การเปรียบเทียบการกระจายตัวของเขม่าปืนเมื่อยิงด้วยปืนลูกโม่เทียบกับปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติ เมื่อยิงในระยะที่ต่างกัน

โดย
ว่าที่ร้อยตำรวจเอกหญิงศิริกานต์ พูลพิพัฒน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2
มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2567
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

การเปรียบเทียบการกระจายตัวของเขม่าปืนเมื่อยิงด้วยปืนลูกโม่เทียบกับปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติ เมื่อยิงในระยะที่ต่างกัน

โดย
ว่าที่ร้อยตำรวจเอกหญิงศิริกานต์ พูลพิพัฒน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2
มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2567
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

COMPARISON OF GSR DISPERSION FIRED BY A REVOLVER COMPARED TO A SEMI-AUTOMATIC PISTOL WHEN FIRED AT DIFFERENT DISTANCES

By

Acting Police Captain Sirikan POONPIPAT

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for Master of Science (FORENSIC SCIENCE)

Academic Year 2024

Copyright of Silpakorn University

หัวข้อ	การเปรียบเทียบการกระจายตัวของเขม่าปืนเมื่อยิงด้วยปืนลูกโม่เทียบกับปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติ เมื่อยิงในระยะที่ต่างกัน
โดย	ว่าที่ร้อยตำรวจเอกหญิงศิริกานต์ พูลพิพัฒน์
สาขาวิชา	นิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	อาจารย์ ดร. ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ ดร. ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

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

พิจารณาเห็นชอบโดย

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

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

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

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

630720050 : นิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2
คำสำคัญ : อาวุธปืน, อาวุธปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติ, เขม่าปืน

ว่าที่ร้อยตำรวจเอกหญิง ศิริกานต์ พูลพิพัฒน์: การเปรียบเทียบการกระจายตัวของเขม่าปืนเมื่อยิงด้วยปืนลูกโม่เทียบกับปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติ เมื่อยิงในระยะที่ต่างกัน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : อาจารย์ ดร. ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี

การกระจายตัวของเขม่าปืนมีความสำคัญในการระบุชนิดและระยะของการยิงปืน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการกระจายตัวของเขม่าปืน โดยอาวุธปืนที่ใช้ในการทดลองคืออาวุธปืนลูกโม่และอาวุธปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติ ทำการยิงปืนที่ระยะต่างกัน ได้แก่ ระยะสัมผัสเป้า, 15 cm, 1 m และ 3 m ห่างจากเป้า ทำการตรวจหาธาตุตะกั่วในเขม่าปืนที่เกิดจากการยิงปืน ด้วยวิธี Sodium Rhodizonate test ใน Potassium Chloride buffer pH 1.0 ซึ่งเป็นวิธีที่รวดเร็วและมีความจำเพาะต่อการตรวจหาธาตุตะกั่ว

ผลการวิจัยพบว่าการกระจายตัวของเขม่าปืนที่เกิดจากการยิงอาวุธปืนลูกโม่ที่ระยะสัมผัสเป้า, 15 cm, 1 m และ 3 m มีระยะการกระจายตัวของเขม่าปืนเฉลี่ย 2.36, 7.48, 0.48 และ 0.50 cm ตามลำดับ และการกระจายตัวของเขม่าปืนที่เกิดจากการยิงอาวุธปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติที่ระยะสัมผัสเป้า, 15 cm, 1 m และ 3 m มีระยะการกระจายตัวของเขม่าปืนเฉลี่ย 3.86, 13.91, 0.46 และ 0.53 cm ตามลำดับ งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าอาจสามารถนำมาใช้ในทางนิติวิทยาศาสตร์ได้

มหาวิทยาลัยศิลปากร

630720050 : Major (FORENSIC SCIENCE)
Keyword : firearms, semi-automatic pistol, gunshot residue(gsr)

Acting Police Captain Sirikan POONPIPAT : Comparison of GSR dispersion fired by a revolver compared to a semi-automatic pistol when fired at different distances Thesis advisor : Supachai Supalaknari

The distribution of gunshot residue is important for identifying the type and distance of a gunshot. This research aims to compare the distribution of gunshot residue using revolvers and semi-automatic pistols in the experiment. The gunshots were fired at different distances: close range, 15 cm, 1 m, and 3 m from the target. Gunshot residue was analyzed for lead content using the Sodium Rhodizonate test in a Potassium Chloride buffer at pH 1.0, which is a rapid and specific method for detecting lead.

The results of the study showed that the distribution of gunshot residue from revolver shots at close range, 15 cm, 1 m, and 3 m had average spread distances of 2.36, 7.48, 0.48 and 0.50 cm, respectively. For semi-automatic pistol shots at the same distances, the average spread distances of the gunshot residue were 3.86, 13.91, 0.46 and 0.53 cm, respectively. This research demonstrates that the findings may be applicable in forensic science.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องด้วยความอนุเคราะห์จากผู้มีพระคุณทั้งหลายที่กรุณาสละเวลาให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และสนับสนุนเป็นอย่างดียิ่งในการทำงานวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และอาจารย์ ดร.ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยาพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษา ตรวจสอบงานและแก้ไขข้อบกพร่อง ให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยรู้สึกทราบซึ้ง และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.อรทัย เขียวพุ่ม ประธานกรรมการ และ รศ.ดร.ยุภาพร สมีน้อย กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ได้สละเวลาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ และให้คำแนะนำเพิ่มเติมให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ พันตำรวจเอกหญิงทัศนีย์ ขวัญพรหม นักวิทยาศาสตร์ (สบ4) พิสูจน์หลักฐาน จังหวัดพัทลุง ที่กรุณาให้ใช้ห้องปฏิบัติการและเครื่องมือของหน่วยงาน สำหรับการทำการทดลอง

ขอขอบคุณ ร้อยเอกอารยะ รัตนมุณี นายสนามยิงปืนค่ายวชิราวุธ กองทัพภาคที่ 4 จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่สละเวลาช่วยเหลือและให้คำปรึกษา

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่สนามยิงปืนบุญประเสริฐPK จังหวัดพัทลุง ที่สละเวลาและช่วยในงานวิทยานิพนธ์นี้

ขอขอบคุณ นักวิทยาศาสตร์ (สบ1) พิสูจน์หลักฐานจังหวัดพัทลุง ที่สละเวลาและช่วยในงานวิทยานิพนธ์นี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณครอบครัว และเพื่อนๆ ที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจเสมอมา และขอกราบขอบพระคุณผู้ที่ไม่ได้เอ่ยนามซึ่งมีส่วนช่วยเหลือในงานวิทยานิพนธ์จนประสบความสำเร็จไปได้ด้วยดี

ศิริกานต์ พูลพิพัฒน์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูปภาพ ..... ญ

บทที่ 1 1

บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 สมมติฐานของการวิจัย 2

1.4 ขอบเขตของการวิจัย 3

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ 3

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 5

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 นิติวิทยาศาสตร์กับงานสืบสวนสอบสวน 5

2.2 อาวุธปืนและเครื่องกระสุนปืน 8

2.3 การกระจายตัวของเขม่าปืน 11

2.4 วิธีทดสอบโซเดียม โรไดโซเนต (Sodium Rhodizonate test) 12

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 14

2.5.1 งานวิจัยในประเทศ 14
2.5.2 งานวิจัยต่างประเทศ 16
บทที่ 3 23
วิธีการดำเนินการวิจัย 23
3.1 วิธีดำเนินการวิจัย 23
3.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย 23
3.3 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย 24
3.4 การทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล 25
บทที่ 4 28
ผลการทดลอง 28
บทที่ 5 33
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 33
5.1 สรุป และอภิปรายผล 33
5.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัย 33
รายการอ้างอิง 35
ภาคผนวก 39
ประวัติผู้เขียน 52

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยการกระจายตัวของตะกั่วในเขม่าปืนที่เกิดจากการยิงในแต่ละระยะ (ค่าเฉลี่ย, n=3)..... 31

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 องค์ประกอบหลัก 5 ส่วน ของอาวุธปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติ 1.ลำกล้อง (Barrel), 2.โครงปืน (Receiver), 3.เครื่องปิดท้าย (Breech block), 4.เครื่องลั่นไก (Firing mechanism) และ 5.เครื่องป้อนกระสุน 9

ภาพที่ 2 ปืนลูกโม่ (Revolver) 9

ภาพที่ 3 ปืนพกกึ่งอัตโนมัติ (Semi-automatic pistol) 10

ภาพที่ 4 องค์ประกอบของกระสุนปืน 11

ภาพที่ 5 โครงสร้างของ Rhodizonic acid 12

ภาพที่ 6 โครงสร้างของโซเดียม โรไดโซเนต (Sodium Rhodizonate structure) 13

ภาพที่ 7 ปฏิกิริยาระหว่าง Sodium Rhodizonate กับตะกั่ว เกิดเป็น Lead Rhodizonate 14

ภาพที่ 8 อาวุธปืนลูกโม่ ขนาด .357 ยี่ห้อ Smith&Wesson รุ่น .357 MAGNUM 24

ภาพที่ 9 อาวุธปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติ ขนาด 9 mm ยี่ห้อ Glock19 gen5 25

ภาพที่ 10 วิธีวิจัย 26

ภาพที่ 11 ขณะที่ได้ทำการทดลองยิง ที่สนามยิงปืนบุญประเสริฐญPK จ.พัทลุง 26

ภาพที่ 12 ลักษณะการวางกล้องถ่ายภาพ 27

ภาพที่ 13 การวัดการกระจายตัวของเขม่าปืน 27

ภาพที่ 14 ผ้าดิบเปล่าที่ใช้เป็นตัวอย่างควบคุม A ผ้าดิบเปล่า, B เมื่อพ่นสารละลายอิ่มตัว Sodium Rhodizonate และ C ผ้าที่ผ่านการพ่นสารละลายอิ่มตัว Sodium Rhodizonate แล้วตามด้วยการพ่นสารละลาย Potassium Chloride buffer pH 1.0 28

ภาพที่ 15 การตรวจหาตะกั่วในเขม่าปืนด้วยวิธีทดสอบโซเดียม โรไดโซเนต เมื่อทำการทดลองยิงด้วยปืนลูกโม่ (Revolver) ที่ระยะยิง a) ระยะสัมผัสเป้า, b) 15 cm, c) 1 m 29

ภาพที่ 16 การตรวจหาตะกั่วในเขม่าปืนด้วยวิธีทดสอบโซเดียม โรไดโซเนต เมื่อทำการทดลองยิงด้วยปืนพกกึ่งอัตโนมัติ (Semi-automatic pistol) ที่ระยะยิง a) ระยะสัมผัสเป้า, b) 15 cm, c) 1 m และ d) 3 m 30

ภาพที่ 17 กราฟแสดงการกระจายตัวของเขม่าปืน โดยแกน y คือ ค่าเฉลี่ยการกระจายตัวของเขม่าปืน (cm) และแกน x คือ ระยะยิง (m) เมื่อทำการยิงที่ระยะสัมผัสเป้า, 15 cm, 1 m และ 3 m.... 31

ภาพที่ 18 แสดงระยะการกระจายตัวของเขม่าปืน (cm) --- ระยะสัมผัสเป้า --- 15 cm --- 1 m --- 3 m (a) อาวุธปืนลูกโม่ (b) อาวุธปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติ 32

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันกองแผนงานอาชญากรรม สำนักงานยุทธศาสตร์ตำรวจ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ ได้แบ่งฐานความผิดคดีอาญาออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ 1.ฐานความผิดเกี่ยวกับชีวิต ร่างกาย และเพศ 2.ฐานความผิดเกี่ยวกับทรัพย์ 3.ฐานความผิดพิเศษ 4.คดีความผิดที่รัฐเป็นผู้เสียหาย (สำนักงานตำรวจแห่งชาติ, 2566) และจากการวิเคราะห์สถิติการรับแจ้งคดีอาญาของตำรวจ เมื่อเปรียบเทียบสถิติระหว่างปี พ.ศ.2564 กับ พ.ศ.2565 พบว่าการก่อความผิดมีแนวโน้มสูงขึ้นทั้ง 4 กลุ่ม (สำนักงานกิจการยุติธรรม, 2565) จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่าการก่ออาชญากรรมมีหลายรูปแบบที่แตกต่างกัน และอาวุธที่คนร้ายเลือกใช้ก็จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับรูปแบบของอาชญากรรม ซึ่งอาวุธปืนเป็นหนึ่งในอาวุธที่คนร้ายนิยมนำมาใช้เพื่อก่อเหตุ การตรวจสถานที่เกิดเหตุในหลายๆคดีการประมาณระยะยิงสามารถใช้ในการระบุตำแหน่งของคนร้าย อีกทั้งยังช่วยในเรื่องการค้นหาวัตถุพยาน ในกรณีที่สถานที่เกิดเหตุเป็นบริเวณกว้างการประมาณระยะยิงจะช่วยให้เจ้าหน้าที่วางแผนการค้นหาวัตถุพยานได้ดียิ่งขึ้น ทั้งวัตถุพยานที่เกี่ยวกับอาวุธปืนและเครื่องกระสุน ซึ่งจะโยงไปถึงอาวุธปืนที่ใช้ในการก่อเหตุ วัตถุพยานที่เกี่ยวกับสารพันธุกรรม รอยเท้า รอยลายนิ้วมือและฝ่ามือแฝง หรือวัตถุพยานอื่นๆ ซึ่งจะโยงไปถึงตัวผู้กระทำความผิดได้ ข้อมูลที่กล่าวมานี้เป็นประโยชน์ต่อการสืบสวนสอบสวนของเจ้าหน้าที่ตำรวจ โดยในการยิงปืนแต่ละครั้งจะมีส่วนที่เหลือจากการเผาไหม้ของ 1. แก๊ปปืน (Primer) 2. ดินขับกระสุนปืน (Propellant) 3. มาจากส่วนอื่นๆ ซึ่งเรียกว่า เขม่าปืน (Gunshot residue: GSR) (เพิ่มพรสกุล, 2021) เขม่าปืนที่เกิดจากการใช้อาวุธปืนนั้นจะมีการฟุ้งกระจายติดตามร่างกาย เสื้อผ้าของผู้ใช้อาวุธปืน อีกทั้งยังติดอยู่ที่บริเวณรอบรูกระสุนปืนหรือเป้ายิง อนุภาคของเขม่าปืนและการกระจายตัวของเขม่าปืน สามารถนำมาประมาณหาระยะระหว่างอาวุธปืนกับเป้า และทิศทางการยิงได้ (Bundeskriminalamt, 2024) และยังยืนได้ว่ารูที่เกิดขึ้นนั้นเป็นรูที่เกิดจากการใช้อาวุธปืน เขม่าปืน (Gunshot residue) ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบหลัก คือ 1. สารประกอบอนินทรีย์ (Inorganic compound) เช่น ตะกั่ว (Pb), พลวง (Sb) และแบเรียม (Ba) 2. สารประกอบอินทรีย์ (Organic compound) เช่น สารประกอบไนไตรท์ (NO_2^-) ไนเตรท (NO_3^-) (Bro**ż**ek-Mucha, 2017)

การตรวจหาเขม่าปืนในปัจจุบัน มีหลายวิธีด้วยกัน เช่น การตรวจวิเคราะห์อนุภาคของเขม่าปืนด้วยเทคนิค Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) (อรอนงค์ แก้วบุตร, 2557), Inductively Coupled Plasma-Mass Spectroscopy (ICP-MS) (Rayana A. Costa, 2016), Scanning Electron Microscoope/Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM-EDX) (มหาเจริญ, 2561) และปฏิกิริยาการทำให้เกิดสีโดยโซเดียม โรไดโซเนต (Sodium rhodizonate) (Thinnapong Wongpakdee, 2021) นอกจากนี้ในปัจจุบันยังมีการศึกษาเกี่ยวกับกระจายตัวของเขม่าปืนในปืนแต่ละประเภท พบว่าปืนแต่ละประเภทมีการกระจายตัวของเขม่าปืนที่ต่างกันเนื่องจากรูปทรงและช่องเปิดบริเวณอาวุธปืนต่างกัน (Ditrich, 2012) และนำไปสู่การศึกษาการประมาณระยะยิงด้วยเทคนิคต่างๆ (Agostinho Santos, 2015)

จากความสำคัญและปัญหาข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการวิจัย “การเปรียบเทียบการกระจายตัวของเขม่าปืนเมื่อยิงด้วยปืนลูกโม่เทียบกับปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติ เมื่อยิงในระยะที่ต่างกัน” เพื่อทำการศึกษาการกระจายตัวของเขม่าปืน และสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในทางนิติวิทยาศาสตร์ได้ โดยการตรวจหาตะกั่วในเขม่าปืนด้วยวิธีการทดสอบ โซเดียม โรไดโซเนต (Sodium Rhodizonate test) และเมื่อ Sodium Rhodizonate ทำปฏิกิริยากับตะกั่วจะให้สารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีแล้วศึกษาการกระจายตัวของเขม่าปืน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบลักษณะการกระจายตัวของเขม่าปืน เมื่อยิงด้วยปืนลูกโม่และปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติ

1.2.2 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการกระจายตัวของเขม่าปืน เมื่อยิงด้วยปืนลูกโม่และปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติ เมื่อทำการยิงที่ระยะสัมผัสเป้า, 15 cm , 1 m และ 3 m

