



มหาวิทยาลัยหาดใหญ่
HATYAI UNIVERSITY

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสีของคราบเลือดในสถานที่เกิดเหตุเพื่อประยุกต์ใช้ทางนิติวิทยาศาสตร์

Colorimetric Analysis of Bloodstains in Crime Scene for Forensic Application

ชาลีนี เวชอินทร์^{1*}, ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง², ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี³ และ อรทัย เขียวพุ่ม⁴

Chalineee Wachin^{1*}, Sirirat Choosakoonkriang², Supachai Supaluknari³

and Orathai Kheawpum⁴

¹ นักศึกษาระดับปริญญาโท, หลักสูตรนิติวิทยาศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

¹ graduate student Forensic science Program, Faculty of Science, Silpakorn University.

^{2,3} อาจารย์, ภาควิชาเคมี, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

^{2,3} Lecture, Department of Chemistry, Faculty of Science, Silpakorn University.

⁴ อาจารย์, ภาควิชาฟิสิกส์, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

⁴ Lecture, Department of Physics, Faculty of Science, Silpakorn University.

*Corresponding author, E-mail: chalineee34110@gmail.com

บทคัดย่อ

คราบเลือดถือเป็นหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ที่สำคัญ มักพบในคดีอาชญากรรมที่รุนแรง โดย การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้การวิเคราะห์สีในการประมาณอายุของคราบเลือดจากภาพถ่าย คราบเลือดโดยใช้แอปพลิเคชัน RGB Color Detector ในการทดลองเตรียมตัวอย่างเลือดโดยการหยด ตัวอย่างเลือดลงบนผ้าฝ้ายสีต่าง ๆ และเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องที่ระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนที่นำมาวิเคราะห์ ข้อมูลที่ได้ถูกนำมาใช้เพื่อสร้างกราฟค่าสีอ่านได้ของคราบเลือดเทียบกับอายุของคราบเลือด สมการที่ใช้ใน การทำนายอายุของคราบเลือดโดยแบ่งเป็น 2 สมการ: สมการช่วงระยะเวลานั้น (1-4 ชั่วโมง) และสมการ ช่วงระยะเวลายาว (5-720 ชั่วโมง) ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อทำนายอายุของคราบเลือด จากการเตรียม ตัวอย่างเลือด 18 ตัวอย่าง พบว่า มีความสัมพันธ์ที่ตรงระหว่างอายุที่ทำนายได้กับอายุจริงของกลุ่มตัวอย่าง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ≥ 0.8031 ผลการทดลองได้พิสูจน์แล้วว่า การวิเคราะห์สีอาจใช้ทำนายอายุ ของคราบเลือดบนผ้าฝ้ายสีต่าง ๆ ได้

คำสำคัญ : คราบเลือด, ฮีโมโกลบิน, การตรวจวัดค่าสี

Abstract

The bloodstains are important forensic evidence often found in the serious crime case. The purpose of this study was to explore the use of colors analysis in the estimation



of the age of bloodstains from bloodstain images by RGB Color Detector application. In the experiment, the bloodstain samples were prepared by dropping the blood samples on different colors of cotton fabrics and kept at ambient temperature for various periods of time. The data were employed to construct calibration graphs of color values of the bloodstain colors and the bloodstain ages. Two bloodstain age prediction equations: a short-term (1-4 hours) and a long-term (5-720 hours) equations were developed to determine the ages of bloodstains prepared from eighteen blood samples. A good correlation between the estimated ages and the actual ages of the samples were obtained correlation coefficient of ≥ 0.8031 . The experimental results have proved that the colorimetric analysis may be used to predict the age of bloodstains on the different colors of the cotton cloth.

Keywords : Blood stains, Hemoglobin, Color Detector

บทนำ

ในปัจจุบันพบการก่อเหตุอาชญากรรมหลากหลายรูปแบบ เช่น การทำร้ายร่างกาย การล้วงละเมิดทางเพศ การก่อเหตุฆาตกรรม เป็นต้น ซึ่งกระบวนการสืบสวนเพื่อทราบผู้กระทำความผิดต้องอาศัยการรวบรวมพยานหลักฐานเพื่อยืนยันการพิสูจน์ความผิด ทั้งนี้สถานที่เกิดเหตุจึงมีความสำคัญในการสืบสวนเป็นอย่างมาก เนื่องจากสถานที่เกิดเหตุสามารถบอกได้ว่าการกระทำความผิดเกิดขึ้นจริง (Corpus Delicti) ซึ่งอาจมีร่องรอยหรือพยานหลักฐานที่ทำให้สามารถเชื่อมโยงไปถึงผู้กระทำความผิดได้ตามหลักการแลกเปลี่ยนของโลคาร์ด (Locard's Exchange Principle) ดังที่ เอ็ดมอนด์ โลคาร์ด (Edmond Locard) ได้กล่าวไว้ว่า “ทุกการสัมผัสย่อมทิ้งร่องรอย (Every Contact Leaves a Trace)” (กุลนิดา ผาตินาวัน, 2564) โดยพยานหลักฐานที่อาจพบประกอบไปด้วย พยานบุคคล พยานเอกสาร พยานวัตถุ และพยานผู้ชำนาญการพิเศษ ซึ่งพยานวัตถุจัดเป็นหลักฐานที่แท้จริง (Real Evidence) และเป็นพยานหลักฐานที่มีความสำคัญอย่างหนึ่งเนื่องจากพยานวัตถุมีความชัดเจนของตัวเองที่สามารถนำไปเชื่อมโยงเหตุการณ์ร่วมกับพยานหลักฐานประเภทอื่นเพื่อยืนยันการกระทำความผิดที่เกิดขึ้น พยานวัตถุที่มักพบในสถานที่เกิดเหตุ อาทิ ลายนิ้วมือ (Fingerprint) เส้นผม (Hair) เนื้อเยื่อ (Tissue) รวมถึงคราบเลือด (Bloodstain) เป็นต้น (ชิดชนก ขวัญพรหม, สาริสา ปิ่นคำ และณรงค์ กุลนิเทศ, 2564).

