.344	-9.4547	3.4547
	17.00	-15.00000'	3.09435	.000	-21.4547	-8.5453
	18.00	-16.50000'	3.09435	.000	-22.9547	-10.0453
	19.00	-13.00000'	3.09435	.000	-19.4547	-6.5453
	20.00	-14.00000'	3.09435	.000	-20.4547	-7.5453
13.00	1.00	-1.00000	3.09435	.750	-7.4547	5.4547
	2.00	-1.00000	3.09435	.750	-7.4547	5.4547
	3.00	-1.00000	3.09435	.750	-7.4547	5.4547
	4.00	3.00000	3.09435	.344	-3.4547	9.4547
	5.00	2.00000	3.09435	.525	-4.4547	8.4547
	6.00	6.50000'	3.09435	.049	.0453	12.9547
	7.00	11.00000'	3.09435	.002	4.5453	17.4547
	8.00	14.00000'	3.09435	.000	7.5453	20.4547
	9.00	.00000	3.09435	1.000	-6.4547	6.4547
	10.00	3.50000	3.09435	.271	-2.9547	9.9547
	11.00	9.50000'	3.09435	.006	3.0453	15.9547

	12.00	8.00000'	3.09435	.018	1.5453	14.4547
	14.00	5.00000	3.09435	.122	-1.4547	11.4547
	15.00	5.50000	3.09435	.091	-.9547	11.9547
	16.00	5.00000	3.09435	.122	-1.4547	11.4547
	17.00	-7.00000'	3.09435	.035	-13.4547	-.5453
	18.00	-8.50000'	3.09435	.012	-14.9547	-2.0453
	19.00	-5.00000	3.09435	.122	-11.4547	1.4547
	20.00	-6.00000	3.09435	.067	-12.4547	.4547
14.00	1.00	-6.00000	3.09435	.067	-12.4547	.4547
	2.00	-6.00000	3.09435	.067	-12.4547	.4547
	3.00	-6.00000	3.09435	.067	-12.4547	.4547
	4.00	-2.00000	3.09435	.525	-8.4547	4.4547
	5.00	-3.00000	3.09435	.344	-9.4547	3.4547
	6.00	1.50000	3.09435	.633	-4.9547	7.9547
	7.00	6.00000	3.09435	.067	-.4547	12.4547
	8.00	9.00000'	3.09435	.009	2.5453	15.4547
	9.00	-5.00000	3.09435	.122	-11.4547	1.4547
-	10.00	-1.50000	3.09435	.633	-7.9547	4.9547
	11.00	4.50000	3.09435	.161	-1.9547	10.9547
	12.00	3.00000	3.09435	.344	-3.4547	9.4547
	13.00	-5.00000	3.09435	.122	-11.4547	1.4547
	15.00	.50000	3.09435	.873	-5.9547	6.9547
	16.00	.00000	3.09435	1.000	-6.4547	6.4547
	17.00	-12.00000'	3.09435	.001	-18.4547	-5.5453
	18.00	-13.50000'	3.09435	.000	-19.9547	-7.0453
	19.00	-10.00000'	3.09435	.004	-16.4547	-3.5453
	20.00	-11.00000'	3.09435	.002	-17.4547	-4.5453
15.00	1.00	-6.50000'	3.09435	.049	-12.9547	-.0453
	2.00	-6.50000'	3.09435	.049	-12.9547	-.0453
	3.00	-6.50000'	3.09435	.049	-12.9547	-.0453
	4.00	-2.50000	3.09435	.429	-8.9547	3.9547
	5.00	-3.50000	3.09435	.271	-9.9547	2.9547
	6.00	1.00000	3.09435	.750	-5.4547	7.4547
	7.00	5.50000	3.09435	.091	-.9547	11.9547
	8.00	8.50000'	3.09435	.012	2.0453	14.9547
	9.00	-5.50000	3.09435	.091	-11.9547	.9547
-	10.00	-2.00000	3.09435	.525	-8.4547	4.4547
	11.00	4.00000	3.09435	.211	-2.4547	10.4547
	12.00	2.50000	3.09435	.429	-3.9547	8.9547
	13.00	-5.50000	3.09435	.091	-11.9547	.9547
	14.00	-.50000	3.09435	.873	-8.9547	5.9547
	16.00	-.50000	3.09435	.873	-8.9547	5.9547
	17.00	-12.50000'	3.09435	.001	-18.9547	-6.0453
	18.00	-14.00000'	3.09435	.000	-20.4547	-7.5453
	19.00	-10.50000'	3.09435	.003	-16.9547	-4.0453
	20.00	-11.50000'	3.09435	.001	-17.9547	-5.0453
16.00	1.00	-6.00000	3.09435	.067	-12.4547	.4547
	2.00	-6.00000	3.09435	.067	-12.4547	.4547
	3.00	-6.00000	3.09435	.067	-12.4547	.4547
-	4.00	-2.00000	3.09435	.525	-8.4547	4.4547
	5.00	-3.00000	3.09435	.344	-9.4547	3.4547
	6.00	1.50000	3.09435	.633	-4.9547	7.9547

