การตรวจหาคราบโลหิตจากถุงกระสอบที่ถูกแช่น้ำต่าง ๆ ด้วยวิธี Luminol

โดย
ร้อยตำรวจโทหญิงเฉลิมพร มหาดิลกรัตน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2
มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2567
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

การตรวจหาคราบโลหิตจากถุงกระสอบที่ถูกแช่น้ำต่าง ๆ ด้วยวิธี Luminol

โดย
ร้อยตำรวจโทหญิงเฉลิมพร มหาดิลกรัตน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2
มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2567
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

THE DETECTION OF BLOOD STAIN FROM SACK BAG SOAKED IN VARIOUS WATER BY LUMINOL METHOD

By

Police Lieutenant Chaloemporn MAHADILOKRAT

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for Master of Science (FORENSIC SCIENCE)

Academic Year 2024

Copyright of Silpakorn University

หัวข้อ	การตรวจหาคราบโลหิตจากถุงกระสอบที่ถูกแช่น้ำต่าง ๆ ด้วยวิธี Luminol
โดย	ร้อยตำรวจโทหญิงเฉลิมพร มหาดิลกรัตน์
สาขาวิชา	นิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ดร. ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ดร. ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นรงค์ ฉิมพาลี)

พิจารณาเห็นชอบโดย

.....ประธานกรรมการ
(ดร. อรทัย เขียวพุ่ม)

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

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ดร. ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง)

.....ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(รองศาสตราจารย์ ดร. ยุภาพร สมีน้อย)

640720013 : นิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2
คำสำคัญ : โลหิต, คราบโลหิต, ถุงกระสอบ, ถุงกระสอบพลาสติก, ลูมินอล,

ร้อยตำรวจโทหญิง เฉลิมพร มหาดิลกรัตน์: การตรวจหาคราบโลหิตจากถุงกระสอบที่ถูกแช่น้ำต่าง ๆ ด้วยวิธี Luminol อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ดร. ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี

ในคดีอาญาคราบเลือดมักพบที่สถานที่เกิดเหตุ เมื่อวัตถุที่มีคราบเลือดถูกทิ้งลงในน้ำ การตรวจคราบเลือดเหล่านี้อาจเป็นเรื่องท้าทาย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของลูมินอลในการตรวจคราบเลือดบนกระสอบพลาสติกที่ถูกแช่ในน้ำประเภทต่างๆ ได้แก่ น้ำประปา น้ำบ่อ น้ำสาธารณะ และน้ำทะเล ในการทดลองนำเลือด 100 ไมโครลิตร หยดลงบนกระสอบพลาสติกขนาด 5.0 × 5.0 ซม. ปล่อยให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำตัวอย่างแช่ในน้ำชนิดต่างๆ เป็นเวลา 1, 3, 5, 7, 14, 21 และ 30 วันก่อนการทดสอบ การทดสอบลูมินอลทำทันทีหลังจากนำตัวอย่างขึ้นจากน้ำ ผลการวิจัยแสดงว่าการตรวจด้วยลูมินอลสามารถตรวจคราบเลือดบนกระสอบพลาสติกสำหรับตัวอย่างที่แช่ในน้ำประปา 30 วันได้ อย่างไรก็ตาม คราบเลือดบนกระสอบที่แช่ในน้ำบ่อน้ำสาธารณะหรือน้ำทะเลเป็นเวลา 30 วันไม่สามารถตรวจจับได้ด้วยการทดสอบลูมินอล นอกจากนี้ผลลัพธ์ของการทดสอบลูมินอลจากตัวอย่างที่แช่ในน้ำทะเลมีความเข้มข้นน้อยกว่าตัวอย่างที่แช่ในน้ำประปา น้ำจากบ่อน้ำสาธารณะและน้ำทะเลมีผลกระทบต่อคุณภาพของการทดสอบลูมินอล ผลการศึกษานี้ให้ข้อมูลที่มีค่าในการวิเคราะห์ทางนิติวิทยาศาสตร์ของคราบเลือดบนวัตถุที่แช่ในน้ำประเภทต่างๆ ซึ่งอาจพบเจอในคดีนิติวิทยาศาสตร์จริง

มหาวิทยาลัยศิลปากร

640720013 : Major (FORENSIC SCIENCE)
Keyword : blood bloodstain Bag Plastic Film Tape Bags luminol

Police Lieutenant Chaloemporn MAHADILOKRAT : The detection of blood stain from sack bag soaked in various water by Luminol Method Thesis advisor : Supachai Supalaknari

In criminal cases, bloodstains are often encountered as biological evidence at crime scenes. However, when objects with bloodstains are disposed into water, detecting these stains can be challenging. This research aimed to investigate the effectiveness of the luminol method in detecting bloodstains on woven plastic film tape sacks that had been submerged in different types of water: tap water, public well water, and sea water. In the experiment, 100 microliters (μL) of blood were applied to 5.0 × 5.0 cm woven plastic film tape sacks and allowed to dry at room temperature for 10 minutes. The samples with deposited bloodstains were then immersed in water for 1, 3, 5, 7, 14, 21, and 30 days before examination. Luminol testing was conducted immediately after removing the samples from the water. The results indicated that the luminol test could detect bloodstains on the plastic sacks for all samples that had been submerged in tap water for up to 30 days. However, bloodstains on sacks that had been submerged for 30 days in public well water or sea water were not detectable using the luminol test. Additionally, luminol test results from samples submerged in sea water were less intense compared to those submerged in tap water. The public well water and sea water significantly affected the quality of the luminol test. These findings provide valuable information for forensic analysis of bloodstains on materials submerged in various types of water, which may be encountered in real-life forensic cases.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่านที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในด้านต่าง ๆ ที่สละเวลามาให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี ที่กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และเป็นกรรมการ ให้คำแนะนำ ข้อคิด ตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง ที่ได้กรุณามาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมและประธานกรรมการในงานวิจัยนี้ ซึ่งได้ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ ตรวจแก้ไข ตลอดการทำวิจัย ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. อรทัย เขียวพุ่ม กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ได้สละเวลาในการตรวจสอบ ให้คำแนะนำตรวจแก้ไขการทำวิจัย ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ครอบครัว อาจารย์ เพื่อน และเจ้าหน้า TA ที่ช่วยเหลือจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เฉลิมพร มหาดิลกรัตน์

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

1.3 สมมติฐานของการวิจัย 3

1.4 ขอบเขตของการวิจัย 3

1.5 ข้อจำกัดของการวิจัย 3

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ 3

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 ความรู้เกี่ยวกับโลหิต (พรชัย, 2566) 5

2.2 การตรวจพิสูจน์คราบโลหิต 11

2.3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับกระสอบ 14

2.4 ความรู้เกี่ยวกับน้ำประปา 15

2.5 ความรู้เกี่ยวกับน้ำจากแหล่งน้ำสาธารณะ 18

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 20

2.8 กรอบแนวคิดงานวิจัย 23
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 25
3.1 การศึกษาเพื่อกำหนดขอบเขตในการวิจัย 25
3.2 การเลือกตัวอย่างสำหรับงานวิจัย 25
3.3 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย 26
3.4 การเตรียมตัวอย่าง และน้ำยาทดสอบ 26
3.5 วิธีการทดลอง และการวิเคราะห์ผลการตรวจคราบโลหิต 28
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 31
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 37
5.1 สรุป และอภิปรายผล 37
5.2 ข้อเสนอแนะ 38
รายการอ้างอิง 39
ประวัติผู้เขียน 43

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย และแหล่งที่มา.....26

ตารางที่ 2 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย และแหล่งที่มา.....26

ตารางที่ 3 การเตรียมน้ำยาทดสอบ Luminol มีสารเคมีที่ใช้ดังนี้.....27

ตารางที่ 4 จำนวนตัวอย่างถุงกระสอบที่ใช้เป็นตัวควบคุม (*control*).....27

ตารางที่ 5 จำนวนตัวอย่างถุงกระสอบที่ใช้เป็นตัวอย่างถุงกระสอบ+โลหิต และตัวอย่างถุงกระสอบไม่มีโลหิต จากนำไปแช่ในน้ำชนิดต่าง ๆ ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน.....28

ตารางที่ 6 การตรวจหาคราบโลหิต.....29

ตารางที่ 7 ระดับการปรากฏสีที่ได้จากการตรวจคราบโลหิตด้วยวิธีลูมินอล.....29

ตารางที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ยระดับการปรากฏสีการเรืองแสงของโลหิตบนตัวอย่างกระสอบหลังแช่ในน้ำต่างชนิดกันที่ระยะเวลาต่าง ๆ หลัง ทดสอบด้วยสารละลายลูมินอล.....35

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 องค์ประกอบของโลหิต 6

ภาพที่ 2 ไขกระดูกแหล่งผลิตเซลล์เม็ดเลือด 7

ภาพที่ 3 ชนิดของเม็ดเลือด 8

ภาพที่ 4 ลักษณะโครงสร้างของฮีโมโกลบินซึ่งเป็นองค์ประกอบของของเซลล์เม็ดเลือดแดง 9

ภาพที่ 5 โครงสร้างของสาร *luminol* เมื่อทำปฏิกิริยากับเลือดและเกิดปฏิกิริยา *chemiluminescence*12

ภาพที่ 6 ประเภทของกระสอบ กระสอบป่าน (ซ้าย) และ กระสอบพลาสติก (ขวา) 14

ภาพที่ 7 กระบวนการทอแถบพลาสติก (ซ้าย) และกระบวนการขึ้นรูปถุง (ขวา) 15

ภาพที่ 8 ขั้นตอนการผลิตน้ำประปา โดยการประปาส่วนภูมิภาค 16

ภาพที่ 9 องค์ประกอบของน้ำทะเล 19

ภาพที่ 10 การเรืองแสงของตัวอย่างถุงกระสอบ แสดงตัวแปรควบคุมเชิงลบ (Negative Control) และตัวแปรควบคุมเชิงบวก (Positive Control) ภายใต้สภาวะต่าง ๆ ก่อนพ่นด้วยสาละลายลูมินอล และหลังพ่นสารละลายลูมินอล 32

ภาพที่ 11 การปรากฏสีการเรืองแสงบนตัวอย่างกระสอบหลังแช่ในน้ำต่างชนิดกันที่ระยะเวลาต่าง ๆ หลัง ทดสอบด้วยสารละลายลูมินอล 33

ภาพที่ 12 การปรากฏสีการเรืองแสงของโลหิตบนตัวอย่างกระสอบหลังแช่ในน้ำต่างชนิดกันที่ระยะเวลาต่าง ๆ หลัง ทดสอบด้วยสารละลายลูมินอล.....34

ภาพที่ 13 กราฟค่าเฉลี่ยระดับการปรากฏสีการเรืองแสงของโลหิตบนตัวอย่างกระสอบหลังแช่ในน้ำต่างชนิดกันที่ระยะเวลาต่าง ๆ หลัง ทดสอบด้วยสารละลายลูมินอล 36

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันสภาพเศรษฐกิจและสังคมไทยก่อให้เกิดอาชญากรรมในรูปต่างๆ มากมาย ทั้งปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สิน เช่น ลักทรัพย์ วิ่งราวทรัพย์ ปล้นทรัพย์ การฆาตกรรม ทำร้ายร่างกาย ข่มขืนกระทำชำเรา ส่งผลต่อความเป็นอยู่ของคนในสังคม ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจสถานที่เกิดเหตุเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นหน้าที่ของพิสูจน์หลักฐานตำรวจ พนักงานสอบสวน หรือบุคคลที่เกี่ยวข้อง และในที่เกิดเหตุย่อมมีการทิ้งร่องรอยต่าง ๆ ไว้ เช่น ร่องรอยลายนิ้วมือ คราบโลหิต ฯลฯ ตามกฎการแลกเปลี่ยนวัตถุพยานของโลคาร์ด “Every Contact Leave Trace” คือ การสัมผัสทุกครั้งย่อมทิ้งร่องรอย ดังนั้นคราบโลหิตก็เป็นหลักฐานหนึ่งที่สำคัญที่จะนำไปสู่การเชื่อมโยงผู้เสียหาย ผู้ต้องสงสัย และสถานที่เกิดเหตุได้ โดยอาศัยลักษณะต่างๆ เช่น ปริมาณ การกระจายของโลหิต ลักษณะรูปร่างของหยดเลือด แต่อย่างไรก็ตามในบางครั้งคราบโลหิตมักจะถูกทำความสะอาดหรือชะล้างออกไปโดยผู้กระทำผิดหรือปัจจัยต่างๆ ทำให้เราไม่สามารถเห็นคราบโลหิตด้วยตาเปล่าได้

จากสถิติคดีอาญา 4 กลุ่ม 3 ปีย้อนหลัง หน่วยงานทั่วประเทศในสังกัดหน่วยงาน สำนักงานตำรวจแห่งชาติ สถิติในปี 2563 (ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2563 ถึง 31 ธันวาคม 2563) ในกลุ่มประเภทฐานความผิดเกี่ยวกับชีวิต ร่างกาย และเพศโดยภาพรวม มีการรับแจ้งทั้งสิ้น 16,384 คดี โดยแบ่งเป็น คดีฆ่าผู้อื่น จำนวน 1,209 คดี คดีทำร้ายผู้อื่นถึงแก่ความตาย จำนวน 413 คดี คดีพยายามฆ่า 1,968 คดี คดีทำร้ายร่างกาย 6,316 คดี คดีข่มขืนกระทำชำเรา 1,764 คดี และคดีอื่น ๆ 4,714 คดี (สำนักงานตำรวจแห่งชาติ, 2563) ซึ่งสถิติในปี 2564 (ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2564 ถึง 31 ตุลาคม 2564) ในกลุ่มประเภทฐานความผิดเกี่ยวกับชีวิต ร่างกาย และเพศโดยภาพรวม มีการรับแจ้งทั้งสิ้น 12,773 คดี โดยแบ่งเป็น คดีฆ่าผู้อื่น จำนวน 937 คดี คดีทำร้ายผู้อื่นถึงแก่ความตาย จำนวน 360 คดี คดีพยายามฆ่า 1,457 คดี คดีทำร้ายร่างกาย 2,685 คดี คดีข่มขืนกระทำชำเรา 1,341 คดี และคดีอื่น ๆ 5,993 คดี (สำนักงานตำรวจแห่งชาติ, 2564) และสถิติล่าสุดในปี 2565 (ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2565 ถึง 31 ธันวาคม 2566) ในกลุ่มประเภทฐานความผิดเกี่ยวกับชีวิต ร่างกาย และเพศโดยภาพรวม มีการรับแจ้งทั้งสิ้น 13,824 คดี โดยแบ่งเป็น คดีฆ่าผู้อื่น จำนวน 1,168 คดี คดีทำร้ายผู้อื่นถึงแก่ความตาย จำนวน 400 คดี คดีพยายามฆ่า 1,638 คดี คดีทำร้ายร่างกาย 7,790 คดี คดีข่มขืนกระทำชำเรา 1,525 คดี และคดีอื่น ๆ 1,303 คดี (สำนักงานตำรวจแห่งชาติ, 2565) การก่อเหตุหรือก่อคดีต่าง ๆ ผู้กระทำผิด หรือผู้ต้องสงสัยมักจะทิ้งร่องรอย และ/หรือวัตถุพยานต่าง ๆ ไว้ ในสถานที่เกิดเหตุ และ/

หรือ ผู้เสียหายหรือผู้เสียชีวิตไว้เสมอ ไม่ว่าจะเป็นวัตถุพยานที่ได้จากร่างกาย เช่น อสุจิ คราบเลือด สารคัดหลั่ง เส้นผม เส้นขน ปัสสาวะ น้ำลาย เนื้อเยื่อ เป็นต้น ซึ่งจากวัตถุพยานที่กล่าวมาในข้างต้น “คราบเลือด” จึงเป็นวัตถุพยานชิ้นหนึ่งที่สำคัญและสามารถสาวไปถึงผู้กระทำผิดได้ รวมถึงสามารถพบได้ในสถานที่เกิดเหตุ (แช่มสุวรรณวงศ์และคณะ, 2552)