คราบเลือดมักพบในสถานที่เกิดเหตุในลักษณะเป็นหยดหรือเป็นคราบที่แห้งแล้ว ซึ่งในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์คราบเลือดที่ได้จากสถานที่เกิดเหตุคราบเลือดมักถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ DNA Profiling เพื่อสืบหาตัวบุคคล หรือการวิเคราะห์ทิศทางและการกระจายตัวของเลือด รวมไปถึงการประมาณระยะเวลาของคราบเลือด (Thanakiatkrai, Yaodam, & Kitpipit, 2013) นักนิติวิทยาศาสตร์พยายามพัฒนาวิธีการประมาณระยะเวลาของคราบเลือดที่ตรวจพบในสถานที่เกิดเหตุมาเป็นเวลานาน



เพื่อให้มีความแม่นยำและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น (Shin et al., 2017) โดยในการประมาณอายุของคราบเลือด ต้องอาศัยกลไกการเปลี่ยนแปลงของคราบเลือดที่สำคัญคือ Hemoglobin Reaction Kinetic ซึ่งเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงของ Hemoglobin เมื่อเลือดออกจากร่างกาย ฮีโมโกลบินจะผ่านกระบวนการสลายตัวที่ไม่สามารถย้อนกลับได้ (Non-reversible Decay Process) โดย Oxyhemoglobin (HbO_2) คือ ฮีโมโกลบินที่จับกับออกซิเจนเกิด Autooxydation ให้เปลี่ยนเป็น Methemoglobin (MetHb) จากนั้นจะเสื่อมสภาพแล้วถูกเปลี่ยนเป็น Hemichrome (HC) กระบวนการเปลี่ยนแปลงของฮีโมโกลบินยังส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของคราบเลือดซึ่งเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีน้ำตาลเข้ม (Thanakiatkrai et al., 2013)

การวิเคราะห์คราบเลือดที่พบในสถานที่เกิดเหตุไม่สามารถสังเกตหรือแยกได้ด้วยตาเปล่าได้ว่าคราบเลือดที่พบมีระยะเวลานานเท่าใด และคราบเลือดบริเวณไหนเกิดก่อนหรือเกิดหลัง ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์จึงมีการใช้ทฤษฎีระบบของสี RGB ได้แก่ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ซึ่งเป็นระบบสีที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย (Hassan et al., 2017) เนื่องจากระบบสี RGB เป็นระบบปริภูมิสี คือสีที่ปรากฏขึ้นตามการรับรู้ของมนุษย์ ซึ่งถูกสร้างขึ้นโดยนักวิจัยของ Hewlett Packard เป็นการกำหนดค่าสีภาพที่ได้จากกล้องถ่ายภาพ ทั้งนี้ในปัจจุบันจึงมีการนำค่าสี RGB ของภาพถ่ายมาประยุกต์ใช้ในการประมาณระยะเวลาของคราบเลือดที่พบในสถานที่เกิดเหตุ (Vmountandtrim, 2022)

การประมาณระยะเวลาของคราบเลือดสามารถใช้เทคนิคในการวิเคราะห์หลายประเภท อาทิ เทคนิคการถ่ายภาพไฮเปอร์สเปกตรัมที่สามารถทำงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดที่สามารถมองเห็นได้ (400-1,000 นาโนเมตร) เพื่อการประมาณอายุของคราบเลือด โดยพิจารณาจากสเปกตรัมที่ได้จากการสะท้อนแสงเพื่อสังเกตสัดส่วนของอนุพันธ์ของฮีโมโกลบินที่เปลี่ยนแปลง จากการเปรียบเทียบสัดส่วนอนุพันธ์ของฮีโมโกลบินกับข้อมูลอ้างอิง พบว่า สามารถประมาณอายุของคราบเลือดได้นานถึง 200 วัน โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 13.4% และยังสามารถทำนายอายุของคราบเลือดได้ภายใต้สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน (Edelman, Van Leeuwen, & Aalders, 2012)

(Shin et al., 2017) ได้ศึกษาการประมาณอายุของคราบเลือดจากการพัฒนาระบบตรวจจับทางโทรศัพท์ที่ชื่อว่า Smart Forensic Phone จากการหยดเลือดลงบนวัสดุที่แตกต่างกัน 5 ชนิด ได้แก่ วอลเปเปอร์ ผ้า กระดาษ ไม้ และกระดาษ A4 โดยตรวจสอบค่า RGB (สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน) จากภาพถ่ายของคราบเลือด พบว่า ในช่วงระยะเวลา 42 ชั่วโมงแรก ค่าสี RGB มีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นค่าสีจะไม่ค่อยเปลี่ยนแปลง ซึ่งวิธีนี้สามารถประมาณอายุของคราบเลือดได้หากอายุของคราบเลือดน้อยกว่า 42 ชั่วโมง

