

ผลของการให้ความร้อนต่อการปรากฏขึ้นของลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอล ที่ปนเปื้อนเครื่องดื่ม

EFFECTS OF HEAT TREATMENT ON THE DEVELOPMENT OF LATENT FINGERPRINTS ON BEVERAGE-CONTAMINATED THERMAL PAPER

อรทัย เขียวพุ่ม¹, หลุยส์ พันธุ์แสง², ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง³ และ พชรพร ศรีสุวรรณ⁴

¹ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, kheawpum_o@su.ac.th

²โครงการนิติวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, puifaiharuthai@gmail.com

³ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, choosakoonkrian_s@su.ac.th

⁴ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 7 สำนักงานตำรวจแห่งชาติ, pashrapon38@hotmail.com

Orathai Kheawpum¹, Haruethai Phansaeng², Sirirat Choosakoonkriang³ and Pashrapon Seesuvan⁴

¹Department of Physics, Faculty of Science, Silpakorn University, kheawpum_o@su.ac.th

²Forensic Science Program, Faculty of Science, Silpakorn University, puifaiharuthai@gmail.com

³Department of Chemistry, Faculty of Science, Silpakorn University, choosakoonkrian_s@su.ac.th

⁴Scientific Crime Detection Center 7, Royal Thai Police, pashrapon38@hotmail.com

วันที่รับบทความ 3 กุมภาพันธ์ 2569

วันแก้ไขบทความ 18 กุมภาพันธ์ 2569

วันที่ตอบรับบทความ 30 เมษายน 2569

บทคัดย่อ

ลายนิ้วมือแฝงเป็นพยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ที่ใช้ยืนยันอัตลักษณ์บุคคลได้ อย่างไรก็ตามกระดาษเทอร์มอลมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเมื่อสัมผัสของเหลว งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอลที่ปนเปื้อนด้วยเครื่องดื่มชนิดต่าง ๆ โดยใช้วิธีการให้ความร้อน กระดาษเทอร์มอลที่ใช้ศึกษา ได้แก่ กระดาษแฟกซ์ ใบเสร็จร้านสะดวกซื้อ และใบบันทึกการทำรายการจากเครื่องเอทีเอ็ม และเครื่องดื่มที่ใช้ศึกษาได้แก่ น้ำเปล่า โซดา น้ำอัดลม กาแฟนม และน้ำมะนาว ลายนิ้วมือแฝงถูกบันทึกภาพด้วยกล้องโทรศัพท์มือถือภายใต้แสงอัลตราไวโอเลตนำไปตรวจประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการตรวจลายนิ้วมือแฝง จากความคมชัดของลายเส้นและจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษ ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจลายนิ้วมือแฝงพบว่า ใช้แรงกดประทับ ที่ 800–1,000 กรัม อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และระยะห่างจากแท่นความร้อน 0.5 เซนติเมตร ภายใต้สภาวะดังกล่าวพบว่า กระดาษแฟกซ์และใบเสร็จร้านสะดวกซื้อที่ปนเปื้อนน้ำเปล่า โซดา และน้ำมะนาว รวมถึงใบบันทึกเอทีเอ็มที่ปนเปื้อนน้ำมะนาว ให้อายลายนิ้วมือแฝงที่มีคุณภาพระดับปานกลางถึงดีมาก ในขณะที่การปนเปื้อนน้ำอัดลมและกาแฟนมให้คุณภาพรอยลายนิ้วมือแฝงอยู่ในระดับต่ำ ผลการวิจัยแสดงว่าการให้ความร้อนด้วยแท่นให้ความร้อนเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพ ต้นทุนต่ำ ไม่ใช้สารเคมีอันตราย และมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้ในการตรวจพิสูจน์พยานหลักฐานประเภทกระดาษเทอร์มอลในงานนิติวิทยาศาสตร์

คำสำคัญ: ลายนิ้วมือแฝง, กระดาษเทอร์มอล, การให้ความร้อน, การปนเปื้อนเครื่องดื่ม, นิติวิทยาศาสตร์

ABSTRACT

Latent fingerprints are important forensic evidence for personal identification; however, thermal paper is highly sensitive to chemical changes when exposed to liquids. This study aimed to evaluate the quality of latent fingerprints on thermal paper contaminated with common beverages using a heat

development method. The examined samples included fax paper, convenience-store receipts, and ATM transaction slips. Beverage contaminants consisted of distilled water, soda water, carbonated soft drink, milk coffee, and lemon juice. Latent fingerprints were photographed using a smartphone camera under ultraviolet (UV) light and evaluated by fingerprint expert. Fingerprint quality was assessed based on ridge clarity and the number of identifiable minutiae points. The results demonstrated that the optimal conditions for latent fingerprint development were a deposition pressure of 800–1,000 g, a heating temperature of 100 °C, and a distance of 0.5 cm from the heat source. Under these conditions, fax paper and convenience-store receipts contaminated with distilled water, soda water, and lemon juice, as well as ATM slips contaminated with lemon juice, yielded fingerprints of moderate to very good quality. In contrast, samples contaminated with carbonated soft drink and milk coffee exhibited low fingerprint quality. These findings indicate that heat development using a hot plate is an effective, low-cost, and non-hazardous technique suitable for forensic examination of thermal paper evidence.

KEYWORDS: Latent fingerprints, Thermal paper, Heat development, Contamination from beverage, Forensic science

1. บทนำ

นิติวิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในกระบวนการยุติธรรม โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ในการตรวจสอบพยานหลักฐานที่ได้จากสถานที่เกิดเหตุเพื่อสืบค้นข้อเท็จจริง อาจใช้ระบุตัวผู้กระทำความผิดอย่างเป็นระบบ หลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์มิใช่เพียงเครื่องมือประกอบการสืบสวนเท่านั้น หากแต่เป็นองค์ประกอบหลักที่ช่วยเพิ่มความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของกระบวนการพิจารณาตีความในศาล (Houck & Siegel, 2015; Saferstein, 2020; Bécue, 2021; Girod & Weyermann, 2022) แนวคิดพื้นฐานที่ถูกใช้เป็นรากฐานของการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ คือหลักการที่เสนอโดย Edmond Locard ซึ่งกล่าวว่าทุกการสัมผัสจะมีการแลกเปลี่ยนของสาร โดยเมื่อวัตถุหรือบุคคลสองฝ่ายมีการสัมผัสกัน จะเกิดการถ่ายโอนของสารระหว่างพื้นผิวที่เกี่ยวข้องเสมอ ร่องรอยเหล่านี้คงอยู่ในสถานที่เกิดเหตุและถูกนำมาใช้เป็นพยานหลักฐานในการเชื่อมโยงบุคคล สิ่งของ และเหตุการณ์เข้าด้วยกันได้ (James et al., 2019; Houck, 2022)