โลหิตหรือเลือด เป็นวัตถุพยานที่สำคัญที่สุดในการนำไปใช้ตรวจหาหมู่เลือด และดีเอ็นเอ เพื่อบ่งบอกว่าเป็นเลือดของใคร และยังสามารถใช้เป็นหลักฐานในการเชื่อมโยงผู้เสียหาย ผู้ต้องสงสัย และสถานที่เกิดเหตุเข้าไว้ในเหตุการณ์เดียวกัน โดยอาศัยลักษณะของคราบเลือดที่ปรากฏในที่เกิดเหตุ เช่น ปริมาณเลือด ขอบเขตการกระจายของเลือด รอยป้าย รอยลาก เป็นต้น นอกจากนี้ลักษณะรูปร่างของหยดเลือด ยังสามารถบ่งบอกถึงระยะและทิศทางของเลือดที่มา ตกกระทบพื้นผิวได้ ข้อมูลเหล่านี้ล้วนเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการที่จะนำไปใช้ประกอบการพิจารณาถึงพฤติการณ์ของคดีที่เกิดขึ้น ซึ่งในทางด้านนิติวิทยาศาสตร์มีการตรวจสอบคราบเลือดได้หลายวิธีในการค้นหาคราบเลือดแฝงและการพิสูจน์ยืนยันว่าเป็นเลือด เช่น การตรวจคราบเลือดด้วยวิธี Benzidine วิธี O-tolidine วิธี Leucomalachite Green วิธี Phenolphthalein วิธี Tetramethylbenzidine โดยการตรวจคราบเลือดด้วยBenzidine และO-tolidine นั้น จะให้ความไวสูงกว่าแต่มีความจำเพาะน้อยกว่า Phenolphthalein รวมถึงเทคนิคการตรวจหาคราบเลือดด้วยเทคนิค Bluestar และLuminol ซึ่งเทคนิคดังกล่าวนี้มักจะถูกนำมาใช้ในด้านนิติวิทยาศาสตร์อย่างแพร่หลายในการตรวจหาคราบเลือดแฝงหรือคราบเลือดที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า (ไชยสมบูรณ์, 2555)

ในหลายๆคดีที่เกิดขึ้นทั้งในอดี และปัจจุบันผู้ก่อเหตุหรือผู้กระทำผิดมักจะมีการอำพรางคดีเกิดขึ้น ทำให้ผู้ตรวจสถานที่เกิดเหตุหรือผู้ตรวจพิสูจน์ในห้องปฏิบัติการไม่สามารถมองเห็นคราบเลือดได้ด้วยตาเปล่า เช่น จากข่าวในปี 2557 เมื่อวันที่ 28 ส.ค. 2557 สภ.คลองตัน จ.กรุงเทพมหานคร ได้รับแจ้งพบศพอยู่ในถุงกระสอบ บริเวณเครื่องตักขยะ สถานีสูบน้ำคลองเตย (ไทยรัฐออนไลน์, 2557) ในปี 2562 มีการรายงานข่าวว่าพบชิ้นส่วนศพ ถูกหั่น ยัดกระสอบ ที่ จ.อยุธยา โดยเจ้าหน้าที่ตำรวจ สภ.อุทัย จ.อยุธยา ได้เข้าตรวจสอบชิ้นส่วนมนุษย์ที่บรรจุอยู่ในถุงกระสอบ 2 ใบ บริเวณคลองชลประทานหน้าวัดโคกมะยม ซึ่งคาดว่าน่าเสียชีวิตมาประมาณมากกว่า 1 สัปดาห์ (PPTVonline, 2562) ในปี 2564 ที่ผ่านมา ของพื้นที่ สภ.บ้านท่าเลื่อน จ.ตราด เมื่อวันที่ 20 มีนาคม 2564 พบศพปริศนา ถูกยัดถุงกระสอบทิ้งกลางทะเล ศพมีแค่ครึ่งท่อนช่วงล่าง สวมกางเกงสีดำ ลอยมาเกยชายหาดหน้าคลองสน ม.6 ต.แหลมกลัด อ.เมืองตราด จ.ตราด จากการชันสูตรเบื้องต้น คาดว่าน่าเสียชีวิตไม่ต่ำกว่า 2-3 เดือน (ข่าวช่อง8, 2564) และในปีล่าสุด 2566 มีข่าวรายงานจากสำนักข่าวอัมรินทร์ว่า สภ.บ้านไผ่ ในพื้นที่ จ.ขอบแก่น ได้รับแจ้งจากชาวบ้านว่าพบลักษณะเหมือนมีบางอย่างคล้ายคนนอนขดอยู่ภายใน (AmarinTV, 2566)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการศึกษาการตรวจคราบโลหิตบนถุงกระสอบพลาสติกที่ถูกแช่ในน้ำต่างชนิดกัน เช่น น้ำประปา น้ำคลอง และน้ำทะเล โดยใช้วิธีลูมินอล (Luminol) ตัวตรวจสอบคราบโลหิต เนื่องจากเป็นวิธีที่แสดงผลในการตรวจสอบคราบโลหิตเบื้องต้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งสารเคมีที่ใช้ในการทดสอบยังมีวิธีการเตรียมที่สะดวก และรวดเร็ว นอกจากนี้ยังสามารถนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาการตรวจหาการคงอยู่ของคราบโลหิตจากถุงกระสอบพลาสติกซึ่งถูกแช่ในน้ำประปา น้ำทะเล และน้ำจากแหล่งน้ำสาธารณะด้วยวิธีลูมินิล (Luminol) ในระยะเวลา 1,3,5,7,14,21 และ 30 วัน

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

ระยะเวลาของถุงกระสอบที่ถูกแช่น้ำมีผลต่อการตรวจหาคราบโลหิตด้วยวิธีลูมินอล (Luminol)

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1. ตรวจหาคราบโลหิตด้วยวิธีลูมินอล (Luminol) ในถุงกระสอบที่แช่ในน้ำที่ระยะเวลาต่างกัน คือ 1,3,5,7,14,21 และ30 วัน
2. เปรียบเทียบการเรืองแสงของ Luminol จากถุงกระสอบที่แช่ในน้ำระยะเวลาต่างกัน คือ 1,3,5,7,14,21 และ30 วัน

1.5 ข้อจำกัดของการวิจัย

1. ในการตรวจหาคราบโลหิตด้วยวิธีลูมินอล (Luminol) จะต้องทำการเตรียมสารใหม่ทุกครั้ง และเก็บให้พ้นแสง เนื่องจากสารเคมีที่เตรียมเมื่อทิ้งไว้เป็นเวลานานอาจทำให้ประสิทธิภาพในการแสดงผลการตรวจคราบโลหิตลดลง

2. การตรวจหาคราบโลหิตด้วยวิธีลูมินอล (Luminol) จะต้องทำการทดลองในที่มืดเท่านั้น จึงจะสามารถมองเห็นการเรืองแสงของคราบโลหิตที่เกิดจากปฏิกิริยาของโลหิตกับสารเคมีชนิดนี้ได้

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถทราบถึงระยะเวลาของถุงกระสอบที่ถูกแช่น้ำมีผลต่อการตรวจหาคราบโลหิตด้วยวิธีลูมินอล (Luminol)

1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ

1 คราบโลหิต (Blood stain) คือรอยเปื้อนของเลือดที่ติดตามวัตถุต่าง ๆ เช่น ผ้า โต๊ะ พื้นทางเดิน

2 การตรวจหาคราบโลหิต มีหลายวิธี ได้แก่ benzidine, o-tolidine, phenolphthalein, leucomalachite green และ luminol ซึ่งวิธีทั้งหมดนี้เป็น catalytic test โดยวิธี benzidine และ o-tolidine จะให้ความไวสูงกว่าแต่มีความจำเพาะน้อยกว่าวิธี phenolphthalein และ leucomalachite green นอกจากนี้ benzidine และ o-tolidine ยังเป็นสารก่อมะเร็ง จึงนิยมใช้วิธี phenolphthalein มีความไวสูงกว่า leucomalachite green ฉะนั้นวิธีphenolphthalein หรือ Kastle-Meyer color test) จึงเป็นวิธีที่ใช้ทั่วไป โดยมีหลักการ อาศัย peroxidase-like activity ของ hemoglobin และใช้ hydrogen peroxide เป็น peroxide เมื่อ reduced phenolphthalein ซึ่งเป็นสารที่ไม่มีสีถูก oxidized จะเปลี่ยนเป็นสารสีชมพู

3. ลูมินอล (Luminol) คือ สารเคมีที่สามารถตรวจพบร่องรอยของโลหิตได้ เพื่อหาร่องรอยโลหิตที่ถูกชะล้างหรือมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า

4. Chemiluminescence คือ การปลดปล่อยแสงโดยการกระตุ้นปฏิกิริยาทางเคมี

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การดำเนินงานในบทนี้ เป็นการประมวลและสังเคราะห์ แนวคิด ทฤษฎีที่สำคัญของนักวิชาการ รวมทั้งงานวิจัยต่าง ๆ เพื่อเป็นพื้นฐานในการสร้างความรู้ความเข้าใจ และเป็นประโยชน์ในการกำหนดกรอบแนวคิดของการวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดประเด็นในการศึกษาโดยแบ่งเป็น 6 หัวข้อดังนี้

2.1 ความรู้เกี่ยวกับโลหิต
2.2 การตรวจพิสูจน์คราบโลหิต
2.3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับกระสอบ
2.4 ความรู้เกี่ยวกับน้ำประปา
2.5 ความรู้เกี่ยวกับน้ำคลอง
2.6 ความรู้เกี่ยวกับน้ำทะเล
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2.8 กรอบแนวคิดในการวิจัย

2.1 ความรู้เกี่ยวกับโลหิต (พรชัย, 2566)

ในส่วนของผู้วิจัยแบ่งหัวข้อในการศึกษาเป็น 2 หัวข้อย่อย ได้แก่ องค์ประกอบของโลหิต และการนำโลหิต หรือคราบโลหิตไปใช้ในด้านการสืบสวนสอบสวน

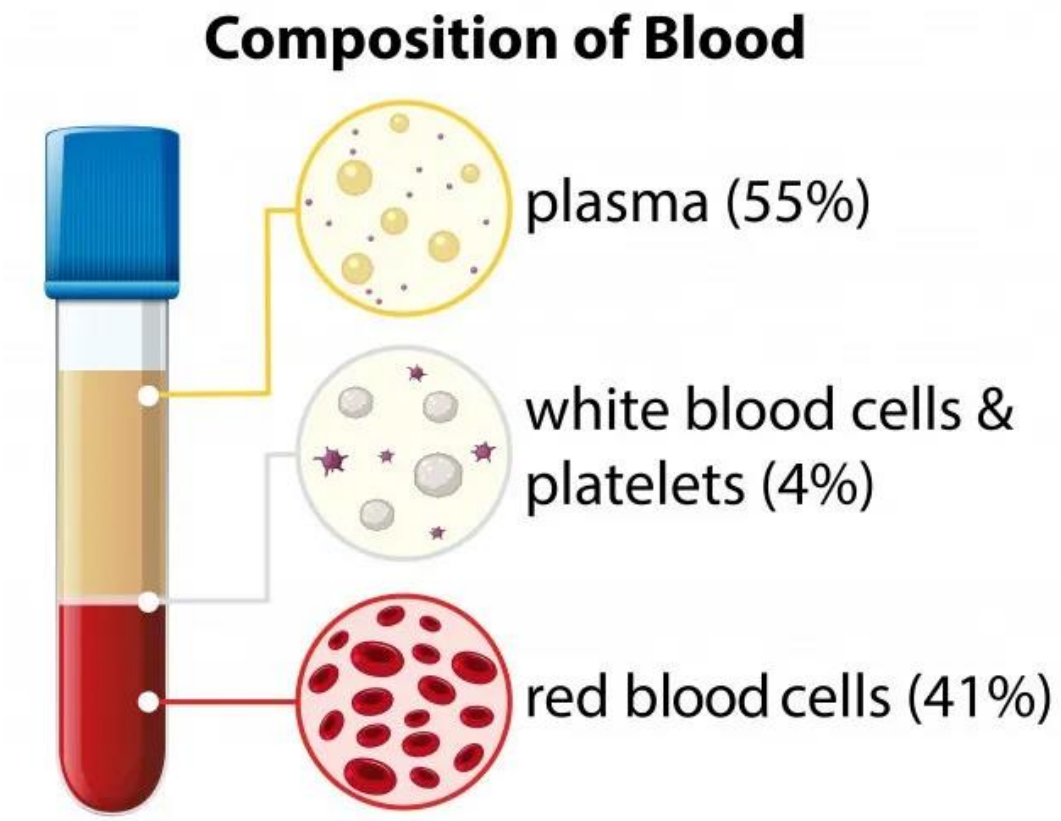
โลหิต (Blood) มีลักษณะสีแดงสด เมื่ออยู่ใกล้เส้นเลือดแดง (Arteries) และมีสีแดงคล้ำเมื่อผ่านในเส้นเลือดดำ (Vein) ทำหน้าที่ในการเป็นตัวกลางติดต่อระหว่างเซลล์ต่าง ๆ ร่างกายการไหลเวียนของโลหิตจะทำให้เซลล์เหล่านั้นคงที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม โลหิตจะนำอาหารไปเลี้ยงเนื้อเยื่อต่าง ๆ ทั่วร่างกายพร้อมนำของเสีย และสารคัดหลั่งจากเนื้อเยื่อเหล่านั้นออกมาตามกระแสโลหิต ไปยังอวัยวะหรือเนื้อเยื่อเพื่อนำไปใช้หรือกำจัดออก โดยเฉลี่ยมนุษย์จะมีโลหิตปริมาณ 7-8 % ของน้ำหนักร่างกาย หรือ 5-6 ลิตร

2.1.1 องค์ประกอบของโลหิต (Composition of blood)

ประกอบด้วย 2 ส่วนดังนี้

1) **พลาสมา (plasma)** หรือน้ำเหลือง คือส่วนที่เป็นน้ำ หรือของเหลว มีประมาณ 55 % โดยปริมาตร ประกอบด้วยน้ำ 90-92 % โปรตีน 8-9 % และเกลืออินทรีย์ 0.9 % สารอินทรีย์ แก๊สต่าง ๆ
2) **เซลล์เม็ดเลือด (Blood cell)** ประมาณ 45 % โดยปริมาณ ประกอบด้วยเซลล์เม็ดเลือดแดง (Red blood cell) เม็ดเลือดขาว (White blood cell) และเกล็ดเลือด (Blood platelets) ในเพศชายจะมีปริมาณเม็ดเลือดประมาณ 45 % และในเพศหญิงมีประมาณ 42 %

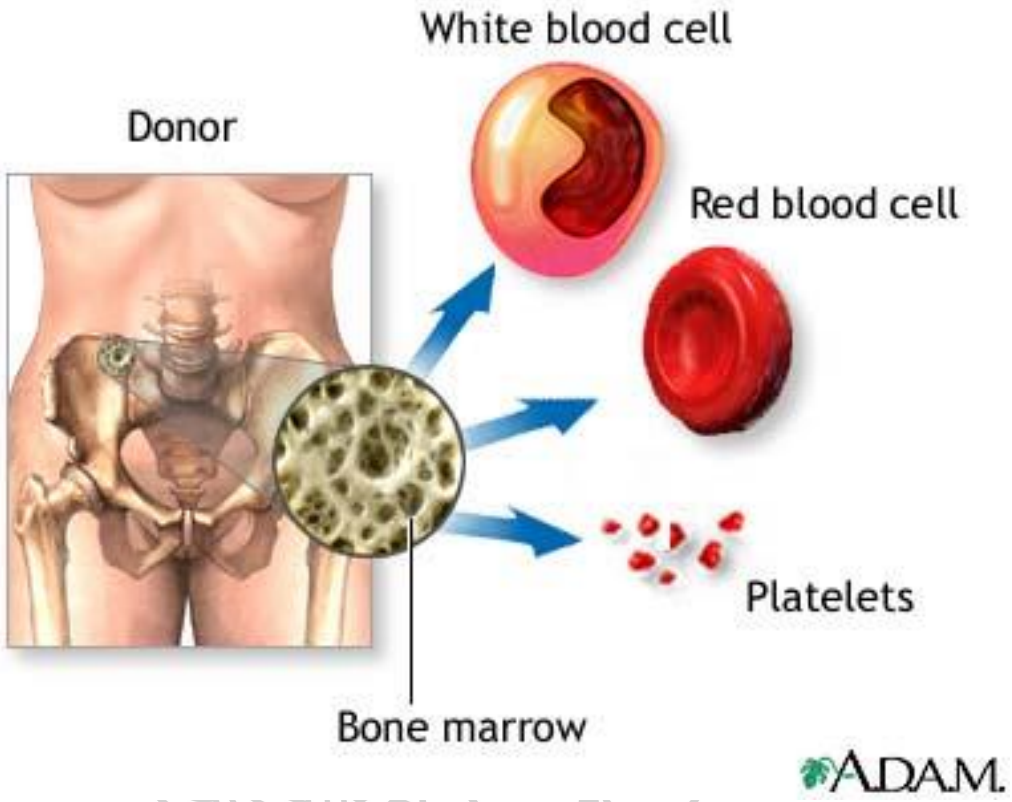
ซึ่งส่วนที่เป็นพลาสมา จะเป็นของเหลวที่อยู่ด้านบน เม็ดเลือดแดงจะตกตะกอนอยู่ด้านล่าง ขณะที่เม็ดเลือดขาว และเกล็ดเลือดจะอยู่ตรงกลางระหว่างพลาสมา และเม็ดเลือดแดง (ดังภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 องค์ประกอบของโลหิต