(Choi, Shin, Hyun, Song, & Jung, 2019) ได้ศึกษาเรื่องการวัดค่าสีจากภาพถ่ายสำหรับการประมาณอายุของคราบเลือดโดยการหยดเลือดปริมาตร 700 ไมโครลิตร ลงบนวัสดุ 4 ชนิดที่แตกต่างกัน ได้แก่ ไม้ กระดาษ กระดาษ และผ้า และใช้สมาร์ทโฟนในการถ่ายภาพเป็นเวลา 72 ชั่วโมง พบว่า สามารถ



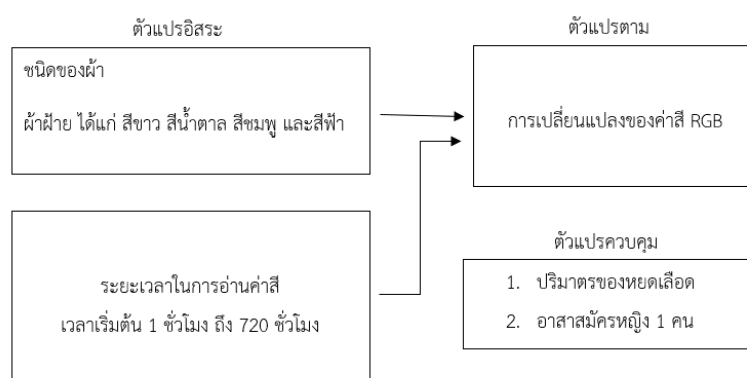
แยกความแตกต่างของภาพถ่ายคราบเลือดได้ชัดเจนทุกชั่วโมงจนถึง 48 ชั่วโมง ส่งผลให้สามารถนำมาใช้ประมาณอายุของคราบเลือดแบบเรียลไทม์ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ได้

(จินห์นิภา จิปาพะพันธ์, 2564) ได้ศึกษาการใช้เทคนิค Attenuated Total Reflectance Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) โดยอาศัยหลักการการดูดกลืนช่วงคลื่นอินฟราเรดในการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันโมเลกุลของสาร โดยวิเคราะห์องค์ประกอบของคราบเลือดบนผ้าฝ้ายสีขาวในช่วงคลื่น $4000-6000\text{ cm}^{-1}$ ที่ช่วงระยะเวลาต่าง ๆ เป็นเวลา 720 ชั่วโมง จากการทดลองพบสเปกตรัมที่เป็นองค์ประกอบของคราบเลือดของพีค Amide I และ Amide II ซึ่งจะลดลงเมื่อเวลาผ่านไปจนครบระยะเวลา 720 ชั่วโมง และเทคนิควัดค่าสีด้วย Spectrophotometer เพื่อประเมินอายุของคราบเลือดจากตัวอย่างเลือด 12 ตัวอย่าง พบว่า สามารถทำนายอายุของคราบเลือดได้ประมาณ 1 ชั่วโมง จนถึง 4 ชั่วโมงแรก โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.9565 และช่วงความคลาดเคลื่อนประมาณ 10 – 16%

จากเทคนิคที่กล่าวในข้างต้นอาจมีเทคนิคที่ใช้ระยะเวลาในการวิเคราะห์ค่อนข้างนาน ค่าใช้จ่ายสูง และไม่สามารถนำไปใช้ได้ทันทีที่เกิดเหตุ ในการศึกษาทางวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาการประมาณระยะเวลาของคราบเลือด จากการสังเกตค่าการเปลี่ยนแปลงของสีคราบเลือดในแต่ละช่วงเวลาด้วยแอปพลิเคชัน RGB Color Detector ที่ถูกพัฒนาโดย Raimon Gaspar Fernandez ซึ่งสามารถอ่านค่าสี RGB ของภาพถ่ายในระยะเวลาต่าง ๆ ภายหลังจากหยดเลือด เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีที่อ่านได้เทียบกับระยะเวลา และแสดงให้เห็นว่า เทคนิคนี้สามารถประมาณระยะเวลาของคราบเลือดได้อย่างรวดเร็ว มีค่าใช้จ่ายน้อย รวมถึงแสดงประสิทธิภาพในการประมาณระยะเวลาของคราบเลือดเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในสถานที่เกิดเหตุและงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาการหาระยะเวลาของคราบเลือดบนผ้าฝ้าย ได้แก่ สีขาว สีน้ำตาล สีชมพู และสีฟ้า โดยการวิเคราะห์ค่าสี



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนการเตรียมผ้าที่ใช้ในการหยดเลือด

ผ้าที่ใช้ในการทดลองได้แก่ ผ้าฝ้าย 4 สี ได้แก่ สีขาว สีน้ำตาล สีชมพู และสีฟ้า โดยตัดผ้าให้มีขนาดกว้าง 5 cm. ยาว 10 cm. สีละ 3 ผืน ทั้งหมด 12 ผืน จากนั้นทำความสะอาดผ้าด้วยน้ำยาทำความสะอาดผ้า และชะล้างด้วยน้ำสะอาด เพื่อกำจัดฝุ่นหรือคราบสิ่งสกปรกต่าง ๆ ออก จากนั้นจึงผ้ากับฐานยึดผ้าให้มีลักษณะดัง

2. ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างเลือด

ปิเปตเลือดที่อยู่ในหลอดบรรจุชนิดที่มีสารป้องกันการแข็งตัวของเลือดปริมาตร 20 μ l. หยดลงบนผ้าที่ซึ่งอยู่บนฐานยึดจำนวน 5 หยด เรียงตามลำดับ ระยะความสูงในการหยด 2 cm. โดยหยดเลือดลงบนผ้าแต่ละผืนให้ครบตามจำนวน จากนั้นเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ยกตัวอย่างการหยดเลือดลงบนผ้าฝ้ายสีขาวดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ตัวอย่างการหยดเลือดลงบนผ้าฝ้ายสีขาว

3. ขั้นตอนการถ่ายภาพ

นำคราบเลือดที่หยดลงบนผ้าสีต่าง ๆ ใช้สมาร์ตโฟนรุ่น iPhone 7 plus โหมตการถ่ายภาพอัตโนมัติ กำลังขยายภาพ 1X โดยการถ่ายภาพระยะของกล้องจะอยู่สูงจากผ้า 15 cm. และใช้แอปพลิเคชัน RGB Color Detector ในการวิเคราะห์ค่าสี RGB ซึ่งกำหนดระยะเวลาในการถ่ายภาพทั้งหมด 720 ชั่วโมงโดยเริ่มถ่ายภาพและอ่านค่าสีภายหลังการหยดเลือดที่เวลา 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 30, 36, 42, 48, 72, 96, 120, 144, 168, 216, 384, 552, 720 ชั่วโมง ตามลำดับ

4. ขั้นตอนการวิเคราะห์

นำค่าสี RGB ที่อ่านได้ในระยะเวลาต่าง ๆ มาบันทึกลงตารางค่าสีและระยะเวลาของคราบเลือด จากนั้นนำค่าสีที่อ่านได้มาหาค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และนำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีกับระยะเวลาต่าง ๆ ของคราบเลือด เพื่อหาสมการที่ใช้ในการทำนายอายุของคราบเลือดจากค่าสีที่อ่านได้

5. ขั้นตอนการทำนายอายุของคราบเลือดตัวอย่าง

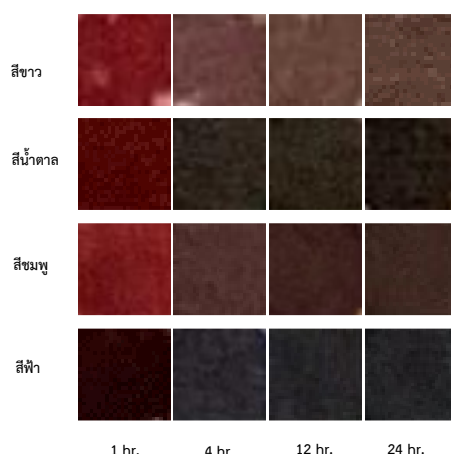
ปิเปตตัวอย่างเลือดที่อยู่ในหลอดบรรจุชนิดที่มีสารป้องกันการแข็งตัวของเลือดปริมาตร 20 μ l. หยดลงบนผ้าฝ้ายทั้งหมด 4 สี ได้แก่ สีขาว สีน้ำตาล สีชมพู และสีฟ้า จากนั้นทำการถ่ายภาพที่ระยะเวลา



ต่าง ๆ ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยมีขั้นตอนการถ่ายภาพและอ่านค่าสีด้วยด้วยแอปพลิเคชัน RGB Color Detector เช่นเดียวกับข้อ 3 และนำค่าสีที่อ่านได้แทนค่าลงในสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีกับระยะเวลาต่าง ๆ ของคราบเลือด เพื่อนำอายุของคราบเลือดที่ทำนายได้จากสมการมาสร้างกราฟเทียบกับอายุจริงของคราบเลือดเพื่อดูความสัมพันธ์ของกราฟที่ได้ และนำไปวิเคราะห์ผลการทดลองต่อไป

ผลการวิจัย

จากการนำตัวอย่างเลือดปริมาตร 20 μ l. หยดลงบนผ้าฝ้ายทั้งหมด 4 สี ได้แก่ สีขาว สีน้ำตาล สีชมพู และสีฟ้า นำผ้าที่หยดเลือดแล้วเก็บไว้ในที่อุณหภูมิห้อง และถ่ายภาพภายหลังจากการหยดเลือดที่ระยะเวลาต่าง ๆ จากการใช้สมาร์ทโฟน พบว่า ในช่วงระยะเวลา 1 ชั่วโมง ถึง 720 ชั่วโมง คราบเลือดบนผ้าฝ้ายสีขาวและสีชมพู มีการเปลี่ยนแปลงจากสีแดงสดเป็นสีน้ำตาลเข้มในช่วง 24 ชั่วโมงแรก และผ้าฝ้ายสีน้ำตาลและสีฟ้าภายหลังจากการหยดเลือดไป 4 ชั่วโมง ไม่สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสีได้ด้วยตาเปล่าได้ ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 คราบเลือดบนผ้าฝ้ายสีขาว สีน้ำตาล สีชมพู และสีฟ้า ถ่ายภาพที่เวลา 1 ชั่วโมง 4 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ภายหลังจากการหยดเลือด

