

การศึกษาระยะเวลาประสิทธิภาพของ Bluestar ในการตรวจหาคราบเลือดที่ถูกทำความสะอาดและปกปิดด้วยสีบนพื้นผิวที่แตกต่างกัน*

STUDY OF BLUESTAR EFFECTIVENESS DURATION IN DETECTING CLEANED AND CONCEALED BLOOD STAINS ON DIFFERENT SURFACES

สุธิดา วงษ์ทิ¹ และ วีรชัย พุทธวงศ์²

Suthida Wongthi¹ and Weerachai Phutdhawong²

¹⁻²สาขานิติวิทยาศาสตร์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

¹⁻²Forensic Science, Department of Science, Faculty of Science, Kasetsart University, Thailand

Corresponding Author's Email: phutdhawong@gmail.com

วันที่รับบทความ : 23 เมษายน 2568; วันที่แก้ไขบทความ 2 พฤษภาคม 2568; วันที่ตอบรับบทความ : 4 พฤษภาคม 2568

Received 23 April 2025; Revised 2 May 2025; Accepted 4 May 2025

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบระดับความเข้มของการเรืองแสงจากการตรวจหาคราบเลือดบนพื้นผิวต่างชนิด ได้แก่ อิฐมอญ แผ่นไม้ และอลูมิเนียม และ 2) ศึกษาผลของวิธีการทำความสะอาดคราบเลือด ได้แก่ การใช้ผ้าเปียก สบู่ ผงซักฟอก และน้ำยาล้างห้องน้ำ ก่อนถูกปกปิดด้วยสีของแต่ละพื้นผิวต่อความสามารถในการตรวจหา การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง กลุ่มตัวอย่างคือพื้นผิวที่ถูกหยดเลือดมนุษย์จำนวน 1.00 มิลลิลิตร จากนั้นทำความสะอาด ทาสีทับ และปล่อยทิ้งไว้เป็นเวลา 10, 20 และ 30 วัน ก่อนทำการตรวจวัดด้วยสารเคมี Bluestar และ Luminol ในห้องมืดสนิท โดยใช้กล้องถ่ายภาพดิจิทัล โปรแกรม Adobe Photoshop และ MATLAB วิเคราะห์ระดับความเข้มของแสงเรืองแสงในรูปแบบ

Citation:



* สุธิดา วงษ์ทิ และ วีรชัย พุทธวงศ์. (2568). การศึกษาระยะเวลาประสิทธิภาพของ Bluestar ในการตรวจหาคราบเลือดที่ถูกทำความสะอาดและปกปิดด้วยสีบนพื้นผิวที่แตกต่างกัน. วารสารสหศาสตร์การพัฒนาสังคม, 3(3), 145-166.

Suthida Wongthi and Weerachai Phutdhawong. (2025). Study Of Bluestar Effectiveness Duration In Detecting Cleaned And Concealed Blood Stains On Different Surfaces.

Journal of Interdisciplinary Social Development, 3(3), 145-166.;

DOI: <https://doi.org/10.>

Website: <https://so12.tci-thaijo.org/index.php/JISDIADP/>

RGB ใช้สถิติเชิงพรรณนา การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มตัวแปร

ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ที่ 1 พบว่า พื้นผิวอิฐมอญให้ระดับความเข้มของแสงเรืองแสงสูงที่สุด รองลงมาคือแผ่นไม้ และอลูมิเนียมตามลำดับ โดย Bluestar ให้ผลการตรวจพบที่ชัดเจนกว่าสารเคมี Luminol ในทุกชนิดของพื้นผิว โดยเฉพาะเมื่อพื้นผิวมีลักษณะรูพรุน สำหรับวัตถุประสงค์ที่ 2 พบว่า วิธีทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่าให้ผลการเรืองแสงดีที่สุด ในขณะที่การใช้น้ำยาล้างห้องน้ำลดประสิทธิภาพของการตรวจพบอย่างชัดเจน โดยเฉพาะบนพื้นผิวอลูมิเนียมที่ทิ้งไว้ 30 วัน Luminol ไม่สามารถให้ผลเรืองแสงที่ชัดเจนได้ ขณะที่ Bluestar ยังคงสามารถตรวจพบคราบเลือดได้ในระดับที่สูงกว่า

ข้อค้นพบจากการวิจัยนี้สนับสนุนการเลือกใช้ Bluestar ในการตรวจหาคราบเลือดที่ถูกทำความสะอาดและปกปิดด้วยสี โดยเฉพาะในกรณีที่พื้นผิวมีลักษณะรูพรุนหรือมีข้อจำกัดด้านเวลาในการตรวจสอบ นอกจากนี้ยังเน้นย้ำความสำคัญของการควบคุมกระบวนการทำความสะอาดและการเลือกชนิดสารเคมีให้เหมาะสมกับสถานการณ์ เพื่อให้การตรวจสอบทางนิติวิทยาศาสตร์ในสถานที่เกิดเหตุมีความแม่นยำและเชื่อถือได้ยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: บลูสตาร์, ลูมินอล, การเรืองแสง, วัตถุพยาน

Abstract

This study aimed to 1) compare the luminescence intensity in bloodstain detection on different surface types, including red bricks, wooden panels, and aluminum sheets, and 2) examine the effects of different cleaning methods—plain water, soap, detergent, and toilet cleaner—prior to being concealed with paint on the luminescence intensity of bloodstains. This was an experimental research design. Human blood (1.00 milliliter) was dropped onto each surface, cleaned using one of the four methods, and covered with paint for 10, 20, and 30 days. The bloodstains were then tested using Bluestar and Luminol in complete darkness. A digital camera, Adobe Photoshop, and MATLAB were used to analyze the luminescence intensity in RGB format. Descriptive statistics, mean comparison, and analysis of variance were used to analyze the data.

The results for Objective 1 revealed that red bricks yielded the highest luminescence intensity, followed by wood and aluminum. Bluestar outperformed Luminol across all surface types, especially on porous surfaces. Regarding Objective 2, bloodstains cleaned with plain water produced the highest luminescence, while cleaning with toilet cleaner significantly reduced detection capability—particularly on aluminum surfaces left for 30 days, where Luminol failed to produce visible luminescence. In contrast, Bluestar consistently demonstrated higher luminescence under all experimental conditions.

These findings support the use of Bluestar for enhanced forensic bloodstain detection, especially when dealing with porous surfaces or time-delayed evidence. The study also highlights the importance of choosing appropriate chemical agents and controlling cleaning conditions to improve accuracy and reliability in crime scene investigations.

Keywords: bluestar, luminol, chemoluminescence, evidence

บทนำ

ประเทศไทยยังคงเผชิญกับปัญหาการก่ออาชญากรรมอย่างต่อเนื่อง แม้ในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ซึ่งส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจและการท่องเที่ยว โดยเฉพาะในช่วงปี พ.ศ. 2564–2566 ข้อมูลจากสำนักงานตำรวจแห่งชาติรายงานว่าคดีอาญาโดยรวมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะคดีเกี่ยวกับชีวิตร่างกาย และทรัพย์สิน (สำนักงานตำรวจแห่งชาติ, 2566) ส่งผลให้การนำเทคโนโลยีทางนิติวิทยาศาสตร์เข้ามาสนับสนุนกระบวนการสืบสวนสอบสวนมีบทบาทมากขึ้น สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาระบบยุติธรรมและยุทธศาสตร์ด้านนิติวิทยาศาสตร์ระดับชาติ (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2565)

ในกระบวนการสืบสวน วัตถุพยานทางชีวภาพ โดยเฉพาะคราบเลือด มีบทบาทสำคัญในการพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคลผ่านการวิเคราะห์ดีเอ็นเออย่างแม่นยำ (Cox, 1991) อย่างไรก็ตาม ผู้กระทำผิดมักพยายามลบคราบเลือดด้วยการทำความสะอาดหรือทาสีทับ ส่งผลให้การตรวจพบด้วยวิธีทั่วไปเป็นไปได้ยาก งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น Brenzini และ Pathak (2018) ชี้

ว่า ประสิทธิภาพของสารเคมีในการตรวจสอบคราบเลือดหลังจากถูกทำความสะอาดและปกปิด อาจลดลงหรือคลาดเคลื่อน ขึ้นอยู่กับชนิดของพื้นผิวและระยะเวลาที่ผ่านมา