ที่มา : https://ngthai.com/science/42014/circulatory-system/

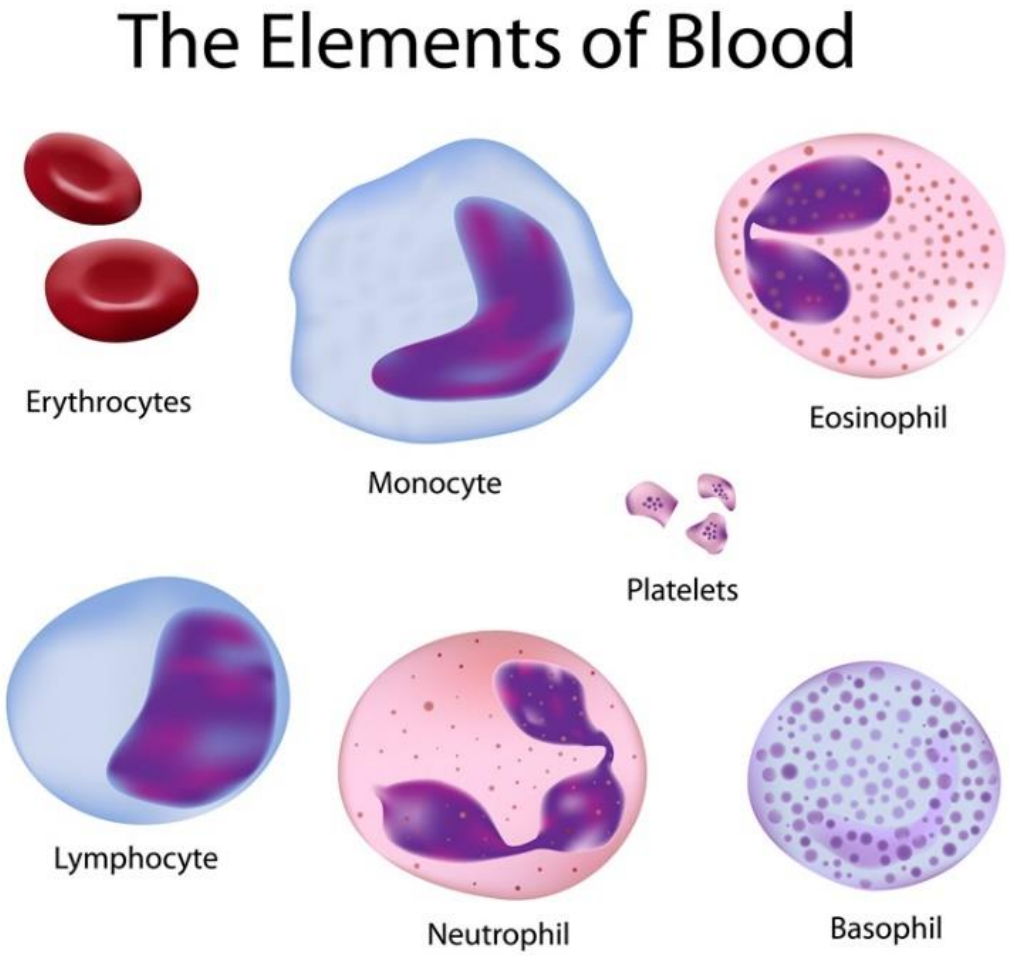
2.1.2 ชนิดของเม็ดเลือด (Blood cell)



ภาพที่ 2 ไขกระดูกแหล่งผลิตเซลล์เม็ดเลือด

ที่มา : https://sripibul.blogspot.com/2010/05/osteoarthritis.html

ไขกระดูกเป็นส่วนที่อยู่ตรงกลางของกระดูก มีลักษณะเป็นของเหลวและเป็นแหล่งกำเนิดเม็ดเลือดชนิดต่าง ๆ ในไขกระดูกจะมีเซลล์เม็ดเลือดจำนวนมากมายหลายชนิด เซลล์ต้นกำเนิดเม็ดเลือด หรือ stem cell เป็นเซลล์ตัวอ่อนที่มีความสามารถในการแบ่งตัวเป็นเซลล์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ เซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์เม็ดเลือดขาว และเกล็ดเลือด (ภคกษมา, 2558)



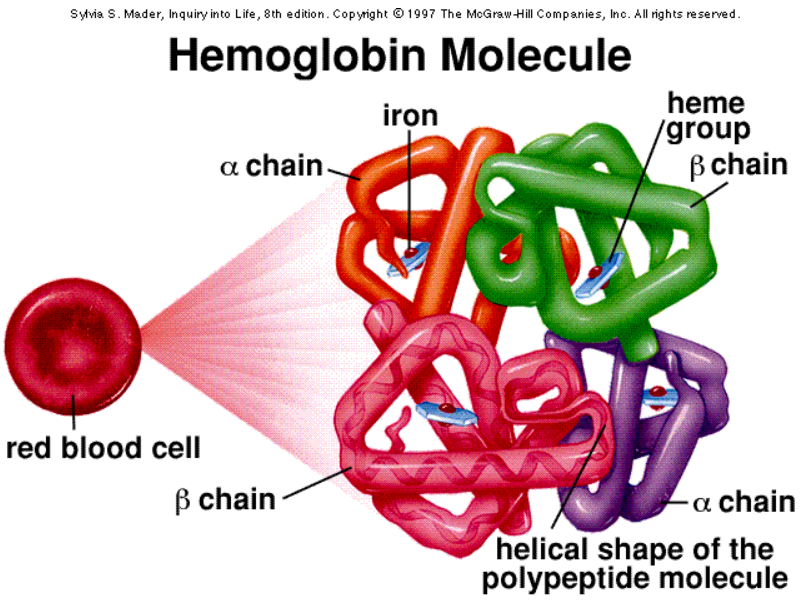
ภาพที่ 3 ชนิดของเม็ดเลือด

ที่มา : https://www.trueplookpanya.com/knowledge/content/60781/-scibio-sci-

1) **เม็ดเลือดแดง (**Red blood cell ,RBCs หรือ Erythrocytes) มีหน้าที่ขนส่งออกซิเจนจากปอดไปสู่เซลล์ต่าง ๆ และนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กลับมาที่ปอด เซลล์เม็ดเลือดแดงมีลักษณะกลมแบน แต่มีรอยบุ๋มตรงกลางเพื่อเพิ่มพื้นที่ในการขนส่งออกซิเจน ซึ่งเม็ดเลือดแดงไม่มีนิวเคลียสและไมโทคอนเดรีย ใช้พลังงานจากการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Respiration) เส้นผ่านศูนย์กลางของเซลล์เม็ดเลือดแดงมีขนาด 7 ไมครอน หนา 2.2 ไมครอน ประกอบด้วย ฮีโมโกลบิน ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีธาตุเหล็กเป็นองค์ประกอบ ในเลือดจะมีเซลล์เม็ดเลือดแดงอยู่ 45 เปอร์เซ็นต์ของเลือดทั้งหมด โดยสร้างจาก

ไขกระดูก และมีอายุ 120 วัน หลังจากนั้นจะถูกส่งไปทำลายที่ตับ ม้าม และไขกระดูก

ฮีโมโกลบิน (Hemoglobin)



ภาพที่ 4 ลักษณะโครงสร้างของฮีโมโกลบินซึ่งเป็นองค์ประกอบของของเซลล์เม็ดเลือดแดง ที่มา : https://frontierlifeline.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/04/hemoglobinmolecule.gif

ฮีโมโกลบิน (hemoglobin) เป็นสารประกอบสีแดงที่อยู่ในเม็ดเลือดแดง มีหน้าที่ขนส่งออกซิเจน โดยจะรับออกซิเจนที่ฟอกจากปอดเพื่อขนส่งไปยังเนื้อเยื่อต่างๆของร่างกาย ฮีโมโกลบินประกอบด้วย “ฮีม” และ “โกลบิน” โดยฮีมมีธาตุเหล็กเป็นส่วนประกอบสำคัญ ธาตุเหล็กเป็นโมเลกุลที่จับกับออกซิเจนโดยตรง ส่วนโกลบินเป็นโปรตีนที่ห่อหุ้มฮีม คนเรามีฮีโมโกลบินหลายชนิดแตกต่างกันไปตามช่วงอายุ ซึ่งจะแตกต่างกันที่โครงสร้างของโปรตีนโกลบิน ฮีโมโกลบินหลักในวัยผู้ใหญ่คือ “ฮีโมโกลบิน เอ” ซึ่งมีชนิดของโปรตีนโกลบินเป็น “แอลฟ่า-โกลบิน” สองสายและ “เบต้า-โกลบิน” สองสาย (เจริญขวัญ, 2557)

2) เม็ดเลือดขาว (White Blood Cells, WBCs หรือ Leucocytes) เซลล์เม็ดเลือดขาวมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 8 ไมครอน มีนิวเคลียสขนาดใหญ่ มีอายุ 2-14 วัน ทำหน้าที่ต่อสู้กับเชื้อโรคด้วยวิธีต่าง ๆ กัน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

2.1) เซลล์เม็ดเลือดขาวที่มีแกรนูล (Granules) อยู่ในไซโตพลาซึม สร้างจากไขกระดูก นิวโทรฟิล (Neutrophil) เป็นเซลล์ที่ย้อมแล้วจะเห็นเป็นสีเทา ๆ มีจำนวน 60-70 เปอร์เซ็นต์ของเม็ดเลือดขาวทั้งหมด ทำหน้าที่ต่อสู้กับแบคทีเรียและเชื้อรา โดยการกินและปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยสลายแบคทีเรียหรือที่เรียกว่า วิธีฟาโกไซโทซิส จากนั้นจะตายไปพร้อมกับแบคทีเรียและกลายสภาพเป็นหนอง อีโอซิโนฟิล (Eosinophil) เป็นเซลล์ที่ย้อมติดสีชมพู มีหน้าที่ป้องกันการแพ้พิษ และต่อสู้กับปรสิตโดยวิธีฟาโกไซโทซิสเช่นเดียวกับนิวโทรฟิลเบโซฟิล (Basophil) เป็นเซลล์ที่ย้อมติดสีน้ำเงิน มีหน้าที่ป้องกันเชื้อโรคโดยการหลั่งสารฮิสตามีน ซึ่งเป็นสาเหตุของอาการอักเสบเซลล์เม็ดเลือดขาวประเภทที่ไม่มีแกรนูลอยู่ในไซโตพลาซึม สร้างจากม้าม ต่อมไทมัส และต่อมน้ำเหลือง ลิมโฟไซต์ (Lymphocyte) มี 2 ชนิดคือ T-cell เจริญและพัฒนาที่ต่อมไทมัส ป้องกันสิ่งแปลกปลอมหรือเชื้อโรคโดยการเข้าปะทะโดยตรง และ B-cell เจริญและพัฒนาที่ไขกระดูก ป้องกันสิ่งแปลกปลอมหรือเชื้อโรคโดยการสร้างแอนติบอดี้ขึ้นมาต่อต้านโมโนไซต์ (Monocyte) เป็นเซลล์เม็ดเลือดขาวที่มีขนาดใหญ่ที่สุด รูปร่างของนิวเคลียสมีลักษณะคล้ายไต กำจัดได้ทั้งแบคทีเรีย เชื้อรา ไวรัส และปรสิต โดยวิธีฟาโกไซโทซิส

3) เกล็ดเลือด (Platelet)

เกล็ดเลือด Platelet หรือ thrombocyte (พร้อมพรชัย, 2566) มีต้นกำเนิดมาจากไขกระดูกเช่นเดียวกับเซลล์เม็ดเลือดชนิดอื่นขณะเมื่อยังเป็นวัยรุ่นจะถูกเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าmegakaryocyte ซึ่งควรอยู่แต่ในไขกระดูก เกล็ดเลือดเมื่อโตเต็มที่และออกมาสู่หลอดเลือดแล้ว จะมีรูปร่างเป็นแผ่นกลมหรือรี มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2-4 ไมครอนมีขนาดประมาณร้อยละ 20ของขนาดเม็ดเลือดแดง (แต่ขนาดเม็ดเลือดแดงประมาณ 6.7 ไมครอน) นับว่ามีขนาด

ประมาณครึ่งของเม็ดเลือดแดงเท่านั้น เกล็ดเลือดจะไหลวนเวียนในกระแสเลือด โดยมีอายุขัยประมาณ 9-11 วัน ภายหลังจากนั้นเกล็ดเลือดรุ่นเก่าก็จะถูกทำลายส่วนใหญ่โดยม้ามและส่วนน้อยโดยตับ ในการตรวจเกล็ดเลือดจะต้องตรวจ ขนาด รูปร่าง ปริมาณ และการเกาะตัวของเกล็ดเลือด

<u>หน้าที่ของเกล็ดเลือด</u>

-เมื่อเกิดบาดแผลจะช่วยให้เลือดที่ไหลออกมาเกิดการแข็งตัวอันเป็นการห้ามเลือดมิให้ไหลพ้นออกนอกร่างกายมากเกินไป

-มีหน้าที่กลืนกินสิ่งแปลกปลอม เช่น ไวรัสบางชนิด

-มีหน้าที่เก็บสะสมสารชีวเคมีบางอย่าง เช่น ฮอร์โมน epinephrine, serotonin และเอนไซม์บางชนิด

2.2 การตรวจพิสูจน์คราบโลหิต

การตรวจคราบโลหิตเป็นตามขั้นตอนได้ดังนี้ (พันธศรี, 2549)

2.2.1 การตรวจว่าเป็นโลหิตหรือไม่

ใช้วิธี benzidine, o-tolidine, phenolphthalein, leucomalachite green, และ luminol ซึ่งวิธีทั้งหมดนี้เป็น catalytic test โดยวิธี benzidine และ o-tolidine จะให้ความไวสูงกว่าแต่มีความจำเพาะน้อยกว่าวิธี phenolphthalein และ leucomalachite green ovd0kdouh benzidine และ o-tolidine ยังเป็นสารก่อมะเร็งจึงไม่นิยมใช้กัน วิธี phenolphthalein มีความไวสูงกว่า leucomalachite green

2.2.1.1 phenolphthalein หรือ Kastle-Meyer color test (K-M test)

เป็นวิธีที่นิยมใช้กันทั่วไป โดยมีหลักการคือ อาศัย peroxidase-like activity ของ hemoglobin และใช้ hydrogen peroxide เป็น peroxide เมื่อ reduced phenolphthalein ซึ่งเป็นสารที่ไม่มีสีถูก oxidized จะเปลี่ยนเป็นสารสีชมพู

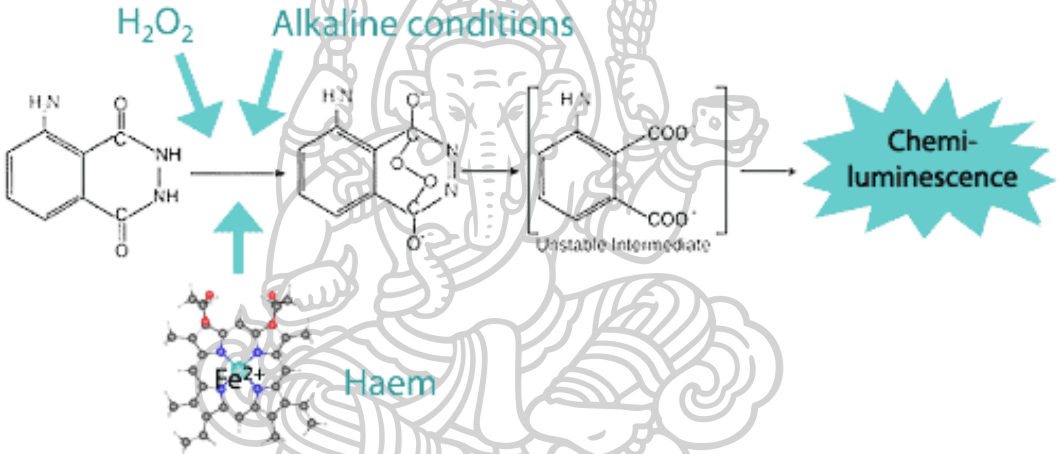
<u>วิธีการตรวจ</u>

หยด working phenolphthalein solution 2 หยด ลงบนตัวอย่าง และเติม 3 % Hydrogen peroxide จำนวน 2 หยด สังเกตการเปลี่ยนแปลง ภายใน 10 วินาที ถ้าเป็นโลหิต จะเปลี่ยนสีจากไม่มีสีเป็นสีชมพู ทันที

2.2.1.2 luminol test เหมาะกับนำไปใช้ตรวจในภาคสนาม โดยเฉพาะสถานที่ที่มีบริเวณกว้าง ๆ การทดสอบใช้วิธีพ่นน้ำยา Luminol ไปที่บริเวณที่สงสัยว่าจะมีคราบโลหิตตกค้างอยู่ ซึ่งไม่สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่า ข้อจำกัดคือบริเวณที่ตรวจต้องมืด จึงจะสามารถมองเห็นการเรืองแสงได้

<u>ปฏิกิริยาการเรืองแสง (Chemiluminescence)</u>

Chemiluminescence คือเป็นปรากฏการณ์ที่สารปล่อยพลังงานในรูปของแสงออกมาเมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้น โดยปฏิกิริยาเคมีจะกระตุ้น ให้เกิดพลังงาน ซึ่งไปเหนี่ยวนำ อิเล็คตรอนที่สภาวะพื้น (Ground State) ไปยังสภาวะเร้า (Excited State) และเมื่ออิเล็คตรอนกลับคืนสู่สภาวะพื้นก็จะคายพลังงานในรูปแสงออกมา