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 ลักษณะการกระจายตัวของเขม่าปืนเมื่อยิงด้วยปืนลูกโม่และปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติ จะแตกต่างกัน

1.3.2 การกระจายตัวของเขม่าปืน จะแตกต่างกันเมื่อยิงในระยะที่แตกต่างกัน

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ขอบเขตด้านวิธีวิจัย

งานวิจัยฉบับนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ทำการศึกษาเกี่ยวกับการกระจายตัวของเขม่าปืน เมื่อยิงด้วยปืนลูกโม่ (Revolver) และปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติ (Semi-automatic) ในระยะยิงที่ต่างกัน โดยตรวจหาเขม่าปืนด้วยวิธีทดสอบ โซเดียม โรไดโซเนต (Sodium Rhodizonate test)

1.4.2 ขอบเขตด้านตัวแปร

1.4.2.1 ตัวแปรต้น ได้แก่

1) อาวุธปืน ได้แก่ ปืนลูกโม่ ยี่ห้อ Smith & Wesson .357 Magnum และปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติ ยี่ห้อ Glock19 gen5

2) ระยะยิง ได้แก่ ระยะสัมผัสเป้า, 15 cm, 1 m และ 3 m

1.4.2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ กระจายตัวของเขม่าปืน ซึ่งวิเคราะห์โดยวิธีทดสอบโซเดียม โรไดโซเนต (Sodium Rhodizonate test)

1.4.2.3 ตัวแปรควบคุม ได้แก่

1) ชนิดของเป้ายิง กำหนดให้เป็นผ้าดิบขนาด 45 x 45 cm

2) สถานที่ที่ทำการทดลองยิงปืน ทำการยิงปืนที่สนามยิงปืนบุญประเสริฐPK จังหวัดพัทลุง

3) กล้องถ่ายภาพ

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

ปืนลูกโม่ (Revolver) คือปืนที่มีโม่สำหรับบรรจุกระสุนปืน ทุกครั้งที่มีการยิงโม่ปืนจะหมุนเพื่อป้อนกระสุนนัดใหม่ สามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ single action ต้องมีการขึ้นนกทุกครั้ง และ double action สามารถยิงโดยการเหนี่ยวไกได้เลย หรือโดยการขึ้นนกแล้วเหนี่ยวไก

ปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติ (Semi-automatic pistol) คือปืนที่มีการป้อนกระสุนอัตโนมัติ เมื่อมีการยิงปืน จะใช้แก๊สเพื่อดีดปลอกกระสุนเก่าออก แล้วใส่กระสุนใหม่เข้าไปแทนโดยอัตโนมัติ ปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติจะยิงกระสุนหนึ่งนัดต่อการเหนี่ยวไกหนึ่งครั้ง

เขม่าปืน คือส่วนที่เหลือจากการเผาไหม้ของชนวนท้ายกระสุนปืน (Primer) และดินส่งกระสุนปืน (Popellant) ซึ่งสามารถพบได้บริเวณบนผิวหนังของมือผู้ยิง, เสื้อผ้าของผู้ยิง, และวัตถุอื่น ๆ ที่อยู่ใกล้กับผู้ยิง

ระยะยิง เป็นการวัดระยะจากปลายกระบอกปืนไปจนถึงเป้ายิง

วิธีทดสอบ โซเดียม โรไดโซเนต (Sodium Rhodizonate test) เป็นการทดสอบเพื่อตรวจหาธาตุตะกั่ว โดย Sodium Rhodizonate จะทำปฏิกิริยากับตะกั่ว เกิดเป็นสารประกอบที่มีสีชมพูอมม่วง

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ประโยชน์ทางด้านวิชาการ ได้ทราบลักษณะการกระจายตัวของเขม่าปืนเมื่อยิงด้วยปืนลูกโม่และปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติ ที่ระยะยิงต่างกัน

1.6.2 ประโยชน์ทางด้านการประยุกต์ใช้ เพื่อนำมาใช้ประกอบในกระบวนการสืบสวนสอบสวนในคดีที่มีการใช้อาวุธปืน และเพื่อเป็นแนวทางในการประมาณระยะยิง

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเรื่อง การเปรียบเทียบการกระจายตัวของเขม่าปืนเมื่อยิงด้วยปืนลูกโม่เทียบกับปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติ เมื่อยิงในระยะที่ต่างกัน ผู้วิจัยได้กำหนดประเด็นการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 นิติวิทยาศาสตร์กับงานสืบสวนสอบสวน

2.2 อาวุธปืนและเครื่องกระสุนปืน

2.3 การกระจายตัวของเขม่าปืน

2.4 วิธีทดสอบโซเดียม โรไดโซเนต (Sodium Rhodizonate test)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 นิติวิทยาศาสตร์กับงานสืบสวนสอบสวน

2.1.1 นิติวิทยาศาสตร์ (Forensic Science) เป็นการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ทุกสาขามาประยุกต์ใช้ เพื่อสืบสวนคดีอาชญากรรมหรือตรวจสอบวัตถุพยานที่ใช้พิสูจน์การกระทำความผิดในชั้นศาล ซึ่งสามารถจำแนกสาขาของนิติวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการสอบสวนคดีอาญาออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้ (สำนักงานตำรวจแห่งชาติ, 2565)

1. นิติเวชศาสตร์ (Legal Medicine/Forensic Medicine) เป็นการนำวิชาทางการแพทย์ทุกสาขามาประยุกต์ใช้ เพื่อเป็นประโยชน์ในกระบวนการยุติธรรม สามารถจำแนกออกเป็น 9 สาขา รายละเอียดดังนี้

1.1 นิติพยาธิวิทยา (Forensic Pathology) เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการตายที่ผิดธรรมชาติ และการตายโดยผิดธรรมชาติแบบกระทันหันและไม่คาดคิด

1.2 นิติเวชคลินิก (Clinical Jurisprudence/Clinical Forensic Medicine)

1.2.1 การตรวจผู้ป่วยที่แพทย์ต้องให้ความเห็นแก่พนักงานสอบสวน

1.2.2 บุคคลต่างๆที่พนักงานสอบสวนส่งมาให้แพทย์ตรวจ

1.3 พิษวิทยา (Toxicology) เป็นการศึกษาเกี่ยวกับยาพิษและสารพิษ สามารถแบ่งออกเป็น 6 ประเภท ดังนี้

1.3.1 นิติพิษวิทยา (Forensic Toxicology) เป็นการตรวจหาสารพิษในร่างกายของผู้เสียชีวิต รวมถึงน้ำปัสสาวะ ที่สงสัยว่าอาจเสียชีวิตเนื่องจากสารพิษ

1.3.2 พิษวิทยาคลินิก (Clinical Toxicology) เป็นการตรวจหาปริมาณและชนิดของสารพิษในผู้ป่วย เพื่อดำเนินการรักษาต่อไป

1.3.3 พิษวิทยาอุตสาหกรรม (Industrial Toxicology) เป็นการตรวจหาสารพิษในคนงานที่ทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม

1.3.4 พิษวิทยาสิ่งแวดล้อม (environmental Toxicology) เป็นการตรวจหาสารพิษในสิ่งแวดล้อม ซึ่งมาจากมลภาวะหรือการปล่อยของเสียออกจากโรงงานอุตสาหกรรม

1.3.5 พิษวิทยาผู้บริโภค (Consumer Toxicology) เป็นการตรวจหาการปนเปื้อนกัมมันตรังสีหรือสารพิษชนิดอื่นในอาหารที่ปนมาโดยบังเอิญ

1.3.6 พิษวิทยาอวกาศหรือการสงความ (Aviation & Chemical Warfare Toxicology) เป็นการตรวจหาสารพิษที่อาจเป็นผลกระทบมาจากสงคราม

1.4 นิติทันตวิทยา (Forensic Odontology) เป็นการนำความรู้เกี่ยวกับด้านทันตวิทยามาใช้ในการสอบสวนคดีอาญา ได้แก่ การตรวจอายุฟัน, การตรวจเพื่อพิสูจน์ตัวบุคคล ในกรณีที่ศพมีสภาพพยาธิเปลี่ยนแปลงไป, การตรวจเพื่อพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคลของศพ และการตรวจพิสูจน์ฟันที่พบในสถานที่เกิดเหตุ

1.5 นิติเภสัชวิทยา (Forensic Pharmacology) เป็นการนำความรู้เกี่ยวกับยามาใช้ในการสอบสวนคดีอาญา

1.6 นิติซีโรวิทยา (Forensic Serology) เป็นการตรวจแอนติเจนและแอนติบอดี้ (Antigen and Antibody) และสารพันธุกรรมดีเอ็นเอ จากเลือดและน้ำเหลือง

1.7 นิติชีววิทยา (Biological Trace Evidence) เป็นการนำความรู้ด้านการตรวจวัตถุพยานทางชีววิทยามาใช้ ในการตรวจยืนยันตัวบุคคล

1.8 นิติเวชศาสตร์การจราจร (Alcohol and Traffic Medicine) เป็นการนำความรู้ทางการแพทย์มาตรวจความเมาสุรา เช่น การหาปริมาณแอลกอฮอล์, สารเสพติดในเลือดของผู้ขับขี่ยานพาหนะ และอาการป่วยเป็นโรคที่นำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุทางจราจรได้

1.9 นิติจิตเวชศาสตร์ (Forensic Psychiatry) เป็นการนำความรู้วิชาจิตเวชศาสตร์มาใช้ในการสอบสวนคดีอาญา

2. นิติวิศวกรรมศาสตร์ (Forensic Engineering) การนำความรู้ด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มาปรับใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์ทางคดีอาญา

3. นิติมานุษยวิทยา (Forensic Anthropology) เป็นการนำความรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์โครงกระดูก โครงร่างของมนุษย์ สารพันธุกรรม เพื่อบ่งบอกอายุ เพศ และเชื้อชาติ เป็นต้น

4. นิติกีฏวิทยา (Forensic Entomology) เป็นการนำความรู้ด้านวงจรชีวิตของสัตว์จำพวกแมลง และหนอน มาปรับใช้ในการระบุระยะเวลาการตาย เพื่อเป็นประโยชน์ในการสอบสวนคดีอาญา

2.1.2 การสืบสวนสอบสวน

1. การสืบสวน ตามประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญา พุทธศักราช 2477 มาตรา 2(10) บัญญัติว่า “การสืบสวน หมายความถึง การแสวงหาข้อเท็จจริงและหลักฐานซึ่งพนักงานฝ่ายปกครองหรือตำรวจได้ปฏิบัติไปตามอำนาจและหน้าที่ เพื่อรักษาความสงบเรียบร้อยของประชาชนและเพื่อที่จะทราบรายละเอียดแห่งความผิด”(สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา, 2477)

2. การสอบสวน ตามประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญา พุทธศักราช 2477 มาตรา 2(11) บัญญัติว่า “การสอบสวน หมายความถึง การรวบรวมพยานหลักฐานและการดำเนินการทั้งหลายอื่นตามบทบัญญัติแห่งประมวลกฎหมายนี้ ซึ่งพนักงานสอบสวนได้ทำไปเกี่ยวกับความผิดที่กล่าวหา เพื่อที่จะทราบข้อเท็จจริงหรือพิสูจน์ความผิด และเพื่อจะเอาตัวผู้กระทำความผิดมาฟ้องลงโทษ”(สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา, 2477)

3. ความสัมพันธ์ระหว่างการสืบสวนและการสอบสวน

การสืบสวนก่อนเกิดเหตุเป็นทางให้ได้มาซึ่งข้อเท็จจริงและหลักฐาน เมื่อมีความผิดเกิดขึ้นผู้มีอำนาจหน้าที่สอบสวนจะต้องทำการสอบสวนดำเนินคดีอาญาที่เกิดขึ้นตามกฎหมาย เพื่อที่จะทราบข้อเท็จจริงหรือพิสูจน์ความผิดและเพื่อที่จะเอาตัวผู้กระทำความผิดมาลงโทษ ดังนั้น การสืบสวนด้วยการแสวงหาข้อเท็จจริงและหลักฐาน เมื่อได้ข้อเท็จจริงและหลักฐานสำคัญก็สามารถแปลเป็นหลักฐานทางคดีอาญาซึ่งเป็นจุดประสงค์หลักของการสอบสวนนั่นเอง ส่วนการสอบสวนจะสำเร็จสมบูรณ์ได้จะต้องอาศัยการสืบสวนหาพยานหลักฐาน เพื่อทราบข้อเท็จจริงและรายละเอียดของความผิด กล่าวคืองานสืบสวนมีส่วนช่วยเสริมประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานด้านการสอบสวน

ดังนั้นการนำความรู้ทางด้านนิติวิทยาศาสตร์เป็นสืบสวนเพื่อตรวจพิสูจน์วัตถุพยาน หรือบุคคล หาสาเหตุของสิ่งที่เกิดขึ้น เพื่อนำไปเป็นพยานหลักฐานที่ใช้ในการสอบสวนคดีอาญา ทำให้การ

รวบรวมพยานหลักฐานในการบวนการสอบสวนคดีอาญามีความน่าเชื่อถือ นำความรู้เฉพาะด้านของผู้เชี่ยวชาญมาใช้ในการพิสูจน์ข้อเท็จจริง ช่วยในการลำดับหรือจำลองเหตุการณ์ และช่วยในการจัดทำและจัดเก็บฐานข้อมูล

2.2 อาวุธปืนและเครื่องกระสุนปืน

ตามพระราชบัญญัติอาวุธปืน เครื่องกระสุนปืน วัตถุระเบิด ดอกไม้เพลิง และสิ่งเทียมอาวุธปืน พ.ศ. 2490 มาตรา 4(1) บัญญัติความหมายของอาวุธปืนไว้ว่า “อาวุธปืน หมายความรวมตลอดถึงอาวุธทุกชนิดซึ่งใช้ส่งเครื่องกระสุนปืนโดยวิธีการระเบิดหรือกำลังดันของแก๊สหรืออัดลมหรือเครื่องกลไกอย่างใด ซึ่งต้องอาศัยอำนาจของพลังงานและส่วนหนึ่งส่วนใดของอาวุธนั้นๆ ซึ่งรัฐมนตรีเห็นว่าสำคัญและได้ระบุไว้ในกฎกระทรวง” และมาตรา 4(2) ได้บัญญัติความหมายของเครื่องกระสุนปืนไว้ว่า “เครื่องกระสุนปืนหมายรวมตลอดถึงกระสุนโดด กระสุนปราย กระสุนแตก ลูกระเบิด ตอร์ปิโด ทุ่นระเบิดและจรวด ทั้งชนิดที่มีหรือไม่มีกรดแก๊ส เชื้อเพลิง เชื้อโรค ไอพิษ หมอกหรือควัน หรือกระสุน ลูกระเบิด ตอร์ปิโด ทุ่นระเบิดและจรวด ที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกัน หรือเครื่อง หรือสิ่งสำหรับอัดหรือทำ หรือใช้ประกอบเครื่องกระสุนปืน” (สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา, 2490)

2.2.1 อาวุธเบา (Small arms) เป็นอาวุธปืนชนิดที่ลำกล้องมีเกลียว เป็นการยิงจากลักษณะท้ายรังเพลิงปิดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางรูหลอดลำกล้อง 0.60 นิ้ว ส่วนอาวุธปืนยิงในลักษณะอื่นๆ เช่น ปืนไร้แสงสะท้อนถอยหลัง (Recoilless rifle), เครื่องยิงจรวดชนิดประทับไหล่ยิง (Rocket launcher), เครื่องยิงลูกระเบิด (Morter), ปืนลูกซอง (Shot gun) และปืนยิงพลุสัญญาณ (Pyro-technic pistol) จัดเป็นอาวุธเบาจากลักษณะของความสะดวกในการนำไปใช้ (สำนักงานตำรวจแห่งชาติ) โดยอาวุธเบาจะมีองค์ประกอบหลัก 5 ส่วน ดังนี้

1. ลำกล้อง (Barrel) มีลักษณะเป็นหลอดโลหะตรง มี 2 ชนิดได้แก่ ลำกล้องเรียบ (Smoothed bore) และลำกล้องมีเกลียว (Rifled bore)

2. โครงปืน (Receiver) หรือเรียกว่าโครงลูกเลื่อน หรือห้องลูกเลื่อน เป็นโครงโลหะสำหรับประกอบส่วนอื่นๆของปืนเข้าด้วยกัน

3. เครื่องปิดท้าย (Breech block) เป็นชิ้นส่วนสำหรับปิดท้ายลำกล้อง เพื่อไม่ให้ปลอกกระสุนถูกขับออกมาด้านแรงดันแก๊สในรังเพลิงขณะทำการยิง

4. เครื่องลั่นไก (Firing mechanism) จะทำหน้าที่ส่งแรงกระแทกลงตรงชนวนท้ายปลอก เพื่อให้เกิดการประทุเกิดเป็นประกายไฟ จุดดินส่งกระสุนปืน โดยเครื่องลั่นไกจะประกอบด้วย ไกปืน (Triger), กระเดื่องไก (Sear), นกปืน (Hammer), แหนบนกปืน (Main spring/Hamer spring) และเข็มแทงชนวน (Firing pin)