ในบริบทของประเทศไทย ยังพบข้อจำกัดด้านองค์ความรู้และแนวทางเชิงปฏิบัติในการ ตรวจหาคราบเลือดบนพื้นผิวที่หลากหลาย เช่น ผนังบ้าน เฟอร์นิเจอร์ หรือพื้นผิวของ ยานพาหนะ ซึ่งมักประกอบด้วยวัสดุทั้งที่มีรูพรุนและไม่มีรูพรุน (สำนักงานคณะกรรมการวิจัย แห่งชาติ, 2565) อีกทั้งยัง ขาดงานวิจัยเชิงปริมาณที่เปรียบเทียบประสิทธิภาพของ Bluestar และ Luminol ในบริบทที่จำลองสถานการณ์จริงหลังการทำความสะอาดด้วยวิธีที่แตกต่างกัน จึงยังไม่อาจสรุปแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการเลือกใช้สารเคมีในสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อน

ดังนั้น งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาประสิทธิภาพของ Bluestar และ Luminol ในการตรวจหา คราบเลือดบนพื้นผิวจำลอง 3 ประเภท ได้แก่ อิฐมอญ แผ่นไม้ และอลูมิเนียม ภายใต้เงื่อนไข การทำความสะอาดและระยะเวลาการปกปิดด้วยสีที่หลากหลาย เพื่อสร้างองค์ความรู้เชิง ประจักษ์ในการสนับสนุนการตรวจสอบวัตถุพยานในสถานที่เกิดเหตุจริง และส่งเสริมการ เลือกใช้สารเคมีให้เหมาะสมกับลักษณะพื้นผิวและสภาพแวดล้อม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เปรียบเทียบความเข้มของการเรืองแสงที่เกิดขึ้นกับคราบเลือดบนพื้นผิวต่าง ๆ คือ อิฐมอญ แผ่นไม้ และอลูมิเนียม
2. ศึกษาความเข้มของการเรืองแสงที่เกิดขึ้นกับคราบเลือดหลังจากทำความสะอาด ด้วยวิธีต่าง ๆ ดังนี้ ทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า สบู่ ผงซักฟอก และน้ำยาล้างห้องน้ำ ก่อนที่จะ ถูกปกปิดด้วยสีของแต่ละพื้นผิวต่าง ๆ

สมมติฐานการวิจัย

1. ลักษณะของพื้นผิวที่ถูกทาสีทับและวิธีการทำความสะอาดคราบเลือด มีผลต่อการ มองเห็นตรวจหาคราบเลือดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
2. ลักษณะระยะเวลาการปกปิดด้วยสีและวิธีตรวจสอบมีผลต่อความเข้มของการเรือง แสงที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
3. พื้นผิวและวิธีตรวจสอบมีผลร่วมต่อการตรวจพบคราบเลือดที่แตกต่างอย่างมี นัยสำคัญ

การทบทวนวรรณกรรม

1. วัตถุพยานทางชีวภาพกับการพิสูจน์หลักฐาน

วัตถุพยานทางชีวภาพ เช่น เลือด น้ำลาย เส้นผม และอสุจิ เป็นหลักฐานสำคัญในกระบวนการสืบสวนสอบสวน โดยเฉพาะ เลือด ที่สามารถใช้ตรวจพิสูจน์อัตลักษณ์บุคคลผ่านการวิเคราะห์สารพันธุกรรม (DNA) ได้อย่างแม่นยำ (สำนักงานตำรวจแห่งชาติ, 2566) เลือดมีองค์ประกอบสำคัญคือ ฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ซึ่งมีธาตุเหล็กเป็นส่วนประกอบ ทำให้สามารถทำปฏิกิริยากับสารเรืองแสงได้ แม้มีการพยายามลบคราบด้วยการทำความสะอาดหรือปกปิดพื้นผิวด้วยสี (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2565)

2. สารเคมีที่ใช้ในการตรวจหาคราบเลือด

การทดลองในวิจัยนี้ใช้สารเคมี Bluestar และ Luminol ในการตรวจหาคราบเลือดที่ถูกทำความสะอาดแล้ว ซึ่งสารทั้งสองชนิดมีคุณสมบัติเรืองแสงในที่มืดเมื่อทำปฏิกิริยากับฮีโมโกลบิน โดย Bluestar เป็นสารที่พัฒนาต่อยอดจาก Luminol ให้มีความไวสูงขึ้นและใช้งานสะดวกมากกว่า (Brenzini และ Pathak, 2018)

3. ลักษณะพื้นผิว วัสดุ และผลกระทบต่อการศึกษา

การศึกษานี้เลือกใช้พื้นผิว 3 ประเภทที่จำลองจากของจริง ได้แก่ อิฐมอญ (จำลองผนัง), แผ่นไม้ (จำลองเฟอร์นิเจอร์), และอลูมิเนียม (จำลองพื้นผิวรถยนต์) ซึ่งมีลักษณะต่างกัน ในด้านการดูดซึมและการสะท้อนแสง การทดลองพบว่าพื้นผิวที่มีรูพรุน เช่น อิฐและไม้ มีแนวโน้มตรวจพบคราบเลือดได้ดีกว่าอลูมิเนียม (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2565)

4. วิธีการทำความสะอาดและระยะเวลาการปกปิด

วิธีการทำความสะอาดคราบเลือดส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการตรวจจับคราบเลือดที่ตกค้างบนพื้นผิว โดยเฉพาะเมื่อใช้สารเรืองแสงอย่าง Luminol หรือ Bluestar งานวิจัยของ Tobe et al. (2007) ชี้ให้เห็นว่า การใช้สารทำความสะอาดที่มีความเป็นด่างสูง เช่น ผงซักฟอกหรือน้ำยาล้างห้องน้ำ สามารถยับยั้งหรือทำลายโครงสร้างของฮีโมโกลบินในคราบเลือดได้ ส่งผลให้การเรืองแสงของสารเคมีลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในกรณีที่คราบเลือดอยู่บนพื้นผิวเรียบหรือไม่มีรูพรุน เช่น อลูมิเนียม นอกจากนี้ การศึกษาของ de Almeida & de Carvalho (2018) พบว่า ระยะเวลาที่คราบเลือดถูกปกปิดหรือสัมผัสกับสภาพแวดล้อมนานขึ้น เช่น หลังจาก 30 วันขึ้นไป จะทำให้คุณสมบัติในการเรืองแสงของ Luminol ลดลง

โดยเฉพาะหากมีการทำความสะอาดอย่างเข้มข้นหรือปกปิดด้วยสียับอีกชั้นหนึ่ง ซึ่งการปกปิดด้วยสีจะทำให้การแพร่กระจายของสารเคมีเข้าสู่ชั้นผิวที่มีเลือดยากขึ้น

5. ข้อจำกัดของการใช้ Luminol ต่อการวิเคราะห์ DNA

แม้ Luminol จะเป็นสารเคมีที่มีประสิทธิภาพในการตรวจหาคราบเลือด แต่มีข้อจำกัดสำคัญในบริบทของการพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคล เนื่องจากสาร Luminol อาจส่งผลกระทบต่อโครงสร้างของสารพันธุกรรม (DNA) หากใช้ในปริมาณมากหรือพ่นซ้ำหลายครั้ง โดยอาจทำให้ความสมบูรณ์ของ DNA ลดลงและมีผลต่อความแม่นยำของการวิเคราะห์ในขั้นตอนถัดไป (Barni et al., 2007; Li et al., 2014) นอกจากนี้ งานวิจัยของ Pang et al. (2016) ยังแนะนำว่า Bluestar อาจเป็นทางเลือกที่มีผลกระทบต่อ DNA น้อยกว่า Luminol ในบางกรณี ซึ่งช่วยให้สามารถตรวจคราบเลือดและวิเคราะห์ DNA ได้ในกระบวนการเดียวกันอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

