การตรวจหาคราบโลหิตที่ทาสีขาวเบสน้ำทับด้วยวิธี LUMINOL และ BLUESTAR

โดย
นางสาวกรกมล วีระพันธุ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การตรวจหาคราบโลหิตที่ทาสีขาวเบสน้ำทับด้วยวิธี LUMINOL และ BLUESTAR

โดย
นางสาวกรกมล วีระพันธุ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

DETECTION OF BLOODSTAINS COVERD WITH WHITE WATER-BASED PAINTS USING LUMINOL AND BLUESTAR METHODS

By

MISS Konkamon WERAPHAN

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for Master of Science (FORENSIC SCIENCE)

Graduate School, Silpakorn University

Academic Year 2020

Copyright of Graduate School, Silpakorn University

หัวข้อ	การตรวจหาคราบโลหิตที่ทาสีขาวเบสน้ำทับด้วยวิธี LUMINOL และ BLUESTAR
โดย	กรกมล วีระพันธุ์
สาขาวิชา	นิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	อาจารย์ ดร. ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

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

พิจารณาเห็นชอบโดย

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

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

.....ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุภาพร สมีน้อย)

59312311 : นิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
คำสำคัญ : คราบโลหิต, พื้นผิวที่ทาสีทับ, luminol และ Bluestar

นางสาว กรกมล วีระพันธุ์: การตรวจหาคราบโลหิตที่ทาสีขาวเบสน้ำทับด้วยวิธี LUMINOL และ BLUESTAR อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : อาจารย์ ดร. ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี

คราบโลหิตเป็นหลักฐานทางกายภาพที่สำคัญโดยทั่วไปพบในการก่ออาชญากรรมที่รุนแรง ในบางกรณีพบว่าผู้ที่กระทำความผิดอาจใช้การทาสีทับบนพื้นผิวประเภทต่าง ๆ เพื่อปกปิดหลักฐานของคราบโลหิตที่เกาะอยู่ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตรวจหาคราบโลหิตบนพื้นผิวต่าง ๆ ที่ทาสีทับ โดยใช้วิธี luminol และ Bluestar การทดลองนำโลหิต 1 mL หยดลงบนพื้นผิวที่มีรูพรุนแต่ละชนิด คือ แผ่นไม้ พรมที่ทำจากผ้า กระดาษ และแผ่นอิฐบล็อก และบนพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน เช่น แผ่นกระเบื้อง และกระจก จากนั้นนำพื้นผิวทั้งหมดไปทาสีทับด้วยสีเบสน้ำชนิดทาภายใน และสีทาภายนอก ตามแต่ละชนิดของพื้นผิว นำมาตรวจคราบโลหิตด้วยวิธีทั้งสองบนพื้นผิวต่างๆภายหลังจากการทาสีทับที่เวลาต่างๆ (10, 20 และ 30 วัน) จากการทดลองพบว่าการตรวจวัดด้วยวิธีทั้งสองนี้สามารถตรวจวัดคราบโลหิตที่ทาสีทับบนวัสดุทุกชนิดภายหลังจากหยดโลหิตเป็นระยะเวลา 10 วัน สำหรับตัวอย่างที่เก็บไว้เป็นเวลา 20 วันยังสามารถตรวจพบคราบโลหิตได้ยกเว้นบนพื้นผิวพรมที่ทำจากผ้า ยังพบว่าสามารถตรวจพบคราบโลหิตบนพื้นแผ่นอิฐบล็อกด้วยวิธีทั้งสอง แม้จะเก็บตัวอย่างไว้ถึง 30 วัน จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าจากการตรวจวัดคราบโลหิตด้วยวิธี luminol และ Bluestar สามารถใช้เพื่อตรวจหาคราบโลหิตเก่าบนพื้นผิวชนิดต่างๆที่ถูกทาทับด้วยสีขาวที่เป็นเบสน้ำได้

59312311 : Major (FORENSIC SCIENCE)
Keyword : Bloodstains / painted surface / luminol / Bluestar

MISS KONKAMON WERAPHAN : DETECTION OF BLOODSTAINS COVERD WITH WHITE WATER-BASED PAINTSUSING LUMINOL AND BLUESTAR METHODS THESIS ADVISOR : SUPACHAI SUPALAKNARI, Ph.D.

Bloodstains are important physical evidence generally found in violent crimes. However, in some cases the perpetrators may apply paints to concealed the evidence of bloodstains deposited on different types of surface. The objective of this work is to investigate into the utilization of luminol and Bluestar methods in the detection of bloodstains on various surfaces covered with paints. One milliliter of blood was deposited on each sample of porous surfaces namely, wooden board, cloth carpet, paper and brick and on non-porous surfaces such as ceramic tiles and glass. The samples were then covered with interior or exterior white water-based paints as appropriate to the surfaces. The two reagents were used to visualize the bloodstains on the specimens at different time interval after the deposition of bloodstains (10, 20 and 30 days). It was found that the bloodstains can be detected by the two test methods on the samples of all types of material studied that were kept for 10 days. For the specimens kept for 20 days, the bloodstains were also detectable except those on the carpet. For the bloodstains aged for 30 days, only those deposited on the brick can be detected by the two reagents. The results demonstrated that the two test methods of luminol and Blue star can be used to detect the aged bloodstains on the surfaces studied that were covered with white water-based paints.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความอนุเคราะห์จากผู้มีพระคุณทั้งหลายที่กรุณาให้คำแนะนำและความช่วยเหลือ ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งคอยให้คำแนะนำ และแก้ไขในส่วนที่บกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดีตลอดการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยมีความดีใจและซาบซึ้งในความกรุณาเป็นอย่างมาก จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง ประธานกรรมการ และอาจารย์ ดร. ยุภาพร สมีน้อย กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้เสียสละเวลาในการตรวจสอบ ให้คำแนะนำและปรับปรุงแก้ไข การวิจัยครั้งนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณเพื่อนๆ สาขานิติวิทยาศาสตร์ รุ่นที่ 12 มหาวิทยาลัยศิลปากร สำหรับความช่วยเหลือ กำลังใจ และน้ำใจที่มีให้กันเสมอมา

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่ ครอบครัว ผู้มีพระคุณทุกท่าน ซึ่งได้เอาใจใส่คอยให้กำลังใจเสมอ และเป็นแรงผลักดันในการศึกษา และขอขอบพระคุณผู้ที่มิได้เอ่ยนามซึ่งมีส่วนช่วยเหลือในวิทยานิพนธ์จนประสบความสำเร็จไปได้ด้วยดี

กรกมล วีระพันธุ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูปภาพ ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4

คำถามการวิจัย 4

สมมติฐานการวิจัย 4

ขอบเขตของการวิจัย 4

นิยามศัพท์เฉพาะ 6

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6

บทที่ 2 เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโลหิต 8

1.1 ส่วนประกอบของโลหิต (Composition of the blood) 8

1.2 ชนิดของเม็ดเลือด 9

1.3 หน้าที่ของโลหิตที่สำคัญ 11

2. การพิสูจน์คราบโลหิต 13

2.1 ลักษณะของคราบโลหิตและความสัมพันธ์กับหลักฐานอื่น ๆ 13

2.2 การตรวจสอบว่าคราบเป็นคราบโลหิต 14
2.3 วิธีการตรวจคราบโลหิต 15
3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 37
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 47
ขั้นที่ 1 ศึกษาเพื่อให้ทราบถึงคุณลักษณะของตัวแปร 47
ขั้นที่ 2 ขั้นตอนการเตรียมอุปกรณ์และสารละลายที่ใช้ในการทดสอบ 47
ขั้นที่ 3 ขั้นตอนในการทดสอบ 53
ขั้นที่ 4 ขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูล 54
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 57
ตอนที่ 1 การตรวจการตรวจวัดคราบโลหิตด้วยวิธี Luminal และ Blue star 58
ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัย 71
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 85
สรุปผลการวิจัย 85
อภิปรายผล 90
ข้อเสนอแนะ 93
1. ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัย 93
2. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้ 93
3. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป 94
รายการอ้างอิง 95
ภาคผนวก 98
ภาคผนวก ก การทดสอบคุณลักษณะตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทาสีทับบนคราบโลหิต ที่มีผลต่อการตรวจหาคราบโลหิตด้วยวิธี Luminal และ Blue star 99
ประวัติผู้เขียน 100

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 สรุปประเด็นที่ศึกษาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาคุณลักษณะตัวแปรต่อประสิทธิภาพในการตรวจหาคราบโลหิตแฝง 45

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิตจำแนกตามประเภทพื้นผิว 71

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิต จำแนกตามชนิดของสี 72

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิตจำแนกตามระยะเวลาที่ทาสีทับ 72

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิต 73

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีผลต่อการตรวจหาคราบโลหิต จำแนกตามประเภทของพื้นที่ผิวและชนิดของสีขาวเบสน้ำที่ทาทับ 74

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการตรวจหาคราบโลหิต ระหว่างประเภทพื้นผิวและชนิดของสีขาวเบสน้ำที่ทาทับ 75

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีผลต่อการตรวจหาคราบโลหิตแฝง จำแนกตามประเภทพื้นผิวและระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับ 77

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการตรวจหาคราบโลหิต ระหว่างประเภทพื้นผิวกับระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับ 78

ตารางที่ 10 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการตรวจหาคราบโลหิตเป็นรายคู่ (i-j) จำแนกตามประเภทพื้นผิว 78

ตารางที่ 11 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการตรวจหาคราบโลหิตแฝงเป็นรายคู่ (i-j) จำแนกตามจำแนกตามระยะเวลาที่ทาสีทับ 80

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีผลต่อการตรวจหาคราบโลหิต จำแนกตามประเภทพื้นผิวและวิธีการตรวจคราบโลหิต Luminol และ Bluestar 82

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการตรวจหาคราบโลหิต ระหว่างพื้นผิวกับวิธีการตรวจคราบโลหิต Luminol และ Bluestar..... 83

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ขอบเขตของการวิจัย 5

ภาพที่ 2 ส่วนประกอบของเลือด 9

ภาพที่ 3 ชนิดของเซลล์เม็ดเลือด 10

ภาพที่ 4 จุลกายวิภาคศาสตร์ของเม็ดเลือดขาวแต่ละชนิด 11

ภาพที่ 5 โครงสร้างทางเคมีของฟีนอล์ฟทาลีน 16

ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงสีของฟีนอล์ฟทาลีนเมื่อทำปฏิกิริยากับโลหิต 17

ภาพที่ 7 โครงสร้างทางเคมีของเตตระเมทิลเบนซีดีน 18

ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงสีของเตตระเมทิลเบนซีดีนเมื่อทำปฏิกิริยากับโลหิต 19

ภาพที่ 9 โครงสร้างทางเคมีของลูมินอล 20

ภาพที่ 10 การเกิดปฏิกิริยาของลูมินอลในขั้นตอนแรก 21

ภาพที่ 11 การเกิดปฏิกิริยาของลูมินอลในขั้นตอนที่สอง 21

ภาพที่ 12 ปฏิกิริยาการเรืองแสงเมื่อทำปฏิกิริยากับโลหิต 22

ภาพที่ 13 โครงสร้างทางเคมีของ Malachite Green และ Leucomalachite Green 24

ภาพที่ 14 ปฏิกิริยาการเรืองแสงเป็นสีม่วงเมื่อทำปฏิกิริยากับโลหิต 25

ภาพที่ 15 ค่าการดูดกลืนแสงของเลือดแห้ง (Absorption Spectrum of Dry Blood) 27

ภาพที่ 16 ลักษณะการสะท้องแสงบนผิวชนิดต่าง ๆ 33

ภาพที่ 17 ระบบสี CYMK Model 34

ภาพที่ 18 ระบบสี RGB Model 35

ภาพที่ 19 Lab Color Model 36

ภาพที่ 20 HSB Color Model 37

ภาพที่ 21 กรอบแนวคิดในการวิจัย 46

ภาพที่ 22 การมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวด้วยวิธี Luminal ระยะเวลา 10 วัน ทาสีขาวเบสน้ำภายใน 59

ภาพที่ 23 การมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวด้วยวิธี Luminol ระยะเวลา 10 วัน ทาสีขาวเบสน้ำภายนอก 60

ภาพที่ 24 การมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวด้วยวิธี วิธี Luminol ระยะเวลา 20 วัน ทาสีขาวเบสน้ำภายใน 61

ภาพที่ 25 การมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวด้วยวิธี วิธี Luminol ระยะเวลา 20 วัน ทาสีขาวเบสน้ำภายนอก 62

ภาพที่ 26 การมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวด้วยวิธี Luminol ระยะเวลา 30 วัน ทาสีขาวเบสน้ำภายใน 63

ภาพที่ 27 การมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวด้วยวิธี Luminol ระยะเวลา 30 วัน ทาสีขาวเบสน้ำภายนอก 64

ภาพที่ 28 การมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวด้วยวิธี Bluestar ระยะเวลา 10 วัน ทาสีขาวเบสน้ำภายใน 65

ภาพที่ 29 การมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวด้วยวิธี Bluestar ระยะเวลา 10 วัน ทาสีขาวเบสน้ำภายนอก 66

ภาพที่ 30 การมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวด้วยวิธี Bluestar ระยะเวลา 20 วัน ทาสีขาวเบสน้ำภายใน 67

ภาพที่ 31 การมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวด้วยวิธี Bluestar ระยะเวลา 20 วัน ทาสีขาวเบสภายนอก 68

ภาพที่ 32 การมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวด้วยวิธี Blue star ระยะเวลา 30 วัน ทาสีขาวเบสน้ำภายใน 69

ภาพที่ 33 การมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวด้วยวิธี Bluestar ระยะเวลา 30 วัน ทาสีขาวเบสน้ำภายนอก 70

ภาพที่ 34 ค่าเฉลี่ยของการตรวจหาคราบโลหิตระหว่างประเภทพื้นผิวและชนิดของสีขาวเบสน้ำที่ทาทับ 76

ภาพที่ 35 ค่าเฉลี่ยของการตรวจหาคราบโลหิตระหว่างประเภทพื้นผิวและระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับ..... 81

ภาพที่ 36 ค่าเฉลี่ยของการตรวจหาคราบโลหิตระหว่างประเภทพื้นผิวและวิธีตรวจคราบโลหิต 84

บทที่ **1**
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สภาพสังคมและเศรษฐกิจของประเทศไทยในยุคปัจจุบันกำลังเกิดปัญหา เช่น สถานประกอบการต่าง ๆ ได้มีการปลดพนักงานบางส่วนออก หรืออาจล้มเลิกกิจการ ก่อให้เกิดผู้คนว่างงานเป็นจำนวนมาก ทั้งสังคมยังมีการพัฒนาด้านเทคโนโลยีไปอย่างรวดเร็วจึงทำให้มีปัญหาต่าง ๆ ตามมามากมาย ในสภาพสังคมที่เกิดความแตกต่าง เกิดปัญหาทั้งด้านเศรษฐกิจ อัตราค่าของชีพสูง การว่างงานเพิ่มขึ้น ความยากจน เป็นแหล่งระบาดยาเสพติด รวมไปถึงปัญหาที่เกี่ยวกับการศึกษา และหนึ่งในปัญหาที่สำคัญยิ่งต่อสภาพสังคมไทยก็คือ ปัญหาอาชญากรรมที่กระทบต่อชีวิตและทรัพย์สิน เช่น คดีฆ่าผู้อื่น ทำร้ายร่างกายผู้อื่นถึงแก่ความตาย พยายามฆ่า ทำร้ายร่างกาย ข่มขืนกระทำชำเรา ปล้นทรัพย์ วิ่งราวทรัพย์ ลักทรัพย์ ชิงทรัพย์ และฉ้อโกง เป็นต้น ซึ่งปัญหาเหล่านี้นำไปสู่การเกิดคดีอาชญากรรมที่เพิ่มสูงขึ้น เพราะเป็นปัญหาร้ายแรงต่อสังคมไทยที่มีผลกระทบชีวิตและความเป็นอยู่ที่ดีของประชาชน เป็นปัญหาที่สร้างความไม่สงบให้แก่สังคม สร้างความเดือดร้อนต่อชีวิตและทรัพย์สิน

จากข้อมูลสถิติล่าสุดที่ผ่านมาจำนวนการจับกุมคดีอาชญากรรมของสำนักงานตำรวจแห่งชาติ ประเภทคดีอาญา และคดีสำคัญตาม พ.ร.บ. ที่มีโทษทางอาญา ฐานความผิดเกี่ยวกับชีวิต ร่างกาย และเพศ ตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ. 2562–31 ธันวาคม พ.ศ. 2562 รับแจ้งจำนวนทั้งหมด 18,130 คดี แบ่งเป็น คดีฆ่าผู้อื่น(คดีอุกฉกรรจ์) จำนวน 1,370 ราย ทำร้ายผู้อื่นถึงแก่ความตาย จำนวน 429 ราย พยายามฆ่า จำนวน 2,086 ราย ทำร้ายร่างกาย จำนวน 10,283 ราย ข่มขืนกระทำชำเรา จำนวน 1,965 ราย และคดีอื่น ๆ 1,997 คดี (ระบบสารสนเทศสถานีตำรวจ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ, 2562) ซึ่งการก่อคดีต่าง ๆ ผู้กระทำความผิดหรือผู้ต้องสงสัยมักจะทิ้งร่องรอยหรือวัตถุพยานต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นวัตถุพยานที่ได้มาจากร่างกาย ได้แก่ เส้นผม เส้นขน อสุจิ ปัสสาวะ เลือด น้ำลาย เนื้อเยื่อ เป็นต้น และจากวัตถุพยานประเภทสิ่งของ เช่น เอกสาร อาวุธ บุหรี่ กระจก เป็นต้น และจากที่กล่าวมาข้างต้นนี้ เลือด หรือ “โลหิต” ถือเป็นวัตถุพยานชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญและพบได้ในสถานที่เกิดเหตุ ในสถานที่เกิดเหตุ นอกจากวัตถุพยานที่เป็นสิ่งสำคัญที่ใช้เป็นหลักฐานสำคัญ ในการพิสูจน์ความผิดของคนร้าย หรือเพื่อใช้เป็นแนวทางในการช่วยสืบหาผู้กระทำความผิดได้อย่างถูกต้อง และรวดเร็วยิ่งขึ้น ในกรณีที่ไม่สามารถพบลายพิมพ์นิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานหรือในสถานที่เกิดเหตุได้คราบเลือด หรือโลหิต เป็นทางเลือกหนึ่งที่นำมาใช้แม้จะมีปริมาณเพียงเล็กน้อย เนื่องจากใน

เลือดนั้นมีดีเอ็นเอ (DNA) หรือรหัสพันธุกรรมที่มีลักษณะเฉพาะเจาะจงในแต่ละบุคคล จึงสามารถใช้เป็น หลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์เพื่อไปสู่ความยุติธรรมในคดีได้

โลหิต มีสารฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) เป็นสารที่เป็นส่วนประกอบสำคัญ ในเม็ดเลือดแดง (Red blood cell) ทำหน้าที่นำออกซิเจน (O_2) ไปตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย โครงสร้างโมเลกุลของฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ประกอบสายโปรตีนที่เรียกว่า โพลีเปปไทด์(Polypeptide) หรือสายโกลบิน (Globin) กลุ่มของฮีม (Heme) ส่วนของฮีม (Heme) จะมีพอไพริน (Porphyrin) จับอยู่กับเหล็ก (Fe+) ซึ่งจะจับกับออกซิเจน (O_2) เพื่อนำไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย โลหิตยังจัดว่าเป็นพยานที่สำคัญที่สุดในการนำไปใช้ตรวจหาหมู่เลือด และดีเอ็นเอ เพื่อบ่งบอกว่าเป็นเลือดของบุคคลใดและยังสามารถใช้เป็นหลักฐานในการเชื่อมโยงไปถึงผู้เสียหาย ผู้ต้องสงสัย และสถานที่ที่เกิดเหตุเข้าไว้ในเหตุการณ์เดียวกัน โดยอาศัยลักษณะของคราบโลหิตที่ปรากฏในที่เกิดเหตุ เช่น ปริมาณโลหิต ขอบเขตการกระจายของโลหิต รอยป้าย รอยโลหิตลาก เป็นต้น นอกจากนี้ลักษณะรูปร่างของหยดโลหิต ยังสามารถบ่งบอกถึงระยะและทิศทางของโลหิต ที่มากระทบกับพื้นผิวได้ ข้อมูลเหล่านี้ล้วนเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการที่จะนำไปใช้ประกอบการพิจารณาถึงพฤติการณ์ของคดีที่เกิดขึ้น ซึ่งโลหิตถือเป็นหนึ่งในประเภทของหลักฐานที่พบมากที่สุด จัดได้ว่าโลหิตเป็นหลักฐานทางกายภาพในคดีที่มีการก่ออาชญากรรมรุนแรง และผลการวิเคราะห์โลหิตยังสามารถให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์มาก

ในด้านนิติวิทยาศาสตร์มีการตรวจสอบคราบโลหิตได้หลายวิธีที่เชื่อถือได้ ในการค้นหาคราบโลหิตแฝง และการพิสูจน์ยืนยันว่าเป็นโลหิตของบุคคลใดนั้น เช่น การตรวจคราบโลหิตด้วย วิธี Leucomalachite Green วิธี Phenolphthalein และ วิธี Tetramethylbenzidine วิธี Benzidine วิธี O-tolidine โดยการตรวจคราบเลือด หรือ โลหิตด้วย Benzidine และ O-tolidine นั้น จะให้ความไวสูงกว่าแต่มีความจำเพาะน้อยกว่า Phenolphthalein นอกจากนี้ยังรวมถึงเทคนิคการตรวจหาคราบโลหิตด้วยเทคนิค Bluestar และ Luminol ยังเป็นเทคนิคที่มักจะถูกนำมาใช้ในด้านนิติวิทยาศาสตร์ในการตรวจหาคราบโลหิตแฝง หรือคราบโลหิตที่ไม่สามารถมองเห็นได้ (ไชยวัฒน์ ไชยสมบูรณ์, 2555)

จากการศึกษาการตรวจวัดคราบโลหิตโดยวิธี Luminol และ Bluestar ซึ่ง Specht ได้เริ่มนำ Luminol มาใช้ตรวจหาคราบโลหิตบนวัตถุพยาน การตรวจคราบโลหิตด้วยวิธี Luminol เป็นวิธีที่ค่อนข้างมีความจำเพาะเจาะจงและสามารถตรวจคราบโลหิตที่เจือจางมากได้ หลังจากนั้น Grodsky ได้พัฒนา Luminol โดยใช้ Sodium carbonate (Na_2CO_3) และ Sodium percarbonate (Na_2CO_3 $3H_2O_2$) ผสมกับน้ำกลั่น และเป็นสูตรที่นิยมใช้ในการตรวจคราบโลหิตในคดีอาชญากรรม แต่สารดังกล่าวเกิดปฏิกิริยาการ Oxidation ของเม็ดเลือดแดงช้าจึงทำให้เกิดสารเรืองแสงไม่มากและระยะสั้น เป็นวิธีที่ไม่เสถียรและเป็นพิษสูง จนต่อมา Weber ได้ปรับปรุงสูตร โดยใช้ Sodium hydroxide (NaOH) เป็นส่วนประกอบใหม่ใน Luminol แต่สารละลายดังกล่าวต้องเก็บในที่เย็น และต้องเก็บให้

พ้นแสง และสารเรืองแสงที่ได้จากการตรวจคราบโลหิตต้องถ่ายภาพมีข้อจำกัด คือ ต้องถ่ายภาพในที่มืดและต้องใช้กล้องสำหรับถ่ายภาพตอนกลางคืน (Night-vision) (จุฑามาศ ยิ้มนุ่น, 2559) ส่วน วิธี Blue star ได้ถูกพัฒนามาจาก Luminol ซึ่งหลักการทั่วไปของการทดสอบคราบโลหิต คือ เหล็ก (Fe^{2+}) จะทำหน้าที่เป็นตัวรีดิวซ์สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) จากนั้นเหล็กจะกระตุ้นเอนไซด์เปอร์ออกซิเตสทำให้ปล่อยพลังงานออกมาในรูปแสงสีฟ้า ซึ่งสรุปได้ว่าวิธี Luminol และ Bluestar เป็นวิธีที่มีประโยชน์สำหรับสถานที่เกิดเหตุในที่มืดหรือพื้นผิวที่ถูกล้างคราบโลหิตออกเพื่ออำพรางคดี และพื้นผิวที่กลมกลืนกับพื้นผิววัตถุที่พบในที่เกิดเหตุ นอกจากนี้ยังมีโอกาสที่จะเกิดการปนเปื้อนจากสารอื่นได้น้อยกว่าอีกสองวิธีแรก โดยทำการพ่นสารยังบริเวณที่พบคราบหรือร่องรอยของโลหิต ถ้าคราบหรือร่องรอยที่พบ คือ โลหิต ก็จะเกิดการเรืองแสงขึ้นในบริเวณที่ทำการพ่น ดังนั้น วิธี Luminol และ Blue star จึงเป็นสารที่นิยมใช้ในเหตุการณ์จริงมากกว่าวิธี Tetramethylbenzidine และวิธี Phenolphthalein เพราะมีวิธีการเตรียมที่สะดวกต่อการนำไปปฏิบัติงานในคดีต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นซึ่งส่วนใหญ่มักจะเกิดในเวลากลางคืน (สวรส ปุริมโน, 2555)

ปัจจุบันประเทศไทยได้ให้ความสำคัญต่อการการพิสูจน์หลักฐานด้วยนิติวิทยาศาสตร์มากขึ้น เห็นได้จากมีการตั้งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในสำนักงานตำรวจแห่งชาติ และกระทรวงยุติธรรม ทำให้สามารถคลี่คลายคดีที่ซับซ้อนและเป็นที่สนใจของประชาชนทั่วไป ซึ่งส่วนใหญ่เป็นคดีฆาตกรรมอำพรางศพ และจากข่าวเรื่องคดีการฆ่าหั่นศพล่าสุดปี 2562 ที่ผู้ต้องหาได้ฆ่าอำพรางศพยัดตู้เย็น ซึ่งได้หั่นศพเป็นชิ้นๆ แล้วยัดตู้เย็นไว้ในบ้าน ซึ่งจากการติดตามตามสืบหาผู้ลงมือทำในครั้งนี้พบว่าเป็นลูกของผู้เสียชีวิตเอง ส่วนสาเหตุน่าจะมาจากการทะเลาะกัน เลยทำร้ายแม่ตนเองและเมื่อฆ่าหั่นศพแม่แล้วก็อำพรางคดี โดยคดีนี้ภายหลังจากหั่นศพแล้วได้มีการชำระล้างทำความสะอาด ถึงแม้ว่าคนร้ายจะทำลายพยานหลักฐานด้วยการล้างหรือทำความสะอาดไปแล้วแต่ก็สามารถตรวจสอบได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการศึกษาการตรวจหาคราบโลหิต ที่ทาสีขาวเบสน้ำทับด้วยวิธี Luminol และ Bluestar ของคราบโลหิตบนพื้นผิวต่าง ๆ โดยแบ่งออกเป็นพื้นผิวชนิดมีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวชนิดที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก ที่ได้มีการทาสีขาวเบสน้ำทับ เนื่องจากวิธีการตรวจดังกล่าวนั้นสามารถตรวจหาคราบโลหิตได้ในที่มืดอีกทั้งวิธีดังกล่าวมีวิธีการเตรียมที่ง่าย สะดวก และไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพผู้ปฏิบัติงานมากนัก นอกจากนี้วิจัยดังกล่าวจะส่งผลให้เกิดประโยชน์ต่องานด้านนิติวิทยาศาสตร์ได้ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาการตรวจหาคราบโลหิตที่ทาสีขาวเบสน้ำทับและทิ้งไว้ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ด้วยวิธี Luminol และ Bluestar

คำถามการวิจัย

ลักษณะพื้นผิว ชนิดของสีขาวเบสน้ำ ระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับ และวิธีการตรวจคราบโลหิตด้วยวิธี Luminol และ Blue star มีผลต่อการตรวจหาคราบโลหิต อย่างไร

สมมติฐานการวิจัย

1. ลักษณะพื้นผิวและชนิดของสีขาวเบสน้ำ ที่ทาทับมีผลต่อการตรวจหาคราบโลหิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. ลักษณะพื้นผิวและระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับมีผลต่อการตรวจหาคราบโลหิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. ลักษณะของพื้นผิวและวิธีการตรวจคราบโลหิต Luminol และ Blue star มีผลต่อการตรวจหาคราบโลหิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตด้านระยะเวลา

1.1 ระยะเวลาในการทาสีขาวเบสน้ำทับพื้นผิวแต่ละชนิดจะทาทับไว้ 10 วัน/ครั้ง จำนวนที่ทาสีขาวเบสน้ำทับทั้งหมด 3 ครั้ง

1.2 ระยะเวลาในการทาสีขาวเบสน้ำทับพื้นผิวแต่ละชนิด

2. ขอบเขตด้านวิธีที่ใช้ในการทดสอบหาคราบโลหิตทางเคมี ได้แก่ วิธี Luminol และ Bluestar

3. ขอบเขตด้านวัสดุพื้นผิวที่ใช้ในการทดลอง โดยแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ พื้นผิวแบบมีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวแบบไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก

4. ขอบเขตด้านตัวแปร แบ่งออกเป็น

4.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ ลักษณะพื้นผิว ชนิดของสีขาวเบสน้ำ ระยะเวลาในการทาสีขาวเบสน้ำทับ และวิธีการตรวจคราบโลหิต

4.2 ตัวแปรตาม การตรวจหาคราบโลหิต

4.3 ตัวแปรควบคุม ได้แก่ อุณหภูมิห้องที่ใช้ในการทดลอง จำนวนหยดโลหิต/ปริมาณโลหิตที่หยดลงพื้นผิว ความเข้มข้นของโลหิตที่ใช้ในการทดลอง ขนาดของพื้นผิว ระยะเวลาที่ทิ้งคราบโลหิตให้แห้งก่อน

<table>
<tr><td colspan="4">วิธีการตรวจหาคราบโลหิต</td></tr>
<tr><td colspan="2">Luminol</td><td colspan="2">Blue Star</td></tr>
<tr><td colspan="2">⇩</td><td colspan="2">⇩</td></tr>
<tr><td colspan="2">ลักษณะพื้นผิวที่ใช้</td><td colspan="2">ลักษณะพื้นผิวที่ใช้</td></tr>
<tr><td colspan="2">⇩</td><td colspan="2">⇩</td></tr>
<tr><td>พื้นผิวที่มีรูพรุน</td><td>พื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน</td><td>พื้นผิวที่มีรูพรุน</td><td>พื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน</td></tr>
<tr><td>แผ่นไม้</td><td>กระเบื้อง</td><td>แผ่นไม้</td><td>กระเบื้อง</td></tr>
<tr><td>อิฐบล็อก</td><td>กระจก</td><td>อิฐบล็อก</td><td>กระจก</td></tr>
<tr><td>พรมชนิดผ้า</td><td rowspan="2"></td><td>พรมชนิดผ้า</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>กระดาษ</td><td>กระดาษ</td></tr>
<tr><td colspan="2">⇩</td><td colspan="2">⇩</td></tr>
<tr><td colspan="2">การทาสีทับ
แบ่งวิธีการทาสีขาวเบสน้ำทับ 3 ครั้ง ดังนี้</td><td colspan="2">การทาสีทับ
แบ่งวิธีการทาสีขาวเบสน้ำทับ 3 ครั้ง ดังนี้</td></tr>
<tr><td>สีขาวเบสน้ำภายใน</td><td>สีขาวเบสน้ำภายนอก</td><td>สีขาวเบสน้ำภายใน</td><td>สีขาวเบสน้ำภายนอก</td></tr>
<tr><td>10 วัน</td><td>10 วัน</td><td>10 วัน</td><td>10 วัน</td></tr>
<tr><td>20 วัน</td><td>20 วัน</td><td>20 วัน</td><td>20 วัน</td></tr>
<tr><td>30 วัน</td><td>30 วัน</td><td>30 วัน</td><td>30 วัน</td></tr>
<tr><td colspan="4">⇩</td></tr>
<tr><td colspan="4">การตรวจหาคราบโลหิต
การมองเห็นปฏิกิริยาเรืองแสง</td></tr>
</table>

ภาพที่ 1 ขอบเขตของการวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

ลักษณะของตัวแปร หมายถึง ตัวแปรที่มีผลต่อการหาคราบโลหิตด้วยวิธี Luminol และ Bluestar ในงานวิจัยนี้ หมายถึง 1) ลักษณะพื้นผิว 2) ชนิดของสีขาวเบสน้ำ 3) ระยะเวลาในการทาสีขาวเบสน้ำทับ และ 4) วิธีการตรวจคราบโลหิต

คราบโลหิต หมายถึง คราบโลหิตที่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าหรืออาจ หมายถึง คราบโลหิตที่ได้รับการทาสีขาวเบสน้ำทับไปแล้ว ซึ่งในสถานที่เกิดเหตุคราบโลหิตถือเป็นพยานหลักฐานที่มีคุณค่ามากสำหรับการสืบสวน

การตรวจหาคราบโลหิต หมายถึง ความสามารถในการตรวจหาคราบโลหิต โดยวิจัยนี้จะทำการศึกษาเกี่ยวกับการตรวจหาคราบโลหิตว่าสามารถตรวจพบหรือไม่ และพิจารณาการมองเห็นการเกิดปฏิกิริยาการเรืองแสงด้วยตาเปล่า

ลักษณะของพื้นผิว หมายถึง ลักษณะของบริเวณพื้นผิวของสิ่งของต่าง ๆ ที่สัมผัสหรือเห็นแล้วสามารถรับรู้ได้ว่ามีลักษณะอย่างไร และในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองโดยแบ่งลักษณะพื้นผิวออกเป็น 2 ชนิด แบบมีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวแบบไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก

ชนิดของสี หมายถึง สีที่ใช้ทาทับ ประกอบด้วยสีขาวที่เป็นน้ำใช้ทาทั้งภายใน และภายนอก ทาบนพื้นผิวแบบมีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวแบบไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก ชนิดของสีขาวเบสที่ใช้ทาภายในและภายนอกบ้าน ได้แก่ สีน้ำสีขาว

ระยะเวลาในการทาสีขาวเบสทับคราบโลหิต หมายถึง จำนวนครั้งที่มีการทาสีขาวเบสน้ำทับคราบโลหิตที่อยู่บนพื้นผิว และในงานวิจัยนี้จะใช้วิธีการทาสีขาวเบสน้ำทับบนคราบโลหิตที่อยู่บนพื้นผิวต่าง ๆ จำนวน 3 ครั้ง โดยแต่ละครั้งจะห่างกัน 10 วัน

วิธีการตรวจหาคราบโลหิต หมายถึง การตรวจหาคราบโลหิตเบื้องต้นจากการใช้สารเคมีต่าง ๆ มาทดสอบกับคราบโลหิต โดยมีวิธีการตรวจหาคราบโลหิตหลายวิธีได้แก่ Benzidine O- tolidine Leucomalachite Green Phenolphthalein Tetramethylbenzidine Luminol Bluestar และในงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการตรวจหาคราบโลหิตโดยเทคนิควิธี Luminol และ Bluestar

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลของการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ คาดว่าจะเป็นประโยชน์ในด้านนิติวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. ประโยชน์ด้านวิชาการ ได้รับความรู้เกี่ยวกับองค์ความรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการตรวจหาคราบโลหิต โดยจากการทบทวนวรรณกรรมงานวิจัย โดยงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาลักษณะตัวแปรต่าง ๆที่มีความสัมพันธ์ต่อการตรวจหาคราบโลหิต โดยจะทำการศึกษาเพื่อดู

การตรวจหาคราบโลหิต ภายหลังมีการทาสีทับคราบโลหิตด้วยระยะเวลาต่าง ๆ กัน โดยจะศึกษาการเกิดปฏิกิริยาการเรืองแสง ซึ่งจากการศึกษานี้สามารถนำไปต่อยอดหรือเป็นแนวทางในการทำวิจัยอื่นต่อไปได้

2. ประโยชน์ด้านการนำไปประยุกต์ โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น สำนักงานพิสูจน์หลักฐาน สถาบันนิติวิทยาศาสตร์ เป็นต้น สามารถนำผลการวิจัยไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการตรวจหาคราบโลหิต ซึ่งแต่ละสถานที่เกิดเหตุอาจพบปัจจัยหรือตัวแปรที่แตกต่างกันออกไป โดยสามารถเลือกใช้วิธีการต่าง ๆระหว่าง Luminol และ Bluestar ในการตรวจหาคราบโลหิตแฝงบนพื้นผิวชนิดต่าง ๆ ได้ตามความเหมาะสม

บทที่ 2
เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การตรวจหาคราบโลหิตที่ทาสีขาวเบสน้ำทับด้วยวิธี Luminol และ Blue star โดยผู้วิจัยได้กำหนดประเด็นการศึกษาดังนี้

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโลหิต

ในส่วนนี้ผู้วิจัยขอนำเสนอออกเป็น 3 หัวข้อ ได้แก่ 1) ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโลหิต 2) การพิสูจน์คราบโลหิต และ 3) วิธีการตรวจหาคราบโลหิต โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

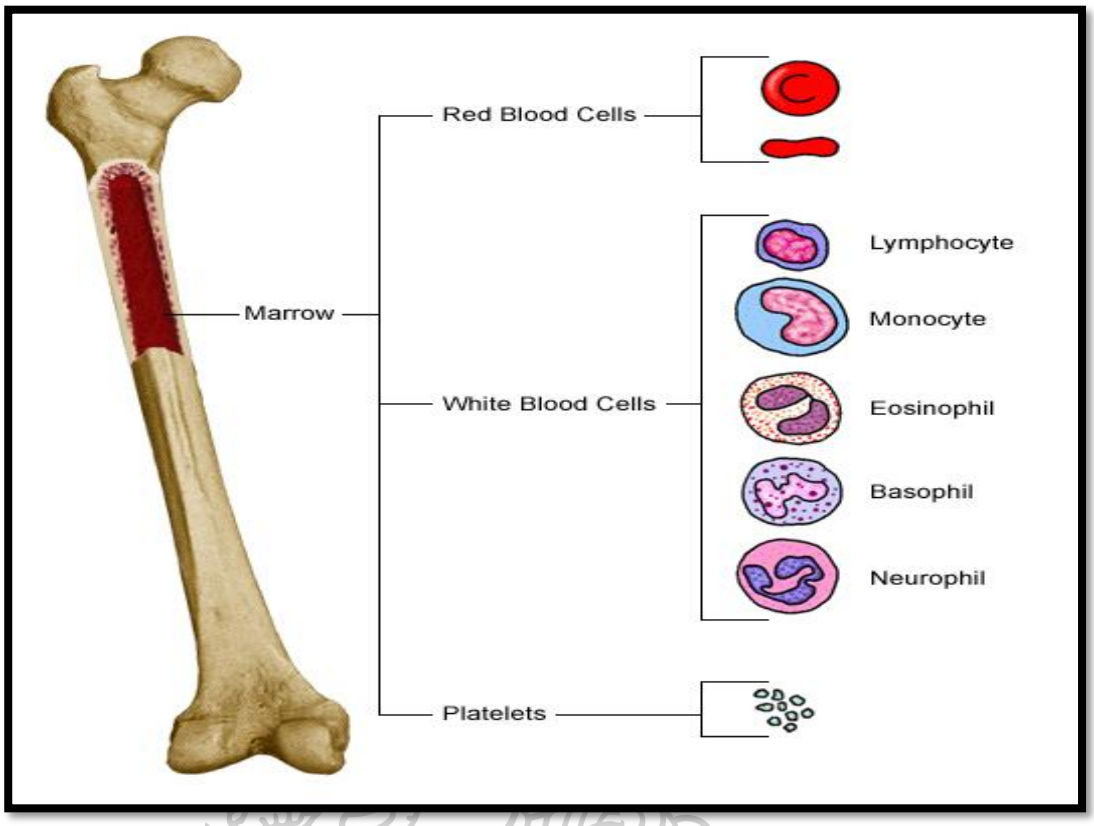
1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโลหิต

โลหิต (Blood) มีลักษณะสีเป็นสีแดงสด เมื่ออยู่ใกล้เส้นเลือดแดง (Arteries) และมีสีแดงคล้ำ เมื่อผ่านในเส้นเลือดดำ (Veins) จะทำหน้าที่เป็นตัวกลางติดต่อระหว่างเซลล์ต่าง ๆ ในร่างกาย การไหลเวียนของโลหิตจะทำให้เซลล์ต่าง ๆ ในร่างกายเหล่านั้นคงที่เหมาะสมกับสภาวะแวดล้อม โลหิตจะมีหน้าที่นำอาหารเพื่อไปเลี้ยงเนื้อเยื่อต่าง ๆ ทั่วร่างกาย พร้อมกันนั้นยังนำของเสียและสารคัดหลั่งจากเนื้อเยื่อเหล่านั้นออกมาตามกระแสโลหิต ส่งไปยังอวัยวะหรือเนื้อเยื่อเพื่อนำไปใช้ในร่างกาย หรือมีการกำจัดออก โดยเฉลี่ยมนุษย์จะมีโลหิต ปริมาณ 7-8 % ของน้ำหนักร่างกาย หรือ 5-6 ลิตร

1.1 ส่วนประกอบของโลหิต (Composition of the blood)

1.1.1 เซลล์เม็ดเลือด (Blood cell) ประมาณ 45% โดยปริมาตร ประกอบด้วยเซลล์ เม็ดเลือดแดง (Red blood cells) เม็ดเลือดขาว (White blood cells) และเกล็ดเลือด (Blood platelets) ในเพศชายจะมีปริมาณเม็ดเลือดประมาณ 45% และในเพศหญิงมีประมาณ 42%

1.1.2 พลาสมา (Plasma) คือ ส่วนที่เป็นน้ำ หรือของเหลว มีประมาณ 55% โดยปริมาตร ประกอบด้วยน้ำ 90-92% โปรตีน 8-แ9% เกลืออินทรีย์ 0.9% สารอินทรีย์แก๊สต่าง ๆ และอื่น ๆ (วิน เชยชมศรี, 2562)



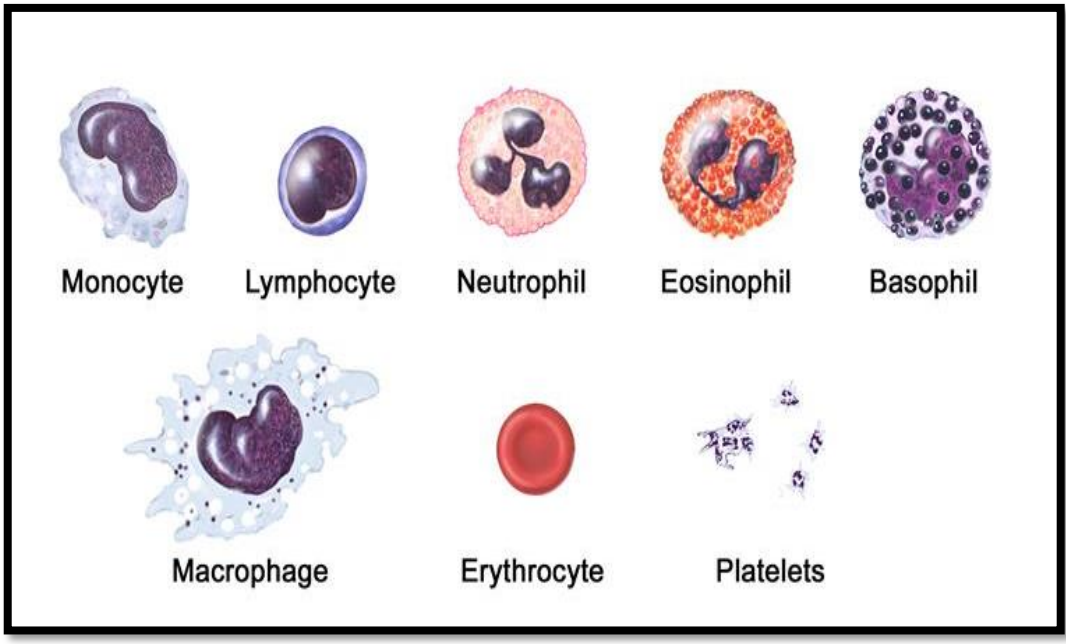
ภาพที่ 2 ส่วนประกอบของเลือด

ที่มา : Medical look Your medical world. **Blood Anatomy,** Accessed June 1. 2018, Available from http://www.medicalook.com/human_anatomy/organs/Blood.html

1.2 ชนิดของเม็ดเลือด

1.2.1 เม็ดเลือดแดง (Red blood cell) มีลักษณะรูปร่างกลมแบน ตรงกลางเว้าเข้าหากันทั้ง 2 ด้าน (Biconcave disc) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7-8 ไมโครเมตร และมีความหนา 2 ไมโครเมตร ผนังของเซลล์เม็ดเลือดแดงมีลักษณะนิ่มจึงทำให้ยืดหยุ่น และมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ขณะผ่านไปตามหลอดเลือด เม็ดเลือดแดงจัดว่าเป็นเซลล์ที่ไม่มีนิวเคลียส (Nucleus) เซลล์เม็ดเลือดแดง จะประกอบด้วยสารประกอบ โปรตีน ที่เรียกว่า ฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ซึ่งมีธาตุเหล็ก (Fe^{2+}) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญ จะเกิดขึ้นนเมื่อรวมตัวกับออกซิเจน (O_2) และกลายเป็นออกซีฮีโมโกลบิน (Oxyhemoglobin) เพื่อทำหน้าที่ขนส่งออกซิเจน (O_2) ออกจากปอดไปยังเซลล์ต่าง ๆ ของเนื้อเยื่อ และนำคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ออกจากเนื้อเยื่อไปสู่ปอด นอกจากนี้ฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ในเม็ดเลือดยังช่วยรักษาความสมดุลกรดเบสของเลือดอีกด้วย เซลล์เม็ดเลือดแดงจัด

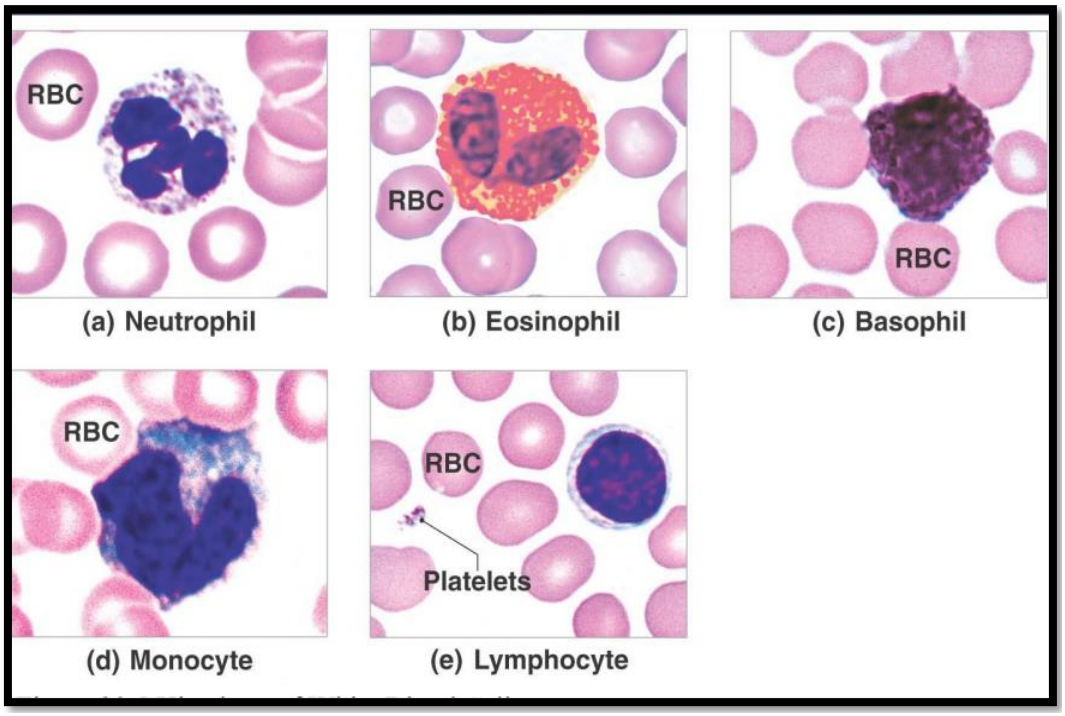
ว่าเป็นเซลล์ชนิดที่พบมากที่สุดในเลือด สร้างมาจากไขกระดูกแดง (Red bone marrow) เมื่อเจริญเต็มที่จะออกมาอยู่ในกระแสเลือด เซลล์เม็ดเลือดแดงมีอายุประมาณ 120 วัน และเมื่อหมดอายุจะถูกทำลายที่ตับและม้าม



ภาพที่ 3 ชนิดของเซลล์เม็ดเลือด

ที่มา : National cancer institute, Blood cell. Accessed June 1.2018, Available from https://www.cancer.gov/publications/dictionaries/cancer-terms/def/platelet

1.2.2 เซลล์เม็ดเลือดขาว (White blood cells) เป็นเซลล์เม็ดเลือดที่มีนิวเคลียส (Nucleus) ปกติพบประมาณ 5,000-10,000 เซลล์ต่อลูกบาศก์มิลลิเมตรของเลือด เซลล์เม็ดเลือดขาวที่พบในกระแสเลือด แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่ม Granulocytes เป็นพวกที่มี Specific granules ในไซโตพลาสซึม (Cytoplasm) มี 3 ชนิด ได้แก่ Neutrophil, Eosinophil และ Basophil และ กลุ่ม Agranulocytes เป็นพวกที่ไม่มี Specific granules ในไซโตพลาสซึม (Cytoplasm) มี 2 ชนิด ได้แก่ Lymphocyte และ Monocyte (วิน เชยชมศรี, 2562)



ภาพที่ 4 จุลกายวิภาคศาสตร์ของเม็ดเลือดขาวแต่ละชนิด

ที่มา : Blood. Pearson Education. **The Cardiovascular System**, Accessed June 1.2018, Available from http://www.napavalley.edu/people/briddell/documents/BIO%20218/20_LectureOutline

1.2.3 เกล็ดเลือด (Blood platelet) เป็นชิ้นส่วนส่วนของเซลล์ กำเนิดมาจากเซลล์เรียกว่า Megakaryocyte ที่อยู่ในไขกระดูกเกล็ดเลือดมีขนาดเล็กรูปร่างเป็นแผ่นแบนนูนทั้ง 2 ด้าน (Biconvex) ไม่มีสีไม่มีนิวเคลียส (Nucleus) มีขนาดประมาณ 2-4 ไมโครเมตร มีความสำคัญในกระบวนการแข็งตัวของเลือด (วิน เชยชมศรี, 2562)

1.3 หน้าที่ของโลหิตที่สำคัญ

1.3.1 การขนส่ง (Transportation)

1.3.1.1 การขนส่งสารอาหาร (Nutrient transportation) เลือดทำหน้าที่ในการขนส่งอาหาร หรือผลิตผลของสารอาหารต่าง ๆ ที่ได้จากการย่อยในระบบทางเดินอาหาร ดูดซึมเข้าเส้นเลือดฝอยแล้วขนส่งไปยังเนื้อเยื่อต่าง ๆ ทั่วร่างกาย

1.3.1.2 การขนส่งแก๊ส (Gaseous transportation) ทำหน้าที่โดยมีฮีโมโกลบิน ซึ่งเป็นโปรตีนที่อยู่ในเม็ดเลือดแดง และมีคุณสมบัติในการจับกับออกซิเจนเป็นออกซิฮีโมโกลบิน (Oxyhemoglobin) โดยเฉพาะที่ปอด เพื่อนำออกซิเจนไปให้เนื้อเยื่อต่าง ๆ นำไปใช้ใน

ปฏิกิริยาทางเคมี ขณะเดียวกันเนื้อเยื่อเหล่านี้จะมีการผลิตคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจะถูกนำไปใช้ขับออกจากร่างกายต่อไปที่ปอด

1.3.1.3 การขนส่งของเสีย (Waste product transportation) เลือดทำหน้าที่ขนส่งของเสียที่ได้จากขบวนการเมแทบอลิซึม ในเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น ยูเรีย กรดยูริค ครีเอตินิน เป็นต้น และพวกแร่ธาตุต่าง ๆ จะถูกขนส่งออกจากเนื้อเยื่อไปขับออกที่ไต ผิวหนัง และอวัยวะอื่น ๆ เพื่อกำจัดออกจากร่างกาย

1.3.1.4 การขนส่งฮอร์โมน (Hormone transportation) เลือดทำหน้าที่ขนส่งฮอร์โมนต่าง ๆ ที่ผลิตได้จากต่อมไร้ท่อ (endocrine gland) จะถูกส่งไปยังเนื้อเยื่อหรืออวัยวะเป้าหมาย (target organ) โดยเลือดจะสามารถกำจัดออกจากร่างกาย

1.3.2 การควบคุม (Regulation)

1.3.2.1 การควบคุมความเป็นกรด-เบสของร่างกาย (Regulation of body pH) ขบวนการเมแทบอลิซึม และปฏิกิริยาทางชีวเคมีต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในร่างกาย รวมทั้งการเผาผลาญอาหารหรือผลจากการได้รับยา หรือสารเคมีต่าง ๆ เข้าไป จะมีผลทำให้ความเป็นกรด-เบสของร่างกายเปลี่ยนแปลง เช่น การเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ กรดแลคติค เป็นต้น โดยเลือดจะทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ช่วยรักษาระดับความเป็นกรด-เบสในร่างกายให้คงที่ หรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด

1.3.2.2 การควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย (Regulation of body temperature) เลือดควบคุมอุณหภูมิหรือความร้อนของร่างกายโดยการกระจายความร้อนและการขับเหงื่อ

1.3.2.3 การควบคุมน้ำในร่างกาย (Regulation of water balance) เลือดทำหน้าที่รักษาสมดุลของของเหลวในกระแสเลือดกับของเหลวในเนื้อเยื่อโดยการแลกเปลี่ยนของน้ำ

1.3.3 การป้องกัน (Protection)

1.3.3.1 การป้องกันการสูญเสียเลือด (Protection of blood loss) เมื่อเกิดบาดแผลขึ้นกับร่างกายไม่ว่าจะเป็นที่ผิวหนังหรืออวัยวะภายในของร่างกาย เลือดจะมีกลไกการห้ามเลือด โดยอาศัยปัจจัยในการแข็งตัวของเลือดรวมถึงเกล็ดเลือด ช่วยให้เกิดการอุดปิดบาดแผล

1.3.3.2 การป้องกันสิ่งแปลกปลอม (Protection of foreign body) เลือดป้องกันสิ่งแปลกปลอม เช่น เชื้อโรค ตลอดจนสารพิษที่เข่าสู่ร่างกาย โดยอาศัยกลไกการทำงานของเม็ดเลือดขาว เกล็ดเลือด และแอนติบอดี (antibodies) ที่ไหลเวียนในกระแสเลือด

2. การพิสูจน์คราบโลหิต

คราบโลหิตจัดเป็นวัตถุพยานที่สำคัญในการตรวจพิสูจน์ทางนิติเวชศาสตร์ เพื่อใช้เป็นหลักฐานประกอบในการสืบสวนเกี่ยวกับเรื่องราวที่เกิดขึ้นในคดี โดยที่คราบโลหิตนั้นจะเป็นพยานวัตถุในการสอบสวนและพิจารณาคดีได้เป็นอย่างดี ซึ่งมีหลักเกณฑ์ในการตรวจ ได้แก่ ลักษณะของคราบโลหิตและความสัมพันธ์กับหลักฐานอื่น ๆ การตรวจสอบว่าคราบเป็นคราบโลหิต การตรวจสอบว่าเป็นโลหิตของมนุษย์หรือสัตว์ การตรวจพิสูจน์ว่าโลหิตนั้นเป็นของใคร และการตรวจระบุคราบโลหิตของบุคคลโดยการตรวจเพศ หมู่โลหิต และอายุ (อรรถพล แช่มสุวรรณวงศ์และคณะ 2552)

2.1 ลักษณะของคราบโลหิตและความสัมพันธ์กับหลักฐานอื่น ๆ

ลักษณะของคราบโลหิตที่พบนั้น สามารถบอกพฤติกรรมบางอย่างได้จากลักษณะของคราบโลหิต ดังนี้

2.1.1 รูปร่างของหยดโลหิต ถ้าเป็นหยดจากบาดแผลโดยตรง รูปร่างจะมีลักษณะกลม แต่ถ้ามีการเคลื่อนไหว เช่น การสะบัดอาวุธที่เปื้อนโลหิต ลักษณะของหยดจะมีรูปร่างเรียว ซึ่งสามารถบอกทิศทางว่าคราบโลหิตจะเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับด้านปลายเรียวของหยดโลหิต

2.1.2 ตำแหน่งของคราบโลหิต คราบของโลหิตจะช่วยบอกถึงพฤติกรรมบางอย่าง เช่น ลักษณะของคราบโลหิตที่เกิดจากผู้ได้รับบาดเจ็บ ซึ่งเมื่อเคลื่อนไหวจะมีการกระจายของคราบโลหิตหยดไปตามทิศทางนั้น แต่ถ้าผู้ได้รับบาดเจ็บอยู่กับที่ คราบโลหิตจะหยดเป็นกลุ่มใหญ่นองกับพื้น

2.1.3 การกระจายตัวของคราบโลหิต โลหิตที่ออกจากเส้นโลหิตแดงจะมีการกระจายได้มากกว่าโลหิตที่ออกจากเส้นโลหิตดำ และถ้าบาดแผลอยู่ในส่วนบนของร่างกาย การกระจายของคราบโลหิตจะกว้างกว่าคราบโลหิตจากเส้นโลหิตในส่วนล่างของร่างกาย

2.1.4 ปริมาณของคราบโลหิต ถ้าคราบโลหิตมีปริมาณมากแสดงว่าบาดแผลมีขนาดใหญ่หรือมีการฉีกขาดของเส้นโลหิตขนาดใหญ่ ถ้าพบปริมาณโลหิตเพียงเล็กน้อยโดยที่บาดแผลมีขนาดใหญ่ แสดงว่ามีการเคลื่อนย้ายศพมาจากที่อื่น หรืออาจจะเป็นบาดแผลภายหลังจากที่เสียชีวิตแล้ว โดยทำขึ้นเพื่ออำพรางคดีตำแหน่งของคราบโลหิต ส่วนคราบโลหิตที่พบอยู่ตามประตู ผนังห้อง หรือบนวัตถุอื่น ๆ อาจเกิดจากการพุ่งของโลหิตจากเส้นโลหิตจากการปะทะของผู้บาดเจ็บกับสิ่งของนั้น ๆ หรืออาจเกิดจากการสัมผัสกับมือของผู้ต้องหาที่เปื้อนโลหิตได้

2.1.5 ความสัมพันธ์กับวัตถุพยานแวดล้อมอื่น ๆ ลักษณะการกระจาย ตำแหน่ง และปริมาณคราบโลหิต ต้องนำมาเปรียบเทียบกับพยานหลักฐานต่าง ๆ ในที่เกิดเหตุ เพื่อเป็นตัวบ่งชี้ถึงพฤติกรรมที่คาดคะเนไว้ให้ใกล้เคียงกับความจริงมากที่สุด เช่น ถ้าคราบโลหิตที่ศพกองไหลนองโดย

ที่ไม่มีคราบอื่น ๆ อยู่ใกล้เคียงศพที่พบ สันนิษฐานได้ว่าศพอาจถูกทำร้ายมาจากที่อื่นแล้วนำมาทิ้ง หรืออาจเป็นการกระทำของตนเอง หรือถ้าบริเวณที่เกิดเหตุมีร่องรอยของการต่อสู้และพบคราบโลหิตในบริเวณที่เกิดเหตุนั้นกระจายอยู่ทั่วไป แสดงว่าผู้ถูกทำร้ายได้ทำการต่อสู้เพื่อป้องกันตัว ทำให้คราบโลหิตในบริเวณที่เกิดเหตุนั้นกระจายเป็นวงกว้าง และถ้าคราบโลหิตหยดเป็นทาง และมีบางบริเวณเป็นคราบโลหิตกองใหญ่แสดงว่าผู้ถูกทำร้ายวิ่งหนีมาแล้วยืนพักบริเวณนั้น

2.2 การตรวจสอบว่าคราบเป็นคราบโลหิต

การตรวจว่าคราบเป็นคราบโลหิตหรือไม่ ซึ่งมีวิธีการตรวจสอบได้หลายวิธี เช่น วิธี Benzidine, วิธี O-tolidine, วิธี Phenolphthalein, วิธี Leucomalachite green และ วิธี Luminol เป็น Catalytic test โดย วิธี Benzidine และ วิธี O-tolidine จะมีความไวสูงกว่า แต่มีความจำเพาะน้อยกว่า วิธี Phenolphthalein และ วิธี Leucomalachite green และยังพบว่า วิธี Benzidine และ O-tolidine เป็นสารก่อมะเร็งจึงไม่นิยมใช้กัน แต่วิธีที่นิยมใช้กันทั่วไป คือ วิธี Phenolphthalein เนื่องจากมีความไวสูงกว่า วิธี Leucomalachite green

3. การตรวจสอบว่าเป็นโลหิตของมนุษย์หรือสัตว์

การตรวจสอบว่าโลหิตนั้นเป็นโลหิตของมนุษย์หรือไม่ โดยวิธีทาง Immunology ได้แก่ Precipitin test เป็นวิธีมาตรฐานที่ใช้ในการตรวจคราบโลหิต โดยมีหลักการ คือ แอนติบอดี้ (Antibody) เมื่อจับกับ แอนติเจน (Antigen) จะมีความจำเพาะเจาะจงต่อกัน ถ้าเป็นโลหิตมนุษย์จะเกิดตะกอนขุ่นสีขาว Precipitin test มีความไวสูง สามารถให้ผลบวกกับคราบโลหิตแห้งแม้โลหิตนั้นจะถูกเก็บไว้นาน 10-15 ปี และจะไม่ให้ผลบวกกับโลหิตของสัตว์อื่น ๆ ยกเว้น โลหิตของลิง

4. การตรวจพิสูจน์ว่าโลหิตนั้นเป็นของใคร

การตรวจจะประกอบด้วย 2 ลักษณะ คือ การตรวจหาหมู่เลือดระบบ ABO ถึงแม้ว่าเม็ดเลือดแดงจะแตกหมดแล้ว แต่แอนติเจน (Antigen) และแอนติบอดี (Antibody) ยังคงอยู่ในคราบโลหิต จึงสามารถตรวจหาสารหมู่โลหิตได้ และการตรวจเพื่อเปรียบเทียบดีเอ็นเอ (DNA) หรือสารพันธุกรรม

5. การตรวจระบุคราบโลหิตของบุคคลโดยการตรวจเพศ หมู่โลหิต และอายุ

การตรวจระบุคราบโลหิตของบุคคลโดยการหาหมู่โลหิตนั้นแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ประเภทแรก คือ การหาจากโลหิตสด และประเภทที่สอง การหาจากโลหิตแห้ง ในโลหิตมีแอนติเจนอยู่สองชนิด เช่นกัน แอนติเจนสองชนิดนั้น ก็คือ เอ และ บี และแอนติบอดีที่ตรงกันข้ามกับสองชนิดนั้นก็คือ แอนติบอดีเอ และแอนติบอดีบี คนที่มีโลหิต หมู่เอ ก็มีแอนติบอดีบี อยู่ในน้ำเซรั่ม และคนเรานั้นอาจจะมีชนิดของโลหิตที่มีแอนติเจนเพียงอันเดียว สองอัน หรือไม่มีเลย ถ้าคนมี

แอนติเจนเอ คนนั้นก็มีโลหิตหมู่โลหิตเอ มีแอนติเจนบี คนนั้นก็มีโลหิตหมู่บี ถ้ามีแอนติเจนสองอันโลหิตก็อยู่ในหมู่เอบี และผู้ที่ไม่มีแอนติเจนเลยก็เป็นหมู่โอ คนไหนมีโลหิตหมู่อะไรคนนั้นก็มีแอนติบอดีตรงข้ามกับหมู่โลหิตนั้น สำหรับผู้ที่มีโลหิตหมู่เอบีนั้นไม่มีแอนติบอดีชนิดใดทั้งสิ้นและคนที่ไม่มีแอนติเจนคือหมู่โอจะมีแอนติบอดีสองชนิดคือเอและบี

ในการหาหมู่ของโลหิตจากวัตถุของของกลางต่าง ๆ เช่น เสื้อผ้าและอาวุธนั้นสิ่งที่จำเป็นจะต้องใช้ ดังนี้

1. เม็ดเลือดโลหิตหมู่เอ และบี ผสมในน้ำเกลือประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์
2. แอนตี้ A และ แอนตี้ B เจือจางพอที่จะทำให้เม็ดโลหิตเกาะกันประมาณ 15 นาที

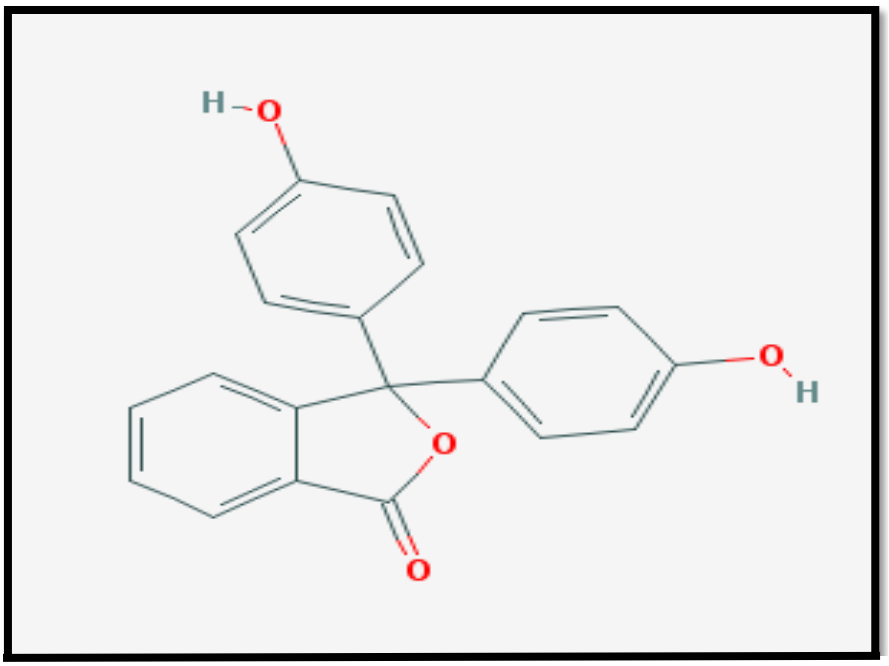
วัตถุของกลางที่ตรวจพบในคราบโลหิตของมนุษย์แล้วนั้น ตัดส่วนซึ่งพบคราบโลหิตมากที่สุด ใส่ลงในหลอดทดลอง 2 หลอด ใส่ แอนตี้ A ในหลอดแรก และ แอนตี้ B ในหลอดที่สอง ปริมาณแอนตี้ที่ใส่ไปควรจะพอดี เพื่อให้คราบโลหิตละลายออกมา หาจุกปิดหลอดทดลองแล้วใส่เอาไว้ในตู้เย็นประมาณ 8 ชั่วโมง โลหิตจะสีแดงหรือสีน้ำตาลแล้วแต่ว่าโลหิตจะละลายมากแค่ไหน นำแผ่นแก้วมาแบ่งเป็นสองด้าน โดยด้านซ้ายใส่น้ำจากหลอดที่แช่ แอนตี้ A ส่วนด้านขวาใส่น้ำจากหลอดที่แช่ แอนตี้ B ประมาณ 1-2 หยด เอาเม็ดโลหิตหมู่เอใส่ผสมลงไปที่ด้านซ้ายและเม็ดโลหิตบีใส่ผสมลงไปที่ด้านขวาด้านละหนึ่งหยด เอียงแผ่นแก้วไปมาเพื่อให้น้ำเซรั่มกับเม็ดโลหิตได้ผสมกัน หลังจากที่ใส่เม็ดโลหิตลงไปแล้ว สังเกตดูว่าเม็ดโลหิตเกาะกันหรือไม่ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ ถ้าเม็ดโลหิตเกาะกันทั้งสองด้านจะเป็นโลหิตหมู่โอ ถ้าไม่มีเกาะด้านซ้ายแต่เกาะด้านขวาจะเป็นโลหิตหมู่เอ ถ้าเกาะด้านซ้ายแต่ไม่เกาะด้านขวาเป็นโลหิตหมู่บี ถ้าหมู่โลหิตไม่เกาะกันทั้งสองด้านจะเป็นโลหิตหมู่เอบี การตรวจพิสูจน์ว่าเป็นโลหิตของผู้ใด หรือตรวจหาความสัมพันธ์ พ่อ-แม่-ลูก ใช้วิธีตรวจหมู่เลือดหรือ DNA (อรรถพล แช่มสุวรรณวงศ์และคณะ 2552)

2.3 วิธีการตรวจคราบโลหิต

การตรวจคราบโลหิตทางเคมีจัดว่าเป็นการตรวจเบื้องต้น โดยใช้สารเคมีต่าง ๆ มาทดสอบกับคราบโลหิต ปัจจุบันสารเคมีที่ยังคงนำมาทดสอบและนิยมใช้ในการตรวจมี ดังนี้

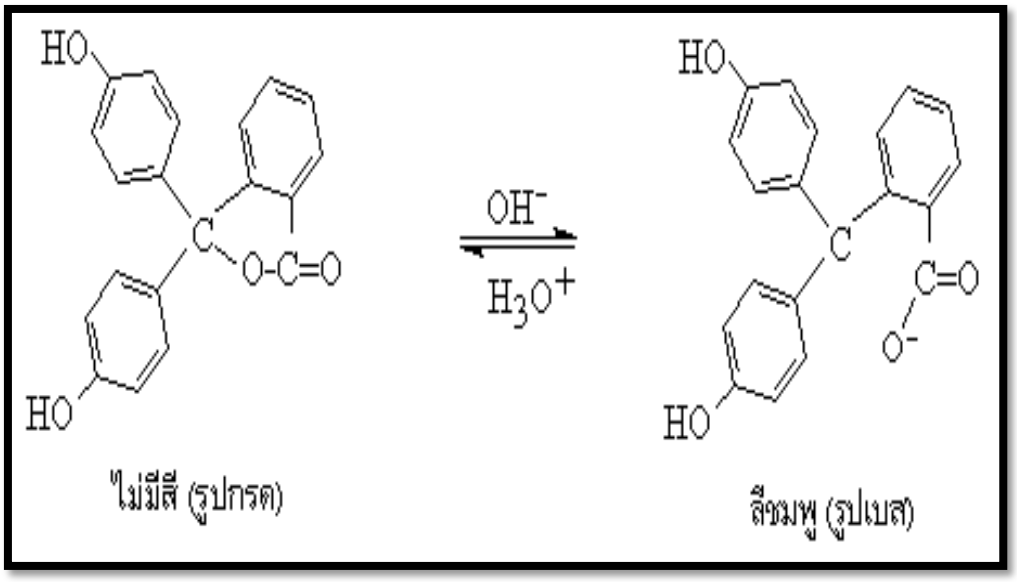
2.3.1 ฟีนอล์ฟทาลีน (Phenolphthaline) หรือเรียกอีกอย่างว่า Kastle Meyer เป็นสารประกอบที่มีสูตรทางเคมี $C_{20}H_{14}O_4$ ใช้สำหรับเป็นตัวบ่งชี้ในการทดสอบความเป็น กรด-เบส เมื่อทดสอบด้วยสารละลายเบสจะมีสีชมพูอมม่วง เมื่อทดสอบด้วยสารละลายกรดจะเป็นสารละลายไม่มีสี โดยวิธีการตรวจครบโลหิตนี้ถูกค้นพบในปี ค.ศ.1818 โดย Louis-Jacques Thenard ค้นพบ hydrogen peroxide และในปีค.ศ.1863 Christian Freidrich Schonbein สังเกตเห็น peroxidase-

like activity ของ hemoglobin เป็นสาเหตุของ oxidation ของ hydrogen peroxide ผลของปฏิกิริยาระหว่าง hydrogen peroxide กับ hemoglobin มีฟองเกิดขึ้น ในช่วงต้น ปี 1900 Kastle ได้ใช้ phenolphthalein เป็น color indicator ของการตรวจ hemoglobin ไม่กี่ปีต่อมา Meyer ได้ปรับปรุงและพัฒนาการทดสอบ จึงเรียกการทดสอบนี้ว่า Kastle-Meyer (KM) test (ชัยวัฒน์ สมบูรณ์ 2555)



ภาพที่ 5 โครงสร้างทางเคมีของฟีนอล์ฟทาลีน

ที่มา : National Center for Biotechnology Information. **Phenolphthalein.** Accessed June 2018, Available from https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/ compound/phenolphthalein #section=Top

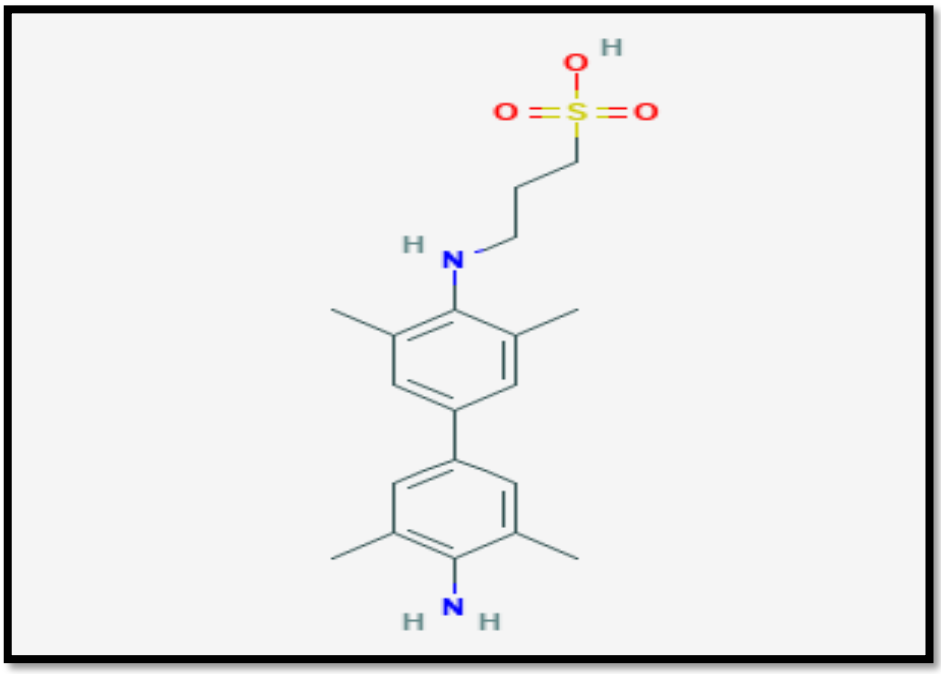


ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงสีของฟีนอล์ฟทาลีนเมื่อทำปฏิกิริยากับโลหิต

ที่มา: มหาวิทยาลัยมหิดล. **การเปลี่ยนแปลงสีของอินดิเคเตอร์กรด-เบส.** [ออนไลน์] เข้าถึงเมื่อ 1 มิถุนายน 2563 สืบค้นจาก http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/acid-base/C8.HTML

Phenolphthalein เป็นการทดสอบสันนิษฐานที่ทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของ heme ที่มีอยู่ในเลือด ปฏิกิริยาบวกจะให้สีชมพู ในขณะที่คราบเลือดมักจะมีสีน้ำตาลแดงสีของพื้นผิวหรืออายุของคราบเลือด อาจส่งผลต่อลักษณะหรือความสามารถในการมองเห็นรอยเปื้อน ในขณะที่ปฏิกิริยา phenolphthalein เป็นตัวชี้วัดของเลือดก็เป็นเพียงการทดสอบสันนิษฐานและอาจจะเป็นผลบวกเท็จได้เป็นเพราะปฏิกิริยานี้ไม่ได้เป็นชนิดเฉพาะ และจากปฏิกิริยาบวกดังกล่าวไม่ได้จำกัดเฉพาะเลือดมนุษย์เท่านั้น (Ayesha Asghar, 2013)

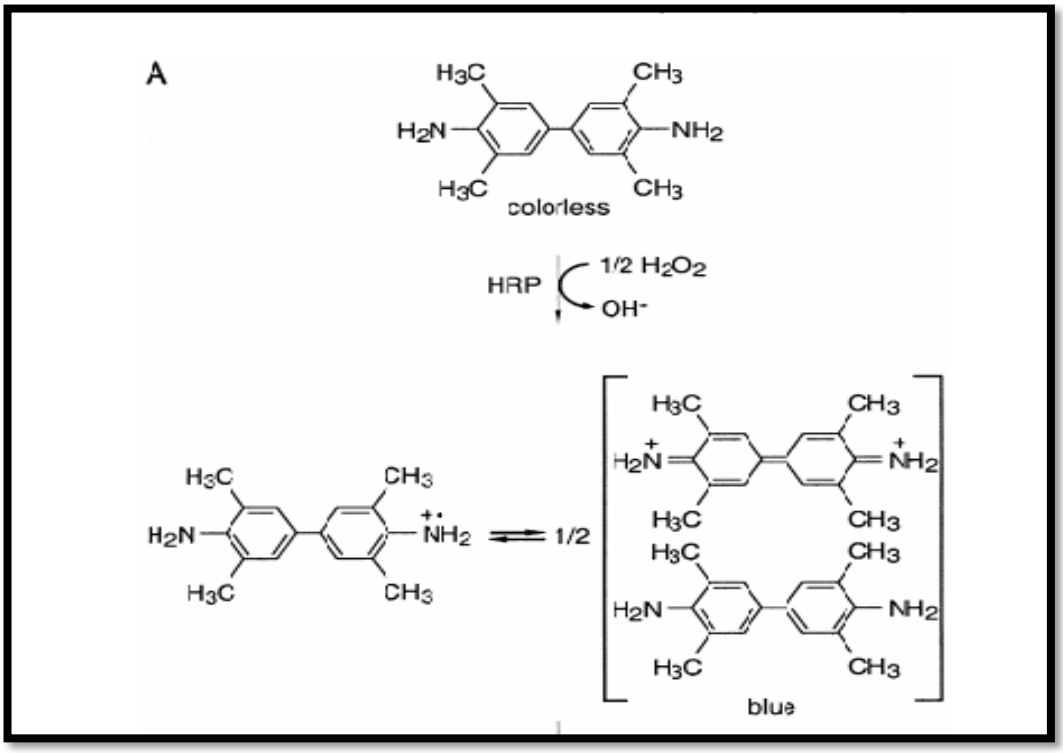
2.3.2 เตตระเมทิลเบนซีดีน (Tetramethylbenzidine) เป็นสารเคมีที่สังเคราะห์ขึ้นมาใช้แทนBenzidine ที่ถูกระงับการใช้ในงานตรวจพิสูจน์คราบโลหิต เนื่องจากเป็นสารก่อมะเร็ง โดยผู้วิจัย ได้ทำการวิเคราะห์ถึงคุณสมบัติองค์ประกอบทั่วไปของเตตระเมทิลเบนซีดีน (Tetramethylbenzidine) พบว่ามีคุณสมบัติและองค์ประกอบเทียบเท่ากับ Benzidine อีกทั้งยังเป็นสารที่ปลอดภัยแก่ผู้นำมาใช้ปฏิบัติงาน จึงเหมาะสมที่จะนำมาตรวจคราบโลหิต