	7.00	6.00000	3.09435	.087	-.4547	12.4547
	8.00	9.00000	3.09435	.009	2.5453	15.4547
	9.00	-5.00000	3.09435	.122	-11.4547	1.4547
	10.00	-1.50000	3.09435	.833	-7.9547	4.9547
	11.00	4.50000	3.09435	.161	-1.9547	10.9547
	12.00	3.00000	3.09435	.344	-3.4547	9.4547
	13.00	-5.00000	3.09435	.122	-11.4547	1.4547
	14.00	.00000	3.09435	1.000	-6.4547	6.4547
	15.00	.50000	3.09435	.873	-5.9547	6.9547
	17.00	-12.00000	3.09435	.001	-18.4547	-5.5453
	18.00	-13.50000	3.09435	.000	-19.9547	-7.0453
	19.00	-10.00000	3.09435	.004	-16.4547	-3.5453
	20.00	-11.00000	3.09435	.002	-17.4547	-4.5453
17.00	1.00	6.00000	3.09435	.087	-.4547	12.4547
	2.00	6.00000	3.09435	.087	-.4547	12.4547
	3.00	6.00000	3.09435	.087	-.4547	12.4547
	4.00	10.00000	3.09435	.004	3.5453	16.4547
	5.00	9.00000	3.09435	.009	2.5453	15.4547
	6.00	13.50000	3.09435	.000	7.0453	19.9547
	7.00	18.00000	3.09435	.000	11.5453	24.4547
	8.00	21.00000	3.09435	.000	14.5453	27.4547
	9.00	7.00000	3.09435	.035	.5453	13.4547
	10.00	10.50000	3.09435	.003	4.0453	16.9547
	11.00	16.50000	3.09435	.000	10.0453	22.9547
	12.00	15.00000	3.09435	.000	8.5453	21.4547
	13.00	7.00000	3.09435	.035	.5453	13.4547
	14.00	12.00000	3.09435	.001	5.5453	18.4547
	15.00	12.50000	3.09435	.001	6.0453	18.9547
	16.00	12.00000	3.09435	.001	5.5453	18.4547
	18.00	-1.50000	3.09435	.833	-7.9547	4.9547
	19.00	2.00000	3.09435	.525	-4.4547	8.4547
	20.00	1.00000	3.09435	.750	-5.4547	7.4547
18.00	1.00	7.50000	3.09435	.025	1.0453	13.9547
	2.00	7.50000	3.09435	.025	1.0453	13.9547
	3.00	7.50000	3.09435	.025	1.0453	13.9547
	4.00	11.50000	3.09435	.001	5.0453	17.9547
	5.00	10.50000	3.09435	.003	4.0453	16.9547
	6.00	15.00000	3.09435	.000	8.5453	21.4547
	7.00	19.50000	3.09435	.000	13.0453	25.9547
	8.00	22.50000	3.09435	.000	16.0453	28.9547
	9.00	8.50000	3.09435	.012	2.0453	14.9547
	10.00	12.00000	3.09435	.001	5.5453	18.4547
	11.00	18.00000	3.09435	.000	11.5453	24.4547
	12.00	16.50000	3.09435	.000	10.0453	22.9547
	13.00	8.50000	3.09435	.012	2.0453	14.9547
	14.00	13.50000	3.09435	.000	7.0453	19.9547
	15.00	14.00000	3.09435	.000	7.5453	20.4547
	16.00	13.50000	3.09435	.000	7.0453	19.9547
	17.00	1.50000	3.09435	.833	-4.9547	7.9547
	19.00	3.50000	3.09435	.271	-2.9547	9.9547
	20.00	2.50000	3.09435	.429	-3.9547	8.9547
19.00	1.00	4.00000	3.09435	.211	-2.4547	10.4547