5. เครื่องป้อนกระสุน ที่นิยมใช้กันมี 3 ชนิด ได้แก่ ลูกโม่ (Revolver) ใช้ในปืนพก ลูกโม่, ซองกระสุน (Magazine) และสายกระสุน (Cartridge belt)

ภาพที่ 1 องค์ประกอบหลัก 5 ส่วน ของอาวุธปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติ 1.ลำกล้อง (Barrel), 2.โครงปืน (Receiver), 3.เครื่องปิดท้าย (Breech block), 4.เครื่องลั่นไก (Firing mechanism) และ 5.เครื่องป้อนกระสุน

(ที่มา: https://phiyawat.blogspot.com/2012/07/blog-post_651.html)

2.2.2 ประเภทของอาวุธเบา

2.2.2.1 แบ่งตามลักษณะการใช้งาน แบ่งออกเป็น 5 ประเภท ดังนี้ (สำนักงานตำรวจแห่งชาติ)

1. อาวุธมือถือ (Hand arms) อาวุธพกพา หรืออาวุธที่ใช้มือเดียว เช่น อาวุธปืนพกกึ่งอัตโนมัติ (Semi-automatic pistol) และปืนลูกโม่ (Revolver) เป็นต้น จะมีขนาดเล็ก ระยะยิงหวังผลใกล้

ภาพที่ 2 ปืนลูกโม่ (Revolver)

(ที่มา: https://www.xn--12cm2cfjw6azmma5f.com/ShowContent.aspx?id=302083)

ภาพที่ 3 ปืนพกกึ่งอัตโนมัติ (Semi-automatic pistol)

(ที่มา: http://krisnagun.com/2022/07/14/uzi-shortslide/)

2. อาวุธปืนประทับไหล่ (Shoulder arms) เป็นอาวุธปืนที่ออกแบบมาให้ประทับไหล่ยิง มีความแม่นยำมากกว่าอาวุธมือถือ ได้แก่ ปืนเล็กยาว

3. ปืนกล (Machine gun) เป็นอาวุธปืนที่ออกแบบมาให้ยิงแบบต่อเนื่อง โดยปกติจะป้อนกระสุนด้วยสายกระสุน

4. อาวุธปืนอัตโนมัติ (Automatic cannon) เป็นปืนกลหนัก มีการออกแบบให้ติดตั้งบนเครื่องบิน เล็งผ่านศูนย์เล็งของเครื่องบิน และยิงด้วยการควบคุมจากห้องนักบิน

5. ประเภทอื่น เป็นประเภทที่มีลักษณะเฉพาะนอกเหนือจากที่กล่าวมาข้างต้น

2.2.2.2 แบ่งตามลักษณะของรอบการทำงาน

1. ทำงานด้วยมือ (Manual) เป็นอาวุธปืนที่ใช้แรงจากผู้ยิง ในการทำงานทั้ง 8 วงรอบการทำงาน

2. ทำงานกึ่งอัตโนมัติ (Semi-automatic) เป็นการใช้แรงสะท้อนถอยหลังของลำกล้อง แรงดันแก๊ส หรือแรงดันต่อหน้าลูกเลื่อนอย่างใดอย่างหนึ่งหรือร่วมกัน ผู้ยิงเพียงแค่เหนี่ยวไกเท่านั้น

3. ทำงานอัตโนมัติ (Automatic) เป็นการยิงกระสุนออกไปอย่างต่อเนื่องโดยการเหนี่ยวไกค้างไว้เพียงครั้งเดียว

2.2.3 กระสุนปืน

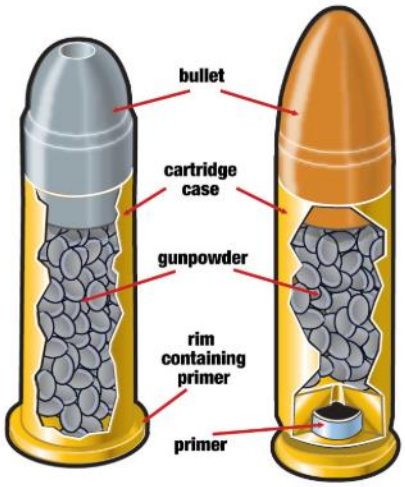
2.2.3.1 องค์ประกอบของกระสุนปืน (Cartilage) แบ่งเป็น 4 ส่วนหลักๆ ดังนี้

1. หัวกระสุน (Bullet) เป็นวัสดุที่ทำจากตะกั่ว อาจมีการหุ้มด้วยทองแดง

2. ดินขับหรือดินส่งกระสุนปืน (Propellant) เป็นสารเคมีเมื่อติดไฟจะขยายตัวอย่างรวดเร็ว ซึ่งมีส่วนปะกอบหลัก คือ ไนโตรเซลลูโลส (Nitrocellulose) ทำให้เกิดแรงดันเพื่อส่งหัวกระสุนออกไปจากลำกล้องปืน

3. แก๊ปหรือชนวนท้ายกระสุนปืน (Primer) มีสารเคมีหลายชนิดผสมกัน โดยหลักๆจะประกอบด้วย เลดสไตเนต (lead styphnate), แบเรียมไนเตรต (barium nitrate), และแอนติโมนีซัลไฟด์ (antimony sulfide) เมื่อถูกกระแทกสามารถลุกติดไฟได้หรือเรียกว่าตัวจุดระเบิดทำให้ดินขับเกิดการเผาไหม้

4. ปลอกกระสุน (Case) มักทำจากวัสดุประเภททองเหลือง



ภาพที่ 4 องค์ประกอบของกระสุนปืน
(ที่มา: https://www.concealedcarry-ed.com/montana/studyGuide/Basic-Components-of-Ammunition/801026_12662/)

2.3 การกระจายตัวของเขม่าปืน

เขม่าปืน (Gunshot residue) คือ สิ่งที่เกิดขึ้นภายหลังการยิงปืน อันเป็นผลมาจากส่วนที่เหลือตกค้างหลังการเผาไหม้ของชนวนท้ายกระสุนปืน (Primer mixing) และดินส่งกระสุนปืน (Propellant) ที่ประกอบไปด้วยอนุภาคจากส่วนประกอบของเครื่องกระสุนปืน ดินส่งกระสุนปืนส่วนที่ไม่ถูกเผาไหม้ และเศษโลหะที่ได้จากพื้นผิวภายในลำกล้องปืน

เขม่าปืนที่เกิดขึ้นหลักจากการยิงปืนประกอบด้วย 2 องค์ประกอบหลัก ได้แก่

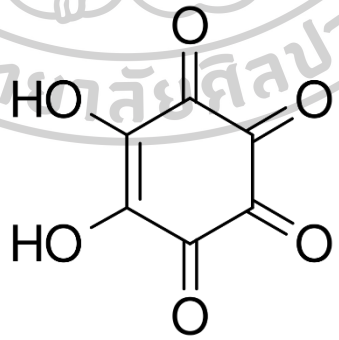
1. สารประกอบอินทรีย์ (Organic compound) เช่น สารประกอบไนไตรท์ (NO_2^-) และไนเตรท (NO_3^-) เป็นต้น ที่เหลือจากการเผาไหม้ของดินส่งกระสุนปืน (Propellant) ซึ่งมีส่วนประกอบหลักเป็นไนโตรเซลลูโลส (Nitrocellulose)

2. สารประกอบอนินทรีย์ (Inorganic compound) เช่น ตะกั่ว (Pb), พลวง (Sb) และแบเรียม (Ba) เป็นต้น ที่เหลือจากการเผาไหม้ของชนวนท้ายกระสุนปืน (Primer mixing) ซึ่งมีส่วนประกอบหลักเป็น เลดสไตเนต (lead styphnate), แบเรียมไนเตรต (barium nitrate), และแอนติโมนีซัลไฟด์ (antimony sulfide)

การกระจายตัวของเขม่าปืน เมื่อมีการใช้อาวุธปืน จะเกิดสิ่งที่เรียกว่า เขม่าปืน ซึ่งมีการกระจายตัวทุกทิศทาง ทำให้ไปเกาะบริเวณผิวหนัง เสื้อผ้า ผนังห้อง และตามที่ต่างๆที่สามารถฟุ้งกระจายไปถึง

2.4 วิธีทดสอบโซเดียม โรไดโซเนต (Sodium Rhodizonate test)

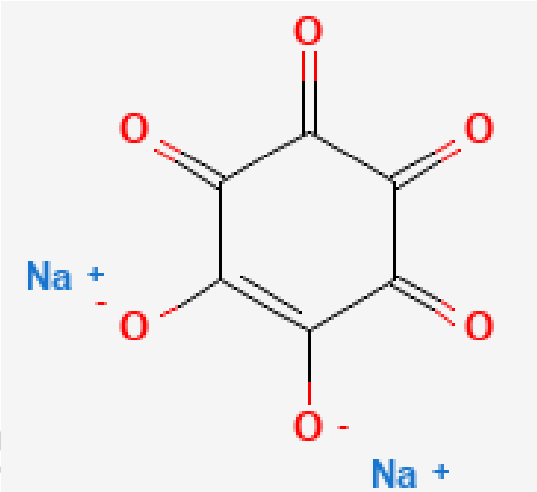
Rhodizonic acid เป็นสารประกอบที่มีสูตรโมเลกุล $H_2C_6O_6$ หรือ $(CO)_4(COH)_2$ ซึ่งสามารถเกิดการสูญเสียไฮโดรเจนไอออน (H^+) ที่หมู่ไฮดรอกซิล เปลี่ยนเป็น Rhodizonic anion



ภาพที่ 5 โครงสร้างของ Rhodizonic acid

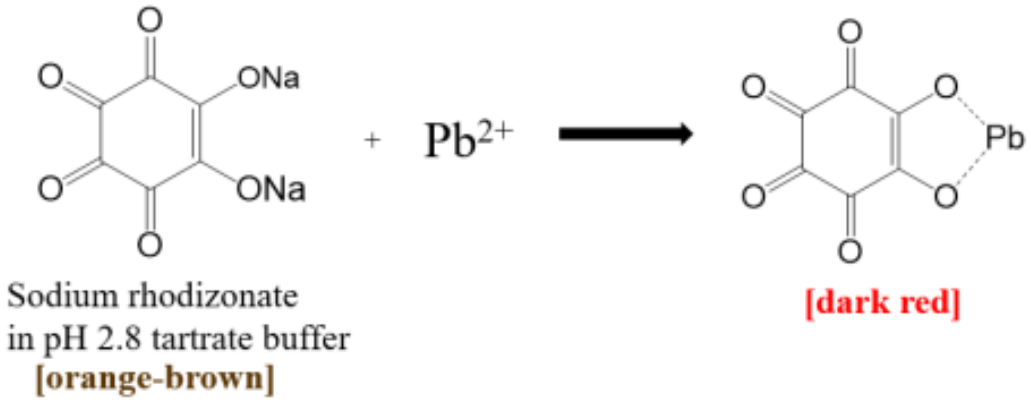
(ที่มา: https://en.wikipedia.org/wiki/Rhodizonic_acid#:~:text=Rhodizonic%20acid%20has% 20been%20used,wounds%20for%20hunting%20regulation%20enforcement.)

Rhodizonic acid ถูกใช้ในการนำมาตรวจวิเคราะห์ แบเรียม ตะกั่ว และโลหะอื่นๆ โดยเฉพาะ Sodium Rhodizonate สามารถนำมาตรวจหาเขม่าปืน (ที่มีส่วนประกอบของตะกั่ว) ที่มือของผู้ยิงและเพื่อบอกว่าร่องรอยฉีกขาดหรือบาดแผลที่เกิดขึ้น เกิดจากกระสุนปืน Sodium Rhodizonate มีลักษณะเป็นของแข็งสีม่วง เมื่อละลายน้ำจะเป็นสีส้ม-เหลือง ไม่เสถียร เมื่อจะนำมาใช้ต้องมีการเตรียมใหม่



ภาพที่ 6 โครงสร้างของโซเดียม โรไดโซเนต (Sodium Rhodizonate structure)
(ที่มา: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Sodium-rhodizonate #section=2D-Structure)

วิธีทดสอบโซเดียม โรไดโซเนต (Sodium Rhodizonate test) เป็นวิธีที่สะดวกเนื่องจากสามารถทำได้ในทั้งในสภาวะความเป็นกรดแก่และกรดอ่อน โดยที่ตะกั่วจะเข้าไปจับกับ Rhodizonic anion แทนโซเดียม เกิดเป็นสีแดงถึงม่วง ซึ่งวิธีทดสอบนี้จะจำเพาะต่อตะกั่วในสภาวะที่ค่า pH ต่ำกว่า 2.8 เนื่องจากจะทำให้สีของ Lead Rhodizonate คงอยู่ได้นานกว่าสารเชิงซ้อนของโลหะอื่นๆ



ภาพที่ 7 ปฏิกิริยาระหว่าง Sodium Rhodizonate กับตะกั่ว เกิดเป็น Lead Rhodizonate (ที่มา: Paper-based analytical device for sampling, on-site preconcentration and detection of ppb lead in water by Thiphol Satarpai et al., 2016)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาและรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในประเทศไทย และตีพิมพ์ในต่างประเทศ รายละเอียดดังนี้

2.5.1 งานวิจัยในประเทศ

ทวี ทนาวร และคณะ (ทวี ทนาวร, 2560) ศึกษาวิจัยเรื่อง “การพัฒนาชุดทดสอบแบเรียมและตะกั่วด้วยอุปกรณ์ตรวจวิเคราะห์แบบกระดาษ” การพัฒนาวิธีการแบบกระดาษสำหรับวิเคราะห์ปริมาณธาตุตะกั่วและแบเรียมในตัวอย่างอาศัยปฏิกิริยาระหว่างธาตุทั้งสองกับสารละลายอิ่มตัว Sodium Rhodizonate บนกระดาษให้สารผลิตผลเชิงซ้อนสีชมพู พบว่าเฉพาะธาตุตะกั่วเท่านั้นที่เกิดปฏิกิริยากับ Sodium Rhodizonate ให้สารผลิตผลสีชมพูที่ในสภาวะที่เป็นกรด นักวิจัยจึงสามารถวิเคราะห์ปริมาณธาตุตะกั่วและแบเรียม (Pb+Ba) ได้จากการวิเคราะห์ความเข้มสีของสารผลิตผลที่เกิดขึ้นในสภาวะที่เป็นกลาง และสามารถวิเคราะห์ปริมาณธาตุตะกั่ว (Pb) ได้จากความเข้มสีของสารผลิตผลที่เกิดขึ้นในสภาวะที่เป็นกรด จากนั้นจึงหาผลต่างของปริมาณธาตุของทั้งสองสภาวะก็จะสามารถวิเคราะห์ปริมาณธาตุแบเรียม (Ba) ได้นั่นเอง ผลการวิเคราะห์พบว่าวิธีการแบบกระดาษที่พัฒนาขึ้นสามารถวิเคราะห์ธาตุตะกั่วและแบเรียม (Pb+Ba) ได้ ที่ช่วงความเข้มข้นระหว่าง 400 – 2,000 mg/L และมีขีดจำกัดของการตรวจวัดเท่ากับ 358 mg/L สามารถวิเคราะห์ธาตุตะกั่วได้ที่ช่วง

ความเข้มข้นระหว่าง 200 – 1,000 mg/L และขีดจำกัดของการตรวจวัดเท่ากับ 124 mg/L ตามลำดับ การประยุกต์วิธีการแบบกระดาษเพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุทั้งสองในตัวอย่างสังเคราะห์เปรียบเทียบกับวิธีการแกร์ไฟต์เฟอร์เนซอะตอมมิคแอบซอร์บชันสเปกโตรเมตรี พบว่าให้ผลที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% นั่นแสดงว่าวิธีการแบบกระดาษที่พัฒนาขึ้นเป็นวิธีการทางเลือกใหม่ที่มีความสมรรถนะเหมาะสมสำหรับประยุกต์ใช้เป็นชุดทดสอบปริมาณธาตุตะกั่วและแบเรียมได้

นลพรรณ วิเชียรโชต และ นพรุจ ศักดิ์ศิริ (ศักดิ์ศิริ, 2565) ได้ทำการศึกษาเรื่อง “การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ตรวจวัดแบบกระดาษกับวิธีห้องปฏิบัติการสำหรับตรวจหาปริมาณสารตะกั่วจากเขม่าปืนที่มือ A COMPARISON OF EFFICIENCY BETWEEN THE MICROFLUIDIC PAPER-BASED DEVICE AND LABOLATORY METHOD FOR QUANTIFICATION OF LEAD FROM GUNSHOT RESIDUE” การตรวจวิเคราะห์ธาตุโลหะจากเขม่าปืนที่มือในปัจจุบันนั้น ต้องวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการที่มีเครื่องมือขั้นสูง มีราคาแพง และตรวจวิเคราะห์โดยผู้ที่มีความชำนาญ ในหน่วยงานตรวจพิสูจน์หลักฐานยังขาดแคลนเครื่องมือและบุคลากรดังกล่าว ทำให้ขั้นตอนวิเคราะห์ต้องใช้เวลานาน งานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบการวิจัยเชิงทดลองเพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างอุปกรณ์ตรวจวัดแบบกระดาษและวิธี ICP-MS สำหรับตรวจหาปริมาณสารตะกั่วจากเขม่าปืนที่มือ โดยเก็บตัวอย่างเขม่าปืนที่มือบริเวณหลังมือขวา ฝ่ามือขวา หลังมือซ้าย และฝ่ามือซ้าย จากอาสาสมัครประชากรไทยในเขตจังหวัดกาญจนบุรี จำนวน 10 คน มีอายุระหว่าง 20-50 ปี นำสารละลายที่ได้จากการสกัดตัวอย่างหยดลงบนอุปกรณ์ตรวจวัดแบบกระดาษ สังเกตสีที่ปรากฏขึ้น ผลการทดลองไม่พบการปรากฏสีที่อุปกรณ์ แต่เมื่อบันทึกภาพและวัดค่าความเข้มสีโดยใช้โปรแกรม ImageJ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณตะกั่วจากเขม่าปืนที่มือเปรียบเทียบระหว่างวิธีอุปกรณ์ตรวจวัดแบบกระดาษและวิธี ICPMS พบว่าปริมาณตะกั่วที่วิเคราะห์ได้จากทั้งสองวิธีให้ผลไม่แตกต่างกัน แสดงว่าอุปกรณ์ตรวจวัดแบบกระดาษที่ประดิษฐ์ขึ้นสามารถนำมาใช้ตรวจวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วจากเขม่าปืนที่มือได้ในเบื้องต้น