ภาพที่ 7 โครงสร้างทางเคมีของเตตระเมทิลเบนซีดีน

ที่มา : National Center for Biotechnology Information. **Tetramethylbenzidine**. Accessed June 1.2018 Available from https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/tmb-ps#section=op

หลักการทั่วไปในการทดสอบคราบโลหิตของเตตระเมทิลเบนซีดีน (Tetra methyl benzidine) คือ ฮีโมโกลบิน ในเม็ดเลือดแดงทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์(H_2O_2) ได้น้ำและออกซิเจน จากนั้นออกซิเจนจะออกซิไดซ์สารเตตระเมทิลเบนซีดีน (Tetramethylbenzidine) จากที่ไม่มีสีให้เปลี่ยนเป็นสีเขียวแกมน้ำเงิน (Andreas Frey,2000)

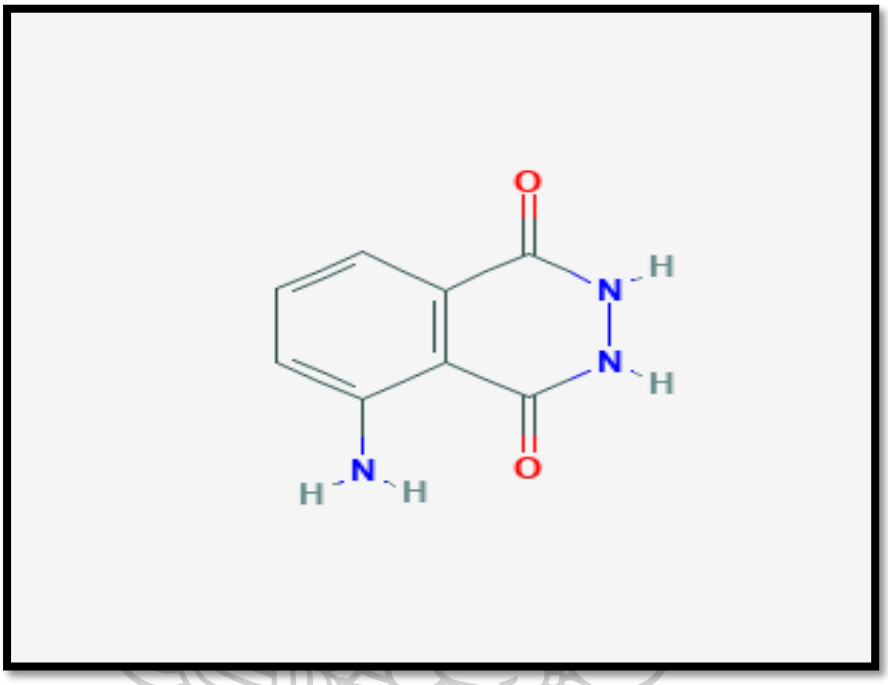


ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงสีของเตตระเมทิลเบนซิดีนเมื่อทำปฏิกิริยากับโลหิต

ที่มา: Andreas Frey, A stable and highly sensitive 3,3',5,5'-tetramethylbenzidine-based substrate reagent for enzyme-linked immunosorbent assays, Journal of immunological method 233 (2000): 47-56

2.3.3 ลูมินอล (Luminol) เป็นสารประกอบที่มีสูตรเคมี คือ $C_8H_7N_3O_2$ เป็นสารชนิดผงที่มีคุณสมบัติเรืองแสง (Chemiluminescence) ได้รับการยอมรับให้นำมาใช้ตรวจ คราบโลหิตนานถึง 40 ปีเมื่อผสมกับตัว Oxidize ที่เหมาะสม จะทำปฏิกิริยากับเหล็ก (Fe^{+}) ที่อยู่ในโลหิตทำให้เกิดสารเรืองแสงขึ้น ลูมินอลถูกนำมาทดลองครั้งแรกโดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการพิจารณาคดีทางนิติวิทยาศาสตร์โดย Specht ในปีค. ศ.1937 โดยได้ทำการทดสอบกับพื้นผิวต่าง ๆ เช่น สนามหญ้า อิฐ หินแช่ในเลือด ปี ค.ศ.1939 Proesher & Moody ได้มีการทดสอบองค์ประกอบของ Specht สัตว์และเลือดมนุษย์ ในปีค.ศ. Grodsky ได้เสนอการผสมผสานของผงที่ทำขึ้นจาก luminol, sodium cacbonate และ sodium perborate ผสมกับน้ำกลั่น อย่างไรก็ตามการใช้โซเดียมคาร์บอเนตทำให้เกิดปฏิกิริยาช้าในกระบวนการออกซิเดชั่นของฮีโมโกลบิน ดังนั้นจึงไม่สว่างมากและมีระยะเวลาสั้น ๆ เท่านั้น นอกจากนี้เมื่อตัวทำปฏิกิริยาละลายในน้ำอายุการใช้งานของสารละลายที่ได้จะสั้นมาก สูตรนี้มีความไม่เสถียรมากและเป็นพิษเนื่องจากมีโซเดียมโพแทชเซียม ในปีค.ศ.1966 Weber จึงนำสูตรของ Grodsky มาปรับปรุงโดยนำโซเดียมเปอร์บอเรต (Sodium

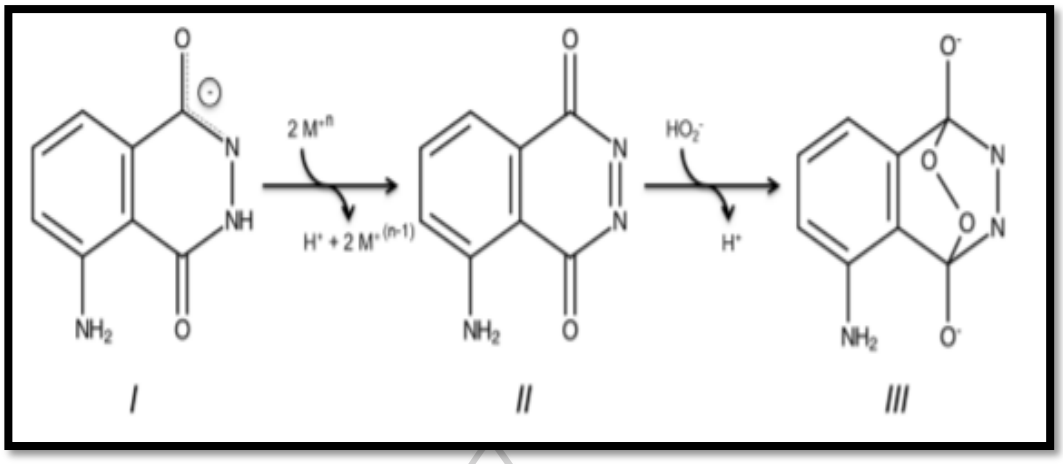
Perborate) มาใช้กับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์(H_2O_2) พบว่ามีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ และสารละลายที่ได้รับควรเก็บไว้ในที่เย็น ห่างจากแสงโดยตรง อายุการใช้งานสั้น การสะท้อนแสงที่ได้จากองค์ประกอบนี้สามารถถ่ายภาพในความมืดได้ทั้งหมด หรือถ่ายทำด้วยกล้องมองภาพกลางคืน ต่อมาก็กลายเป็นสูตรที่ใช้กันมากที่สุด โดยนักวิจัยในปัจจุบันเพื่อตรวจหาร่องรอยของเลือดในที่เกิดเหตุ



ภาพที่ 9 โครงสร้างทางเคมีของลูมินอล

ที่มา : National Center for Biotechnology Information. Luminol. Accessed June 2.2018 Available from https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound Luminol# section=Top

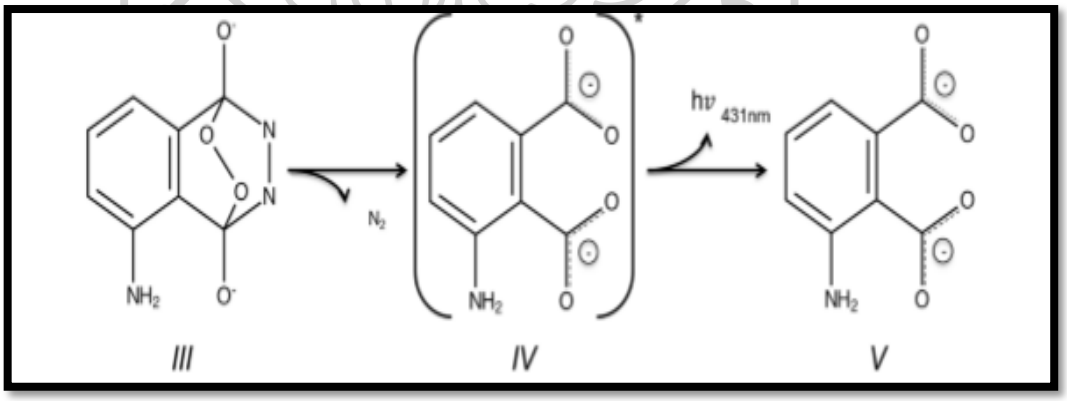
ปฏิกิริยาการเรืองแสงของ Luminal (ขั้นตอนที่ 1) ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ออกซิไดซ์ luminal (I) ทำให้เกิดสารประกอบไดอะโซเควโทรน (II) และไอออนของเปอร์ออกไซด์ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีไอออนเป็นธาตุเหล็ก เนื่องจากมีความสามารถในการทำปฏิกิริยาสูง จึงไม่จำเป็นต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาหรือตัวออกซิไดซ์และเมื่อทำปฏิกิริยากับไอออนเปอร์ออกไซด์จะมีการสร้าง Endoperoxide (III)



ภาพที่ 10 การเกิดปฏิกิริยาของลูมินอลในขั้นตอนแรก

ที่มา: Rafaela Rogiski da Silva et al, **Luminol in the forensic**, Journal of Biotechnology and Biodiversity Volume 3 (2012) : 172-177

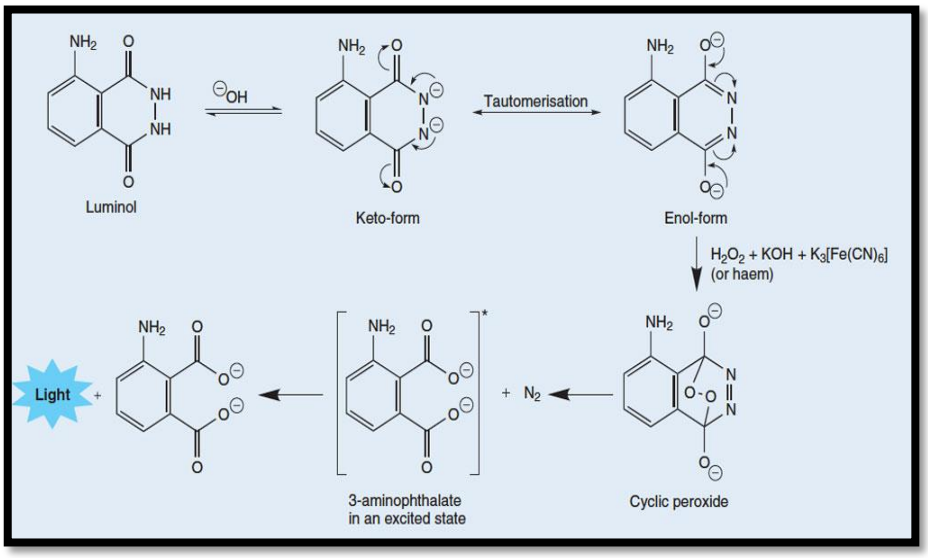
ปฏิกิริยาของ Luminol (ขั้นตอนที่ 2) ในขั้นตอนที่สอง endoperoxide (III) หลังจากการสูญเสียโมเลกุลไนโตรเจนอยู่ในสถานะที่ตื่นตัวโดย 3-aminophthalic (IV) เมื่อสลายตัวในแง่ของพลังงานก็จะเกิดการปลดปล่อยแสงที่ปล่อยออกมาและสามารถวัดความเข้มแสงของลูมินอลได้ (Rafaela Rogiski da Silva et al,2012)



ภาพที่ 11 การเกิดปฏิกิริยาของลูมินอลในขั้นตอนที่สอง

ที่มา: Rafaela Rogiski da Silva et al, **Luminol in the forensic**, Journal of Biotechnology and Biodiversity Volume 3 (2012) : 172-177

ลูมินอล (Luminol) เป็นสารชนิดผงที่มีคุณสมบัติเรืองแสง (Chemiluminescence) ได้เมื่อผสมกับตัวออกซิไดซ์ที่เหมาะสม โดยสารละลายลูมินอล(Luminol) จะทำปฏิกิริยากับโลหิตทำให้เกิดการเรืองแสงขึ้น สารละลายลูมินอล (Luminol) เตรียมจากการละลายผงลูมินอล (Luminol) กับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ทำให้ได้ลูมินอล (Luminol) ในรูปไดแอนไอออน(Dianaon) ซึ่งมีความเสถียรสูง จากนั้นจึงเติมสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ลงไปเพื่อทำปฏิกิริยากับเหล็กที่อยู่ในโลหิต เหล็กจะทำหน้าที่เป็นตัวรีดิวซ์สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ทำให้ได้ก๊าซออกซิเจน ซึ่งจะทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็วกับลูมินอลในรูปไดแอนไอออน เกิดเป็นลูมินอลโครงสร้างไม่เสถียร (Intermediate luminol) และมีพลังงานสูง ทำให้ต้องมีการปล่อยพลังงานออกในรูปแสงสีฟ้า เพื่อทำให้เกิดโครงสร้างลูมินอลที่มีความเสถียรในที่สุด



ภาพที่ 12 ปฏิกิริยาการเรืองแสงเมื่อทำปฏิกิริยากับโลหิต

ที่มา: Science in school The European journal for science teachers, **What is Chemiluminescence** Accessed June 3, 2018, available from http://www.scienceinschool.org/2011/issue19/Chemiluminescence

หลายปีที่ผ่านมา chemiluminescence ถูกใช้ในการตรวจจับปริมาณของโลหิตในสถานที่เกิดเหตุ หนึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมทางเคมีมีชื่อทั่วไปของ luminol luminol มีประสิทธิภาพในการตรวจหาโลหิตเก่าที่ดูยากและสะอาด luminol ช่วยให้นักวิจัยตรวจหาประเมิน และเก็บโลหิตที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า อย่างไรก็ตามบางแง่มุมของ luminol ทำให้การใช้งานท้าทาย ต้องมืดเกือบสมบูรณ์เพื่อให้เห็นภาพและถ่ายภาพ การสเปรย์ luminol

แบบต่อเนื่องหรือแบบคงที่จะเพิ่มปริมาณการซึดจางของ chemiluminescence และการใช้งานที่มากเกินไปสามารถทำให้เกิดคราบบนพื้นผิวในแนวตั้งและรวมกันบนพื้นผิวในแนวนอน luminol ต้องผสมให้ใกล้เคียงกับเวลาที่ฉีดพ่น luminol สามารถเป็นสารก่อมะเร็งได้ และต้องใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่เหมาะสม ขั้นตอนการเตรียม luminol ต้องอาศัยความรู้ด้านเคมีเป็นอย่างดี (Lisa Dilbeck, 2005)

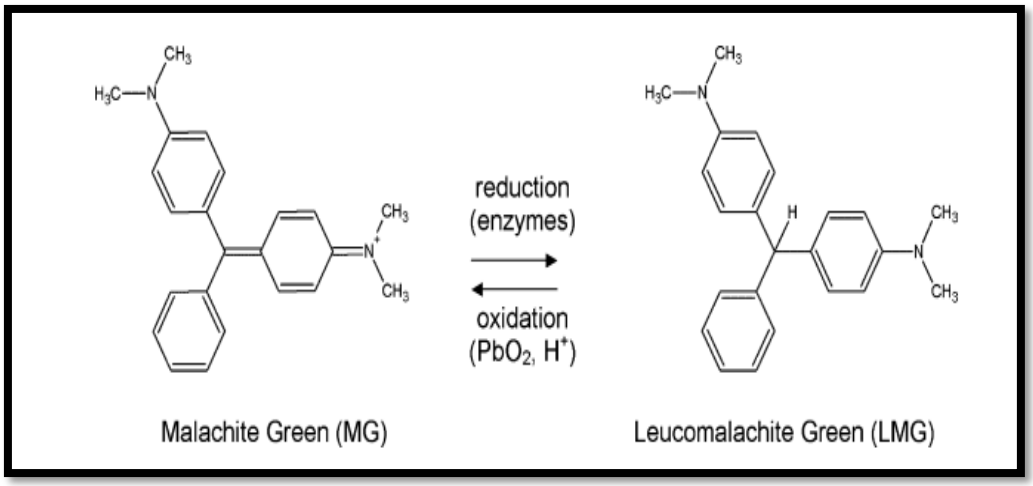
2.3.4 บลูสตาร์(Bluestar) ได้ถูกพัฒนาขึ้นจากจากลูมินอลโดย Dr. Loic Blum เมื่อปีค.ศ.2000 โดยออกแบบผลิตภัณฑ์ในรูปแบบ บลูสตาร์อัดเม็ด เพื่อความสะดวกในการนำมาปฏิบัติงาน หลักการทั่วไปของการทดสอบคราบโลหิต คือ เหล็ก (Fe^{2+}) จะทำหน้าที่เป็นตัวรีดิวซ์สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) จากนั้นเหล็ก (Fe^{2+}) จะกระตุ้นเอนไซม์เปอร์ออกซิเดซทำให้ปล่อยพลังงานออกมาในรูปแบบแสงสีฟ้า เมื่อนำบลูสตาร์(Bluestar) มาใช้ทดสอบคราบโลหิตพบว่ามีคุณสมบัติที่ดีกว่า ลูมินอล (Luminol) ในหลาย ๆ ด้านโดยในช่วงที่ทำการทดสอบคราบโลหิตบลูสตาร์ (Bluestar) จะทำปฏิกิริยากับโลหิตทำให้เกิดการเรืองแสงที่สว่างและนานกว่าลูมินอล (Luminol) อีกทั้งสถานที่ที่ทำการตรวจสอบนั้นไม่จำเป็นต้องมืดสนิทที่สว่างและนานกว่าลูมินอล (Luminol) ก็ยังสามารถแสดงประสิทธิภาพในการตรวจได้ชัดเจนกว่า

วิธีการทดสอบด้วย Bluestar มีความไวกว่าการทดสอบภาคสนามชนิดอื่น ๆ ที่แน่ชัดสำหรับ การตรวจคราบโลหิต การทดสอบด้วย Bluestar Forensic สามารถมองเห็นได้จากการเจือจาง 1/1000 เมื่อผสมกับตัวเร่งปฏิกิริยาไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และสัมผัสกับนิวเคลียส heme ของเลือดฮีโมโกลบิน Bluestar Forensic การทำงานของเอนไซม์ peroxidase และมีความเข้มข้นสูงถึง 420-440 นาโนเมตร ที่สามารถมองเห็นได้ในที่มืดน้ำสามารถตรวจพบได้ทั้งแบบบริสุทธิ์หรือแบบเจือจางในขณะที่สดหรือยาวหลังจากที่มันแห้งแล้วล้างออกหรือ ทำความสะอาด ความไวของมันจะทำให้โลหิตมีปริมาณน้อยกว่าจำนวนขั้นต่ำที่ต้องใช้ในการทำ D.N.A.typing BlueStar Forensic ช่วยในการตรวจจับร่องรอยที่มองไม่เห็นหรือมีกล้องจุลทรรศน์ หรือหยดโลหิตโดยเฉพาะอย่างยิ่งกับพื้นหลังที่มืด การมองเห็นคราบโลหิตไม่ขึ้นอยู่กับขนาดของคราบโลหิต แต่เพียงอย่างเดียวกับการปรากฏตัวที่แท้จริงของโลหิต

Bluestar Forensic ก่อให้เกิดการเรืองแสงที่มีความเข้มข้นและระยะเวลาในการมองเห็นปฏิกิริยาการเรืองแสงที่ยาวขึ้น ซึ่งสถานที่เกิดเหตุไม่จำเป็นต้องมืดทั้งหมดก็สามารถมองเห็นได้ Bluestar Forensic สามารถฉีดพ่นได้หลายครั้งในบริเวณเดียวกันการสังเกตและบันทึกภาพทำได้ง่ายขึ้น และการถ่ายภาพนั้นสามารถถ่ายด้วยกล้องและฟิล์มธรรมดาได้ จึงถือเป็นอีกวิธีหนึ่งที่เหมาะจะนำมาใช้ประโยชน์ในการนำมาตรวจสอบคราบโลหิตในสถานที่เกิดเหตุ

2.3.5 Leuco malachite green จะมีการปรากฏเป็นสีเขียวสดใสเมื่อตอบสนองในทางบวกกับโลหิต หรือสารคัดหลั่ง ในการศึกษาพบว่ามีความจำเพาะของการทดสอบสันนิษฐานที่

แตกต่างกันในโลหิต พบว่ามีค่าประมาณ 1: 5000 วิธี Leuco malachite Green โดยมีการใช้สูตรต่อไปนี้ (Aldrich Co.), 0.1 กรัม; กรดอะซิติก 66 มล. น้ำกลั่น, 33 มล.; และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ความไวในการตรวจหาคราบโลหิตพบว่ามีค่าน้อยกว่ารายงานของ Grodsky หรือวิธีการตรวจหาคราบโลหิตโดยใช้ ลูมินอล แต่ในขณะเดียวกันกับพบว่า มีความจำเพาะเจาะจงมากกว่าการทดสอบด้วยวิธี Tetramethyl benzidine และ Orthotolidine test (Ayesha, 2013)

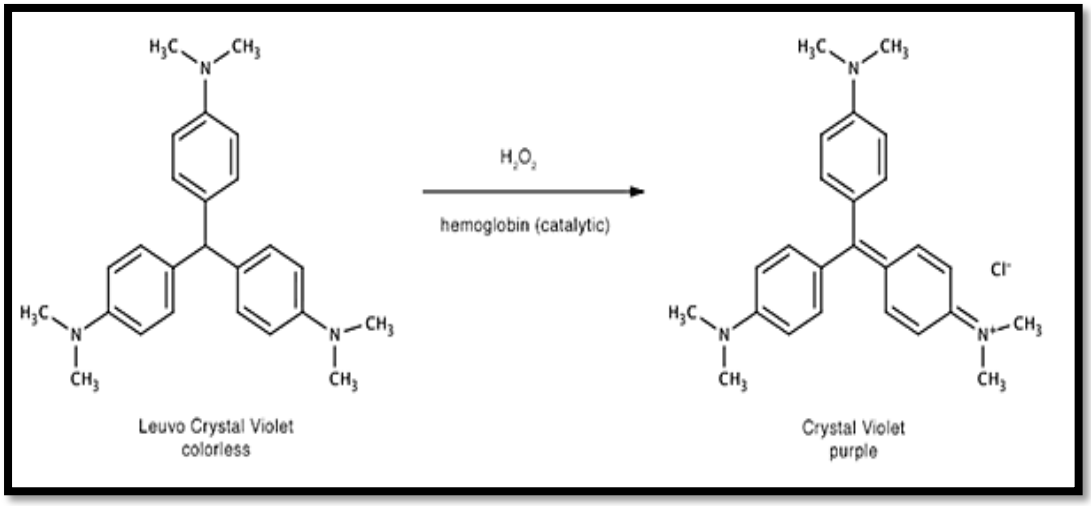


ภาพที่ 13 โครงสร้างทางเคมีของ Malachite Green และ Leucomalachite Green
ที่มา: Kamila Mitrowska , Andrzej Posyniak and Jan Zmudzkiand, **Determination of malachite green and leucomalachite green in carp muscle by liquid chromatography with visible and fluorescence detection**, Journal of Chromatography A, 1089 (2005) : 187–192

ซึ่งการทดสอบหาคราบโลหิตแฝงด้วยวิธี leuco malachite green สำหรับหาคราบโลหิต คือการทดสอบตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งขึ้นอยู่กับ เอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการสลายตัวของไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ให้เป็นน้ำ(Peroxidase) ของฮีโมโกลบิน โดยฮีโมโกลบินมีความสามารถในการตัดออกซิเจนโมเลกุลจาก H_2O_2 และเร่งปฏิกิริยาจากรูปแบบที่ลดลงของ Leuco malachite greenสี (Bodziak,1996)

2.3.6 Leuco crystal violet เป็นหนึ่งในน้ำยาหลายชนิดที่ใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพของโลหิต ในกรณีอาชญากรรมที่แตกต่างกันในสถานที่เกิดเหตุ ซึ่งมันเป็นรูปแบบที่ลดลงอย่างสมบูรณ์ของสีม่วงคริสตัล ซึ่งทำให้มันไม่มีสีในธรรมชาติ เหตุผลหลักที่ทำให้นักวิเคราะห์หลายคนเห็นว่ามีประโยชน์เนื่องจากมองเห็นได้ชัดเจนภายใต้แสง เนื่องจากเมื่อเกิดปฏิกิริยากับโลหิต

จะเกิดเป็นสีม่วง ซึ่งสีม่วงนั้นจะให้สีที่ชัดเจน Bodziak ได้ทำการศึกษาโดยมีการกล่าวถึง LCV ว่าสามารถเป็นการนำไปตรวจหาคราบโลหิตที่ดีขึ้น ซึ่งสารนี้เป็นเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจหาคราบโลหิตในสถานที่เกิดเหตุคดีอาชญากรรม การศึกษาของเขาแสดงให้เห็นว่าสามารถทำได้ โดยเมื่อทำการตรวจจะมีการแสดงผลโลหิตอย่างรวดเร็ว



ภาพที่ 14 ปฏิกิริยาการเรืองแสงเป็นสีม่วงเมื่อทำปฏิกิริยากับโลหิต

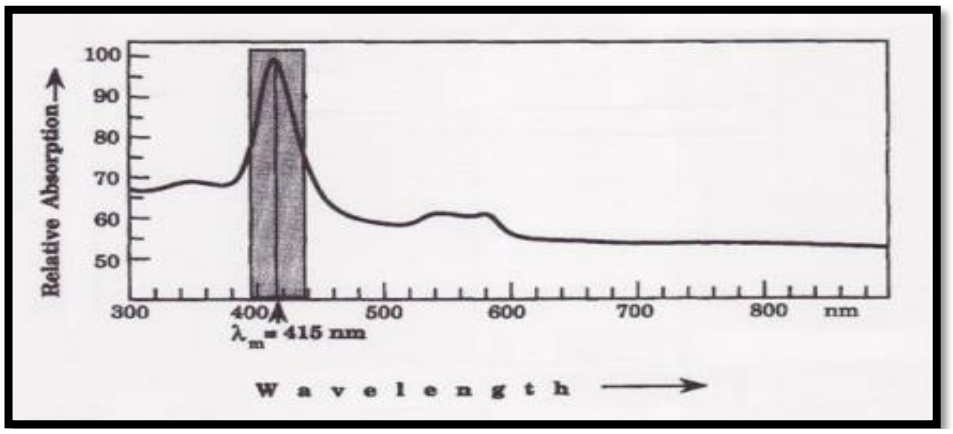
ที่มา: BVDA, **Leuco Crystal Violet** , Accessed November 15, 2018, available from http://www.bvda.com/en/leuco-crystal-violet-for-shoeprints LCV (Leuco Crystal Violet)

เป็นตัวทำสีสำหรับเลือดที่ขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ทำปฏิกิริยากับโลหิตกับ LCV โดยปกติ LCVจะไม่มีสี เมื่อถูกออกซิไดซ์จะเปลี่ยนจากที่ไม่มีสีเป็นสีม่วง เนื่องจากการเกิดออกซิเดชันนี้จะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ภายใต้อิทธิพลของแสงและออกซิเจนความคมชัดของร่องรอยที่มองเห็นและพื้นหลัง แต่จะไม่เกิดขึ้นอย่างถาวร หลังจากช่วงเวลาพื้นหลังก็จะมีสีม่วง เพื่อเพิ่มอายุการใช้งาน ควรเก็บรักษาไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์โดยบรรจุในขวดพลาสติกสีน้ำตาลขุ่น ก่อนใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะถูกเพิ่มลงในสารละลายอื่น (ในอัตราส่วนการผสม 1: 4) โดยของเหลวทั้งสองนี้ใช้น้ำ สารละลาย LCV โดยมีสารยึดติดอยู่แล้วดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องแก้ไขโลหิตก่อนที่จะเกิดคราบเปื้อน (Cox M,1991)

2.3.7 DAB สามารถใช้ในการอธิบายทั้งในสถานที่เกิดเหตุที่มีการก่ออาชญากรรม และห้องทดลอง โดยจะถูกนำมาใช้ในกระบวนการสองขั้นตอนในการแสดงผลโลหิต โดยมีการการใช้กรด 5-sulfosalicylic fixative ในน้ำกลั่น ด้วยการใช้บัฟเฟอร์ฟอสเฟตต่อเนื่องและ ใช้ 3,3'-diaminobenzidine (DAB) และน้ำกลั่น วิธีการตรวจหาโดยใช้ DAB ถูกพัฒนาขึ้นมา โดยมีความสว่างมากขึ้นและถึงแม้จะมีสีน้ำตาลเข้ม ก็ยังสังเกตได้ ซึ่งถูกค้นพบโดย Sahs และคณะ และจากตัวอย่างที่ใช้กับ วิธีการ DAB พบว่าไม่มีการซีดจางแม้จะผ่านไปหลายเดือน คราบโลหิตที่พบได้ง่ายโดยปกติจะมีของแสงอยู่ที่ 450-585 นาโนเมตรโดยส่วนใหญ่ ความชัดเจนของแสงที่มักพบจะอยู่ในช่วง 450 นาโนเมตร (Sahs PT,1992)

2.3.8 Alternative Light Source การใช้แหล่งกำเนิดแสงทดแทน การระบุหลักฐานทางชีวภาพ เช่น เลือด น้ำอสุจิ น้ำลาย และปัสสาวะเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการสืบสวนอาชญากรรม มีการใช้แหล่งกำเนิดแสงทางนิติวิทยาศาสตร์ เพื่อตรวจหาหลักฐานทางชีวภาพโดยที่วิธีนี้เป็นแบบทดสอบสันนิษฐานที่ไม่ทำลายและใช้สำหรับการตรวจหาชนิดของชีววิทยาส่วนใหญ่หลักฐาน หลักฐานทางชีวภาพสามารถตรวจพบได้จากแหล่งกำเนิดแสงทางนิติเวช เนื่องจากลักษณะทางธรรมชาติ เช่น (เลือด) หรือ ผลเรืองแสง (น้ำอสุจิ น้ำลาย และปัสสาวะ) หลักฐานทางชีวภาพที่แตกต่างกันวัสดุที่จะมีผลแตกต่างกันในการตรวจสอบวัสดุที่มีการดูดซึมสูงหรือแสดงแข็งแรงการเรืองแสงจะมีผลต่อการตรวจหาหลักฐานทางชีวภาพ บทความนี้มีบทวิจารณ์เกี่ยวกับวิธีการและ มีข้อจำกัดในการตรวจหาหลักฐานทางชีวภาพโดยใช้แหล่งกำเนิดแสงทางนิติเวชและให้คำแนะนำสำหรับการปรับปรุงเทคนิคการตรวจจับโดยใช้แหล่งกำเนิดแสงทางนิติวิทยาศาสตร์ (Klassey D,1992)

พบว่าโลหิตที่แห้งแล้วจะมีการดูดซึมสูงในพื้นที่กว้างมาก โดยพบว่าจะมีค่าของความยาวคลื่นแสงจาก 300 – 900 นาโนเมตร ซึ่งครอบคลุมความยาวคลื่นแสงทั้งหมด (VIS) และแสง IR โดยคราบโลหิตจะเกิดขึ้นเป็นจุดมืดเมื่อมันเป็นสัมผัสกับแสงชนิดใดก็ได้ ส่วนใหญ่ของ FL0t สามารถเพิ่มความคมชัดของคราบโลหิตต่อพื้นหลังของมันที่มีคราบโลหิตเกาะอยู่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบนพื้นหลังที่มีสีดำ โดยพบว่าคราบโลหิตดูเหมือนจะสว่างกว่าเมื่อยู่บนพื้นหลังสีดำ ส่วนกรณีที่มีการดูดซึมเกิดขึ้นในวงแคบ ๆ โดยมีค่าความยาวของคลื่นแสงอยู่ที่ 395- 435 นาโนเมตร ด้วยการดูดกลืนแสงสูงสุดจะอยู่ที่ 415 นาโนเมตร เนื่องจากมีเฮโมโกลบินเป็นส่วนประกอบ (Wee-Chuen and Bee-Ee ,2010)



ภาพที่ 15 ค่าการดูดกลืนแสงของเลือดแห้ง (Absorption Spectrum of Dry Blood)
ที่มา: Wee-Chuen Leea and Bee-Ee Khoo, **Forensic Light Sources for Detection of Biological Evidences in Crime Scene Investigation: A Review,** Malaysian Journal of Forensic Sciences Vol.1 (2010) : 18

แหล่งกำเนิดแสงทดแทนสามารถเป็นแหล่งกำเนิดแสงอเนกประสงค์เช่น Polilight ซึ่งมีความกว้างช่วงความยาวคลื่น และสามารถใช้เพื่อเผยให้เห็นคราบที่ปกคลุมด้วยสี ในการศึกษาโดย Vandenberg แสงของโพลีไลท์ถูกอธิบายว่าเป็นความปลอดภัย และวิธีการนี้เป็นเทคนิคที่ค่อนข้างง่าย เหมาะสำหรับใช้ในคดีอาญา และ พวกเขาพบว่าค่าความยาวของคลื่นแสงที่ 415 นาโนเมตร คือแถบดูดซึมที่ดีที่สุดสำหรับโลหิต ที่จะตรวจพบภายใต้การใช้โพลีไลท์ ข้อสังเกตนี้ใช้ได้สำหรับคราบโลหิตในวัสดุต่างๆ ยกเว้นบนพื้นหลังขรุขระสีเขียว ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพของการตรวจหาโลหิตนั้นลดลง ซึ่งการใช้แหล่งกำเนิดแสงตรวจหาคราบโลหิตประสิทธิภาพนั้นก็ขึ้นอยู่กับการดูดซับของพื้นผิว ความชื้นและสีพื้นหลังของพื้นผิว

คุณสมบัติเกี่ยวกับพื้นผิว

พื้นผิวที่ใช้ในการตรวจคราบโลหิต ผู้วิจัยได้ศึกษาพื้นผิว 2 ประเภท ได้แก่ พื้นผิวแบบมีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวแบบไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก โดยมีการจัดประเภทของพื้นผิวตามประสิทธิภาพในการดูดซับ ซึ่งพื้นผิวที่มีรูพรุนขนาดเล็ก (Micropores) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 10 – 1,000 อังสตรอม (A^0) จัดว่าเป็นพื้นผิวไม่มีรูพรุน และพื้นผิวที่มีรูพรุนขนาดใหญ่ (Macropores) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 1,000 อังสตรอม (A^0) จัดว่าเป็นพื้นผิวที่มีรูพรุน (Betz, W.R.,S.G.Maroldo, 1989) ดังนี้

1. แผ่นไม้ ไม้มีอายุมากกว่า 400 พันล้านปีและเป็นหนึ่งในแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่สำคัญที่สุดในโลกที่จัดหาเชื้อเพลิงวัสดุก่อสร้างเฟอร์นิเจอร์กระดาษ ฯลฯ ไม้เป็นแผ่นไม้ไม่ผูกติดกันเพื่อผลิตแผ่นแบน ไม้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้งานได้หลากหลายอย่างยิ่งสำหรับการใช้งานด้านโครงสร้างการตกแต่งภายในและภายนอกที่หลากหลายตั้งแต่แบบหล่อไปจนถึงแผ่นภายใน ไม้อัดจะมีเศษไม้หลายชั้นวางซ้อนทับกันและติดกัน ความแข็งแรงนั้นได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้นโดยการจัดเรียงของแต่ละชั้นเพื่อให้เม็ดไม้ที่เป็นทางเลือก ทำให้ไม้ส่วนใหญ่มีความแข็งแรงกว่าไม้จริงชิ้นเดียวกัน ไม้อัดก็มีความทนทานมากกว่าไม้ทั่วไปสองเท่า ไม้เป็นวัสดุที่มีรูพรุนขนาดใหญ่ (Macropores) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 1,000 อังสตรอม (A^0) จัดว่าเป็นพื้นผิวที่มีรูพรุน

2. อิฐบล็อก ถือว่าเป็นอีกส่วนที่สำคัญของบ้านจะเรียกว่าเป็นส่วนที่นำมาทำผนังบ้านจัดได้ว่าเป็นผิวหนังของบ้าน ซึ่งผนังที่อยู่ภายนอกจะช่วยปกป้องตัวบ้านจากแสงแดด ความร้อน กระแสลม สายฝน ส่วนผนังภายใน จะมีหน้าที่กั้นระหว่างห้องให้เป็นสัดเป็นส่วน ตามพื้นที่ใช้สอย ซึ่งผนังของบ้าน ถ้าเป็นผนังที่ใช้รับน้ำหนัก ได้แก่ ผนังก่ออิฐ จะมีสองแบบ คือเป็นแบบการก่ออิฐโชว์แนว และผนังก่ออิฐฉาบปูน ซึ่งจะมีใช้ทั้งภายนอกและภายในของตัวบ้าน โดยผนังก่ออิฐโชว์แนวจะเป็นลักษณะการก่อสร้างที่จะใช้การก่ออิฐเรียงกัน แล้วไม่มีการฉาบปูนทับหน้า เนื่องจากต้องการโชว์แนวของการก่ออิฐ ส่วนอีกแบบที่เป็นก่ออิฐฉาบปูนนั้นจะเป็นการก่ออิฐแล้วฉาบปูนเพื่อให้เรียบเนียน และผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก จะมีทั้งแบบหล่อขึ้นมาเองและแบบสำเร็จรูป ในปัจจุบันนี้เป็นที่นิยมเป็นผนังคอนกรีตทั้งผืนหล่อมาแล้ว ถ้าเป็นแบบสำเร็จรูป มีได้ทั้งทำมาจากโรงงานและถ้ามาทำที่หน้างานจะเป็นแบบที่หล่อขึ้นมาเอง มีข้อดี ที่สามารถก่อสร้างได้อย่างรวดเร็ว ข้อเสียคือ อมความร้อน ไม่ยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงแบบ ส่วนผนังที่ไม่ต้องรับน้ำหนักของโครงสร้างนั้น ได้แก่ ผนังบล๊อคอิฐแก้วมักจะใช้เป็นผนังในพื้นที่ที่ต้องการให้มีแสงสว่างเข้ามาในพื้นที่และยังทำดูให้สวยงาม ผนังกระจก ซึ่งจะมีความสวยงาม ดูโปร่ง โล่ง ไม่อึดอัด ทำให้ห้องที่อาจจะแคบ ดูกว้างขึ้นอีกด้วย และผนังเบา นิยมใช้กันมากเพราะน้ำหนักเบา ราคาไม่แพง ติดตั้งได้เร็ว ไม่ใช้เวลามาก ซึ่งจะมีให้เลือกหลายวัสดุ มีทั้งไม้อัด กระเบื้องแผ่นเรียบ ยิปซั่มบอร์ด และไฟเบอร์ซีเมนต์ โดยแต่ละแบบจะมีข้อดีและจุดเด่นที่ต่างกัน อย่างถ้าต้องการผนังที่เก็บเสียง ก็อาจจะเลือก ผนังไฟเบอร์ซีเมนต์ที่มีคุณสมบัติการเก็บเสียงที่ดี หรือผนังในส่วนที่จะต้องโดนแดดเป็นเวลานาน อาจจะเลือกใช้ผนังเบาที่วัสดุเป็น ยิปซั่มบอร์ด มีความโดดเด่น ในเรื่องสะท้อนความร้อนได้เป็นอย่างดี เป็นต้น แต่อาจจะข้อเสียที่มีอายุการใช้งานสั้น มีปัญหาในเรื่องความชื้น ส่วนใหญ่จะใช้กับภายในที่อาจจะต้องมีการเปลี่ยนบ่อย ๆ กำแพงพื้นผิวที่มีรูพรุนขนาดใหญ่ (Macropores) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 1,000 อังสตรอม (A^0) จัดว่าเป็นพื้นผิวที่มีรูพรุน