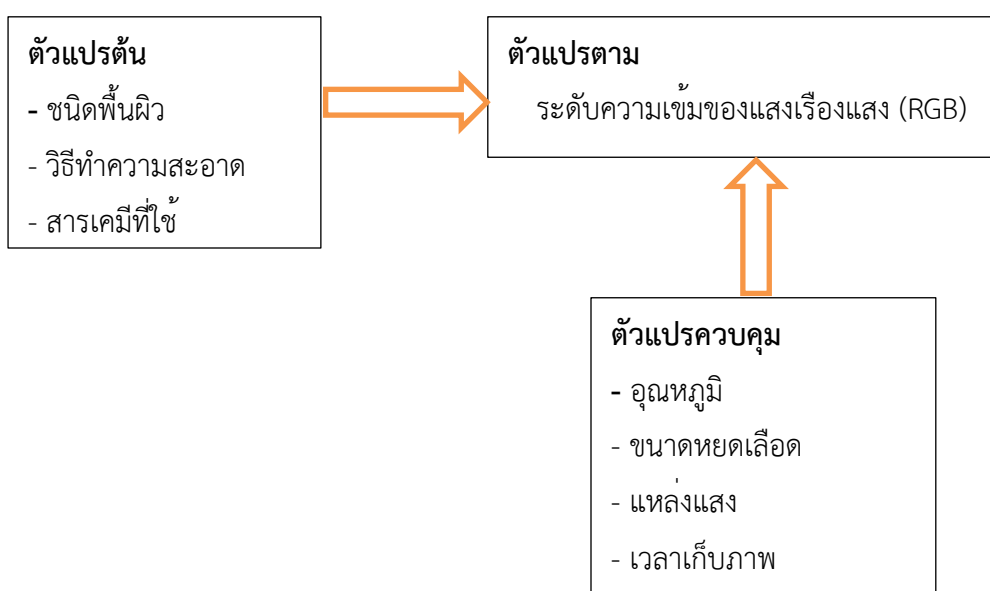
จากการศึกษาและทดลองของผู้วิจัยพบว่า ปัจจัยด้านพื้นผิว วัสดุ วิธีทำความสะอาด และระยะเวลาการปกปิด ล้วนส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการตรวจหาคราบเลือดโดยใช้สารเคมี Bluestar และ Luminol โดย Bluestar ให้ผลการเรืองแสงที่ชัดเจนกว่าในหลากหลายเงื่อนไข การวิจัยนี้จึงมีความสำคัญต่อการสร้างองค์ความรู้เชิงประจักษ์สำหรับงานพิสูจน์หลักฐานในสถานที่เกิดเหตุจริง

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัย	ตัวแปรศึกษา	สารเคมีใช้	พื้นผิว	ระยะเวลา
Brenzini และ Pathak (2018)	ความไวของสารเคมี	Bluestar, Luminol	ไม่ระบุชัดเจน	ไม่ระบุ
Tobe et al. (2007)	ผลของสารทำความสะอาดต่อการเรืองแสง	Luminol	ไม่ระบุชัดเจน	ไม่ระบุ
de Almeida & de Carvalho (2018)	ผลของระยะเวลาต่อคุณสมบัติการเรืองแสง	Luminol	ไม่ระบุชัดเจน	10, 20, 30 วัน
ผู้วิจัย (บทความนี้)	พื้นผิว, วิธีทำความสะอาด, ระยะเวลาปกปิด	Bluestar, Luminol	อิฐมอญ, แผ่นไม้, อลูมิเนียม	10, 20, 30 วัน

กรอบแนวคิดในการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของสารเคมี Bluestar ในการตรวจหาคราบเลือดที่ผ่านการทำความสะอาดและปกปิดด้วยสีย้อมพื้นผิวที่แตกต่างกัน ได้แก่ อิฐมอญ แผ่นไม้ และอลูมิเนียม โดยพิจารณาผลของ ชนิดพื้นผิว, วิธีการทำความสะอาด, ระยะเวลาการปกปิดด้วยสี และ ชนิดของสารเคมีที่ใช้ตรวจสอบ ต่อ ระดับความเข้มของการเรืองแสงที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมี การวิจัยครั้งนี้ใช้การออกแบบทดลองโดยควบคุมตัวแปร และใช้การเปรียบเทียบระดับความเข้มของแสงเรืองแสง (ในหน่วยค่า RGB) จากภาพถ่ายของคราบเลือดหลังการทำความสะอาดและปกปิดตามช่วงเวลา 10, 20 และ 30 วัน โดยมีการควบคุมตัวแปรด้านสิ่งแวดล้อม อุณหภูมิ ขนาดของหยดเลือด และแหล่งแสงระหว่างการถ่ายภาพให้คงที่ตลอดการทดลอง การศึกษาครั้งนี้มีโครงสร้างของตัวแปรวิจัย ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยออกแบบเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารเคมี Bluestar และ Luminol ในการตรวจหาคราบเลือดที่ผ่านการทำ

ความสะอาดและปกปิดด้วยสีย้อมพื้นผิวที่แตกต่างกัน ได้แก่ อิฐมอญ แผ่นไม้ และอลูมิเนียม ซึ่งเป็นพื้นผิวจำลองที่พบได้บ่อยในสถานที่เกิดเหตุ

1. การเตรียมเลือดตัวอย่าง

เลือดที่ใช้ในงานวิจัยนี้มาจากการบริจาคของมนุษย์ เมื่อได้เลือดตัวอย่างแล้วจะทำการบันทึกเวลาและวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง ก่อนดำเนินการเก็บเลือดตัวอย่างต้องมีการเติมสารกันเลือดแข็งลงไปคือ Ethylene Diamine Tetra acetic Acid (EDTA) เพื่อป้องกันการเกิดลิ่มเลือดขณะทำการทดลอง จากนั้นเก็บเลือดตัวอย่างเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C ก่อนนำไปทดลอง

2. การเตรียมสารเคมี

การเตรียมสารเคมี Bluestar สำหรับชุดทดสอบคราบเลือดตัวอย่างเป็น Bluestar 1 กล่อง ที่ภายในกล่องประกอบด้วยซองเม็ด Bluestar จำนวน 2 เม็ดต่อซอง ทั้งหมด 4 ซอง ในการเตรียมสารเคมี Bluestar นั้นเริ่มจากการละลายเม็ด Bluestar 1 ซอง ในน้ำกลั่นปริมาตร 125 มิลลิลิตร คนให้เม็ด Bluestar ละลายจนเป็นเนื้อเดียวกันจะได้สารละลาย Bluestar เมื่อเตรียมสารละลาย Bluestar แล้วควรนำไปใช้งานทันทีหรือควรนำไปใช้ภายใน 3 ชั่วโมง หลังจากเตรียมสารละลายเสร็จสิ้น

การเตรียมสารเคมี Luminol สำหรับชุดทดสอบคราบเลือดตัวอย่างจะอาศัยสูตรของ Scottsdale Police Department's Crime Lab โดยการใช้สารเคมี Sodium carbonate 10.00 กรัม และสารเคมี Luminol 0.20 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 180 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารละลายที่ได้มาผสมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น (H₂O₂) 3.00 % ปริมาตร 180 มิลลิลิตร จะได้สารเคมี Luminol เมื่อเตรียมสารเคมี Luminol เสร็จแล้วควรนำไปใช้งานภายใน 3 ชั่วโมง

3. การทดสอบ

นำเลือดตัวอย่างที่เตรียม 1.00 มิลลิลิตร หยดลงบนบริเวณกลางพื้นผิวที่ต้องการศึกษา คือ แผ่นไม้ อะลูมิเนียม และอิฐมอญ ทั้งไว้ 2 นาที จากนั้นทำความสะอาดพื้นผิวที่มีหยดเลือดตัวอย่างด้วยวิธีต่าง ๆ คือ การทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า สบู่ ผงซักฟอก และน้ำยาล้างห้องน้ำ โดยจะต้องใช้น้ำสะอาดทำความสะอาดก่อนและรองจนกว่าจะแห้ง เมื่อแห้งแล้วให้ทดสอบด้วยสีเฉพาะของแต่ละพื้นผิวและทิ้งไว้ 10 20 และ 30 วัน หลังจากที่ได้ครบระยะเวลา 10 20 และ 30 วัน ให้นำพื้นผิวดังกล่าวมาตรวจหาคราบเลือดตัวอย่างด้วยวิธี Bluestar และวิธี Luminol ในสภาวะแวดล้อมที่ไม่มีแสงหรือในห้องมืดสนิท ในการตรวจหาคราบเลือดตัวอย่างทั้ง 3 วิธีดังกล่าวจะอาศัยการฉีดพ่นสารเคมี Bluestar และสารเคมี Luminol ที่เตรียมลงบน

พื้นผิวให้มีความสม่ำเสมอ และสังเกตความเร็วของการเกิดปฏิกิริยาการเรืองแสง ระยะเวลาในการเรืองแสง และความเข้มของการเรืองแสงผ่านกล้องถ่ายภาพดิจิทัล (DSLR)