2.5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Victor Ananth และคณะ (Victor Ananth, 2011) ได้ทำการศึกษาเรื่อง Detection of Organic Gunshot Residues for the Estimation of Firing Distance เขม่าปืน (Gunshot residue-GSR) เป็นหลักฐานสำคัญในอาชญากรรมที่เกี่ยวข้องกับอาวุธปืน ดังนั้นการตรวจหาเขม่าปืนโดยการประมาณระยะยิงจึงเป็นสิ่งสำคัญ ในการศึกษานี้ได้ใช้ปืนพกกึ่งอัตโนมัติขนาด 9 mm และใช้กระสุนขนาด 9 mm ในการยิงวัสดุผ้า 5 ชนิดที่แตกต่างกัน และยิงที่ระยะต่างกัน เพื่อศึกษาการประมาณระยะยิงโดยการตรวจหาเขม่าปืนบนผ้า ด้วยวิธีสังเกตด้วยตา การใช้สารเคมี และการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ ผู้เขียนได้ทำการทดลองที่สนามยิงปืนเชอราส ผลการศึกษาพบว่าเมื่อระยะยิงเพิ่มขึ้น อนุภาคของเขม่าปืนจะลดลง การกระจายตัวของเขม่าจะเพิ่มขึ้น การทดสอบด้วยสารเคมีในการตรวจหาเขม่าปืนเป็นการใช้การทดสอบ Modified Griess และการทดสอบ Lunges reagent เพื่อตรวจหาสารประกอบไนไตรท์ (NO_2^-) และใช้การทดสอบ Diphenylamine เพื่อตรวจหาสารประกอบไนเตรท (NO_3^-) ระยะทางจากปากกระบอกปืนถึงเป้ายิงเพิ่มขึ้น ความเข้มของสีจะลดลง และการกระจายของเขม่ามากขึ้นเช่นกัน ความเข้มและการกระจายตัวของเขม่าปืนสามารถประมาณระยะยิงได้ การวิเคราะห์ Nitroglycerin และ Diphenylamine ใช้ HPLC-UV พบว่าความเข้มข้นของ Nitroglycerin และ Diphenylamine ไม่สอดคล้องกับระยะยิงที่เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในเขม่าปืนไม่สามารถประมาณระยะยิงได้ อนุภาคเขม่าปืน (ขนาดเฉลี่ย 0.26 µm) ที่ระยะยิง 3 นิ้ว และ 18 นิ้ว โดยวัดและเปรียบเทียบด้วยการใช้ SEM ที่กำลังขยาย 10,000 เท่า

Hans Ditrich (Ditrich, 2012) ได้ทำการศึกษาเรื่อง Distribution of gunshot residues The influence of weapon type การวิเคราะห์เขม่าปืน (GSR) เป็นวิธีการทางนิติเวชที่ใช้บ่อยในการสืบสวนเหตุการณ์การยิง ในกระบวนการนี้อนุภาคของเขม่าปืน (GSR) จะถูกตรวจพบบนวัตถุที่เกี่ยวข้อง เช่น บนมือของผู้ต้องสงสัย ด้วยการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM/EDX คำถามที่มักจะถูกถามในศาล คือ "ผู้ต้องสงสัยได้ยิงปืนในสถานที่และเวลาที่ระบุหรือไม่?" อย่างไรก็ตามคำถามนี้มักไม่สามารถตอบได้โดยนักวิเคราะห์ เนื่องจากสามารถวิเคราะห์ได้แค่ว่าพบหรือไม่พบเขม่าปืน (GSR) เพื่อที่จะสรุปผลการวิเคราะห์ GSR ต้องพิจารณาถึงพลศาสตร์ของอนุภาคเขม่าปืน ว่ามันไปถึงผู้ต้องสงสัยได้อย่างไร ดังนั้น การศึกษาการก่อตัวของกลุ่มควันหลังการยิงจึงได้ทำการวิจัยจากอาวุธ

ปืน 11 ประเภทที่แตกต่างกัน โดยการวิเคราะห์วิดีโอความเร็วสูง ผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่ามีความแตกต่างมากระหว่างปืนลูกโม่ที่พบว่าเขม่าปืนกระจายตัวมากบริเวณใกล้กับผู้ยิง และปืนลูกซองที่ไม่มีช่องเปิด ความแตกต่างเหล่านี้ระหว่างประเภทของอาวุธปืนควรได้รับการพิจารณาในการตีความผลลัพธ์จากการวิเคราะห์เขม่าปืน (GSR)

Emanuela Turillazzi และคณะ (Emanuela Turillazzi, 2013) ได้ทำการศึกษาเรื่อง Analytical and quantitative concentration of gunshot residues (Pb, Sb, Ba) to estimate entrance hole and shooting-distance using confocal laser microscopy and inductively coupled plasma atomic emission spectrometer analysis: An experimental study ได้ศึกษาเรื่องการตรวจหาเขม่าปืนบนร่างกายมนุษย์จากเขม่าที่ปล่อยออกมาจากอาวุธปืน อาจมีความสำคัญในการประเมินบาดแผลจากอาวุธปืนและการวิเคราะห์ระยะยิง ในการศึกษานี้ได้นำเสนอการวิเคราะห์ธาตุซึ่งเป็นองค์ประกอบของเขม่าปืน โดยการใช้เครื่องมือ Inductively coupled plasma atomic emission spectrometer (ICP-AES) ซึ่งทำการทดสอบในตัวอย่างผิวหนัง การใช้เครื่องมือ ICP-AES เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการวิเคราะห์เขม่าปืนที่ยิงจากระยะกลางและระยะไกล ในการศึกษาครั้งนี้ จะทดลองยิง 50 ครั้ง ในพื้นที่เปิดที่มีการป้องกันลมจากข้างๆ ใช้หนังหมูขนาด 20 x 20 cm เป็นเป้ายิง และยิงที่ระยะ 0.2, 5, 50, 100 และ 150 cm และเพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมจะล้างทำการล้างหนังหมูตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นแล้วตั้งทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณภูมิห้องในกล่องปิดก่อนทำการทดลอง ผู้เขียนได้ใช้อาวุธปืนพก 2 ขนาด ได้แก่ 9 x 21 mm และ 7.65 mm กับขนาดกระสุนที่ต่างกัน ในการทดลองพบว่าเมื่อยิงด้วยอาวุธปืนพก 2 ขนาดแล้วทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง ICP-AES ปริมาณและความเข้มข้นของธาตุในองค์ประกอบเขม่าปืนมีแนวโน้มลดลง เมื่อยิงที่ระยะเพิ่มขึ้น และผลจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ ICP-AES ยืนยันว่า ธาตุพลวง, แบเรียม และตะกั่วจะมีความเข้มข้นสูงเมื่อยิงที่ระยะใกล้ และมีความเข้มข้นของอนุภาคเหล่านี้ต่ำเมื่อยิงที่ระยะกลางและระยะไกล และจากการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของพลวง, แบเรียม และตะกั่ว มีความแตกต่างอย่างนัยสำคัญเมื่อยิงที่ 100-150 cm ทั้งในกรณีของอาวุธปืนขนาด 9 x 21 mm และ 7.65 mm

Agostinho Santos และคณะ (Agostinho Santos, 2015) ได้ทำการศึกษาเรื่อง Firing distance estimation based on the analysis of GSR distribution on the target surface using ICP-MS—An experimental study with a 7.65 mm × 17 mm Browning pistol (.32 ACP) การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประมาณระยะยิง โดยใช้ปืนพกขนาด 7.65 mm x 17 mm Browning (.32ACP) และได้ทำการทดลองยิงบนผ้าฝ้าย (ขนาด 35 cm x 35 cm) แล้วตรวจหาปริมาณของแอนติโมนี (Sb), แบเรียม (Ba) และตะกั่ว (Pb) ในชิ้นส่วนเป้ายิงผ้าฝ้ายสี่เหลี่ยม (ขนาด 1 cm x 1 cm) ที่ตัดออกจากรัศมีของรูทางเข้าของกระสุนปืน และทำการตรวจวัดด้วยวิธี Inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS) ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดนำไปคำนวณเพื่อประเมินหาระยะยิง ซึ่งวิธีการที่ดีที่สุดที่ใช้ในการคำนวณคือรูปแบบความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่าง FD (ระยะยิง) กับ ln c (โดยที่ c คือปริมาณของแอนติโมนี (Sb), แบเรียม (Ba) และตะกั่ว (Pb) ในตัวอย่าง จะมีหน่วยเป็น μg/g ของเป้ายิง) ผลที่ดีที่สุดได้จากการเก็บตัวอย่างจากระยะรัศมี 2.0-3.0 cm จากรอบรูกระสุนปืน การใช้วิธีนี้สามารถประมาณระยะยิงได้อย่างแม่นยำ (±6 cm) ในช่วงระยะ 20-90 cm จากเป้ายิง

Arnaldo Stanislao Migliorini และคณะ (Arnaldo Stanislao Migliorini, 2015) ได้ทำการศึกษาเรื่อง Detectability and medico-legal value of the gunshot residues in the intracorporeal channel การประยุกต์ใช้การย้อมสีทางพยาธิวิทยากับ Sodium Rhodizonate เพื่อตรวจหาตะกั่วในเขม่าปืนที่บริเวณบาดแผลทางเข้าของกระสุนปืน ซึ่งอาจได้ผลบวกลวงจากการปนเปื้อนของตะกั่วในสิ่งแวดล้อม วัตถุประสงค์ของผู้เขียนคือการตรวจหาตะกั่วในเขม่าปืนด้วยวิธีทางพยาธิวิทยาในบริเวณที่ไม่มีการปนเปื้อน คือ ช่องภายในร่างกาย (รูกระสุน) เนื้อเยื่อทางพยาธิวิทยาจำนวน 218 ชิ้น จากช่องภายในร่างกาย (รูกระสุน) ของศพ จำนวน 25 ศพ (เสียชีวิตเนื่องจากกระสุนปืนและถูกชันสูตรศพที่ภาควิชาการแพทย์นิติเวช มหาวิทยาลัยมิลานในปี 2013-2014) ถูกย้อมด้วย Sodium rhodizonate และ Sodium rhodizonate ในสภาวะ 5% HCl แล้วสังเกตผลด้วยกล้องจุลทรรศน์ Sodium rhodizonate แสดงผลเป็นบวกกับตะกั่วที่ตกค้างในช่องภายในร่างกาย โดยตรวจพบอนุภาคของตะกั่วใน 2 cm แรกจากบริเวณปากบาดแผล พบใน 6 ศพ จากจำนวนตัวอย่างศพทั้งหมด 25 ศพ (คิดเป็น 24%) เหยื่อมีลักษณะร่วมกัน คือ ใช้อาวุธปืนลำกล้องสั้น, ยิงระยะใกล้หรือยิงระยะสัมผัส, บริเวณที่ไม่ถูกคลุมด้วยเสื้อผ้า และโครงสร้างจุลภาคของอวัยวะที่

เกี่ยวข้องกับช่องภายในร่างกาย(รูกระสุน) ยังคงอยู่ การหาเขม่าปืนในช่องภายในร่างกายมีความไวสูง อาจเป็นการทดสอบที่สำคัญในการแยกระหว่างตะกั่วที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม กับตะกั่วที่อยู่ในเขม่าปืน การยืนยันการตรวจพบเขม่าปืนในช่องภายในร่างกายด้วยวิธีการทางพยาธิวิทยา ควรใช้วิธี SEM-EDX เพื่อเป็นการยืนยันผลลัพธ์ แม้ว่าผู้เขียนยังไม่ได้ทำการศึกษา แต่การใช้ 2 วิธีนี้ร่วมกันในการประยุกต์ใช้ในศพในที่เปิดโล่ง อย่างไรก็ตามในบางกรณีการเน่าเปื่อยอาจลุกลามจนถึงขั้นที่ไม่สามารถสงสัยถึงการบาดเจ็บจากกระสุนปืนจากเนื้อเยื่ออ่อนได้

Zuzanna Bro**Ż**ek-Mucha (Bro**Ż**ek-Mucha, 2016) ได้ทำการศึกษาเรื่อง A study of gunshot residue distribution for close-range shots with a silenced gun using optical and scanning electron microscopy, X-ray microanalysis and infrared spectroscopy ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางกายภาพและทางเคมีอย่างละเอียดของเขม่าปืน ที่ถูกปล่อยออกมาใกล้กับบริเวณอาวุธปืนกล ทั้งในกรณีที่ไม่มีและมีตัวลดเสียง การศึกษานี้ได้รับแรงบัลดาลในจากคดีล่าสุดที่มีการใช้อาวุธปืนพร้อมตัวลดเสียงและต้องประมาณระยะยิง โดยได้มีการทดลองที่สนามยิงปืน ใช้ปืนพกกลและกระสุนขนาด 7.65 mm Browning เป้ายิงจะถูกตั้งอยู่ในระยะ 0-30 cm จากปืน และคลุมเป้าด้วยฝ้าฝ้ายสีขาวหรือหนังหมู เพื่อเป็นตัวแทนแบบเสื้อผ้าของมนุษย์และผิวเปลือย เขม่าปืนทั้งส่วนที่เป็นอินทรีย์และอนินทรีย์ ได้ทำการตรวจวัดด้วย SEM/EDX จากปัจจัยที่ได้ทำการศึกษา ได้แก่ ตัวลดเสียง, ระยะยิง และประเภทของวัสดุพื้นผิว ส่งผลต่อการกระจายตัวของอนุภาค

Michele Boracchi และคณะ (Michele Boracchi, 2017) ได้ทำการศึกษาเรื่อง Can cadaverous pollution from environmental lead misguide to false positive results in the histochemical determination of gunshot residues? Study on cadaveric skin samples การตรวจหาตะกั่วในเขม่าปืน (GSR) ทำให้เกิดคำถามเกี่ยวกับโลหะที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม ผู้เขียนได้ประเมินความจำเพาะของการทดสอบ Sodium Rhodizonate ในการตรวจหาตะกั่วที่ได้จากมลพิษทางสิ่งแวดล้อม การทดสอบ Sodium Rhodizonate และการทดสอบ Sodium Rhodizonate ในสภาวะ 5% HCl นำไปใช้กับตัวอย่างผิวหนังที่เก็บจากเหยื่อ 2 กลุ่ม ซึ่งสาเหตุจากการเสียชีวิตไม่เกี่ยวกับบาดแผลที่เกิดจากอาวุธปืน : กลุ่ม A ประกอบด้วยศพ จำนวน 25 ศพ ที่พบในที่โล่งหลังจากเสียชีวิตเป็นเวลานาน และ กลุ่ม B ประกอบด้วยศพ จำนวน 16 ศพ ที่ถูกขุดขึ้นมาหลังจากผ่านไป 11 ปีการทดสอบทางพยาธิวิทยาที่ตัวอย่างผิวหนังของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม ไม่พบ

เศษโลหะที่มีลักษณะทางพยาธิวิทยาที่คล้ายกับตะกั่วที่มีในเขม่าปืน (GSR) การทดสอบนี้ยืนยันว่าเป็นการทดสอบที่จำเพาะต่อการตรวจหาตะกั่วที่พบในเขม่าปืนสูง โดยการปนเปื้อนของโลหะหนักที่มาจากอากาศและน้ำไม่ส่งผลต่อการทดสอบนี้