3. พรมชนิดผ้า พรมเป็นวัสดุที่ได้รับความนิยมนำมาใช้ปูพื้นตามสถานที่ต่าง ๆ ที่ต้องการความสวยงาม หรูหรา และบ่งบอกความมีรสนิยมของผู้ใช้ อาทิเช่น โรงแรม ภัตตาคาร สถานบันเทิง

ที่อยู่อาศัย เป็นต้น โดยประเภทของพรมจะแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ พรมทอมือ พรมที่ใช้ฝีมือคนในการทอให้เกิดเป็นผืนพรม ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการทอนาน และต้องใช้ความสามารถสูง พรมประเภทนี้แม้ใช้เวลานานในการผลิต และมีราคาแพง แต่ก็ได้รับความนิยมสูงมาก เพราะมีความละเอียดลวดลายประณีต ซึ่งส่วนใหญ่มาจากขนแกะการทอลวดลายจะมีความสวยงาม มีลายนูนเด่นชัด ประเภทที่สอง พรมทอเครื่อง พรมประเภทนี้จะทอจากเส้นใยสังเคราะห์ ส่วนใหญ่จะมีลวดลายเป็นรูปทรงเรขาคณิตซ้ำ ๆ กัน มักใช้ในโรงแรม สำนักงาน ที่อยู่อาศัย และพรมประเภทที่สาม ได้แก่ พรมอัด พรมประเภทนี้จะผลิตจากเส้นใยสังเคราะห์ หรือเศษของเส้นใยสังเคราะห์นำมาอัดซ้ำกันเพื่อให้พรมแน่นและให้ออกมาเป็นแผ่น ๆ ประเภทและรูปแบบของพรมที่แตกต่างกันนั้นมีลักษณะที่แตกต่างกันซึ่งอาจทำให้พรมแต่ละชนิดมีความเหมาะสมกว่าสำหรับการใช้งานบางประเภทที่แตกต่างกันออกไป พรมถือได้ว่าเป็นพื้นผิวที่มีรูพรุนขนาดใหญ่ (Macropores) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 1,000 อังสตรอม (A^0) จัดว่าเป็นพื้นผิวที่มีรูพรุน

4. กระดาษ เป็นวัสดุที่ผลิตขึ้นมาสำหรับการจดบันทึก จึงกล่าวได้ว่า ระบบการเขียนคือแรงผลักดันให้เกิดการผลิตกระดาษขึ้นในปัจจุบัน กระดาษยังใช้ประโยชน์อื่น ๆ ได้มากมาย เช่น กระดาษชำระ กระดาษห่อของขวัญ กระดาษลูกฟูกสำหรับทำกล่อง เป็นต้น องค์ประกอบของกระดาษ แบ่งออกเป็น 2 จำพวกคือ องค์ประกอบที่เป็นเส้นใย เป็นกระดาษสามารถยึดตัวเป็นแผ่นได้เกิดจากเส้นใยเป็นจำนวนมากสานกันอย่างไม่เป็นระเบียบ เส้นใยโดยทั่วไปจะใช้เส้นใยจากธรรมชาติจากพืช อาจมีการใช้เส้นใยจากสัตว์ หรือจากแร่ก็ได้ นอกจากนี้ยังมีการใช้เส้นใยสังเคราะห์ เช่น พวกพอลิอาไมด์ (Polyamide) ซึ่งช่วยทดแทนการใช้เส้นใยจากธรรมชาติ องค์ประกอบที่ไม่ใช่เส้นใย เป็นสารเติมแต่งหรือแอดดิทีฟ (Additives) ที่เติมเข้าไประหว่างการผลิตกระดาษเพื่อช่วยให้กระดาษที่ได้ออกมามีคุณสมบัติเหมาะกับการใช้งานที่ต้องการได้ยิ่งขึ้น สารเติมแต่งมีมากมายแล้วแต่กรรมวิธีการผลิตของแต่ละโรงงาน เช่นที่ใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ กระดาษฟอกขาว (Woodfree paper) เป็นกระดาษที่ทำจากเยื่อเคมี (เยื่อที่ผลิตโดยใช้สารเคมี) และฟอกให้ขาว เป็นกระดาษที่มีคุณภาพและมีความหนาแน่นสูง การดูดซึมน้อยใช้สำหรับงานพิมพ์หนังสือ กระดาษพิมพ์เขียน และกระดาษจัดได้ว่าเป็นพื้นผิวเป็นวัสดุที่มีรูพรุนขนาดใหญ่ (Macropores) มีมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 1,000 อังสตรอม (A^0) จัดว่าเป็นพื้นผิวที่มีรูพรุน

5. กระเบื้อง กระเบื้องเซรามิค เป็นกระเบื้องที่ผ่านการเผา 1 หรือ 2 ครั้ง ตามลักษณะการใช้งาน และเคลือบผิวทำลวดลายเป็นกระเบื้องที่มีขนาดหลากหลายและมีโทนสีสไตล์ต่าง ๆ ให้เลือกใช้มากที่สุด กระเบื้องเซรามิคแบ่งออกเป็นกระเบื้องสำหรับปูพื้น และปูผนัง นอกจากนี้ยังแบ่งเป็นแบบผิวมัน และแบบผิวหยาบ สำหรับเลือกใช้งานแบบต่าง ๆ เป็นพื้นที่ไม่เก็บฝุ่นหรือสิ่งตกค้างเช่นเดียวกับพื้นผิวอื่น ๆ ลักษณะพื้นจึงสามารถทำความสะอาดได้ง่ายด้วยวัสดุที่ใช้ในครัวเรือนทั่วไป รวมทั้งพื้นกระเบื้องนี้ไม่จำเป็นต้องขัด ขั้นตอนการทำความสะอาดง่ายดาย ความติดทนคราบของ

กระเบื้องเซรามิคนั้นก็อาจจะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับความสามารถในการต้านทานความชื้น กระเบื้องเคลือบและแม้แต่กระเบื้องเคลือบบางชนิดสามารถต้านทานคราบทุกประเภทและสามารถทำความสะอาดได้ง่าย การดูดซึมน้ำของกระเบื้อง เนื่องจากพื้นผิวของกระเบื้องไม่มีรูพรุน กระเบื้องเคลือบและไม่เคลือบหลายชนิดยังมีเม็ดกรวดขัดบนพื้นผิวเพื่อเพิ่มความต้านทานการลื่น กระเบื้องจัดว่าเป็นพื้นผิวที่มีรูพรุนขนาดเล็ก (Micropores) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 10 – 1,000 อังสตรอม (A^0) จัดว่าเป็นพื้นผิวไม่มีรูพรุน

6. กระจก มีคุณสมบัติโปร่งใส วัสดุที่ทำมาจากแก้ว ซึ่งมีองค์ประกอบหลักทางเคมี คือ ซิลิคอน ซึ่งสามารถหลอมและนำไปขึ้นรูปได้ เมื่อเย็นตัวแล้วมีลักษณะโปร่งใส และเป็นของแข็งโดยไม่จับผลึก (มีค่าความหยัดตัวสูง) กระจกจึงสามารถแตกได้เหมือนแก้ว และมีความคมมากกว่าแก้ว เมื่อแตกเพราะมีความบางในการผลิตทำให้สามารถมองเห็นภายนอกได้ กระจกยังเป็นวัสดุสำเร็จรูป ที่ติดตั้งง่ายและรวดเร็ว ปัจจุบันจึงนิยมใช้กระจกในการทำผนังภายนอกของอาคารแทนผนังทึบ และยังก่อให้เกิดความโปร่งโล่งทั้งในแง่ของทัศนียภาพและแสงสว่าง กระจกถือว่าเป็นพื้นผิวที่มีรูพรุนขนาดเล็ก (Micropores) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 10 – 1,000 อังสตรอม (A^0) จัดว่าเป็นพื้นผิวไม่มีรูพรุน

ชนิดของสี

ปัจจุบันสีขาวเบสน้ำออกแบบคุณสมบัติประเภทของการใช้สีที่หลากหลาย ประเภทของสีแต่ละชนิด มีคุณสมบัติและเหมาะสมกับงานแตกต่างกัน ดังนี้

1. สีน้ำอะครีลิค หรือ สีน้ำพลาสติก เป็นชนิดที่เราคุ้นเคยกันมากที่สุด ใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย เหมาะสำหรับใช้ทาบนพื้นผิวที่เป็น ปูน ซีเมนต์ คอนกรีต เพื่อให้ได้สีสันที่สวยงาม โดยสีอะคริลิกแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ สีทาภายนอก และสีทาภายใน

1.1 สีทาภายนอก ถูกออกแบบมาให้พร้อมเผชิญกับสภาวะแดดและฝนโดยตรง จึงต้องเพิ่มสารพิเศษต่าง ๆ (Additive) เพื่อเพิ่มคุณสมบัติให้ใช้งานได้ดีและยาวนาน จึงมีความทนทานกว่าและมีราคาที่สูงกว่าสีทาภายใน โดยสีทาภายนอกสามารถใช้ทาได้ทั้งภายนอกและภายในบ้าน

1.2 สีทาภายใน ถูกออกแบบมาให้ใช้ทาภายในอาคารเท่านั้นเพราะไม่จำเป็นต้องทนแดดทนฝน หากนำไปใช้ทาภายนอกก็จะทำให้สีหลุดล่อนและซีดจางได้ง่าย ๆ แต่สีทาภายในก็มีข้อดีที่มีกลิ่นและสารเคมีเบาบางกว่าสีทาภายนอก

2. สีน้ำมัน เป็นสีที่ใช้น้ำมันหรือทินเนอร์เป็นตัวทำละลาย (Solvent) มีจุดเด่นที่มีความเงางาม แต่มีข้อจำกัดที่ราคาค่อนข้างสูงและแห้งช้า สีน้ำมันค่อนข้างเหมาะกับการใช้ทาบนผิวโลหะหรือไม้ ไม่นิยมใช้ทาบนซีเมนต์หรือคอนกรีตเท่าไรนัก

3. สีทาไม้ สีประเภทนี้จะใช้สำหรับทาไม้เพื่อเพิ่มความสวยงาม มีทั้งแบบที่ช่วยขับให้สีของเนื้อไม้ดูสดและเด่นชัดขึ้น และแบบที่เปลี่ยนสีไม้ให้กลายเป็นสีต่าง ๆ ตามที่ต้องการ โดยสีทาไม้นี้ใช้ได้หลากหลายรูปแบบไม่ว่าจำเป็นตัวบ้านที่ทำจากไม้ พื้นไม้ รั้วไม้ หรือเฟอร์นิเจอร์ไม้ก็ใช้ได้เช่นเดียวกัน ส่วนจะเลือกสีทาไม้แบบไหนนั้นก็ต้องแล้วแต่ความชอบของเพื่อนๆ แล้วล่ะครับ โดยปัจจุบันสีทาไม้แบ่งเป็นหลายประเภทเช่น สีย้อมไม้ แชล็ค หรือใครไม่ต้องการเปลี่ยนสีไม้แต่อยากให้เนื้อไม้ดูมีความเงา หรือด้านในระดับที่ต้องการก็สามารถเลือกใช้ แลคเกอร์ หรือยูรีเทน ได้

4. สีกัลวาไนซ์ เป็นสีที่มีคุณสมบัติและรูปแบบการใช้งานที่หลากหลาย ใช้กับเหล็กได้หลายประเภท ปัจจุบันเริ่มได้รับความนิยมมากขึ้น เพราะทาง่ายไม่ต้องรองพื้น แห้งเร็วใน 1-2 ชม. ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ทำให้การทานี้สีกัลวาไนซ์ประหยัดกว่าสีน้ำมันแบบเดิม ทั้งค่าสี ค่าแรง และเวลา และที่สำคัญยังมีความสามารถในการยึดเกาะสูงกว่าสีน้ำมันทั่วไป

5. สีคัลเลอร์ซีเมนต์ เป็นนวัตกรรมการผสมสีลงในเนื้อซีเมนต์ มีจุดเด่นที่ความคงทน เพราะคัลเลอร์ซีเมนต์มีคุณสมบัติที่สามารถยึดเกาะบนพื้นผิวซีเมนต์ได้ดีเยี่ยมเสมือนเป็นเนื้อเดียวกัน จึงมีความทนทานมากเป็นพิเศษ ช่วยให้สีติดทนคู่ผนังบ้านได้ยาวนาน และเพราะเป็นสีที่ให้อารมณ์ประหนึ่งเป็นธรรมชาติ ไม่ทิ้งปัญหาผนังหลุดล่อนลอกพองเหมือนสีชนิดอื่น ๆ เมื่อถูกฝนหรือความชื้น อีกทั้งยังช่วยปิดรอยแตกลายงาขนาดเล็กได้ทันที ใช้ได้ทั้งงานภายในและภายนอก ไม่มีกลิ่น ปลอดภัยต่อสุขภาพ และที่สำคัญยังสามารถใช้ได้หลากหลายวิธี ทั้งการทา ฉาบ พ่น และสร้างลวดลายต่าง ๆ จึงสร้างสรรค์ความงามได้หลากหลายรูปแบบ โดยไม่จำเป็นต้องทาสีรองพื้นก่อน เรียกได้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติของสีระดับ premium หลายรุ่นมารวมกันในกระป๋องเดียว ลงทุนครั้งเดียวสวยคุ้มยาวนาน

การมองเห็นและระบบสี

ในส่วนนี้ผู้วิจัยขอนำเสนอออกเป็น 2 หัวข้อ ได้แก่ 1) ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการมองเห็น 2)ระบบสี โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการมองเห็น

การมองเห็นสีของมนุษย์เกิดจากการที่แสงที่สะท้อนจากวัตถุนั้น ๆ มากระทบตาเราและส่งไปสมอง เพื่อแปลออกมาเป็นสีที่เห็น ดังนั้น ในการมองเห็นจึงมีปัจจัยอยู่ 3 อย่าง คือ แหล่งกำเนิดแสง วัตถุมีสีและสายตาของมนุษย์ เมื่อแสงจากแหล่งกำเนิดแสงส่องมาตกกระทบวัตถุมีสีจะสะท้อนเข้าสู่ตา และตาของมนุษย์เราจะไวต่อแม่สีแสง 3 สี คือ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน

การมองเห็นด้วยตาจะบ่งบอกลักษณะของวัตถุได้ 3 ลักษณะ คือ

1. สีที่ปรากฏในการมองเห็น เช่น สีแดง สีเขียวหรือสีน้ำเงิน เรียกว่า Hue

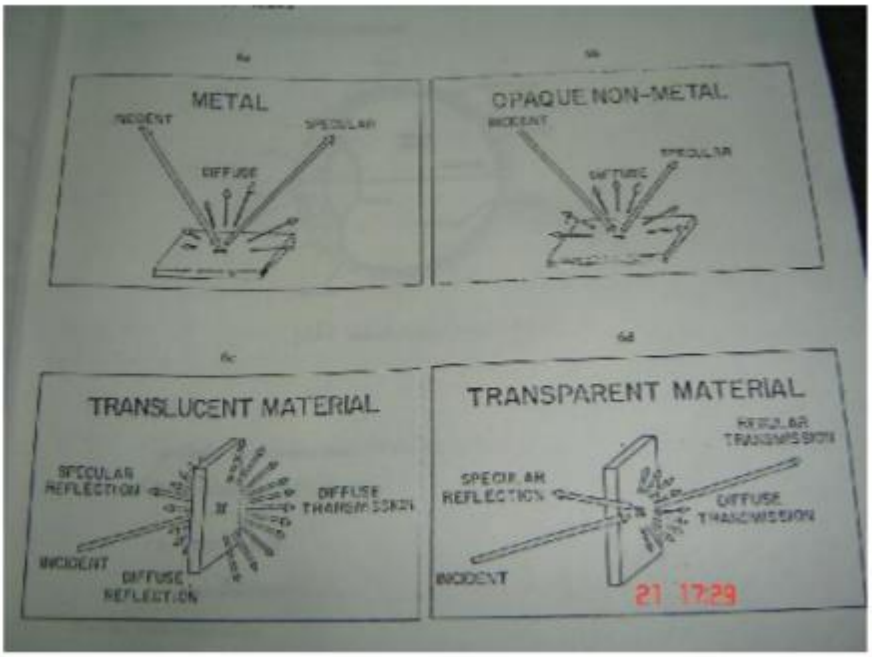
2. ความสว่างของสีซึ่งเป็นการสะท้อนของแสงที่มีค่าต่างกัน เรียกว่า Lightness

3. ความสดใส ความเข้ม และความบริสุทธิ์ของสีเรียกว่า Chroma

จากที่ได้กล่าวไว้ในตอนแรกแล้วว่าการมองเห็นสีของวัตถุเกิดจากปัจจัยทั้ง 3 อย่าง คือ แหล่งกำเนิด แสงวัตถุมีสี และผู้สังเกตการณ์ (หรือคนมอง) ซึ่งจะได้พิจารณาจากปัจจัยทั้ง 3 ดังนี้ (ภัคนัย ทองทิอัมพร, 2550)

1. แหล่งกำเนิดแสง แหล่งกำเนิดแสงสำหรับการมองเห็นมาจาก 2 แหล่ง คือ แหล่งกำเนิดแสงตามธรรมชาติ และแหล่งกำเนิดแสงที่ประดิษฐ์ขึ้น สำหรับแหล่งกำเนิดแสงตามธรรมชาติ ได้แก่ แสงจากดวงอาทิตย์ หรือแสงแดดในตอนกลางวัน (Daylight) ส่องมายังพื้นผิวโลกเป็นแสงสีขาว และเมื่อผ่านปริซึมแสงสีขาวนี้จะแยกออกเป็นแถบสีต่าง ๆ กัน 7 สีโดยแต่ละสีจะมีความยาวคลื่นต่างกัน ซึ่งอยู่ระหว่าง 400-780 นาโนเมตร แต่แสงแดดในแต่ละท้องที่ของประเทศต่าง ๆ จะพบว่ามีการกระจายพลังงาน (Spectral Energy Distribution, SED) ที่แตกต่างกันไปตามภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ฤดูและช่วงเวลา ดังนั้น การมองเห็นสีที่มีแหล่งกำเนิดแสงตามธรรมชาติในช่วงเวลาสถานที่ หรือสภาพอากาศที่ต่างกันแล้วก็เป็นเหตุให้การมองเห็นสีต่างกันไปด้วย แหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์มีอยู่ด้วยกันหลายแบบ ได้แก่ หลอดไฟ Incandescence, หลอดไฟทังสเตน (Tangsten filament lamp), หลอดฟลูออเรสเซนส์, หลอดไฟซีนอนอาร์ค (Zenon arc lamp) หลอดไฟซีนอนอาร์คจะให้แสงที่มีการกระจายพลังงานอยู่ระหว่างช่วงรังสี UV และรังสีอินฟราเรดเมื่อเราใช่ที่กรองแสงรังสี UV อย่างสม่ำเสมอรวมทั้งใช้ที่กรองความร้อนลดความเข้มของรังสีอินฟราเรดให้ต่ำลงแล้ว จะทำให้หลอดไฟซีนอนอาร์ค มีการกระจายพลังงานได้ใกล้เคียงกับแสงแดดตอนกลางวัน นอกจากนี้หลอดไฟซีนอนอาร์คที่ให้แสงกระพริบ (Zenon flash lamp) เมื่อให้แสงกระพริบที่มีความเข้มของแสงสูงในช่วงระยะสั้น ทำให้ชิ้นตัวอย่างที่ทำการวัดสีไม่ร้อนมากจนเกิดการเปลี่ยนสี

2. วัตถุมีสี แสงจากแหล่งกำเนิดแสงเมื่อตกกระทบวัตถุที่มีสีจะเกิดปรากฏการณ์การสะท้อนของแสงที่พื้นผิวของวัตถุที่มีความเงามัน เรียกว่า Specula reflection ถ้าพื้นผิวไม่เรียบ ไม่มีความเงามันเมื่อแสงส่องผ่านเข้าไปกระทบวัตถุนั้นจะเกิดการกระเจิงของแสงและอนุภาคของสีในบางช่วงคลื่นจะถูกดูดกลืนเอาไว้บาง ช่วงคลื่นจะถูกสะท้อนออกมาทำให้เกิดการมองเห็นสีแตกต่างกันตามความยาวช่วงคลื่นที่มีการสะท้อน ออกมา เราเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า Diffuse reflection นอกจากจะมีการสะท้อน และการดูดกลืนในบางช่วงของคลื่นแสงแล้ว ยังมีการส่องผ่านของแสงบนวัตถุโปร่งแสงและเกิดการกระเจิงของแสงที่พื้นผิวปรากฏการณ์นี้เรียกว่า Diffuse transmission แต่ถ้าเป็นวัตถุที่มีความโปร่งใส เช่น กระจกใส จะเกิดการส่องผ่านทะลุวัตถุโปร่งใสนั้นเป็นปรากฏการณ์ที่เรียกว่า Regular transmission



ภาพที่ 16 ลักษณะการสะท้องแสงบนผิวชนิดต่าง ๆ

ที่มา : ภัคนัย ทองทิอัมพร “การมองเห็นและการวัดสี” กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 28 มิถุนายน 2550.

3. ผู้สังเกตการณ์ เป็นปัจจัยสุดท้ายของการมองเห็นเมื่อแสงตกกระทบบนวัตถุที่มีสีและสะท้อนเข้าตาผู้สังเกตการณ์แล้วส่งไปยัง เรตินาที่มีส่วนไวต่อแสงแตกต่างกันอยู่ 2 ชนิด คือ ส่วนที่จะแยกความแตกต่างระหว่างความมืด และความสว่างที่เรียกว่า rods และส่วนที่สามารถแยกสีที่เรียกว่า cones แบ่ง ออกอีก 3 ชนิด คือ ส่วนที่ไวต่อแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน

จากที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้วว่าการมองเห็นของมนุษย์ต่อวัตถุที่มีสีนั้นจะเป็นการมองเห็นที่แตกต่างกันไป ดังนั้นถ้าวัตถุที่มีสีหรือผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นมานั้นมีสีที่สม่ำเสมอและเป็นมาตรฐานสากลแล้วการวัดสีจะบอกลักษณะของสีให้เป็นที่เข้าใจในระดับสากลได้

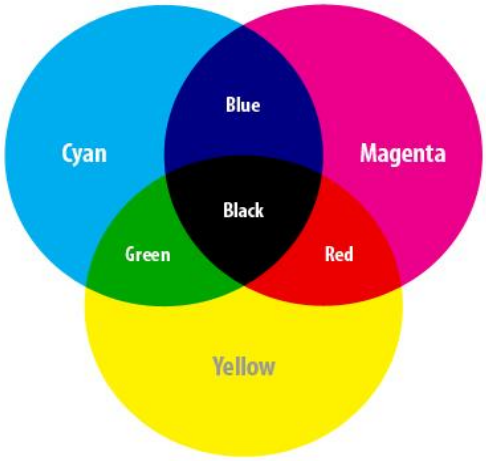
ระบบสี

ระบบสีประกอบด้วย แม่สี 3 สี ในการใช้สีกับงานกราฟิกในคอมพิวเตอร์ มีรายละเอียดหลายประการ ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะ ดังนั้นจึงควรทราบระบบสีของคอมพิวเตอร์ก่อน ระบบสีของคอมพิวเตอร์ จะเกี่ยวข้องกับการแสดงผลแสงที่แสดงบนจอคอมพิวเตอร์ โดยมีลักษณะการแสดงผล คือ ถ้าไม่มีแสดงผลสีใดเลย บนจอภาพจะแสดงเป็น "สีดำ" หากสีทุกสีแสดงผลพร้อมกัน จะเห็นสีบนจอภาพเป็น "สีขาว" ส่วนสีอื่น ๆ เกิดจากการแสดงสีหลายๆ สี แต่มีค่าแตกต่างกัน การแสดงผลลักษณะนี้ เรียกว่า การแสดงสีระบบ Addivtive สีที่ใช้ในงานด้านกราฟิกทั่วไป มี 4 ระบบ คือ RGB CMYK HSB LAB (นคเรศ ชัยแก้ว, 2557)

1) ระบบสี CMYK Color Model

CYMK คือ ระบบสีที่อิงอุปกรณ์ (Device Dependent Color) ใช้กับงานพิมพ์ที่พิมพ์ออกทางกระดาษหรือวัสดุผิวเรียบอื่น ๆ ตัวอย่างอุปกรณ์ เช่น เครื่องพิมพ์ชนิดต่าง ๆ เป็นต้น ระบบสี CYMK ประกอบด้วย สีหลัก 4 สี คือ สีฟ้า (Cyan), สีม่วงแดง (Magenta), สีเหลือง (Yellow) และสีดำ (Black) เมื่อนำมาผสมกันจะเกิดสีเป็นสีดำ แต่จะดำไม่สนิท เนื่องจากหมึกพิมพ์มีความไม่บริสุทธิ์ จึงเป็นการผสมสีแบบลบ (Subtractive) หลักการเกิดสีของระบบนี้ คือ หมึกสีหนึ่งจะดูดกลืนแสงจากสีหนึ่งแล้วสะท้อนกลับออกมาเป็นสีต่าง ๆ เช่น สีฟ้าดูดกลืนแสงของสีม่วงแล้วสะท้อนออกมาเป็นสีน้ำเงิน ซึ่งจะสังเกตได้ว่าสีที่สะท้อนออกมาจะเป็นสีหลักของระบบ RGB การเกิดสีในระบบนี้จึงตรงข้ามกับการเกิดสีในระบบ

การกำหนดค่าสีในงานที่จะทำการส่งโรงพิมพ์ จะกำหนดจากค่าสี CMKY เท่านั้น เพราะถ้าเลือกค่าจาก RGB ที่เป็น #CCC สีที่ออกมานั้นจะผิดเพียนไปจากหน้าจอที่เห็น ดังนั้นจึงต้องกำหนดแบบ CMYK เช่น C = 100 M = 0 Y = 100 K = 0 เราก็จะได้ค่าสีที่แน่นอนสำหรับงานพิมพ์



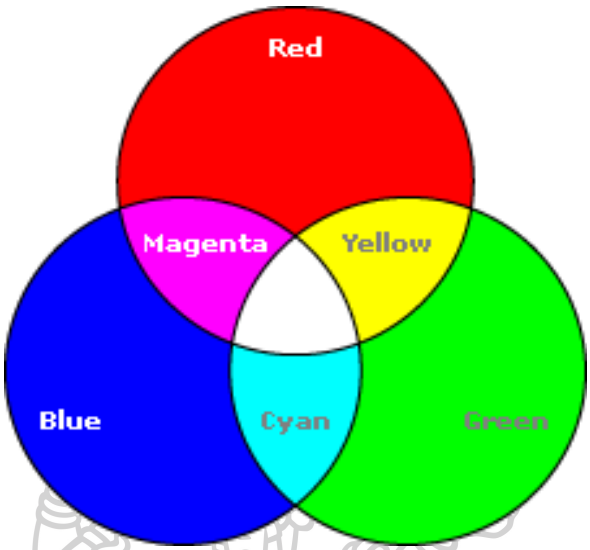
ภาพที่ 17 ระบบสี CYMK Model

ที่มา : นคเรศ ชัยแก้ว “คอมพิวเตอร์กราฟฟิกเบื้องต้น” กรุงเทพมหานคร, 2557.

2. ระบบสี RGB Color Model

RGB Color Model คือ ระบบสีที่อิงอุปกรณ์ (Device Dependent Color) เช่น กล้อง จอภาพ เป็นต้น ประกอบด้วยแม่สี 3 สี คือ แดง (Red), เขียว (Green) และน้ำเงิน (Blue) เมื่อนำมา ผสมผสานกันทำให้เกิดสีต่าง ๆ บนจอคอมพิวเตอร์ได้มากถึง 16.7 ล้านสี โดยเก็บข้อมูล 3 สีๆ

ละ 8 Bit ซึ่งใกล้เคียงกับสีที่ตาเรามองเห็นปกติ สีที่ได้จากการผสมสีขึ้นอยู่กับความเข้มของสี โดยถ้าสีมี ความเข้มมาก เมื่อนำมาผสมกันจะทำให้เกิดเป็นสีขาว จึงเรียกระบบสีนี้ว่าแบบ Additive หรือการผสมสีแบบบวก



ภาพที่ 18 ระบบสี RGB Model

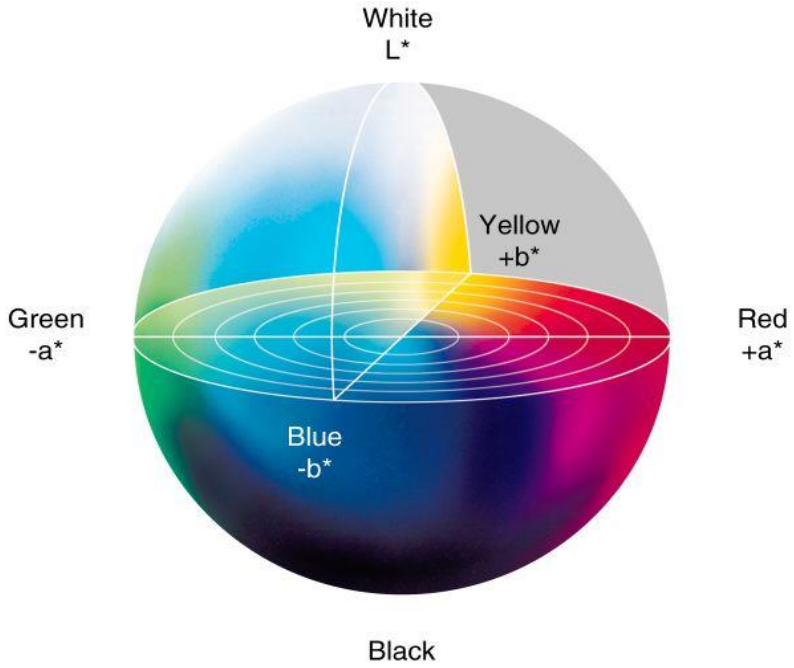
ที่มา : นคเรศ ชัยแก้ว “คอมพิวเตอร์กราฟฟิกเบื้องต้น” กรุงเทพมหานคร, 2557.

3. ระบบสี Lab Color Model

เป็นระบบสีที่ไม่ขึ้นกับอุปกรณ์ใด ๆ (Device Independent) โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ “L” หรือ Luminance เป็นการกำหนดความสว่างซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 ถ้ากำหนดที่ 0 จะกลายเป็นสีดำ แต่ถ้ากำหนดที่ 100 จะกลายเป็นสีขาว

“ A ” เป็นค่าของสีที่ไล่จากสีเขียวไปสีแดง

“ B ” เป็นค่าของสีที่ไล่จากสีน้ำเงินไปสีเหลือง



ภาพที่ 19 Lab Color Model

ที่มา : นคเรศ ชัยแก้ว “คอมพิวเตอร์กราฟฟิกเบื้องต้น” กรุงเทพมหานคร, 2557.

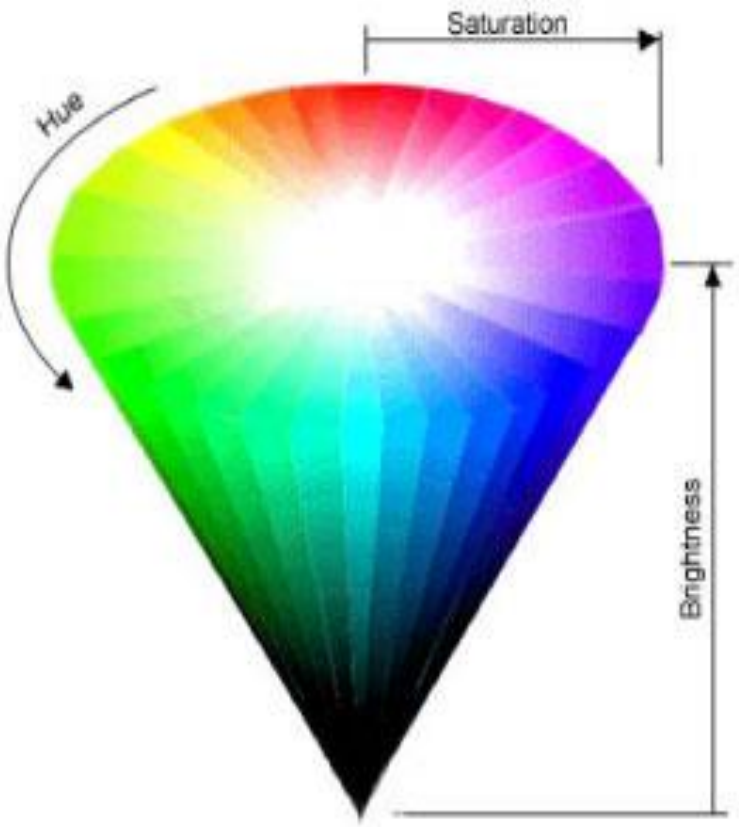
4. ระบบสี HSB Model Color

เป็นระบบสีแบบการมองเห็นของสายตามนุษย์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

“Hue” คือ สีต่าง ๆ ที่สะท้อนออกมาจากวัตถุแล้วเข้าสู่สายตาของเรา ซึ่งมักเรียกสีตามชื่อสี เช่น สีเขียว สีแดง สีเหลือง เป็นต้น

“Saturation” คือ ความสดของสี โดยค่าความสดของสีจะเริ่มที่ 0 ถึง 100 ถ้ากำหนด Saturation ที่ 0 สีจะมีความสดน้อย แต่ถ้ากำหนดที่ 100 สีจะมีความสดมาก

“Brightness” คือ ระดับความสว่างของสี โดยค่าความสว่างของสีจะเริ่มที่ 0 ถึง 100 0 ความสว่างจะน้อยซึ่งจะเป็นสีดำ 100 สีจะมีความสว่างมากที่สุด



ภาพที่ 20 HSB Color Model

ที่มา : นคเรศ ชัยแก้ว “คอมพิวเตอร์กราฟฟิกเบื้องต้น” กรุงเทพมหานคร, 2557.