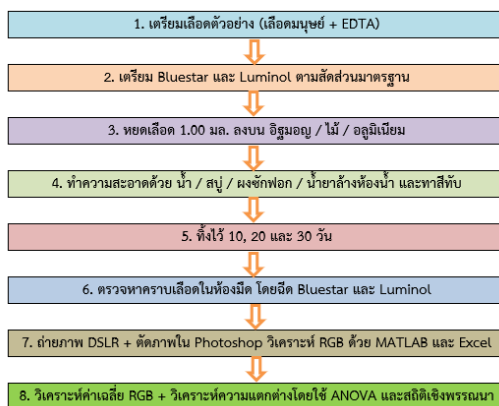
เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการทดลอง ในแต่ละเงื่อนไขของการทำความสะอาด พื้นผิว ระยะเวลา และชนิดของสารเคมีที่ใช้ตรวจหา ได้มีการทดลองซ้ำจำนวน 3 ครั้ง ต่อหนึ่งชุดเงื่อนไข (replication = 3) โดยใช้พื้นผิวที่เตรียมไว้แบบเดียวกันและควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมือนกันทุกประการ จากนั้นนำค่าที่ได้จากการทดลองทั้งสามครั้งมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผล

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ผลจะใช้ระดับค่าสีความเข้มของการเกิดปฏิกิริยาการตรวจหาคราบเลือดโดยนำเข้าภาพถ่ายที่ได้มาทำการตัดด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop CS6 จากนั้นตัดภาพทุกภาพให้มีความละเอียด 100 x 100 พิกเซล เท่ากันทุกภาพ ทำการบันทึกภาพทุกภาพเป็นนามสกุล .BMP เพื่อจะได้นำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าสี RGB ในโปรแกรม MATLAB เมื่อได้เตรียมภาพอ่านเรียบร้อยแล้วจะใช้โปรแกรม Microsoft Excel ช่วยในการแยกเป็นค่าแสงสีต่างๆ คือ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน เมื่อได้ระดับค่าสีออกมา ในรูปแบบ RGB แล้วให้นำไปหาค่าเฉลี่ย RGB และจะได้ค่าแทนระดับสีในโหมด RGB ของภาพนั้นๆ

5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

ใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าความแตกต่างของระดับแสงเรืองแสงระหว่างกลุ่มตัวแปร ได้แก่ วิธีทำความสะอาด ประเภทพื้นผิว ระยะเวลา และชนิดสารเคมี โดยยึดหลักการวิเคราะห์ข้อมูลจากงานวิจัยเชิงทดลองที่เหมาะสมกับข้อมูลปริมาณ (สุชานาด จงดีไพบูลย์, 2557; Leekitwatana, 2022)



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการทดลอง

ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงการทดลอง (Experimental Desing) เพื่อตรวจหาคราบเลือดตัวอย่างหลังถูกทำความสะอาดด้วยวิธีต่างๆ และทาสีทับด้วยวิธี Luminol และวิธี Bluestar โดยมีการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรทั้งหมด 4 ตัวแปรคือ (1) ประเภทพื้นผิว (2) วิธีทำความสะอาด (3) ระยะเวลาในการทาสีทับ และ (4) วิธีการตรวจหาคราบเลือดที่มีผลต่อการตรวจหาคราบเลือด และการวิเคราะห์ผลจะแบ่งออกเป็น 2 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 การตรวจวัดคราบเลือดตัวอย่างด้วยวิธี Luminol และวิธี Bluestar
ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัยซึ่งประกอบด้วย การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทของพื้นผิว ระยะเวลาการทาสีทับ และวิธีการตรวจหาคราบเลือดด้วยวิธี Luminol และวิธี Bluestar ซึ่งเป็นการทดสอบระหว่าง 2 ตัวแปร ในแต่ละสมมติฐานดังนี้

สมมติฐานที่ 1 ลักษณะพื้นผิวที่ทาสีทับและวิธีการทำความสะอาดคราบเลือดตัวอย่างส่งผลต่อการมองเห็นตรวจหาคราบเลือดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

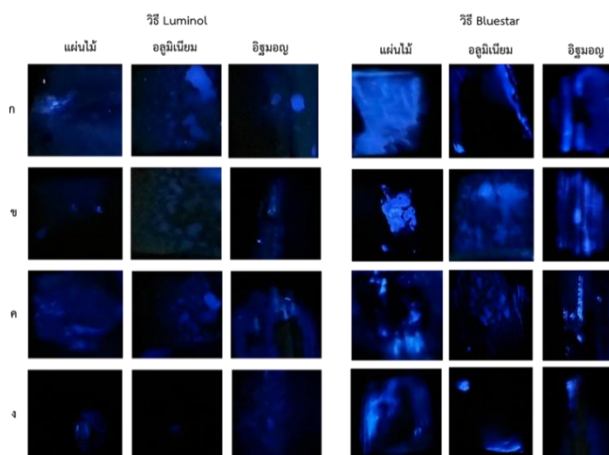
สมมติฐานที่ 2 ลักษณะพื้นผิวที่ทาสีทับและระยะเวลาที่ทาสีทับไว้ส่งผลต่อการตรวจหาคราบเลือดตัวอย่างที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

สมมติฐานที่ 3 ลักษณะพื้นผิวและวิธีการตรวจส่งผลต่อการตรวจหาคราบเลือดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

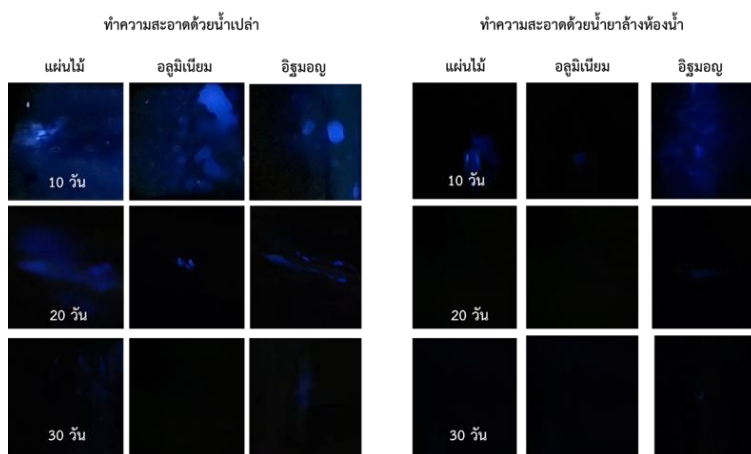
ตอนที่ 1 การตรวจวัดคราบเลือดตัวอย่างด้วยวิธี Luminol และวิธี Bluestar

ในการตรวจวัดคราบเลือดตัวอย่างบนพื้นผิวที่มีรูพรุนคือ อิฐมอญ แผ่นไม้ และพื้นผิวไม่มีรูพรุนคือ อลูมิเนียมนั้นจะดำเนินการจากการทำความสะอาดเลือดตัวอย่างบนพื้นผิวหลังจากที่หยดเลือดตัวอย่างบริเวณตรงกลางพื้นผิวนาน 10 นาที ด้วยวิธีแตกต่างกันดังนี้ การใช้น้ำเปล่า สบู่ ผงซักฟอก และน้ำยาล้างห้องน้ำในการทำความสะอาด จากนั้นทาสีของแต่ละพื้นผิวทับลงไปและทิ้งไว้นาน 10 20 และ 30 วัน จากการศึกษาพบว่า การตรวจวัดคราบเลือดตัวอย่างบนพื้นผิวด้วยวิธี Luminol และวิธี Bluestar สามารถมองเห็นคราบเลือดตัวอย่างบนพื้นผิวที่มีและไม่มีรูพรุนแตกต่างกัน รวมถึงความสามารถในการตรวจวัดคราบเลือดตัวอย่างบนพื้นผิวที่ต่างชนิดกันจะแตกต่างกันตามวิธีทำความสะอาดที่ต่างกันโดยพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุนจะตรวจวัดคราบเลือดได้ยากและไม่มีความชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นผิวที่มีรูพรุน ดังแสดงในรูปที่ 1 ลักษณะของคราบเลือดตัวอย่างบนพื้นผิวที่ตรวจพบนั้นจะขึ้นอยู่กับลักษณะ