ภาพที่ 5 โครงสร้างของสาร *luminol* เมื่อทำปฏิกิริยากับเลือดและเกิดปฏิกิริยา *chemiluminescence*

ที่มา : https://www.bluestar-forensic.com/the-chemistry-of-bluestar-forensic

2.2.2 การตรวจว่าเป็นโลหิตมนุษย์หรือสัตว์

โดยวิธีทาง immunology ได้แก่ precipintin test เป็นมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบคราบโลหิต หลักการคือแอนติบอดี เมื่อจับกับเอนติเจนที่มีความจำเพาะต่อกันจะเกิดตะกอนขุ่นขาว ถ้าเป็นเลือดมนุษย์จะเกิดแถบตะกอนขุ่นขาว และจะไม่ให้ผลบวกกับโลหิตของสัตว์ ยกเว้นลิง

2.2.3 การตรวจว่าเป็นเลือดใคร

โดยปัจจุบันนิยมตรวจใน 2 ลักษณะ คือการตรวจหาหมู่เลือดระบบ ABO และการตรวจเปรียบเทียบดีเอ็นเอ (DNA) ซึ่งในกรณีที่ผลการตรวจหมู่เลือดของเลือดตัวอย่างเลือดมีหมู่เลือดตรงกับผู้เสียหายและผู้ต้องหา จะต้องทำการตรวจเปรียบเทียบดีเอ็นเอเป็นขั้นตอนสุดท้าย

2.2.4 การเก็บรักษาสภาพของคราบโลหิต

เลือดหรือโลหิต เป็นวัตถุพยานที่มักจะตรวจพบได้จากสถานที่เกิดเหตุ ได้แก่ พื้นห้อง ฝาผนัง ลูกบิดประตูเสื้อผ้า อาวุธ และของใช้ต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งตัวอย่างคราบเลือดนอกจากจะพิสูจน์ได้ว่าเป็นของใครแล้ว บางครั้งยังสามารถตรวจหายาหรือสารพิษได้อีกด้วย ดังนั้นการเก็บและรักษาสภาพของคราบโลหิตที่ถูกวิธีจึงเป็นเรื่องสำคัญ ซึ่งวิธีการเก็บตัวอย่างคราบโลหิตขึ้นอยู่ลักษณะของคราบโลหิต ดังนี้

2.2.4.1 เลือดสด แบ่งได้ 2 วิธี

2.2.4.1.1 ใช้ dropper หรือ syringe ดูดเลือด 5-10 มิลลิตร เก็บในหลอดแก้วหรือขวดแก้วสะอาด ที่มีสารป้องกันการแข็งตัวของเลือด เช่น Sodium fluoride, EDTA, Heparin หรือ Potassium oxalate

2.2.4.1.2 ใช้ cotton swab ซับเลือด ผึ่งตัวอย่างให้แห้ง นำใส่ซองกระดาษหรือหลอดแก้ว อุดปากหลอดแก้วด้วยสำลีเพื่อนำมาส่งตรวจ

2.2.4.2 คราบเลือดแห้ง แบ่งได้ 2 วิธี

2.2.4.2.1 กรณีคราบเลือดที่ติดบนวัตถุ ให้เก็บส่งตรวจทั้งชิ้น เช่น เสื้อผ้าที่มีคราบเลือดติดอยู่ ให้ทำการผึ่งให้แห้งสนิทก่อนที่จะบรรจุลงถุงกระดาษเพื่อส่งตรวจ, พรมปูพื้นห้อง ใช้ double swab หรือตัดบริเวณที่มีคราบเลือดติดอยู่ และบริเวณใกล้เคียงที่ไม่มีคราบเลือดเพื่อส่งตรวจ แต่ถ้าเป็นวัตถุชิ้นใหญ่ และไม่สามารถส่งตรวจทั้งชิ้นได้ เช่นคราบเลือดที่ติดอยู่ฝาผนัง พื้นห้อง ให้ใช้มีดขูดออก หรือใช้วิธี double swab

2.2.4.2.2 กรณีคราบเลือดติดตามร่างกาย ให้ใช้วิธี double swab กรณีคราบเลือดที่ติดอยู่กับเล็บมือ ใช้วิธีขูดออกหรือตัดปลายเล็บออก และแยกเล็บมือข้างซ้าย ข้างขวา

2.3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับกระสอบ

กระสอบ

สิ่งที่นำมาบรรจุสินค้า สิ่งของ เครื่องใช้ อาหาร การขนส่ง อุตสาหกรรมต่าง ๆ หรือแม้แต่สิ่งของที่อันตราย ที่มีน้ำหนักสูง ที่ต้องการความปลอดภัย ยกตัวอย่างเช่น ถุงกระสอบใส่เสื้อผ้า , กระสอบใส่พัสดุ , กระสอบไปรษณีย์ , กระสอบบิ๊กแบ็ค (bigbag) , กระสอบปูนซีเมนต์ , กระสอบอาหารสัตว์ แล้วแต่จะใช้งาน (SVpolysack, 2566)

ประเภทกระสอบ

ภาพที่ 6 ประเภทของกระสอบ กระสอบป่าน (ซ้าย) และ กระสอบพลาสติก (ขวา)

ที่มา :https://thaismegp.com/product/613990a6df99a799903d3992 และ https://www.aecpack.com

1 กระสอบป่าน คือ ใยปอ ที่เป็นเนื้อผ้าที่นิยม ซึ่งมีคุณสมบัติที่เหนียว และใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตกระสอบ อย่างกระสอบข้าวเปลือก ข้าวโพด ส่วนมากใช้งานในอุตสาหกรรมเกษตร เป็นต้น

2. กระสอบพลาสติก (Woven plastic film tape sack) เป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ นิยมใช้สำหรับบรรจุทั้งพืชผล ทางการเกษตรและสารเคมี อาทิเช่น ข้าวสาร น้ำตาล เกลือ แป้ง สารผสมอาหาร ปลาป่น อาหารสัตว์ เมล็ดพันธุ์พืช ปุ๋ย ซีเมนต์ทราย สารเคมี เม็ดพลาสติก เป็นต้น โดยทั่วไปกระสอบพลาสติกจะผลิตมาจากเม็ดพลาสติก polypropylene (PP), high density polyethylene (HDPE), และ HDPE เคลือบ/ลามิเนตด้วย low density - polyethylene (LDPE) และอาศัยเทคโนโลยีการทอ ซึ่งมีการคิดค้น และนำมาใช้ครั้งแรกใน

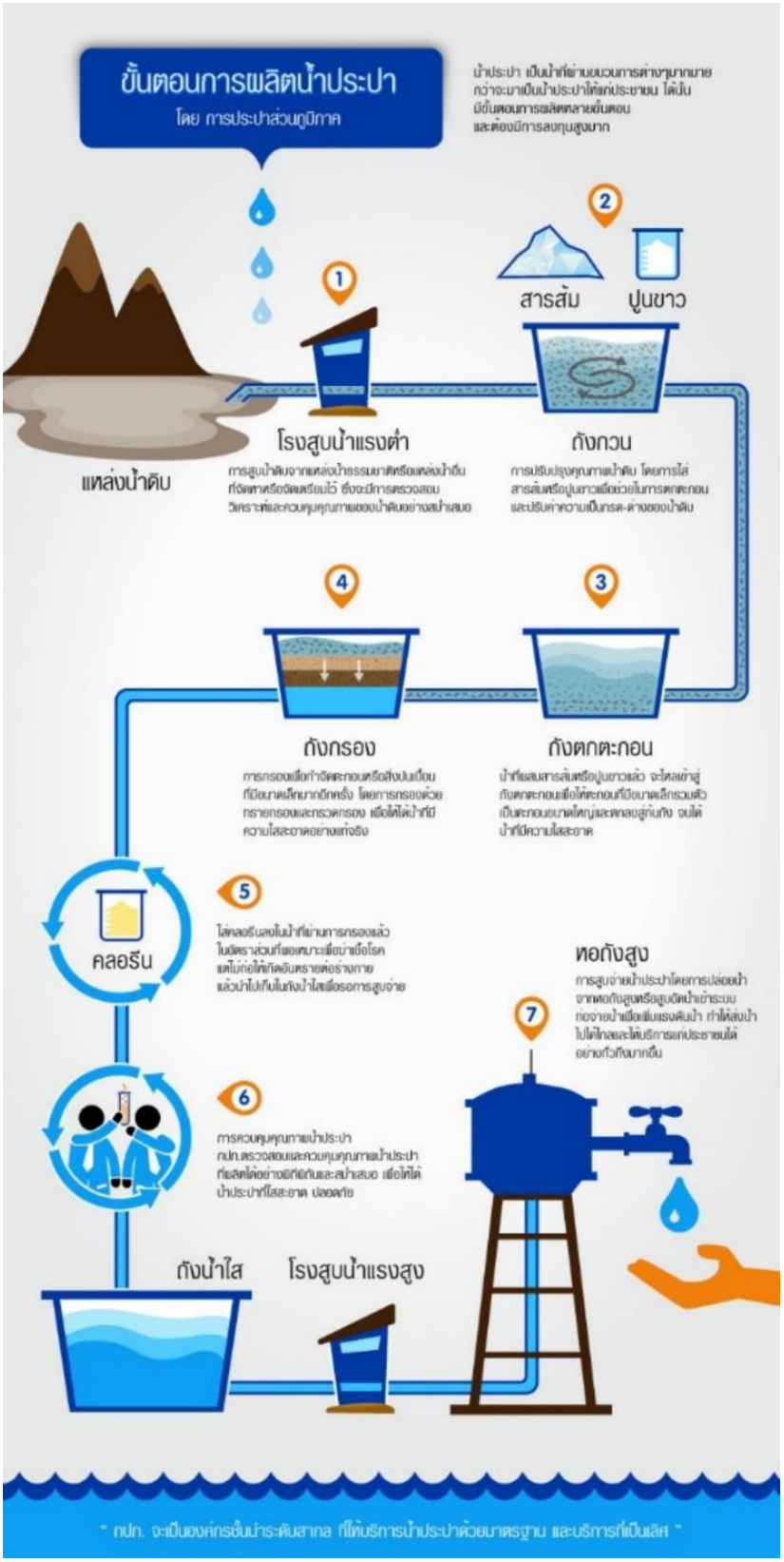
ปี1969 เพื่อทดแทนการใช้กระสอบที่ผลิตจากป่าน กระสอบพลาสติกที่ผลิตจาก HDPE มีจุดเด่นได้แก่ น้ำหนักเบา ทนต่อการกัดกร่อนและการกัดแทะของหนูและแมลง ทนต่อความชื้น/สภาพแวดล้อมภายนอก และการเกิดเชื้อรา สามารถกันการซึมผ่านของไอน้ำและแก๊สได้ดีรวมไปถึงมีความแข็งแรงและเหนียวมากกว่ากระสอบป่าน สำหรับกระบวนการผลิตกระสอบพลาสติก ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก ดังนี้

1. การขึ้นรูปเส้นหรือแถบพลาสติกด้วยกระบวนการอัดรีด (film extrusion)
2. การทอแถบฟิล์มพลาสติกให้เป็นผืนผ้า (converting into woven fabric)
3. การตัดผืนพลาสติกเป็นถุง (cutting fabric to bags)
4. การพิมพ์ลวดลาย (printing logo)
5. การเย็บปิดปากถุง (sewing final product) (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม & (ม.ป.ป.))

ภาพที่ 7 กระบวนการทอแถบพลาสติก (ซ้าย) และกระบวนการขึ้นรูปถุง (ขวา)
ที่มา : https://packaging.oie.go.th/new/admin_control_new/html-demo/file_technology/3574219860.pdf

2.4 ความรู้เกี่ยวกับน้ำประปา

น้ำประปา (KACHA, 2564) คือ น้ำประปา หรือน้ำก๊อก คือ น้ำที่ไหลออกมาจากก๊อกน้ำ เริ่มใช้กันมาตั้งแต่ปลายคริสต์ศตวรรษที่ 19 และเป็นสาธารณูปโภคพื้นฐานที่จำเป็นในปัจจุบัน น้ำประปาผลิตมาจากน้ำดิบ สูบเข้าไปยังถังพักตกตะกอน และผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อโรค จากนั้นจึงเพิ่มแรงดันและส่งไปยังท่อน้ำต่าง ๆ ในบ้านของผู้ใช้น้ำ



ภาพที่ 8 ขั้นตอนการผลิตน้ำประปา โดยการประปาส่วนภูมิภาค

ที่มา https://www.pwa.co.th/contents/service/treatment

ขั้นตอนการผลิตน้ำประปา โดยการประปาส่วนภูมิภาค (เอ็นเตอร์ไพรส์จำกัด, 2561) มีดังขบวนการผลิตต่อไปนี้

1.การสูบน้ำ การผลิตน้ำประปา เริ่มจาก "โรงสูบน้ำแรงต่ำ" ทำการสูบน้ำดิบจากแหล่งน้ำธรรมชาติ เพื่อลำเลียงเข้าสู่ระบบผลิต ซึ่งน้ำดิบที่สามารถนำมาผลิตน้ำประปาได้นั้นต้องเป็นน้ำที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ไม่มีสิ่งสกปรกโสโครกปนเปื้อนเกินกว่าที่กำหนด ซึ่งได้ผ่านการวิเคราะห์ตรวจสอบจากนักวิทยาศาสตร์แล้วว่าสามารถนำมาใช้ผลิตเป็นน้ำประปาได้ และต้องมีปริมาณมากเพียงพอที่จะนำมาผลิตน้ำประปาได้อย่างต่อเนื่อง

2.การปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบ น้ำดิบที่สูบเข้ามาแล้ว จะถูกผสมด้วยสารเคมี เช่น สารส้มและปูนขาว เพื่อทำการปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบ สารละลายสารส้มจะช่วยให้มีการตกตะกอนได้ดียิ่งขึ้น และสารละลายปูนขาวจะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของตะไคร่น้ำหรือสาหร่ายในน้ำ หรือบางครั้งจะมีการเติมคลอรีน เพื่อทำการฆ่าเชื้อโรคที่อาจปะปนมากับน้ำในขั้นต้นนี้ก่อน

3.การตกตะกอน ขั้นตอนนี้จะปล่อยน้ำที่ผสมสารส้มและปูนขาวแล้ว ที่ทำให้เกิดการหมุนวนเวียนเพื่อให้น้ำกับสารเคมีรวมตัวกันจะช่วยให้มีการจับตัวของตะกอนได้ดียิ่งขึ้น และจะนำน้ำเหล่านั้นให้เข้าสู่ถังตะกอนที่มีขนาดใหญ่ เพื่อทำให้เกิดน้ำนิ่ง ตะกอนที่มีขนาดใหญ่น้ำหนักมาก จะตกลงสู่ก้นถัง และถูกดูดทิ้ง น้ำใสด้านบนจะไหลตามรางรับน้ำเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป

4.การกรอง ในการกรองจะใช้ทรายหยาบและทรายละเอียดเพื่อการกรองตะกอนขนาดเล็กมากในน้ำ และให้มีความใสสะอาดมากขึ้น ซึ่งในขั้นตอนนี้น้ำที่ผ่านการกรองจะมีความใสมากแต่จะมีความขุ่นหลงเหลืออยู่ประมาณ 0.2-2.0 หน่วยความขุ่น และทรายกรองจะมีการล้างทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้การกรองมีประสิทธิภาพ

5.การฆ่าเชื้อโรค น้ำที่ผ่านการกรองมาแล้วจะมีความใส แต่อาจจะมีเชื้อโรคเจือปนมากับน้ำ ฉะนั้นจึงจะต้องทำการฆ่าเชื้อโรค โดยใช้ คลอรีน ซึ่งคลอรีนนี้สามารถฆ่าเชื้อโรคได้เป็นอย่างดี น้ำที่ได้รับการผสมคลอรีนแล้ว เรียกกันว่า "น้ำประปา" สามารถนำมาใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคได้ และจะทำการจัดเก็บไว้ในถังขนาดใหญ่ เรียกว่า ถังน้ำใส เพื่อจัดการบริการต่อไป

6.การควบคุมคุณภาพน้ำประปา ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญ เพราะน้ำประปาที่ทำการผลิตมาแล้วนั้น จะต้องวิเคราะห์ตรวจสอบอีกครั้งจากนักวิทยาศาสตร์ และการตรวจสอบนี้จะดำเนินการอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ได้น้ำประปาที่สะอาด ปลอดภัย สำหรับการอุปโภคบริโภค

7.การสูบจ่าย น้ำประปาที่ผลิตมาแล้วนั้น จะต้องให้บริการถึงบ้านเรือนของผู้ใช้น้ำโดยส่งผ่านไปตามเส้นท่อ ดังนั้นการสูบจ่ายจึงมีความจำเป็น ด้วยการส่งจากหอถังสูงที่สามารถบริการได้ในพื้นที่ใกล้เคียง และในพื้นที่ที่ไกลออกไปหรือมีความสูงมากจำเป็นต้องใช้เครื่องอัดแรงดันน้ำ เพื่อให้น้ำประปาสามารถบริการได้อย่างทั่วถึง