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วราภรณ์ สมบุรุษ ได้ทำการศึกษาเรื่อง ปฏิสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับวิธีการทำความสะอาดคราบเลือดที่มีผลต่อการตรวจหาคราบเลือดด้วยวิธี Luminol และBluestar การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะตัวแปรที่มีผลต่อการตรวจหาคราบเลือดภายหลังทำความสะอาดคราบเลือดด้วยวิธี Luminol และBluestar ใช้แบบแผนการทดลองแฟกทอเรียล ซึ่งเป็นการศึกษาผลกระทบของ 2 ตัวแปรหรือมากกว่า เพื่อศึกษาการตรวจหาคราบเลือดภายหลังทำความสะอาด โดยมีตัวแปรในการทดสอบ 4 ตัวแปรคือ 1) ลักษณะพื้นผิว 2) วิธีการทำความสะอาดคราบเลือด 3) จำนวนครั้งที่ทำความสะอาดคราบเลือด และ4) วิธีการตรวจหาคราบเลือด โดยจะศึกษาถึงระดับค่าสีของการเกิดปฏิกิริยาการเรืองแสง และระยะเวลาทั้งหมดในการเกิดปฏิกิริยาการเรืองแสง ผลการวิจัย พบว่าลักษณะของพื้นผิวและวิธีการทำความสะอาดคราบเลือดมีปฏิสัมพันธ์ต่อการตรวจหาระดับค่าสีของปฏิกิริยาการเรืองแสงแต่ไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อการตรวจหา

ระยะเวลาของการเกิดปฏิกิริยา ลักษณะของพื้นผิวและจำนวนครั้งที่ทำความสะอาดมีปฏิสัมพันธ์ต่อการตรวจหาระดับค่าสีและระยะเวลาของการเกิดปฏิกิริยา ส่วนวิธีทำความสะอาดคราบเลือดและจำนวนครั้งที่ทำความสะอาดคราบเลือดไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อการตรวจหาระดับค่าสีและระยะเวลาของการเกิดปฏิกิริยา และจากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการตรวจหาคราบเลือด พบว่าวิธีการตรวจหาคราบเลือดด้วยลูมินอลและบลูสตาร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยวิธีบลูสตาร์มีค่าเฉลี่ยของระดับค่าสีและระยะเวลาของการเกิดปฏิกิริยาเรืองแสงในการตรวจหาคราบเลือดมากกว่าวิธีลูมินอล

อาริษา ศรีดวงใจ ได้ทำการศึกษาเรื่อง การสังเคราะห์ลูมินอลในการตรวจสอบร่องรอยของเลือด การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการสังเคราะห์สารลูมินอลจากสารตั้งต้น Phthalic acid และเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการตรวจสอบคราบโลหิตกับลูมินอลมาตรฐาน โดยการตรวจวัดคราบโลหิตของมนุษย์ที่เจือจางในอัตราส่วนต่าง ๆ คือ 1:10 1:100 1:1,000 1:10,000 1:100,000 และ 1:1,000,000 โดยปริมาตร บนพื้นที่ผิวที่มีรูพรุน คือ ผ้าปิดแผล และพื้นที่ผิวที่ไม่มีรูพรุนคือ กระจกสไลด์และศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเม็ดเลือดหลังจากการใช้สารลูมินอล ผลการวิจัยพบว่า การสังเคราะห์สารลูมินอลได้ผลิตภัณฑ์ 0.1022 กรัม คิดเป็นร้อยละการผลิตที่ได้เท่ากับ 23.93 มีลักษณะเป็นผลึกสีเหลืองอ่อน จากนั้นนำมาทดสอบกับร่องรอยของเลือดที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ด้วยวิธีลูมินอล พบว่าให้ประสิทธิภาพในการมองเห็นในที่มืดได้ดีบนวัสดุที่มีรูพรุนและไม่มีรูพรุน อีกทั้งยังตรวจสอบกับวัสดุที่ถูกล้างหรือทำความสะอาดได้ ระยะเวลาในการเรืองแสงของสารลูมินอลที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่านั้น พบว่า ระยะเวลาการเรืองแสงของสารลูมินอลนั้นแปรผันตรงกับความเข้มข้นของเลือดที่ถูกเจือจาง เมื่อเปรียบเทียบกับลูมินอลมาตรฐาน พบว่าระยะเวลาการเรืองแสงนั้นยาวกว่าลูมินอลที่ได้จากการสังเคราะห์ความเข้มข้นของโลหิต 1:10 โดยปริมาตร ระยะเวลาในการเรืองแสงโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1 นาที และ ที่ปริมาณความเข้มข้นของเลือด 1:1,000,000 โดยปริมาตร มีระยะเวลาในการเรืองแสงเฉลี่ย 5 วินาที ซึ่งนานพอที่จะทำการบันทึกภาพและรูปตำแหน่งการกระจายตัวของเลือดได้ การเปลี่ยนแปลงของเม็ดเลือดทั้งก่อนและหลังการทำปฏิกิริยาไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงในเบื้องต้น

จุฑามาศ ยิ้มนุ่น ได้ทำการศึกษาเรื่อง การตรวจคราบโลหิตของมนุษย์ด้วยวิธีฟีนอฟ ธาลีน ลูมินอล และฟูลออเรซซีน บนพื้นรองเท้าชนิดต่าง ๆ วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ เพื่อเปรียบเทียบการตรวจวัดคราบโลหิตของมนุษย์ บนวัสดุต่างชนิดที่ใช้ทำพื้นรองเท้า ด้วยวิธีฟีนอฟธาลีน ลูมินอล และฟูลออเรซซีน เริ่มทำการทดลองโดยนำโลหิตของมนุษย์มาหยดบนพื้นรองเท้าชนิดต่าง ๆ เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง และทำการตรวจวัดคราบโลหิตที่ระยะเวลา 1, 2, 4, 6 และ 8 สัปดาห์ ผลการทดลอง พบว่า คราบโลหิตที่หยดลงบนพื้นรองเท้าทุกชนิด สามารถตรวจพบได้โดยวิธีลูมินอล แม้ว่าคราบ โลหิตจะถูกทิ้งไว้นานถึง 8 สัปดาห์ นอกจากนี้ พบว่า วิธีทดสอบทั้งสามวิธี สามารถใช้ตรวจพบคราบโลหิตบนพื้นรองเท้าที่ทำจากเอทิลีนไวนิลอะซิเตด ยางธรรมชาติ และไบเก้น ในขณะที่

คราบโลหิตที่หยดบนพื้นผิวที่ทำจากไม้ไม่สามารถใช้ในการตรวจวัด ด้วยวิธีฟูลออเรซซินผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าวิธีการตรวจวัดคราบโลหิตด้วยวิธีทั้งสามนี้ สามารถใช้ในการตรวจวัดคราบโลหิตเก่าบน พื้นรองเท้าถ้าหากว่าเลือกวิธีที่เหมาะสมกับวัสดุ ที่ใช้ทำพื้นรองเท้า

พินิตา กรทอง ได้ทำการศึกษาเรื่อง เปรียบเทียบการตรวจคราบโลหิตโดยวิธี Kastle-Meyer, Luminol และ Bluestar บนพื้นผิวที่มีรูพรุนและไม่มีรูพรุน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการตรวจคราบโลหิตของมนุษย์ และกระต่ายที่เจือจางในอัตราส่วน 1:10 ถึง 1:1,000,000,000 โดยปริมาตร บนพื้นผิวที่มีรูพรุน และไม่มีรูพรุน ทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 2, 4 และ6 สัปดาห์ โดยวิธี Kastle-Meyer, Luminol และ Bluestar ผลการตรวจคราบโลหิต พบว่า ขีดจำกัดของการตรวจคราบโลหิตที่ระยะเวลา 6 สัปดาห์ของวิธี Kastle-Meyer สามารถตรวจคราบโลหิตเจือจางได้ถึงอัตราส่วน 1:1,000,000,000 โดยปริมาตรทั้งโลหิตมนุษย์ และกระต่ายบนพื้นผิวกระดาษ 80 แกรม ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่า Bluestar และ Luminol หลายเท่า แต่ให้ประสิทธิภาพต่ำในการตรวจบนพื้นผิวไม้สัก ขณะเดียวกัน Bluestar สามารถตรวจคราบโลหิตได้ดีบนพื้นผิวไม้สักทั้งโลหิตมนุษย์ และกระต่ายที่เจือจางในอัตราส่วน 1:10,000 โดยปริมาตรส่วนพื้นผิวกระจก Luminol และ Bluestar ให้ประสิทธิภาพการตรวจที่เท่ากันบนคราบโลหิตมนุษย์ในอัตราส่วน 1:10,000 โดยปริมาตร บนพื้นผิวแผ่นใสพลาสติก Bluestar ให้ผลการตรวจคราบโลหิตที่เจือจางในอัตราส่วน 1:10,000โดยปริมาตรบนคราบโลหิตมนุษย์ และกระต่าย ซึ่งเท่ากบการตรวจโดย Luminol บนคราบโลหิตมนุษย์ แม้ว่าผลการทดลองของ Luminol และ Bluestar จะคล้ายกันแต่ Bluestar ให้ผลความเข้มของสีในที่มืดที่สวางกว่า

อัครพนธ์ เอี้ยวรัตนวดี ได้ทำการศึกษาเรื่อง การเปรียบเทียบวิธี Luminol และวิธี Bluestar ในการตรวจคราบโลหิต การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบ วิธี Luminol และวิธี Bluestar ในการตรวจคราบโลหิต โดยการตรวจวัดคราบโลหิตของมนุษย์ สุนัข และแมวที่เจือจางในอัตราส่วนต่าง ๆ คือ 1:10 1:100 1:1,000 1:10,000 1:100,000 และ 1:1,000,000 โดยปริมาตร บนพื้นที่ผิวที่มีรูพรุน คือ กระดาษถ่ายเอกสารสีขาว และพื้นที่ผิวที่ไม่มีรูพรุน คือ กระจกสไลด์ และได้ศึกษาประสิทธิภาพ ในการตรวจวัดคราบโลหิตเจือจางตัวอย่างที่ถูกทิ้งไว้ ในระยะเวลา 10, 20, และ 30 วัน ผลการวิจัย พบว่า การตรวจวัดคราบโลหิต วิธี Luminol สามารถตรวจสอบคราบโลหิตที่เจือจางได้มากกว่าทั้งบนพื้นผิวที่มีรูพรุนและ ไม่มีรูพรุน ได้ แต่วิธี Bluestar เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการส่องสว่างในที่มืดทั้งในพื้นผิวที่มีรูพรุนและ ไม่มีรูพรุน อีกทั้ง วิธี Bluestar เป็นวิธีที่มองเห็นด้วยตาเปล่าชัดเจนกว่าวิธี Luminol โดย ระยะเวลาที่เกิดเรืองแสงกับคราบโลหิตโดย วิธี Luminol และวิธี Bluestar บนพื้นผิวที่มีรูพรุน และไม่มีรูพรุนหลังจากคราบโลหิตชนิดต่าง ๆ พบว่าระยะเวลาที่เกิดเรืองแสงจะแปรผันตรงกับระดับความเข้มข้นของคราบโลหิตที่เจือจางโดยปริมาตร และวิธี Bluestar จะเกิดปฏิกิริยาที่ ระยะเวลาสั้นกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับ วิธี Luminol โดยระยะเวลาเฉลี่ย ของการ

เกิดเรืองแสงของวิธี Bluestar บนพื้นผิวกระดาษถ่ายเอกสารเท่ากับ 9 นาที และ กระจกสไลด์เฉลี่ยจะเท่ากับ 74 นาที ในส่วนของ วิธี Luminol ค่าเฉลี่ยรวมบนพื้นผิวกระดาษถ่ายเอกสารเท่ากับ 17.3 นาที และ กระจกสไลด์ เฉลี่ยจะเท่ากับ 13.7 นาที

วัลลภ เสมาทอง ได้ทำการศึกษาเรื่อง การตรวจรอยลายนิ้วมือแฝงจากคราบเลือดบนกระดาษชนิดต่าง ๆ ด้วยเทคนิค ninhydrin วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้เพื่อตรวจรอยลายนิ้วมือแฝงในคราบเลือดบนกระดาษตัวอย่างทั้ง 15 ตัวอย่างด้วยเทคนิค ninhydrin ทำการทดลองโดยการทาเลือดลงบนกระดาษจากนั้นประทับนิ้วหัวแม่มือด้านขวาบนกระดาษ ทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้องประมาณ 10 นาทีก่อนที่จะนำไปจุ่มลงในสารละลาย ninhydrin จากนั้นทำการถ่ายรูปรอยลายนิ้วมือที่ได้บนกระดาษทุกประเภททั้งก่อนและหลังการจุ่มด้วยสารละลาย ninhydrin ทำการเปรียบเทียบรูปภาพความคมชัด และจำนวนจุด minutiae ที่ตรวจได้ด้วยระบบ Automated Fingerprint Identification System (AFIS) ผลการทดลอง พบว่า รอยลายนิ้วมือที่ได้บนกระดาษทั้ง 15 ตัวอย่างหลังการจุ่มด้วยสารละลาย ninhydrin มีความคมชัดและสามารถอ่านจุด minutiae ได้มากกว่ารอยลายนิ้วมือแฝงก่อนการใช้สารละลาย ninhydrin นอกจากนี้จากการศึกษาพบว่าคุณภาพของรอยลายนิ้วมือจะสูญเสียไปมากขึ้นเมื่อเพิ่มขนาดของการเจือจางเลือด (1:10, 1:100 และ 1:1000 v/v) สำหรับการเจือจางเลือดด้วยอัตราส่วน 1:1000 โดยปริมาตร สามารถอ่านรอยลายนิ้วมือแฝงได้บนกระดาษเพียง 2 ชนิดเท่านั้น จากงานวิจัยนี้พบว่าการใช้สารละลาย ninhydrin ทำให้รอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏบนคราบเลือดบนกระดาษสามารถทำให้เห็นได้ดีขึ้น ดังนั้นการใช้สารละลาย ninhydrin ทำให้รอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏบนคราบเลือดบนกระดาษสามารถทำให้เห็นได้ดีขึ้น

สวรส ปุริมโน ได้ทำการศึกษาเรื่อง การตรวจวัดคราบโลหิตโดยวิธีฟีนอล์ฟทาลีน เตตระเมทิลเบนซิดีน ลูมินอล และบลูสตาร์ โดยวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ เพื่อเปรียบเทียบวิธีการตรวจวัดคราบโลหิตที่เจือจางบนพื้นผิวที่มีรูพรุน และไม่มีรูพรุน โดยวิธีนอล์ฟทาลีน วิธีเตตระเมทิลเบนซิดีน วิธีลูมินอล และวิธีบลูสตาร์ ทำการทดลองโดยการนำโลหิตมาเจือจางในอัตราส่วนต่าง ๆ จนความเข้มข้นต่ำสุดที่ 1:100,000,000 โดยปริมาตร จากนั้นนำโลหิตที่เจือจางในอัตราส่วนต่าง ๆ มาหยดบนพื้นผิวทั้ง 2 ประเภท เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง และทำการตรวจการวัดคราบโลหิตที่ระยะเวลา 1 2 4 6 และ 8 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่า ภายหลังจากที่หยดโลหิตทิ้งไว้เป็นระยะเวลานาน 8 สัปดาห์ วิธีฟีนอล์ฟทาลีน และวิธีเตตระเมทิลเบนซิดีน สามารถตรวจคราบโลหิตที่เจือจางได้ที่ความเข้มข้นต่ำที่สุดบนพื้นผิวที่มีรูพรุน คือ กระดาษถ่ายเอกสารสีขาว (80 แกรม) กระดาษร้อยปอนด์ ซองจดหมาย ผ่าป่านมัสลิน ฝ้าย และพรม สำหรับพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุนนั้น พบว่า วิธีเตตระเมทิลเบนซิดีน ตรวจคราบโลหิตที่เจือจางได้มากกว่าวิธีฟีนอล์ฟทาลีน บนพื้นผิวกระเบื้อง กระจก และไม้อัด ในขณะที่วิธีบลูสตาร์ สามารถตรวจคราบโลหิตที่เจือจางได้มากกว่าวิธีลูมินอล บนพื้นผิวที่มีรูพรุนและไม่มีรูพรุน และให้ผลจากการตรวจสอบคราบโลหิตเช่นเดียวกันบนพื้นผิวผ้าป่านมัสลิน ไม้อัด พรม กระดาษร้อย

ปอนด์ จากผลการทดลองนี้สามารถเลือกใช้วิธีเหล่านี้มาตรวจคราบโลหิตที่เจือจางและถูกทิ้งไว้ในระยะเวลาต่าง ๆ ได้ และนำมาใช้กับตัวอย่างทางนิติวิทยาศาสตร์ได้

Deepthi Nagesh และ Shayani Ghosh (2017) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับช่วงเวลาและประสิทธิภาพของ luminol ในการตรวจหาคราบเลือดที่ถูกทาสีทับบนพื้นผิวที่แตกต่างกันปัจจุบัน นิติวิทยาศาสตร์คือการประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์กับกฎหมายที่บังคับใช้โดยหน่วยงานตำรวจในระบบยุติธรรมทางอาญา เป็นวิทยาศาสตร์ที่ใช้หลักฐานทางกายภาพ หนึ่งในหลักฐานทางกายภาพที่สำคัญคือ เลือด หรือ โลหิต การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของสารเรืองแสงในการตรวจจับคราบโลหิต บนพื้นผิวที่แตกต่างกันโดยใช้สีทาทับหลายชั้นในช่วงระยะเวลาหนึ่ง และเพื่อเปรียบเทียบความเข้มของ chemiluminescence ที่จัดแสดงไว้ ในการศึกษานี้แผ่นไม้และพื้นผิวโลหะถูกระบุว่าเป็นพื้นผิวทั่วไปที่พบในที่เกิดเหตุ และด้วยเหตุนี้ 25 พื้นผิวแต่ละชนิดจึงถูกจำลองขึ้นและมีเลือดไหลซึมออกมาซึ่งถูกทาสีทับ โดยสีที่ใช้จะมีความเฉพาะเจาะจงไปแต่ละพื้นผิว หลังจากนั้นผิวแต่ละชั้นได้รับการตรวจสอบในการดูความเข้มข้นของ chemiluminescence หรือปฏิกิริยาการเรืองแสง ภายหลังจากการใช้ luminol และผลลัพธ์ที่ได้ถูกจัดทำเป็นรูปถ่าย การศึกษาวิจัยนี้ได้ดำเนินการเป็นระยะเวลา 50 วัน เพื่อศึกษาผลของการทาสีทับคราบเลือด เมื่อตรวจหาคราบเลือดโดยใช้ luminol ความเข้มข้นต่าง ๆ ของ chemiluminescence ถูกแสดงโดยพื้นผิวจำลองทั้ง 3 แบบที่สะสมด้วยสีบนคราบเลือด จำนวนถึง 3 ชั้น โดยการทาสีทับคราบเลือดนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นผิว โดยการถ่ายภาพความเข้มข้นสูงสุดของ chemiluminescence จะถูกพบบน ผนังแห้งและพื้นผิวโลหะแม้จะมีจำนวนชั้นที่ทาสีทับคราบเลือดไปจำนวนหลายชั้น อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นของจำนวนชั้นของสีที่ทาทับคราบเลือดจำนวนชั้นเพิ่มมากขึ้น ทำให้ความเข้มของ chemiluminescenece ลดลงอย่างเห็นได้ชัดซึ่งแสดงโดย คราบเลือดที่ถูกทาด้วยสีเมื่อทำปฏิกิริยากับ luminol บนแผ่นโลหะ จะพบว่าไม่สม่ำเสมอ และสม่ำเสมอบนพื้นผิวอื่น ๆ ซึ่งการตรวจสอบดังกล่าวสามารถตรวจจับคราบเลือดที่ถูกทาทับด้วยสีได้โดยใช้สารละลาย luminol

Domala Sai Krishna และ Sujayaraj Samuel (2017) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การพัฒนาการตรวจคราบเลือดแฝงโดยใช้Luminol จากจำนวน สี่พื้นผิวที่แตกต่างกัน หลังจากที่ใช้สารเคมีต่างกันในช่วงเวลาต่าง ๆ โดยพบว่า การศึกษานี้มีพื้นฐานมาจากการวิเคราะห์คราบเลือดที่แฝงอยู่โดยศึกษาในระยะเวลา 15 วัน โดยใช้น้ำปกติ น้ำร้อน ผงซักฟอก สารฟอกขาว เอทานอล และได้มีการใช้สารละลาย luminol ในการตรวจหาคราบเลือดแฝงบนพื้นผิวต่าง ๆ ได้แก่ ผ้า กระดาษ ไม้ และกระเบื้อง โดยพื้นผิวนั้นมีทั้งแบบรูพรุนและไม่มีรูพรุน วัตถุประสงค์ของการศึกษาคือเพื่อทำความเข้าใจว่าคราบเลือดที่แฝงอยู่สามารถตรวจพบได้หลังจากทำความสะอาดคราบเลือดบนพื้นผิวต่าง ๆ และทำความเข้าใจว่าสามารถพัฒนาการตรวจคราบเลือดได้หรือไม่ หลังจากผ่านไป 15 วัน เมื่อได้รับการทำความสะอาด Luminol เป็นสารเคมีที่มีปฏิกิริยาการเรืองแสง สารละลาย luminol จึงจัดทำ

ขึ้นโดยใช้ขั้นตอนมาตรฐานและใช้ในการพัฒนาคราบเลือดที่แฝงอยู่การวิเคราะห์จะกระทำโดยพิจารณาจากสี ความเข้ม ในการมองเห็นปฏิกิริยา Luminol บนคราบเลือดแฝง ปฏิกิริยาเป็นบวก สรุปได้ว่า คราบเลือดที่แฝงอยู่สามารถตรวจพบได้ในช่วงเวลาหนึ่งโดยใช้ luminol ในการตรวจบนพื้นผิว

Hélio L. Barros และคณะ ได้ทำการศึกษาเรื่อง การย้อมติดสีเรืองแสงของ Benzazole สำหรับตรวจหาคราบเลือดและการเพิ่มประสิทธิภาพของการตรวจลายนิ้วมือ ในปัจจุบัน “คราบเลือด” เป็นหลักฐานทางชีวภาพที่พบมากที่สุดและเป็นประโยชน์ในการก่ออาชญากรรม การตรวจหาและตรวจเลือด มีประโยชน์อย่างมากในการเชื่อมโยงความผิดทางอาญากับผู้ที่ตกเป็นเหยื่อกับการเกิดเหตุอาชญากรรม มีสารเคมีมากมายสำหรับตรวจหาคราบเลือดและเสริมสร้างประสิทธิภาพในการตรวจลายนิ้วมือและเลือด โดยทั่วไปไม่เหมาะสมสำหรับพื้นผิวสีเข้มและหลายสี Luminol และอื่น ๆ ปฏิกิริยาการเรืองแสง สามารถใช้สำหรับสีดำและมักมีหลายสีพื้นผิว แต่มีปัญหามากมาย ตัวอย่างเช่น อาจทำให้เกิดอาการไม่พึงประสงค์ในการตรวจหาและการวิเคราะห์คราบเลือด นอกจากนี้ตั้งแต่การเกิดออกซิเดชันของ luminol เป็นปฏิกิริยาที่รวดเร็วและไม่สามารถย้อนกลับได้ ดังนั้นผู้ใช้จึงต้องดำเนินการอย่างรวดเร็วเพื่อสังเกตและจับภาพเพราะปฏิกิริยาดังกล่าวจะหายไปเร็วมาก ในการศึกษานี้มีการใช้สารยับยั้ง benzazole เรืองแสง 3 ชนิด ใช้ตรวจจับคราบเลือดและเพิ่มความสามารถบนพื้นผิวของลักษณะที่แตกต่างกัน (มีรูพรุน, กึ่งพรุนและไม่เป็นรูพรุน) และสีที่ใช้ทั้งสีดำและสีอื่น ๆ จำนวนหลายสี เพื่อประเมินประสิทธิภาพของวิธีการนี้ การเปรียบเทียบได้ดำเนินการด้วยวิธีการใช้ Amido Black, luminol และ Cyanoacrylate สำหรับพื้นผิวที่กล่าวมาข้างต้น สีย้อมที่นำเสนอมีความสามารถในการเลือกและความคงตัวทางเคมีสูงเพิ่มและช่วยรักษาการทำเครื่องหมายรายละเอียดและใช้น้ำยาเฉพาะเป็นตัวทำละลายเท่านั้น นอกจากนี้การเรืองแสงที่ปล่อยออกมาสร้างความแตกต่างอย่างมากกับพื้นผิวของคราบเลือดซึ่งหมายถึงคราบเลือดได้มองเห็นได้อย่างชัดเจนและถ่ายภาพได้ โดยแสงมีความยาวคลื่น 365 นาโนเมตร

Thomas W. dair และ Rebecca L. Shaw (2005) ได้ทำศึกษาเรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพของคราบเลือดบนเสื้อผ้าที่ล้างด้วยการใช้ Luminol และ ปฏิกิริยา LCV การทดลองนี้ใช้เลือดจากม้าทดลองดูปฏิกิริยา Luminol โดยใช้เสื้อยืดสีขาวที่ได้รับการใส่มา 6-8 เดือน ที่ไม่เคยถูกย้อมด้วยเลือด หลังจากนั้นทำให้เกิดรอยเลือดโดยการใช้เลือดทาที่ผิวรองเท้าแล้วไปประทับที่เสื้อ ใช้เข็มฉีดยาเพื่อจำลองคราบเลือดขนาดใหญ่ และใช้เครื่องละอองฝอย เพื่อเป็นหยดเลือดขนาดเล็ก ทิ้งไว้ให้แห้ง 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปซักในรูปแบบต่าง ๆ และนำไปทดสอบหาคราบเลือดต่อไป โดยนักวิจัยนำเสนอเสื้อผ้าที่สะอาดซึ่งเชื่อกันว่ามีคราบเลือดที่มาจากการกระทำที่รุนแรง เช่น ฆาตกรรม การข่มขืน โดยผู้ต้องสงสัย ผู้ร่วมงานหรือผู้ที่ตกเป็นเหยื่ออาจล้างเสื้อผ้าตามการนองเลือดซึ่งจะทำลายหลักฐานเลือดและทำให้ขั้นตอนยากขึ้น อาจไม่สามารถมองเห็นคราบสกปรกที่เจือจางที่เกิด

จากการล้างเครื่องโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเสื้อผ้าที่มีสีเข้ม ในกรณีเช่นนี้การใช้สารเคมีอาจเป็นวิธีเดียวที่สามารถตรวจหาคราบเลือดที่แฝงอยู่ได้ ไม่ว่าคุณจะใช้ตัวทำปฏิกิริยาใดในการจัดการคราบเลือดที่แฝงอยู่ ผู้วิจัยควรใช้ความระมัดระวังในการตีความรูปแบบของคราบเลือดที่บวมหรือเจือจางที่เกิดขึ้นในพื้นที่ขนาดใหญ่ของเสื้อผ้าที่มีปัญหา ความอิ่มตัวของระดับนี้อาจเป็นผลมาจากกระบวนการซักผ้าและอาจไม่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ที่ปล่อยให้เลือดตกค้างใด ๆ งานวิจัยนี้สนับสนุนการใช้ luminol เป็นตัวทำปฏิกิริยาที่มีประสิทธิภาพในการมองเห็นรูปแบบของคราบเลือดที่แฝงอยู่บนเสื้อผ้าล้าง LCV ในขณะที่สารตัวเติมเลือดที่มีประสิทธิภาพบนพื้นผิวที่ล้างและไม่ได้ซักจำนวนมาก ไม่ได้ให้ผลลัพธ์ที่ยอมรับได้ในการศึกษานี้ ผู้วิจัยจะต้องระมัดระวังในการใช้ LCV ในเสื้อผ้าที่ซักล้างหรือกรณีเป็นพื้นผิวที่มีรูพรุน นอกจากนี้การวิจัยของเรายังระบุด้วยว่า phenolphthalein จะให้ผลบวกต่อเสื้อผ้าหลังจากใช้สารเคมีสองชนิดนี้ ถึงแม้จะมีการซักล้าง

Valentina Brenzini และ Rahul Pathak (2018) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเปรียบเทียบการตรวจคราบเลือดโดยการทาสีทับบนพื้นผิว และทำความสะอาดพื้นผิวด้วยวิธีลูมินอล โดยมีการทดสอบสองแบบโดยกระเบื้องถูกล้างด้วยน้ำจืด หลังจากนั้นทาสีทับโดยในแต่ละชั้นที่ทาทับในแต่ละชั้นทิ้งไว้ให้แห้งเป็นระยะเวลา 24 ชม. และอีกหนึ่งการทดสอบคือหยดเลือดลงบนพื้นแล้วหลังจากนั้นทิ้งเอาไว้ให้แห้งและทำความสะอาดโดยการใช้กระดาษทิชชู่เช็ด ใช้สบู่และใช้กระดาษมะนิลาในการเช็ด หลังจากนั้นหาคราบเลือดแฝงโดยการใช้ลูมินอลในการทดสอบ โดยปกติแล้วคราบเลือดบนผนังและพื้นมักจะถูกลบออกโดยการทำความสะอาดในบางกรณีพื้นผิว ถูกทาสีโดยกระทำความผิดหลังจากก่ออาชญากรรมรุนแรงเพื่อปกปิดอาชญากรรมที่มีที่เกิดขึ้น การศึกษาต่อไปนี้จะขยายและลึกซึ้งในงานวิจัยก่อนหน้าโดยการตรวจสอบความสามารถในการตรวจจับคราบสกปรกของม้าบนกระเบื้องเซรามิคที่ทาสีเป็นหน้าที่ของจำนวนชั้นของสีในการศึกษานี้ luminol ถูกใช้เป็นตัวทำปฏิกิริยาเพื่อตรวจหาคราบเลือด การศึกษานี้จะมุ่งเน้นไปที่สองประเภทคือ สีที่ใช้และเป็นตัวทำละลาย การศึกษานี้ยังศึกษาถึงประสิทธิผลในการลดความสามารถในการตรวจจับคราบเลือดบนพื้นกระเบื้องเซรามิคโดยใช้น้ำยาทำความสะอาดสี่วิธีคือ น้ำบริสุทธิ์ สบู่ น้ำผ้าเช็ดทำความสะอาดเปียกและน้ำยาฟอกขาว ในการทดลองคราบเลือดได้รับการทำความสะอาดในช่วงเวลาต่าง ๆ เวลาหลังจากการสะสม โดยปล่อยคราบเลือดให้แห้งเป็นเวลา คราบเลือดจะทิ้งระยะเวลาที่สองนาที สิบห้านาทีและหนึ่งชั่วโมง จากผลการศึกษาสรุปได้ว่า คราบเลือดที่การทาสีทับโดยจำนวนชั้นของสีที่ใช้ตัวทำละลายมีโอกาสน้อยที่จะถูกตรวจพบโดย luminol เมื่อเทียบกับสีน้ำ

Joanne, Jonathan และ Terence (2006) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบเทคนิคการตรวจคราบโลหิตที่ใช้ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ 5 วิธี ได้แก่ วิธีLuminol ที่เป็นสาร Chemiluminescent และวิธี Phenolphthalein (Kastle-Meyer), Leucomalachite green, Hemastix และ Forensic

light source ที่ไม่ใช่สาร Chemiluminescent ผลการศึกษาพบว่า การตรวจคราบโลหิตโดย วิธี Luminol เป็นเทคนิคที่มีความไวต่อการตรวจคราบโลหิตมากที่สุด และมีความปลอดภัย

Jakovich (2007) ได้ทำศึกษาการตรวจหา Short Tandem Repeat (STR) analysis จากคราบโลหิตบนพื้นพรมที่ผ่านการตรวจคราบโลหิตด้วย วิธี Luminol, Fluorescein และ BlueStar โดยทำการหยดโลหิตลงบนพื้นพรม ขนาด 24” x 18” ทิ้งไว้ให้แห้งอย่างน้อย 5 วัน หลังจากนั้นตรวจคราบโลหิตด้วยวิธี Luminol, Fluorescein และ BlueStar และทำการ Swab บนพื้นพรมที่ผ่านการตรวจคราบโลหิตมาวิเคราะห์ STRs 13 ตำแหน่ง ตามฐานข้อมูลลายพิมพ์ดีเอ็นเอ (DNA fingerprint) ที่เรียกว่า Combined DNA Index System (CODIS) จากการทดลอง พบว่า การตรวจคราบโลหิตด้วยวิธี Luminol, Fluorescein และ BlueStar ไม่มีผลต่อการยับยั้ง Short Tandem Repeat (STR) analysisแต่อย่างใด

Lisa Dilbeck (2005) ทำการตรวจคราบเลือดบนผิววัตถุ 6 อย่าง ได้แก่ พรม กระเบื้องเซรามิก และ ไวนิล ไม้ เสื้อ และเส้นใย ด้วยวิธี Luminol และวิธี Blue Star ทดลองโดยการหยดเลือดทิ้งไว้ 12 วันหลังจากนั้นจึงนำวัตถุทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ ไม้ กระเบื้อง ไวนิล และกระเบื้องเซรามิก และพรม ล้างและทำ ความสะอาดคราบเลือดที่เปื้อนออกอีก 2 ชนิดนั้น ผู้วิจัยได้นำรองเท้าที่เปื้อนเลือดวางบนเสื้อผ้าทั้ง 2 ชนิด และทิ้งไว้ให้แห้ง 8 นาที การทดสอบเริ่มจากเสื้อด้านในทดสอบด้วยเทคนิค Blue Star และเสื้อด้านนอกทดสอบด้วยเทคนิค Luminol ผลการทดสอบพบว่าทั้ง 2 วิธีนี้ สามารถตรวจสอบคราบเลือดได้ที่สุดเท่า ๆ กัน

จากการศึกษาเอกสารและทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จะเห็นได้ว่าการศึกษาดังกล่าว จะช่วยในการพิจารณาว่าในสถานที่เกิดเหตุภายหลังได้รับการทำความสะอาดคราบโลหิตบนพื้นผิวชนิดต่าง ๆ ไปแล้ว ก็ยังสามารถตรวจพบคราบเลือดได้ด้วยวิธีการทางเคมีวิธีต่าง ๆ ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาวิเคราะห์สรุปเป็นประเด็นได้ดังตารางที่ 1 ต่อไปนี้

ตารางที่ 1 สรุปประเด็นที่ศึกษาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาคุณลักษณะตัวแปรต่อประสิทธิภาพในการตรวจหาคราบโลหิตแฝง

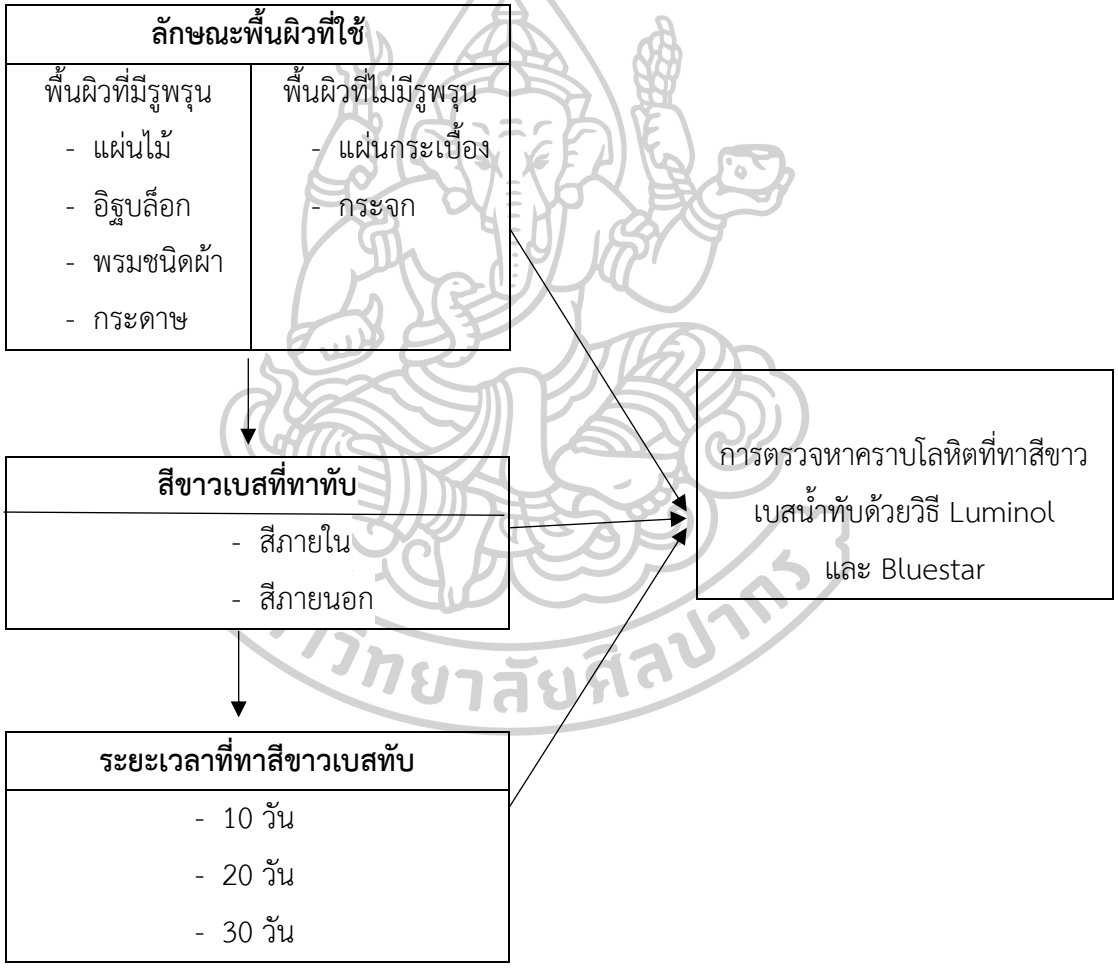
ประเด็นที่ศึกษา	วราภรณ์	อาริษา	จุฑามาศ	พิมิตา	อัครพนธ์	วัลลภ	สวรส	Deepthi &Sujayaraj	Domala &Sujayaraj	Hélio L. Barros	Thomas & Rebecta	Valentina&Rahul	Joanne, Jonathan&Terence	Jakovich	Lisa Dilbeck
1. ศึกษาการตรวจคราบโลหิตบนบนพื้นผิวทั้งชนิดที่มีรูพรุน และไม่มีรูพรุน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓
2. การตรวจหาคราบโลหิตมากกว่า 1 วิธี	✓		✓	✓	✓		✓				✓		✓	✓	
3. ศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการตรวจหาคราบโลหิตภายหลังมีการทาสีทับคราบโลหิต								✓		✓		✓			
4.ศึกษาการตรวจหาคราบโลหิตภายหลังมีการทิ้งคราบโลหิตไว้ในช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกัน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓			✓

และเมื่อวิเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปสู่กรอบแนวคิดของการวิจัย และการสร้าง ข้อค้นพบใหม่ จะพบว่า ในประเด็นที่ศึกษานั้นจะเป็นประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการตรวจหาคราบโลหิตบนพื้นผิวลักษณะต่าง ๆ ทั้งแบบรูพรุนและไม่มีรูพรุน การทาสีขาวเบสน้ำทับพื้นผิว และการตรวจหาคราบโลหิตภายหลังมีการทิ้งคราบโลหิตไว้ในช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกัน การศึกษาเกี่ยวกับการตรวจหาคราบโลหิตภายหลังที่มีการทาสีขาวเบสน้ำทับ โดยจะศึกษาความสามารถในตรวจพบ

และศึกษาถึงระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นว่ามีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาการเรืองแสง หรือไม่ ในส่วนของความเข้มของปฏิกิริยา และระยะเวลาในการเรืองแสงยังไม่ได้ทำการศึกษา

ดังนั้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้มุ่งเน้นถึงการศึกษาคุณลักษณะตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทาสีทับบนคราบโลหิตที่มีผลต่อการตรวจหาคราบโลหิต ออกแบบระเบียบวิธีวิจัยให้ครอบคลุมทุกประเด็นโดยจะศึกษา โดยจะศึกษาเกี่ยวกับการตรวจหาคราบโลหิตที่ทาสีขาวเบสน้ำทับและทิ้งไว้ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ด้วยวิธี Luminol และ Bluestar เป็นอย่างไร

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 21 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การตรวจหาคราบโลหิตที่ทาสีขาวเบสน้ำทับด้วยวิธี Luminol และ Bluestar เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Design) โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยและวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

วิธีดำเนินการวิจัย

เพื่อศึกษาการตรวจหาคราบโลหิตที่ทาสีขาวเบสน้ำทับและทิ้งไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยวิธี Luminol และ Bluestar

ขั้นที่ 1 ศึกษาเพื่อให้ทราบถึงคุณลักษณะของตัวแปร

การศึกษาเพื่อให้ทราบถึงคุณลักษณะของตัวแปรที่คาดว่าจะมีปฏิสัมพันธ์ต่อประสิทธิภาพในการตรวจหาคราบโลหิตแฝง ตามแนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยโดย ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโลหิต การพิสูจน์คราบโลหิต วิธีการตรวจหาคราบโลหิตในสถานที่เกิดเหตุ ประเภทของสีที่ทาทับคราบโลหิต และระยะเวลาในการทาสีทับ รวมทั้งงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และนำมาวิเคราะห์เพื่อให้ได้ข้อสรุปเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัย

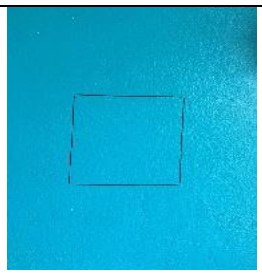
ขั้นที่ 2 ขั้นตอนการเตรียมอุปกรณ์และสารละลายที่ใช้ในการทดสอบ

2.1 พื้นผิววัตถุ วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

2.1.1 พื้นผิววัตถุ โดยแบ่งออกเป็นพื้นผิวชนิดมีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรม ชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวแบบไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก โดยวัดขนาดของพื้นผิวทั้งสามชนิดให้มีขนาด 10x10 ซม.

พื้นผิวชนิดมีรูพรุน

แผ่นไม้



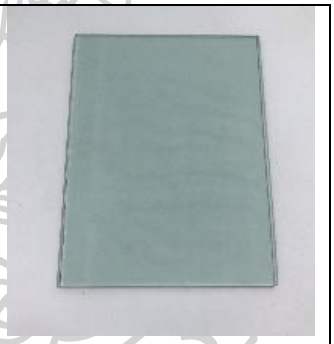
อิฐบล็อก

พรมชนิดผ้า

กระดาษ

พื้นผิวชนิดที่ไม่มีรูพรุน

กระเบื้อง



กระจก

รูปที่ 1 ลักษณะพื้นผิววัตถุแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ พื้นผิวชนิดมีรูพรน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า กระดาษ และ พื้นผิวชนิดที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง และกระจก

2.1.2 อุปกรณ์การทดลอง ได้แก่

1) Beaker

2) หลอดทดลอง

3) กระบอกตวงสารขนาด 10 ml.และ 100 ml.

4) Pipette ขนาด 1 ml.

5) Dropper

6) ถุงมือยาง

7) เครื่องชั่งไฟฟ้า 2 ตำแหน่ง

8) ขวดสเปรย์

Beaker	หลอดทดลอง	กระบอกตวง	Pipette
Dropper	ถุงมือยาง	เครื่องชั่งไฟฟ้า	ขวดสเปรย์

2.1.3 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1) Luminol

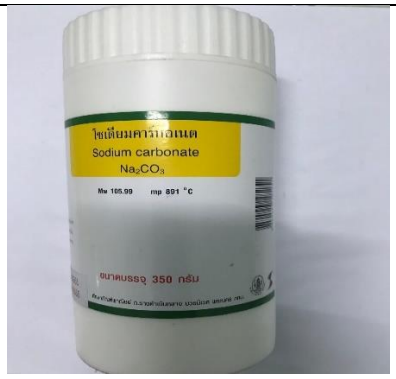
2) Sodium Carbonate

3) 3% Hydrogen Peroxide

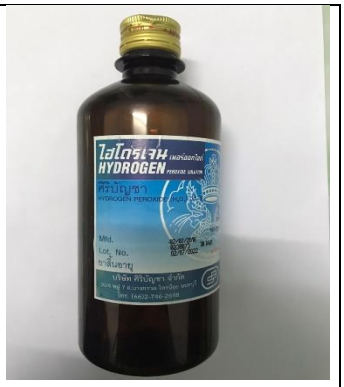
4) Blue star

5) Distilled water

Luminol



Sodium Carbonate



Hydrogen Peroxide

Blue star

Distilled water

2.1.4 สีทาพื้นผิว ได้แก่ สีขาวเบสน้ำทาภายใน และทาภายนอก

สีขาวเบสน้ำทาภายใน

สีขาวเบสน้ำทาภายนอก

2.2 การเก็บโลหิตตัวอย่าง

2.2.1 เก็บตัวอย่างโลหิตคน จากคลีนิคโดยใส่หลอดที่มีสารกันโลหิตแข็ง Ethylene Diamine Tetraacetic Acid (EDTA) บันทึกเวลาและวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง จากนั้นนำตัวอย่างไปเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 ^{0}C

กระบอกฉีดยา

เข็มฉีดยา

ตัวอย่างเลือด

2.3 การเตรียมสารเคมี

2.3.1 การเตรียมสารเคมี Luminol เตรียมจากสูตรของ Scottsdale Police Department's Crime lab โดยมีการเตรียมสารเคมี ดังนี้ ชั่ง Sodium Carbonate 10 กรัม และชั่งสารเคมี Luminol 0.2 กรัม ละลายกับน้ำกลั่น 180 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำมาผสมกับ 3%H_2O_2 180 มิลลิลิตร จะได้สารเคมี Luminol ตามที่ต้องการ และนำไปใส่ขวดสเปรย์ก่อนใช้

Luminol	3% H_2O_2	3%H_2O_2 180 มิลลิลิตร	Luminol 0.2 กรัม

2.3.2 การเตรียมสารเคมี Bluestar สำหรับชุดทดสอบคราบโลหิตเป็นBluestar 1 กล่อง ภายในบรรจุBluestar อัดเม็ดจำนวน 4 ซอง ซองละ 2 เม็ด เตรียมสารโดยนำ Bluestar อัดเม็ดจำนวน 1 ซอง ละลายด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 125 ml. คนให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน จะได้สารเคมี Bluestar ที่ต้องการ และควรใช้งานทันทีหรือภายใน 3 ชั่วโมง หลังจากที่มีการเตรียมสารเคมีเรียบร้อยแล้ว

บลูสตาร์	บีกเกอร์เตรียมบลูสตาร์

ขั้นที่ 3 ขั้นตอนในการทดสอบ

3.1 นำโลหิตของมนุษย์หยดลงบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อค พรมชนิดผ้า และนำมาหยดลงพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก โดยหยดให้มีปริมาตร 1 ml. และหยดให้อยู่ในตำแหน่งเดียวกัน คือ บริเวณกลางพื้นผิว

3.2 หลังจากหยดโลหิตลงบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อค พรมชนิดผ้า และนำมาหยดลงพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก ทิ้งไว้ให้หยดโลหิตแห้งเป็นระยะเวลาประมาณ 10 นาที จากนั้นทาสีทับโดยพื้นผิวที่ถูกหยดด้วยคราบโลหิตจะถูกทาสีทับด้วยระยะเวลาต่าง ๆ

รูปที่ 2 รูปภาพแสดงลักษณะของโลหิตเมื่อถูกทาทับด้วยสีเบสน้ำบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง และกระจก

3.3 ระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับจำนวน 3 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 จำนวน 10 วัน ครั้งที่ 2 จำนวน 20 วัน และครั้งที่ 3 จำนวน 30 วัน

3.4 นำพื้นผิวที่ทาสีทับแต่ละครั้งมาตรวจหาคราบโลหิตแฝงโดยใช้วิธี Luminol และ Bluestar โดยพื้นผิวทั้งหมดจะถูกวางไว้ในห้องมืดและใช้สารละลาย Luminol และ Bluestar ที่ผสมไว้ฉีดพ่นให้สม่ำเสมอบนพื้นผิว เพื่อสังเกตการเกิดปฏิกิริยาการเรืองแสง โดยการสังเกตด้วยสายตา

3.5 บันทึกผลการสังเกตเห็นคราบโลหิตแฝง จากวิธีการทดสอบ Luminol และ Blue star โดยพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อค พรมชนิดผ้า และนำมาหยดลงพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก

ขั้นที่ 4 ขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์และสมมติฐานของการวิจัย โดยทำการประมวลผลข้อมูลในการทดลองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปซึ่งมีขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

4.1 การกำหนดค่าตัวแปร กำหนดค่าตัวแปรต่าง ๆ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง ดังนี้

4.1.1 ประเภทพื้นผิว ระดับการวัดข้อมูลระดับนามบัญญัติ (Nominal Scale) โดยกำหนดให้

1 แทน พื้นผิวที่มีรูพรุน คือ แผ่นไม้

2 แทน พื้นผิวที่มีรูพรุน คือ อิฐบล็อก

3 แทน พื้นผิวที่มีรูพรุน คือ พรมชนิดผ้า

4 แทน พื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน คือ กระดาษ

5 แทน พื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน คือ กระเบื้อง

6 แทน พื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน คือ กระจก

4.1.2 ชนิดของสี ระดับการวัดข้อมูลระดับนามบัญญัติ (Nominal Scale) โดยกำหนดให้

1 แทน สีขาวเบสน้ำทาภายใน

2 แทน สีขาวเบสน้ำทาภายนอก

4.1.3 ระยะเวลาที่ทาสีทับไว้ ระดับการวัดข้อมูลระดับอันดับ (Ordinal Scale) โดยกำหนดให้

1 แทน ระยะเวลที่ทาสีขาวเบสน้ำทับทิ้งไว้ 10 วัน

2 แทน ระยะเวลที่ทาสีขาวเบสน้ำทับทิ้งไว้ 20 วัน

3 แทน ระยะเวลที่ทาสีขาวเบสน้ำทับทิ้งไว้ 30 วัน

4.1.4 วิธีการตรวจหาคราบโลหิต ระดับการวัดข้อมูลระดับนามบัญญัติ (Nominal Scale) โดยกำหนดให้

1 แทน วิธีการวัดคราบโลหิตด้วย Luminol

2 แทน วิธีการวัดคราบโลหิตด้วย Bluestar

4.1.5 ความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิตด้วยตาเปล่า ด้วยวิธีการทดสอบ Luminol และ Bluestar ระดับการวัดข้อมูลระดับนามบัญญัติ (Nominal Scale) โดยกำหนดให้

1 แทน ความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิตด้วยตาเปล่าได้

0 แทน ความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิตด้วยตาเปล่าไม่ได้

4.2 วิเคราะห์หาค่าสถิติพื้นฐาน ด้วยสถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การประเมินผลระดับความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิต ด้วยวิธีการทดสอบ Luminol และ Bluestar ผู้วิจัยแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ใช้สูตรการคำนวณช่วงความกว้างของอันตรภาคชั้นเป็นการคำนวณระดับการให้คะแนนเฉลี่ยแต่ละลำดับชั้น มีดังนี้

$$\text{ความกว้างของอันตรภาคชั้น} = \frac{\text{ข้อมูลที่มีค่าสูงสุด} - \text{ข้อมูลที่มีค่าต่ำสุด}}{\text{จำนวนชั้น}}$$

$$= \frac{1-0}{3}$$

$$= 0.33$$

เกณฑ์คะแนนเฉลี่ยระดับความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิตแฝง

คะแนนเฉลี่ย 0.00 - 0.33 หมายถึง การมองเห็นคราบโลหิตต่ำ

คะแนนเฉลี่ย 0.34 - 0.67 หมายถึง การมองเห็นคราบโลหิตปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 0.68 - 1.00 หมายถึง การมองเห็นคราบโลหิตสูง

4.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะของตัวแปร โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two – way ANOVA) และเมื่อทดสอบสมมติฐานแล้วมีผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทำการทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว (One – way ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยใช้วิธี Bonferroni

ขั้นที่ 5 การนำเสนอรายงานการวิจัย

การดำเนินการ	ผลที่ได้
ขั้นที่ 1 ศึกษาเพื่อให้ทราบถึงคุณลักษณะของตัวแปร ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับความรู้ทั่วไป การพิสูจน์ และวิธีการตรวจหาคราบโลหิต ชนิดของสีขาวเบสน้ำที่ทาภายในและภายนอก เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัย	**กรอบแนวคิดและตัวแปร**
ขั้นที่ 2 ขั้นตอนการเตรียมอุปกรณ์และสารละลายที่ใช้ในการทดสอบ จัดเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบดังนี้ โลหิตของมนุษย์ พื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก ชนิดของสีที่ทาทับ สารที่ใช้ในการทดสอบ แบบบันทึกผลการทดสอบ	**อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดสอบ**
ขั้นที่ 3 ขั้นตอนในการทดสอบ ดำเนินการทดลอง และทดสอบการตรวจคราบโลหิตแฝง ตามวิธีการทดลองที่ได้ออกแบบไว้	**ผลการทดสอบที่ได้บันทึกไว้ในแบบบันทึก**
ขั้นที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูล ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์และสมมติฐานของการวิจัย โดยหาค่าสถิติพื้นฐาน และวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว	**ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์และสมมติฐานของการวิจัย**
ขั้นที่ 5 การนำเสนอรายงานการวิจัย จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์ พร้อมนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาและคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	**รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ที่ผ่านการนำเสนอ**

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากผลการวิเคราะห์ การตรวจหาคราบโลหิตที่ทาสีขาวเบสน้ำด้วยวิธี Luminol และ Bluestar เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Design) ซึ่งเป็นการศึกษาผลกระทบของ 2 ตัวแปรหรือมากกว่า เพื่อศึกษาการตรวจหาคราบโลหิตที่ทาสีขาวเบสน้ำทับและทิ้งไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยวิธี Luminol และ Bluestar (โดยมีตัวแปรในการทดสอบ 4 ตัวแปร ได้แก่ ประเภทพื้นผิว ชนิดของสีขาวเบสน้ำ ระยะเวลาในการทาสีขาวเบสน้ำ และวิธีการตรวจคราบโลหิต Luminol และ Blue star ที่มีผลต่อการมองเห็นคราบโลหิต โดยผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิจัย ดังนี้

การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการวิจัยครั้งนี้แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 การตรวจวัดคราบโลหิตด้วยวิธี Luminol และ Bluestar

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัย ดังนี้

2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของตัวแปร ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปร ได้แก่ ประเภทของพื้นผิว ชนิดของสีขาวเบสน้ำ ระยะเวลาในการทาสีขาวเบสน้ำทับ และวิธีตรวจสอบคราบโลหิตแฝง ด้วยวิธี Luminol และ Bluestar ที่มีต่อความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิต

2.2 การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่าง ประเภทของพื้นผิว ชนิดของสีขาวเบสน้ำ ระยะเวลาในการทาสีขาวเบสน้ำทับ และวิธีตรวจสอบคราบโลหิตด้วยวิธี Luminol และ Bluestar ที่มีต่อความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิต ในการตรวจหาคราบโลหิต เป็นการทดสอบปฏิสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปร สามารถตั้งสมมติฐาน 3 ข้อ ดังนี้

สมมติฐานที่ 1 ลักษณะของพื้นผิวและชนิดของสีขาวเบสน้ำที่ใช้ในการทาทับมีผลต่อการมองเห็นตรวจหาคราบโลหิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สมมติฐานที่ 2 ลักษณะของพื้นผิวและระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับไว้ มีผลต่อการตรวจหาคราบโลหิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สมมติฐานที่ 3 ลักษณะของพื้นผิวและวิธีการตรวจคราบโลหิต มีผลต่อการตรวจหาคราบโลหิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

$\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย (Mean)

S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

N แทน จำนวนครั้งในการทดลอง

Df แทน องศาแห่งความเป็นอิสระ (Degree of Freedom)

SS แทน ผลรวมกำลังสองของค่าเบี่ยงเบนยกกำลังสอง (Sum of Square)

MS แทน ค่าเฉลี่ยความเบี่ยงเบนยกกำลังสอง (Mean of Square)

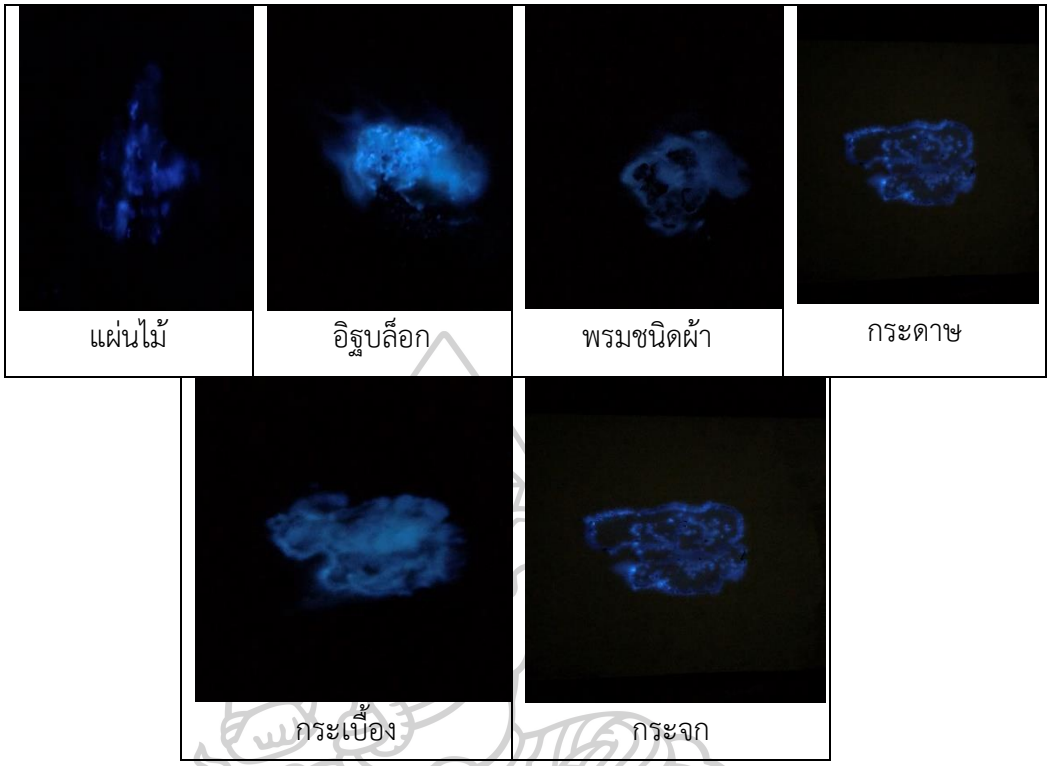
ตอนที่ 1 การตรวจการตรวจวัดคราบโลหิตด้วยวิธี Luminal และ Blue star

1.1 การตรวจวัดคราบโลหิตด้วยวิธี Luminal

การตรวจวัดคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก นำโลหิตของมนุษย์มาหยดลงปริมาตร 1 ml. และหยดให้อยู่ในตำแหน่งเดียวกัน คือ บริเวณกลางพื้นผิว ทิ้งไว้ 10 นาที จากนั้นทาสีขาวเบสน้ำทับ โดยใช้สีขาวเบสน้ำทาภายใน และสีขาวเบสน้ำทาภายนอก ระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับจำนวน 3 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 จำนวน 10 วัน ครั้งที่ 2 จำนวน 20 วัน และครั้งที่ 3 จำนวน 30 วัน นำพื้นผิวที่ทาสีขาวเบสน้ำทับแต่ละครั้งมาตรวจหาคราบโลหิตโดยใช้วิธี Luminol ปรากฏผลที่ได้ดังนี้

มหาวิทยาลัยศิลปากร

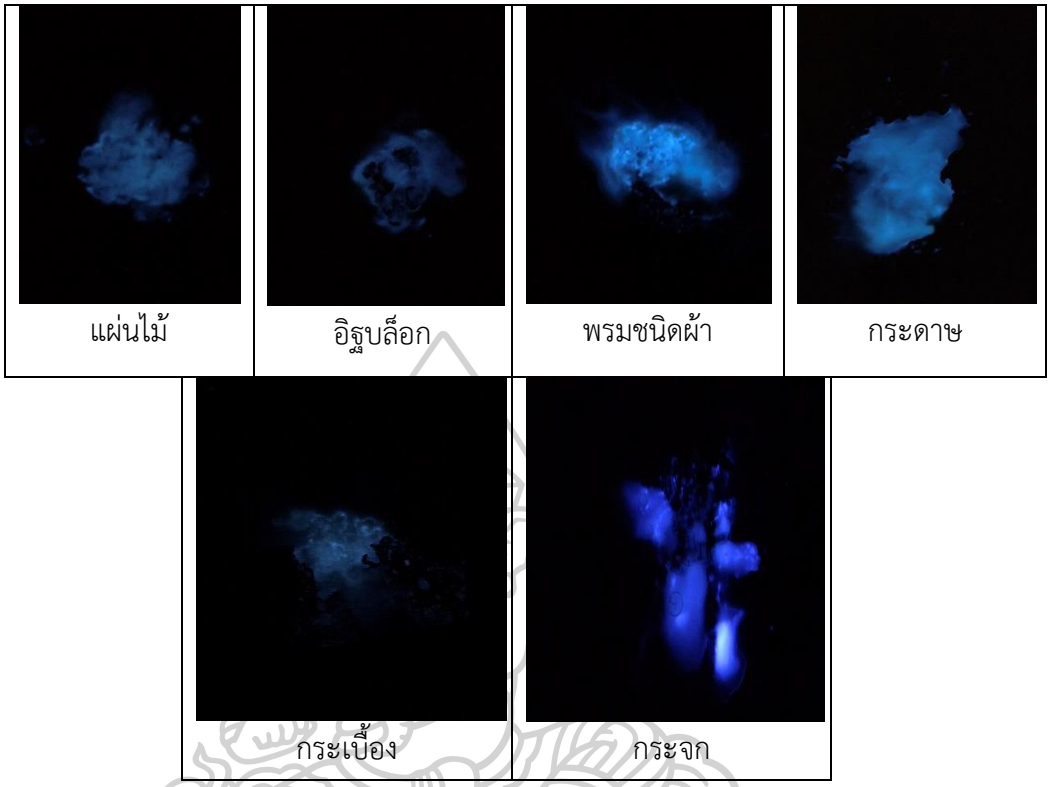
1) ระยะเวลา 10 วัน ทาสีขาวเบสน้ำภายใน



ภาพที่ 22 การมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวด้วยวิธี Luminal ระยะเวลา 10 วัน ทาสีขาวเบสน้ำภายใน

การตรวจวัดคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ พื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก โดยใช้สีขาวเบสน้ำทาภายใน เป็นระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับ จำนวน 10 วัน ด้วยวิธี Luminol พบว่า สามารถมองเห็นคราบโลหิตแฝงบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ พื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก ได้

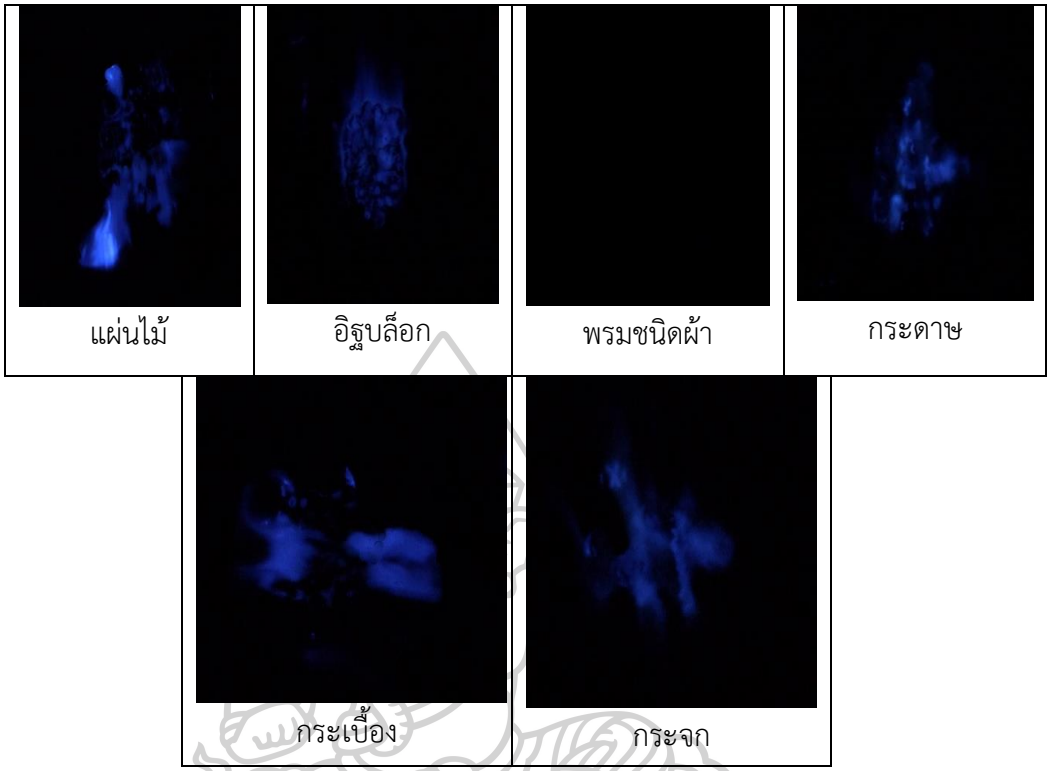
2) ระยะเวลา 10 วัน ทาสีขาวเบสน้ำภายนอก



ภาพที่ 23 การมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวด้วยวิธี Luminol ระยะเวลา 10 วัน ทาสีขาวเบสน้ำภายนอก

การตรวจวัดคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ พื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก โดยใช้สีขาวเบสน้ำทาภายนอก เป็นระยะเวลาที่ทาสีทับ จำนวน 10 วัน ด้วยวิธี Luminol พบว่า สามารถมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ พื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก ได้

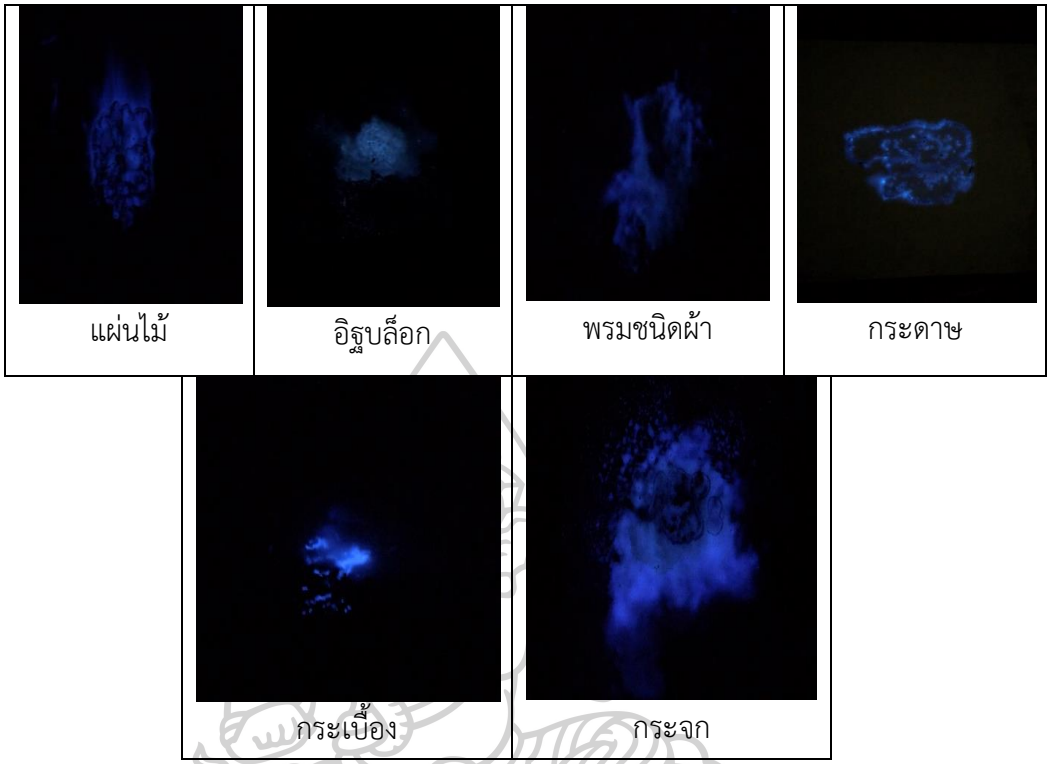
3) ระยะเวลา 20 วัน ทาสีขาวเบสน้ำภายใน



ภาพที่ 24 การมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวด้วยวิธี วิธี Luminol ระยะเวลา 20 วัน ทาสีขาวเบสน้ำภายใน

การตรวจวัดคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก โดยใช้สีขาวเบสน้ำทาภายใน เป็นระยะเวลาที่ทาสีทับ จำนวน 20 วัน ด้วยวิธี Luminol พบว่า สามารถมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก และกระดาษ พื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก ยกเว้น พรมชนิดผ้า ไม่สามารถมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวได้

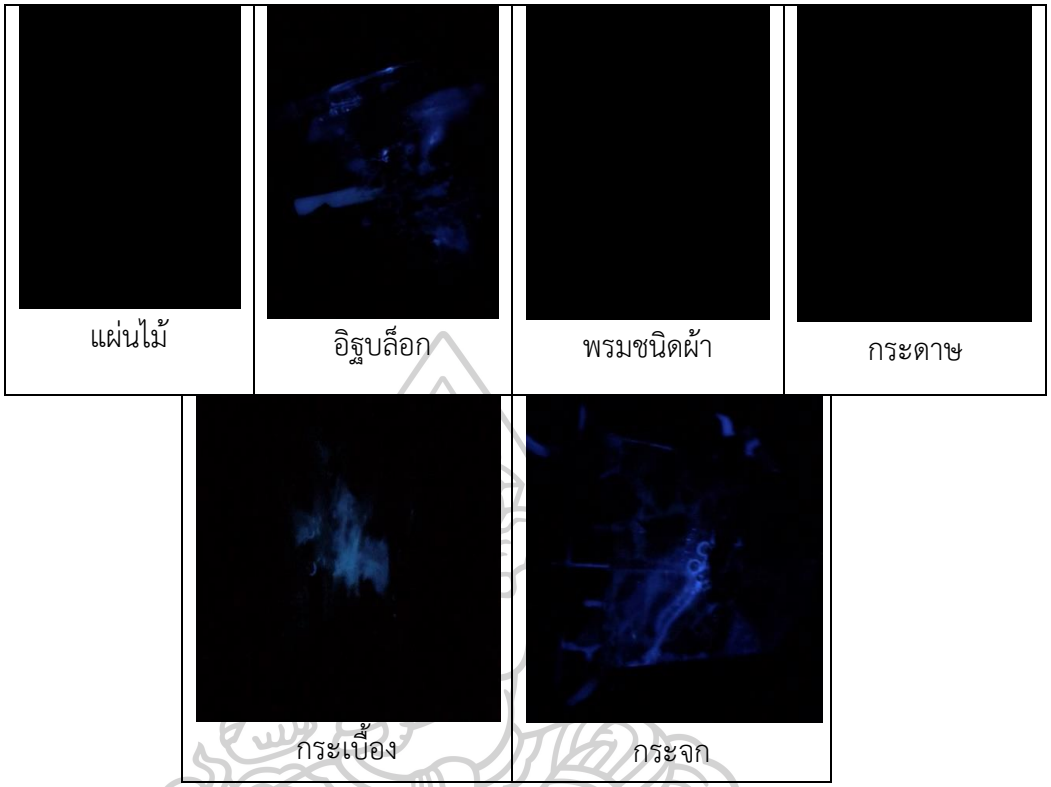
4) ระยะเวลา 20 วัน ทาสีขาวเบสน้ำภายนอก



ภาพที่ 25 การมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวด้วยวิธี วิธี Luminol ระยะเวลา 20 วัน ทาสีขาวเบสน้ำภายนอก

การตรวจวัดคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก โดยใช้สีขาวเบสน้ำทาภายนอก เป็นระยะเวลาที่ทาสีทับ จำนวน 20 วัน ด้วยวิธี Luminol พบว่า สามารถมองเห็นคราบโลหิตแฝงบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก สามารถมองเห็นคราบโลหิตแฝงบนพื้นผิวได้

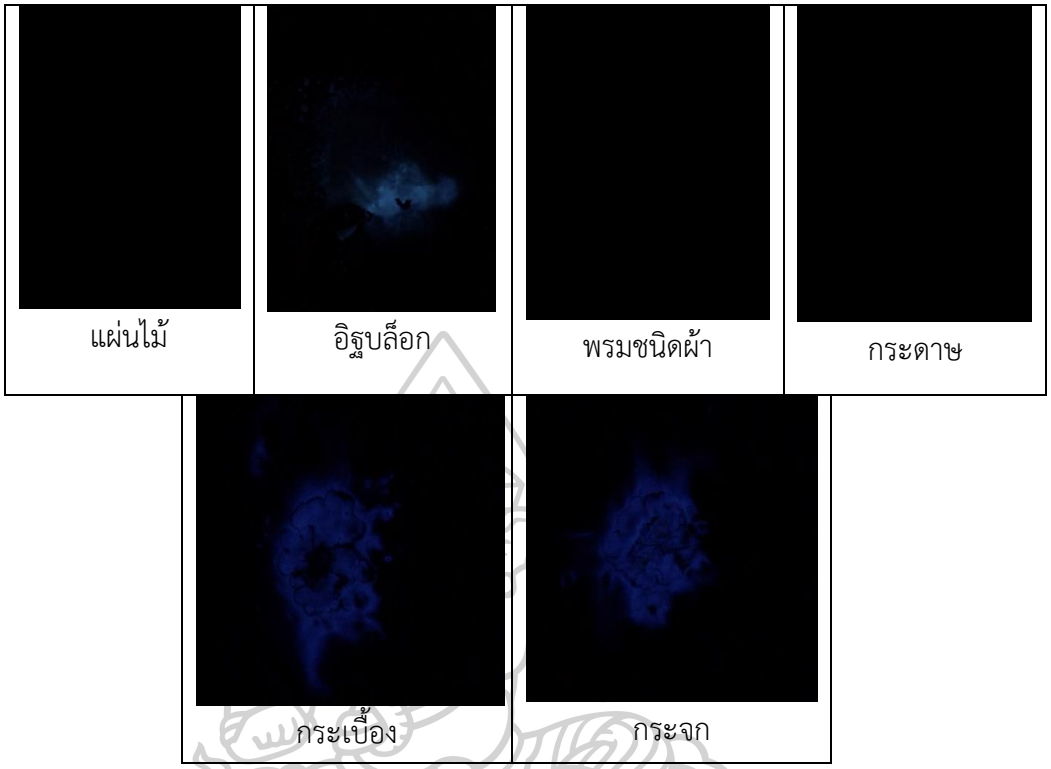
5) ระยะเวลา 30 วัน ทาสีภายใน



ภาพที่ 26 การมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวด้วยวิธี Luminol ระยะเวลา 30 วัน ทาสีขาวเบสน้ำภายใน

การตรวจวัดคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก โดยใช้สีขาวเบสน้ำทาภายใน เป็นระยะเวลาที่ทาสีทับ จำนวน 30 วัน ด้วยวิธี Luminol พบว่า สามารถมองเห็นคราบโลหิตแฝงบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ อิฐบล็อก และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก สามารถมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวได้ ยกเว้น พื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ พรมชนิดผ้า และกระดาษ ไม่สามารถมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวได้

6) ระยะเวลา 30 วัน ทาสีขาวเบสน้ำภายนอก



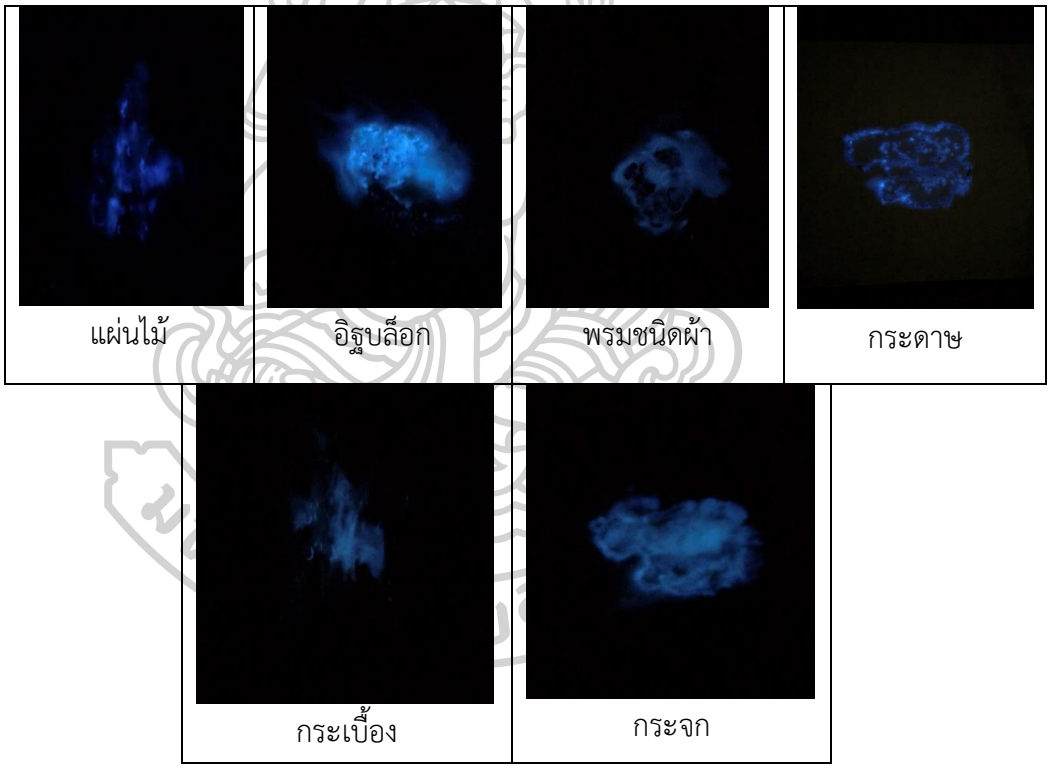
ภาพที่ 27 การมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวด้วยวิธี Luminol ระยะเวลา 30 วัน ทาสีขาวเบสน้ำภายนอก

การตรวจวัดคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก โดยใช้สีขาวเบสน้ำทาภายนอก เป็นระยะเวลาที่ทาสีทับ จำนวน 30 วัน ด้วยวิธี Luminol พบว่า สามารถมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ อิฐบล็อก และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก สามารถมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวได้ ยกเว้น พื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ พรมชนิดผ้า และกระดาษ ไม่สามารถมองเห็นคราบโลหิตแฝงบนพื้นผิวได้

1.2 การตรวจวัดคราบโลหิตด้วยวิธี Bluestar

การตรวจวัดคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก นำโลหิตของมนุษย์มาหยดลงปริมาตร 1 ml. และหยดให้อยู่ในตำแหน่งเดียวกัน คือ บริเวณกลางพื้นผิว ทิ้งไว้ 10 นาที จากนั้นทาสีขาวเบสน้ำทับโดยใช้สีขาวเบสน้ำทาภายใน และสีขาวเบสน้ำทาภายนอก ระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับ จำนวน 3 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 จำนวน 10 วัน ครั้งที่ 2 จำนวน 20 วัน และครั้งที่ 3 จำนวน 30 วัน นำพื้นผิวที่ทาสีขาวเบสน้ำทับ แต่ละครั้งมาตรวจหาคราบโลหิตโดยใช้วิธี Bluestar ปรากฏผลที่ได้ดังนี้

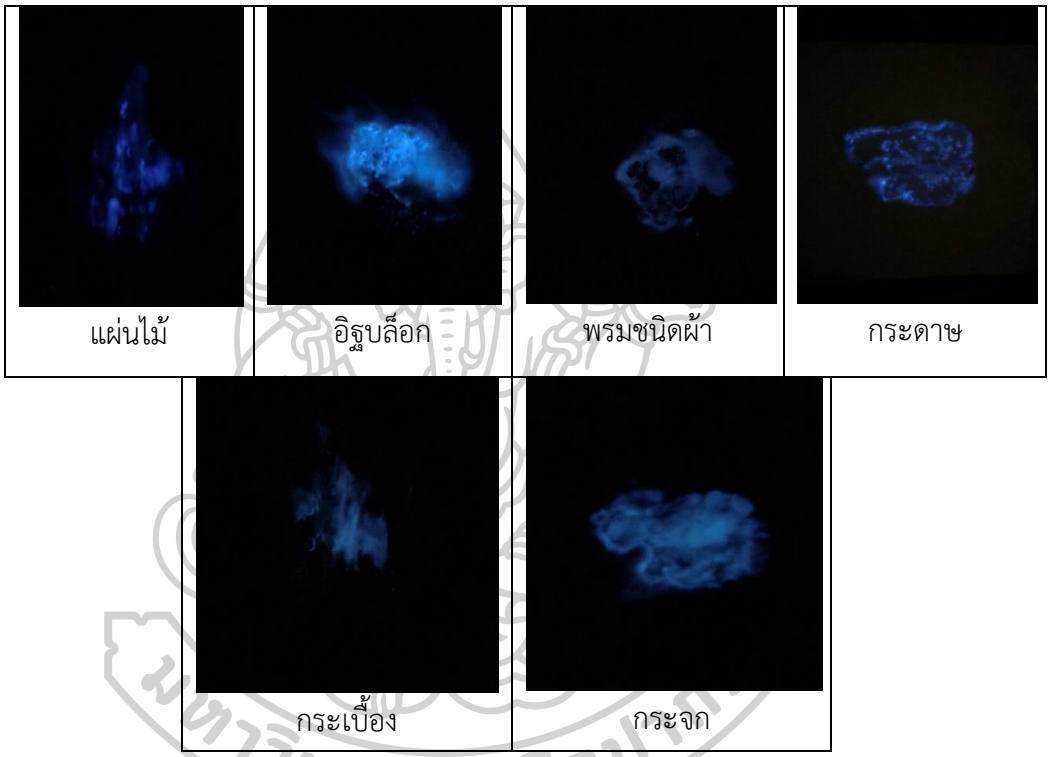
1) ระยะเวลา 10 วัน ทาสีขาวเบสน้ำภายใน



ภาพที่ 28 การมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวด้วยวิธี Bluestar ระยะเวลา 10 วัน ทาสีขาวเบสน้ำภายใน

การตรวจวัดคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก โดยใช้สีขาวเบสน้ำทาภายใน เป็นระยะเวลาที่ทาสีทับ จำนวน 10 วัน ด้วยวิธี Bluestar พบว่า สามารถมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก ได้

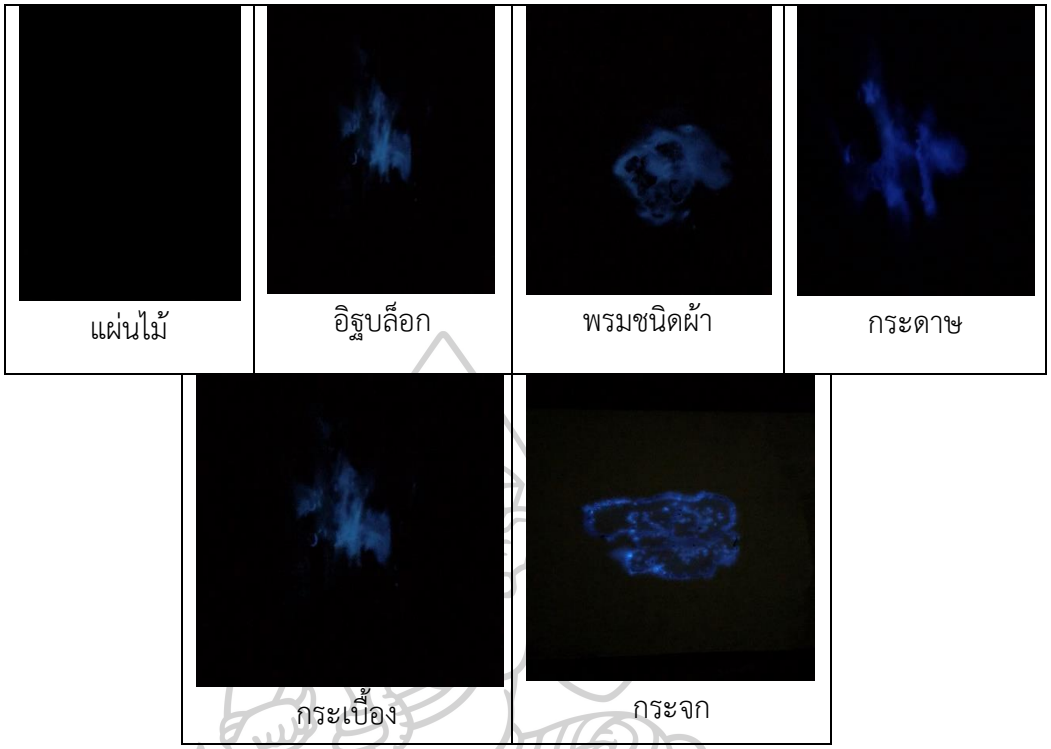
2) ระยะเวลา 10 วัน ทาสีขาวเบสน้ำภายนอก



ภาพที่ 29 การมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวด้วยวิธี Bluestar ระยะเวลา 10 วัน ทาสีขาวเบสน้ำภายนอก

การตรวจวัดคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก โดยใช้สีขาวเบสน้ำทาภายนอก เป็นระยะเวลาที่ทาสีทับ จำนวน 10 วัน ด้วยวิธี Bluestar พบว่า สามารถมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจกได้

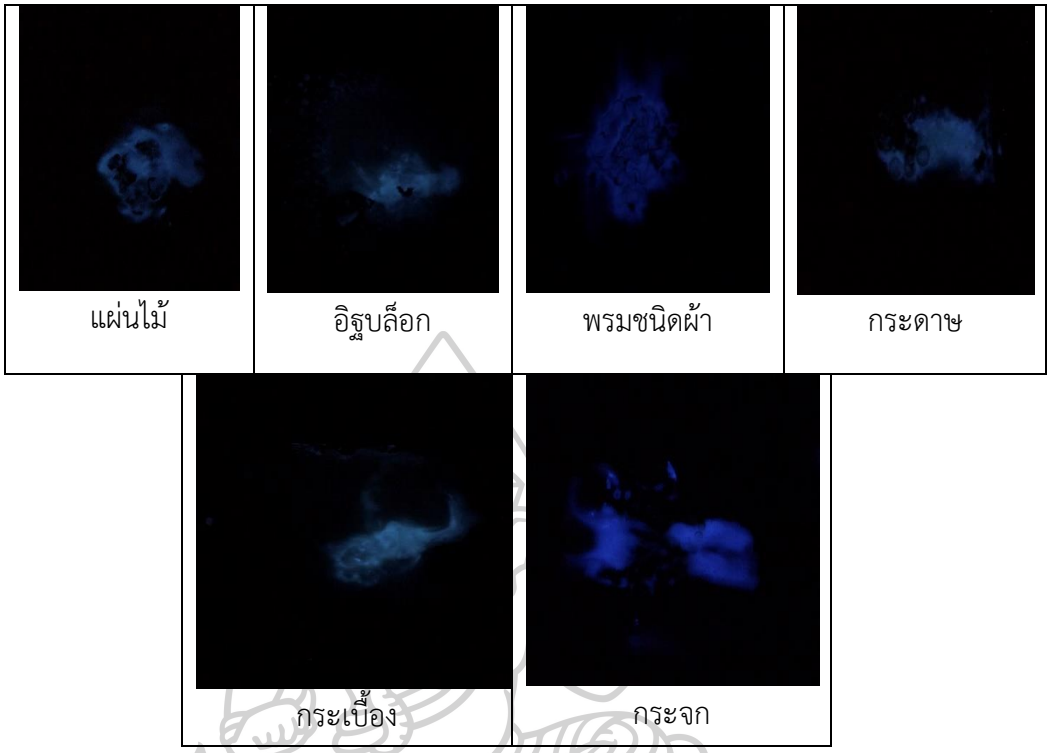
3) ระยะเวลา 20 วัน ทาสีขาวเบสน้ำภายใน



ภาพที่ 30 การมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวด้วยวิธี Bluestar ระยะเวลา 20 วัน ทาสีขาวเบสน้ำภายใน

การตรวจวัดคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก โดยใช้สีขาวเบสน้ำทาภายใน เป็นระยะเวลาที่ทาสีทับ จำนวน 20 วัน ด้วยวิธี Bluestar พบว่า สามารถมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจกยกเว้นพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ ไม่สามารถมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวได้

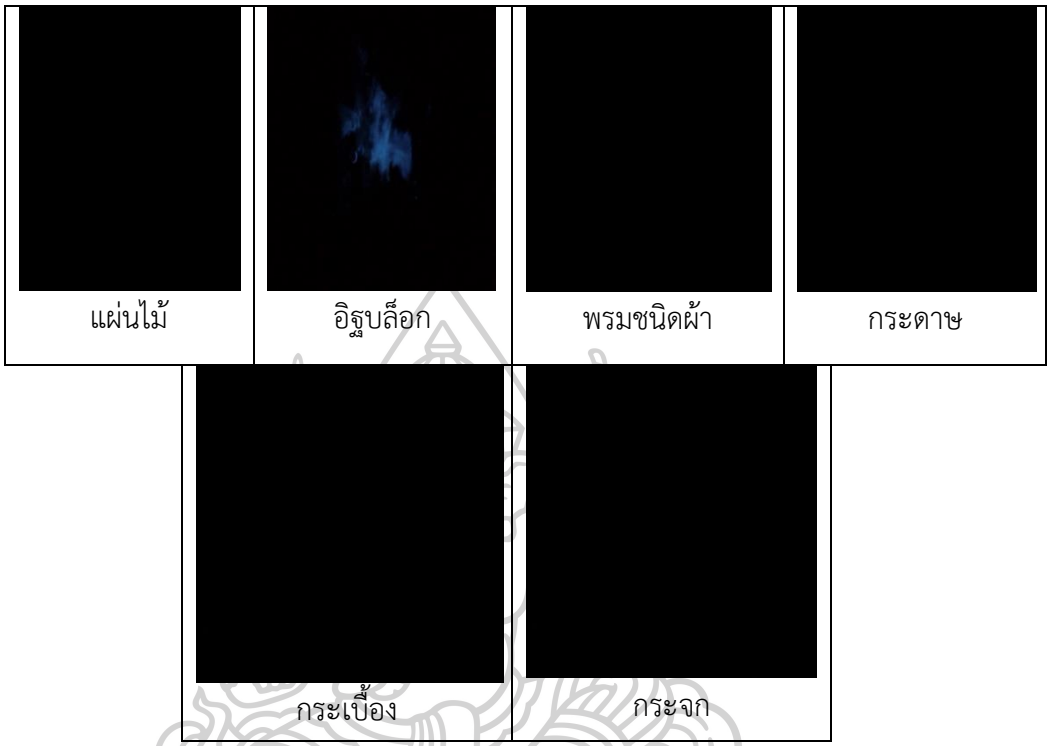
4) ระยะเวลา 20 วัน ทาสีขาวเบสน้ำภายนอก



ภาพที่ 31 การมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวด้วยวิธี Bluestar ระยะเวลา 20 วัน ทาสีขาวเบสภายนอก

การตรวจวัดคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก โดยใช้สีขาวเบสน้ำทาภายนอก เป็นระยะเวลาที่ทาสีทับ จำนวน 20 วัน ด้วยวิธี Bluestar พบว่า สามารถมองเห็นคราบโลหิตแฝงบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก สามารถมองเห็นคราบโลหิตแฝงบนพื้นผิวได้

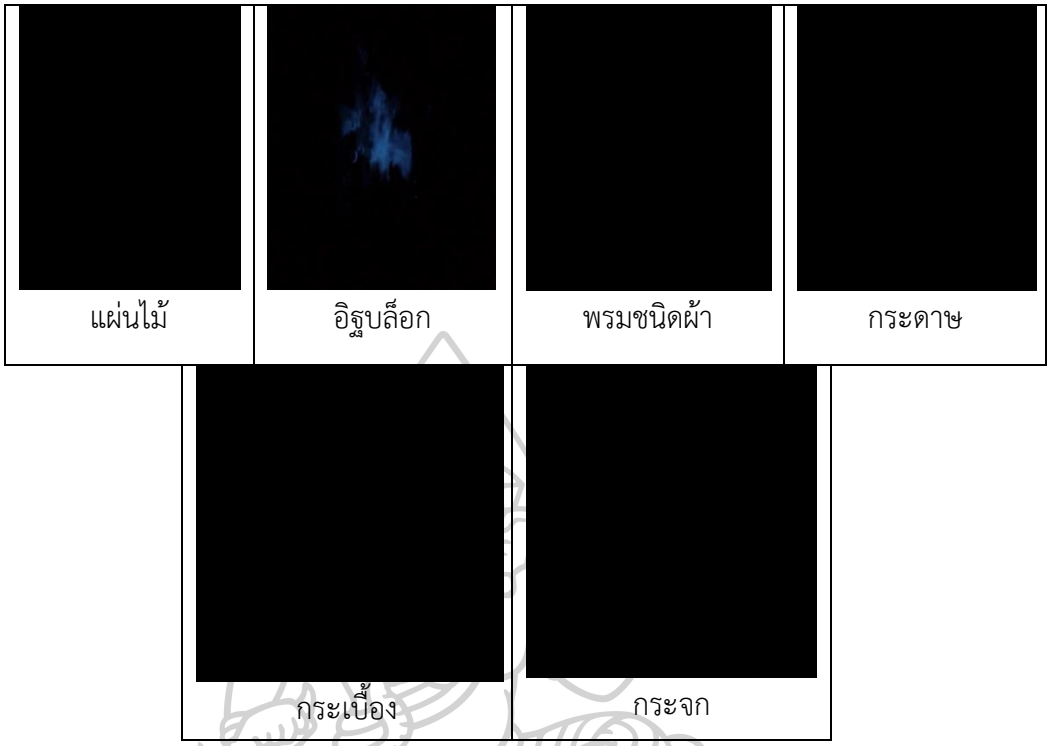
5) ระยะเวลา 30 วัน ทาสีขาวเบสน้ำภายใน



ภาพที่ 32 การมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวด้วยวิธี Blue star ระยะเวลา 30 วัน ทาสีขาวเบสน้ำภายใน

การตรวจวัดคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก โดยใช้สีขาวเบสน้ำทาภายใน เป็นระยะเวลาที่ทาสีทับ จำนวน 30 วัน ด้วยวิธี Blue star พบว่า สามารถมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ อิฐบล็อก ยกเว้นพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ พรมชนิดผ้า และกระดาษ พื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก ไม่สามารถมองเห็นคราบโลหิตแฝงบนพื้นผิวได้

6) ระยะเวลา 30 วัน ทาสีภายนอก



ภาพที่ 33 การมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวด้วยวิธี Bluestar ระยะเวลา 30 วัน ทาสีขาวเบสน้ำภายนอก

การตรวจวัดคราบโลหิตแฝงบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจกโดยใช้สีขาวเบสน้ำทาภายนอก เป็นระยะเวลาที่ทาสีทับ จำนวน 30 วัน ด้วยวิธี Bluestar พบว่า สามารถมองเห็นคราบโลหิตแฝงบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ อิฐบล็อก ยกเว้นพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ พรมชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก ไม่สามารถมองเห็นคราบโลหิตแฝงบนพื้นผิวได้

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัย

2.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยเบื้องต้น

2.1.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามการวิจัย ดังนี้

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์แบบความแปรปรวนสองทาง (Two – Way ANOVA) เพื่อทดสอบการมีปฏิสัมพันธ์ของตัวแปร จำนวน 4 ตัวแปร คือ 1) ประเภทของพื้นผิว 2) ชนิดของสีขาวเบสน้ำที่ทาทับ และ 3) ระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับ และ 4) วิธีการตรวจคราบโลหิตด้วย Luminol และ Bluestar เป็นการทดสอบปฏิสัมพันธ์รายคู่ต่อความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิต เมื่อพบว่า ตัวแปรมีปฏิสัมพันธ์กันจึงทำการทดสอบความแปรปรวนทางเดียว (One – Way ANOVA) เพื่อตรวจหาคราบโลหิตหลังทาสีขาวเบสน้ำทับ ดังนี้

การวิเคราะห์สถิติเบื้องต้นของตัวแปร ประเภทของพื้นผิว ชนิดของสีขาวเบสน้ำที่ทา ระยะเวลาในการทาสีขาวเบสน้ำทับ และวิธีการตรวจหาคราบโลหิต ดังนี้

ตัวแปรที่ 1 ประเภทของพื้นผิว

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิตจำแนกตามประเภทพื้นผิว

ประเภทของพื้นผิว	$\overline{X}$	S.D.	ค่าระดับ
แผ่นไม้	0.66	0.49	ปานกลาง
อิฐบล็อก	1.00	0.00	สูง
พรมชนิดผ้า	0.58	0.51	ปานกลาง
กระดาษ	0.66	0.49	ปานกลาง
กระเบื้อง	0.83	0.38	สูง
กระจก	0.83	0.38	สูง

จากตารางที่ 2 ความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิต จำแนกตามพื้นผิว พบว่า ความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิต มีค่าเฉลี่ยสูง ได้แก่ พื้นผิวอิฐบล็อก ($\overline{X}$ = 1.00) รองลงมา คือ พื้นผิวกระเบื้อง และพื้นผิวกระจก ($\overline{X}$ = 0.83) มีความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิตสูง และความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิต มีค่าเฉลี่ยปานกลาง คือ พื้นผิวกระดาษ และพื้นผิวแผ่นไม้ ($\overline{X}$ = 0.66) และ พื้นผิวพรมชนิดผ้า ($\overline{X}$ = 0.58)

ตัวแปรที่ 2 ชนิดของสี

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิต จำแนกตามชนิดของสี

ชนิดของสี	$\overline{X}$	S.D.	ค่าระดับ
สีขาวเบสน้ำทาภายใน	0.72	0.45	สูง
สีขาวเบสน้ำทาภายนอก	0.80	0.40	สูง

จากตารางที่ 3 ความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิต จำแนกตามชนิดของสี ได้แก่ สีขาวเบสน้ำทาภายใน และสีขาวเบสน้ำทาภายนอก พบว่า ความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิต มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ สีขาวเบสน้ำทาภายนอก ($\overline{X}$ = 0.80) มีความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิตในระดับสูง

ตัวแปรที่ 3 ระยะเวลาที่ทาสีทับ

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิตจำแนกตามระยะเวลาที่ทาสีทับ

ระยะเวลาที่ทาสีทับ	$\overline{X}$	S.D.	ค่าระดับ
10 วัน	1.00	0.00	สูง
20 วัน	0.91	0.28	สูง
30 วัน	0.37	0.49	ปานกลาง

จากตารางที่ 4 ความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิต จำแนกตามระยะเวลาที่ทาสีทับ พบว่า ความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิต มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ระยะเวลาที่ทาสีทับ 10 วัน ($\overline{X}$ = 1.00) มีความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิตแฝงในระดับสูง รองลงมา คือ ความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิต ระยะเวลาที่ทาสีทับ 20 วัน ค่าเฉลี่ยในระดับสูง ($\overline{X}$ = 0.91) และค่าเฉลี่ยความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิต ในระดับปานกลาง คือ ระยะเวลาที่ทาสีทับ 30 วัน ($\overline{X}$ = 0.37)

ตัวแปรที่ 4 วิธีการตรวจหาคราบโลหิต

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิต

วิธีตรวจคราบโลหิต	$\overline{X}$	S.D.	ค่าระดับ
Luminol	0.80	0.40	สูง
Bluestar	0.72	0.45	สูง

จากตารางที่ 5 ความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิตแฝง จำแนกตามวิธี Luminol และ Bluestar พบว่า ความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิต มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ วิธี Luminol ($\overline{X}$ = 0.80) และมีความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิตในระดับสูง

2.2 การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่าง ประเภทของพื้นผิว ชนิดของสีขาวเบสน้ำที่ทาทับ ระยะเวลาในการทาสีทับ ที่มีต่อความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิต ด้วยวิธี Luminol และ Bluestar ดังนี้

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์แบบความแปรปรวนแบบสองทาง (Two – Way ANOVA) โดยการทดสอบสมมติฐาน เนื่องจากการทดสอบการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของตัวแปร ในการวิจัยมี จำนวน 4 ตัว แปร คือ 1) ประเภทของพื้นผิว 2) ชนิดของสีขาวเบสน้ำที่ทาทับ 3) ระยะเวลาที่ทาสีทับ และ 4) วิธีตรวจสอบคราบโลหิตแฝง Luminol และ Bluestar เมื่อพบว่า ตัวแปรมีปฏิสัมพันธ์กันจึงทำการทดสอบความแปรปรวนทางเดียว (One – Way ANOVA) เพื่อพิจารณาระดับของตัวแปรต่อความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิตแฝง ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานเพื่อการทดสอบการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปร ดังต่อไปนี้

สมมติฐานที่ 1 ลักษณะพื้นผิวและชนิดของสีขาวเบสน้ำที่ทาทับ มีผลต่อการตรวจหาคราบโลหิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีผลต่อการตรวจหาคราบโลหิต จำแนกตามประเภทของพื้นที่ผิวและชนิดของสีขาวเบสน้ำที่ทาทับ

ประเภทของพื้นผิว		ชนิดของสีที่ทาทับ	
		สีทาภายใน	สีทาภายนอก
แผ่นไม้	$\bar{X}$	0.50	0.83
	S.D.	0.54	0.40
อิฐบล็อก	$\bar{X}$	1.00	1.00
	S.D.	0.00	0.00
พรมชนิดผ้า	$\bar{X}$	0.50	0.66
	S.D.	0.54	0.51
กระดาษ	$\bar{X}$	0.66	0.66
	S.D.	0.51	0.51
กระเบื้อง	$\bar{X}$	0.83	0.83
	S.D.	0.40	0.40
กระจก	$\bar{X}$	0.83	0.83
	S.D.	0.40	0.40

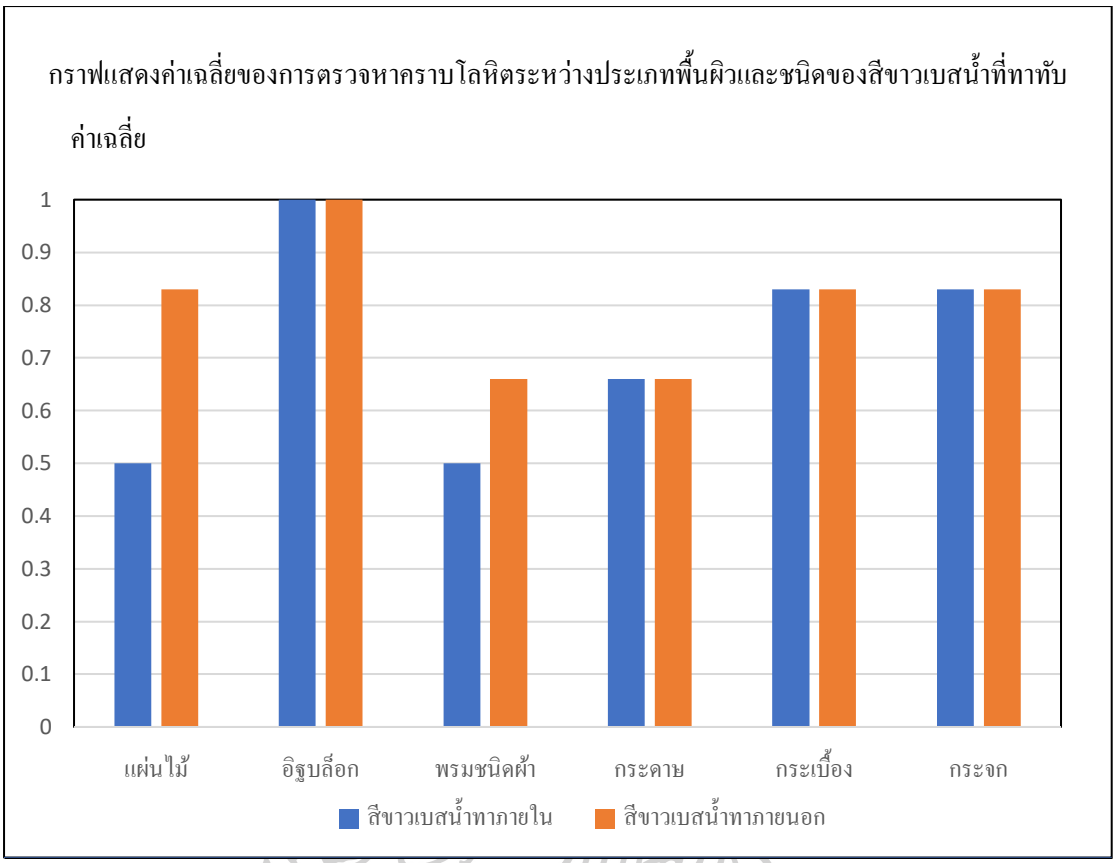
จากตารางที่ 6 แสดงผลความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิต จำแนกตามประเภทของพื้นที่ผิวและชนิดของสีขาวเบสน้ำที่ทาทับ พบว่า ประเภทของพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก ชนิดของสีขาวเบสน้ำที่ทาทับ สีขาวเบสน้ำที่ทาภายในและภายนอก บนพื้นผิวอิฐบล็อก มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 1.00 และชนิดของสีขาวเบสน้ำที่ทาทับ ได้แก่ สีขาวเบสน้ำที่ทาภายใน บนพื้นผิวแผ่นไม้ และพรมชนิดผ้า มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด เท่ากับ 0.50

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการตรวจหาคราบโลหิต ระหว่างประเภทพื้นผิวและชนิดของสีขาวเบสน้ำที่ทาทับ

แหล่งของความแปรผัน	**SS**	**df**	**MS**	**F**	**Sig**
ประเภทของพื้นผิว	1.403	5	0.281	1.507	0.201
ชนิดของสีขาวเบสน้ำที่ทาทับ	0.125	1	0.125	0.672	0.416
ประเภทของพื้นผิว × ชนิดของสีขาวเบสน้ำที่ทาทับ	0.292	5	0.058	0.313	0.903
ความคลาดเคลื่อน	11.167	60	0.186		
รวม	55.000	72			

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two – Way ANOVA) ของการตรวจหาคราบโลหิต ระหว่างประเภทพื้นผิว คือ พื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก และชนิดของสีขาวเบสน้ำที่ทาทับ สีขาวเบสน้ำที่ทาภายใน และภายนอก พบว่า ประเภทพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก และสีขาวเบสน้ำที่ทาทับ พบว่า สีขาวเบสน้ำที่ทาภายใน และสีขาวเบสน้ำที่ทาภายนอก ไม่มีผลต่อการตรวจหาคราบโลหิต และระหว่างประเภทของพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก กับชนิดของสีขาวเบสน้ำที่ทาทับ สีขาวเบสน้ำที่ทาภายในและทาภายนอก ไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ดังรูปที่ 34



ภาพที่ 34 ค่าเฉลี่ยของการตรวจหาคราบโลหิตระหว่างประเภทพื้นผิวและชนิดของสีขาวเบสน้ำที่ทาทับ

จากรูปที่ 34 พบว่า พื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก เมื่อทาสีขาวเบสน้ำทับ ทั้งทาสีขาวเบสน้ำภายในและภายนอก พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน มีเฉพาะพื้นผิว พรมชนิดผ้า ที่มีผลในการตรวจคราบโลหิตเมื่อทาสีขาวเบสน้ำทับทั้งภายในและภายนอกมากที่สุด

สมมติฐานที่ 2 ลักษณะพื้นผิวและระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับมีผลต่อการตรวจหาคราบโลหิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีผลต่อการตรวจหาคราบโลหิตแฝง จำแนกตามประเภทพื้นผิวและระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับ

ประเภทของพื้นผิว		ระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับ		
		10 วัน	20 วัน	30 วัน
แผ่นไม้	$\bar{X}$	1.00	0.75	0.25
	S.D.	0.00	0.50	0.50
อิฐบล็อก	$\bar{X}$	1.00	1.00	1.00
	S.D.	0.00	0.00	0.00
พรมชนิดผ้า	$\bar{X}$	1.00	0.75	0.00
	S.D.	0.00	0.50	0.00
กระดาษ	$\bar{X}$	1.00	1.00	0.00
	S.D.	0.00	0.00	0.00
กระเบื้อง	$\bar{X}$	1.00	1.00	0.50
	S.D.	0.00	0.00	0.57
กระจก	$\bar{X}$	1.00	1.00	0.50
	S.D.	0.00	0.00	0.57

จากตารางที่ 8 แสดงผลความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิต จำแนกตามประเภทของพื้นที่ผิวและระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับ พบว่า ประเภทของพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก ระยะเวลาที่ทาสีทับ 10 20 และ 30 วัน บนพื้นผิวอิฐบล็อก มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 1.00 และระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับ 30 วัน บนพื้นผิว พรมชนิดผ้า และกระดาษ มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด เท่ากับ 0.00

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการตรวจหาคราบโลหิต ระหว่างประเภทพื้นผิวกับระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับ

แหล่งของความแปรผัน	**SS**	**df**	**MS**	**F**	**Sig**
ประเภทของพื้นผิว	1.403	5	0.281	3.565	0.007*
ระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับ	5.528	2	2.764	35.118	0.000*
ประเภทของพื้นผิว × ระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับ	1.806	10	0.181	2.294	0.025*
ความคลาดเคลื่อน	4.250	54	0.079		
รวม	55.000	72			

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two – Way ANOVA) ของการตรวจหาคราบโลหิต ระหว่างพื้นผิวกับระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับ พบว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทของพื้นผิวกับระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับ มีผลต่อการตรวจหาคราบโลหิต ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 อย่างไรก็ตามการมีนัยสำคัญทางสถิติของผลหลักของตัวแปรประเภทพื้นผิวและระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับ ยังมีผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองตัวนี้ร่วมด้วย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงต้องพิจารณาเฉพาะผลย่อยของผลหลักของตัวแปรทั้งสอง โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One – Way ANOVA) ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการตรวจหาคราบโลหิตเป็นรายคู่ (i-j) จำแนกตามประเภทพื้นผิว

ประเภทของพื้นผิว (i)	**ประเภทของพื้นผิว (j)**	**Mean Difference (I-J)**	**Std. Error**	**Sig.**
แผ่นไม้	อิฐบล็อก	-0.3333	0.11453	0.005*
	พรมชนิดผ้า	0.0833	0.11453	0.470
	กระดาษ	0.0000	0.11453	1.000
	กระเบื้อง	-0.1667	0.11453	0.151
	กระจก	-0.1667	0.11453	0.151

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ประเภทของพื้นผิว (i)	ประเภทของพื้นผิว(j)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
อิฐบล็อก	แผ่นไม้	0.3333	0.11453	0.005*
	พรมชนิดผ้า	0.4167	0.11453	0.001*
	กระดาษ	0.3333	0.11453	0.005*
	กระเบื้อง	0.1667	0.11453	0.151
	กระจก	0.1667	0.11453	0.151
พรมชนิดผ้า	แผ่นไม้	-0.0833	0.11453	0.470
	อิฐบล็อก	-0.4167	0.11453	0.001*
	กระดาษ	-0.0833	0.11453	0.470
	กระเบื้อง	-0.2500	0.11453	0.033*
	กระจก	-0.2500	0.11453	0.033*
กระดาษ	แผ่นไม้	0.0000	0.11453	1.000
	อิฐบล็อก	-0.3333	0.11453	0.005*
	พรมชนิดผ้า	0.0833	0.11453	0.470
	กระเบื้อง	-0.1667	0.11453	0.151
	กระจก	-0.1667	0.11453	0.151
กระเบื้อง	แผ่นไม้	0.1667	0.11453	0.151
	อิฐบล็อก	-0.1667	0.11453	0.151
	พรมชนิดผ้า	02500	0.11453	0.033*
	กระดาษ	0.1667	0.11453	0.151
	กระจก	0.0000	0.11453	1.000
กระจก	แผ่นไม้	0.1667	0.11453	0.151
	อิฐบล็อก	-0.1667	0.11453	0.151
	พรมชนิดผ้า	0.2500	0.11453	0.033*
	กระดาษ	0.1667	0.11453	0.151
	กระเบื้อง	0.0000	0.11453	1.000

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

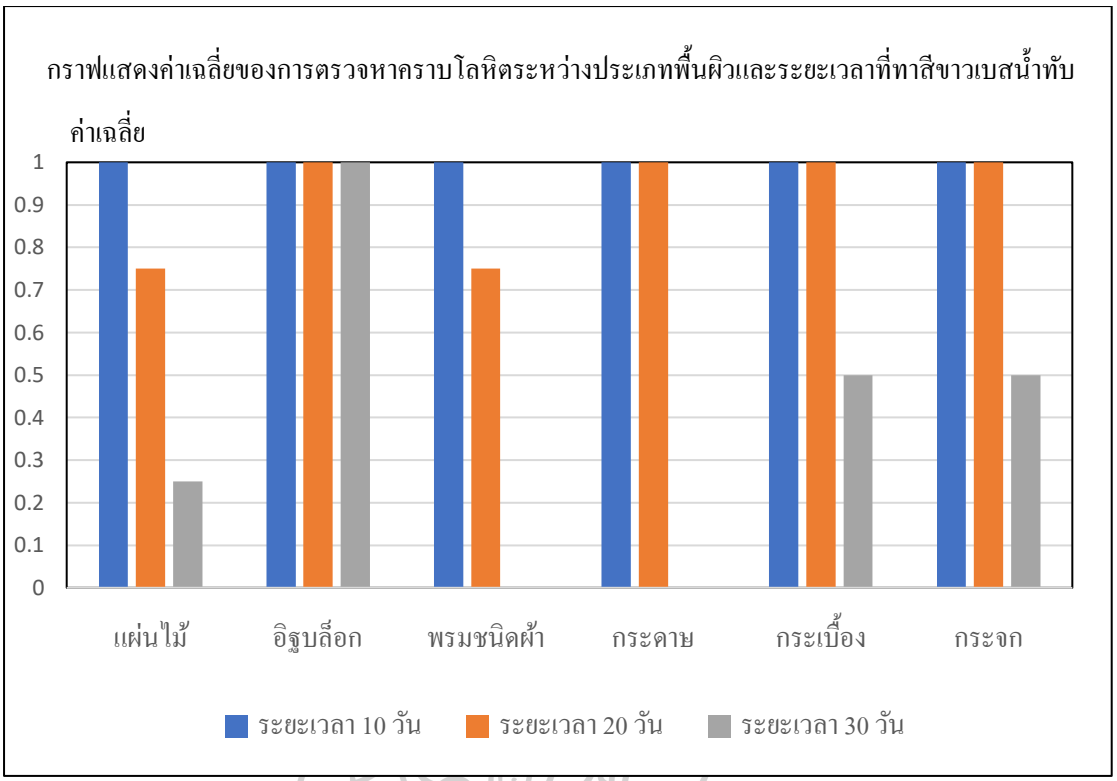
จากตารางที่ 10 การตรวจหาคราบโลหิต จำแนกตามประเภทของพื้นผิว ทั้งที่พื้นผิวชนิดมีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวชนิดที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก แตกต่างกัน คือ การตรวจหาคราบโลหิตของพื้นผิว อิฐบล็อก มีผลต่อการตรวจหาคราบโลหิตสูงกว่าพื้นผิว แผ่นไม้ และพรมชนิดผ้า และพื้นผิว พรมชนิดผ้า มีผลต่อการตรวจหาคราบโลหิตแฝงน้อยกว่า พื้นผิว กระเบื้อง และกระจก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 11 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการตรวจหาคราบโลหิตแฝงเป็นรายคู่ (i-j) จำแนกตาม จำแนกตามระยะเวลาที่ทาสีทับ

ระยะเวลาที่ทาสี (i)	**ระยะเวลาที่ทาสี (j)**	**Mean Difference (I-J)**	**Std. Error**	**Sig.**
10 วัน	20 วัน	0.0833	.08099	.308
	30 วัน	0.6250	.08099	.000*
20 วัน	10 วัน	-0.0833	.08099	.308
	30 วัน	0.5417	.08099	.000*
30 วัน	10 วัน	-0.6250	.08099	.000*
	20 วัน	-0.5417	.08099	.000*

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 11 การตรวจหาคราบโลหิต จำแนกตามระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับ จำนวน 3 ครั้ง ได้แก่ 10 20 และ 30 วัน แตกต่างกัน คือ การตรวจหาคราบโลหิตของระยะเวลาที่ทาสีทับ 10 วัน และ 20 วัน มีผลต่อการตรวจหาคราบโลหิตมากกว่า ระยะเวลาที่ทาสีทับ 30 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งทำให้พบว่าการตรวจหาคราบโลหิตที่มีระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับมากขึ้นทำให้การตรวจหาคราบโลหิตได้น้อยลง



ภาพที่ 35 ค่าเฉลี่ยของการตรวจหาคราบโลหิตระหว่างประเภทพื้นผิวและระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับ

จากรูปที่ 35 พบว่า พื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก เมื่อทาสีขาวเบสน้ำทั้งภายในและภายนอก เป็นระยะเวลา 10 20 และ 30 วัน พบว่า มีปฏิสัมพันธ์กัน โดยเฉพาะระยะเวลาที่ทาสีทับ 20 และ 30 วัน ที่มีผลในการตรวจคราบโลหิตโดยพื้นผิว กระดาษ กระเบื้อง และกระจก ที่ทาสีทับระยะเวลา 20 และ 30 วัน มากที่สุด

สมมติฐานที่ 3 ลักษณะของพื้นผิวและวิธีการตรวจคราบโลหิต Luminol และ Bluestar มีผลต่อการตรวจหาคราบโลหิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีผลต่อการตรวจหาคราบโลหิต จำแนกตามประเภทพื้นผิวและวิธีการตรวจคราบโลหิต Luminol และ Bluestar

ประเภทของพื้นผิว		วิธีการตรวจ	
		Luminol	Bluestar
แผ่นไม้	$\bar{X}$	0.66	0.66
	S.D.	0.51	0.51
อิฐบล็อก	$\bar{X}$	1.00	1.00
	S.D.	0.00	0.00
พรมชนิดผ้า	$\bar{X}$	0.50	0.66
	S.D.	0.54	0.51
กระดาษ	$\bar{X}$	0.66	0.66
	S.D.	0.51	0.51
กระเบื้อง	$\bar{X}$	1.00	0.66
	S.D.	0.00	0.51
กระจก	$\bar{X}$	1.00	0.66
	S.D.	0.00	0.51

จากตารางที่ 12 แสดงผลความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิต จำแนกตามประเภทพื้นผิวและวิธีการตรวจคราบโลหิต Luminol และ Bluestar พบว่า ประเภทของพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก วิธีการตรวจคราบโลหิต Luminol และ Bluestar บนพื้นผิวอิฐบล็อก กระเบื้อง และกระจก มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 1.00 และวิธีการตรวจคราบโลหิตแฝง Luminol บนพื้นผิว พรมชนิดผ้า มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด เท่ากับ 0.50

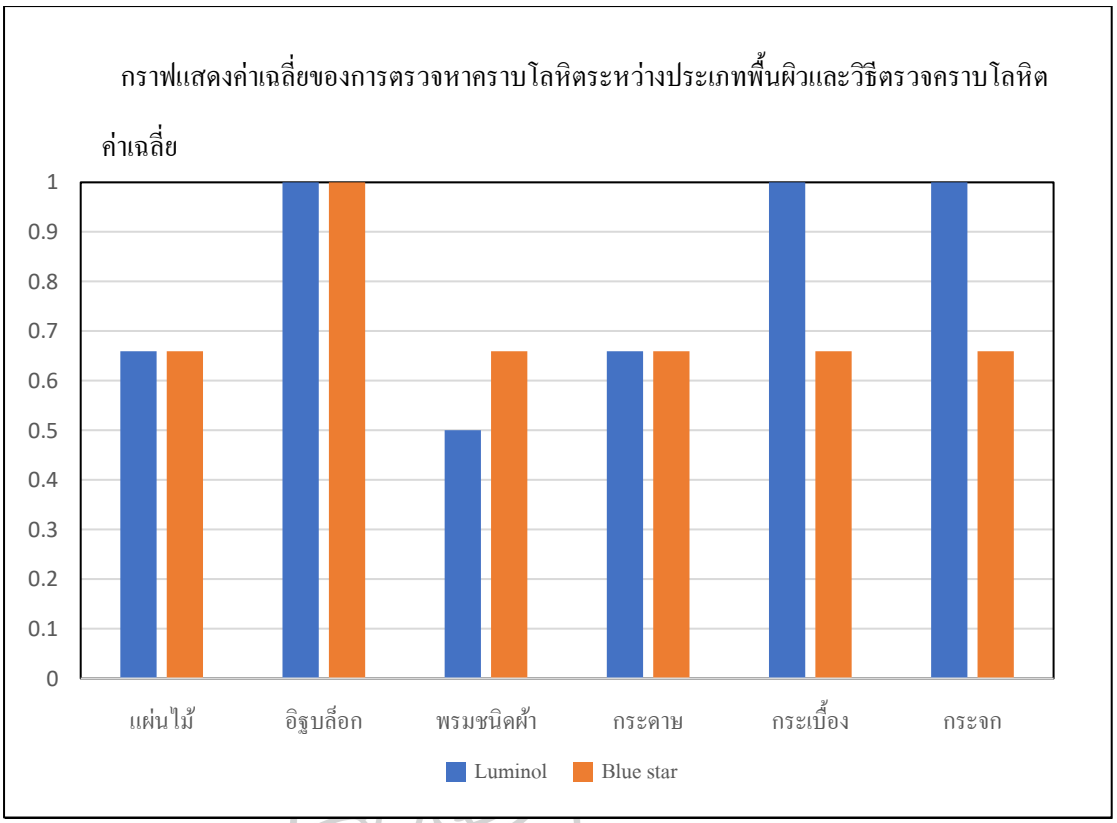
ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการตรวจหาคราบโลหิต ระหว่างพื้นผิวกับวิธีการตรวจคราบโลหิต Luminol และ Bluestar

แหล่งของความแปรผัน	SS	df	MS	F	Sig
ประเภทของพื้นผิว	1.403	5	0.281	1.554	0.187
วิธีการตรวจ	0.125	1	0.125	0.692	0.409
ประเภทของพื้นผิว × วิธีการตรวจคราบโลหิต Luminal และ Bluestar	0.625	5	0.125	0.692	0.631
ความคลาดเคลื่อน	10.833	60	0.181		
รวม	55.000	72			

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางเมื่อมีการวัดซ้ำ (Two – Way ANOVA) ของการตรวจหาคราบโลหิต พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก วิธีการตรวจคราบโลหิต Luminol และ Bluestar อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

มหาวิทยาลัยศิลปากร



ภาพที่ 36 ค่าเฉลี่ยของการตรวจหาคราบโลหิตระหว่างประเภทพื้นผิวและวิธีตรวจคราบโลหิต

จากรูปที่ 36 พบว่า พื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก เมื่อทาสีขาวเบสน้ำภายในและภายนอก เป็นระยะเวลา 10 20 และ 30 วันกับการตรวจคราบโลหิต ด้วยวิธี Luminol และ Bluestar พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน และพบว่า มีผลการตรวจพบคราบโลหิต ด้วยวิธี Luminol ได้มากที่สุด คือ พื้นผิว พรมชนิดผ้า