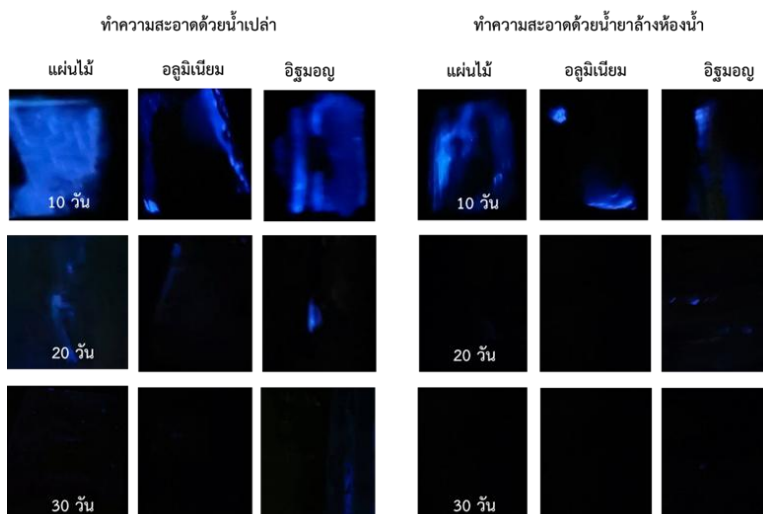
การขจัดในขณะทำความสะอาด การตรวจวัดคราบเลือดตัวอย่างที่ทาสีทับทิ้งไว้นาน 10 20 และ 30 วันด้วยวิธี Bluestar จะแสดงการเรืองแสงได้ดีกว่าวิธี Luminol กล่าวคือ วิธี Bluestar ให้การตรวจวัดคราบเลือดตัวอย่างได้ชัดเจนกว่าวิธี Luminol ดังแสดงในรูปที่ 4-5 และเมื่อพิจารณาการตรวจวัดคราบเลือดบนพื้นผิวชนิดเดียวกันแต่ทำความสะอาดด้วยวิธีที่แตกต่างกันจะพบว่าการใช้น้ำเปล่าในการทำความสะอาดและการตรวจวัดคราบเลือดตัวอย่างบนพื้นผิวด้วยวิธี Luminol และวิธี Bluestar จะให้การเรืองแสงมากที่สุดแสดงถึงการตรวจวัดคราบเลือดตัวอย่างได้ง่าย ในขณะที่การตรวจวัดคราบเลือดตัวอย่างหลังจากทำความสะอาดด้วยน้ำยาล้างห้องน้ำด้วยวิธี Luminol และวิธี Bluestar ให้การเรืองแสงน้อยซึ่งอาจบ่งบอกถึงการตรวจวัดคราบเลือดตัวอย่างได้ยาก มากไปกว่านั้นที่ระยะเวลาในการทาสีทับทิ้งไว้ หลังจากทำความสะอาดที่แตกต่างกันจะให้การเรืองแสงที่ต่างกันดังนี้ ที่ระยะเวลาในการทาสีทับทิ้งไว้สั้น (10 วัน) จะให้การเรืองแสงที่ชัดเจนกว่าระยะเวลาในการทาสีทับทิ้งไว้นาน (20 และ 30 วัน) กล่าวคือการตรวจวัดคราบเลือดตัวอย่างบนพื้นผิวจะยากขึ้นเมื่อระยะเวลาในการทาสีทับทิ้งไว้นานขึ้นดังแสดงในรูปที่ 4-5 อย่างไรก็ตามการตรวจวัดคราบเลือดหลังจากทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่าและน้ำยาล้างห้องน้ำและทาสีทับนาน 30 วัน ด้วยวิธี Luminol และวิธี Bluestar มองเห็นคราบเลือดบนพื้นผิวได้ยากมากจนไม่สามารถมองเห็นคราบเลือดตัวอย่างได้ (รูปที่3-5)



รูปที่ 3 ตัวอย่างการตรวจวัดคราบเลือดตัวอย่างบนพื้นผิวหลังจากถูกทำความสะอาดด้วย (ก) น้ำเปล่า (ข) สบู์ (ค) ผงซักฟอก และ (ง) น้ำยาล้างห้องน้ำและทาสีทับทิ้งไว้นาน 10 วัน ด้วยวิธี Luminol และวิธี Bluestar



รูปที่ 4 ตัวอย่างการตรวจวัดคราบเลือดตัวอย่างบนพื้นผิวหลังจากถูกทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่าและน้ำยาล้างห้องน้ำและทดสอบทิ้งไว้นาน 10 20 และ 30 วัน ด้วยวิธี Luminol



รูปที่ 5 ตัวอย่างการตรวจวัดคราบเลือดตัวอย่างบนพื้นผิวหลังจากถูกทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่าและน้ำยาล้างห้องน้ำและทดสอบทิ้งไว้นาน 10 20 และ 30 วัน ด้วยวิธี Bluestar

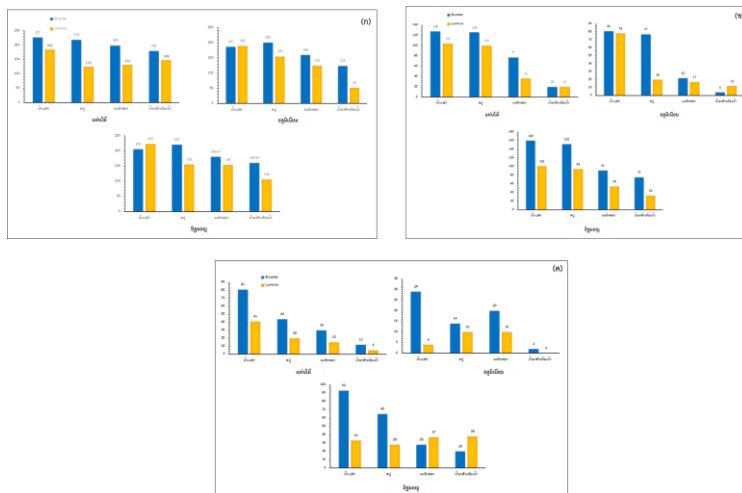
ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ค่าแสงสีน้ำเงินของการตรวจวัดคราบเลือดตัวอย่างด้วยวิธี Luminol และวิธี Bluestar

ในการวัดค่าแสงสีน้ำเงินของการตรวจหาคราบเลือดตัวอย่างด้วยวิธี Luminol และวิธี Bluestar หลังจากทำความสะอาดเลือดตัวอย่างบนพื้นผิวเมื่อหยดเลือดตัวอย่างบริเวณตรงกลางพื้นผิวนาน 10 นาที ด้วยวิธีแตกต่างกันและทาสีทับลงบนพื้นผิวที่ทำความสะอาดแล้วด้วยสีของแต่ละพื้นผิวพร้อมทั้งไว้นาน 10 20 และ 30 วัน พบว่าค่าแสงสีน้ำเงินที่ได้มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญตามชนิดของพื้นผิวและวิธีทำความสะอาดดังแสดงในรูปที่ 6 โดยค่าแสงสีน้ำเงินของการตรวจหาคราบเลือดด้วยวิธี Luminol มีค่าต่ำกว่าค่าแสงสีน้ำเงินของการตรวจหาคราบเลือดด้วยวิธี Bluestar แสดงถึงความสามารถของปฏิกิริยาเรืองแสงที่ต่ำกว่า ซึ่งสอดคล้องกับผลของการตรวจหาคราบเลือดตัวอย่างบนพื้นผิวด้วยวิธี Luminol ที่ยากกว่าการตรวจหาคราบเลือดตัวอย่างบนพื้นผิวยวิธี Bluestar