Guendalina Gentile และคณะ (Guendalina Gentile, 2020) ได้ทำการศึกษาเรื่อง Is it possible to detect lead derived from gunshot residues on decalcified human bone by means of a histochemical staining with sodium rhodizonate? ในการศึกษานี้ ผู้เขียนได้ประเมินความสามารถในการตรวจพบสารตะกั่วที่มาจากเขม่าปืนในกระดูกของศพ โดยใช้เทคนิคการวัดสี (Colorimetric) ในการศึกษาใช้ศพที่ถูกเก็บรักษาอย่างดี จำนวน 22 ราย โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่ม A เป็นเหยื่อ 11 ราย ที่เสียชีวิตเพราะถูกกระสุนปืน (ตัวอย่างกระดูกและเนื้อเยื่ออ่อนตามรายงานของบาดแผลที่กระสุนเข้า) และกลุ่ม B เป็นเหยื่อ 11 ราย ที่เสียชีวิตด้วยสาเหตุธรรมชาติ (ตัวอย่างเนื้อเยื่อจากผิวหนังที่ไม่สลาย) ตัวอย่างทั้งหมดหลังจากผ่านกระบวนการ decalcification แล้ว ตัวอย่างกระดูกเปลี่ยนกระบวนการจุลพยาธิวิทยามาตรฐานด้วยสารละลาย 14% HCl แล้วย้อมสีด้วย hematoxylin และ eosin (H&E), sodium rhodizonate (Na-R) และ sodium rhodizonate ในสภาวะกรด (Na-R-HCl 5%) เนื้อเยื่ออ่อนเพิ่มเติมสองสไลด์สำหรับแต่ละกลุ่ม ปรับสภาพด้วย 14% HCl ก่อนนำไปย้อมเช่นเดียวกัน ในกลุ่ม A 10 ตัวอย่างจากทั้งหมด 11 ตัวอย่าง ให้ผลเป็นลบกับ Na-R และ Na-R-HCl 5% ในขณะที่เนื้อเยื่ออ่อนให้ผลเป็นบวกสำหรับการย้อมสีเหมือนกัน เนื้อเยื่ออ่อนเพิ่มเติมที่ปรับสภาพด้วยสารละลาย 14% HCl ให้ผลเป็นลบ 10 ตัวอย่าง จากทั้งหมด 11 ตัวอย่าง ไม่มีตัวอย่างไหนในกลุ่ม B ให้ผลเป็นบวกเลย งานวิจัยที่ตรวจหาตะกั่วในกระดูกของศพนี้ ไม่สามารถตรวจหาได้ด้วย Na-R และ Na-R-HCl 5% เนื่องจากกระบวนการสลายของแคลเซียมมีผลต่อความเสถียรของเขม่าปืน จึงทำให้ได้ผลที่เปลี่ยนไป

Thinnapong Wongpakdee และคณะ (Thinnapong Wongpakdee, 2021) ได้ทำการศึกษาเรื่อง Simple gunshot residue analyses for estimating firing distance: Investigation with four types of fabrics ในงานวิจัยนี้แสดง 2 วิธีในการประมาณระยะยิงจากเขม่าปืนโดยใช้ผ้า 4 ชนิดเป็นเป้ายิง ได้แก่ ยีนส์ทอลาย twill weave คอตตอน-โพลีเอสเตอร์ (80/20), ผ้าถัก คอตตอน 100%, ผ้าทอธรรมดา คอตตอน-โพลีเอสเตอร์ (80/20) และผ้าทอธรรมดา คอตตอน-โพลีเอสเตอร์ (60/40) ในการทดลองยิงใช้ผ้าสีขาวเป็นเป้ายิง ที่ระยะ 5-100 cm วิธีแรก

เป็นวิธีดิจิตอลอิมเมจของเขม่าปืนสีดำบนผ้าถูกบันทึกภายในกล่องที่มีแสงสว่างและปรับเป็นค่าความเข้มสีเทา แล้วบันทึกผลเป็นกราฟเทียบกับระยะยิง พบว่ากราฟของผ้าทั้ง 4 ชนิดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ การประมาณระยะยิงจึงเป็นกราฟเส้นโค้งเดียวกัน แม้ว่าวิธีการถ่ายภาพจะง่ายแต่ไม่เหมาะสำหรับวัสดุที่มีสีเข้ม ดังนั้นจึงได้พัฒนาวิธีที่ใช้เคมี วิธีที่สองใช้วิธี microfluidic paper-based analytical device (μPAD) ในการตรวจหาตะกั่วที่สกัดจากเขม่าปืน วิธี μPAD ใช้ในการวัดความยาวของแถบสีชมพู ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างสารละลาย Rhodizonate กับ Pb^{2+} ที่ได้จากการสกัด กราฟผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวัสดุยีนส์หนามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากผ้าชนิดอื่นๆที่บางกว่ามาก ผ้าอีก 3 ชนิดใช้กราฟการประมาณระยะยิงเดียวกัน แต่สำหรับยีนส์ใช้กราฟประมาณระยะยิงแยกต่างหาก ทั้ง 2 วิธีเหมาะสำหรับการประมาณระยะยิงในระยะใกล้ ไม่เกิน 60 cm ที่ระยะยิงมากกว่านี้วิธีการถ่ายภาพจะไม่สามารถตรวจหาเขม่าปืนได้

Zainiharyati Mohd Zain และคณะ (Zainiharyati Mohd Zain & Subri, 2021) ได้ทำการศึกษาเรื่อง The effect of type of firearm and shooting distance on pattern distribution, particle dispersion and amount of gunshot residue เนื่องจากวัตถุพยานสามารถบ่งบอกการมีอยู่ของวัตถุพยาน และยังบ่งชี้ว่าข้อสันนิษฐานเป็นจริงหรือไม่ เขม่าปืนเป็นวัตถุพยานที่มีความสำคัญในตรวจสถานที่เกิดเหตุ เช่นสามารถบอกได้ถึงระยะยิง ชนิดของอาวุธปืนและกระสุนที่ใช้ในยิง อย่างไรก็ตามเนื่องจากปริมาณเขม่าปืนที่พบในสถานที่เกิดเหตุมีปริมาณน้อยจึงจำเป็นต้องใช้วิธีและเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ข้อมูลของพยานหลักฐาน เมื่อยิงปืนอนุภาคเขม่าจะถูกปลดปล่อยออกมาจากช่องเปิดต่างๆของอาวุธปืน และจะติดอยู่ที่บริเวณใกล้กับจุดที่ยิง ผลการศึกษาการตรวจหาอนุภาคและลักษณะการกระจายตัวของเขม่าปืนบนเป้ายิงผ้าฝ้ายสีขาวที่ระยะยิงต่างกัน (ตั้งแต่ 3 cm ถึง 50 cm) โดยการใช้ video spectral comparator ลักษณะการกระจายตัวและปริมาณอนุภาคเขม่าปืนเป็นปัจจัยหลักในการวัดระยะยิง การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principle component analysis :PCA) และการวิเคราะห์การจัดกลุ่มเชิงลำดับชั้น (Hierarchical clustering analysis :HCA) ถูกใช้เพื่อบอกประเภทของอาวุธปืน ความแตกต่างของลักษณะการกระจายตัวของเขม่าปืนสามารถสังเกตเห็นได้ชัด การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายตัวของอนุภาคเขม่าปืนกับระยะยิง มีความสัมพันธ์เชิงเส้น ผลการทดลองยิงแสดงให้เห็นว่าเส้นผ่านศูนย์ของการกระจายตัวของเขม่าปืนและปริมาณเขม่าที่พบจากการ

ยิงจะลดลงที่ระยะยิงมากกว่า 21 cm การศึกษานี้ช่วยผู้ตรวจสถานที่เกิดเหตุในการวัดระยะยิงและการประเมินอาวุธปืนที่ใช้ และคาดว่าวิธีนี้เป็นวิธีการในการตรวจสอบการกระจายตัวของเขม่าปืนบนเป้าโลหะ ซึ่งมีความสำคัญในประมาณระยะยิง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้เลือกใช้เป้ายิงเป็นผ้าดิบ เนื่องจากเปรียบเสมือนเป็นเสื้อผ้าที่เหยื่อสวมใส่ เพื่อทำการศึกษาการกระจายตัวของเขม่าปืน โดยการตรวจหาตะกั่วด้วยวิธีทดสอบ Sodium Rhodizonate

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบลักษณะการกระจายตัวของเขม่าปืน เมื่อยิงด้วยปืนลูกโม่และปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติ ที่ระยะยิงต่างกัน โดยการตรวจหาเขม่าปืนด้วยวิธีทดสอบ โซเดียม โรไดโซเนต (Sodium Rhodizonate test) ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนและรายละเอียดการดำเนินการวิจัย ดังนี้

3.1 วิธีดำเนินการวิจัย

3.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

3.3 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

3.4 การทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงทดลอง มาใช้ในการศึกษา โดยมีขั้นตอนดำเนินการศึกษาวิจัย ดังนี้

- ระยะที่ 1 การเตรียมความพร้อมก่อนการทำการทดลอง ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการศึกษาค้นคว้าด้วยการทบทวนแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำความรู้และข้อมูลที่ได้มาใช้ในการทำการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

- ระยะที่ 2 การทดลอง ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนทำการทดลอง ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย เพื่อให้ได้ซึ่งผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง

- ระยะที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูล เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์สังเคราะห์เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปของงานวิจัยและนำเสนอผลการวิจัย

3.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 สารเคมี ได้แก่

1) Rhodizonic acid Sodium salt ยี่ห้อ Glentham Life Sciences (UK)

2) Potassium Chloride ยี่ห้อ KemAus (Australia)

3) Hydrochloric acid ยี่ห้อ Merck (Germany)

4) น้ำกลั่น (Distilled water)

3.2.2 การเตรียมสารละลาย

1) เตรียมสารละลายอิ่มตัว Sodium Rhodizonate โดยการละลาย Rhodizonic acid Sodium salt 0.4100 g ด้วยน้ำกลั่น 450 ml

2) เตรียมสารละลาย Potassium Chloride buffer pH 1.0 โดยการเติมสารละลาย Potassium Chloride เข้มข้น 0.2M ปริมาตร 25 ml ลงในสารละลาย Hydrochloric acid เข้มข้น 0.2M ปริมาตร 67 ml

3.3 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

1) อาวุธปืนลูกโม่ ขนาด .357 ยี่ห้อ Smith&Wesson รุ่น .357 MAGNUM

2) อาวุธปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติ ขนาด 9 mm ยี่ห้อ Glock19 gen5

3) กระสุนปืนขนาด .357

4) กระสุนปืนขนาด 9 mm

5) ผ้าดิบขนาด 45 x 45 cm

6) กล้องถ่ายภาพ ยี่ห้อ Nikon

ภาพที่ 8 อาวุธปืนลูกโม่ ขนาด .357 ยี่ห้อ Smith&Wesson รุ่น .357 MAGNUM

ภาพที่ 9 อาวุธปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติ ขนาด 9 mm ยี่ห้อ Glock19 gen5

3.4 การทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยทำการศึกษาด้วยอาวุธปืนลูกโม่ ยี่ห้อ Smith & Wesson และอาวุธปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติ ยี่ห้อ Glock เมื่อทำการทดลองยิงที่ระยะยิง 4 ระยะ คือ ระยะสัมผัสเป้า, 15 cm ,1 m และ 3 m โดยการตรวจหาธาตุที่เป็นส่วนประกอบของเขม่าปืน คือ ธาตุตะกั่ว (Pb) บริเวณรอบรูกระสุนปืน ด้วยปฏิกิริยาการทำให้เกิดสีโดยโซเดียม โรไดโซเนต (Sodium rhodizonate) เพื่อดูการกระจายตัวของเขม่าปืนและประมาณระยะยิง ได้กำหนดขั้นตอนการทดลองดังนี้

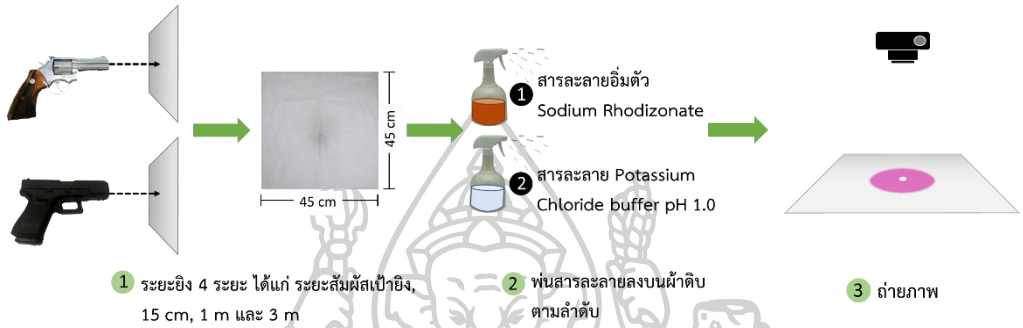
3.4.1 ทดลองยิงด้วยอาวุธปืนลูกโม่ไปที่ผ้าดิบขนาด 45 x 45 cm โดยยิงด้วยระยะยิงที่แตกต่างกัน 4 ระยะ คือ ระยะสัมผัสเป้า, 15 cm, 1 m และ 3 m ตามลำดับ ซึ่งแต่ละระยะทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง โดยเปลี่ยนผ้าดิบทุกครั้งที่ทำการทดลองซ้ำ

3.4.2 ทดลองยิงด้วยอาวุธปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติไปที่ผ้าดิบขนาด 45 x 45 cm โดยยิงด้วยระยะยิงที่แตกต่างกัน 4 ระยะ คือ ระยะสัมผัสเป้า, 15 cm, 1 m และ 3 m ตามลำดับ ซึ่งแต่ละระยะทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง โดยเปลี่ยนผ้าดิบทุกครั้งที่ทำการทดลองซ้ำ

3.4.3 นำผ้าดิบที่ผ่านการทดลองยิงที่ระยะต่างๆ พ่นด้วยสารละลายอิ่มตัว Sodium Rhodizonate แล้วตามด้วยสารละลาย Potassium Chloride buffer pH 1.0

3.4.4 ถ่ายภาพด้วยกล้องถ่ายภาพ ยี่ห้อ Nikon รุ่น Z fc และตั้งค่ากล้องที่ รูรับแสง (ค่าf) 14 ความไวชัตเตอร์ (Speed shutter) 1/20 วินาที และค่าความไวแสง (ISO) 200

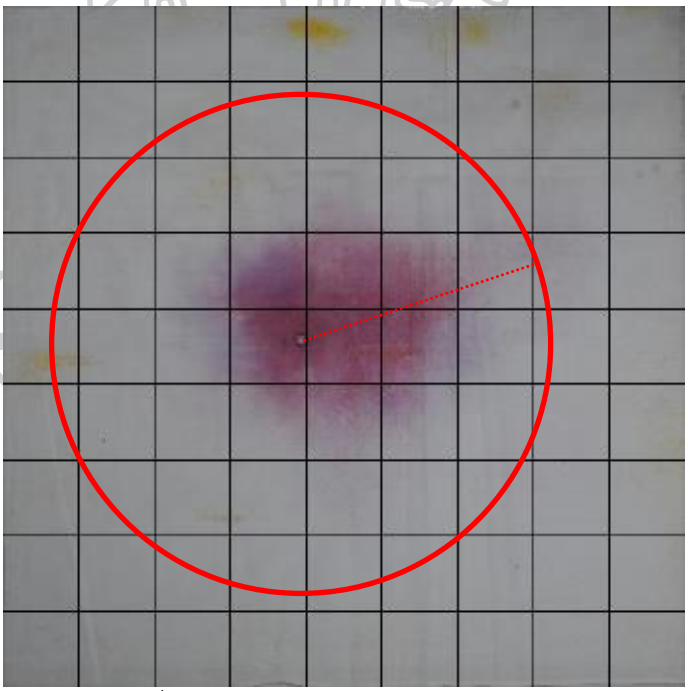
3.4.5 ทำการวัดระยะการกระจายตัวของเขม่าปืนที่ผ้าดิบ โดยการวัดเป็นรัศมีจากขอบรูกระสุนปืน จนถึงตำแหน่งที่ปรากฏเขม่าปืนที่ห่างที่สุด