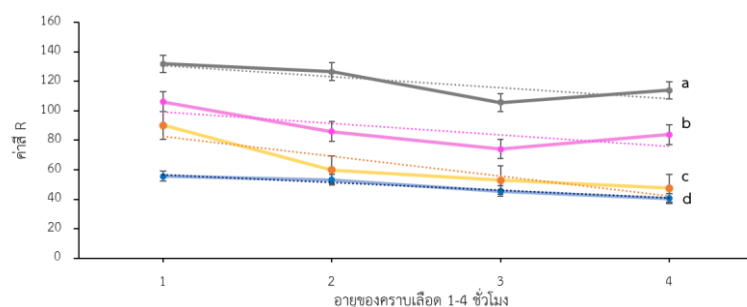
จากการหยดเลือดบนผ้าฝ้ายสีขาว สีน้ำตาล สีชมพู และสีฟ้า สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงค่าสีของคราบเลือดจากการอ่านค่าสี RGB ที่ระยะเวลาต่าง ๆ เป็นเวลา 720 ชั่วโมง พบว่า ค่าสีแดงของคราบเลือดลดลงอย่างชัดเจนในช่วงระยะเวลา 24 ชั่วโมงแรกภายหลังจากการหยดเลือด จากนั้นเมื่อวิเคราะห์ค่าสีเขียว และค่าสีน้ำเงิน พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงเพียงช่วงเวลา 3 ชั่วโมง ถึง 4 ชั่วโมงเท่านั้น และเมื่อระยะเวลาผ่านไปค่าสีเขียวและสีน้ำเงินมีค่าการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก หรือแทบจะคงที่ ดังนั้นจึงเลือกทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าสีแดงเพียงอย่างเดียวดังตารางที่ 1



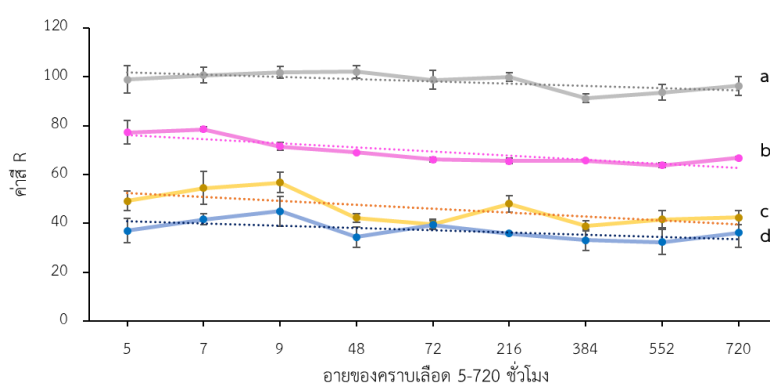
ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยสีแดงของคราบเลือดบนผ้าฝ้ายสีขาว สีนํ้าตาล สีชมพู และสีฟ้า

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	สีขาว		สีน้ำตาล		สีชมพู		สีฟ้า	
	R	S.D.	R	S.D.	R	S.D.	R	S.D.
1	131.89	2.22	90.19	2.96	106.15	1.25	55.75	2.89
2	126.55	3.16	59.92	6.78	86.01	0.91	53.22	2.34
3	105.61	3.38	53.03	0.37	74.16	0.91	45.57	1.50
4	113.91	2.40	47.59	4.17	83.95	1.58	40.55	6.15
5	98.89	3.26	49.25	1.49	77.31	1.61	37.06	6.74
6	109.61	3.67	45.47	3.42	70.85	0.83	44.26	0.80
7	100.66	3.19	54.55	0.34	78.51	0.56	41.69	6.03
8	110.97	1.74	51.90	3.32	74.96	0.44	46.54	1.68
9	101.72	1.98	56.79	2.61	71.41	0.31	45.03	0.87
12	108.07	1.41	47.28	3.27	68.28	1.12	40.57	1.60
15	102.01	2.05	59.06	3.16	80.65	4.04	35.46	5.22
18	113.35	3.02	51.76	3.99	76.63	2.26	46.77	2.11
21	98.63	2.63	50.31	1.77	73.61	0.22	34.63	4.16
24	89.73	3.88	38.04	1.93	67.82	0.90	39.78	1.69
30	92.61	3.18	46.98	1.72	70.88	1.49	33.78	5.38
36	83.03	0.57	46.09	2.15	66.66	0.94	38.96	1.05
42	103.09	4.43	42.61	4.77	64.70	0.71	39.53	0.48
48	102.02	2.58	42.30	3.39	69.01	0.86	34.40	4.86
72	98.69	1.66	39.75	3.38	66.19	1.18	39.39	0.61
96	92.19	1.83	46.67	2.05	66.57	0.54	32.11	4.38
120	98.87	3.27	41.84	3.41	65.87	0.90	31.96	5.15
144	101.84	3.96	45.15	2.86	74.52	0.54	36.68	5.87
168	88.54	3.40	52.11	4.30	63.09	0.89	42.45	1.62
216	99.89	1.81	48.08	3.10	65.53	2.03	35.84	5.01
384	91.21	2.37	38.91	0.95	65.65	1.08	33.17	3.13
552	93.55	1.29	41.74	2.22	63.81	2.40	32.43	3.19
720	96.23	2.65	42.49	3.74	66.75	1.26	36.17	4.21

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าสีแดงที่ระยะเวลาต่าง ๆ เป็นเวลา 720 ชั่วโมง ได้นำค่าสีแดงมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีแดงกับระยะเวลาของคราบเลือด โดยแบ่งกราฟออกเป็น 2 ช่วง ได้แก่ ช่วงระยะเวลานั้น (1 - 4 ชั่วโมง) และช่วงระยะเวลายาว (5 - 720 ชั่วโมง) ดังภาพที่ 6 และ 7



ภาพที่ 6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า R กับระยะเวลาของคราบเลือดตั้งแต่เวลา 1 ชั่วโมงถึง 4 ชั่วโมง โดยผ้าฝ้ายสีขาว (a) สีชมพู (b) สีส้ม (c) และสีฟ้า (d)



ภาพที่ 7 กราฟความสัมพันธ์ค่า R กับระยะเวลาของคราบเลือดตั้งแต่เวลา 5 ชั่วโมงถึง 720 ชั่วโมง โดยผ้าฝ้ายสีขาว (a) สีชมพู (b) สีส้ม (c) และสีฟ้า (d)

จากภาพที่ 6 และ 7 จะเห็นได้ว่า เมื่อแบ่งกราฟความสัมพันธ์ของค่า R กับระยะเวลาของคราบเลือดออกเป็น 2 ช่วง จะสามารถหาสมการความสัมพันธ์ และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สมการความสัมพันธ์ของค่า R กับระยะเวลาช่วง 1 ชั่วโมง ถึง 4 ชั่วโมง และช่วงเวลา 5 ชั่วโมง ถึง 720 ชั่วโมง

สีผ้าฝ้าย	ระยะเวลา 1-4 ชั่วโมง		ระยะเวลา 5-720 ชั่วโมง	
	สมการ	R	สมการ	R
สีขาว	$y = -7.4873x + 138.21$	0.6561	$y = -0.9187x + 102.69$	0.4567
สีน้ำเงิน	$y = -13.471x + 96.36$	0.8358	$y = -1.5903x + 53.937$	0.4493
สีชมพู	$y = -7.8453x + 107.18$	0.5694	$y = -1.6887x + 77.797$	0.7532
สีฟ้า	$y = -5.3267x + 62.09$	0.9690	$y = -0.894x + 41.712$	0.3523

จากตารางที่ 2 พบว่า สมการความสัมพันธ์ของค่า R กับระยะเวลาของคราบเลือดของผ้าฝ้ายสีฟ้า และสีน้ำเงิน ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง ถึง 4 ชั่วโมง และผ้าฝ้ายสีชมพูที่ระยะเวลา 5 ชั่วโมง ถึง 720



ชั่วโมง มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ติดจนเข้าใกล้ 1 เป็นตัวชี้วัดว่าเมื่อนำสมการดังกล่าวมาใช้ในการประมาณระยะเวลาของคราบเลือด จะทำให้ได้ระยะเวลาของคราบเลือดที่ทำนายได้มีความใกล้เคียงระยะเวลาจริงของคราบเลือดมากที่สุด

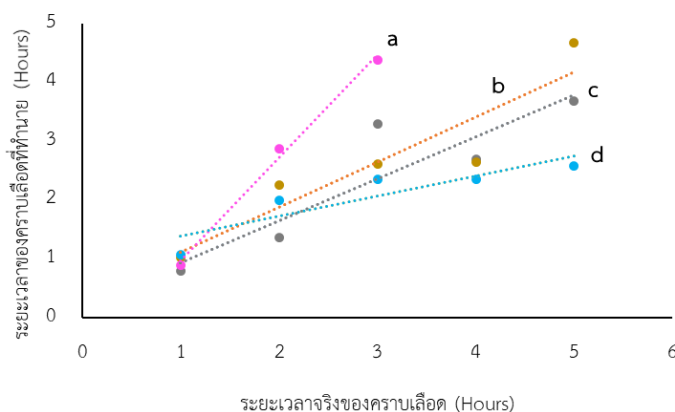
จากนั้นนำสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีแดงกับระยะเวลาของคราบเลือดมาใช้ประมาณระยะเวลาของคราบเลือดตัวอย่างเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง ถึง 24 ชั่วโมง โดยการนำค่าสีแดงที่วัดได้แทนลงในสมการตารางที่ 2 และนำมาเปรียบเทียบกับระยะเวลาจริงของคราบเลือดว่ามีความใกล้เคียงหรือไม่ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ระยะเวลาจริงของคราบเลือดกับระยะเวลาของคราบเลือดที่ทำนายได้จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีแดงกับระยะเวลาของคราบเลือด

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ระยะเวลาของคราบเลือดที่ทำนายได้							
	สีขา	% error	สีน้ำตาล	% error	สีชมพู	%error	สีฟ้า	% error
1	0.7893	21.0700	1.0288	2.8800	0.8897	11.0300	1.0682	6.8200
2	1.3636	31.8200	2.2610	13.0500	2.8787	43.9350	1.9960	0.2000
3	3.2868	9.5600	2.6100	13.0000	4.3822	46.0730	2.3448	21.8400
4	2.6999	32.5020	2.6471	33.8250	2.4702	38.2450	2.3448	41.3800
5	3.6899	26.2020	4.6764	6.4720	3.9657	20.6860	2.5861	48.2780
6			6.0554	0.9233	5.5646	7.2560	7.2841	21.4010
7	5.2138	25.5170	0.2703	96.10000	0.0574	99.1800	1.2438	82.2310
8			0.8363	89.5460	2.7814	65.2325		
9	3.3634	62.6280	0.9620	89.3110	4.7356	47.3822		
12			4.9864	58.4460	6.5713	45.2391	2.3624	80.3133
15	3.2545	78.3030	0.3961	97.3590	1.2417	91.7220	9.6331	35.7793
18			1.7795	90.1140	0.6496	96.3910		
21	7.4997	64.287	4.7349	77.4528	3.3144	84.2170	8.2908	60.5200
24	18.602	22.491	10.9601	54.3320	6.5121	72.8662	2.1387	91.0887

จากตารางที่ 3 พบว่าสมการที่ได้จากค่าสีกับระยะเวลาของคราบเลือดที่ใช้ในการแทนค่าเพื่อทำนายระยะเวลาของคราบเลือด สามารถทำนายระยะเวลาของคราบเลือดบนผ้าฝ้ายสีขาว สีน้ำตาล สีชมพู และสีฟ้าได้ประมาณ 1 ชั่วโมง ถึง 5 ชั่วโมงแรก โดยมีช่วงความคลาดเคลื่อนประมาณ 0.2 – 48 % ซึ่งความคลาดเคลื่อนจะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป

จากนั้นนำระยะเวลาของคราบเลือดที่ทำนายได้กับระยะเวลาจริงของคราบเลือดมาสร้างกราฟเพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาของคราบเลือดที่ทำนายได้จากสมการกับระยะเวลาจริงของคราบเลือดดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาของคราบเลือดที่ทำนายได้จากสมการกับระยะเวลาจริงของคราบเลือด (Hours) ของผ้าฝ้ายสีชมพู (a) ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง ถึง 3 ชั่วโมง สีน้ำตาล (b) สีขาว (c) และสีฟ้า (d) ที่ช่วงระยะเวลา 1 ชั่วโมงถึง 5 ชั่วโมง

จากภาพที่ 8 เมื่อสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาของคราบเลือดที่ทำนายได้จากสมการกับระยะเวลาจริงของคราบเลือด พบว่าผ้าฝ้ายสีขาว สีน้ำตาล และสีฟ้า สามารถทำนายระยะเวลาของคราบเลือดได้ประมาณ 1 ชั่วโมง ถึง 5 ชั่วโมงแรก และผ้าฝ้ายสีชมพูสามารถประมาณระยะเวลาของคราบเลือดได้ประมาณ 1 - 3 ชั่วโมงแรก และหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาของคราบเลือดที่ทำนายได้จากสมการกับระยะเวลาจริงของคราบเลือดดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สมการความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาของคราบเลือดที่ทำนายได้จากสมการกับระยะเวลาจริงของคราบเลือด

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	สีผ้าฝ้าย	สมการ	R
1 - 3	สีชมพู	$y = 1.7463x - 0.7756$	0.9936
1 - 5	สีขาว	$y = 0.7138x + 0.2246$	0.8213
	สีน้ำตาล	$y = 0.7681x + 0.3403$	0.8567
	สีฟ้า	$y = 0.3385x + 1.0526$	0.8031

จากตารางที่ 4 สมการความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาของคราบเลือดที่ทำนายได้กับระยะเวลาจริงของคราบเลือด 18 ตัวอย่าง พบว่าสมการที่ได้มีความสัมพันธ์ที่ดี เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เข้าใกล้ 1 แสดงให้เห็นว่าสามารถนำการวิเคราะห์ที่สไปใช้ในการทำนายระยะเวลาของคราบเลือดบนผ้าฝ้ายสีต่าง ๆ ได้จริง



สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการหาระยะเวลาของของคราบเลือดบนตัวอย่างผ้าฝ้ายโดยการหยดเลือดลงบนผ้าฝ้ายทั้งหมด 4 สี ได้แก่ สีขาว สีน้ำตาล สีชมพู และสีฟ้า และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่าสี RGB จากภาพถ่ายโดยใช้แอปพลิเคชัน RGB Color Detector พบว่า สามารถทำนายระยะเวลาของคราบเลือดได้ตั้งแต่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง จนถึง 5 ชั่วโมง และพบว่า มีความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างระยะเวลาของคราบเลือดที่ทำนายได้กับระยะเวลาจริงของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภัทราริพ เลาบุตร. (2559) ที่ได้ทำการศึกษาการประมาณระยะเวลาของคราบเลือดบนผ้าฝ้ายสีขาวโดยวิธีวิเคราะห์ภาพ และสามารถทำนายระยะเวลาของคราบเลือดได้ใกล้เคียงกับระยะเวลาจริงในช่วง 2 ชั่วโมงแรกเท่านั้น ซึ่งจากผลการทดลองอาจมีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของคราบเลือด ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการอ่านค่าสีได้ อาทิ ปัจจัยทางด้านอุณหภูมิ เนื่องจากปัจจัยทางสภาพแวดล้อมสามารถส่งผลกระทบต่อกระบวนการเกิดออกซิเดชันของฮีโมโกลบินได้ ซึ่งเลือดจะเกิดกระบวนการออกซิเดชันได้เร็วมากขึ้นเมื่ออยู่ในอุณหภูมิที่สูงขึ้น

ปัจจัยทางด้านความชื้น เมื่อความชื้นเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลทำให้ค่าสีน้ำเงินจะลดลง แต่อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะช่วยลดผลกระทบทางปัจจัยด้านความชื้นได้ (Hanson & Ballantyne, 2010)

ปัจจัยทางการถ่ายภาพ จากงานวิจัยนี้ถ่ายภาพโดยใช้สมาร์ทโฟน เป็นโหมดการถ่ายภาพอัตโนมัติ และไม่สามารถปรับความเร็วของชัตเตอร์ได้ อาจส่งผลกระทบต่อสี และความสว่างของภาพถ่ายคราบเลือด อย่างไรก็ตามขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของสมาร์ทโฟนแต่ละรุ่น ซึ่งในการทดลองนี้มีความละเอียดของกล้องอยู่ที่ 12 Megapixel ซึ่งมีประสิทธิภาพต่ำเมื่อเทียบกับสมาร์ทโฟนในปัจจุบันที่มีความละเอียดของกล้องอยู่ที่ 48 Megapixel ซึ่งเมื่อนำมาอ่านค่าสีจากภาพถ่ายอาจส่งผลทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้

ปัจจัยทางด้านวัสดุที่ใช้ในการหยดเลือด จากงานวิจัยนี้ทำการทดลองตัวอย่างคราบเลือดบนผ้าฝ้ายสีขาว สีน้ำตาล สีชมพู และสีฟ้า ที่มีการดูดซับของเหลวต่าง ๆ ได้ดี ทำให้ชนิดของผ้าฝ้าย รวมถึงสีของผ้าฝ้ายไม่ส่งผลกระทบต่อผลการอ่านค่าสี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Andrasko, 1997) ที่ได้ศึกษาการประมาณระยะเวลาของคราบเลือดโดยเปรียบเทียบระหว่างกระดาษและผ้าพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการทดสอบประสิทธิภาพกล้องสมาร์ทโฟนที่ใช้ในงานวิจัยโดยการเปรียบเทียบกับค่าสีด้วยเครื่องมือมาตรฐานก่อนเริ่มทำการวิจัย และศึกษาการเปรียบเทียบระหว่างปัจจัยด้านอื่นที่มีผลต่อการวัดค่าสีของคราบเลือด เช่น อุณหภูมิที่ต่างกัน ปริมาตรของเลือดที่ใช้หยดลงบนผ้า และวัสดุที่ใช้ในการทดลอง



เอกสารอ้างอิง

- กุลนิดา ผาตินาวิน. (2564). ปัญหาทางกฎหมายเกี่ยวกับการรวบรวมพยานหลักฐานอิเล็กทรอนิกส์ในคดีอาญา (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีปทุม, กรุงเทพฯ.
- ชิดชนก ขวัญพรหม, สาริสา ปิ่นคำ และณรงค์ กุลนิเทศ. (2564). แนวคิดในการเพิ่มความเชื่อมั่นของพยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์. Paper presented at the ใน การประชุม Graduate School Conference. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, กรุงเทพฯ.
- จิณห์นิภา ปาวะภินันท์. (2564). การประเมินอายุคราบเลือดจากการวัดค่าสีด้วย Spectrophotometer และด้วยเทคนิค ATR-FTIR (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.
- ภัทรธิป เลหาบุตร. (2559). การประมาณอายุคราบเลือดบนผ้าโดยวิธีวิเคราะห์ภาพ (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.
- Andrasko, J. (1997). The estimation of age of bloodstains by HPLC analysis. *Journal of forensic sciences*, 42(4), 601-607.
- Choi, Woosok, Shin, Joonchul, Hyun, Kyung-A, Song, Jaewoo, & Jung, Hyo-Il. (2019). Highly sensitive and accurate estimation of bloodstain age using smartphone. *Biosensors and Bioelectronics*, 130, 414-419.
- Edelman, Gerda, Van Leeuwen, Ton G, & Aalders, Maurice CG. (2012). Hyperspectral imaging for the age estimation of blood stains at the crime scene. *Forensic science international*, 223(1-3), 72-77.
- Hanson, E. K., & Ballantyne, J. (2010). A blue spectral shift of the hemoglobin solet band correlates with the age (time since deposition) of dried bloodstains. *PLoS One*, 5(9), e12830.
- Hassan, M. R., Ema, R. R., & Islam, T. (2017). Color image segmentation using automated K-means clustering with RGB and HSV color spaces. *Global Journal of Computer Science and Technology*, 17(2), 25-33.
- Shin, Joonchul, Choi, Seoyeon, Yang, Jung-Sik, Song, Jaewoo, Choi, Jong-Soon, & Jung, Hyo-Il. (2017). Smart Forensic Phone: Colorimetric analysis of a bloodstain for age estimation using a smartphone. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 243, 221-225.
- Thanakiatkrai, Phuvadol, Yaodam, Alisa, & Kitpipit, Thitika. (2013). Age estimation of bloodstains using smartphones and digital image analysis. *Forensic science international*, 233(1-3), 288-297.
- Vmountandtrim. (2022). ค่าสี Adobe RGB และ sRGB. สืบค้นเมื่อ 2 เมษายน 2567 จาก <https://vmountandtrim.com/ค่าสี-adobe-reg-และ-srgb-เลือกแบบไหน>