สมมติฐานที่ 1 รูปที่ 6 แสดงค่าแสงสีน้ำเงินของการตรวจหาคราบเลือดตัวอย่างด้วยวิธี Luminol และวิธี Bluestar บนพื้นผิวที่แตกต่างกันตามวิธีทำความสะอาดที่แตกต่างกัน ณ ระยะเวลาที่ทาสีทับทิ้งไว้แตกต่างกัน จะเห็นว่าการตรวจหาคราบเลือดตัวอย่างบนพื้นผิวต่างชนิดกันด้วยวิธีทำความสะอาดที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันเนื่องจากค่าแสงสีน้ำเงินที่ได้จากการเกิดปฏิกิริยาเรืองแสงมีความแตกต่างกัน โดยค่าแสงสีน้ำเงินที่มากแสดงถึงการเกิดปฏิกิริยาเรืองแสงที่ดีจึงให้ปริมาณแสงสีน้ำเงินหรือแสงสีฟ้ามาก ซึ่งจะสัมพันธ์กับการเรืองแสงที่มองเห็นได้ชัดเจนเช่นเดียวกับการตรวจหาคราบเลือดตัวอย่างบนพื้นผิวต่าง ๆ ที่ดีกว่า (รูปที่ 3-5) เมื่อเปรียบเทียบคราบเลือดตัวอย่างที่ตรวจพบบนพื้นผิวที่มีและไม่มีพรุนคือ อิฐ มอญและอลูมิเนียม ตามลำดับ พบว่าการทำความสะอาดด้วยวิธีที่เหมือนกันจะแสดงค่าแสงสีน้ำเงินที่แตกต่างกันออกไป เช่น การทำความสะอาดพื้นผิวด้วยน้ำเปล่าบนพื้นผิวอิฐมอญจะให้ค่าแสงสีน้ำเงินมากกว่าการทำความสะอาดพื้นผิวด้วยน้ำเปล่าบนพื้นผิวอลูมิเนียมเช่นเดียวกับการทำความสะอาดด้วยสบู่ ผงซักฟอก และน้ำยาล้างห้องน้ำบนพื้นผิวที่มีรูพรุนจะให้ค่าแสงสีน้ำเงินที่สูงกว่าพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน บ่งบอกถึงประสิทธิภาพในการตรวจหาคราบเลือดตัวอย่างบนพื้นผิวที่มีรูพรุนดีกว่าบนพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน สำหรับระยะเวลาในการทาสีทับทิ้งไว้ที่ระยะเวลาแตกต่างกันนั้นจะให้ผลของค่าแสงสีน้ำเงินที่แตกต่างกันด้วย โดยระยะเวลาทาสีทับทิ้งไว้นาน

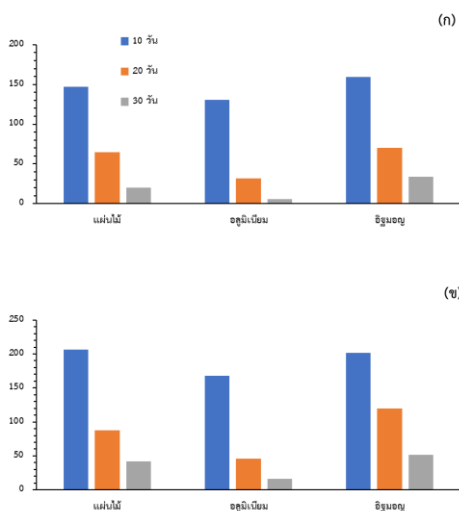
30 วัน จะมีค่าแสงสีน้ำเงินต่ำกว่าระยะเวลาทาสีทับทิ้งไว้นาน 20 และ 10 วัน ตามลำดับ (รูปที่ 6) บ่งบอกถึงการตรวจหาคราบเลือดที่ยากกว่านั่นเอง



รูปที่ 6 ค่าแสงสีน้ำเงินของคราบเลือดตัวอย่างที่ตรวจพบหลังจากถูกทำความสะอาดด้วยบนพื้นผิวด้วยวิธีแตกต่างกันและทาสีทับนาน (ก) 10 วัน (ข) 20 วัน และ (ค) 30 วัน โดยใช้วิธี Luminol และวิธี Bluestar

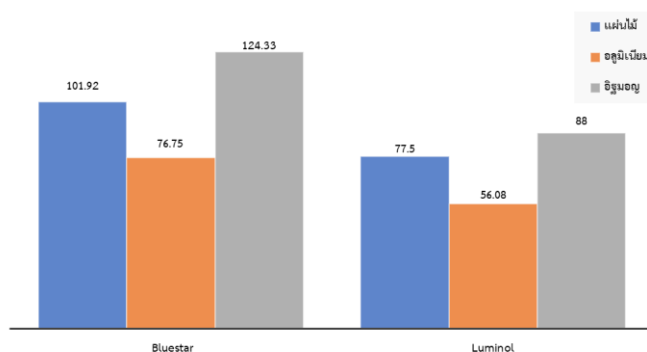
สมมติฐานที่ 2 รูปที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะของพื้นผิวที่ทาสีทับทิ้งไว้ ณ ระยะเวลาที่แตกต่างกันคือ 10 20 และ 30 วัน จากนั้นตรวจหาคราบเลือดตัวอย่างด้วยสารเคมี Luminol และสารเคมี Bluestar จากการเปรียบเทียบการตรวจหาคราบเลือดตัวอย่างบนพื้นผิวที่ทาสีทับทิ้งไว้ ณ ระยะเวลาแตกต่างกันด้วยสารเคมีต่างชนิดกันพบว่าการใช้สารเคมี Luminol และ Bluestar ในการตรวจหาคราบเลือดตัวอย่างบนพื้นผิวที่มีรูพรุนจะให้ค่าการเรืองแสงสูงกว่าพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน โดยที่ระยะเวลาทาสีทับทิ้งไว้ที่ 30 วัน จะให้ค่าการเรืองแสงน้อยที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพื้นผิวที่มีรูพรุนสามารถดูดซับเลือดตัวอย่างไว้ในรูพรุนได้แม้ว่าจะถูกทำความสะอาดด้วยการขัดถูเมื่อถูกตรวจสอบด้วยสารเคมีจึงสามารถมองเห็นได้ในตรงกันข้ามกับพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุนที่ไม่มีพื้นที่ในการกักเก็บเลือดตัวอย่าง ดังนั้นเมื่อถูกทำความสะอาดแล้วจึงทำให้เลือดตัวอย่างหลุดออกไปโดยทิ้งร่องรอยไว้เพียงเล็กน้อยถึงน้อยมากเป็นสาเหตุให้การมองเห็นคราบเลือดตัวอย่างหลังจากตรวจสอบด้วยสารเคมี Luminol และ Bluestar ไม่ชัดเจนมากนักสอดคล้องกับค่าการเรืองแสงที่ได้มีค่าน้อย (รูปที่ 7) อีกทั้ง

ระยะเวลาของการทาสีทับส่งผลต่อค่าการเรืองแสงอย่างเห็นได้ชัดโดยเฉพาะพื้นผิวชนิดอลูมิเนียมที่มีลักษณะพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุนทำให้ไม่มีที่ยึดเกาะของเลือด ในขณะที่พื้นผิวที่มีรูพรุนชนิดอิฐมอญแม้ค่าเฉลี่ยของการเรืองแสงจะลดลงอย่างเห็นได้ชัดจนเมื่อเวลาผ่านไปแต่ยังมีการเรืองแสงที่มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 7 การเปรียบเทียบลักษณะของพื้นผิวที่ทาสีทับ ณ ระยะเวลาที่ทาสีทับทั้งไว้ แตกต่างกับที่ตรวจด้วยสารเคมี (ก) Luminol และ (ข) Bluestar

สมมติฐานที่ 3 จากการทดลองตรวจหาคราบเลือดบนพื้นผิวด้วยวิธี Luminol จะเห็นว่าการตรวจพบการเรืองแสงมากที่สุดจะเรียงจากมากที่สุดไปน้อยสุดได้แก่ อิฐมอญ แผ่นไม้ และอลูมิเนียม ดังภาพที่ 8



รูปที่ 8 การเปรียบเทียบลักษณะของพื้นผิวที่ทาสีที่ตรวจด้วยวิธีที่แตกต่างกัน

สำหรับการทดลองหาคราบเลือดตัวอย่างบนพื้นผิวด้วยวิธี Bluestar นั้นให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับวิธี Luminol คือการตรวจพบการเรืองแสงของคราบเลือดอย่างจากมากที่สุดไปอย่างน้อยที่สุดได้แก่ อิฐมอญ แผ่นไม้ และอลูมิเนียม (รูปที่ 8) การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่ายังพื้นผิวที่มีรูพรุนมากยิ่งขึ้นทำให้โอกาสในการทิ้งร่องรอยสูงเป็นผลให้ค้นหาเป็นไปได้ง่ายและยากที่จะทำลายหลักฐาน