องค์ประกอบของน้ำประปา (CDC, 2022; EPA, 2023; WHO, 2560)

น้ำประปาจะมีองค์ประกอบแตกต่างกันไปตามแหล่งที่มาและกระบวนการบำบัดน้ำของแต่ละพื้นที่ โดยทั่วไปน้ำประปาประกอบด้วยส่วนประกอบหลักดังนี้:

1.น้ำบริสุทธิ์ (H2O): ส่วนประกอบหลักของน้ำประปาคือน้ำบริสุทธิ์ ซึ่งผ่านกระบวนการกรองและบำบัดเพื่อให้ปลอดภัยต่อการบริโภค

2.แร่ธาตุและสารละลาย: น้ำประปามักมีแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น แคลเซียม (Ca), แมกนีเซียม (Mg), โพแทสเซียม (K), โซเดียม (Na), และคลอไรด์ (Cl) ซึ่งมาจากการละลายของแร่ธาตุในดินและหิน สารเหล่านี้มีประโยชน์ต่อร่างกายในปริมาณที่เหมาะสม

3.สารคลอรีน (Chlorine): ใช้ในการฆ่าเชื้อโรคและป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในน้ำประปา

4.ฟลูออไรด์ (Fluoride): เพิ่มลงในน้ำประปาในบางพื้นที่เพื่อป้องกันฟันผุ สารอินทรีย์และอนินทรีย์อื่น ๆ: รวมถึงสารประกอบเช่น ซัลเฟต (Sulfate), ไบคาร์บอเนต (Bicarbonate), และไนเตรต (Nitrate) ที่เกิดจากกระบวนการบำบัดน้ำ

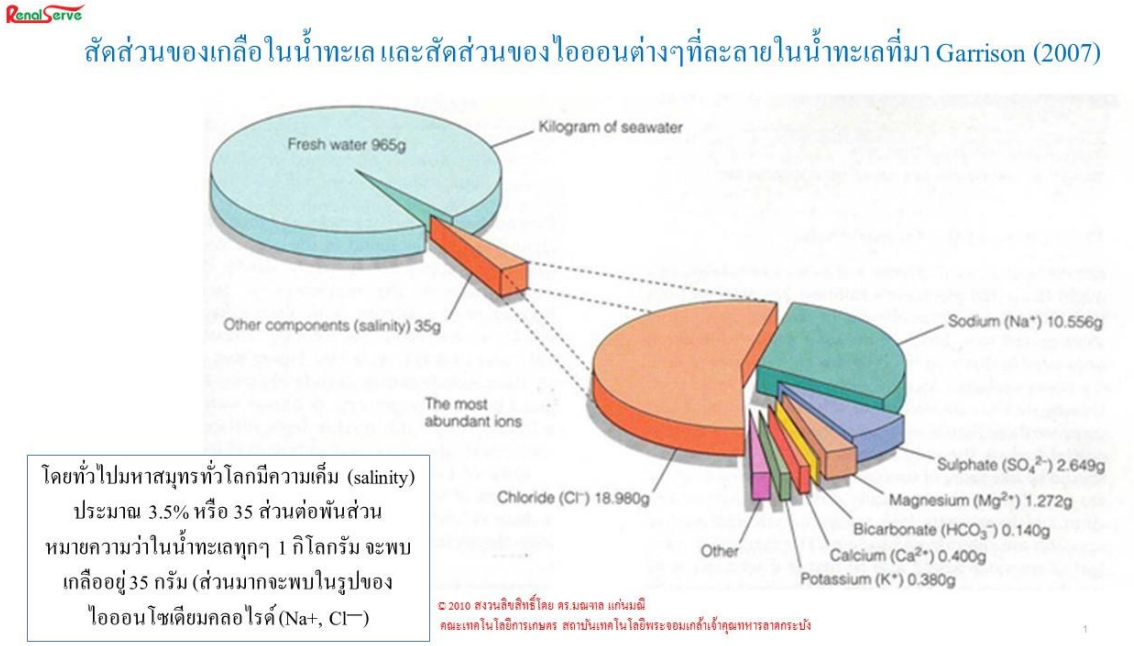
5.สารปนเปื้อนในปริมาณเล็กน้อย: อาจมีสารปนเปื้อนในปริมาณที่น้อยมาก เช่น โลหะหนัก (เช่น ตะกั่ว, สารหนู) และสารเคมีที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ แต่มักมีอยู่ในปริมาณที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้เพื่อความปลอดภัย

2.5 ความรู้เกี่ยวกับน้ำจากแหล่งน้ำสาธารณะ

ทรัพยากรน้ำสาธารณะ (สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา, 2561) หมายความว่า น้ำในแหล่งน้ำที่ประชาชนใช้หรือที่สงวนไว้ให้ประชาชนใช้ร่วมกัน หรือโดนสภาพประชาชนอาจใช้ประโยชน์ร่วมกัน และมีความหมายรวมถึง แม่น้ำ ลำคลอง ทางน้ำ บึง แหล่งน้ำใต้ดิน

ทะเลสาบ น่านน้ำภายใน ทะเลอาณาเขต พื้นที่ชุ่มน้ำ แหล่งน้ำตามธรรมชาติอื่น ๆ แหล่งน้ำที่รัฐจัดสร้างหรือพัฒนาขึ้นเพื่อให้ประชาชนใช้ประโยชน์ร่วมกัน แหล่งน้ำระหว่างประเทศที่อยู่ภายในเขตประเทศไทยซึ่งประชาชนนำมาใช้ประโยชน์ได้ทางน้ำ ชลประทานตามกฎหมายว่าด้วยการชลประทาน และน้ำบาดาลตามกฎหมายว่าด้วยน้ำบาดาล

2.6 ความรู้เกี่ยวกับน้ำทะเล



ภาพที่ 9 องค์ประกอบของน้ำทะเล
ที่มา https://shorturl.asia/7SaJB

ความเค็มของน้ำทะเล

น้ำทะเลมีความเค็มเนื่องจากมีเกลือละลายอยู่ในน้ำ น้ำทะเล 1 กิโลกรัม จะมีเกลือแร่ละลายอยู่ประมาณ 35 กรัม ซึ่ง 99.9% ของน้ำหนักไอออนของเกลือแร่หลักมีเพียง 8 ชนิด ได้แก่ คลอไรด์ (Cl^-), โซดียม (Na^+), ซัลเฟต (SO_4^{2-}), แมกซีเซียม (Mg^{2+}), แคลเซียม (Ca^{2+}), โพแทสเซียม (K^+), ไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) และโบรไมด์ (Br^-) องค์ประกอบหลักเกลือจำพวกนี้คงที่ในน้ำทะเล (conservative) ยกเว้นแคลเซียม และนอกจากเกลือแร่หลักทั้ง 8 ชนิดในน้ำทะเลแล้วยังมีเกลือแร่ปริมาณเล็กน้อยอีกหลายชนิดในน้ำทะเลที่จำเป็นจ่อสิ่งมีชีวิตในน้ำทะเล รวมทั้งแก๊สต่าง ๆ (อ่อนสี, 2557)

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.7.1 งานวิจัยในประเทศ

งานวิจัยของ พินิตา กรทอง และคณะ ได้ทำวิจัยเรื่องการเปรียบเทียบการตรวจคราบโลหิตโดยวิธี Kastle-Meyer, Luminol และ Bluestar เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการตรวจคราบโลหิตบนพื้นผิวที่มีรูพรุน (กระดาษ 80 แกรม, ไม้สัก) และไม่มีรูพรุน (กระจก, แผ่นพลาสติก) โดยใช้น้ำยาทดสอบ Kastle-Meyer, Luminol และ Bluestar® กับเลือดมนุษย์และกระต่ายที่เจือจางในระดับต่าง ๆ (1:10 ถึง 1:1,000,000,000) ทิ้งไว้ระยะเวลา 2, 4 และ 6 สัปดาห์ จากผลการทดลองพบว่า Kastle-Meyer (KM test) มีประสิทธิภาพสูงสุดในการตรวจคราบโลหิตที่เจือจางถึง 1:1,000,000,000 บนกระดาษ 80 แกรม ซึ่งมีประสิทธิภาพต่ำบนพื้นผิวไม้สัก โดยตรวจได้เพียง 1:10 หลัง 6 สัปดาห์ ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับพื้นผิวที่มีรูพรุน เช่น กระดาษ ต่อมาในการทดสอบด้วยลูมินอล พบว่า การตรวจคราบโลหิตบนกระจกและแผ่นพลาสติกได้ดี โดยตรวจได้ถึง 1:10,000 หลัง 6 สัปดาห์ แต่มีประสิทธิภาพต่ำบนไม้สัก (1:10 สำหรับเลือดกระต่าย) ซึ่งลูมินอลมีคุณสมบัติเรืองแสงในที่มืด แต่มีประสิทธิภาพลดลงตามระยะเวลาที่คราบโลหิตถูกทิ้งไว้ และสุดท้าย **Bluestar®** มีผลใกล้เคียงกับ Luminol แต่ให้สีเรืองแสงในที่มืดชัดเจนกว่า ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงสุดบนกระดาษ 80 แกรมและแผ่นพลาสติก (ตรวจได้ถึง 1:10,000 สำหรับเลือดมนุษย์และกระต่าย) ดังนั้นวิธี Kastle-Meyer มีความไวสูงสุดสำหรับพื้นผิวที่มีรูพรุน (กระดาษ) แต่ไม่เหมาะกับพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน Bluestar® และ Luminol มีผลใกล้เคียงกัน โดย Bluestar® ให้การแสดงผลในที่มืดดีกว่า เหมาะกับพื้นผิวไม่มีรูพรุน เช่น พลาสติกและกระจก ในการเลือกใช้วิธีขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นผิวและความต้องการในสถานที่เกิดเหตุ (พินิตา กรทอง, 2558)

งานวิจัยของ นางสาววราภรณ์ สมบุรุษ ได้ทำวิจัยเรื่องปฏิสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับวิธีการทำความสะอาดคราบเลือดที่มีผลต่อการตรวจหาคราบเลือดด้วยวิธี Luminol และ Bluestar โดยการศึกษาระดับค่าสีและระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาเรืองแสง ในงานวิจัยในครั้งนี้ใช้วิธีวิจัยเชิงทดลอง โดยเป็นการศึกษาผลกระทบของ 4 ตัวแปร คือ ลักษณะพื้นผิว วิธีการทำความสะอาดคราบเลือด จำนวนครั้งที่ทำความสะอาดคราบเลือด และวิธีการตรวจหาคราบเลือด โดยใช้วิธีวิเคราะห์ค่าทางสถิติพื้นฐาน ซึ่งพบว่า ลักษณะพื้นผิว วิธีทำความสะอาดมีปฏิสัมพันธ์ต่อการตรวจหาค่าสีของปฏิกิริยาเรืองแสง แต่ไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อระยะเวลาของการเกิดปฏิกิริยา ลักษณะพื้นผิวและจำนวนครั้งที่ทำความสะอาดมีปฏิสัมพันธ์ตามช่วงการหาระดับค่าสีและระยะเวลาการ

เกิดปฏิกิริยา ส่วนวิธีทำความสะอาดคราบเลือดและจำนวนครั้งที่ทำความสะอาด ไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อการตรวจหาระดับสีและระยะเวลาการเกิดปฏิกิริยา (สมบุรุษ, 2561)

งานวิจัยของ สุวรรณหงส์ ธรรมวรรณา และคณะ ได้ทำวิจัยเรื่อง การตรวจสอบความคงอยู่ของคราบเลือดบนผิวดินโดยวิธีทดสอบด้วยลูมินอล โดยการทดลองนำเลือดมนุษย์มาเจือจางในอัตราส่วนต่าง ๆ จนกระทั้งความเข้มข้นต่ำสุด จากนั้นนำเลือดและเลือดเจือจางหยดลงบนผิวดินเหนียว และดินทราย และนำไปเก็บไว้ 3 สภาวะ คืออยู่กลางแดด ในร่ม และดินเปียก และเก็บไว้นาน 18 วัน และทุกวันนำออกมาตรวจด้วยลูมินอล (Luminol) และจากผลการทดลองพบว่าเลือดที่หยดเพียง 2 วันหลังจากหยด สามารถตรวจพบเลือดที่เจือจางที่สุดได้ชัดเจบนดินเหนียว และดินทราย และในสภาพวะที่เก็บในที่ร่มคราบเลือดที่หยดบนดินเหนียวสามารถตรวจพบใด้นานถึง 13 วัน แต่ในดินทรายตรวจพบได้เพียง 9 วัน (ธรรมวรรณา, 2562)

งานวิจัยของ อรอนงค์ ปัทมา และคณะ ได้วิจัยเรื่องการตรวจสอบคราบโลหิตของมนุษย์บนผ้าที่ผลิตจากเส้นใยธรรมชาติ เส้นใยสังเคราะห์และเส้นใยผสมด้วยวิธีบูลสตาร์ โดยการเปรียบเทียบการตรวจหาคราบโลหิตภายใต้สภาพอากาศที่แตกต่างกัน และความไวของการตรวจหาคราบโลหิตในช่วงเวลาที่ต่างกัน รวมถึงการเจือจางคราบโลหิต ซึ่งคราบโลหิตได้รับการตรวจหลังจากผ่านไป 1, 3, 5, 7 และ 9 สัปดาห์ พบว่าคราบโลหอตที่เจือจางสามารถตรวจพบได้ง่ายกว่าในสภาพอากาศหนาวเย็นเมื่อเทียบกับสภาพเขตร้อน ส่วนในผ้าสังเคราะห์มีการตรวจพบคราบเลือดที่เจือจางที่สุดที่อัตราส่วน 1:10,000 ในขณะที่ผ้าธรรมชาติและผ้าผสม การตรวจจับมีประสิทธิภาพมากที่สุดที่อัตราส่วน 1:1,000 ตลอดช่วงเวลา และในสภาพอากาศเขตร้อน มีการตรวจพบคราบเลือดที่เจือจางที่สุดบนผ้าสังเคราะห์ในอัตราส่วน 1:1,000 หลังจากผ่านไปหนึ่งถึงสามสัปดาห์สำหรับผ้าผสม ตรวจพบคราบเลือดที่เจือจางที่สุดที่อัตราส่วน 1:100 ในช่วงเวลาใดก็ได้ จึงสรุปได้ว่าอุณหภูมิ ประเภทผ้าและความเข้มข้นของสารละลายในเลือดมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อผลการวิเคราะห์เลือดโดยใช้วิธี BlueStar (ปันทา et al., 2565)

งานวิจัยของ สุริยาพร บุญธรรม และคณะ ทำการการตรวจสอบความคงอยู่ของคราบเลือดบนพื้นผิวไม้ชนิดต่างๆ โดยใช้วิธีการทดสอบด้วยลูมินอล ซึ่งเป็นสารเคมีที่สามารถเรืองแสงเมื่อทำปฏิกิริยากับธาตุเหล็กในเลือด วิธีการดังกล่าวมักถูกใช้ในงานด้านนิติเวชศาสตร์เพื่อระบุหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับเลือดที่อาจมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ระยะเวลา 4 สัปดาห์ ในสภาวะต่าง ๆ ได้แก่ ในอาคารที่มืด กลางแจ้ง และอาคารที่ควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยใช้ไม้ทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ ไม้ยางพารา ไม้สน และไม้สัก จากผลการทดลองสรุปได้ว่าประสิทธิภาพของการทดสอบ

ลูมินอลอาจแตกต่างไปตามชนิดของไม้และลักษณะพื้นผิว ความขรุขระของพื้นผิวมีผลต่อการคงอยู่ของคราบเลือดและการแสดงผลเรืองแสง ดังนั้นการใช้ลูมินอลเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการตรวจสอบคราบเลือด แต่ต้องพิจารณาปัจจัยเฉพาะของพื้นผิวเพื่อเพิ่มความแม่นยำในผลการตรวจสอบ (บุญธรรม et al., 2567)

2.7.2 งานวิจัยต่างประเทศ

งานวิจัยของ Parmeel Jain และ H.P. Singh ได้ศึกษาการตรวจหาและการปรากฏคราบเลือดบนผ้าขนิดต่าง ๆ ได้แก่ ผ้าฝ้าย ผ้าฝ้ายอียิปซ์ ผ้าเทอรรี่ ผ้าโพลีเอสเตอร์ ผ้าไหม และผ้าขนสัตว์ที่แช่อยู่ในน้ำเป็นเวลานาน เป็นเวลา 20 วัน โดยตรวจหาคราบเลือดด้วยวิธี เบนซิดีน ฟีนอล์ฟทาลีน และ Haemochromogen พบว่าการทดสอบด้วยเบนซิดีนและฟีนอล์ฟทาลีน สามารถตรวจหาการปรากฏตัวของเลือดได้หลังจากแช่ในน้ำ 20 วัน และ Haemochromogen ซึ่งเป็นวิธีการตรวจหาคราบเลือดอีกวิธีหนึ่ง ไม่สามารถตรวจพบได้แม้หลังจากแช่น้ำ 5 นาทีสำหรับผ้าทุกประเภท ดังนั้นเลือดสามารถคงอยู่และตรวจพบได้บนผ้าหลายประเภทแม้จะถูกแช่น้ำเป็นเวลานาน แต่ความสามารถในการตรวจหาที่เลือดจะลดลงตามชนิดของผ้าและระยะเวลาที่แช่น้ำ (Jain & Singh, 2527)