ภาพที่ 10 วิธีวิจัย

ภาพที่ 11 ขณะที่ได้ทำการทดลองยิง ที่สนามยิงปืนบุญประเสริฐญPK จ.พัทลุง

ภาพที่ 12 ลักษณะการวางกล้องถ่ายภาพ

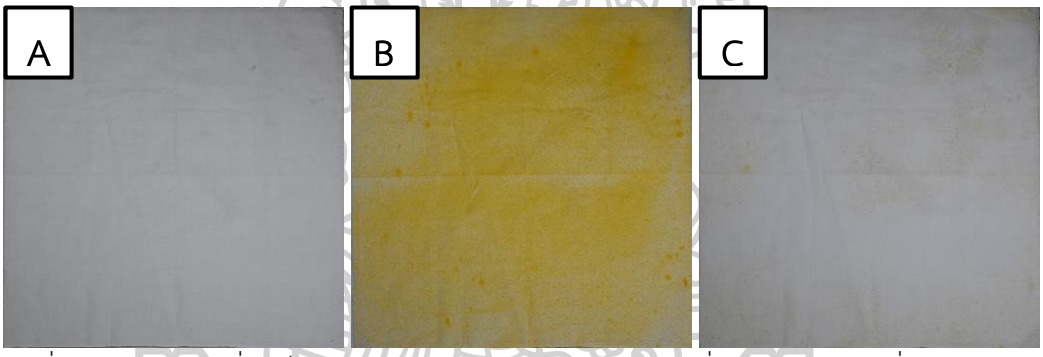


ภาพที่ 13 การวัดการกระจายตัวของเขม่าปืน

บทที่ 4

ผลการทดลอง

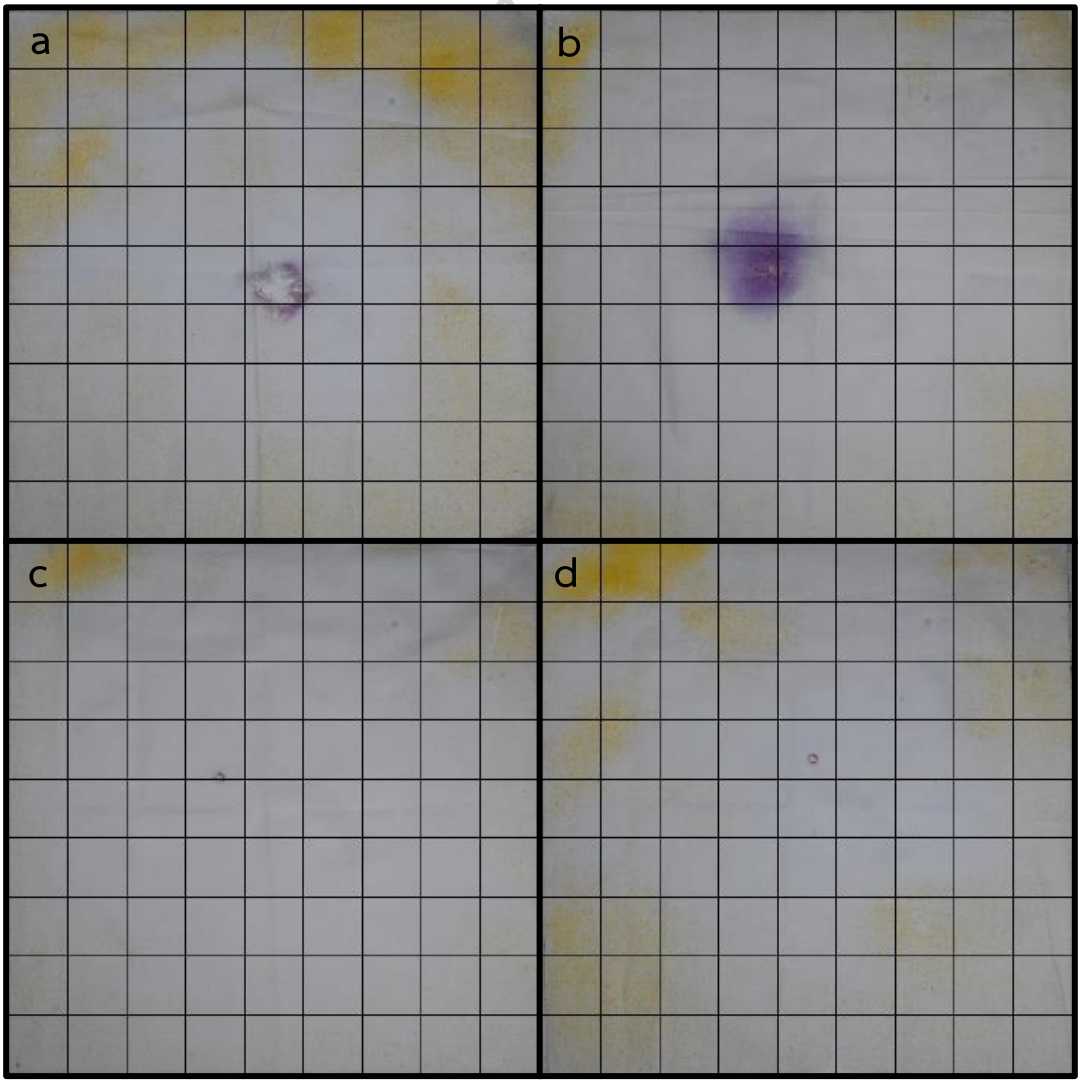
ในการวิจัยนี้ ได้ทำตัวอย่างควบคุมโดยการนำผ้าดิบเปล่า ที่ไม่ผ่านการถูกยิงด้วยอาวุธปืนมาทำการพ่นด้วยสารละลายอิ่มตัว Sodium Rhodizonate แล้วตามด้วยสารละลาย Potassium Chloride buffer pH 1.0 ตามลำดับ เมื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของผ้าดิบ พบว่าเมื่อพ่นด้วยสารละลายอิ่มตัว Sodium Rhodizonate ผ้าดิบจะมีสีเหลืองเกิดขึ้น แล้วเมื่อพ่นตามด้วยสารละลาย Potassium Chloride buffer pH 1.0 ที่เหลืองที่เกิดขึ้นจะค่อยๆหายไป ตามภาพที่ 14



ภาพที่ 14 ผ้าดิบเปล่าที่ใช้เป็นตัวอย่างควบคุม A ผ้าดิบเปล่า, B เมื่อพ่นสารละลายอิ่มตัว Sodium Rhodizonate และ C ผ้าที่ผ่านการพ่นสารละลายอิ่มตัว Sodium Rhodizonate แล้วตามด้วยการพ่นสารละลาย Potassium Chloride buffer pH 1.0

ทำการทดลองยิงด้วยอาวุธปืนลูกโม่ ขนาด .357 ยี่ห้อ Smith&Wesson รุ่น .357 MAGNUM ที่ระยะยิง 4 ระยะ ได้แก่ ระยะสัมผัสเป้า, 15 cm, 1 m และ 3 m โดยแต่ละระยะยิงทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง และเปลี่ยนผ้าดิบทุกครั้งที่ยิง เพื่อศึกษาการกระจายตัวของเขม่าปืนเมื่อยิงด้วยปืนลูกโม่ที่ระยะยิงต่างกัน

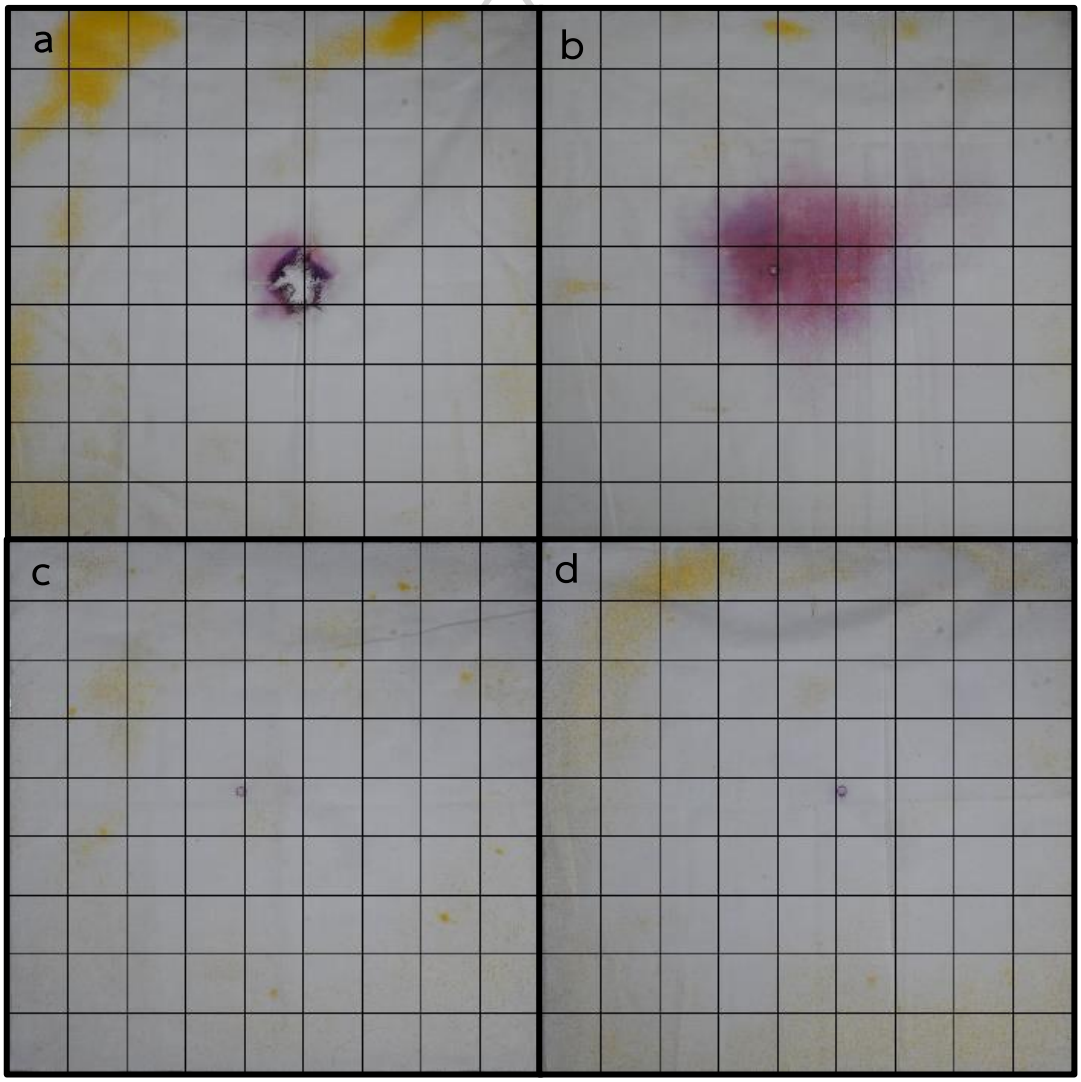
พบว่าเขม่าปืนมีการกระจายตัวรอบๆรูกระสุนปืน ที่ระยะยิง 15 cm เขม่าปืนมีการกระจายตัวมากที่สุด และที่ระยะยิง 1 m และ 3 m ไม่เห็นความแตกต่างของการกระจายตัวของเขม่าปืน ตามภาพที่ 15



ภาพที่ 15 การตรวจหาตะกั่วในเขม่าปืนด้วยวิธีทดสอบโซเดียม โรไดโซเนต เมื่อทำการทดลองยิงด้วยปืนลูกโม่ (Revolver) ที่ระยะยิง a) ระยะสัมผัสเป้า, b) 15 cm, c) 1 m และ d) 3 m

ทำการทดลองยิงด้วยอาวุธปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติ ขนาด 9 มม. ยี่ห้อ Glock19 gen5 ที่ระยะยิง 4 ระยะ ได้แก่ ระยะสัมผัสเป้า, 15 cm, 1 m และ 3 m โดยแต่ละระยะยิงทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง และเปลี่ยนผ้าดิบทุกครั้งที่ยิง เพื่อศึกษาการกระจายตัวของเขม่าปืนเมื่อยิงด้วยปืนลูกโม่ที่ระยะยิงต่างกัน

พบว่าเขม่าปืนมีการกระจายตัวรอบๆรูกระสุนปืน ที่ระยะยิง 15 cm เขม่าปืนมีการกระจายตัวมากที่สุด และที่ระยะยิง 1 m และ 3 m ไม่เห็นความแตกต่างของการกระจายตัวของเขม่าปืน ตามภาพที่ 16



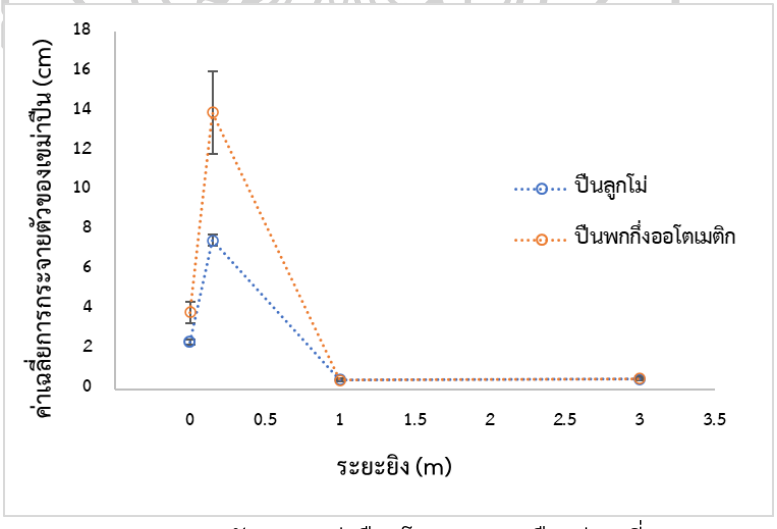
ภาพที่ 16 การตรวจหาตะกั่วในเขม่าปืนด้วยวิธีทดสอบโซเดียม โรไดโซเนต เมื่อทำการทดลองยิงด้วยปืนพกกึ่งอัตโนมัติ (Semi-automatic pistol) ที่ระยะยิง a) ระยะสัมผัสเป้า, b) 15 cm, c) 1 m และ d) 3 m

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยการกระจายตัวของตะกั่วในเขม่าปืนที่เกิดจากการยิงในแต่ละระยะ (ค่าเฉลี่ย, n=3)

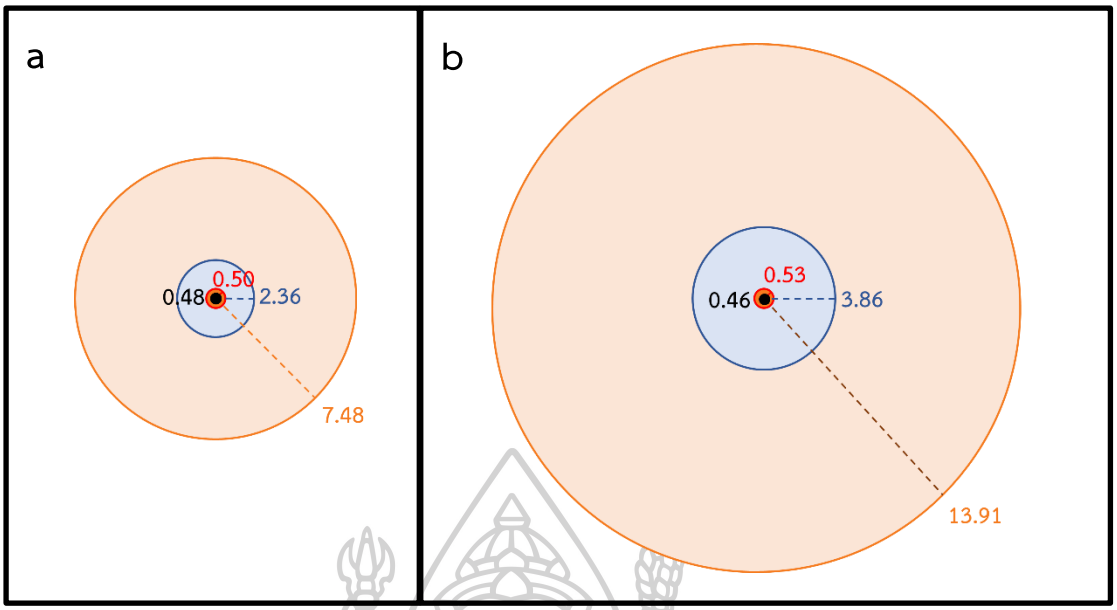
อาวุธปืน	ค่าเฉลี่ยระยะการกระจายตัวของเขม่าปืน (cm) ± SD			
	ระยะสัมผัสเป้า	ระยะ 15 cm	ระยะ 1 m	ระยะ 3 m
ปืนลูกโม่	2.36 ± 0.15	7.48 ± 0.27	0.48 ± 0.06	0.50 ± 0.02
ปืนพกกึ่งอัตโนมัติ	3.86 ± 0.54	13.91 ± 2.06	0.46 ± 0.06	0.53 ± 0.10

จากตารางที่ 1 เป็นตารางแสดงค่าเฉลี่ยการกระจายตัวของตะกั่วในเขม่าปืน ที่ได้จากการวัดการกระจายตามภาพที่ 13 เมื่อทำการยิงด้วยอาวุธปืนลูกโม่ ที่ระยะสัมผัสเป้า, 15 cm, 1 m และ 3 m ค่าเฉลี่ยระยะการกระจายตัวของเขม่าปืนจะเท่ากับ 2.36, 7.48, 0.48 และ 0.50 cm ตามลำดับ

เมื่อทำการเมื่อทำการยิงด้วยอาวุธปืนพกกึ่งอัตโนมัติ ที่ระยะสัมผัสเป้า, 15 cm, 1 m และ 3 m ค่าเฉลี่ยระยะการกระจายตัวของเขม่าปืนจะเท่ากับ 3.86, 13.91, 0.46 และ 0.53 cm ตามลำดับ



ภาพที่ 17 กราฟแสดงการกระจายตัวของเขม่าปืน โดยแกน y คือ ค่าเฉลี่ยการกระจายตัวของเขม่าปืน (cm) และแกน x คือ ระยะยิง (m) เมื่อทำการยิงที่ระยะสัมผัสเป้า, 15 cm, 1 m และ 3 m



ภาพที่ 18 แสดงระยะการกระจายตัวของเขม่าปืน (cm) --- ระยะสัมผัสเป้า --- 15 cm --- 1 m --- 3 m (a) อาวุธปืนลูกโม่ (b) อาวุธปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติ

เขม่าปืนที่เกิดจากการยิงด้วยอาวุธปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติ มีการกระจายตัวของเขม่าปืนมากกว่า และที่ระยะยิง 15 cm พบว่าเขม่าปืนที่เกิดจากการยิงด้วยอาวุธปืนทั้ง 2 ชนิด จะมีการกระจายตัวมากกว่าระยะยิงอื่น (ตามตารางที่ 1 และภาพประกอบที่ 17 และ 18)