ตารางที่ 2 สรุปค่าความเข้ม RGB เฉลี่ย พร้อมค่า SD และ p-value

พื้นผิว	สารเคมี	ค่าเฉลี่ย RGB	ค่า SD	ค่า p-value
อิฐมอญ	Bluestar	185.3	6.4	0.001
แผ่นไม้	Bluestar	172.6	7.1	0.002
อลูมิเนียม	Bluestar	148.4	5.9	0.005
อิฐมอญ	Luminol	162.8	8.2	0.03
แผ่นไม้	Luminol	150.2	6.7	0.04
อลูมิเนียม	Luminol	135.7	5.5	0.049

จากตารางที่ 2 แสดงค่าความเข้มเฉลี่ยของแสงเรืองแสงในโหมด RGB จากการตรวจหาคราบเลือดด้วยสารเคมี Bluestar และ Luminol บนพื้นผิวที่แตกต่างกัน โดยพบว่า Bluestar ให้ค่าเฉลี่ย RGB สูงกว่าทุกพื้นผิวเมื่อเทียบกับ Luminol ซึ่งบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพการเรืองแสงที่ชัดเจนกว่าค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) แสดงถึงความสม่ำเสมอของข้อมูล ส่วนค่า p-value ที่น้อยกว่า 0.05 บ่งชี้ว่าความแตกต่างของค่าการเรืองแสงระหว่าง Bluestar และ Luminol มีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละพื้นผิว

สรุปตามวัตถุประสงค์การวิจัยได้ดังนี้

วัตถุประสงค์ที่ 1 เพื่อเปรียบเทียบความเข้มของการเรืองแสงที่เกิดขึ้นกับคราบเลือดบนพื้นผิวต่าง ๆ ได้แก่ อิฐมอญ แผ่นไม้ และอลูมิเนียม

ผลการวิจัยพบว่า พื้นผิวอิฐมอญให้ค่าการเรืองแสงเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือแผ่นไม้ และอลูมิเนียม ตามลำดับ โดยสารเคมี Bluestar ให้ค่าความเข้มแสง RGB เฉลี่ยสูงกว่าสารเคมี Luminol อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในทุกประเภทพื้นผิว แสดงให้เห็นว่าพื้นผิวที่มีรูพรุน เช่น อิฐมอญและไม้ มีแนวโน้มตรวจพบคราบเลือดได้ดีกว่าพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน เช่น อลูมิเนียม

วัตถุประสงค์ที่ 2 เพื่อศึกษาความเข้มของการเรืองแสงที่เกิดขึ้นกับคราบเลือดหลังจากทำความสะอาดด้วยวิธีต่าง ๆ ได้แก่ น้ำเปล่า สบู่ ผงซักฟอก และน้ำยาล้างห้องน้ำ ก่อนที่จะถูกปกปิดด้วยสี

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า วิธีการทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่าให้ค่าการเรืองแสงสูงสุด รองลงมาคือสบู่ ผงซักฟอก และต่ำที่สุดคือน้ำยาล้างห้องน้ำ โดยเฉพาะบนพื้นผิวอลูมิเนียม เมื่อทำความสะอาดด้วยน้ำยาล้างห้องน้ำและปล่อยทิ้งไว้ 30 วัน พบว่าคราบเลือดไม่สามารถให้การเรืองแสงที่ชัดเจนได้ด้วยทั้ง Bluestar และ Luminol สอดคล้องกับค่าความเข้ม RGB ที่ต่ำ และมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

อภิปรายผล

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารเคมี Bluestar และ Luminol ในการตรวจหาคราบเลือดที่หยดลงบนพื้นผิวต่างชนิด ได้แก่ แผ่นไม้ อลูมิเนียม และอลูมิเนียม โดยทิ้งไว้ 2 นาที ก่อนทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า สบู่ ผงซักฟอก และน้ำยาล้างห้องน้ำ แล้วปกปิดด้วยสีเป็นเวลา 10, 20 และ 30 วัน ก่อนนำมาตรวจหาคราบเลือดโดยใช้วิธี Bluestar และ Luminol ซึ่งสามารถอภิปรายผลตามสมมติฐานได้ ดังนี้

1. การศึกษาการตรวจหาคราบเลือดด้วยวิธี Luminol และ Bluestar

จากการทดลองพบว่า พื้นผิวที่มีรูพรุน เช่น แผ่นไม้และอลูมิเนียม สามารถตรวจพบคราบเลือดได้ชัดเจนกว่าพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน เช่น อลูมิเนียม โดยเฉพาะเมื่อปกปิดด้วยสีเป็นระยะเวลาไม่เกิน 10 วัน วิธี Bluestar ให้การเรืองแสงชัดเจนกว่า Luminol อย่างไรก็ดี เมื่อปกปิดทิ้งไว้นาน 20–30 วัน ความสามารถในการตรวจพบจะลดลงอย่างชัดเจน โดยเฉพาะ Luminol ที่ตรวจไม่พบการเรืองแสงบนพื้นผิวใดเลยหลัง 30 วัน ซึ่ง สอดคล้องกับ Brenzini & Pathak (2018) ที่ชี้ว่าการทาสีทับหลายชั้นส่งผลให้การตรวจพบคราบเลือดยากยิ่งขึ้น

2. การเปรียบเทียบลักษณะพื้นผิวและระยะเวลาที่ทาสีทับไว้

การตรวจสอบคราบเลือดจากพื้นผิวที่ปกปิดไว้ในระยะเวลาแตกต่างกันแสดงให้เห็นว่า ระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ประสิทธิภาพของการตรวจหาคราบเลือดลดลง อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะบนพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Domala Sai Krishna & Sujayaraj Samuel ที่พบว่า Luminol สามารถตรวจพบคราบเลือดได้ภายใน 15 วันเท่านั้น หลังการทำความสะอาด

3. ลักษณะของพื้นผิวที่หาสีทับและวิธีการทำความสะอาดคราบเลือด

จากผลการทดลองพบว่า ผงซักฟอก และ น้ำยาล้างห้องน้ำ มีผลในการลบคราบเลือดได้มากที่สุด ส่งผลให้สารเคมีตรวจพบได้น้อย โดยเฉพาะในพื้นที่ผิวอูมูนิเยียมที่ไม่มีรูพรุน ซึ่งเมื่อทำความสะอาดด้วยน้ำยาล้างห้องน้ำแล้วตรวจไม่พบการเรืองแสงเลย ในขณะที่พื้นผิวอิฐมอยที่มีรูพรุนยังสามารถตรวจพบได้แม้จะผ่านการทำความสะอาด ผลนี้สอดคล้องกับงานของ Brenzini & Pathak (2018) ซึ่งระบุว่าประเภทของสารทำความสะอาดและลักษณะพื้นผิวมีผลต่อความสามารถในการตรวจสอบด้วยสารเรืองแสงอย่างชัดเจน

4. การเปรียบเทียบลักษณะพื้นผิวและวิธีการตรวจคราบเลือดด้วยวิธี Luminol และวิธี Bluestar

ค่าการเรืองแสงสีน้ำเงินของ Bluestar สูงกว่า Luminol ในทุกเงื่อนไข โดย Bluestar สามารถตรวจจับคราบเลือดได้ดีกว่าในทุกชนิดพื้นผิว โดยเฉพาะพื้นผิวที่มีรูพรุน อย่างไรก็ตาม Luminol และ Bluestar ต่างก็สามารถตรวจพบคราบเลือดได้แม้ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Dilbeck (2006) ที่พบว่าทั้งสองวิธีให้ผลเทียบเท่ากันเมื่อใช้ตรวจคราบเลือดบนพื้นผิวหลากหลายชนิด

ข้อจำกัดทางวิธีวิทยา

แม้ Bluestar จะให้ประสิทธิภาพสูงกว่า Luminol ในการตรวจพบคราบเลือด แต่มีข้อจำกัดที่ควรระวัง เช่น เมื่อสารละลาย Bluestar ถูกผสมแล้ว ควรใช้ภายใน 3 ชั่วโมง เนื่องจากประสิทธิภาพในการเรืองแสงจะลดลงหากปล่อยทิ้งไว้นานเกินไป (Barni et al., 2007) ดังนั้นการควบคุมเวลาในการใช้สารจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อผลลัพธ์ในการตรวจวัด

ข้อพิจารณาด้านจริยธรรมในนิติวิทยาศาสตร์ (Forensic Ethics)

การวิเคราะห์คราบเลือดด้วยสายตาเปล่าเพียงอย่างเดียวโดยไม่มีการใช้เครื่องมือวัดค่าความเข้มแสง RGB อาจก่อให้เกิด ความเสี่ยงต่อการตีความผิดพลาด โดยเฉพาะเมื่อหลักฐานถูกนำไปใช้ในกระบวนการยุติธรรม (Krane et al., 2008; Roux et al., 2012)