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัย เรื่อง การตรวจหาคราบโลหิตที่ทาสีขาวเบสน้ำทับด้วยวิธี Luminol และ Bluestar ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตรวจหาคราบโลหิตที่ทาสีขาวเบสน้ำทับและทิ้งไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยวิธี Luminol และ Bluestar เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Design) โดยนำโลหิตมาหยดบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก แล้วทาสีขาวเบสน้ำทับทั้งสีภายใน และสีภายนอก จากนั้นทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 10 20 และ 30 วัน และตรวจหาคราบโลหิตด้วยวิธี Luminol และ Bluestar บันทึกผลและสังเกตการมองเห็นการเรืองแสงด้วยสายตา โดยมีการสรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

1. การตรวจวัดคราบโลหิตด้วยวิธี Luminol และ Blue star

1.1 การตรวจวัดคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก นำโลหิตของมนุษย์มาหยดลงปริมาตร 1 ml. และหยดให้อยู่ในตำแหน่งเดียวกัน คือ บริเวณกลางพื้นผิว ทิ้งไว้ 10 นาที จากนั้นทาสีขาวเบสน้ำทับ โดยใช้สีขาวเบสน้ำทาภายใน และสีขาวเบสน้ำทาภายนอก ระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับจำนวน 3 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 จำนวน 10 วัน ครั้งที่ 2 จำนวน 20 วัน และครั้งที่ 3 จำนวน 30 วัน นำพื้นผิวที่ทาสีขาวเบสน้ำทับแต่ละครั้งมาตรวจหาคราบโลหิตโดยใช้วิธี Luminol

การตรวจวัดคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ พื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก โดยใช้สีขาวเบสน้ำทาภายใน เป็นระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับ จำนวน 10 วัน ด้วยวิธี Luminol พบว่า สามารถมองเห็นคราบโลหิตแฝงบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ พื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก

การตรวจวัดคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ พื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก โดยใช้สีขาวเบสน้ำทาภายนอก เป็นระยะเวลาที่ทาสีทับ จำนวน 10 วัน ด้วยวิธี Luminol พบว่า สามารถมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ พื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก

การตรวจวัดคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก โดยใช้สีขาวเบสน้ำทาภายใน เป็นระยะเวลา

ที่ทาสีทับ จำนวน 20 วัน ด้วยวิธี Luminol พบว่า สามารถมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก และกระดาษ พื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก ยกเว้น พรมชนิดผ้า ไม่สามารถมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวได้

การตรวจวัดคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก โดยใช้สีขาวเบสน้ำทาภายนอก เป็นระยะเวลาที่ทาสีทับ จำนวน 20 วัน ด้วยวิธี Luminol พบว่า สามารถมองเห็นคราบโลหิตแฝงบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก สามารถมองเห็นคราบโลหิตแฝงบนพื้นผิวได้

การตรวจวัดคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก โดยใช้สีขาวเบสน้ำทาภายใน เป็นระยะเวลาที่ทาสีทับ จำนวน 30 วัน ด้วยวิธี Luminol พบว่า สามารถมองเห็นคราบโลหิตแฝงบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ อิฐบล็อก และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก สามารถมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวได้ ยกเว้น พื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ พรมชนิดผ้า และกระดาษ ไม่สามารถมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวได้

การตรวจวัดคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก โดยใช้สีขาวเบสน้ำทาภายนอก เป็นระยะเวลาที่ทาสีทับ จำนวน 30 วัน ด้วยวิธี Luminol พบว่า สามารถมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ อิฐบล็อก และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก สามารถมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวได้ ยกเว้น พื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ พรมชนิดผ้า และกระดาษ ไม่สามารถมองเห็นคราบโลหิตแฝงบนพื้นผิวได้

1.2 การตรวจวัดคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก นำโลหิตของมนุษย์มาหยดลงปริมาตร 1 ml. และหยดให้อยู่ในตำแหน่งเดียวกัน คือ บริเวณกลางพื้นผิว ทิ้งไว้ 10 นาที จากนั้นทาสีขาวเบสน้ำทับ โดยใช้สีขาวเบสน้ำทาภายใน และสีขาวเบสน้ำทาภายนอก ระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับ จำนวน 3 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 จำนวน 10 วัน ครั้งที่ 2 จำนวน 20 วัน และครั้งที่ 3 จำนวน 30 วัน นำพื้นผิวที่ทาสีขาวเบสน้ำทับแต่ละครั้งมาตรวจหาคราบโลหิตโดยใช้วิธี Bluestar

การตรวจวัดคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก โดยใช้สีขาวเบสน้ำทาภายใน เป็นระยะเวลาที่ทาสีทับ จำนวน 10 วัน ด้วยวิธี Bluestar พบว่า สามารถมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก ได้

การตรวจวัดคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก โดยใช้สีขาวเบสน้ำทาภายนอก เป็นระยะเวลาที่ทาสีทับ จำนวน 10 วัน ด้วยวิธี Bluestar พบว่า สามารถมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจกได้

การตรวจวัดคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก โดยใช้สีขาวเบสน้ำทาภายใน เป็นระยะเวลาที่ทาสีทับ จำนวน 20 วัน ด้วยวิธี Bluestar พบว่า สามารถมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจกยกเว้นพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ ไม่สามารถมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวได้

การตรวจวัดคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก โดยใช้สีขาวเบสน้ำทาภายนอก เป็นระยะเวลาที่ทาสีทับ จำนวน 20 วัน ด้วยวิธี Bluestar พบว่า สามารถมองเห็นคราบโลหิตแฝงบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก สามารถมองเห็นคราบโลหิตแฝงบนพื้นผิวได้

การตรวจวัดคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก โดยใช้สีขาวเบสน้ำทาภายใน เป็นระยะเวลาที่ทาสีทับ จำนวน 30 วัน ด้วยวิธี Bluestar พบว่า สามารถมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ อิฐบล็อก ยกเว้นพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ พรมชนิดผ้า และกระดาษ พื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก ไม่สามารถมองเห็นคราบโลหิตแฝงบนพื้นผิวได้

การตรวจวัดคราบโลหิตแฝงบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า และกระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจกโดยใช้สีขาวเบสน้ำทาภายนอก เป็นระยะเวลาที่ทาสีทับ จำนวน 30 วัน ด้วยวิธี Bluestar พบว่า สามารถมองเห็นคราบโลหิตแฝงบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ อิฐบล็อก ยกเว้นพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ พรมชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก ไม่สามารถมองเห็นคราบโลหิตแฝงบนพื้นผิวได้

2. การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์แบบความแปรปรวนสองทาง (Two – Way ANOVA) เพื่อทดสอบการมีปฏิสัมพันธ์ของตัวแปร จำนวน 4 ตัวแปร คือ 1) ประเภทของพื้นผิว 2) ชนิดของสีขาวเบสน้ำที่ทาทับ และ 3) ระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับ และ 4) วิธีการตรวจคราบโลหิตด้วย Luminol และ Bluestar เป็นการทดสอบปฏิสัมพันธ์รายคู่ต่อความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิต เมื่อพบว่า ตัวแปรมีปฏิสัมพันธ์กันจึงทำการทดสอบความแปรปรวนทางเดียว (One – Way ANOVA) เพื่อตรวจหาคราบโลหิตหลังทาสีขาวเบสน้ำทับ

2.1 ความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิต จำแนกตามพื้นผิว พบว่า ความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิต มีค่าเฉลี่ยสูง ได้แก่ พื้นผิวอิฐบล็อก ($\overline{X}$ = 1.00) รองลงมา คือ พื้นผิวกระเบื้อง และพื้นผิวกระจก ($\overline{X}$ = 0.83) มีความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิตสูง และความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิต มีค่าเฉลี่ยปานกลาง คือ พื้นผิวกระดาษ และพื้นผิวแผ่นไม้ ($\overline{X}$ = 0.66) และ พื้นผิวพรมชนิดผ้า ($\overline{X}$ = 0.58)

2.2 ความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิต จำแนกตามชนิดของสี ได้แก่ สีขาวเบสน้ำทาภายใน และสีขาวเบสน้ำทาภายนอก พบว่า ความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิต มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ สีขาวเบสน้ำทาภายนอก ($\overline{X}$ = 0.80) มีความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิตในระดับสูง

2.3 ความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิต จำแนกตามระยะเวลาที่ทาสีทับพบว่า ความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิต มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ระยะเวลาที่ทาสีทับ 10 วัน ($\overline{X}$ = 1.00) มีความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิตแฝงในระดับสูง รองลงมา คือ ความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิต ระยะเวลาที่ทาสีทับ 20 วัน ค่าเฉลี่ยในระดับสูง ($\overline{X}$ = 0.91) และค่าเฉลี่ยความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิต ในระดับปานกลาง คือ ระยะเวลาที่ทาสีทับ 30 วัน ($\overline{X}$ = 0.37)

2.4 ความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิตแฝง จำแนกตามวิธี Luminol และ Blue star พบว่า ความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิต มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ วิธี Luminol ($\overline{X}$ = 0.80) และมีความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิตในระดับสูง

2.5 ความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิต จำแนกตามประเภทของพื้นที่ผิวและชนิดของสีขาวเบสน้ำที่ทาทับ พบว่า ประเภทของพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก ชนิดของสีขาวเบสน้ำที่ทาทับ สีขาวเบสน้ำที่ทาภายในและภายนอก บนพื้นผิวอิฐบล็อก มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 1.00 และชนิดของสีขาวเบสน้ำที่ทาทับ ได้แก่ สีขาวเบสน้ำที่ทาภายใน บนพื้นผิวแผ่นไม้ และพรมชนิดผ้า มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด เท่ากับ 0.50

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two – Way ANOVA) ของการตรวจหาคราบโลหิต ระหว่างประเภทพื้นผิว คือ พื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก และชนิดของสีขาวเบสน้ำที่ทาทับ สีขาวเบสน้ำที่ทาภายใน และภายนอก พบว่า ประเภทพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก และสีขาวเบสน้ำที่ทาทับ พบว่า สีขาวเบสน้ำที่ทาภายใน และสีขาวเบสน้ำที่ทาภายนอก ไม่มีผลต่อการตรวจหาคราบโลหิต และระหว่าง

ประเภทของพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก กับชนิดของสีขาวเบสน้ำที่ทาทับ สีขาวเบสน้ำที่ทาภายในและทาภายนอก ไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

2.6 ความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิต จำแนกตามประเภทของพื้นที่ผิวและระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับ พบว่า ประเภทของพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก ระยะเวลาที่ทาสีทับ 10 20 และ 30 วัน บนพื้นผิวอิฐบล็อก มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 1.00 และระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับ 30 วัน บนพื้นผิว พรมชนิดผ้า และกระดาษ มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด เท่ากับ 0.00

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two – Way ANOVA) ของการตรวจหาคราบโลหิต ระหว่างพื้นผิวกับระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับ พบว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทของพื้นผิวกับระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับ มีผลต่อการตรวจหาคราบโลหิต ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 อย่างไรก็ตามการมีนัยสำคัญทางสถิติของผลหลักของตัวแปรประเภทพื้นผิวและระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับ ยังมีผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองตัวนี้ร่วมด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องพิจารณาเฉพาะผลย่อยของผลหลักของตัวแปรทั้งสอง โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One – Way ANOVA)

การตรวจหาคราบโลหิต จำแนกตามประเภทของพื้นผิว ทั้งที่พื้นผิวชนิดมีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวชนิดที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก แตกต่างกัน คือ การตรวจหาคราบโลหิตของพื้นผิว อิฐบล็อก มีผลต่อการตรวจหาคราบโลหิตสูงกว่าพื้นผิว แผ่นไม้ และพรมชนิดผ้า และพื้นผิว พรมชนิดผ้า มีผลต่อการตรวจหาคราบโลหิตแฝงน้อยกว่า พื้นผิว กระเบื้อง และกระจก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

การตรวจหาคราบโลหิต จำแนกตามระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับ จำนวน 3 ครั้ง ได้แก่ 10 20 และ 30 วัน แตกต่างกัน คือ การตรวจหาคราบโลหิตของระยะเวลาที่ทาสีทับ 10 วัน และ 20 วัน มีผลต่อการตรวจหาคราบโลหิตมากกว่า ระยะเวลาที่ทาสีทับ 30 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งทำให้พบว่าการตรวจหาคราบโลหิตที่มีระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับมากขึ้นทำให้การตรวจหาคราบโลหิตได้น้อยลง

พื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก เมื่อทาสีขาวเบสน้ำทั้งภายในและภายนอก เป็นระยะเวลา 10 20 และ 30 วัน พบว่า มีปฏิสัมพันธ์กัน โดยเฉพาะระยะเวลาที่ทาสีทับ 20 และ 30 วัน ที่มีผลในการตรวจคราบโลหิตโดยพื้นผิว กระดาษ กระเบื้อง และกระจก ที่ทาสีทับระยะเวลา 20 และ 30 วัน มากที่สุด

2.7 ความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิต จำแนกตามประเภทพื้นผิวและวิธีการตรวจคราบโลหิต Luminol และ Bluestar พบว่า ประเภทของพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐ

บล็อก พรมชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก วิธีการตรวจคราบโลหิต Luminol และ Bluestar บนพื้นผิวอิฐบล็อก กระเบื้อง และกระจก มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 1.00 และวิธีการตรวจคราบโลหิตแฝง Luminol บนพื้นผิว พรมชนิดผ้า มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด เท่ากับ 0.50

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two – Way ANOVA) ของการตรวจหาคราบโลหิต พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก วิธีการตรวจคราบโลหิต Luminol และ Bluestar อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

พื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก เมื่อทาสีขาวเบสน้ำภายในและภายนอก เป็นระยะเวลา 10 20 และ 30 วัน กับการตรวจคราบโลหิต ด้วยวิธี Luminol และ Bluestar พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน และพบว่า มีผลการตรวจพบคราบโลหิต ด้วยวิธี Luminol ได้มากที่สุด คือ พื้นผิว พรมชนิดผ้า

อภิปรายผล

1. ผลการศึกษาการตรวจวัดคราบโลหิตด้วยวิธี Luminol และ Bluestar พบว่า การตรวจวัดคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก โดยใช้สีขาวเบสน้ำทาภายในและภายนอก เป็นระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสทับจำนวน 10 วัน ตรวจวัดด้วยวิธี Luminol และ Bluestar พบว่า สามารถมองเห็นคราบโลหิตแฝงบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก ส่วนการตรวจวัดคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก โดยใช้สีขาวเบสน้ำทาภายในและภายนอก เป็นระยะเวลาที่ทาสีทับ จำนวน 20 วัน ตรวจวัดด้วยวิธี Luminol พบว่า ไม่สามารถมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ พรมชนิดผ้า ตรวจวัดด้วยวิธี Bluestar พบว่า ไม่สามารถมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ และการตรวจวัดคราบโลหิตแฝงบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก โดยใช้สีขาวเบสน้ำทาภายในและภายนอก เป็นระยะเวลาที่ทาสีทับ จำนวน 30 วัน ตรวจด้วยด้วยวิธี Luminol พบว่า ไม่สามารถมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ และพรมชนิดผ้า และกระดาษ ส่วนตรวจวัดด้วยวิธี Bluestar ไม่สามารถมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ พรมชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Valentina Brenzini และ Rahul Pathak (2018) ที่พบว่า คราบเลือดที่การทาสีทับโดยจำนวนชั้นของสีที่ใช้ตัวทำละลายมีโอกาสน้อยที่จะถูกตรวจพบโดย luminol ทำให้ไม่สามารถมองเห็นคราบ

โลหิตได้ในพื้นผิวบางชนิด และในขณะเดียวกันยังสอดคล้องกับ อาริษา ศรีดวงใจ ที่ศึกษาการสังเคราะห์ลูมินอลในการตรวจสอบร่องรอยของเลือด พบว่า การสังเคราะห์สารลูมินอลมีลักษณะเป็นผลึกสีเหลืองอ่อน เมื่อนำมาทดสอบกับร่องรอยของเลือดที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ด้วยวิธีลูมินอล พบว่าให้ประสิทธิภาพในการมองเห็นในที่มืดได้ดีบนวัสดุที่มีรูพรุนและไม่มีรูพรุน และยังสอดคล้องกับการศึกษาของ อัครพนธ์ เอี้ยวรัตนวดี ที่ศึกษา การเปรียบเทียบวิธี Luminol และวิธี Bluestar ในการตรวจคราบโลหิต พบว่า การตรวจวัดคราบโลหิต วิธี Luminol สามารถตรวจสอบคราบโลหิตที่เจือจางได้มากกว่าทั้งบนพื้นผิวที่มีรูพรุนและ ไม่มีรูพรุน ได้ และพบว่าระยะเวลาที่เกิดเรืองแสงจะแปรผันตรงกับระดับความเข้มข้นของคราบโลหิตที่เจือจางโดยปริมาตร และวิธี Bluestar จะเกิดปฏิกิริยาที่ ระยะเวลาสั้นกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับ วิธี Luminol ดังเช่นเดียวกับ การศึกษาของ Joanne, Jonathan และ Terence ที่ศึกษาเปรียบเทียบเทคนิคการตรวจคราบโลหิตที่ใช้ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ 5 วิธี ได้แก่ วิธี Luminol ที่เป็นสาร Chemiluminescent และวิธี Phenolphthalein (Kastle-Meyer), Leucomalachite green, Hemastix และ Forensic light source ที่ไม่ใช่สาร Chemiluminescent ผลการศึกษาพบว่า การตรวจคราบโลหิตโดย วิธี Luminol เป็นเทคนิคที่มีความไวต่อการตรวจคราบโลหิตมากที่สุด และมีความปลอดภัย

2. เมื่อเปรียบเทียบพื้นผิวด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์แบบความแปรปรวนสองทาง (Two – Way ANOVA) เพื่อทดสอบการมีปฏิสัมพันธ์ของตัวแปร เมื่อพบว่า ตัวแปรมีปฏิสัมพันธ์กันจึงทำการทดสอบความแปรปรวนทางเดียว (One – Way ANOVA) เพื่อพิจารณาระดับของตัวแปรต่อความสามารถในการมองเห็นคราบโลหิต พบว่า ลักษณะของพื้นผิว ที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก และชนิดของสีขาวเบสน้ำที่ใช้ในการทาสีทับ โดยใช้สีขาวเบสน้ำทาภายในและภายนอก เป็นระยะเวลาที่ทาสีทับจำนวน 10 20 และ 30 วัน ตรวจวัดด้วยวิธี Luminol และ Bluestar พบว่า ประเภทของพื้นผิวและสีที่ทาทับ ไม่มีผลต่อการตรวจหาคราบโลหิต และระหว่างประเภทของพื้นผิวกับชนิดของสีขาวเบสน้ำที่ทาทับไม่มีปฏิสัมพันธ์กันต่อการตรวจหาคราบโลหิต อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับ Jakovich ที่ศึกษา การตรวจหา Short Tandem Repeat (STR) analysis จากคราบโลหิตบนพื้นพรมที่ผ่านการตรวจคราบโลหิตด้วย วิธี Luminol, Fluorescein และ Bluestar โดยทำการหยดโลหิตลงบนพื้นพรม ขนาด 24” x 18” ทิ้งไว้ให้แห้งอย่างน้อย 5 วัน หลังจากนั้น ตรวจคราบโลหิตด้วยวิธี Luminol, Fluorescein และ Bluestar และทำการ Swab บนพื้นพรมที่ผ่านการตรวจคราบโลหิตมาวิเคราะห์ STRs 13 ตำแหน่ง ตามฐานข้อมูลลายพิมพ์ดีเอ็นเอ (DNA fingerprint) ที่เรียกว่า Combined DNA Index System (CODIS) จากการทดลอง พบว่า การตรวจคราบโลหิตด้วยวิธี Luminol, Fluorescein และ Bluestar ไม่มีผลต่อการยับยั้ง Short Tandem Repeat (STR) analysis แต่อย่างใด

3. เมื่อเปรียบเทียบลักษณะของพื้นผิวและระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับไว้ที่มีผลต่อการตรวจหาคราบโลหิต พบว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทของพื้นผิวกับระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับมีผลต่อการตรวจหาคราบโลหิต ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 อย่างไรก็ตามการมีนัยสำคัญทางสถิติของผลหลักของตัวแปรประเภทพื้นผิวและระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับ ยังมีผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองตัวนี้ร่วมด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องพิจารณาเฉพาะผลย่อยของผลหลักของตัวแปรทั้งสอง โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One – Way ANOVA) พบว่า การตรวจหาคราบโลหิต จำแนกตามประเภทของพื้นผิว ทั้งที่พื้นผิวชนิดมีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวชนิดที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก แตกต่างกัน คือ การตรวจหาคราบโลหิตของพื้นผิว อิฐบล็อก มีผลต่อการตรวจหาคราบโลหิตสูงกว่าพื้นผิว แผ่นไม้ และพรมชนิดผ้า และพื้นผิว พรมชนิดผ้า มีผลต่อการตรวจหาคราบโลหิตน้อยกว่า พื้นผิว กระเบื้อง และกระจก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการตรวจหาคราบโลหิต จำแนกตามระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับ จำนวน 3 ครั้ง ได้แก่ 10 20 และ 30 วัน แตกต่างกัน คือ การตรวจหาคราบโลหิตของระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับ 10 วัน และ 20 วัน มีผลต่อการตรวจหาคราบโลหิตมากกว่า ระยะเวลาที่ทาสีทับ 30 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งทำให้พบว่าการตรวจหาคราบโลหิตที่มีระยะเวลาที่ทาสีขาวเบสน้ำทับมากขึ้นทำให้การตรวจหาคราบโลหิตได้น้อยลง ซึ่งสอดคล้องกับ Domala Sai Krishna และ Sujayaraj Samuel ที่ศึกษาการพัฒนาการตรวจคราบเลือดแฝงโดยใช้ Luminol พบว่า การตรวจคราบเลือดหลังจากผ่านไป 15 วัน เมื่อได้ทำความสะอาด สรุปได้ว่าคราบเลือดที่แฝงอยู่สามารถตรวจพบได้ในช่วงเวลาหนึ่งโดยใช้ luminol ในการตรวจบนพื้นผิว และสอดคล้องกับงานของ Thomas W. dair และ Rebecca L. Shaw ที่ศึกษา การเพิ่มประสิทธิภาพของคราบเลือดบนเสื้อผ้าที่ล้างด้วยการใช้ Luminol และ ปฏิกิริยา LCV พบว่า เสื้อยืดสีขาวที่ได้รับการใส่มา 6-8 เดือน ที่ไม่เคยถูกย้อมด้วยเลือด หลังจากนั้นทำให้เกิดรอยเลือดโดยการใช้เลือดทาที่ผิวรองเท้าแล้วไปประทับที่เสื้อ เมื่อตรวจ luminol เป็นตัวทำปฏิกิริยาที่มีประสิทธิภาพในการมองเห็นคราบเลือดที่แฝงอยู่บนเสื้อผ้า

4. เมื่อเปรียบเทียบลักษณะพื้นผิวและวิธีการตรวจคราบโลหิต Luminol และ Bluestar พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นผิวที่มีรูพรุน ได้แก่ แผ่นไม้ อิฐบล็อก พรมชนิดผ้า กระดาษ และพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน ได้แก่ กระเบื้อง กระจก กับวิธีการตรวจคราบโลหิต Luminol และ Bluestar อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าวิธีการตรวจทั้ง Luminol และ Bluestar สามารถตรวจสอบคราบโลหิตใกล้เคียงกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lisa Dilbeck ทำการตรวจคราบเลือดบนผิววัตถุ 6 อย่าง ได้แก่ พรม กระเบื้องเซรามิก และ ไวนิล ไม้ เสื้อ และเส้นใย ด้วยวิธี Luminol และวิธี Blue Star ทดลองโดยการหยดเลือดทิ้งไว้ 12 วันหลังจากนั้นจึงนำวัตถุทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ ไม้ กระเบื้อง ไวนิล และกระเบื้องเซรามิก และพรมล้างและทำ ความสะอาดคราบเลือดที่เปื้อนออกอีก 2 ชนิดนั้น ผู้วิจัยได้นำรองเท้าที่เปื้อนเลือดวางบนเสื้อผ้าทั้ง 2 ชนิด และทิ้งไว้ให้แห้ง 8 นาที การทดสอบเริ่มจากเสื้อ

ด้านในทดสอบด้วยเทคนิค Bluestar และเสื้อด้านนอกทดสอบด้วยเทคนิค Luminol ผลการทดสอบพบว่าทั้ง 2 วิธีนี้ สามารถตรวจสอบคราบเลือดได้ที่สุดเท่า ๆ กัน และสอดคล้องกับงานของ พินิตา กรทอง ที่ศึกษาเปรียบเทียบการตรวจคราบโลหิตโดยวิธี Kastle-Meyer, Luminol และ Bluestar บนพื้นผิวที่มีรูพรุนและไม่มีรูพรุน พบว่า บนคราบเลือดในอัตราส่วน 1:10,000 โดยปริมาตรส่วนพื้นผิวกระจก Luminol และ Bluestar ให้ประสิทธิภาพการตรวจที่เท่ากัน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัย

1.1 การตรวจคราบโลหิตบนพื้นผิวด้วยวิธี Luminol และ Bluestar แล้วมองด้วยตาเปล่าในที่มืดเพื่อเห็นการเรืองแสง ดังนั้น ควรใช้กล้องถ่ายภาพคุณภาพสูงร่วมด้วยเพื่อทำให้เห็นคราบโลหิตได้ชัดเจนมากขึ้น เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดข้อผิดพลาดในการมองด้วยการใช้สายตา และการมองในที่ที่แสงสว่างเข้าถึงได้

1.2 การหยดโลหิต ในแต่ละครั้งจะต้องมีการควบคุมตัวแปรควบคุม ได้แก่ ปริมาตร โดยหากมีการหยดปริมาตรที่มากเกินไป เมื่อทาสีทับคราบโลหิตอาจจะทำให้คราบโลหิตมีปริมาณไม่เท่ากันและหากนำไปตรวจสอบวัดคราบโลหิตด้วยวิธีการวัด Luminol และ Bluestar ซึ่งอาจจะทำให้การมองเห็นคราบโลหิตมีไม่เท่ากัน

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

2.1 หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ สถาบันนิติวิทยาศาสตร์ สามารถนำผลการวิจัยไปปรับปรุงใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการตรวจหาคราบโลหิตซึ่งแต่ละสถานที่เกิดเหตุอาจพบปัจจัยหรือตัวแปรที่แตกต่างกันออกไป โดยสามารถเลือกใช้วิธีการต่าง ๆ ระหว่าง Luminol และ Bluestar ในการตรวจหาคราบโลหิตบนพื้นผิวชนิดต่าง ๆ ได้ตามความเหมาะสม

2.2 เนื่องจากวิธีการตรวจวัดคราบโลหิต Luminol และ Bluestar โดยวิธี Luminol ต้องเสียเวลาในการผสมสารเคมีหลายตัวเพิ่มเข้ามา ก็อาจจะทำให้เสียเวลา ส่วน Bluestar นั้นจะเป็นในรูปแบบอัดเม็ด สามารถใช้งานได้ง่าย แต่เมื่อเทียบราคาของทั้งคู่จะพบว่า Luminol นั้นมีราคาที่ถูกกว่า อีกทั้งการปฏิบัติงานจริงจะนิยมใช้ Luminol มากกว่า ถึงแม้ว่าทั้งคู่จะสามารถใช้ในที่มืด หรือในกรณีสถานที่เกิดเหตุนั้น ๆ มีการทาสีขาวเบสน้ำทับคราบโลหิตไปแล้วได้เหมือนกัน แต่ในการปฏิบัติงานจริงนั้นจะดูเพียงความสามารถในการตรวจหาคราบโลหิตหรือไม่ ดังนั้น Luminol จึงอาจจะนิยมใช้มากกว่า Bluestar

3. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

3.1 ควรศึกษาวิธีการตรวจคราบโลหิตและเปรียบเทียบวิธีการตรวจหาคราบโลหิตด้วยการทาสีขาวเบสน้ำทับบนพื้นผิวชนิดต่าง ๆ เช่น วิธี Phenolpthalein วิธีTetramethylbenzidine เพราะการศึกษาประเด็นเกี่ยวกับการตรวจหาคราบโลหิตภายหลังทาสีขาวเบสน้ำทับในประเทศไทยยังมีการศึกษาไม่มากเท่าที่ควร

3.2 ควรทำการศึกษาเปรียบเทียบ เมื่อนำโลหิตไปเจือจางที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ เช่น ระดับความเข้มข้น 1:10 1:100 1:1,000 1:10,000 1:100,000 เป็นต้น ภายหลังได้ทาสีขาวเบสน้ำทับแล้วยังสามารถตรวจหาคราบโลหิตพบหรือไม่ ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาโลหิตที่ไม่มีการเจือจางภายหลังมีการทาสีขาวเบสน้ำทับ เพื่อตรวจสอบการมองเห็นคราบโลหิตบนพื้นผิวต่าง ๆ

3.3 ควรทำการศึกษาสีที่ทาทับทั้งภายในและภายนอกเป็นสีอื่น ๆ ที่ไม่ใช่สีขาวเบสน้ำจะทำให้มองเห็นคราบโลหิตด้วยตาเปล่า ทั้งพื้นผิวที่มีรูพรุน และไม่มีรูพรุนเมื่อตรวจสอบวัดคราบโลหิตด้วยวิธีการวัดด้วย Luminol และ Bluestar

มหาวิทยาลัยศิลปากร

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

จุฑามาศ ยิ้มนุ่น (2559). การตรวจคราบโลหิตของมนุษย์ด้วยวิธีฟีนอฟธาลีน ลูมินอล และฟูลออเรซซีนบนพื้นรองเท้าชนิดต่าง ๆ. สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ไชยวัฒน์ ไชยสมบูรณ์ (2555). การทดสอบ Kastle-Meyer และการประยุกต์ใช้ในทางวิทยาศาสตร์การแพทย์. วารสารนิติเวชศาสตร์.

นคเรศ ชัยแก้ว (2557). คอมพิวเตอร์กราฟฟิกเบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร.

พินิตา กรทอง (2558). เปรียบเทียบการตรวจคราบโลหิตโดยวิธี Kastle-Meyer, Luminol และ Bluestar บนพื้นผิวที่มีรูพรุนและไม่มีรูพรุน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภัคนัย ทองทิอัมพร (2550). การมองเห็น และการวัดสี. โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม.

วราภรณ์ สมบุรุษ (2561). ปฏิสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับวิธีการทำความสะอาดคราบเลือดที่มีผลต่อประสิทธิภาพการตรวจหาคราบเลือดด้วยวิธีลูมินอลและบลูสตาร์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ , มหาวิทยาลัยศิลปากร.

วิน เชยชมศรี และคณะ (2562). การทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลันของน้ำดีจระเข้ (Crocodylus siamensis) ในหนูแรทสายพันธุ์ Sprague Dawley. วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วัลลภ เสมาทอง (2555). การตรวจรอยลายนิ้วมือแฝงจากคราบเลือดบนกระดาษชนิดต่าง ๆ ด้วยเทคนิคนินไฮดริน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ , มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สำนักงานตำรวจแห่งชาติ (2562). สถิติจำนวนคดีอาญา ระบบสารสนเทศสถานีตำรวจกองบัญชาการตำรวจนครบาล. สถิติจำนวนคดีอาญา. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก www.rtpoc.police.go.th

สวรส ปุริมโน (2555). การตรวจวัดคราบโลหิตโดยวิธีฟีนอล์ฟทาลีน เตตระเมทิลเบซีดีน ลูมินอล และบลูสตาร์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ , มหาวิทยาลัยศิลปากร.

อรรถพล แช่มสุวรรณวงศ์และคณะ (2552). นิติวิทยาศาสตร์ : เพื่อการสืบสวนสอบสวน.

พิมพ์ครั้งที่ 6 กรุงเทพฯ : บริษัท ดาวฤกษ์ จำกัด.

อาริษา ศรีดวงใจ (2560). การวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วและสังกะสีในดินที่ปนเปื้อนโดยใช้ดอกดาวเรืองในการดูดซับและเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมี) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อัครพนธ์ เอี้ยวรัตนวดี (2558). การเปรียบเทียบวิธี Luminol และวิธี Bluestar ในการตรวจคราบโลหิต. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภาษาต่างประเทศ

Andreas Frey (2000). A stable and highly sensitive 3,3’,5,5’tetramethylbenzidinebased substrate reagent for enzyme-linked immunosorbent assays. Journal of immunological method 233,1: 47-56

Asghar, A. (2013). Chemical enhancement for the detection of bloodstains. Accessed June 6, 2018. Available from https://www.academia.edu/1785361/Chemical_enhancements_for_detection_of_bloodstains.

Betz,W.R.,S.G.Maroldo, G.D.Wachob, and M.C.Firth (1989). Characterization of Carbon Molecular Sieves and Activated Charcoal for Use in Airborne Contaminant Sampling.Am.Ind. Hyg.Assoc.J.50:181-187.

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.

Bodziak, William j. (2000). Footwear Impression Evidance Detection, Recovery and Examination. 2nd. Ed. Florida: CRC press LLC, 2000.

Cox, M. (1991). A Study of the Sensitivity and Specificity of Four Presumptive Tests for Blood. Journal Forensic Science 36, 5: 1503-1511.

Dilbeck, L. (2005). Use of Bluestar Forensic in Lieu of Luminol at Crime Scenes. Journal of Forensic Identification 56,5: 706-720.

Domala Sai Krishna และ Sujayaraj Samuel (2017). Development of Latent Blood Stain Using Luminol from Four Different Surfaces after Subjecting to Different Agents over Periods of Time. International Journal of Applied Biology and Forensics 1,268-71.

Wee Chuen Leea , & Bee Ee Khoo. (2010). Forensic Light Sources for Detection of Biological Evidences in Crime Scene Investigation: A Review. Malaysian Journal of Forensic Sciences 1: 17-27.

J. , J. C. , STR (2007). Analysis Following Latent Blood Detection by Luminol, Fluorescein, and Bluestar. J Forensic Sci. 57(4): p. 193

Klasey D, & Levine, G. (1992). Using ultraviolet to enhance blood." Journal of Forensic Identification 42, 5: 45-50.

Nagesh, D., & Ghosh, S. (2017). A time period study on the efficiency of luminol in the detection of bloodstains concealed by paint on different surfaces. Forensic Science International 275: 1-7.

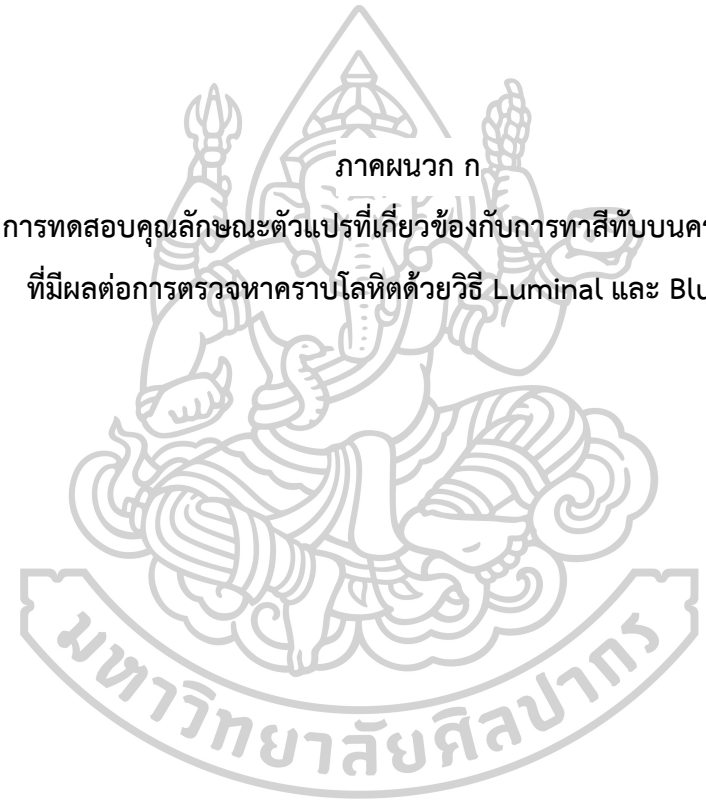
PT, S. (1992). DAB (3,3'-Diaminobenzidine): An Advancement in Blood Print Detection. Journal of Forensic Identification 42, 5: 412-420.

Webb, J. L., Creamer, J. I., & Quickenden, T. I. (2006). A comparison of the presumptive luminol test for blood with four non-chemiluminescent forensic techniques. Luminescence 21: 214-220.

Thomas W. Adair และ Rebecca L. Shaw (2005). Experimental Detection of Blood Under Painted Surfaces.

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
การทดสอบคุณลักษณะตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทาสีทับบนคราบโลหิต ที่มีผลต่อการตรวจหาคราบโลหิตด้วยวิธี Luminal และ Blue star

แบบบันทึกการทดสอบคุณลักษณะตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทาสีทับบนคราบโลหิตที่มีผลต่อการตรวจหาคราบโลหิตด้วยวิธี Luminol

พื้นผิว	ชนิดของสี					
	สีขาวเบสน้ำทาภายใน			สีขาวเบสน้ำทาภายนอก		
	จำนวนครั้งที่ทาสีทับ			จำนวนครั้งที่ทาสีทับ		
	10 วัน	20 วัน	30 วัน	10 วัน	20 วัน	30 วัน
แผ่นไม้	✓	✓	✗	✓	✓	✗
อิฐบล็อก	✓	✓	✓	✓	✓	✓
พรมชนิดผ้า	✓	✗	✗	✓	✓	✗
กระดาษ	✓	✓	✗	✓	✓	✗
กระเบื้อง	✓	✓	✓	✓	✓	✓
กระจก	✓	✓	✓	✓	✓	✓

แบบบันทึกการทดสอบคุณลักษณะตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทาสีทับบนคราบโลหิตที่มีผลต่อการตรวจหาคราบโลหิตด้วยวิธี Bluestar

พื้นผิว	ชนิดของสี					
	สีขาวเบสน้ำทาภายใน			สีขาวเบสน้ำทาภายนอก		
	จำนวนครั้งที่ทาสีทับ			จำนวนครั้งที่ทาสีทับ		
	10 วัน	20 วัน	30 วัน	10 วัน	20 วัน	30 วัน
แผ่นไม้	✓	✗	✗	✓	✓	✓
อิฐบล็อก	✓	✓	✓	✓	✓	✓
พรมชนิดผ้า	✓	✓	✗	✓	✓	✗
กระดาษ	✓	✓	✗	✓	✓	✗
กระเบื้อง	✓	✓	✗	✓	✓	✗
กระจก	✓	✓	✗	✓	✓	✗

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาว กรกมล วีระพันธุ์	
วัน เดือน ปี เกิด	8 พฤศจิกายน 2535	
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลบางปลาม้า จังหวัดสุพรรณบุรี	
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2557	สำเร็จการศึกษาปริญญาบัณฑิต จากคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์น้ำ มหาวิทยาลัยศิลปากร
	พ.ศ. 2559	ศึกษาต่อปริญญามหาบัณฑิต สาขานิติวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
ที่อยู่ปัจจุบัน	46 หมู่ 7 ตำบลจระเข้ใหญ่ อำเภอบางปลาม้า จังหวัดสุพรรณบุรี 72150	

มหาวิทยาลัยศิลปากร