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป และอภิปรายผล

การกระจายตัวของเขม่าที่เกิดจากการยิงอาวุธปืนลูกโม่และอาวุธปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติที่ระยะยิงต่างๆ จะมีลักษณะเหมือนกันคือ จะมีกระจายตัวอยู่รอบๆรูกระสุนปืน จากผลการทดลองพบว่าการกระจายตัวของเขม่าปืนที่เกิดจากการยิงอาวุธปืนลูกโม่ที่ระยะสัมผัสเป้า, 15 cm, 1 m และ 3 m มีระยะการกระจายตัวของเขม่าปืนเฉลี่ย 2.36, 7.48, 0.48 และ 0.50 cm ตามลำดับ และการกระจายตัวของเขม่าปืนที่เกิดจากการยิงอาวุธปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติที่ระยะสัมผัสเป้า, 15 cm, 1 m และ 3 m มีระยะการกระจายตัวของเขม่าปืนเฉลี่ย 3.86, 13.91, 0.46 และ 0.53 cm ตามลำดับ

เขม่าปืนที่เกิดจากการยิงอาวุธปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติมีระยะการกระจายตัวของเขม่าปืนมากกว่าอาวุธปืนลูกโม่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hans Ditrich (Ditrich, 2012) ที่ได้ทำการศึกษาชนิดของอาวุธปืนส่งผลต่อการกระจายตัวของเขม่าปืน แล้วพบว่าอาวุธปืนแต่ละชนิดมีการกระจายตัวของเขม่าปืนที่แตกต่างกัน และที่ระยะยิง 15 cm มีการกระจายตัวของเขม่าปืนมากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Thinnapong W. et al. (Thinnapong Wongpakdee, 2021) ที่ได้ทำการศึกษาการประมาณระยะยิงพบว่ายิ่งระยะยิงเพิ่มขึ้นเขม่าปืนที่ตรวจวัดได้จะยิ่งลดลง

การจากวิจัยเมื่อทำการตรวจหาตะกั่วที่เกิดจาการยิงปืน ด้วย Sodium Rhodizonate test โดยใช้ Potassium Chloride Buffer pH 1.0 พบว่าเขม่าปืนที่เกิดจากการยิงด้วยอาวุธปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติ มีการกระจายตัวมากกว่าอาวุธปืนลูกโม่ และที่ระยะยิง 1 m และ 3 m พบว่าการกระจายตัวของเขม่าปืนน้อย อาจเนื่องมาจากระยะห่างระหว่างปากกระบอกปืนกับผ้าดิบมีความห่างกันมาก ทำให้เขม่าปืนมีการฟุ้งกระจายในอากาศมากกว่าที่ระยะอื่นๆ ส่งผลให้เขม่าปืนจะไปติดที่ผ้าดิบบริเวณรอบๆรูกระสุนปืนมีปริมาณน้อย

5.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเฉพาะการกระจายตัวของเขม่าปืนบนผ้าดิบเพียงอย่างเดียว ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปอาจทำการศึกษาการกระจายตัวของเขม่าปืนบนผ้าชนิดอื่นๆ ซึ่งมีการใช้ทั่วไปในชีวิตประจำวัน หรืออาจทำการศึกษาการกระจายตัวของเขม่าปืนบนวัสดุที่ใกล้เคียงกับผิวหนังมนุษย์ ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้กำหนดระยะยิง 4 ระยะ ได้แก่ ระยะสัมผัสเป้า, 15 cm, 1 m และ 3 m ซึ่งที่ระยะ 1 m และ 3 m ไม่เห็นความแตกต่างของการกระจายตัวของเขม่าปืน

ในการศึกษาครั้งต่อไปอาจทำการศึกษาที่ระยะน้อยกว่า 1 m เพื่อให้ได้ผลการวิจัยที่มีประโยชน์ต่อการนำมาใช้งานมากยิ่งขึ้น

รายการอ้างอิง

Agostinho Santos, P. R., Luís Fernandes, Teresa Magalhães, Agostinho Almeida, António Sousa. (2015). Firing distance estimation based on the analysis of GSR distribution on the target surface using ICP-MS—An experimental study with a 7.65 mm × 17 mm Browning pistol (.32 ACP). *Forensic Science International*, 247, 62-68.

Arnaldo Stanislao Migliorini, S. A., Alessio Battistini, Guendalina Gentile, Enrico Muccino, Giulia Vancheri, Riccardo Zoja. (2015). Detectability and medico-legal value of the gunshot residues in the intracorporeal channel. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 36, 10-15.

Bro**Ż**ek-Mucha, Z. (2016). A study of gunshot residue distribution for close-range shots with a silenced gun using optical and scanning electron microscopy, X-ray microanalysis and infrared spectroscopy *Science & Justice*.

Bro**Ż**ek-Mucha, Z. (2017). Trends in analysis of gunshot residue for forensic purposes. *Anal Bioanal Chem*.

Bundeskriminalamt. (2024). *Gunshot Residue* https://www.bka.de/EN/OurTasks/SupportOfInvestigationAndPrevention/ForensicScience/PhysicalEvidence/Homicide/GunshotResidue/gunshotresidue_node.html

Ditrich, H. (2012). Distribution of gunshot residues - The influence of weapon type. *Forensic Science International*.

Emanuela Turillazzi, G. P. D. P., Antonio Nieddu, Stefania Bello, Fabrizio Monaci, Margherita Neri, Cristoforo Pomara, Roberto Rabozzi, Irene Riezzo, Vittorio Fineschi. (2013). Analytical and quantitative concentration of gunshot residues (Pb, Sb, Ba) to estimate entrance hole and shooting-distance using confocal laser microscopy and inductively coupled plasma atomic emission spectrometer analysis: An experimental study. *Forensic Science International*, 231(1-3), 142-149.

Guendalina Gentile, S. T., Savatore Andreola, Michele Boracchi, Ludovica Gibelli, Arnaldo Stanislao Migliorini, Riccardo Zoja. (2020). Is it possible to detect lead

derived from gunshot residues on decalcified human bone by means of a histochemical staining with sodium rhodizonate? *Forensic Science International*.

Michele Boracchi, S. A., Federica Collini , Guendalina Gentile, Francesca Maciocco, Francesca Maghin, Riccardo Zoja. (2017). Can cadaverous pollution from environmental lead misguide to false positive results in the histochemical determination of gunshot residues? Study on cadaveric skin samples. *Forensic Science International*, 277, 16-20.

Rayana A. Costa, L. C. M., Caline A. Destefani, Rayza R.T. Rodrigues, Kamila S. do Espírito Santo, Gloria M.F.V. Aquije, Ricardo Boldrini, Geisamanda P.B. Athayde a, Maria Tereza W.D.C. Dias, Wanderson Romão. (2016). Gunshot residues (GSR) analysis of clean range ammunition using SEM/EDX, colorimetric test and ICP-MS: A comparative approach between the analytical techniques. *Microchemical Journal*.

Thinnapong Wongpakdee, S. B., Nuanlaor Ratanawimarnwong, Phoonthawee Saetear, Kanchana Uraisin, Prapin Wilairat, Warawut Tiyapongpattana, Duangjai Nacapricha. (2021). Simple gunshot residue analyses for estimating firing distance: Investigation with four types of fabrics *Forensic Science International*.

Victor Ananth, U. K. A., and Soo Me Tong. (2011). Detection of Organic Gunshot Residues for the Estimation of Firing Distance *Malaysian Journal of Forensic Sciences*.

Zainiharyati Mohd Zain, S. N. J., Mohamed Izzharif Abdul Halim,, & Subri, M. S. M. (2021). The effect of type of firearm and shooting distance on pattern distribution, particle dispersion and amount of gunshot residue. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*.

ทวี ทนาวร, ส. น., ธนากร เปลื้องกลาง. (2560). การพัฒนาชุดทดสอบแบเรียมและตะกั่วด้วยอุปกรณ์ตรวจวิเคราะห์แบบกระดาษ DEVELOPMENT OF BARIUM AND LEAD TEST-KIT USING MICROFLUIDIC PAPER-BASED ANALYTICAL DEVICES. วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.

ธีระศักดิ์ ว่องสกุล, ส. ส. (2557). การศึกษาเปรียบเทียบลักษณะการกระจายตัวและคุณสมบัติของ

อนุภาคเขม่าปืน ที่เกิดจากการยิงปืนสั้น รีวอลเวอร์ ขนาด .38 ที่มีความยาวลำกล้องแตกต่างกัน The study of comparison between distribution and properties of gunshot residue by shooting the revolvers size .38 with difference of caliber. *Veridian E-Journal Science and Technology Silpakorn University*

เพิ่มพรสกุล, เ. (2021). เทคนิคและวิธีการตรวจวิเคราะห์เขม่าปืนเพื่อสร้างความเชื่อมั่น ในกระบวนการยุติธรรม: อดีต ปัจจุบัน และทิศทางในอนาคต Techniques and Methods for Gunshot Residue Analysis to Enhance Confidence in the Justice Process: From the Past to Present and Future Direction *Thai Journal of Physics*

มหาเจริญ, พ. ต. ท. ด. ร. (2561). การตรวจลักษณะธาตุองค์ประกอบในปลอกกระสุนปืนพกกึ่งอัตโนมัติ โดยวิธี Scanning Electron Microscope/ Energy Dispersive X-ray Spectroscopy เพื่อประยุกต์ใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์ *Criminology and Forensic Science*

ลัดดาวัลย์ บุญจงรักษ์, ณ. ก. (2559). การศึกษาร่องรอยลูกกระสุนปืนบนแผ่นโลหะที่ยิงจากปืนพกรีวอลเวอร์ ขนาด .357 Magnum ในระยะยิงและมุมยิงที่แตกต่าง *SDU RESEARCH JOURNAL OF SCIENCES AND TECHNOLOGY*.

ศักดิ์ศิริ, ร. ว. แ. น. (2565). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ตรวจวัดแบบกระดาษกับวิธีห้องปฏิบัติการสำหรับตรวจหาปริมาณสารตะกั่วจากเขม่าปืนที่มือ Silpakorn University].

สำนักงานกิจการยุติธรรม, ศ. ก. (2565). อาชญากรรมและกระบวนการยุติธรรมไทยในวันนี้ ปี พ.ศ. 2565 *Updating Thai Criminal Justice* 2022.

สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา. (2477). พระราชบัญญัติให้ใช้ประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญา พุทธศักราช 2477.

สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา. (2490). พระราชบัญญัติอาวุธปืน เครื่องกระสุนปืน วัตถุระเบิด ดอกไม้เพลิง และสิ่งเทียมอาวุธปืน พ.ศ.2549.

สำนักงานตำรวจแห่งชาติ, ก. ส. หลักการอาวุธเบา. https://parathikarn.police.go.th/web/sp/untitled.html#gun1

สำนักงานตำรวจแห่งชาติ, ก. ส. (2566). สถิติฐานความผิดคดีอาญา(คดี 4 กลุ่ม) หน่วยงานทั่วประเทศ ตั้งแต่วันที่ 01 ตุลาคม 2565 ถึง 30 กันยายน 2566.

สำนักงานตำรวจแห่งชาติ, ศ. (2565). คู่มือพนักงานสอบสวน นิติวิทยาศาสตร์กับการสอบสวนคดีอาญา

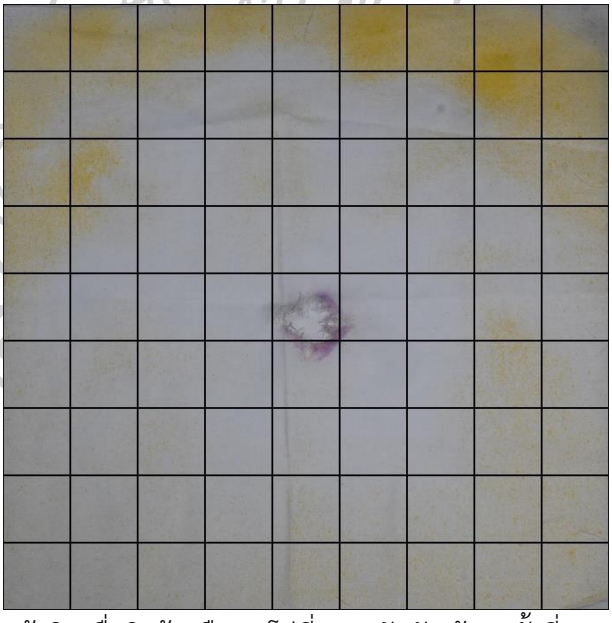
สินลอยมา, พ. ร. แ. (2564). การเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพและปริมาณเขม่าดินปืนบนผ้าภายหลังการยิงด้วยเทคนิค SEM/EDX Comparison of the Physical Characteristics and

Gunshot Residue in Fabrics after Firing with SEM/EDX Technique. *Suan Dusit Graduate School Adcademic Journal*.

อรอนงค์ แก้วบุตร, ส. ส. (2557). การกระจายตัวของอนุภาคเขม่าปืนในรถยนต์ที่ใช้ก่อเหตุยิงด้วยอาวุธปืนด้วยเทคนิคอะตอมมิค แอบซอฟชั่นสเปกโตรโฟโตมิตรี Distribution of GSR particle in Car of shooting by Atomic Absorption Spectrophotometry. *Veridian E-Journal Science and Technology Silpakorn University*.

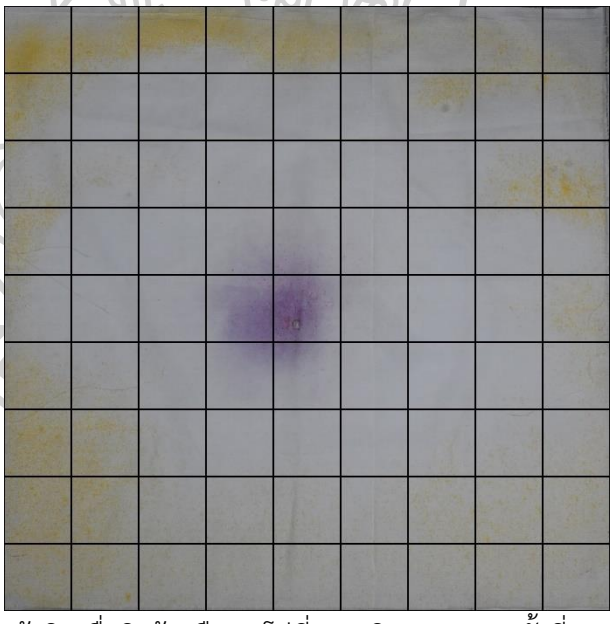
ภาคผนวก

ผ้าดิบเมื่อยิงด้วยปืนลูกโม่ที่ระยะสัมผัสเป้า (ครั้งที่ 1)

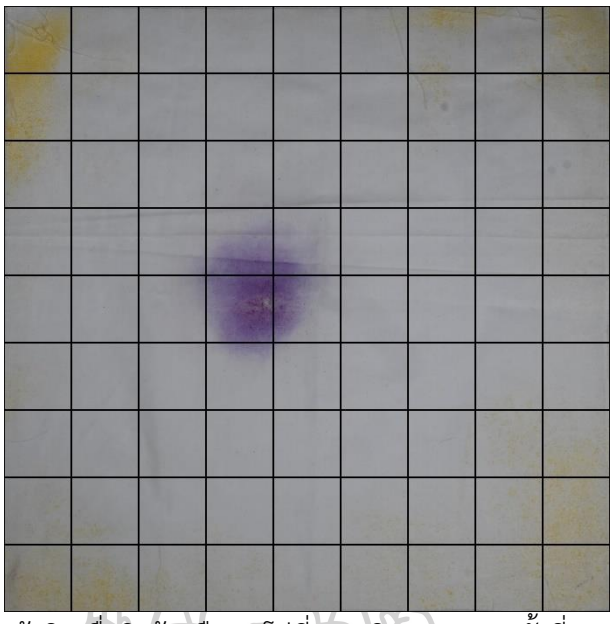


ผ้าดิบเมื่อยิงด้วยปืนลูกโม่ที่ระยะสัมผัสเป้า (ครั้งที่ 2)

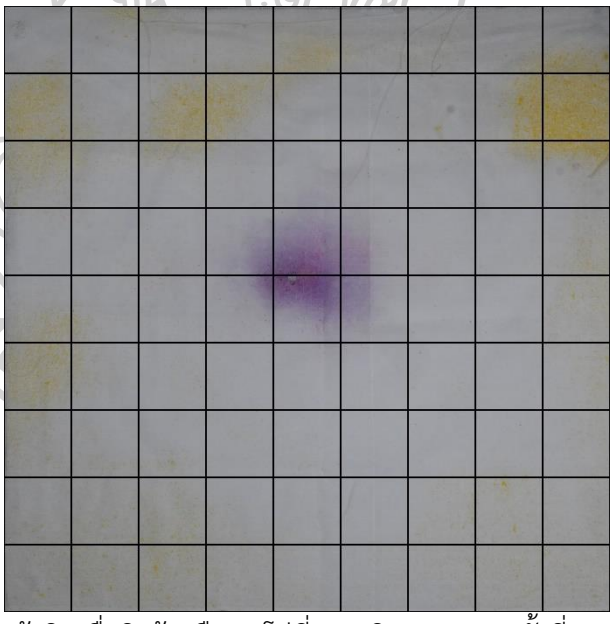
ผ้าดิบเมื่อยิงด้วยปืนลูกโม่ที่ระยะสัมผัสเป้า (ครั้งที่ 3)