งานวิจัยของ Joanne, Jonathan and Terence ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบเทคนิคการตรวจคราบโลหิตที่ใช้ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ 5 วิธี ได้แก่ วิธีLuminol ที่เป็นสาร Chemiluminescent วิธี Forensic light และวิธี Phenolphthalein (Kastle-Meyer), Leucomalachite green,Hemastix source ที่ไม่ใช่สาร Chemiluminescent จากการศึกษาพบว่า การตรวจคราบเลือดโดยวิธี Luminol เป็นเทคนิคที่มีความไวมากที่สุดและมีความปลอดภัย (Joanne L. Webb, 2549)

งานวิจัยของ Borde และคณะ ได้ทำการศึกษาผลกระทบของการแช่น้ำในแม่น้ำและน้ำทะเลต่อเลือด น้ำลาย และสเปิร์มที่วางบนวัตถุที่จำลองหลักฐานที่เกิดอาชญากรรม ซึ่งตัวอย่างถูกแช่ในช่วงเวลาที่แตกต่างกันคือ 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง 2 วัน 3 วัน 7 วัน 3 สัปดาห์ 6 สัปดาห์ และ 12 สัปดาห์ ในแม่น้ำ และน้ำทะเล พบว่าน้ำทะเลอาจมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อวัสดุทางชีวภาพโดยเฉพาะของเหลวในร่างกาย เช่น เลือด น้ำลาย และอสุจิที่อยู่บนวัตถุที่จำลองหลักฐานที่เกิดอาชญากรรม ซึ่งน้ำทะเลมีผลมากขึ้นต่ออัตราการการย่อยสลายของ DNA เมื่อเทียบกับน้ำในแม่น้ำ (Borde et al., 2551)

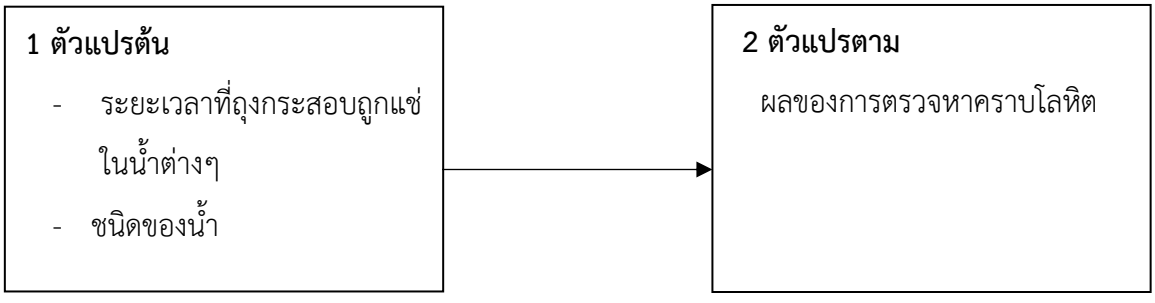
งานวิจัยของ Jonathan Finnis , Jennie Lewis และ Andrew Davidson ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการปรากฏของเลือดบนพื้นผิวสีเข้มโดยใช้ Luminol, fluorescein พบว่าเลือดที่มีการเจือจาง Luminol มีความไวที่สุด (Jonathan Finnis 2556)

จากงานวิจัยของ Janine Helmus และคณะ ได้ศึกษาการคงอยู่ของ DNA บนเสื้อผ้าหลังสัมผัสน้ำในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน การศึกษาทั้งใน อ่างอาบน้ำ สระน้ำ และแม่น้ำ ซึ่งการศึกษานี้ตรวจสอบว่าร่องรอยดีเอ็นเอจากเซลล์ผิวหนังและเลือดสามารถคงอยู่บนเสื้อผ้าได้นานแค่ไหนหลังจากที่ถูกสัมผัสกับสภาพแวดล้อมที่มีน้ำต่างๆ (น้ำก๊อก, อ่างอาบน้ำ, บ่อน้ำ และแม่น้ำ) เป็นระยะเวลาต่างๆ เป้าหมายคือเพื่อให้ข้อมูลเชิงลึกที่มีค่าในการสืบสวนทางนิติวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่เกี่ยวข้องกับการพบศพในน้ำ เช่น การฆ่าตัวตายหรือการฆาตกรรมที่สงสัย และพบว่า ดีเอ็นเอบนเสื้อผ้ามีความคงอยู่แตกต่างกันตามประเภทของน้ำและระยะเวลาที่สัมผัสน้ำ โดยดีเอ็นเอมีแนวโน้มที่จะคงอยู่ในน้ำบ่อได้นานกว่าน้ำแม่น้ำ และมีการลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงฤดูร้อนเมื่อเทียบกับฤดูหนาว (Helmus et al., 2560)

งานวิจัยของ Valentina Brenzini และ Rahul Pathak ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการตรวจหาคราบโลหิตบนพื้นผิวที่ถูกทาสีและทำความสะอาดด้วยวิธีลูมินอล โดยได้ทำการศึกษาบนแผ่นเซรามิกซึ่งมีการทาด้วยสีทาสูตรน้ำ (water-based paint) และสูตรตัวทำละลาย (solvent-based paint) จากนั้นทำความสะอาดด้วย น้ำ สบู่ ผ้าเช็ดทำความสะอาดแบบเปียก พบว่าสีทาสูตรน้ำ มีการปกปิดได้น้อยกว่าสีทาสูตรตัวทำละลาย และคราบเลือดที่ถูกทำความสะอาดด้วยน้ำ สบู่ ผ้าเช็ดทำความสะอาดแบบเปียก พบว่าคราบเลือดที่ถูกปกปิดด้วยสีที่ใช้ตัวทำละลายหลายชั้นมีโอกาสตรวจพบได้น้อยกว่าด้วยวิธีลูมินอล (Valentina Brenzini, 2561)

จากการวิจัยข้างต้น ผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นศึกษาการตรวจคราบโลหิตจากกระสอบที่แช่อยู่ในแหล่งน้ำที่ต่างชนิดกัน ได้แก่ น้ำประปา น้ำจากแหล่งน้ำสาธารณะ และน้ำทะเล ด้วยวิธีลูมินอล .o ระยะเวลาที่แตกต่างกัน เนื่องจากถุงกระสอบหาง่าย และมีขายตามท้องตลาดทั่ว ๆ ไป โดยการทดลองหาคราบโลหิตด้วยลูมินอล ภายหลังจากการแช่ถุงกระสอบในตัวอย่างแหล่งน้ำต่าง ๆ ได้แก่ น้ำประปา น้ำทะเล และน้ำคลอง ซึ่งได้ทำการหยดตัวอย่างโลหิตไว้แล้วนั้น เนื่องจากลูมินอลเป็นวิธีที่มีความไวสูง สะดวก รวดเร็วปลอดภัย และราคาไม่แพง

2.8 กรอบแนวคิดงานวิจัย



3 ตัวแปรควบคุม

- ปริมาณโลหิต
- ขนาดของถุงกระสอบ
- บริเวณที่หยดโลหิต

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยในครั้งนี้เป็นศึกษาเชิงทดลอง (Experimental design) เพื่อตรวจหาคราบโลหิตบนถุงกระสอบที่ถูกแช่ด้วยน้ำทะเล ด้วยวิธี Kastle-Mayer และ Luminol โดยมีขั้นตอนและรายละเอียดที่เกี่ยวกับวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

3.1 การศึกษาเพื่อกำหนดขอบเขตในการวิจัย

3.2 การเลือกตัวอย่างสำหรับงานวิจัย

3.3 การเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

3.4 การเตรียมตัวอย่าง และน้ำยาทดสอบ

3.5 วิธีการทดลอง และการวิเคราะห์ผลการตรวจคราบโลหิต

3.1 การศึกษาเพื่อกำหนดขอบเขตในการวิจัย

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าและวิเคราะห์ข้อมูล จากเอกสารหรืองานวิจัยเชิงเอกสาร (Documentary research) ด้วยการทบทวนแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จากหนังสือเอกสารวิชาการ และบทความจากสื่อสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ เพื่อศึกษาความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการตรวจหาคราบโลหิต การเรืองแสงของ Luminol และนำข้อมูลไปกำหนดแนวทางวิธีการทดลอง การรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

3.2 การเลือกตัวอย่างสำหรับงานวิจัย

3.2.1 ตัวอย่างโลหิตมนุษย์ เป็นโลหิตของอาสาสมัคร ซึ่งได้รับการตรวจร่างกายเป็นประจำทุกปี และไม่มีภาวะโลหิตจาง

3.2.2 ตัวอย่างน้ำต่าง ๆ เช่น น้ำประปา น้ำจากแหล่งน้ำสาธารณะ และน้ำทะเล ทำการเก็บตัวอย่างน้ำในพื้นที่จังหวัดตราด

3.2.3 ตัวอย่างถุงกระสอบที่ใช้ เป็นกระสอบ ที่หาซื้อได้ตามท้องตลาด

3.3 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

ตารางที่ 1 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย และแหล่งที่มา

อุปกรณ์	แหล่งที่มา
ตัวอย่างกระสอบพลาสติก	ตลาดสดในจังหวัดตราด
เข็มฉีดยา ขนาด 1 mL	ยี่ห้อ NIPRO
ถุงมือยาง	ยี่ห้อ ศรีตรังโกลฟส์
กล้องถ่ายภาพดิจิตอล	NIKON รุ่น D5200
น้ำประปา	บ้านที่อยู่อาศัย
น้ำจากแหล่งน้ำสาธารณะ	สวนรุกชาติ สวนสาธารณะในจังตราด
น้ำทะเล	ทะเลในจังหวัดตราด
กล่องพลาสติก	ห้างสรรพสินค้าทั่วไป

ตารางที่ 2 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย และแหล่งที่มา

สารเคมี	แหล่งที่มา
สารลูมินอล (Luminol)	Sigma-Aldrich Corporation
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide; NaOH)	Merck Chemicals
3% ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide ; H_2O_2)	ยี่ห้อ ศิริบัญชา
น้ำกลั่น	-
โลหิตมนุษย์	โลหิตจากอาสาสมัคร

3.4 การเตรียมตัวอย่าง และน้ำยาทดสอบ

3.4.1 <u>การเตรียมตัวอย่างโลหิต</u>

ตัวอย่างโลหิตมนุษย์จากอาสาสมัคร บรรจุในหลอดเลือดเคลือบด้วยสาร EDTA (Ethylene Diamine Tetra acetic Acid) ที่มีคุณสมบัติจับตัวกับแคลเซียม (Ca^{2+}) เพื่อป้องกันการแข็งตัวของโลหิต จากนั้นนำไปเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C เพื่อรักษาสภาพ และรูปร่างของเม็ดเลือดให้เหมือนเดิม

3.4.2 <u>การเตรียมน้ำยาทดสอบ Luminol</u>

ตารางที่ *3 การเตรียมน้ำยาทดสอบ* Luminol *มีสารเคมีที่ใช้ดังนี้*

สารเคมี	ปริมาณ
สารลูมินอล (Luminol)	0.25 g
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide; NaOH)	2.5 g
3% ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide ; H_2O_2)	50 mL
น้ำกลั่น	50 mL

<u>การเตรียมสารละลายลูมินอล (Working Solution)</u> มีขั้นตอนดังนี้

ชั่งสารลูมินอล 0.25 g และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2.5 g ละลายด้วยน้ำกลั่น 50 mL และ เติม 3% ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 50 mL

3.4.3 <u>การเตรียมตัวอย่างถุงกระสอบ</u>

ตัดถุงกระสอบพลาสติกขนาดกว้าง 5 cm ยาว 5 cm ดังนี้

ตารางที่ 4 จำนวนตัวอย่างถุงกระสอบที่ใช้เป็นตัวควบคุม (*control*)

Negative (ถุงกระสอบ)				Positive
ไม่แช่ในน้ำชนิดต่าง ๆ	น้ำประปา	น้ำจากแหล่งน้ำสาธารณะ	น้ำทะเล	ตัวอย่างถุงกระสอบ + โลหิต
1	1	1	1	1

ตารางที่ 5 จำนวนตัวอย่างถุงกระสอบที่ใช้เป็นตัวอย่างถุงกระสอบ+โลหิต และตัวอย่างถุงกระสอบไม่มีโลหิต จากนำไปแช่ในน้ำชนิดต่าง ๆ ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน

จำนวนตัวอย่างถุงกระสอบ+โลหิต และนำไปแช่ในน้ำชนิดต่าง ๆ (ชิ้น)			
แหล่งน้ำ / ระยะเวลา (วัน)	น้ำประปา	น้ำจากแหล่งน้ำสาธารณะ	น้ำทะเล
1	3	3	3
3	3	3	3
5	3	3	3
7	3	3	3
14	3	3	3
21	3	3	3
30	3	3	3

3.5 วิธีการทดลอง และการวิเคราะห์ผลการตรวจคราบโลหิต

1. นำโลหิต ปริมาณ 0.1 mL หยดลง ตัวอย่างถุงกระสอบพลาสติกที่เตรียมในข้างต้น

2. นำตัวอย่างถุงกระสอบพลาสติกที่ทำการหยดโลหิตแล้วนั้น นำไปแช่น้ำต่าง ๆ ได้แก่ น้ำประปา น้ำจากแหล่งน้ำสาธารณะ และน้ำทะเล ในกล่องพลาสติกที่ทำการใส่น้ำต่าง ๆ ไว้ แช่ในระยะเวลา 1, 3, 5, 7, 14, 21 และ 30 วัน ดังตารางที่ 6

3. การตรวจหาคราบโลหิตในตัวอย่างถุงกระสอบพลาสติก ดังนี้

นำสารละลายลูมินอล (Working Solution) ใส่ในขวดสเปรย์ และสเปรย์ลงบนตัวอย่างกระสอบ ซึ่งลูมินอล เมื่อผสมกับตัวออกซิไดซ์ (oxidize) ที่เหมาะสมจะทำปฏิกิริยากับเหล็ก (Fe^{+}) ในโลหิต ทำให้เกิดการเรืองแสงสีฟ้า สามารถมองเห็นในที่มืดสนิท และถ่ายรูปด้วยกล้องดิจิตอล

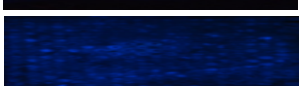
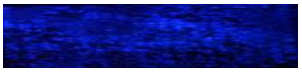
ตารางที่ 6 การตรวจหาคราบโลหิต

<table>
<tr><td colspan="8">สเปรย์สารละลายลูมินอล ทำในที่มืดสนิท + ถ่ายภาพ</td></tr>
<tr><td colspan="4">ตัวควบคุม (Control)</td><td colspan="4">ตัวอย่างถุงกระสอบ + เลือด และนำไปแช่ในน้ำชนิดต่าง ๆ</td></tr>
<tr><td colspan="3">Negative (ถุงกระสอบ)</td><td rowspan="2">Positive</td><td rowspan="2">แหล่งน้ำ
ระยะเวลา (วัน)</td><td rowspan="2">น้ำประปา</td><td rowspan="2">น้ำจากแหล่งน้ำสาธารณะ</td><td rowspan="2">น้ำทะเล</td></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td>น้ำประปา</td><td>น้ำจากแหล่งน้ำสาธารณะ</td><td>น้ำทะเล</td></tr>
<tr><td rowspan="8">ไม่แช่ในน้ำชนิดต่าง ๆ</td><td rowspan="8">✓</td><td rowspan="8">✓</td><td rowspan="8">✓</td><td rowspan="8">ตัวอย่างถุงกระสอบ + โลหิต ไม่มีการแช่ในน้ำชนิดต่าง ๆ</td><td>1</td><td>✓</td><td>✓</td><td>✓</td></tr>
<tr><td>3</td><td>✓</td><td>✓</td><td>✓</td></tr>
<tr><td>5</td><td>✓</td><td>✓</td><td>✓</td></tr>
<tr><td>7</td><td>✓</td><td>✓</td><td>✓</td></tr>
<tr><td>14</td><td>✓</td><td>✓</td><td>✓</td></tr>
<tr><td>21</td><td>✓</td><td>✓</td><td>✓</td></tr>
<tr><td>30</td><td>✓</td><td>✓</td><td>✓</td></tr>
</table>

4.การวิเคราะห์ผลการตรวจหาคราบโลหิต

นำภาพถ่ายเปรียบเทียบวิเคราะห์ผลการตรวจคราบโลหิตบนตัวอย่างกระสอบโดยเปรียบเทียบการปรากฏสีที่ได้จากการตรวจคราบโลหิตด้วยวิธี Luminol โดยกำหนดระดับการปรากฏสี 4 ระดับ ดังนี้