ดังนั้น การใช้เครื่องมือวิเคราะห์ RGB เช่น กล้องถ่ายภาพดิจิทัลและซอฟต์แวร์ช่วยวิเคราะห์ จึงมีความสำคัญในการ ลดอคติ เพิ่มความแม่นยำ และทำให้ผลการวิเคราะห์ตรวจสอบได้ อย่างเป็นระบบ

สรุป/ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาวิจัย ทำให้สามารถสรุปได้ว่า สารเคมี Bluestar มีประสิทธิภาพในการตรวจหาคราบเลือดที่ถูกทำความสะอาดและปกปิดด้วยสียบนพื้นผิวต่าง ๆ ได้ดีกว่าสารเคมี Luminol ในทุกเงื่อนไขการทดลอง โดยเฉพาะในกรณีที่พื้นผิวมีลักษณะรุปรุน เช่น อิฐมอญ และไม้ และเมื่อคราบเลือดถูกทำความสะอาดด้วยวิธีที่ไม่รุนแรง เช่น น้ำเปล่า ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นถึงแนวทางการเลือกใช้สารเคมีในการตรวจสอบคราบเลือดให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมและสถานการณ์ในสถานที่เกิดเหตุ ทำให้ผู้วิจัยนำมาใช้เป็นข้อเสนอแนะนำไปใช้ในแต่ละด้านดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 การตรวจหาคราบเลือดด้วยวิธี Bluestar และ Luminol ควรดำเนินการในสภาพแวดล้อมที่มืดสนิท เพื่อให้การเรืองแสงปรากฏอย่างชัดเจน ทั้งนี้ ควรใช้กล้องถ่ายภาพคุณภาพสูงร่วมด้วย เพื่อให้สามารถบันทึกและสังเกตลักษณะของการเรืองแสงได้อย่างแม่นยำ ลดความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดจากการใช้สายตามนุษย์ในการประเมินผล

1.2 ควรควบคุมปริมาณเลือดตัวอย่างที่ใช้ในแต่ละครั้งให้เท่ากัน (1.00 มิลลิลิตร) เพื่อให้ผลการทดลองมีความสอดคล้องกัน และลดความแปรปรวนของปริมาณเลือดที่หลงเหลืออยู่หลังการทำความสะอาดและการปกปิดด้วยสี ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อระดับการเรืองแสงที่ตรวจพบ

1.3 ในการทำความสะอาดคราบเลือด ควรควบคุมทั้งปริมาณของสารทำความสะอาดและอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ โดยควรใช้น้ำเปล่าในอุณหภูมิห้อง เนื่องจากการใช้น้ำร้อนอาจทำให้โปรตีนในเลือดจับตัวแน่นกับพื้นผิว และมีผลต่อการเรืองแสงของสารเคมีที่ใช้ตรวจสอบ

1.4 การผสมสารเคมี Bluestar และ Luminol ควรดำเนินการตามอัตราส่วนที่กำหนดอย่างเคร่งครัด และควรใช้งานภายในเวลาที่แนะนำ (ภายใน 3 ชั่วโมง) เพื่อให้ค่าการเรืองแสงที่ได้มีความแม่นยำและเชื่อถือได้

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาประสิทธิภาพของสารเคมี Bluestar และ Luminol ในสถานการณ์ที่หลากหลายมากขึ้น เช่น การปกปิดด้วยวัสดุหลายชั้น หรือการใช้พื้นผิวที่มีความซับซ้อนมากขึ้น ในสถานที่เกิดเหตุจริง

2.2 ควรเปรียบเทียบผลของการเรียงแสงโดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ภาพดิจิทัลแบบอัตโนมัติ หรือเทคโนโลยีประมวลผลภาพขั้นสูง เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการประเมินค่าความเข้มของแสง และลดความคลาดเคลื่อนจากมนุษย์

2.3 ควรมีการทดลองเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลกระทบของสภาวะแวดล้อม เช่น ความชื้น อุณหภูมิ และระยะเวลาหลังเกิดเหตุ เพื่อให้สามารถประยุกต์ใช้ผลการวิจัยในสถานการณ์จริงได้อย่างครอบคลุมมากขึ้น

ตารางที่ 3 ข้อเสนอแนะในการวิจัยและการประยุกต์ใช้

ประเด็น	คำแนะนำ
เวลาใช้สาร	ใช้ภายใน 3 ชม. หลังผสมเพื่อป้องกันค่าการเรียงแสงลดลง
การถ่ายภาพ	ใช้กล้อง DSLR + โหมด manual + สภาพแวดล้อมมืดสนิท
ปริมาณเลือด	ควบคุมให้เท่ากันที่ 1.00 มล.
การใช้น้ำทำความสะอาด	ใช้น้ำเปล่าอุณหภูมิห้อง ไม่ใช้น้ำร้อน
การผสมสารเคมี	ผสมตามสัดส่วนที่กำหนดอย่างเคร่งครัด
รูปแบบพื้นผิวที่ควรศึกษาเพิ่มเติม	ศึกษาการปกปิดหลายชั้นและพื้นผิวซับซ้อน
การวิเคราะห์ภาพ	ใช้โปรแกรมประมวลผลภาพอัตโนมัติแทนการประเมินด้วยสายตา
ปัจจัยแวดล้อม	ศึกษาความชื้น อุณหภูมิ และเวลาหลังเกิดเหตุ

จากตารางที่ 3 สรุปข้อเสนอแนะจากการวิจัยเพื่อใช้ในการตรวจคราบเลือดและการวิจัยต่อยอด โดยจัดแยกตามประเด็นสำคัญเพื่อให้นำไปใช้ได้อย่างชัดเจน ครอบคลุมทั้งการควบคุมสภาพแวดล้อม การเตรียมตัวอย่าง และการใช้เครื่องมือวิเคราะห์อย่างแม่นยำ

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานตำรวจแห่งชาติ. (2566). รายงานสถานการณ์อาชญากรรมประจำปี พ.ศ. 2566.

กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์สำนักงานตำรวจแห่งชาติ.

- สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. (2565). ยุทธศาสตร์การวิจัยแห่งชาติด้านนิติวิทยาศาสตร์ พ.ศ. 2565–2570. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- สุชานาถ จงดีไพบูลย์. (2557). สถิติสำหรับการวิจัยทางการศึกษาและพฤติกรรมศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Barni, F., Berti, A., Polesello, S., & Lago, G. (2007). Further studies on the effects of Bluestar® Forensic on presumptive blood tests and DNA analysis. *Forensic Science International*, 168(2–3), 232–239.
- Brenzini, V., & Pathak, R. (2018). A comparison study of the detection of bloodstains on painted and cleaned surfaces with luminol. *Forensic Science International*, 289, 75–82.
- Cox, M. (1991). A study of the sensitivity and specificity of four presumptive tests for blood. *Journal of Forensic Sciences*, 36(5), 1503–1511.
- de Almeida, C. L. S., & de Carvalho, R. A. (2018). Detection of cleaned bloodstains using luminol and Bluestar® forensic. *Forensic Science International*, 289, 56–60.
- Dilbeck, L. (2006). A comparative analysis of Bluestar® Forensic and traditional luminol in blood detection. *Journal of Forensic Identification*, 56(3), 330–340.
- Krane, D. E., Ford, S., Gilder, J. R., Inman, K., Jamieson, A., Koppl, R., Rudin, N., Taylor, M. S., & Thompson, W. C. (2008). Sequential unmasking: A means of minimizing observer effects in forensic science casework. *Journal of Forensic Sciences*, 53(4), 1006–1007.
- Krishna, D. S., & Samuel, S. (2021). Development of blood detection using luminol test in crime scene investigation. *International Journal of Forensic Sciences*, 6(2), 87–91.
- Leekitwatana, P. (2022). *Educational research methodology* (12th ed.). Meen Service Supply.

Roux, C., Crispino, F., & Ribaux, O. (2012). From forensics to forensic science. *Current Issues in Criminal Justice*, 24(1), 7–24.

Tobe, S. S., Watson, N., & Daéid, N. N. (2007). Evaluation of six presumptive tests for blood, their specificity, sensitivity, and effect on high molecular-weight DNA. *Forensic Science International*, 172(2–3), 144–152.