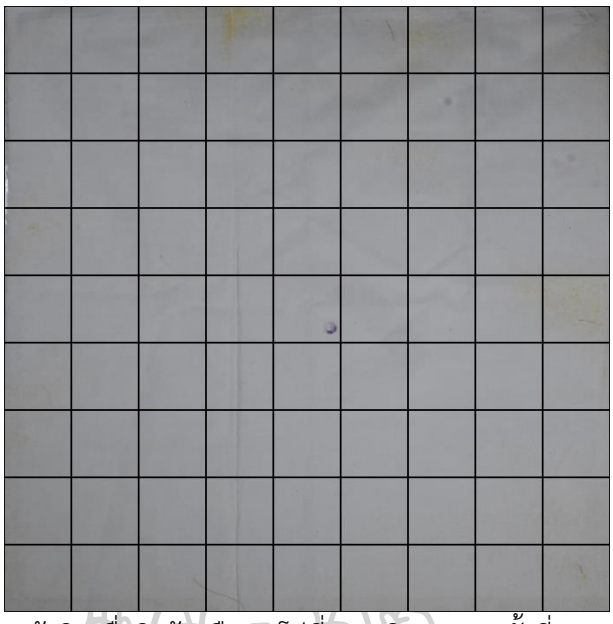
ผ้าดิบเมื่อยิงด้วยปืนลูกโม่ที่ระยะยิง 15 cm (ครั้งที่ 1)



ผ้าดิบเมื่อยิงด้วยปืนลูกโม่ที่ระยะยิง 15 cm (ครั้งที่ 2)

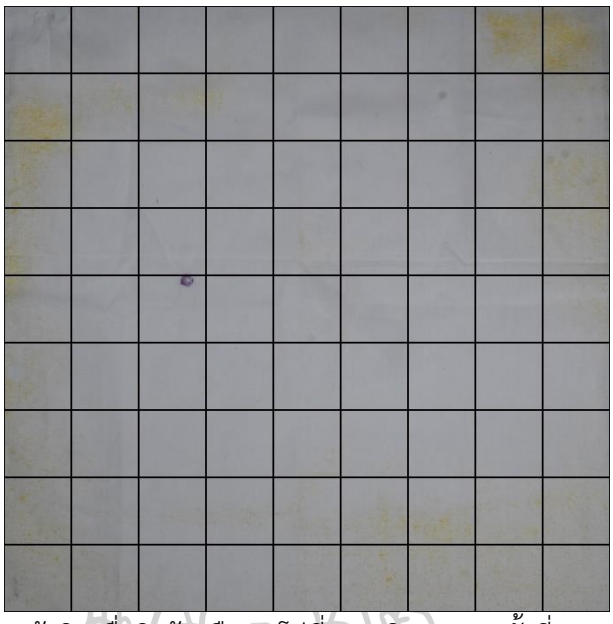


ผ้าดิบเมื่อยิงด้วยปืนลูกโม่ที่ระยะยิง 15 cm (ครั้งที่ 3)

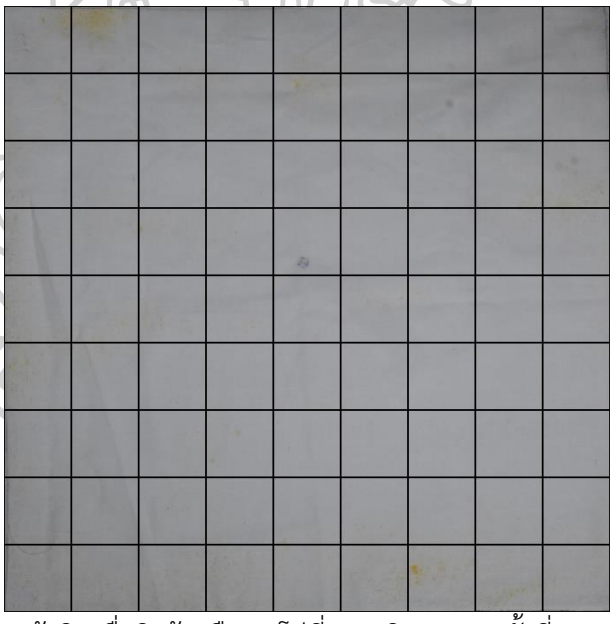


ผ้าดิบเมื่อยิงด้วยปืนลูกโม่ที่ระยะยิง 1 m (ครั้งที่ 1)

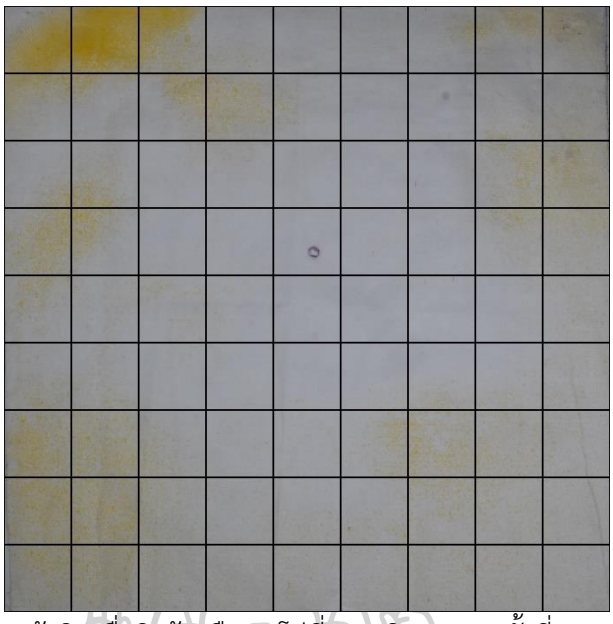
ผ้าดิบเมื่อยิงด้วยปืนลูกโม่ที่ระยะยิง 1 m (ครั้งที่ 2)



ผ้าดิบเมื่อยิงด้วยปืนลูกโม่ที่ระยะยิง 1 m (ครั้งที่ 3)

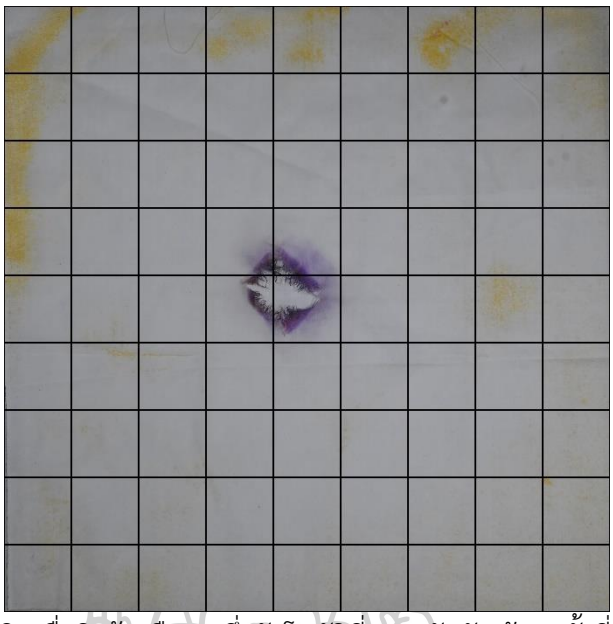


ผ้าดิบเมื่อยิงด้วยปืนลูกโม่ที่ระยะยิง 3 m (ครั้งที่ 1)

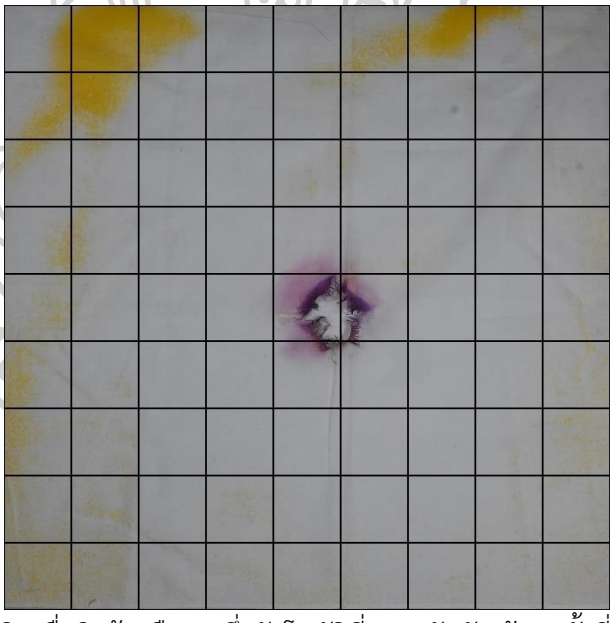


ผ้าดิบเมื่อยิงด้วยปืนลูกโม่ที่ระยะยิง 3 m (ครั้งที่ 2)

ผ้าดิบเมื่อยิงด้วยปืนลูกโม่ที่ระยะยิง 3 m (ครั้งที่ 3)

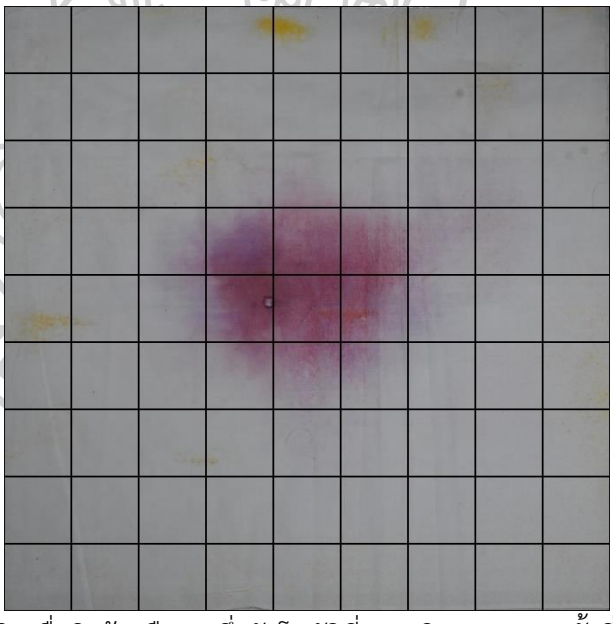


ผ้าดิบเมื่อยิงด้วยปืนพกกึ่งอัตโนมัติที่ระยะสัมผัสเป้า (ครั้งที่ 1)

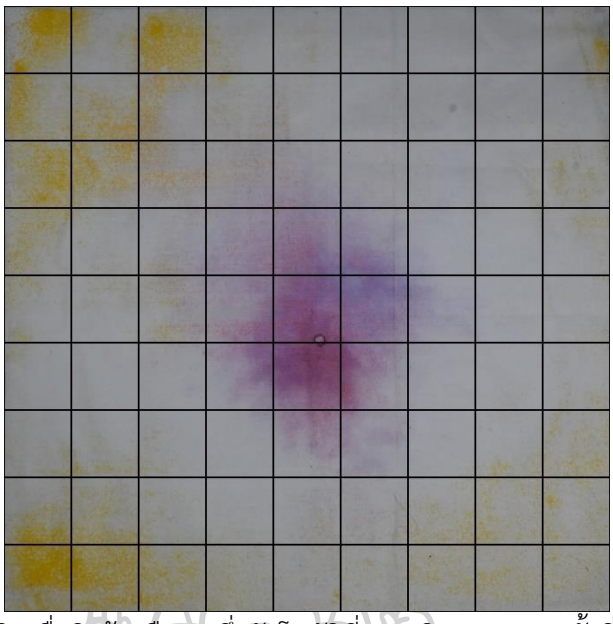


ผ้าดิบเมื่อยิงด้วยปืนพกกึ่งอัตโนมัติที่ระยะสัมผัสเป้า (ครั้งที่ 2)

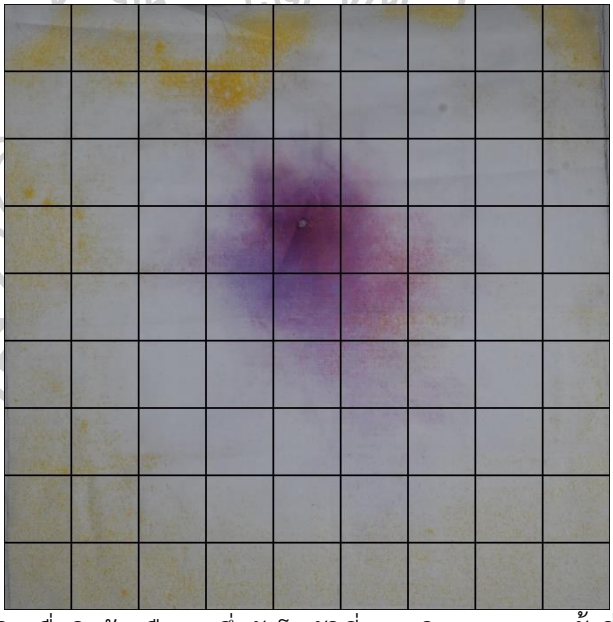
ผ้าดิบเมื่อยิงด้วยปืนพกกึ่งอัตโนมัติที่ระยะสัมผัสเป้า (ครั้งที่ 3)



ผ้าดิบเมื่อยิงด้วยปืนพกกึ่งอัตโนมัติที่ระยะยิง 15 cm (ครั้งที่ 1)

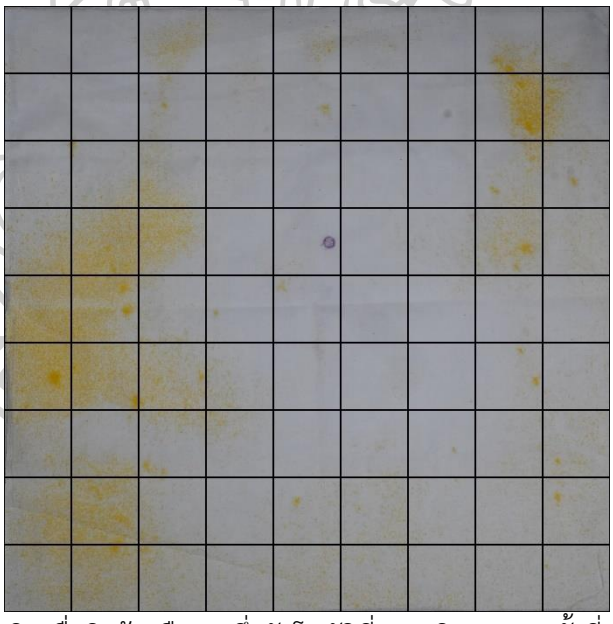


ผ้าดิบเมื่อยิงด้วยปืนพกกึ่งอัตโนมัติที่ระยะยิง 15 cm (ครั้งที่ 2)



ผ้าดิบเมื่อยิงด้วยปืนพกกึ่งอัตโนมัติที่ระยะยิง 15 cm (ครั้งที่ 3)

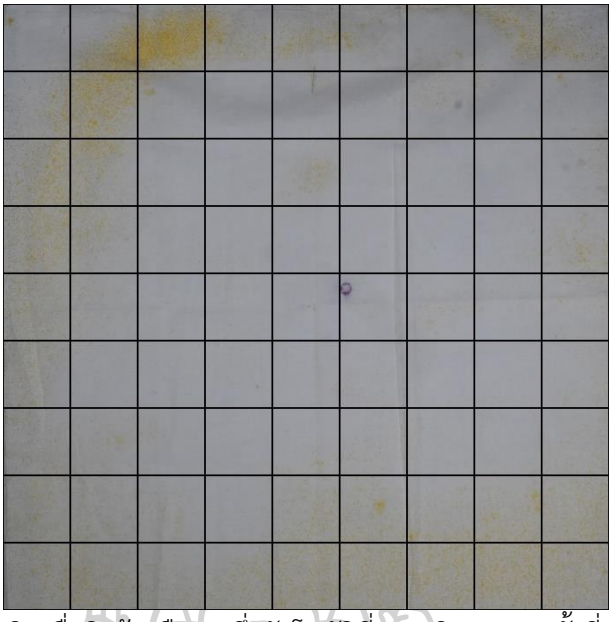
ผ้าดิบเมื่อยิงด้วยปืนพกกึ่งอัตโนมัติที่ระยะยิง 1 m (ครั้งที่ 1)



ผ้าดิบเมื่อยิงด้วยปืนพกกึ่งอัตโนมัติที่ระยะยิง 1 m (ครั้งที่ 2)

ผ้าดิบเมื่อยิงด้วยปืนพกกึ่งอัตโนมัติที่ระยะยิง 1 m (ครั้งที่ 3)

ผ้าดิบเมื่อยิงด้วยปืนพกกึ่งอัตโนมัติที่ระยะยิง 3 m (ครั้งที่ 1)



ผ้าดิบเมื่อยิงด้วยปืนพกกึ่งอัตโนมัติที่ระยะยิง 3 m (ครั้งที่ 2)

ผ้าดิบเมื่อยิงด้วยปืนพกกึ่งอัตโนมัติที่ระยะยิง 3 m (ครั้งที่ 3)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ว่าที่ร้อยตำรวจเอกหญิงศิริกานต์ พูลพิพัฒน์
วุฒิการศึกษา	วท.บ.เคมี มหาวิทยาลัยมหิดล
ผลงานตีพิมพ์	-
รางวัลที่ได้รับ	-