	2.00	4.00000	3.09435	.211	-2.4547	10.4547
	3.00	4.00000	3.09435	.211	-2.4547	10.4547
	4.00	8.00000	3.09435	.018	1.5453	14.4547
	5.00	7.00000	3.09435	.035	.5453	13.4547
	6.00	11.50000	3.09435	.001	5.0453	17.9547
	7.00	16.00000	3.09435	.000	9.5453	22.4547
	8.00	19.00000	3.09435	.000	12.5453	25.4547
	9.00	5.00000	3.09435	.122	-1.4547	11.4547
	10.00	8.50000	3.09435	.012	2.0453	14.9547
	11.00	14.50000	3.09435	.000	8.0453	20.9547
	12.00	13.00000	3.09435	.000	6.5453	19.4547
	13.00	5.00000	3.09435	.122	-1.4547	11.4547
	14.00	10.00000	3.09435	.004	3.5453	16.4547
	15.00	10.50000	3.09435	.003	4.0453	16.9547
	16.00	10.00000	3.09435	.004	3.5453	16.4547
	17.00	-2.00000	3.09435	.525	-8.4547	4.4547
	18.00	-3.50000	3.09435	.271	-9.9547	2.9547
	20.00	-1.00000	3.09435	.750	-7.4547	5.4547
20.00	1.00	5.00000	3.09435	.122	-1.4547	11.4547
	2.00	5.00000	3.09435	.122	-1.4547	11.4547
	3.00	5.00000	3.09435	.122	-1.4547	11.4547
	4.00	9.00000	3.09435	.009	2.5453	15.4547
	5.00	8.00000	3.09435	.018	1.5453	14.4547
	6.00	12.50000	3.09435	.001	6.0453	18.9547
	7.00	17.00000	3.09435	.000	10.5453	23.4547
	8.00	20.00000	3.09435	.000	13.5453	26.4547
	9.00	6.00000	3.09435	.067	-.4547	12.4547
	10.00	9.50000	3.09435	.006	3.0453	15.9547
	11.00	15.50000	3.09435	.000	9.0453	21.9547
	12.00	14.00000	3.09435	.000	7.5453	20.4547
	13.00	6.00000	3.09435	.067	-.4547	12.4547
	14.00	11.00000	3.09435	.002	4.5453	17.4547
	15.00	11.50000	3.09435	.001	5.0453	17.9547
	16.00	11.00000	3.09435	.002	4.5453	17.4547
	17.00	-1.00000	3.09435	.750	-7.4547	5.4547
	18.00	-2.50000	3.09435	.429	-8.9547	3.9547
	19.00	1.00000	3.09435	.750	-5.4547	7.4547

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Homogeneous Subsets

จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษของลายนิ้วมือแฝง (Minutes of latent fingerprints)

Sample	N	Subset for alpha = 0.05											
		1	2	3	4	5	6	7	8				
Duncan ^a	8.00	2	30.5000										
	7.00	2	33.5000	33.5000									
	11.00	2	35.0000	35.0000	35.0000								
	12.00	2	36.5000	36.5000	36.5000	36.5000							
	6.00	2		38.0000	38.0000	38.0000	38.0000	38.0000					
	15.00	2		39.0000	39.0000	39.0000	39.0000	39.0000					
	14.00	2		39.5000	39.5000	39.5000	39.5000	39.5000					
	16.00	2		39.5000	39.5000	39.5000	39.5000	39.5000					
	10.00	2			41.0000	41.0000	41.0000	41.0000					
	4.00	2			41.5000	41.5000	41.5000	41.5000					
	5.00	2				42.5000	42.5000	42.5000	42.5000				
	9.00	2					44.5000	44.5000	44.5000	44.5000			
	13.00	2					44.5000	44.5000	44.5000	44.5000			
	1.00	2					45.5000	45.5000	45.5000	45.5000			
	2.00	2					45.5000	45.5000	45.5000	45.5000			
	3.00	2					45.5000	45.5000	45.5000	45.5000			
	19.00	2						49.5000	49.5000	49.5000	49.5000		
	20.00	2							50.5000	50.5000	50.5000	50.5000	
	17.00	2							51.5000	51.5000	51.5000	51.5000	
	18.00	2									53.0000	53.0000	
	Sig.		.089	.103	.081	.106	.050	.060	.062	.313			

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.





ภาคผนวก ง

ข้อมูลสถิติจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษของลายนิ้วมือแฝง (Minutae of latent fingerprints)

หลังจากใช้โปรแกรมตกแต่ง Univariate Analysis of Variance

ข้อมูลสถิติจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษของลายนิ้วมือแฝง (Minutae of latent fingerprints) หลังจากใช้โปรแกรมตกแต่ง

Univariate Analysis of Variance

Descriptive Statistics

จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษของลายนิ้วมือแฝง (Minutae of latent fingerprints)

No.	Sample	Mean	Std. Deviation	N
1.00	Acetone/0.5 %wt ninhydrin/1 %wt CAB_0 Days	41.3333	2.08167	3
2.00	Acetone/0.5 %wt ninhydrin_0 Days	42.0000	2.00000	3
3.00	Petroleum ether/0.5 %wt ninhydrin/0.5 %wt CAB_0 Days	44.6667	1.52753	3
4.00	Petroleum ether/0.5 %wt ninhydrin_0 Days	44.3333	1.52753	3
5.00	Forensic working solution_0 Days	48.6667	.57735	3
6.00	Acetone/0.5 %wt ninhydrin/1 %wt CAB_30 Days	36.3333	6.65833	3
7.00	Acetone/0.5 %wt ninhydrin_30 Days	45.6667	2.51661	3
8.00	Petroleum ether/0.5 %wt ninhydrin/0.5 %wt CAB_30 Days	47.3333	1.52753	3
9.00	Petroleum ether/0.5 %wt ninhydrin_30 Days	37.6667	4.50925	3
10.00	Forensic working solution_30 Days	48.6667	4.93288	3
Total		43.6667	4.99195	30

Levene's Test of Equality of Error Variances^a

Dependent Variable: จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษของลายนิ้วมือแฝง (Minutae of latent fingerprints)

F	df1	df2	Sig.
2.719	9	20	.030

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + VAR00001

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษของลายนิ้วมือแฝง (Minutae of latent fingerprints)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	500.667 ^a	9	55.630	5.012	.001
Intercept	57203.333	1	57203.333	5153.453	.000
VAR00001	500.667	9	55.630	5.012	.001
Error	222.000	20	11.100		
Total	57926.000	30			
Corrected Total	722.667	29			

a. R Squared = .693 (Adjusted R Squared = .555)

Estimated Marginal Means

Dependent Variable: จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษของลายนิ้วมือแฝง (Minutae of latent fingerprints)

VAR00001	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1.00	41.333	1.924	37.321	45.346
2.00	42.000	1.924	37.988	46.012
3.00	44.667	1.924	40.654	48.679
4.00	44.333	1.924	40.321	48.346
5.00	48.667	1.924	44.654	52.679
6.00	36.333	1.924	32.321	40.346
7.00	45.667	1.924	41.654	49.679
8.00	47.333	1.924	43.321	51.346
9.00	37.667	1.924	33.654	41.679
10.00	48.667	1.924	44.654	52.679

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษของลายนิ้วมือแฝง (Minutae of latent fingerprints)

	(I) Sample	(J) Sample	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	1.00	2.00	-.6667	2.72029	1.000	-10.2995	8.9662
		3.00	-3.3333	2.72029	.959	-12.9662	6.2995
		4.00	-3.0000	2.72029	.979	-12.6329	6.6329
		5.00	-7.3333	2.72029	.240	-16.9662	2.2995
		6.00	5.0000	2.72029	.706	-4.6329	14.6329
		7.00	-4.3333	2.72029	.837	-13.9662	5.2995
		8.00	-6.0000	2.72029	.484	-15.6329	3.6329
		9.00	3.6667	2.72029	.929	-5.9662	13.2995
		10.00	-7.3333	2.72029	.240	-16.9662	2.2995
		2.00	1.00	.6667	2.72029	1.000	-8.9662
	3.00		-2.6667	2.72029	.990	-12.2995	6.9662
	4.00		-2.3333	2.72029	.996	-11.9662	7.2995
	5.00		-6.6667	2.72029	.349	-16.2995	2.9662
	6.00		5.6667	2.72029	.558	-3.9662	15.2995
	7.00		-3.6667	2.72029	.929	-13.2995	5.9662
	8.00		-5.3333	2.72029	.633	-14.9662	4.2995
	9.00		4.3333	2.72029	.837	-5.2995	13.9662
	10.00		-6.6667	2.72029	.349	-16.2995	2.9662
	3.00		1.00	3.3333	2.72029	.959	-6.2995
		2.00	2.6667	2.72029	.990	-6.9662	12.2995
		4.00	.3333	2.72029	1.000	-9.2995	9.9662
		5.00	-4.0000	2.72029	.889	-13.6329	5.6329
		6.00	8.3333	2.72029	.126	-1.2995	17.9662
		7.00	-1.0000	2.72029	1.000	-10.6329	8.6329
		8.00	-2.6667	2.72029	.990	-12.2995	6.9662
		9.00	7.0000	2.72029	.291	-2.6329	16.6329
		10.00	-4.0000	2.72029	.889	-13.6329	5.6329
		4.00	1.00	3.0000	2.72029	.979	-6.6329
	2.00		2.3333	2.72029	.996	-7.2995	11.9662
	3.00		-.3333	2.72029	1.000	-9.9662	9.2995
5.00	-4.3333		2.72029	.837	-13.9662	5.2995	
6.00	8.0000		2.72029	.158	-1.6329	17.6329	
7.00	-1.3333		2.72029	1.000	-10.9662	8.2995	
8.00	-3.0000		2.72029	.979	-12.6329	6.6329	
9.00	6.6667		2.72029	.349	-2.9662	16.2995	
10.00	-4.3333		2.72029	.837	-13.9662	5.2995	
5.00	1.00		7.3333	2.72029	.240	-2.2995	16.9662
	2.00	6.6667	2.72029	.349	-2.9662	16.2995	
	3.00	4.0000	2.72029	.889	-5.6329	13.6329	
	4.00	4.3333	2.72029	.837	-5.2995	13.9662	
	6.00	12.3333	2.72029	.006	2.7005	21.9662	
	7.00	3.0000	2.72029	.979	-6.6329	12.6329	
	8.00	1.3333	2.72029	1.000	-8.2995	10.9662	
	9.00	11.0000	2.72029	.018	1.3671	20.6329	
	10.00	.0000	2.72029	1.000	-9.6329	9.6329	
	6.00	1.00	-5.0000	2.72029	.706	-14.6329	4.6329
2.00		-5.6667	2.72029	.558	-15.2995	3.9662	

		3.00	-8.3333	2.72029	.126	-17.9662	1.2995
		4.00	-8.0000	2.72029	.158	-17.6329	1.6329
		5.00	-12.3333'	2.72029	.006	-21.9662	-2.7005
		7.00	-9.3333	2.72029	.082	-18.9662	.2995
		8.00	-11.0000'	2.72029	.018	-20.6329	-1.3671
		9.00	-1.3333	2.72029	1.000	-10.9662	8.2995
		10.00	-12.3333'	2.72029	.006	-21.9662	-2.7005
7.00		1.00	4.3333	2.72029	.837	-5.2995	13.9662
		2.00	3.6667	2.72029	.929	-5.9662	13.2995
		3.00	1.0000	2.72029	1.000	-8.6329	10.6329
		4.00	1.3333	2.72029	1.000	-8.2995	10.9662
		5.00	-3.0000	2.72029	.979	-12.6329	6.6329
		6.00	9.3333	2.72029	.082	-.2995	18.9662
		8.00	-1.6667	2.72029	1.000	-11.2995	7.9662
		9.00	8.0000	2.72029	.158	-1.6329	17.6329
		10.00	-3.0000	2.72029	.979	-12.6329	6.6329
8.00		1.00	6.0000	2.72029	.484	-3.6329	15.6329
		2.00	5.3333	2.72029	.633	-4.2995	14.9662
		3.00	2.6667	2.72029	.990	-6.9662	12.2995
		4.00	3.0000	2.72029	.979	-6.6329	12.6329
		5.00	-1.3333	2.72029	1.000	-10.9662	8.2995
		6.00	11.0000'	2.72029	.018	1.3671	20.6329
		7.00	1.6667	2.72029	1.000	-7.9662	11.2995
		9.00	9.6667'	2.72029	.049	.0338	19.2995
		10.00	-1.3333	2.72029	1.000	-10.9662	8.2995
9.00		1.00	-3.6667	2.72029	.929	-13.2995	5.9662
		2.00	-4.3333	2.72029	.837	-13.9662	5.2995
		3.00	-7.0000	2.72029	.291	-16.6329	2.6329
		4.00	-6.6667	2.72029	.349	-16.2995	2.9662
		5.00	-11.0000'	2.72029	.018	-20.6329	-1.3671
		6.00	1.3333	2.72029	1.000	-8.2995	10.9662
		7.00	-8.0000	2.72029	.158	-17.6329	1.6329
		8.00	-9.6667'	2.72029	.049	-19.2995	-.0338
		10.00	-11.0000'	2.72029	.018	-20.6329	-1.3671
10.00		1.00	7.3333	2.72029	.240	-2.2995	16.9662
		2.00	6.6667	2.72029	.349	-2.9662	16.2995
		3.00	4.0000	2.72029	.889	-5.6329	13.6329
		4.00	4.3333	2.72029	.837	-5.2995	13.9662
		5.00	.0000	2.72029	1.000	-9.6329	9.6329
		6.00	12.3333'	2.72029	.006	2.7005	21.9662
		7.00	3.0000	2.72029	.979	-6.6329	12.6329
		8.00	1.3333	2.72029	1.000	-8.2995	10.9662
		9.00	11.0000'	2.72029	.018	1.3671	20.6329
LSD	1.00	2.00	-.6667	2.72029	.809	-6.3411	5.0078
		3.00	-3.3333	2.72029	.235	-9.0078	2.3411
		4.00	-3.0000	2.72029	.283	-8.6744	2.6744
		5.00	-7.3333'	2.72029	.014	-13.0078	-1.6589
		6.00	5.0000	2.72029	.081	-.6744	10.6744
		7.00	-4.3333	2.72029	.127	-10.0078	1.3411
		8.00	-6.0000'	2.72029	.039	-11.6744	-.3256
		9.00	3.6667	2.72029	.193	-2.0078	9.3411
		10.00	-7.3333'	2.72029	.014	-13.0078	-1.6589