ลายนิ้วมือถือเป็นหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ที่ใช้ระบุตัวบุคคลได้อย่างแม่นยำ และได้รับการยอมรับในระดับสากล เนื่องจากลายนิ้วมือของแต่ละบุคคลมีลวดลายแตกต่างกัน แม้กระทั่งในคู่แฝดก็ไม่ปรากฏว่ามีลายนิ้วมือเหมือนกันทุกประการ อีกทั้งยังคงมีความคงตัวตลอดช่วงชีวิต หากไม่มีการบาดเจ็บที่ทำลายโครงสร้างของผิวหนังอย่างถาวร (Champod et al., 2016; Daluz, 2014; Girod et al., 2021) ลายนิ้วมือเกิดจากการตกค้างของสารคัดหลั่งหลังจากต่อมเหงื่อและต่อมไขมันประกอบด้วยน้ำ เกลือแร่ กรดอะมิโน และไขมัน เมื่อมีการสัมผัสพื้นผิวจะถ่ายโอนและก่อให้เกิดลวดลายเฉพาะที่สามารถนำไปใช้ในการระบุตัวบุคคลได้ (Ramotowski, 2020; Saferstein, 2020; Bécue, 2021) อย่างไรก็ตามลายนิ้วมือที่พบบ่อยในสถานที่เกิดเหตุมักอยู่ในรูปของ ลายนิ้วมือแฝง ซึ่งมองไม่เห็นได้ด้วยตาเปล่า จำเป็นต้องอาศัยเทคนิคการทำให้ลายนิ้วมือแฝงปรากฏเพื่อให้สามารถบันทึกและนำไปใช้ในการเปรียบเทียบระบุตัวบุคคลได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Daluz, 2014; Ramotowski, 2020; Girod & Weyermann, 2022) และคุณภาพของลายนิ้วมือแฝงขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดของพื้นผิว ลักษณะการสัมผัส ปริมาณและองค์ประกอบของสารคัดหลั่ง รวมถึงสภาพแวดล้อมเช่น อุณหภูมิและความชื้น (Daluz, 2014; Ramotowski, 2020; Bécue, 2018) ด้วยเหตุนี้ การพัฒนาเทคนิคการตรวจเก็บลายนิ้วมือแฝงหลากหลายรูปแบบเพื่อให้เหมาะสมกับวัสดุและสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกันจึงมีความสำคัญ

กระดาษเทอร์มอลเป็นวัสดุที่พบได้ทั่วไปในชีวิตประจำวัน ในรูปของใบเสร็จรับเงิน สลิปเอทีเอ็ม หรือเอกสารทางการเงินต่างๆ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม คุณสมบัติเฉพาะของกระดาษเทอร์มอลซึ่งมีการเคลือบสารไวต่อความร้อนและความชื้นทำให้การตรวจเก็บลายนิ้วมือแฝงบนวัสดุชนิดนี้เป็นความท้าทายทางนิติวิทยาศาสตร์ ลายนิ้วมือแฝงอาจเสื่อมสภาพหรือสูญเสยรายละเอียดได้ง่าย เมื่อกระดาษสัมผัสกับความชื้น ของเหลว หรือสารปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อม (Bécue, 2018, 2021; Cantu & Johnson, 2021) เมื่อกระดาษเทอร์มอลสัมผัสกับสภาวะที่มีอุณหภูมิหรือความชื้นไม่เหมาะสม หรือมีการปนเปื้อนด้วยสารเคมีต่าง ๆ อาจก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งในมิติทางเคมีและกายภาพของกระดาษ เช่น การเปลี่ยนสี การมีด่างของพื้นผิว หรือการเสียสภาพของชั้นเคลือบไวต่อความร้อน ส่งผลให้รายละเอียดของลายนิ้วมือแฝงจางหาย ลบเลือน หรือถูกบดบังได้ง่าย (Bécue, 2018; Bécue, 2021; Bond, 2014; Girod & Weyermann, 2022; Johnson et al., 2020) ในทำนอง

เดียวกัน การปนเปื้อนของเครื่องดื่มที่มีส่วนประกอบทางเคมีหลากหลาย เช่น น้ำตาล กรดอินทรีย์ สี และสารเติมแต่งอื่น ๆ บนกระดาษเทอร์มอลสามารถทำให้พื้นผิวกระดาษเกิดการเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติม เกิดร่องรอยใหม่แทรกซ้อน หรือเร่งให้เกิดการจางหายของลายนิ้วมือเดิมที่อยู่บนพื้นผิวผลที่ตามมาคือคุณภาพของพยานหลักฐานลายนิ้วมือแฝงที่ใช้ในการตรวจสอบและเปรียบเทียบลดลง ทั้งในแง่ของความคมชัดของลายเส้น จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (minutiae) ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ และความน่าเชื่อถือของผลการพิสูจน์ มีงานวิจัยชี้ให้เห็นว่าลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอลที่มีการปนเปื้อนของของเหลว เช่น เครื่องดื่มหรือเหงื่อ เป็นหลักฐานสำคัญที่สามารถนำไปสู่การคลี่คลายคดีได้ แต่ในขณะเดียวกันก็มีข้อจำกัดด้านคุณภาพของร่องรอยและความยากในการตรวจพิสูจน์ (Johnson et al., 2020) นอกจากนี้งานวิจัยยังพบว่าการใช้ความร้อนช่วยกระตุ้นให้ลายนิ้วมือแฝงปรากฏชัดบนกระดาษเทอร์มอล โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อพื้นผิว (Bond, 2014; Ninsuwan, 2018) อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อจำกัดขององค์ความรู้เกี่ยวกับประสิทธิภาพของวิธีการดังกล่าวในสถานการณ์ที่มีการปนเปื้อนของเครื่องดื่มประเภทต่าง ๆ ซึ่งเป็นเงื่อนไขที่พบได้จริงในสถานที่เกิดเหตุ (Johnson et al., 2020; Girod & Weyermann, 2022)

ดังนั้น การศึกษาผลกระทบของการปนเปื้อนเครื่องดื่มต่อคุณภาพลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอล และการประเมินประสิทธิภาพของวิธีการให้ความร้อนซึ่งเป็นวิธีการที่ง่าย ต้นทุนต่ำ และปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเพิ่มศักยภาพในการตรวจและใช้ประโยชน์จากลายนิ้วมือแฝง ซึ่งเป็นพยานหลักฐานที่เชื่อถือได้ในกระบวนการยุติธรรม และอาจนำไปประยุกต์ใช้หรือพัฒนาต่อยอดในงานนิติวิทยาศาสตร์ต่อไปในอนาคต

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการใช้ความร้อนในการพัฒนารอยลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอล
2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของวิธีการให้ความร้อนในการพัฒนารอยลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอลที่มีการปนเปื้อนด้วยเครื่องดื่มชนิดต่าง ๆ ได้แก่ น้ำเปล่า โซดา น้ำอัดลม กาแฟนม และน้ำมะนาว

3. ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 กลุ่มตัวอย่างผู้ให้ลายนิ้วมือ

การศึกษานี้ใช้ลายนิ้วมือจากอาสาสมัครเพศหญิง จำนวน 1 ราย อายุ 30 ปี น้ำหนัก 50 กิโลกรัม โดยเลือกนิ้วหัวแม่มือซึ่งมีสภาพผิวแห้งและลักษณะลายนิ้วมือปกติ ไม่แห้งหรือแตก อาสาสมัครไม่มีประวัติการใช้สารเคมีหรือผลิตภัณฑ์ที่อาจส่งผลต่อสารคัดหลั่งบนผิวหนังในช่วงก่อนการทดลอง

อย่างไรก็ตาม การกำหนดกลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครเพียง 1 ราย มีวัตถุประสงค์เพื่อ ควบคุมความแปรปรวนจากปัจจัยด้านชีวภาพของผู้ให้ลายนิ้วมือ เช่น ปริมาณเหงื่อ ไขมัน และองค์ประกอบของสารคัดหลั่งบนผิวหนัง ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลโดยตรงต่อคุณภาพของลายนิ้วมือแฝง โดยการใช้ผู้ให้ลายนิ้วมือรายเดียวตลอดการทดลองช่วยให้สามารถเปรียบเทียบผลของชนิดกระดาษเทอร์มอล สารปนเปื้อน และสภาวะการให้ความร้อนได้อย่างเป็นระบบและชัดเจน

แนวทางดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยด้านนิติวิทยาศาสตร์ที่มุ่งเน้นการประเมินประสิทธิภาพของเทคนิคหรือสภาวะการทดลองเป็นหลัก มากกว่าการศึกษาความแปรปรวนระหว่างบุคคล ทั้งนี้ การศึกษารังนี้มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาและกำหนดสภาวะที่เหมาะสมในการพัฒนาลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอล ซึ่งสามารถนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการศึกษาขยายผลในกลุ่มตัวอย่างที่หลากหลายมากขึ้นในอนาคต

3.2 วัสดุ อุปกรณ์ ที่ใช้ในการทดลอง

การศึกษานี้ใช้กระดาษเทอร์มอลซึ่งเป็นวัสดุที่พบได้ทั่วไปในชีวิตประจำวันและมักปรากฏเป็นพยานหลักฐานในสถานที่เกิดเหตุ ประกอบด้วยกระดาษเทอร์มอลเปล่าและกระดาษแฟกซ์ซึ่งจัดจำหน่ายโดย Makro รวมถึงใบเสร็จรับเงินจากร้านสะดวกซื้อ 7-Eleven และใบบันทึกการทำรายการจากเครื่องเอทีเอ็มของธนาคารแห่งหนึ่ง

สารปนเปื้อนที่ใช้ในการทดลองเป็นเครื่องดื่มที่พบได้ทั่วไปและมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน ได้แก่ น้ำเปล่า น้ำอัดลม โซดา กาแฟนม และน้ำมะนาว เพื่อจำลองสภาวะการปนเปื้อนที่อาจเกิดขึ้นจริงในสถานที่เกิดเหตุ ซึ่งอาจส่งผลต่อโครงสร้างของกระดาษและคุณภาพของลายนิ้วมือแฝง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยปิกเกอร์ขนาด 50 มิลลิเมตร เครื่องซึ่งดิจิทัลที่มีความละเอียดสองตำแหน่ง ทศนิยม แทนให้ความร้อน (hot plate) ใช้ในการปรากฏขึ้นของลายนิ้วมือแฝง และเครื่องกำเนิดแสงหลายความถี่ (multispectral light source (Rofin PL500) สำหรับการตรวจสอบและบันทึกภาพลายนิ้วมือแฝง โดยถ่ายภาพใช้แสงที่

ความยาวคลื่น 350 nm กล้องจากโทรศัพท์มือถือ ยี่ห้อ Apple (iphone 12 ระบบกล้องคู่ ความละเอียด 12 MP) อุปกรณ์ทั้งหมดถูกเลือกให้สามารถควบคุมตัวแปรได้อย่างเหมาะสมและสนับสนุนการทำซ้ำการทดลองในงานวิจัยเชิงวิชาการ

3.3 วิธีดำเนินการทดลอง

3.3.1 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการตรวจลายนิ้วมือแฝงด้วยการให้ความร้อน

การทดลองนี้มุ่งศึกษาผลของตัวแปร 3 ตัวต่อการพัฒนาลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอล ได้แก่ แรงกดในการประทับลายนิ้วมือ อุณหภูมิของแหล่งให้ความร้อน และระยะห่างระหว่างกระดาษเทอร์มอลกับแหล่งให้ความร้อน โดยดำเนินการภายใต้สภาวะที่ควบคุม และประเมินผลจากคะแนนโดยผู้เชี่ยวชาญด้านตรวจลายนิ้วมือแฝง เพื่อให้ได้สภาวะที่เหมาะสมที่สุด

เริ่มต้นจากการควบคุมสภาวะของผิวหนัง อาสาสมัครล้างมือให้สะอาดและสวมถุงมือเป็นเวลา 30 นาที เพื่อกระตุ้นการหลั่งสารคัดหลั่งตามธรรมชาติของผิวหนัง จากนั้นถอดถุงมือและประทับนิ้วหัวแม่มือลงบนกระดาษเทอร์มอล กำหนดแรงกด 3 ระดับ คือ 600–800 กรัม 800–1,000 กรัม และ 1,000–1,500 กรัม โดยวางกระดาษบนเครื่องชั่งดิจิทัลที่มีความละเอียดสองตำแหน่งทศนิยม ทั้งนี้กำหนดระยะเวลากดประทับค้างไว้ที่ 10 วินาทีต่อครั้ง ซึ่งได้จากการทดลองเบื้องต้น เพื่อให้ได้ลายนิ้วมือที่มีความสม่ำเสมอและความคมชัดเพียงพอสำหรับการประเมินคุณภาพ ใช้ลายนิ้วมือ 1 รอยต่อกระดาษเทอร์มอล 1 แผ่น และทำซ้ำในแต่ละระดับแรงกดจำนวน 5 ครั้ง ลายนิ้วมือที่ได้ถูกบันทึกภาพภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ต และให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพลายนิ้วมือ เพื่อนำไปคัดเลือกสภาวะแรงกดที่ให้คะแนนเฉลี่ยสูงสุดสำหรับการทดลองขั้นต่อไป

ลายนิ้วมือที่ผ่านการคัดเลือกจะถูกนำไปศึกษาผลของอุณหภูมิแหล่งให้ความร้อน โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60, 100 และ 200 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 นาที ทำซ้ำในแต่ละอุณหภูมิ 5 ครั้ง แล้วบันทึกภาพลายนิ้วมือภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ตและประเมินคุณภาพด้วยผู้เชี่ยวชาญในลักษณะเดียวกัน จากผลการประเมินจะคัดเลือกอุณหภูมิที่ให้คะแนนเฉลี่ยคุณภาพลายนิ้วมือสูงสุดเพื่อนำไปใช้ในการศึกษาต่อไป

ลายนิ้วมือที่ให้ผลดีที่สุดจากการทดลองอุณหภูมิถูกนำไปศึกษาผลของระยะห่างระหว่างกระดาษเทอร์มอลกับแหล่งให้ความร้อน โดยกำหนดระยะห่างเป็น 0.5 1 และ 2 เซนติเมตร พร้อมทำซ้ำในแต่ละระยะห่างจำนวน 5 ครั้ง จากนั้นบันทึกภาพลายนิ้วมือภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ตและประเมินคุณภาพเช่นเดิม ข้อมูลที่ได้จากทั้งสามตัวแปร คือ แรงกด อุณหภูมิ และระยะห่าง จะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อระบุสภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการตรวจลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอลด้วยวิธีให้ความร้อนและนำไปศึกษาการตรวจลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอลที่เปื้อนเครื่องดื่มต่อไป

3.3.2 การศึกษาลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอลที่เปื้อนเครื่องดื่ม

ประทับนิ้วหัวแม่มือของอาสาสมัครลงบนกระดาษเทอร์มอล 3 ประเภท ได้แก่ กระดาษแฟกซ์ ใบเสร็จรับเงินจากร้านค้า และใบบันทึกเอทีเอ็ม โดยควบคุมแรงกดในการประทับที่ 800–1,000 กรัม ใช้การประทับบนกระดาษที่วางไว้บนเครื่องชั่งดิจิทัลที่มีความละเอียดสองตำแหน่งทศนิยม และกำหนดระยะเวลากดประทับค้างไว้ 10 วินาที ต่อกระดาษ 1 แผ่น ทำการทดลองซ้ำจำนวน 5 ซ้ำบนกระดาษแต่ละประเภท จากนั้นนำกระดาษแต่ละประเภทไปจุ่มใน น้ำเปล่า เป็นเวลา 1 นาที ผึ่งให้แห้งในสภาพแวดล้อมห้องปกติ เมื่อตัวอย่างแห้งสนิทแล้ว นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และระยะห่างระหว่างกระดาษกับแหล่งให้ความร้อนที่ 0.5 เซนติเมตร เมื่อดำเนินการแล้ว นำกระดาษเทอร์มอลทั้งหมดไปบันทึกภาพลายนิ้วมือแฝงภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ต ทำการทดลองซ้ำกับเครื่องดื่มประเภทต่างๆคือ น้ำอัดลม โซดา กาแฟนม และน้ำมะนาว

นำภาพถ่ายให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมือแฝง สังกัดศูนย์พิสูจน์หลักฐานตำรวจ ภาค 7 มีประสบการณ์ปฏิบัติงานด้านการตรวจลายนิ้วมือแฝงมากกว่า 15 ปี ประเมินให้คะแนนคุณภาพของลายนิ้วมือที่ปรากฏ ใช้เกณฑ์การให้คะแนน 5 ระดับ (0–4) อ้างอิงแนวคิดการประเมินคุณภาพลายนิ้วมือแฝงที่ใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์สากล โดยพิจารณาจากจำนวนและความชัดเจนของจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (minutiae points) และลายเส้นหลักของลายนิ้วมือ ดังนี้ ระดับ 0 หมายถึง ไม่ปรากฏลายเส้นของลายนิ้วมือเลย ระดับ 1 หมายถึง พบลายเส้นเลอะเลือน ปรากฏลายเส้นเพียงเล็กน้อย ไม่สามารถใช้ในการเปรียบเทียบได้ ระดับ 2 หมายถึง ปรากฏลายเส้นของลายนิ้วมือ แต่ยังไม่ชัดเจนเพียงพอสำหรับการระบุหรือเปรียบเทียบจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้อย่างมั่นใจ ระดับ 3 หมายถึง ลายนิ้วมือมีคุณภาพระดับปานกลาง สามารถตรวจพบจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้ประมาณ 10–12 จุด ซึ่งอาจนำไปใช้ในการเปรียบเทียบเบื้องต้นได้ และระดับ 4 หมายถึง ลายนิ้วมือมีคุณภาพดีมาก ลายเส้นปรากฏชัดเจนและสมบูรณ์ สามารถตรวจพบจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้มากกว่า 12 จุด เหมาะสมต่อการใช้ในการเปรียบเทียบเพื่อระบุตัวบุคคลในทางนิติวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ เกณฑ์การระบุตัวบุคคล

ดังกล่าวเป็นไปตามแนวทางมาตรฐานสากล ซึ่งพิจารณาทั้งจำนวนและคุณภาพของจุดลักษณะสำคัญพิเศษร่วมกับความต่อเนื่องของลายเส้น เพื่อให้ผลการตรวจพิสูจน์มีความถูกต้องและเชื่อถือได้ (Champod et al., 2016; Ramotowski, 2020)

นอกจากนี้ เพื่อให้สอดคล้องกับการวิเคราะห์เชิงปริมาณและการรายงานผล ผู้วิจัยได้กำหนดช่วงการแปลผลจากคะแนนเฉลี่ย (mean score) เพื่อใช้ในการตัดสินคุณภาพของลายนิ้วมือแฝง ดังนี้: 0.00–0.99 หมายถึง ไม่ปรากฏลายนิ้วมือ, 1.00–1.99 หมายถึง คุณภาพต่ำ, 2.00–2.99 หมายถึง คุณภาพต่ำถึงปานกลาง, 3.00–3.79 หมายถึง คุณภาพปานกลางถึงดี และ 3.80–4.00 หมายถึง คุณภาพดีมาก ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการระบุตัวบุคคลได้

บันทึกคะแนนรอยลายนิ้วมือแฝงแต่ละตัวอย่าง นำค่าคะแนนที่ได้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD) เพื่อเปรียบเทียบแนวโน้มคุณภาพของลายนิ้วมือแฝงภายใต้สภาวะต่าง ๆ ต่อไป

4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการศึกษาคุณภาพของลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอลภายใต้สภาวะการทดลองที่แตกต่างกัน โดยทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้งในแต่ละเงื่อนไข พบว่าแรงกดประทับ อุณหภูมิของแท่นให้ความร้อน และระยะห่างระหว่างกระดาษกับแหล่งความร้อนมีผลโดยตรงต่อความคมชัดและคุณภาพของลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคุณภาพลายนิ้วมือแฝงจากการศึกษาแรงกด อุณหภูมิ และระยะห่างระหว่างกระดาษเทอร์มอลกับแท่นให้ความร้อน (n=5)

ตัวแปร	ระดับตัวแปร	$\bar{X}$	S.D.
แรงกดประทับ (g)	$600 \leq x < 800$	3.80	0.45
	$800 \leq x < 1,000$	4.00	0.00
	$1,000 \leq x \leq 1,200$	3.60	0.55
อุณหภูมิแท่นให้ความร้อน (°C)	X = 60	3.60	0.89
	X = 100	4.00	0.00
	X = 200	1.40	1.14
ระยะห่าง (cm)	0.50	4.00	0.00
	1.00	4.00	0.00
	2.00	3.60	0.55

จากตารางพบว่า การประเมินคุณภาพลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอลจากตัวแปรทั้งสาม ได้แก่ แรงกดประทับ อุณหภูมิของแท่นให้ความร้อน และระยะห่างระหว่างกระดาษกับแหล่งให้ความร้อน แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าการควบคุมทางกายภาพมีผลโดยตรงต่อความคมชัดและรายละเอียดของลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏ

แรงกดประทับในช่วง 800–1,000 กรัมให้ผลการทดลองดีที่สุด โดยลายนิ้วมือที่ปรากฏมีลายเส้นต่อเนื่อง คมชัด และสามารถระบุจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้ครบถ้วน ส่งผลให้ได้ค่าคะแนนคุณภาพลายนิ้วมือแฝงเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X}$ =4.00, S.D. = 0.00) และมีความสม่ำเสมอของผลการทดลองจากการทำซ้ำทั้งหมด ขณะที่แรงกดต่ำกว่า 800 กรัม (600–800 กรัม, $\bar{X}$ = 3.80, S.D. = 0.45) ให้ลายนิ้วมือที่มีลายเส้นไม่ต่อเนื่องจากการถ่ายโอนสารคัดหลั่งที่ไม่สมบูรณ์ ส่วนแรงกดที่สูงกว่า 1,000 กรัม (1,000–1,200 กรัม, $\bar{X}$ = 3.60, S.D. = 0.55) ให้ลายเส้นกระจายและทับซ้อน ส่งผลให้รายละเอียดของลายนิ้วมือถูกบดบัง ซึ่งเป็นลักษณะที่สอดคล้องกับรายงานที่ว่าแรงกดที่มากเกินไปมีแนวโน้มทำให้รอยลายนิ้วมือสูญเสียรายละเอียดและเกิดปื้นของลายเส้น (Cantu & Johnson, 2021)

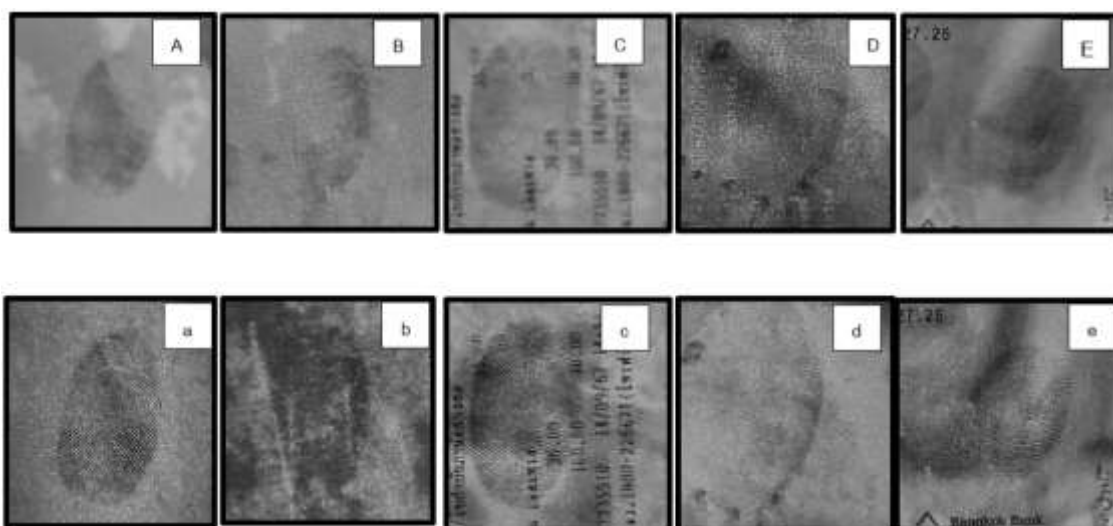
การทดลองพบว่าอุณหภูมิแท่นให้ความร้อนที่ 100 °C เหมาะสมที่สุดสำหรับการพัฒนาลายนิ้วมือแฝง โดยให้คะแนนเฉลี่ยคุณภาพลายนิ้วมือและความคมชัดสูงสุด ($\bar{X}$ =4.00, S.D. = 0.00) ขณะที่อุณหภูมิ 60 °C ($\bar{X}$ = 3.60, S.D. = 0.89) ให้ลายเส้นค่อนข้างจางเนื่องจากพลังงานความร้อนไม่เพียงพอ ส่วนอุณหภูมิ 200 °C ($\bar{X}$ = 1.40, S.D. = 1.14) ทำให้กระดาษเทอร์มอลเปลี่ยนสี เกิดรอยไหม้ และสูญเสียรายละเอียดของลายนิ้วมืออย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ramotowski (2020) ที่ชี้ให้เห็นว่าการใช้ความร้อนที่สูงเกินไปบนกระดาษเทอร์มอลจะเร่งการเปลี่ยนแปลงของชั้นเคลือบของกระดาษเทอร์มอลจนกลบลักษณะของลายนิ้วมือแฝงเดิม (Ramotowski, 2020)

สำหรับระยะห่างระหว่างกระดาษเทอร์มอลกับแท่นให้ความร้อน พบว่าระยะห่าง 0.5 และ 1 เซนติเมตร ให้คะแนนเฉลี่ยคุณภาพลายนิ้วมือแฝงเท่ากันและอยู่ในระดับสูงสุด ($\bar{X} = 4.00$, S.D. = 0.00 ทั้งสองระยะ) โดยลายนิ้วมือมีความคมชัดดี อย่างไรก็ตาม ในการกำหนดสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทดลองขั้นถัดไป ผู้วิจัยเลือกใช้ระยะห่าง 0.5 เซนติเมตร เนื่องจากเป็นระยะที่ให้การถ่ายเทความร้อนสู่ผิวกระดาษได้โดยตรงและสม่ำเสมอมากกว่า อีกทั้งช่วยลดการสูญเสียพลังงานความร้อนระหว่างแหล่งกำเนิดและพื้นผิววัตถุ เมื่อเพิ่มระยะห่างเป็น 2 เซนติเมตร ($\bar{X} = 3.60$, S.D. = 0.55) ความคมชัดของลายนิ้วมือแฝงลดลง เนื่องจากพลังงานความร้อนกระจายตัวและถ่ายเทสู่ผิวกระดาษได้ไม่เพียงพอ ส่งผลให้ลายนิ้วมือเห็นไม่ชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับข้อเสนอของ Cantu และ Johnson (2021) ที่ระบุว่า การเพิ่มระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดความร้อนและพื้นผิววัตถุทำให้พลังงานความร้อนที่ตกกระทบลดลงและส่งผลกระทบต่อคุณภาพของลายนิ้วมือที่ปรากฏ (Cantu & Johnson, 2021)

ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการพัฒนาลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอลด้วยความร้อนในงานวิจัยนี้ คือ ใช้ แรงกดประทับ 800–1,000 กรัม อุณหภูมิแท่นให้ความร้อน 100 °C และระยะห่างระหว่างกระดาษกับแท่นความร้อน 0.5–1 เซนติเมตร ซึ่งให้คะแนนคุณภาพลายนิ้วมือแฝงสูงสุดและให้ลายเส้นที่ชัดเจนต่อเนื่อง

ผลของการปนเปื้อนเครื่องดื่มต่อคุณภาพลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอลก่อนและหลังให้ความร้อน

จากการศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพของลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอลที่เปื้อนด้วยเครื่องดื่มชนิดต่าง ๆ ก่อนและหลังการให้ความร้อน โดยทำการทดลองซ้ำในแต่ละเงื่อนไขจำนวน 5 ครั้ง ($n = 5$) พบว่าชนิดของเครื่องดื่มที่ปนเปื้อนมีผลอย่างชัดเจนต่อประสิทธิภาพของการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง และการให้ความร้อนสามารถช่วยเพิ่มความชัดเจนของลายนิ้วมือแฝงได้ในระดับที่แตกต่างกันตามลักษณะของกระดาษและองค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่ม สำหรับเครื่องดื่มที่ใช้ในการศึกษาเป็นตัวแทนของสารที่มีคุณสมบัติทางเคมีแตกต่างกัน ได้แก่ น้ำเปล่า (pH ≈ 7 ไม่มีสีและน้ำตาล) โซดา (มีคาร์บอนไดออกไซด์ละลาย ไม่มีสี pH $\approx 5.0-6.0$) น้ำอัดลม (มีกรดอินทรีย์ น้ำตาล และสารให้สี pH $\approx 2.5-3.5$) กาแฟนม (มีองค์ประกอบของไขมัน โปรตีน น้ำตาล และมีสีเข้ม) และน้ำมะนาว (มีกรดซิตริกสูง pH $\approx 2-3$) โดยองค์ประกอบดังกล่าว เช่น ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณน้ำตาล สี และสารประกอบอินทรีย์ อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของพื้นผิวกระดาษเทอร์มอลและการคงอยู่ของสารสีหลังในลายนิ้วมือแฝง ซึ่งสอดคล้องกับที่ได้กล่าวไว้ในบทนำ ผลการทดลองแสดงดังตัวอย่างในรูปที่ 1 รอยลายนิ้วมือแฝงที่เปื้อนด้วยเครื่องดื่มชนิดต่าง ๆ บนกระดาษเทอร์มอล ก่อนและหลังการให้ความร้อน และส่วนคะแนนคุณภาพของลายนิ้วมือแฝงก่อนและหลังให้ความร้อนบนกระดาษเทอร์มอลชนิดต่าง ๆ ที่เปื้อนเครื่องดื่มแสดงในตารางที่ 2



รูปที่ 1 รอยลายนิ้วมือแฝงที่เปื้อนด้วยเครื่องดื่มชนิดต่าง ๆ บนกระดาษเทอร์มอล ก่อนและหลังการให้ความร้อน โดยภาพก่อนการให้ความร้อนประกอบด้วย (A) กระดาษแฟกซ์เปื้อนน้ำเปล่า, (B) กระดาษแฟกซ์เปื้อนน้ำอัดลม, (C) ใบเสร็จร้านสะดวกซื้อเปื้อนโซดา, (D) ใบเสร็จร้านสะดวกซื้อเปื้อนกาแฟนม และ (E) ใบบันทึกเอทีเอ็มเปื้อนน้ำมะนาว ส่วนภาพหลังการให้ความร้อนแสดงตัวอย่างในเงื่อนไขเดียวกันตามลำดับ (a-e)

ตารางที่ 2 คะแนนคุณภาพของลายนิ้วมือแฝงก่อนและหลังให้ความร้อนบนกระดาษเทอร์มอลชนิดต่าง ๆ ที่เปื้อนเครื่องดื่ม (n=5)

ชนิดกระดาษ	เครื่องดื่ม	ก่อนให้ความร้อน ($\bar{X} \pm S.D.$)	หลังให้ความร้อน ($\bar{X} \pm S.D.$)
กระดาษแฟกซ์	น้ำเปล่า	3.50 $\pm$ 0.45	4.00 $\pm$ 0.00
	น้ำอัดลม	2.40 $\pm$ 1.51	2.60 $\pm$ 1.34
	โซดา	3.00 $\pm$ 0.71	3.80 $\pm$ 0.45
	กาแฟนม	1.80 $\pm$ 0.82	2.40 $\pm$ 0.55
	น้ำมะนาว	3.80 $\pm$ 0.45	4.00 $\pm$ 0.00
ใบเสร็จร้านค้า	น้ำเปล่า	4.00 $\pm$ 0.00	4.00 $\pm$ 0.00
	น้ำอัดลม	2.40 $\pm$ 1.51	2.60 $\pm$ 1.34
	โซดา	3.80 $\pm$ 0.45	4.00 $\pm$ 0.00
	กาแฟนม	2.20 $\pm$ 1.38	2.80 $\pm$ 1.30
	น้ำมะนาว	4.00 $\pm$ 0.00	4.00 $\pm$ 0.00
ใบบันทึกเอทีเอ็ม	น้ำเปล่า	2.60 $\pm$ 0.89	3.20 $\pm$ 0.84
	น้ำอัดลม	1.40 $\pm$ 0.90	2.00 $\pm$ 1.22
	โซดา	2.20 $\pm$ 0.84	2.60 $\pm$ 0.90
	กาแฟนม	1.00 $\pm$ 1.22	1.80 $\pm$ 1.30
	น้ำมะนาว	3.60 $\pm$ 0.55	4.00 $\pm$ 0.00

หมายเหตุ: ค่าแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

จากตารางสำหรับกระดาษแฟกซ์ที่เปื้อนด้วยน้ำเปล่า โซดา และน้ำมะนาว พบว่าลายนิ้วมือแฝงก่อนให้ความร้อนมีคุณภาพอยู่ในระดับปานกลางถึงดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยคะแนนคุณภาพอยู่ในช่วง 3.00–3.80 หลังการให้ความร้อน ค่าเฉลี่ยคะแนนคุณภาพเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนจนอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} \approx 3.80$ –4.00) ลายนิ้วมือที่ปรากฏมีลายเส้นต่อเนื่องและสามารถระบุจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้เพียงพอสำหรับการตรวจพิสูจน์เพื่อยืนยันอัตลักษณ์บุคคล ในทางตรงกันข้าม กระดาษแฟกซ์ที่เปื้อนด้วยน้ำอัดลมและกาแฟนมให้ลายนิ้วมือแฝงที่มีคุณภาพต่ำ โดยแม้หลังให้ความร้อนแล้วค่าคะแนนเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ลายเส้นที่ปรากฏยังไม่ชัดเจนเพียงพอสำหรับการใช้ในการระบุตัวบุคคลทางนิติวิทยาศาสตร์ สำหรับผลการศึกษากับใบเสร็จร้านค้าพบแนวโน้มที่สอดคล้องกัน โดยใบเสร็จที่เปื้อนด้วยน้ำเปล่า โซดา และน้ำมะนาวให้ลายนิ้วมือแฝงที่มีคุณภาพดีถึงดีมากตั้งแต่ก่อนให้ความร้อน และหลังให้ความร้อนค่าคะแนนคุณภาพเพิ่มขึ้นจนอยู่ในระดับสูงสุด ลายนิ้วมือที่ได้มีความคมชัดและสามารถนำไปใช้ในการตรวจพิสูจน์อัตลักษณ์บุคคลได้ ในขณะที่ใบเสร็จร้านค้าที่เปื้อนด้วยน้ำอัดลมและกาแฟนมให้ลายนิ้วมือแฝงที่มีคุณภาพต่ำถึงปานกลาง แม้การให้ความร้อนจะช่วยเพิ่มค่าคะแนนเฉลี่ยขึ้นบ้าง แต่รายละเอียดของลายเส้นยังไม่ชัดเจนเพียงพอสำหรับการใช้งานเชิงนิติวิทยาศาสตร์ สำหรับใบบันทึกเอทีเอ็ม พบว่ากระดาษที่เปื้อนด้วยน้ำมะนาวให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด โดยลายนิ้วมือแฝงหลังให้ความร้อนมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} \approx 4.00$) และสามารถระบุจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้ชัดเจน ในขณะที่ใบบันทึกเอทีเอ็มที่เปื้อนด้วยน้ำเปล่า น้ำอัดลม โซดา และกาแฟนมให้ลายนิ้วมือแฝงที่มีคุณภาพต่ำถึงปานกลาง แม้หลังการให้ความร้อนแล้วค่าคะแนนเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้น แต่ยังไม่เพียงพอสำหรับการยืนยันตัวบุคคลอย่างมั่นคง

เมื่อพิจารณาผลการทดลองพบว่าเครื่องดื่มที่มีองค์ประกอบใกล้เคียงกัน เช่น น้ำเปล่าและโซดา ส่งผลต่อโครงสร้างของกระดาษเทอร์มอลและลายนิ้วมือแฝงน้อย ทำให้ลายเส้นยังคงสภาพสมบูรณ์ ในทางตรงกันข้าม น้ำอัดลมซึ่งมีน้ำตาลและสารให้สี ทั้งคราบบนพื้นผิวกระดาษหลังการแห้ง ส่งผลให้ลายเส้นของลายนิ้วมือถูกปิดทับและความคมชัดลดลง ส่วนกาแฟนมซึ่งนมมีสารอิมัลซิไฟเออร์ สารนี้สามารถชะล้างไขมันที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของลายนิ้วมือแฝงออกจากพื้นผิวได้ โดยโมเลกุลของอิมัลซิไฟเออร์จะจัดเรียงตัวให้ส่วนที่ชอบน้ำและไม่ชอบน้ำทำหน้าที่เชื่อมระหว่างน้ำและไขมัน ส่งผลให้ร่องรอยลายนิ้วมือ

สูญเสียความชัดเจนได้ (Braun et al., 2019) ในกรณีของน้ำมะนาว พบว่าลายนิ้วมือแฝงมีคุณภาพสูงบนกระดาษเทอร์โมลทุกประเภทที่ศึกษา โดยเฉพาะหลังการให้ความร้อน ซึ่งสัมพันธ์กับองค์ประกอบทางเคมีของทั้งน้ำมะนาวและกระดาษเทอร์โมล โดยน้ำมะนาวมีกรดซิตริก อาจเกิดปฏิกิริยากับชั้นสารเคลือบผิวความร้อนของกระดาษเทอร์โมล โดยกรดซิตริกอาจทำให้ค่า pH บริเวณที่มีสารคัดหลั่งของลายนิ้วมือเป็นกรดมากขึ้น ส่งผลต่อสมดุลปฏิกิริยาระหว่างตัวรับสีในชั้นสารเคลือบผิวความร้อนของกระดาษเทอร์โมล (เช่น บิสฟีนอลเอ (Bisphenol A: BPA) และบิสฟีนอลเอส (Bisphenol S: BPS)) ให้เกิดการเปลี่ยนสีเด่นชัดเฉพาะบริเวณรอยลายนิ้วมือ เมื่อได้รับความร้อน ทำให้ลายนิ้วมือแฝงมีความคมชัดและติดกับพื้นหลังของกระดาษได้ดี (Ramotowski, 2020; Cantu & Johnson, 2021) นอกจากนี้ กรดซิตริกยังอาจทำให้โปรตีนในสารคัดหลั่งของลายนิ้วมือเสียสภาพ เมื่อได้รับความร้อนโปรตีนเหล่านี้จะรวมตัวเป็นโครงสร้างที่ดัดกลืนและกระเจิงแสงมากขึ้น ทำให้ลายนิ้วมือปรากฏเป็นเส้นและจุดสีเข้มที่มองเห็นได้ชัดได้ (Bécue, 2018)

ชนิดและองค์ประกอบของกระดาษเทอร์โมลมีผลต่อประสิทธิภาพการพัฒนาลายนิ้วมือแฝงอย่างชัดเจน โดยกระดาษแฟกซ์ ใบเสร็จรับเงิน และใบบันทึกเอทีเอ็มให้ผลต่างกันด้านอุณหภูมิเริ่มเกิดสี ความไวต่อความร้อน และลักษณะการเปลี่ยนสี อันเนื่องมาจากความแตกต่างของชั้นเคลือบผิวความร้อนและสารเติมแต่ง ส่งผลต่อความคมชัด สีพื้น และสัญญาณรบกวนของลายนิ้วมือ ดังนั้น ผลจากกระดาษชนิดหนึ่งไม่อาจเหมารวมใช้กับทุกชนิดได้ และการนำเทคนิคการให้ความร้อนไปใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์ควรคำนึงถึงชนิดของกระดาษและทดสอบหรือจัดกลุ่มกระดาษก่อนกำหนดแนวปฏิบัติมาตรฐาน (Bécue, 2018; Noller & Grohmann, 2019) อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการให้ความร้อน (ตารางที่ 2) พบว่าคุณภาพลายนิ้วมือแฝงเพิ่มขึ้นในทุกกรณี สอดคล้องกับหลักการที่ชั้นเคลือบผิวความร้อนของกระดาษตอบสนองต่อพลังงานความร้อน โดยบริเวณที่มีน้ำ ไขมัน และสารอินทรีย์จากลายนิ้วมือจะดูดซับความร้อนได้มากกว่า และกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนสีเฉพาะบริเวณสันลายและร่องลาย ทำให้รายละเอียดและจุดลักษณะสำคัญของลายนิ้วมือปรากฏเด่นชัดยิ่งขึ้น

5. สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า เทคนิคการให้ความร้อนเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมต่อการใช้เพื่อตรวจลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์โมล โดยคุณภาพของลายนิ้วมือที่ได้ขึ้นอยู่กับการควบคุมปัจจัยทางกายภาพอย่างเหมาะสม ได้แก่ แรงกดของลายนิ้วมือ อุณหภูมิของแท่นให้ความร้อน และระยะห่างระหว่างกระดาษกับแหล่งความร้อน ซึ่งการปรับสถานะเหล่านี้ให้เหมาะสมสามารถสร้างลายนิ้วมือแฝงที่มีความคมชัดเพียงพอต่อการระบุตัวบุคคลได้อย่างน่าเชื่อถือ นอกจากนี้ ผลการศึกษายังแสดงให้เห็นว่า ชนิดและองค์ประกอบทางเคมีของสารปนเปื้อนมีบทบาทสำคัญต่อคุณภาพของลายนิ้วมือแฝง โดยเครื่องดื่มที่มีองค์ประกอบอย่างง่าย เช่น น้ำเปล่าและโซดา แม้โซดาจะมีลักษณะใสและไม่มีน้ำตาลเช่นเดียวกับน้ำเปล่า แต่มีค่าความเป็นกรดต่ำกว่าเนื่องจากการละลายของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ก่อให้เกิดกรดคาร์บอนิก อย่างไรก็ตาม ทั้งสองชนิดมีปริมาณสารอินทรีย์ต่ำและไม่มีสี จึงรบกวนโครงสร้างของกระดาษเทอร์โมลและองค์ประกอบของลายนิ้วมือแฝงค่อนข้างน้อย ส่งผลให้สามารถพัฒนาลายนิ้วมือได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในกรณีของน้ำมะนาว ซึ่งมีองค์ประกอบสำคัญคือกรดซิตริกและมีค่าความเป็นกรด (pH ประมาณ 2–3) พบว่ามีบทบาทสำคัญในการเพิ่มความคมชัดของลายนิ้วมือแฝง โดยกรดซิตริกสามารถส่งผลต่อสมดุลทางเคมีของชั้นสารเคลือบผิวความร้อนของกระดาษเทอร์โมล (เช่น สารกลุ่มบิสฟีนอล) ทำให้เกิดการเปลี่ยนสีที่เด่นชัดเฉพาะบริเวณที่มีสารคัดหลั่งของลายนิ้วมือเมื่อได้รับความร้อน นอกจากนี้ สภาพกรดอาจทำให้โปรตีนในลายนิ้วมือเกิดการเสียสภาพ และรวมตัวกัน ส่งผลให้เกิดการดัดกลืนและกระเจิงแสงเพิ่มขึ้น จึงทำให้ลายเส้นของลายนิ้วมือปรากฏชัดเจนมากขึ้น ในทางตรงกันข้าม เครื่องดื่มที่มีองค์ประกอบซับซ้อน เช่น น้ำอัดลมและกาแฟ ซึ่งมีน้ำตาล สี และสารอินทรีย์ รวมถึงไขมันและสารอิมัลซิไฟเออร์ สามารถทั้งคราบหรือรบกวนองค์ประกอบของลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวกระดาษ ส่งผลให้ลายเส้นถูกปิดทับหรือสูญเสียความคมชัด แม้ภายหลังการให้ความร้อนแล้วก็ตาม

ดังนั้นเทคนิคการให้ความร้อนเป็นวิธีการที่ง่าย ใช้อุปกรณ์ทั่วไป ต้นทุนต่ำ แต่สามารถให้ผลลัพธ์ที่เชื่อถือได้ในงานนิติวิทยาศาสตร์ ข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้สามารถเป็นแนวทางเบื้องต้นในการกำหนดเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการตรวจพิสูจน์หลักฐาน และสามารถต่อยอดสู่การศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับผลขององค์ประกอบทางเคมีของกระดาษและสารปนเปื้อนต่อประสิทธิภาพการพัฒนาลายนิ้วมือด้วยความร้อน ซึ่งจะช่วยเสริมความเข้าใจทางวิชาการและสนับสนุนการประยุกต์ใช้งานจริงในการพิสูจน์อัตลักษณ์บุคคลอย่างเป็นระบบและยั่งยืน

6. ข้อเสนอแนะ

1. ควรเพิ่มจำนวนอาสาสมัคร เพื่อประเมินผลกระทบของความแตกต่างเชิงชีวภาพของสารคัดหลั่งต่อคุณภาพลายนิ้วมือแฝง
2. เปรียบเทียบวิธีการให้ความร้อนกับเทคนิคการพัฒนาลายนิ้วมือแฝงอื่น ๆ เช่น วิธีทางเคมีหรือวิธีผสมผสาน เพื่อประเมินประสิทธิภาพและข้อจำกัดในเชิงปฏิบัติ

7. กิตติกรรมประกาศ

ผลงานนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย โครงการหลักสูตรบัณฑิตศึกษา สาขานิติวิทยาศาสตร์ จากกองทุนพัฒนามหาวิทยาลัยศิลปากรในส่วนของคณะวิทยาศาสตร์ สาขานิติวิทยาศาสตร์ สัญญาเลขที่ SC-FS-2568-02

8. เอกสารอ้างอิง

- Bécue, A. (2018). Chemical enhancement of latent fingerprints. *Forensic Science International*, 288, 13–27.
- Bécue, A. (2021). Recent advances in fingermark detection and interpretation. *Forensic Science International*, 328, 111038.
- Bleay, S., Croxton, R., & Puit, M. (2021). *Fingerprints and other ridge skin impressions* (2nd ed.). CRC Press.
- Bond, J. W. (2014). Visualization of latent fingerprints on thermal paper by heat. *Journal of Forensic Identification*, 64(2), 123–134.
- Braun, M., Fritzsche, J., & Müller, K. (2019). Emulsifiers and their interactions with lipids and proteins. *Food Chemistry*, 274, 203–212.
- Cantu, A. A., & Johnson, J. L. (2021). Thermal paper: Chemistry, imaging, and forensic challenges. *Forensic Chemistry*, 23, 100327.
- Champod, C., Lennard, C., Margot, P., & Stoilovic, M. (2016). *Fingerprints and other ridge skin impressions* (2nd ed.). CRC Press.
- Daluz, H. M. (2014). *Fundamentals of fingerprint analysis*. CRC Press.
- Girod, A., & Weyermann, C. (2022). *Fingerprint evidence evaluation and interpretation*. Wiley.
- Girod, A., Ramotowski, R., & Weyermann, C. (2021). Chemical analysis of fingermarks: Current status and future perspectives. *Forensic Chemistry*, 23, 100312.
- Houck, M. M. (2022). *Forensic science: Modern methods and applications* (2nd ed.). Academic Press.
- Houck, M. M., & Siegel, J. A. (2015). *Fundamentals of forensic science* (3rd ed.). Academic Press.
- James, S. H., Nordby, J. J., & Bell, S. (2019). *Forensic science: An introduction to scientific and investigative techniques* (5th ed.). CRC Press.
- Johnson, J. L., Cantu, A. A., & Bartick, E. G. (2020). Effects of liquid contamination on latent fingerprints on thermal paper. *Journal of Forensic Sciences*, 65(2), 546–553.
- Ninsuwan, S. (2018). *Development of latent fingerprints on thermal paper using heat treatment* (Master's thesis, Silpakorn University).
- Ramotowski, R. (2020). *Lee and Gaensslen's advances in fingerprint technology* (3rd ed.). CRC Press.
- Saferstein, R. (2020). *Criminalistics: An introduction to forensic science* (13th ed.). Pearson Education.

ประวัติผู้เขียนบทความ



ชื่อ-สกุล : ortsay chiewpum
คุณวุฒิสูงสุด : ปริญญาเอก
ตำแหน่งงาน : อาจารย์
หน่วยงานที่สังกัด : ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
E-Mail : kheawpum_o@su.ac.th



ชื่อ-สกุล : หุทัย พันธุ์แสง
คุณวุฒิสูงสุด : ปริญญาโท
สถานศึกษา : โครงการนิติวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
E-Mail : puifaiharuthai@gmail.com



ชื่อ-สกุล : ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง
คุณวุฒิสูงสุด : ปริญญาเอก
ตำแหน่งงาน : อาจารย์
หน่วยงานที่สังกัด : ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
E-Mail : choosakoonkrian_s@su.ac.th



ชื่อ-สกุล : พชรพร ศรีสุวรรณ
คุณวุฒิสูงสุด : ปริญญาเอก
ตำแหน่งงาน : ตำรวจพิสูจน์หลักฐาน
หน่วยงานที่สังกัด : ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 7 สำนักงานตำรวจแห่งชาติ
E-Mail : pashrapon38@hotmail.com