ตารางที่ 7 ระดับการปรากฏสีที่ได้จากการตรวจคราบโลหิตด้วยวิธีลูมินอล

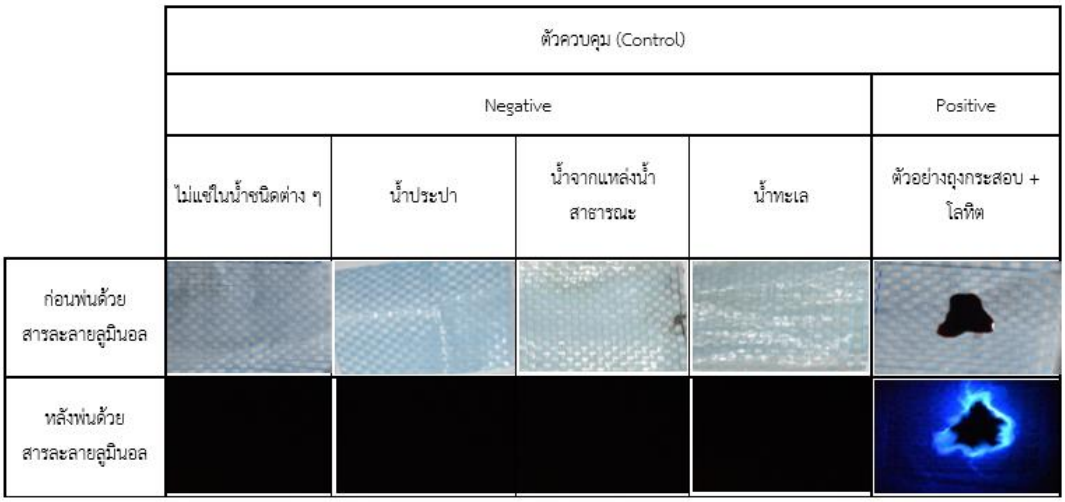
ระดับ	การปรากฏสี	
	การปรากฏสี	ตัวอย่างภาพลูมินอล
0	ไม่มีปรากฏสี	
1	ปรากฏสีเล็กน้อย	
2	ปรากฏสีปานกลาง	
3	ปรากฏสีอย่างชัดเจน	

การแปรผลการทดลอง ให้นำระดับการปรากฏสีบนกระสอบ นำมาหาค่าเฉลี่ยจะได้ระดับการปรากฏสีบนกระสอบพลาสติก ในการทดลองนี้ได้ทำ 3 ซ้ำ ซึ่งค่าเฉลี่ยจะเป็นตัวแทนของการปรากฏสีที่จำนวนต่าง ๆ โดยการบันทึกผลเป็น จำนวนเต็ม 0-3 ส่วนค่าเฉลี่ยที่เป็นตัวแทนการปรากฏสีที่จำนวนต่าง ๆ มีเลขทศนิยมให้ถือว่าการปรากฏสีอยู่ระหว่างระดับการปรากฏสีนั้น

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากผลการวิเคราะห์ การตรวจหาคราบโลหิตบนถุงกระสอบพลาสติกที่ถูกแช่ด้วยแหล่งน้ำต่าง ๆ ได้แก่ น้ำประปา น้ำจากแหล่งน้ำสาธารณะ และน้ำทะเล ด้วยวิธี Luminol ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Design) ซึ่งการศึกษานี้ดูจากลักษณะการเรืองแสงของคราบโลหิตที่ยังคงอยู่บนกระสอบพลาสติกเมื่อทดสอบด้วย Luminol ที่ระยะเวลา 1, 3, 5, 7, 14, 21 และ 30 วัน (ทำซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง) โดยปริมาณของโลหิตที่หยดลงบนกระสอบเป็น 0.1 mL จากนั้นทำการถ่ายภาพ และบันทึกผลใน 10 วินาที และนำค่าการปรากฏสี ที่เกิดจากการทำซ้ำ 3 ครั้ง ของตัวอย่างถุงกระสอบในแต่ละสภาวะ มาหาค่าเฉลี่ยระดับการปรากฏสี โดยให้บันทึกผลเป็นจำนวนเต็ม 0-3 ส่วนค่าเฉลี่ยระดับการปรากฏสีที่จำนวนต่าง ๆ มีเลขทศนิยมให้ถือว่าการปรากฏสีอยู่ระหว่างระดับการปรากฏสีนั้น

จากผลการทดลองการทำตัวแปรควบคุมเชิงลบ (Negative Control) และตัวแปรควบคุมเชิงบวก (Positive Control) ในสภาวะต่าง ๆ ของตัวอย่างถุงกระสอบพลาสติกที่มี และไม่มีคราบโลหิตอยู่ โดยทำการบันทึกภาพก่อนและหลังพ่นด้วยสารละลายลูมินอลเพื่อดูการเรืองแสงของคราบโลหิต และนำมาเปรียบเทียบกับการทดลองในงานวิจัยนี้ พบว่า ตัวแปรควบคุมเชิงลบ (Negative Control) ตัวอย่างถุงกระสอบพลาสติกที่ไม่ถูกแช่ในน้ำชนิดต่าง ๆ และตัวอย่างถุงกระสอบพลาสติกที่ถูกแช่ในน้ำชนิดต่าง ๆ ได้แก่ น้ำประปา น้ำจากแหล่งน้ำสาธารณะ และน้ำทะเล จะไม่ปรากฏการเรืองแสงเมื่อพ่นด้วยสารละลายลูมินอล และตัวแปรควบคุมเชิงบวก (Positive Control) ที่มีโลหิตบนตัวอย่างถุงกระสอบพลาสติกปรากฏการเรืองแสง เมื่อพ่นด้วยสารละลายลูมินอล ดังภาพที่ 10 ซึ่งหลักการทำกทำงานของลูมินอล (greelane, 2061) คือ ลูมินอลทำปฏิกิริยากับธาตุเหล็กในฮีโมโกลบินในเลือด เมื่อผสมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทำให้เกิดการเรืองแสงเป็นสีน้ำเงินเข้ม ซึ่งสามารถมองเห็นได้ชัดเจนแม้ในสถานที่มืด หรือ chemiluminescence และจากผลการทดลองโดยการแช่ถุงกระสอบที่ไม่มีการหยดโลหิต ในน้ำชนิดต่าง ๆ ในระยะเวลาที่กำหนดพบว่า ตรวจไม่พบการเรืองแสงเมื่อพ่นด้วยสารละลายลูมินอลแต่อย่างใด ดังภาพที่ 11



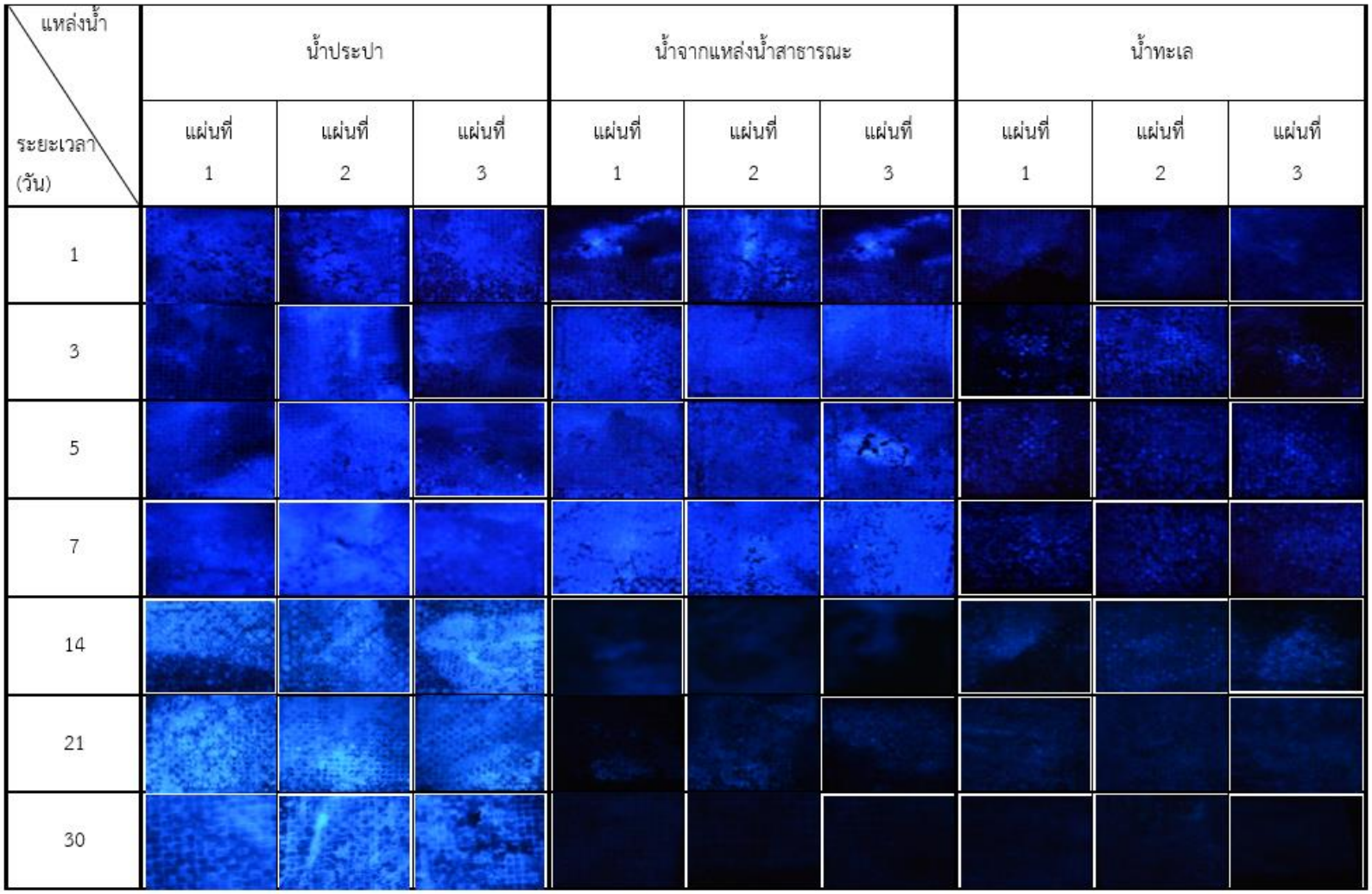
ภาพที่ 10 การเรืองแสงของตัวอย่างถุงกระสอบ แสดงตัวแปรควบคุมเชิงลบ (Negative Control) และตัวแปรควบคุมเชิงบวก (Positive Control) ภายใต้สภาวะต่าง ๆ ก่อนพ่นด้วยสาละลายลูมินอล และหลังพ่นสารละลายลูมินอล

จากผลการทดลองพบว่าในตัวอย่างถุงกระสอบที่มีการหยดโลหิต และถูกแช่ในน้ำประปาเป็นระยะเวลาที่ 1, 3, 5, 7, 14, 21 และ 30 วัน พบว่ายังปรากฏการเรืองแสงเมื่อทำการพ่นด้วนสารลายลูมินอล ซึ่งต่างจากในแหล่งน้ำสาธารณะ และน้ำทะเล พบว่าการปรากฏการเรืองแสง ลดลงที่วันที่ 14 และ 21 จนเมื่อครบวันที่ 30 ตรวจไม่พบการเรืองแสงเมื่อทำการพ่นด้วยสารละลายลูมินอล ดังภาพที่ 12

เมื่อทำการบันทึกผลการทดลองที่เกิดขึ้น มาแปรผลการทดลอง โดยการแสดงระดับการปรากฏสีจากการเรืองแสงบนกระสอบ โดยมีการให้ค่าระดับการปรากฏสี คือ ไม่มีการปรากฏสี ให้ค่าระดับการปรากฏสีเป็น 0 ปรากฏสีเล็กน้อย ให้ค่าระดับการปรากฏสีเป็น 1 ปรากฏสีปานกลาง ให้ค่าระดับการปรากฏสี เป็น 2 และ ปรากฏสีอย่างชัดเจน ให้ค่าระดับการปรากฏสี เป็น 3 จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยระดับการปรากฏสีบนกระสอบพลาสติก ในการทดลองนี้ได้ทำ 3 ซ้ำซึ่งคิดเป็นค่าเฉลี่ยของระดับการปรากฏสีของถุงกระสอบทั้ง 3 ชิ้น ในน้ำประปา น้ำจากแหล่งน้ำสาธารณะ และน้ำทะเล ในระยะเวลาที่ 1, 3, 5, 7, 14, 21 และ 30 วัน ดังตารางที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ยระดับการปรากฏสีการเรืองแสงของโลหิตบนตัวอย่างกระสอบหลังแช่ในน้ำต่างชนิดกันที่ระยะเวลาต่าง ๆ หลังทดสอบด้วยสารละลายลูมินอล

แหล่งน้ำ / ระยะเวลา (วัน)	น้ำประปา			น้ำจากแหล่งน้ำสาธารณะ			น้ำทะเล		
	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 3	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 3	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 3
1									
3									
5									
7									
14									
21									
30									

ภาพที่ 11 การปรากฏสีการเรืองแสงบนตัวอย่างกระสอบหลังแช่ในน้ำต่างชนิดกันที่ระยะเวลาต่าง ๆ หลัง ทดสอบด้วยสารละลายลูมินอล

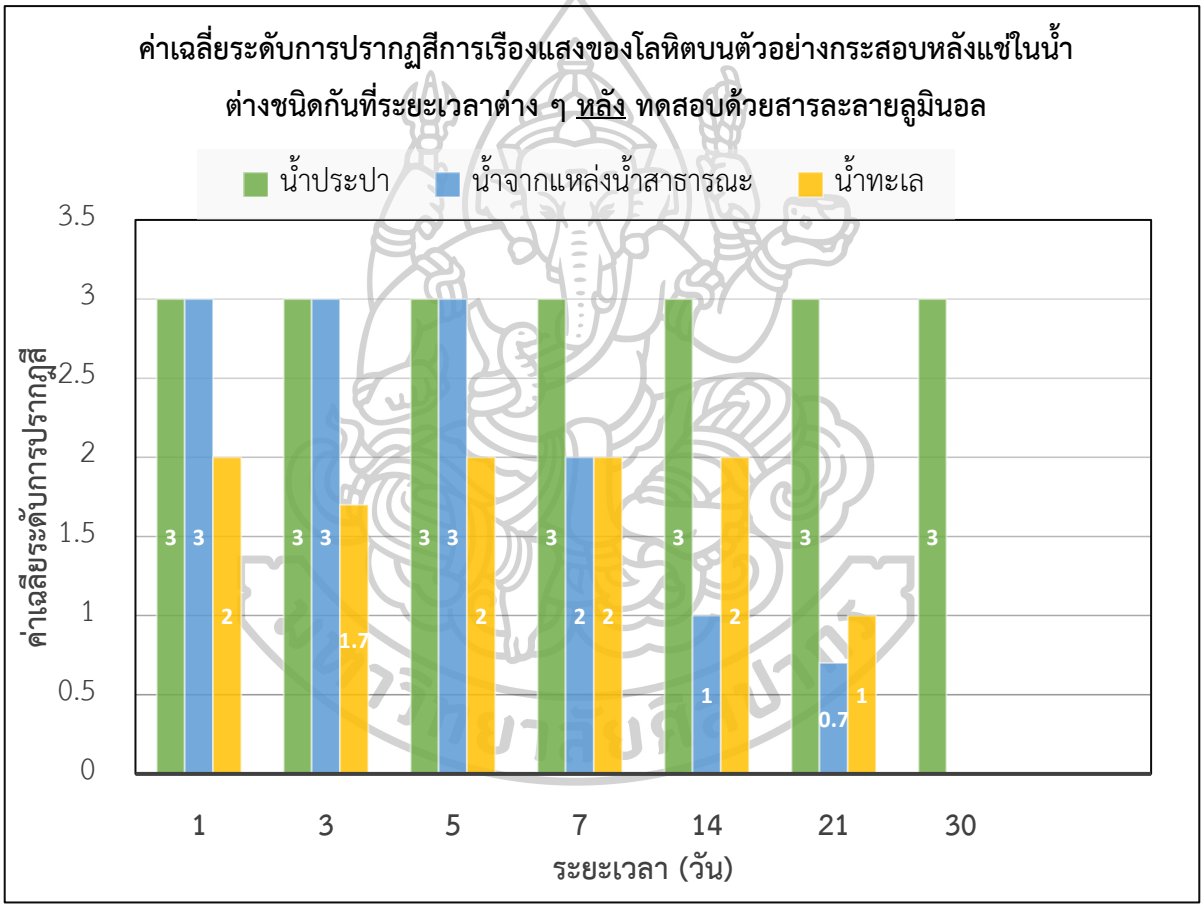


ภาพที่ 12 การปรากฏสีการเรืองแสงของโลหิตบนตัวอย่างกระสอบหลังแช่ในน้ำต่างชนิดกันที่ระยะเวลาต่าง ๆ หลัง ทดสอบด้วยสารละลายลูมินอล

ตารางที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ยระดับการปรากฏสีการเรืองแสงของโลหิตบนตัวอย่างกระสอบหลังแช่ในน้ำต่างชนิดกันที่ระยะเวลาต่าง ๆ หลัง ทดสอบด้วยสารละลายลูมินอล