2.00	1.00	.6667	2.72029	.809	-5.0078	6.3411
	3.00	-2.6667	2.72029	.339	-8.3411	3.0078
	4.00	-2.3333	2.72029	.401	-8.0078	3.3411
	5.00	-6.6667	2.72029	.024	-12.3411	-.9922
	_ 6.00	5.6667	2.72029	.050	-.0078	11.3411
	7.00	-3.6667	2.72029	.193	-9.3411	2.0078
	8.00	-5.3333	2.72029	.084	-11.0078	.3411
	9.00	4.3333	2.72029	.127	-1.3411	10.0078
	10.00	-6.6667	2.72029	.024	-12.3411	-.9922
	3.00	1.00	3.3333	2.72029	.235	-2.3411
2.00		2.6667	2.72029	.339	-3.0078	8.3411
4.00		.3333	2.72029	.904	-5.3411	6.0078
5.00		-4.0000	2.72029	.157	-9.6744	1.6744
_ 6.00		8.3333	2.72029	.006	2.6589	14.0078
7.00		-1.0000	2.72029	.717	-6.6744	4.6744
8.00		-2.6667	2.72029	.339	-8.3411	3.0078
9.00		7.0000	2.72029	.018	1.3256	12.6744
10.00		-4.0000	2.72029	.157	-9.6744	1.6744
4.00		1.00	3.0000	2.72029	.283	-2.6744
	2.00	2.3333	2.72029	.401	-3.3411	8.0078
	3.00	-.3333	2.72029	.904	-6.0078	5.3411
	5.00	-4.3333	2.72029	.127	-10.0078	1.3411
	_ 6.00	8.0000	2.72029	.008	2.3256	13.6744
	7.00	-1.3333	2.72029	.629	-7.0078	4.3411
	8.00	-3.0000	2.72029	.283	-8.6744	2.6744
	9.00	6.6667	2.72029	.024	.9922	12.3411
	10.00	-4.3333	2.72029	.127	-10.0078	1.3411
	5.00	1.00	7.3333	2.72029	.014	1.6589
2.00		6.6667	2.72029	.024	.9922	12.3411
3.00		4.0000	2.72029	.157	-1.6744	9.6744
4.00		4.3333	2.72029	.127	-1.3411	10.0078
_ 6.00		12.3333	2.72029	.000	6.6589	18.0078
7.00		3.0000	2.72029	.283	-2.6744	8.6744
8.00		1.3333	2.72029	.629	-4.3411	7.0078
9.00		11.0000	2.72029	.001	5.3256	16.6744
10.00		.0000	2.72029	1.000	-5.6744	5.6744
6.00		1.00	-5.0000	2.72029	.081	-10.6744
	2.00	-5.6667	2.72029	.050	-11.3411	.0078
	3.00	-8.3333	2.72029	.006	-14.0078	-2.6589
	4.00	-8.0000	2.72029	.008	-13.6744	-2.3256
	_ 5.00	-12.3333	2.72029	.000	-18.0078	-6.6589
	7.00	-9.3333	2.72029	.003	-15.0078	-3.6589
	8.00	-11.0000	2.72029	.001	-16.6744	-5.3256
	9.00	-1.3333	2.72029	.629	-7.0078	4.3411
	10.00	-12.3333	2.72029	.000	-18.0078	-6.6589
	7.00	1.00	4.3333	2.72029	.127	-1.3411
2.00		3.6667	2.72029	.193	-2.0078	9.3411
3.00		1.0000	2.72029	.717	-4.6744	6.6744
_ 4.00		1.3333	2.72029	.629	-4.3411	7.0078
5.00		-3.0000	2.72029	.283	-8.6744	2.6744
6.00		9.3333	2.72029	.003	3.6589	15.0078
8.00		-1.6667	2.72029	.547	-7.3411	4.0078

	9.00	8.0000'	2.72029	.008	2.3256	13.6744
	10.00	-3.0000	2.72029	.283	-8.6744	2.6744
8.00	1.00	6.0000'	2.72029	.039	.3256	11.6744
	2.00	5.3333	2.72029	.064	-.3411	11.0078
	3.00	2.6667	2.72029	.339	-3.0078	8.3411
	4.00	3.0000	2.72029	.283	-2.6744	8.6744
	5.00	-1.3333	2.72029	.629	-7.0078	4.3411
	6.00	11.0000'	2.72029	.001	5.3256	16.6744
	7.00	1.6667	2.72029	.547	-4.0078	7.3411
	9.00	9.6667'	2.72029	.002	3.9922	15.3411
	10.00	-1.3333	2.72029	.629	-7.0078	4.3411
9.00	1.00	-3.6667	2.72029	.193	-9.3411	2.0078
	2.00	-4.3333	2.72029	.127	-10.0078	1.3411
	3.00	-7.0000'	2.72029	.018	-12.6744	-1.3256
	4.00	-6.6667'	2.72029	.024	-12.3411	-.9922
	5.00	-11.0000'	2.72029	.001	-16.6744	-5.3256
	6.00	1.3333	2.72029	.629	-4.3411	7.0078
	7.00	-8.0000'	2.72029	.008	-13.6744	-2.3256
	8.00	-9.6667'	2.72029	.002	-15.3411	-3.9922
	10.00	-11.0000'	2.72029	.001	-16.6744	-5.3256
10.00	1.00	7.3333'	2.72029	.014	1.6589	13.0078
	2.00	6.6667'	2.72029	.024	.9922	12.3411
	3.00	4.0000	2.72029	.157	-1.6744	9.6744
	4.00	4.3333	2.72029	.127	-1.3411	10.0078
	5.00	.0000	2.72029	1.000	-5.6744	5.6744
	6.00	12.3333'	2.72029	.000	6.6589	18.0078
	7.00	3.0000	2.72029	.283	-2.6744	8.6744
	8.00	1.3333	2.72029	.629	-4.3411	7.0078
	9.00	11.0000'	2.72029	.001	5.3256	16.6744

Based on observed means.

The error term is Mean Square (Error) = 11.100.

*. The mean difference is significant at the .05 level.



Homogeneous Subsets

จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษของลายนิ้วมือแฝง (Minutes of latent fingerprints)

VAR00001	N	Subset			
		1	2	3	
Duncan ^{a, b}	6.00	3	36.3333		
	9.00	3	37.6667		
	1.00	3	41.3333	41.3333	
	2.00	3	42.0000	42.0000	
	4.00	3		44.3333	44.3333
	3.00	3		44.6667	44.6667
	7.00	3		45.6667	45.6667
	8.00	3		47.3333	47.3333
	5.00	3			48.6667
	10.00	3			48.6667
	Sig.		.069	.063	.173

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square (Error) = 11.100.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล

มัทนพร สահร่าย

วุฒิการศึกษา

มัธยมศึกษาตอนปลาย: โรงเรียนธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี สำเร็จการศึกษา
พ.ศ. 2558

ปริญญาตรี: วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.) เคมี มหาวิทยาลัยศิลปากร
จังหวัดนครปฐม สำเร็จการศึกษา พ.ศ. 2562

ผลงานตีพิมพ์

M. Sarai, Chanachinrat G. and Girdthep S.*, Influence of solvent, cellulose acetate butyrate in ninhydrin solution on the detection of latent fingerprints for thermal paper, Journal of Science and Technology. (2024), (TCI 2), (in press).