แหล่งน้ำ / ระยะเวลา (วัน)	น้ำประปา				น้ำจากแหล่งน้ำสาธารณะ				น้ำทะเล			
	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 3	**ค่าเฉลี่ย**	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 3	**ค่าเฉลี่ย**	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 3	**ค่าเฉลี่ย**
1	3	3	3	**3**	3	3	3	**3**	2	2	2	**2**
3	3	3	3	**3**	3	3	3	**3**	2	2	1	**1.7**
5	3	3	3	**3**	3	3	3	**3**	2	2	2	**2**
7	3	3	3	**3**	2	2	2	**2**	2	2	2	**2**
14	3	3	3	**3**	1	1	1	**1**	2	2	2	**2**
21	3	3	3	**3**	0	1	1	**0.7**	1	1	1	**1**
30	3	3	3	**3**	0	0	0	**0**	0	0	0	**0**

จากนั้นเมื่อนำค่าเฉลี่ยระดับการปรากฏสีการเรืองแสงของโลหิตบนตัวอย่างกระสอบหลังแช่ในน้ำต่างชนิดกันที่ระยะเวลาต่าง ๆ หลังทดสอบด้วยสารละลายลูมินอล และสร้างกราฟค่าเฉลี่ยระดับการปรากฏสีกับ ระยะเวลา พบว่ากราฟที่แสดงน้ำจากแหล่งน้ำสาธารณะ และน้ำทะเล มีแนวโน้มระดับการปรากฏสีลดลงเมื่อเวลาผ่านไป จนครบวันที่ 30 ระดับการปรากฏสีมีค่าเฉลี่ยเป็น 0 ซึ่งแสดงว่า ไม่ปรากฏสี แต่ในส่วนของน้ำประปา ยังคงปรากฏสี และค่าเฉลี่ยระดับการปรากฏสี เป็น 3 ในระยะเวลาต่าง ๆ ดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 กราฟค่าเฉลี่ยระดับการปรากฏสีการเรืองแสงของโลหิตบนตัวอย่างกระสอบหลังแช่ในน้ำต่างชนิดกันที่ระยะเวลาต่าง ๆ หลัง ทดสอบด้วยสารละลายลูมินอล

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป และอภิปรายผล

จากผลการทดลองพบว่า ความคงอยู่ของคราบโลหิตบนตัวอย่างถุงกระสอบพลาสติกที่ถูกแช่ในน้ำทะเล มีแนวโน้มจากตรวจหาคราบโลหิตด้วยวิธีลูมินอลลดลงเมื่อถูกแช่ในระยะเวลาที่นานขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อเทียบกับในน้ำจากแหล่งน้ำสาธารณะ และน้ำประปา เนื่องจากน้ำทะเลมีองค์ประกอบและคุณสมบัติที่แตกต่างจากน้ำจืด (น้ำจากแหล่งน้ำสาธารณะ และน้ำประปา) อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งส่งผลให้ DNA ในเลือดสลายตัวได้เร็วขึ้น มีสาเหตุหลักดังนี้

1.ความเค็ม (Salinity): น้ำทะเลมีปริมาณเกลือสูง ซึ่งสามารถทำให้เซลล์แตกและทำลาย DNA ได้ง่ายขึ้น เกลือยังสามารถสร้างปัญหาในการทำ PCR โดยการยับยั้งเอนไซม์ที่จำเป็นสำหรับกระบวนการขยาย DNA

2.สารละลายที่มีปฏิกิริยาทางเคมี (Chemical Reactivity): น้ำทะเลมีสารละลายทางเคมีที่หลากหลาย ซึ่งรวมถึงแร่ธาตุและสารประกอบอินทรีย์ที่สามารถทำปฏิกิริยากับ DNA และทำให้เกิดการสลายตัว

3.เอนไซม์และจุลินทรีย์ (Enzymes and Microorganisms): น้ำทะเลเป็นแหล่งของเอนไซม์และจุลินทรีย์หลายชนิดที่สามารถย่อยสลาย DNA ได้ เอนไซม์ที่มาจากจุลินทรีย์เหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการเร่งกระบวนการสลายตัวของ DNA

3.สภาวะทางกายภาพ (Physical Conditions): การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและการเคลื่อนที่ของน้ำทะเลสามารถเพิ่มการสลายตัวของ DNA ได้ นอกจากนี้ การเคลื่อนที่ของน้ำยังสามารถทำให้รอยเปื้อนถูกชะล้างออกได้เร็วขึ้น

4.การแช่น้ำเป็นเวลานาน: การแช่น้ำสามารถทำให้คราบเลือดละลายและสูญเสียไปบางส่วน และความเข้มข้นของเลือดที่เหลืออาจต่ำจนทำให้การตรวจพบยากขึ้น

และจากผลการทดลองการตรวจคราบโลหิตบนตัวอย่างถุงกระสอบที่ถูกแช่ในน้ำประปา เมื่อตรวจคราบโลหิตด้วยวิธีลูมินอลนั้น เมื่อวลาผ่านไปพบยังสามารถตรวจพบคราบโลหิตอยู่เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำทะเลและน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาตินั้น เนื่องจากมีปัจจัยหลักดังนี้

1.ความเค็มและสารละลายในน้ำประปาต่ำกว่า: น้ำประปามีความเค็มและสารละลายน้อยกว่าน้ำทะเล ซึ่งหมายความว่าน้ำประปามีความสามารถในการรักษาความเสถียรของ DNA

ได้ดีกว่า สารละลายเกลือสูงในน้ำทะเลสามารถทำลายเซลล์และ DNA ได้อย่างรวดเร็ว ในขณะที่น้ำประปามีความเค็มต่ำกว่าจึงไม่ทำให้ DNA สลายตัวเร็วเท่าน้ำทะเล

2.การมีจุลินทรีย์และเอนไซม์ที่ย่อยสลาย DNA ต่ำกว่า: น้ำประปามีการผ่านกระบวนและฆ่าเชื้อ ทำให้ปริมาณจุลินทรีย์และเอนไซม์ที่สามารถย่อยสลาย DNA มีน้อยกว่าน้ำทะเล น้ำทะเลมีจุลินทรีย์และเอนไซม์ DNase ที่สามารถย่อยสลาย DNA ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าน้ำประปา

3.ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีเสถียรภาพมากกว่า: น้ำประปามีอุณหภูมิและ pH ที่มีเสถียรภาพมากกว่าเมื่อเทียบกับน้ำทะเลหรือน้ำจืดในธรรมชาติความสมบูรณ์ได้ดีกว่าในน้ำประปา น้ำทะเลมีความเคลื่อนไหวและการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสูง ซึ่งสามารถเร่งการสลายตัวของ DNA ได้

4.การมีสารยับยั้งการย่อยสลายของ DNA: น้ำประปาอาจมีสารคลอรีนหรือสารเคมีอื่น ๆ ที่สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ย่อยสลาย DNA ได้ ซึ่งทำให้ DNA ในเลือดยังคงมีอยู่ในน้ำประปาได้นานขึ้น

ทั้งหมดนี้ทำให้ DNA ในเลือด สลายตัวได้รวดเร็วและยากต่อการกู้คืนในน้ำทะเลมากกว่าน้ำจืด (น้ำจากแหล่งน้ำสาธารณะ และน้ำประปา) ซึ่งน้ำประปาสามารถรักษา DNA จากเลือดได้ดีกว่าน้ำทะเลและน้ำจืด(น้ำจากแหล่งน้ำสาธารณะ และน้ำประปา) ทำให้การตรวจพบเลือดในน้ำประปาเป็นไปได้ง่ายกว่า (Chipuriro et al., 2022; Saito & Doi, 2564; Wu & Minamoto, 2566) และจากการทดลองพบว่าน้ำประปาไม่ส่งผลต่อการเรืองแสงของลูมินอลอย่างมีนัยสำคัญ

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการทดลองนี้เป็นการศึกษาการตรวจหาคราบโลหิตที่ยังคงอยู่บนถุงกระสอบพลาสติกที่แช่อยู่ในน้ำชนิดต่าง ๆ ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน เพื่อผลของการเปรียบเทียบระยะเวลาและน้ำชนิดต่างๆ ในการคงอยู่ของคราบโลหิต ดังนั้นควรศึกษาถุงกระสอบชนิดอื่นเพิ่มอีก และทำการเพิ่มระยะเวลาการทดลอง รวมถึงในการทดลองนี้เป็นทดลองในสภาวะปิด ซึ่งเป็นข้อจำกัดของการทดลองนี้ คือเป็นการเก็บตัวอย่างน้ำในกล่องพลาสติก แต่เนื่องด้วยแหล่งน้ำต่าง ๆ เช่น น้ำคลอง น้ำทะเล หรือแหล่งน้ำสาธารณะ จะมีการไหลเวียนของน้ำตลอดเวลา และควรมีการตรวจวัดค่าของน้ำเพื่อให้ทราบปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการคงอยู่ของคราบโลหิตเพิ่มเติม

รายการอ้างอิง

AmarinTV. (2566). เมียเข่าทรุด พบศพผัวถูกฆ่ายัดกระสอบ ทิ้งสระน้ำ. ขอนแก่น. สำนักข่าวอัมรินทร์. https://www.amarintv.com/news/detail/184294

Borde, Y. M., Tonnanya, M. B., & Champodb, C. (2551). A Study on the Effects of Immersion in River Water

and Seawater on Blood, Saliva, and Sperm Placed on

Objects Mimicking Crime Scene Exhibits. *Canadian Society of Forensic Science Journal*, *41*(3), 149-163.

CDC. (2022). *Water Treatment*. https://www.cdc.gov/healthywater/drinking/public/water_treatment.html

Chipuriro, J., Faiq, M., Li, Z., & Chen, G. (2022). Persistence and degradation dynamics of eDNA affected by environmental factors in aquatic ecosystems. *Hydrobiologia*, *849*. https://doi.org/10.1007/s10750-022-04959-w

EPA. (2023). *Drinking Water Requirements for States and Public Water Systems*. https://www.epa.gov/dwreginfo/drinking-water-regulations

greelane. (2061). วิธีใช้ *Luminol* เพื่อทดสอบเพื่อตรวจหาเลือด. https://shorturl.at/KUDJc

Helmus, J., Zorell, S., & Poetsch1, T. B. (2560). Persistence of DNA on clothes after exposure to water for different

time periods—a study on bathtub, pond, and river. *International Journal of Legal Medicine*. https://doi.org/DOI 10.1007/s00414-017-1695-2

Jain, P., & Singh, H. P. (2527). Detection and Origin of Blood Stains on Various

Types of Cloth Immersed in Water for a Prolonged

Period. *Canadian Society of Forensic Science Journal*, *7*(2), 58-61.

Joanne L. Webb, J. I. C. a. T. I. Q. (2549). A comparison of the presumptive luminol test for blood

with four non-chemiluminescent forensic techniques. *Luminescence*, *21*(4), 214-220.

Jonathan Finnis , J. L., Andrew Davidson. (2556). Comparison of methods for visualizing

blood. *science & Justice*, *53*, 178-186.

KACHA. (2564). น้ำประปาในบ้านเป็นแบบใด. https://shorturl.asia/R0EdM

PPTVonline. (2562). บชิ้นส่วน “ศพ” ถูกหั่น ยัดกระสอบ ที่อยุธยา. อยุธยา. PPTV. https://citly.me/8x4R6

Saito, T., & Doi, H. (2564). Effect of salinity and water dilution on environmental DNA degradation in freshwater environments. *bioRxiv*, 2021.2005.2024.445344. https://doi.org/10.1101/2021.05.24.445344

SVpolysack. (2566). กระสอบ คืออะไร ใช้วัสดุอะไรในการผลิต. https://svpolysack.com/sack-is/

Valentina Brenzini, R. P. (2561). A comparison study of the detection of bloodstains on painted

and cleaned surfaces with luminol. *Forensic Science International*, *289*, 75-82.

WHO. (2560). *Guidelines for drinking-water quality, 4th edition, incorporating the 1st addendum* (4 ed.).

Wu, Q., & Minamoto, T. (2566). Improvement of recovery yield of macro-organismal environmental DNA from seawater samples. *Analytical Sciences*, *39*(5), 713-720. https://doi.org/10.1007/s44211-023-00280-1

ข่าวช่อง8. (2564). สยอง!! พบศพขาดครึ่งท่อน ยัดกระสอบลอยเกยหาด. ข่าวช่อง 8. https://www.facebook.com/thaich8news/photos/a.669583609756567/4024662557581972/?type=3

เจริญขวัญ, ร. พ. พ. (2557). ความลับของเม็ดเลือดแดงตอนที่ 2 สิ่งเล็ก ๆ ที่เรียกว่าฮีโมโกลบิน. ธาลัสซิเมีย.

แช่มสุวรรณวงศ์และคณะ, อ. (2552). นิติวิทยาศาสตร์ *1* เพื่อการสืบสวนสอบสวน. บริษัท จี.บี.พี.เซ็นเตอร์ จากัด กรุงเทพฯ.

ไชยสมบูรณ์, ช. (2555). การทดสอบ Kastle-Meyer และการประยุกต์ใช้ในทางวิทยาศาสตร์การแพทย์. วารสารนิติเวชศาสตร์ *4*(4), 65-77.

ไทยรัฐออนไลน์. (2557). พบศพหนุ่มนิรนามถูกฆ่ายัดกระสอบ โยนทิ้งน้ำเขตคลองเตย. ไทยรัฐ. https://www.thairath.co.th/news/local/bangkok/446449

ธรรมวรรณา, ส. (2562). การตรวจสอบความคงอยู่ของคราบเลือดบนผิวดินโดยวิธีทดสอบลูมินอล [วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร].

บุญธรรม, ส., ชูสกุลเกรียง, ศ., & ศุภลักษณนารีย์, ศ. (2567). การตรวจความคงอยู่ของคราบเลือดบน

พื้นผิวไม้ชนิดต่าง ๆ ด้วยวิธีทดสอบลูมินอล วารสาริชาการสมาคมอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย,

ปันทา, อ., มั่นเกษวิทย์, ก., ชโยทัย, ณ., & บุญฤกษ์, พ. (2565). การตรวจสอบคราบโลหิตของมนุษย์บนผ้าที่ผลิตจากเส้นใยธรรมชาติ เส้นใยสังเคราะห์ และเส้นใยผสมด้วยวิธีบลูสตาร์. วารสารวิชาการอาชญาวิทยาและนิติวิทยาศาสตร์, *8*(1), 17-30.

พรชัย, พ. (2566). เลือด. www.student.chula.ac.th/~60370416/Platelet.html

พร้อมพรชัย, เ. (2566). เลือด. http://www.student.chula.ac.th/~60370416/Platelet.html

พันธศรี, ผ. ศ. (2549). การพิสูจน์คราบโลหิต. วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่, *39*(3), 25-28.

พินิตา กรทอง, ส. ป. แ. พ. (2558). เปรียบเทียบการตรวจคราบโลหิตโดยวิธี *Kastle-Meyer, Luminol* และ *Bluestar*®

บนพื้นผิวที่มีรูพรุนและไม่มีรูพรุน การจัดประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 5,

ภคกษมา, น. (2558). การปลูกถ่ายเซลล์ต้นกำเนิดเม็ดโลหิต.

สมบุรุษ, น. (2561). ปฏิสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับวิธีการทาความสะอาดคราบเลือดที่มีผลต่อการ

ตรวจหาคราบเลือดด้วยวิธี*Luminol* และ*Bluestar* มหาวิทยาลัยศิลปากร].

สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา. (2561). ทรัพยากรน้ำ. https://shorturl.asia/FtvN1

สำนักงานตำรวจแห่งชาติ. (2563). สถิติฐานความผิดคดีอาญา(คดี *4* กลุ่ม)หน่วยงานทั่วประเทศ. https://citly.me/XcoUb

สำนักงานตำรวจแห่งชาติ. (2564). สถิติฐานความผิดคดีอาญา (คดี *4* กลุ่ม) หน่วยงานทั่วประเทศ. https://citly.me/mZvPY

สำนักงานตำรวจแห่งชาติ. (2565). สถิติฐานความผิดคดีอาญา (คดี *4* กลุ่ม) หน่วยงานทั่วประเทศ. https://citly.me/no8u1

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, & (ม.ป.ป.). กระสอบพลาสติก (*Woven plastic film tape sack)*. https://packaging.oie.go.th/new/admin_control_new/html-demo/file_technology/3574219860.pdf

อ่อนสี, น. (2557). เอกสารประกอบการสอน รายวิชา สมุทธศาสตร์ฟิสิกส์. https://shorturl.asia/YJdvD

เอ็นเตอร์ไพรส์จำกัด, บ. เ. (2561). ขั้นตอนการผลิตน้ำประปา. https://shorturl.asia/jAw82

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล ร้อยตำรวจเอกหญิง เฉลิมพร มหาดิลกรัตน์

วุฒิการศึกษา ปี 2557 สำเร็จการศึกษา วิทยาศาสตรบัณฑิต(เคมี)
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย