



การศึกษาปริมาณธาตุองค์ประกอบและสัณฐานของอนุภาคเขม่าดินปืนอาวุธปืนยาวที่เกิดจากการ เหนี่ยวไกด้วยนิ้วเท้าโดยเทคนิคกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด A Study of Elemental Composition and Morphology of Gunshot Residue Particles Caused by Shotguns Triggered by big toe using SEM/EDX

ฉัตรชนก ธรรมกาย* และ ธิติ มหาเจริญ
คณะนิติวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ

Chutchanok Tammakai and Thiti Mahacharoen
Faculty of Forensic Science, Royal Police Cadet Academy

Received: June 17, 2024 | Revised: January 25, 2025 | Accepted: March 19, 2025

บทความวิจัย (Research Article)

บทคัดย่อ

สังคมกำลังเผชิญปัญหาทั้งโรคระบาดและเศรษฐกิจตกต่ำ ล้วนทำให้เกิดภาวะความเครียด ผู้คนไม่
อาจหาทางออกของปัญหาที่เผชิญอยู่ ทำให้การเกิดอาชญากรรมเพิ่มสูงขึ้น หลายกรณีใช้ปืนยาวก่อ
อหิวาตกรรมโดยนิ้วเท้าเหนี่ยวไกปืน มักใช้ปืนลูกซองก่อเหตุเนื่องด้วยเป็นอาวุธที่ผู้คนทั่วไปถือครองได้
การวิจัยนี้มุ่งศึกษาปริมาณธาตุองค์ประกอบและสัณฐานของอนุภาคเขม่าดินปืนที่เกิดจากการเหนี่ยวไกด้วย
นิ้วเท้า ด้วยเทคนิคกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ทดสอบสมมติฐานด้วยการวิเคราะห์ความ
แปรปรวนทางเดียว โดยใช้ปืนยาว 2 แบบ ได้แก่ ปืนลูกซองโบทาล และ ปืนไรเฟิล เรมมิงตัน .308 และใช้
กระสุนปืนจำนวน 4 ชนิด ในการทดลองประกอบด้วย กระสุนไรเฟิล (Rifle), กระสุนลูกซองลูกโดด (Slug),
กระสุนลูกซองลูกปราย (80xBB) (Birdshot) และกระสุนลูกซองลูกแก้วเม็ด (Buckshot) พบว่าปริมาณธาตุ
องค์ประกอบที่สำคัญหลังจากยิงปืนจากกระสุนทั้ง 4 ชนิด เทียบจากกระสุนชนิดเดียวกันในแต่ละช่วงเวลา
หลังจากยิงตั้งแต่ 0, 2, และ 6 ชั่วโมง ในธาตุชนิดเดียวกันมีปริมาณค่าเฉลี่ย % weight ไม่แตกต่างกัน และ
สัณฐานของอนุภาคเขม่าดินปืนจากกระสุนทั้ง 4 ชนิด พบว่ารูปทรงค่อนข้างกลม มีพื้นผิวคล้ายส้ม แสดงให้
เห็นว่าระยะเวลาที่เก็บตัวอย่างทั้ง 3 ช่วงเวลาสามารถตรวจพบธาตุองค์ประกอบที่สำคัญ (ธาตุพลวง,
ธาตุแบเรียม และ ธาตุตะกั่ว) ที่ใช้ในการยืนยันได้ว่ามาจากเขม่าดินปืนหลังจากการยิงปืน ซึ่งการนำ

* Corresponding author, email: ntchutchanok_t@hotmail.com



เทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์หลักฐานในคดี เป็นการช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับวัตถุพยาน และนำไปสู่การตัดสินความผิดหรือการยืนยันความบริสุทธิ์ของผู้ต้องหาในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์

คำสำคัญ: เขม่าดินปืน, การเหนียวไกด้วยนิ้วเท้า, ปืนยาว

Abstract

The society is facing the problems from epidemic and economic crisis causing stress and inability to find a solution to tackle. In many cases, the use of long guns to commit suicide has been increasing. It is impossible to use hand to pull the trigger. Shotguns are weapons that can be held by the public. In this research, the distribution pattern of the amount of particle and elemental composition of gunshot residue were studied by using big toe pulling the trigger. Scanning Electron Microscope/Energy Dispersive X-ray Spectroscopy, SEM/EDX was used to analyze with one-way ANOVA analysis. By using two types of rifles, consisting of the Baikal shotgun and the Remington .308 rifle with four types of bullet which are Rifled Bullet, Slug Bullet, Birdshot Bullet (80xBB) and Buckshot bullets (Ninth mm). It was found that the number of critical elemental components of GSR particles after shooting a gun from different four types of bullets compared to the same type of bullet in each interval after the shooting ranged from 0, 2, and 6 hours. In the same kind of element, the %weight values did not difference. And the particles characteristics from all four types of bullets found that the shape was quite circular and peeled orange. It shows that during the three periods of sample collection, important elements- Antimony (Sb) , Barium (Ba) and Lead (Pb) were used to confirm that they were derived from a gunpowder after firing. The application of technology in the analysis of evidence in legal cases enhances the credibility of physical evidence and contributes to the determination of the defendant's guilt or the affirmation of their innocence in the field of forensic science.

Keywords: Gunshot Residues, triggered by big toe, Rifle

บทนำ

จากสภาพปัญหาในปัจจุบันที่เกิดทั้งโรคระบาด และพิษเศรษฐกิจ ส่งผลให้หลายคนเกิดภาวะความเครียดจนไม่สามารถหาทางออกของปัญหาที่เผชิญอยู่ได้ ปัญหาที่เกิดขึ้นไม่ได้รับการแก้ไขจนนำไปสู่การใช้ความรุนแรงในรูปแบบต่าง ๆ ในการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าของกลุ่มคนบางกลุ่ม ทำให้แนวโน้มการเกิดอาชญากรรมเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งคดีอาชญากรรมที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ เกิดจากการใช้อาวุธปืนในการก่อเหตุ ไม่ว่าจะเป็นปล้นชิงทรัพย์ ฆาตกรรมหรือแม้กระทั่งการอัตวินิบาตกรรม (การฆ่าตัวตาย) เนื่องจากอาวุธปืนเป็นอาวุธที่สามารถถือครองได้หากมีใบอนุญาต ตามกฎหมายการพกปืนและสิ่งเทียมอาวุธปืน ตาม



พระราชบัญญัติอาวุธปืน พ.ศ. 2490 และประเทศไทยมีบ้านที่ติดสวน หรือติดป่ามาก ประชาชนสามารถขออนุญาตมีอาวุธปืนไว้ในครอบครองได้เพื่อป้องกันตัว ล่าสัตว์ หรือกิจกรรมสันตนาการกีฬา โดยส่วนใหญ่ที่ประชาชนครอบครองก็จะเป็นปืนลูกซองยาวเนื่องจากเป็นปืนที่ค่อนข้างเป็นที่นิยม และจากการรายงานของ บีบีซี ประเทศไทย พบว่า ประชาชนชาวไทยมีอาวุธปืนไว้ในครอบครองมากถึง 10.3 ล้านกระบอก โดยเฉลี่ย 15 กระบอกต่อประชากร 100,000 คน (Yongcharoenchai, 2022) เอาไว้ใช้ป้องกันดูแลทรัพย์สินหรือล่าสัตว์ มีความทนทาน ดูแลรักษาได้ง่ายและมีราคาไม่แพง ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้อาวุธปืน ถือว่าเป็นอาวุธที่ถูกใช้ก่อคดีอาชญากรรม และประเทศไทยมีสถิติผู้เสียชีวิตจากอาวุธปืนสูงที่สุดในเอเชียในปี 2556 คิดเฉลี่ยเป็น 7.84 คนต่อประชากร 100,000 คน มากที่สุดในเอเชีย (Prachatai, 2016) ซึ่งในกระบวนการพิสูจน์ความผิดนั้น สามารถเก็บรวบรวมพยานหลักฐานที่ได้จากอาวุธปืนหรือพยานหลักฐานอื่น ไม่ว่าจะ เป็นอาวุธปืน ปลอกกระสุน คราบเขม่าปืนที่เกิดจากการเผาไหม้ขณะยิง สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ได้ทั้งหมด ด้วยในปัจจุบันเทคโนโลยีได้พัฒนาขึ้นมาเพื่อให้การสืบสวนหาความจริงนั้นสามารถทำได้อย่างแม่นยำมากยิ่งขึ้น เพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับวัตถุพยานที่อยู่ในที่เกิดเหตุ

ทั้งนี้ตามที่ได้กล่าวถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ประชากรมีความเครียดสะสมมากขึ้น เมื่อไม่สามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ ความรุนแรงจึงอาจจะเป็นทางออกที่เหลืออยู่ และที่ได้อ้างอิงไปข้างต้นนั้นอาวุธปืนยาวที่เป็นที่นิยม และประชาชนสามารถมีไว้ในครอบครองได้ ทำให้ได้เห็นคดีที่ใช้อาวุธปืนยาวก่อเหตุในคดีมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการใช้ก่อเหตุกับผู้อื่น หรือแม้แต่กระทำอัตวินิบาตกรรม ก็มีให้เห็นมากขึ้น โดยผู้วิจัยให้ความสนใจในคดีที่ใช้อาวุธปืนลูกซอง หรือปืนที่มีลำกล้องขนาดยาว โดยเฉพาะในกรณีการฆ่าตัวตายในบางครั้งผู้เสียชีวิตมักไม่ได้ใช้มือในการเหนี่ยวไกเนื่องจากขนาดความยาวของลำกล้อง ทำให้พบการใช้เท้าในการเหนี่ยวไกปืน หลายครั้งทำให้เกิดข้อสงสัยในหมู่ญาติผู้เสียชีวิต ถึงลักษณะการก่อคดีในลักษณะนี้ ว่าเป็นการเสียชีวิตจากการฆ่าตัวตายจริงหรือไม่ หรือถ้าเกิดขึ้นจริงอะไรจะเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการยืนยันถึงการกระทำที่เกิดขึ้น โดยทั่วไปจะต้องมีการตรวจสอบคราบเขม่าดินปืน ปริมาณความหนาแน่นของธาตุองค์ประกอบที่พบเพื่อยืนยันการก่อเหตุ แต่เนื่องด้วยการใช้นิ้วเท้าเหนี่ยวไกพบไม่บ่อย ทำให้การตรวจเปรียบเทียบยังมีน้อยกว่าการใช้มือในการก่อเหตุ โดยธาตุองค์ประกอบที่พบจากการเผาไหม้ของเขม่าปืนประกอบด้วยธาตุองค์ประกอบสำคัญ พลวง (Sb) แบเรียม (Ba) และตะกั่ว (Pb)

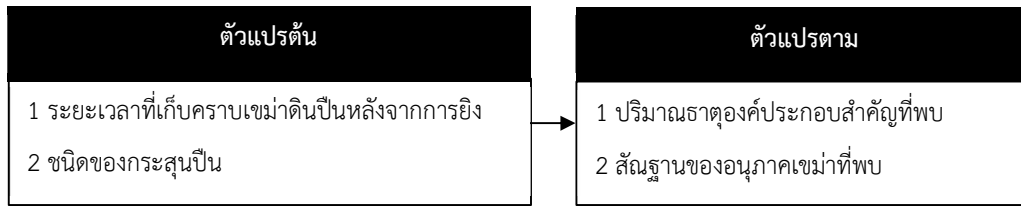
ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะทำการทดลองศึกษาปริมาณธาตุองค์ประกอบสำคัญ และสัณฐานวิทยาของอนุภาคที่พบ ด้วยเทคนิคกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด และเครื่องวิเคราะห์ธาตุด้วยรังสีเอกซ์ (Scanning Electron Microscopy/Energy Dispersive X-ray Spectroscopy, SEM/EDX) เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณธาตุองค์ประกอบสำคัญ และสัณฐานของอนุภาคเขม่าดินปืนจำนวน 4 ชนิด ที่เกิดจากการเหนี่ยวไกอาวุธปืนยาวด้วยนิ้วเท้า ณ ช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscopy/Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM/EDX)



กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 ตัวแปรต้น และตัวแปรตามในงานวิจัย

ทบทวนวรรณกรรม

1) ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่ทำการศึกษาว่าด้วยเรื่องความสำคัญของวัตถุพยาน “Gunshot residue (GSR) หรือ เขม่าดินปืน” ที่เกิดจากอาวุธปืน โดยทั้งนี้ในงานวิจัยก่อนหน้านี ได้ให้ความเห็นไว้ว่า Gunshot residue หรือ เขม่าดินปืน มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องในกระบวนการสืบสวนคดีอาญา เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสรุปของคดี ทั้งนี้ยังสามารถนำไปวิเคราะห์เพื่อใช้ในการสรุปสาเหตุและลักษณะการเสียชีวิตได้ เป็นหนึ่งในหลักฐานชิ้นสำคัญในการพิสูจน์ในคดีที่มีการฆ่าตัวตายสามารถให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์เพื่อยืนยันสาเหตุการเสียชีวิต ทั้งนี้เพื่อให้ได้มาซึ่งความถูกต้องของหลักฐาน จึงจะต้องนำเครื่องทางวิทยาศาสตร์เข้ามาเพื่อช่วยวิเคราะห์ หากค่ามาตรฐานที่ถูกต้อง เพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นให้กับวัตถุพยานที่ถูกนำไปเป็นหลักฐานประกอบในกระบวนการสืบสวนคดีอาญา โดยเทคโนโลยีที่ถูกนำมาใช้ในการตรวจวิเคราะห์ พิสูจน์ลักษณะโครงสร้างทางกายภาพและโครงสร้างเชิงเคมีที่พบในเขม่าดินปืน มีด้วยกันหลายเทคโนโลยี ไม่ว่าจะเป็น AAS, ICP-MS, SEM, SEM-EDX, GC, HPLC โดยเครื่องมือที่ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยส่วนใหญ่คือ SEM หรือ Scanning electron microscope เป็นกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด มีกำลังขยายมากกว่ากล้องจุลทรรศน์ทั่วไป ทำให้เห็นถึงรูปร่าง ลักษณะ สัณฐานและโครงสร้างของวัตถุพยาน ได้อย่างชัดเจน และข้อมูลที่ได้จะช่วยในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์เป็นอย่างมาก และ SEM ยังคงเป็นวิธีที่เหมาะสมที่จะใช้เพื่อระบุอัตลักษณ์ของอนุภาคที่พบบนตัวอย่าง ที่สามารถใช้หาความสัมพันธ์ทั้งทาง สัณฐานวิทยา และ ปริมาณธาตุองค์ประกอบ เพื่อใช้ในกระบวนการสืบสวนในคดี ที่มีอาวุธปืนเข้ามาเกี่ยวข้อง (Vachon and Martinez, 2019) โดยจากงานวิจัยก่อนหน้านี ได้ให้ข้อมูลถึงแหล่งที่มาของสารประกอบอนินทรีย์ที่พบเป็นส่วนใหญ่ในพื้นที่ที่เกิดเหตุ ตามตารางที่ 1 (Shrivastava et al., 2021)

ตารางที่ 1 สารประกอบอนินทรีย์ที่พบเป็นส่วนใหญ่ในพื้นที่ที่เกิดเหตุ

สารประกอบอนินทรีย์	แหล่งที่มาจาก
Lead	ลูกตะกั่ว (Bullet) และชนวนท้ายกระสุนปืน (Primer)
Barium	ชนวนท้ายกระสุนปืน (Primer)
Antimony	ชนวนท้ายกระสุนปืน (Primer)
Copper	หัวกระสุน
Copper	หัวกระสุน
Iron	ลำกล้องของปืน (Barrel) และลูกตะกั่ว (Bullet)



Chromium	ดินขับ (Propellant)
Nitrates	ดินขับ (Propellant)
Zinc	หัวกระสุน และชนวนท้ายกระสุนปืน (Primer)
Nickel	Nickel ที่เคลือบอยู่บนปลอกกระสุน
Sodium nitrate	ชนวนท้ายกระสุนปืน (Primer)
Mercury	ชนวนท้ายกระสุนปืน (Primer)
Potassium	ดินขับ (Propellant) และชนวนท้ายกระสุนปืน (Primer)
Magnesium, aluminum	ชนวนท้ายกระสุนปืน (Primer)
Cupro-nickel	หัวกระสุน
Zirconium powder	ตัวรีดิวซ์ (Reduce) ในปฏิกิริยา Oxidation-Reduction
Tungsten	ลูกกระสุนปืน
Tin	ปลอกกระสุน
Strontium	ตัวออกซิไดเซอร์ (Oxidizer) ในปฏิกิริยา Oxidation-Reduction
Stannic oxide	ตัวออกซิไดเซอร์ (Oxidizer) ในปฏิกิริยา Oxidation-Reduction
Phosphoric acid	ตัวออกซิไดเซอร์ (Oxidizer) ในปฏิกิริยา Oxidation-Reduction
Mercury fulminate	วัตถุระเบิด (Explosive)
Mercury	วัตถุระเบิด (Explosive)
Phosphorus	ปลอกกระสุน
Maganese หรือ beryllium	เชื้อเพลิง (Fuel)
Bronze หรือ brass	ปลอกกระสุน

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด หรือ SEM เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้สามารถมองเห็นวัตถุที่มีขนาดเล็กที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า มีประสิทธิภาพมากกว่ากล้องจุลทรรศน์แบบธรรมดา โดยมีกำลังขยายสูงถึง 200,000 เท่า ในการทำงานของเครื่องจะเป็นการใช้ลำแสงอิเล็กตรอนส่องกราดไปบนพื้นผิวของตัวอย่าง (Surface) ผลลัพธ์ที่มองเห็นจะให้ภาพแบบ 3 มิติ ซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นวิธีที่ทันสมัยและแม่นยำมากที่สุด ส่วน EDX อาจถูกเรียกอีกแบบว่า Energy Dispersive X-ray Analysis เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ที่อาศัยปฏิสัมพันธ์ของแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์ ไปใช้สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีหรือธาตุของตัวอย่าง กล่าวคือเป็นวิธีที่มีความจำเพาะ มากกว่าวิธีอื่นใดทั้งหมด ดังนั้น SEM/EDX จึงเป็นวิธีที่สามารถมองเห็นภาพอนุภาคเข้ามาที่มาจากกรยิงปืนได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ซึ่งแสดงผลเป็นภาพแบบ 3 มิติ คือสามารถเห็นอนุภาคนั้น ๆ ทั้งความกว้าง ความยาว และความลึกได้อย่างชัดเจน อีกทั้งยังสามารถบอกขนาดของอนุภาคหรือตัวอย่างที่ต้องการทราบ รวมถึงชนิดของธาตุที่มีอยู่ในอนุภาคนั้นได้ด้วย X-ray (EDX) โดยเทคนิค SEM/EDX สามารถวิเคราะห์ธาตุต่าง ๆ ได้หลายธาตุในเวลาเดียวกัน โดยไม่จำกัดว่าจะต้องเป็นเฉพาะธาตุตะกั่ว (Pb) แบเรียม (Ba) หรือพลวง (Sb) เท่านั้น (Schmid, 2016) จากงานวิจัยที่ถูกตีพิมพ์ในปี ค.ศ. 1982 โดย Samarendra Basu ได้ศึกษาลักษณะเฉพาะของโครงสร้างอนุภาคเข้ามาดินปืน โดยรูปร่างอนุภาคของเข้ามาดินปืนจากงานวิจัยแบ่งลักษณะของเข้ามาดินปืนได้ออกมาเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้



- 1) รูปทรงกลม มีขนาดตั้งแต่ 1-10 ไมโครเมตร
- 2) Nodular Spheroid หรืออนุภาคทรงกลมเล็ก เกาะอยู่บนอนุภาคทรงกลมใหญ่
- 3) peeled orange หรือผิวของเปลือกส้มที่เกิดจากการที่พลวงและแบเรียมจับกันเป็นแกนกลาง โดยมีตะกั่วล้อมรอบอยู่ภายนอกเป็นชั้นเรียงกัน (Basu, 1982)

2) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 Romanò et al., (2020) ได้ทำการทดลองการยิงปืนจากกระสุนประเภท Lead-free หรือ non-toxic ammunition (NTA) จำนวน 3 ชนิดจากแบรนด์ GECO และ Fiocchi โดยทำการศึกษาลักษณะองค์ประกอบทางเคมีของธาตุและสัณฐานของอนุภาค โดยใช้เทคนิคกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนส่องกราดร่วมกับการวิเคราะห์รังสีเอ็กซ์แบบกระจายพลังงาน (SEM/EDS) ทำการเก็บเขม่าดินปืนจากทั้งปลอกกระสุนและมือของผู้ยิงหลังจากการทดสอบการยิง โดยมีอาสาสมัครจำนวน 6 คนที่ยิงกระสุน 2 นัดสำหรับแต่ละประเภทของกระสุน พบว่าอนุภาคจากเขม่าดินปืน (GSR) ที่เกิดจากกระสุนชนิดต่าง ๆ พบธาตุองค์ประกอบดังนี้เช่น อลูมิเนียม, โพแทสเซียม, ซิลิกอน, กำมะถัน, ไทเทเนียม และสังกะสี นอกจากนี้ยังศึกษาความคงทนของอนุภาค GSR บนมือของผู้ยิงในช่วงเวลาตั้งแต่ 1 ถึง 6 ชั่วโมงหลังจากการยิง พบว่าอนุภาค GSR จากกระสุนทั้งสามชนิดที่ทดสอบยังคงพบบนมือของผู้ยิงได้จนถึง 6 ชั่วโมงหลังจากการยิงและสัณฐานของอนุภาคที่พบ มีทั้งพื้นผิวเรียบ ผิวเปลือกส้มและพบอนุภาคทรงกลมเล็ก เกาะอยู่บนอนุภาคทรงกลมใหญ่

2.2 Mingchanid (2017) ได้ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุองค์ประกอบของเขม่าปืนกับช่วงเวลาหลังยิงปืนด้วย Friedman test พบว่า ปริมาณเขม่าปืนมีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้ดำเนินการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุองค์ประกอบของเขม่าปืนกับช่วงเวลาหลังยิงตั้งแต่ 6, 8 และ 10 ชั่วโมง ทดสอบโดยใช้อาวุธปืน 9 มม. และกระสุน 2 ชนิด คือ 1) ลูกกระสุนหัวทองแดงหุ้มตะกั่ว 2) ลูกกระสุนหัวตะกั่ว โดยเก็บตัวอย่างจากมือทั้งสองข้าง บริเวณหลังมือ และฝ่ามือ และนำตัวอย่างที่ได้ไปทดสอบด้วยเครื่อง Inductively coupled plasma (ICP) และทดสอบสมมติฐานด้วย Friedman test พบว่า ปริมาณเขม่าปืนมีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งจากงานวิจัยนี้พบว่า ระยะเวลาตั้งแต่ 6-10 ชั่วโมงนั้น มีผลต่อปริมาณธาตุองค์ประกอบที่พบ ทำให้ “ไม่สามารถยืนยันว่าตัวอย่างที่เก็บนั้นมีความเกี่ยวข้องกับการยิงปืน 9 มม.”

2.3 Ratchakhom (2021) ได้ทำการเปรียบเทียบอนุภาคของเขม่าดินปืนบนผ้าภายหลังการยิงที่ระยะยิงที่แตกต่างกัน ด้วยเทคนิคกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy, SEM) และเปรียบเทียบปริมาณเขม่าดินปืนบนตัวอย่างผ้าภายหลังการยิงที่ระยะการยิงที่แตกต่างกัน ด้วยเทคนิคเอกซเรย์สเปกโทรสโกปีแบบกระจายพลังงาน (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy, EDX) ใช้อาวุธปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติ วอลเวอร์ ขนาด .380 นิ้ว ทำการยิงทั้งหมด 6 ระยะ ได้แก่ ระยะประชิด ระยะ 5 เมตร ระยะ 10 เมตร ระยะ 15 เมตร ระยะ 20 เมตร และระยะ 25 เมตร โดยพบว่าที่ระยะยิง 25 เมตร มีขนาดอนุภาคที่ใหญ่ที่สุด เท่ากับ 4.17 ไมครอน และที่ระยะประชิดมีขนาด



อนุภาคเล็กที่สุด เท่ากับ 1.10 ไมครอน ปริมาณธาตุองค์ประกอบหลัก 3 ธาตุ ได้แก่ แอนติโมนี/พลวง (Sb) แบเรียม (Ba) และตะกั่ว (Pb) ที่ระยะยิง 5 เมตร มีปริมาณแบเรียมมากที่สุด และที่ระยะ 5 เมตร พบเปอร์เซ็นต์ธาตุของเขม่าดินปืนมากที่สุด คือ ธาตุแอนติโมนี/พลวง (Sb) เท่ากับ 7.37 ± 3.08 ธาตุแบเรียม (Ba) เท่ากับ 110.25 ± 4.81 และธาตุตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 27.55 ± 8.59 และเมื่อศึกษาที่ระยะ 20 เมตร พบว่า ปริมาณเขม่าดินปืนลดลง

ระเบียบวิธีวิจัย

1) ขั้นตอนในการวิจัย

1.1 ยิงปืนยาวไรเฟิล Remington .308 บรรจุกะสุนไรเฟิล (Rifle) โดยใช้ปืนโป่ง (หุ่นเท้า) เหนี่ยวไก มัดเชือกที่ปลายนิ้วให้ลอดผ่านโกร่งไก จากนั้นกระตุกเชือกเพื่อเหนี่ยวไก เริ่มเก็บคราบทันทีหลังยิง เก็บ 2 บริเวณ ได้แก่ 1) บริเวณหน้าเท้า 2) บริเวณฝ่าเท้า ตามลำดับ (โดยจะต้องกดย้า ๆ (Stub) 20 ครั้ง ที่ตำแหน่งเดียวกัน)



ภาพที่ 1 ตำแหน่งการวางอาวุธปืนที่ใช้ในการทดลอง

1.2 ยิงปืนลูกซองเดี่ยว บรรจุกะสุนลูกซองลูกโดด (Slug) โดยใช้ปืนโป่ง (หุ่นเท้า) เหนี่ยวไก มัดเชือกที่ปลายนิ้วให้ลอดผ่านโกร่งไก จากนั้นกระตุกเชือกเพื่อเหนี่ยวไก เริ่มเก็บคราบทันทีหลังยิง เก็บ 2 บริเวณ ได้แก่ 1) บริเวณหน้าเท้า 2) บริเวณฝ่าเท้า ตามลำดับ (โดยจะต้องกดย้า ๆ (Stub) 20 ครั้ง ที่ตำแหน่งเดียวกัน)

1.3 ทำซ้ำข้อที่ 1.2 โดยเปลี่ยนเป็นกระสุนลูกซองปราย (80xBB) (Birdshot)

1.4 ทำซ้ำข้อที่ 1.2 โดยเปลี่ยนเป็นกระสุนลูกซองเก้าเม็ด (Buckshot)

1.5 ยิงปืนยาวไรเฟิล Remington .308 บรรจุกะสุนไรเฟิล (Rifle) โดยใช้ปืนโป่ง (หุ่นเท้า) เหนี่ยวไก มัดเชือกที่ปลายนิ้วให้ลอดผ่านโกร่งไก จากนั้นกระตุกเชือกเพื่อเหนี่ยวไก รอจนครบระยะเวลาที่ 2 ชั่วโมง เริ่มเก็บคราบเขม่าดินปืน เก็บ 2 บริเวณ 1. บริเวณหน้าเท้า 2. บริเวณฝ่าเท้า ตามลำดับ (โดยจะต้องกดย้า ๆ (Stub) 20 ครั้ง ที่ตำแหน่งเดียวกัน)

1.6 ยิงปืนลูกซองเดี่ยว บรรจุกะสุนลูกซองลูกโดด (Slug) โดยใช้ปืนโป่ง (หุ่นเท้า) เหนี่ยวไก มัดเชือกที่ปลายนิ้วให้ลอดผ่านโกร่งไก จากนั้นกระตุกเชือกเพื่อเหนี่ยวไก รอจนครบระยะเวลาที่ 2 ชั่วโมง เริ่มเก็บคราบเขม่าดินปืน เก็บ 2 บริเวณ 1. บริเวณหน้าเท้า 2. บริเวณฝ่าเท้า ตามลำดับ (โดยจะต้องกดย้า ๆ (Stub) 20 ครั้ง ที่ตำแหน่งเดียวกัน)

1.7 ทำซ้ำข้อที่ 1.6 โดยเปลี่ยนเป็นกระสุนลูกซองปราย (80xBB) (Birdshot)



1.8 ทำซ้ำข้อที่ 1.6 โดยเปลี่ยนเป็นกระสุนลูกของลูกเก้าเม็ด (Buckshot)

1.9 ยิงปืนยาวไรเฟิล Remington .308 บรรจุกะสุนไรเฟิล (Rifle) โดยใช้ปืน (หุ่นเท้า) เหนี่ยวไก มัดเชือกที่ปลายนิ้วให้ลอดผ่านโกร่งไก จากนั้นกระตุกเชือกเพื่อลั่นไก รอจนครบระยะเวลาที่ 6 ชั่วโมง เริ่มเก็บคราบเขม่าดินปืน เก็บ 2 บริเวณ 1. บริเวณหน้าเท้า 2. บริเวณฝ่าเท้า ตามลำดับ (โดยจะต้องกดย่ำ (Stub) 20 ครั้งที่ตำแหน่งเดียวกัน)

1.10 ยิงปืนลูกซองเดี่ยว บรรจุกะสุนลูกของลูกโดด (Slug) โดยใช้ปืน (หุ่นเท้า) เหนี่ยวไก มัดเชือกที่ปลายนิ้วให้ลอดผ่านโกร่งไก จากนั้นกระตุกเชือกเพื่อลั่นไก รอจนครบระยะเวลาที่ 6 ชั่วโมง เริ่มเก็บคราบเขม่าดินปืน เก็บ 2 บริเวณ 1 บริเวณหน้าเท้า 2 บริเวณฝ่าเท้า ตามลำดับ (โดยจะต้องกดย่ำ ๆ (Stub) 20 ครั้งที่ตำแหน่งเดียวกัน)

1.11. ทำซ้ำข้อที่ 1.10 โดยเปลี่ยนเป็นกระสุนลูกของลูกปราย (80xBB) (Birdshot)

1.12. ทำซ้ำข้อที่ 1.10 โดยเปลี่ยนเป็นกระสุนลูกของลูกเก้าเม็ด (Buckshot)



ภาพที่ 2 การ stub เก็บตัวอย่างบนหุ่นเท้าและทำการบรรจุใส่กล่องเก็บตัวอย่างเพื่อป้องกันการปนเปื้อน

1.13. นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM/EDX

1.14. เตรียมตัวอย่างทั้งหมด 24 ตัวอย่างก่อนเข้าเครื่อง SEM/EDX วิธีการในการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเครื่อง SEM/EDX คือใน 1 ตัวอย่างจะทำซ้ำทั้งหมด 3 ซ้ำ โดยใช้กำลัง voltage สำหรับ SEM เริ่มต้นที่ 15 kv

2) เครื่องมือการวิจัย

2.1 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด หรือ SEM รุ่น The FlexSEM 1000 II และเครื่องวิเคราะห์ธาตุด้วยรังสีเอ็กซ์ (EDX) ยี่ห้อ AMETEK โดยอ้างอิงมาตรฐาน ASTM E1588-20 ในการวิเคราะห์ตัวอย่างเขม่าดินปืน หรือ GSR การเตรียมตัวอย่างก่อนเข้าเครื่อง การใช้งานเครื่อง และการวิเคราะห์ผล

2.2 ปืนยาวไรเฟิล ขนาดลำกล้อง 26 นิ้ว รุ่น Remington 700 vsf ss .308

2.3 ปืนลูกซองเดี่ยว BAIKAL รุ่นMP-18 EMK-M เบอร์12 ยาว 29 นิ้ว บรรจุ 1 นัด หักลำกล้อง

2.4 กระสุนปืน 4 ชนิด ประกอบด้วย

1) กระสุนไรเฟิล (Rifle bullet) น้ำหนัก 9.1 กรัม ยี่ห้อ PSD (Poongsan Metal Manufacturing Company Ltd., Seoul, Republic of Korea)

2) กระสุนลูกของ ลูกโดด Slug (Slug bullet) ขนาด 12 เกจ ยี่ห้อ Thai Arms

3) กระสุนลูกของ ลูกปราย (80xBB) (Birdshot bullet) ขนาด 12 เกจ ยี่ห้อ Thai Arms



4) กระสุนลูกซอง ลูกแก้มัด (Buckshot bullet) ขนาด 12 เกจ ยี่ห้อ Thai Arms

2.5 Carbon tape ขนาด 8 มิลลิเมตร X 20 เมตร

โดยก่อนการนำไปใช้งาน ตัด Carbon tape ขนาด 5 มิลลิเมตร X 8 มิลลิเมตร และแปะลงบนแท่นสำหรับใช้ในการ stub เก็บตัวอย่าง

2.6 หุ่นทำปลอม จำนวน 6 ชิ้น ทำความสะอาดด้วย absolute EtOH ก่อน/หลังการทดลอง และเก็บ blank sample โดยเลือกใช้ absolute EtOH เนื่องจาก absolute EtOH มีความสามารถในการละลายไขมัน น้ำมัน และสิ่งสกปรกต่างๆ ได้ดี โดยมักจะใช้ในการทำความสะอาดเครื่องมือในห้องทดลองหรือในอุตสาหกรรมที่ต้องการความสะอาดสูง เช่น การทำความสะอาดพื้นผิวที่ต้องการหลีกเลี่ยงการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกหรือสารเคมีต่าง ๆ

3) การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิจัยนี้คือ

3.1 การวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistic) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean)

3.2 การวิเคราะห์สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistic) การทดสอบเปรียบเทียบปริมาณ เหม่าดินปืนที่ตรวจพบจากแท่งที่ใช้เหนียวไกลจากกระสุนปืนชนิดต่างกัน และระยะเวลาที่คงอยู่ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA)

ผลการวิจัย

จากการทดลองในการเก็บตัวอย่างเหม่าดินปืนหลังจากการยิงจากบริเวณหน้าเท้าและฝ่าเท้า โดยนำมาหาค่าเฉลี่ย % Weight ของธาตุองค์ประกอบสำคัญ และเปรียบเทียบในระยะเวลา 3 ช่วง ที่ทำการเก็บตัวอย่าง พบว่าธาตุองค์ประกอบสำคัญที่พบมากที่สุด คือ ธาตุตะกั่ว (Pb) ธาตุพลวง (Sb) และธาตุแบเรียม (Ba) ตามลำดับ ดังข้อมูลในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย % Weight ของธาตุองค์ประกอบสำคัญกับชนิดของกระสุนและช่วงเวลา

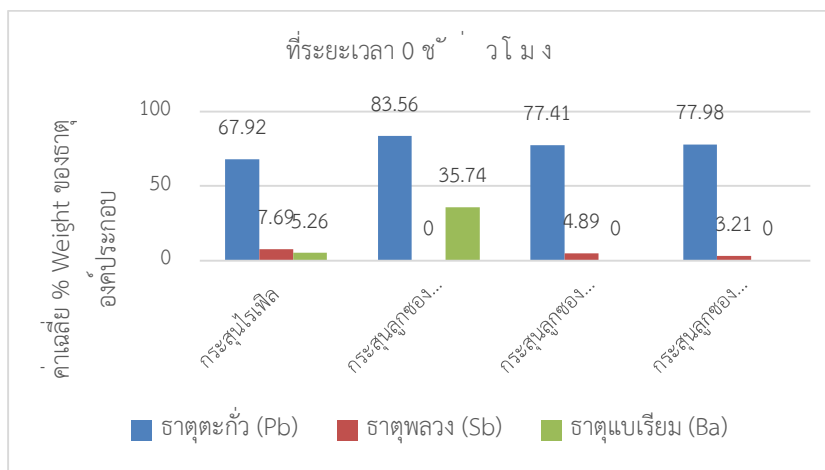
ธาตุองค์ประกอบ	ชนิดกระสุน	% Weight ของธาตุองค์ประกอบในแต่ละช่วงเวลา		
		0 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง
ธาตุตะกั่ว (Pb)	กระสุนไรเฟิล	65.63	54.96	58.36
	กระสุนลูกซอง ลูกโดด	83.56	80.55	80.63
	กระสุนลูกซอง ลูกปราย	76.43	71.79	55.59
	กระสุนลูกซอง ลูกแก้มัด	77.98	83.03	60.08
ธาตุพลวง (Sb)	กระสุนไรเฟิล	6.93	6.83	11.07
	กระสุนลูกซอง ลูกโดด	-	-	3.19
	กระสุนลูกซอง ลูกปราย	4.94	5.12	6.27
	กระสุนลูกซอง ลูกแก้มัด	3.21	4.9	3.34



ธาตุแบเรียม (Ba)	กระสุนไรเฟิล	5.26	-	-
	กระสุนลูกซอง ลูกโดด	35.74	-	-
	กระสุนลูกซอง ลูกปราย	-	-	26.55
	กระสุนลูกซอง ลูกเก้าเม็ด	-	-	-

แผนภูมิที่ 1 แสดงให้เห็นว่าธาตุองค์ประกอบสำคัญที่พบจากตัวอย่างที่เก็บหลังผ่านระยะเวลาไป 0 ชั่วโมง ธาตุองค์ประกอบที่ถูกรับมากที่สุดในการสุ่มทั้ง 4 ชนิด คือ ธาตุตะกั่ว (Pb) โดยเรียงลำดับจาก 1) กระสุนลูกซอง ลูกโดด 2) กระสุนลูกซอง ลูกเก้าเม็ด 3) กระสุนลูกซอง ลูกปราย (80xBB) และ 4) กระสุนไรเฟิล ธาตุองค์ประกอบที่พบรองลงมาคือ พลวง (Sb) ซึ่งพบใน 1) กระสุนไรเฟิล 2) กระสุนลูกซอง ลูกปราย (80xBB) และ 3) กระสุนลูกซอง ลูกเก้าเม็ด ส่วนในกระสุนลูกซอง ลูกโดดไม่พบพลวง (Sb) และธาตุแบเรียม (Ba) พบเฉพาะในกระสุนลูกโดดและกระสุนไรเฟิลเท่านั้น

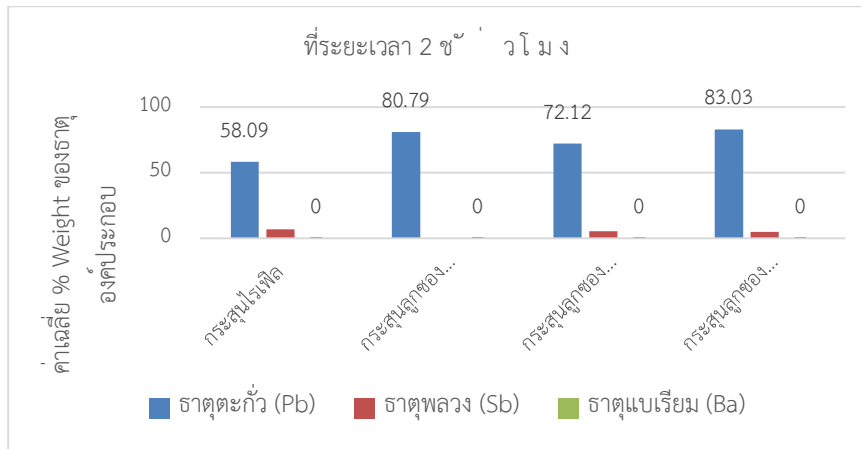
แผนภูมิที่ 1 การเปรียบเทียบปริมาณค่าเฉลี่ย % weight ของธาตุองค์ประกอบในการสุ่มแต่ละชนิด ที่ระยะเวลา 0 ชั่วโมง



แผนภูมิที่ 2 แสดงให้เห็นว่าธาตุองค์ประกอบสำคัญที่พบจากตัวอย่างที่เก็บหลังผ่านระยะเวลาไป 2 ชั่วโมง ธาตุองค์ประกอบที่ถูกรับมากที่สุดในการสุ่มทั้ง 4 ชนิด คือ ธาตุตะกั่ว (Pb) โดยเรียงลำดับจาก 1) กระสุนลูกซอง ลูกเก้าเม็ด 2) กระสุนลูกซอง ลูกโดด 3) กระสุนลูกซอง ลูกปราย (80xBB) และ 4) กระสุนไรเฟิล ตามลำดับ ธาตุองค์ประกอบพลวง (Sb) พบใน 1) กระสุนไรเฟิล 2) กระสุนลูกซอง ลูกปราย (80xBB) และ 3) กระสุนลูกซอง ลูกเก้าเม็ด ส่วนในกระสุนลูกซอง ลูกโดดไม่พบพลวง (Sb) และไม่พบธาตุองค์ประกอบแบเรียม (Ba) จากตัวอย่างที่เก็บเข้ามาปืนของกระสุนทั้ง 4 ชนิด

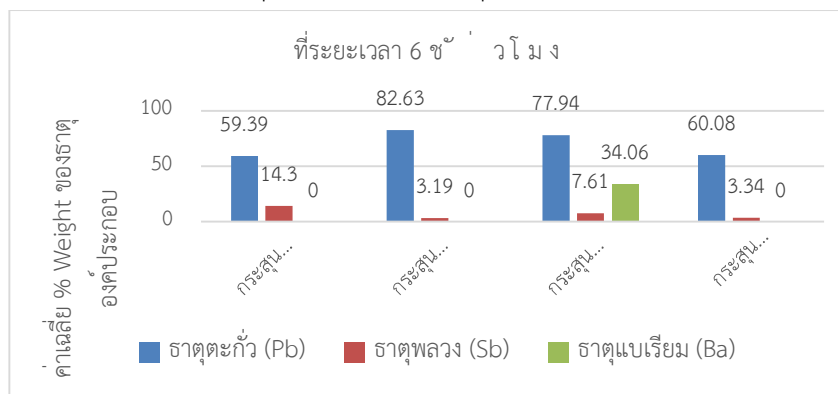


แผนภูมิที่ 2 ค่าเฉลี่ย % weight ของธาตุองค์ประกอบในกระสุนแต่ละชนิด ที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมง



แผนภูมิที่ 3 แสดงให้เห็นว่าธาตุองค์ประกอบสำคัญที่พบจากตัวอย่างที่เก็บหลังจากผ่านไป 6 ชั่วโมง ธาตุองค์ประกอบที่พบมากที่สุดในกระสุนทั้ง 4 ชนิด คือ ตะกั่ว (Pb) โดยเรียงลำดับจาก 1) กระสุนลูกซอง ลูกโดด 2) กระสุนลูกซอง ลูกปราย (80xBB) 3) กระสุนลูกซองลูกแก้วเม็ด และ 4) กระสุนไรเฟิล ตามลำดับ ธาตุองค์ประกอบสังกะสี (Sb) พบใน 1) กระสุนไรเฟิล 2) กระสุนลูกซอง ลูกปราย (80xBB) 3) กระสุนลูกซอง ลูกแก้วเม็ด และ 4) กระสุนลูกซอง ลูกโดด ตามลำดับ ส่วนในธาตุองค์ประกอบแบเรียม (Ba) พบเฉพาะในกระสุนลูกซอง ลูกปราย (80xBB)

แผนภูมิที่ 3 ค่าเฉลี่ย % weight ของธาตุองค์ประกอบในกระสุนแต่ละชนิด ที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง



จากนั้นทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวที่ได้จากค่าเฉลี่ยปริมาณร้อยละของธาตุองค์ประกอบสำคัญจากกระสุนทั้ง 4 ชนิด ที่สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยปริมาณร้อยละของธาตุตะกั่ว (Pb) ของกระสุนปืนไรเฟิลที่พบหลังจากการยิงปืน ทั้ง 3 ช่วงเวลา โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

ตารางความแปรปรวนทางเดียว	ผลรวมกำลังสอง	องศาความเป็นอิสระ	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	ค่าสถิติเอฟ	P value
ระหว่างกลุ่ม	302.9	2	151.5	0.7337	P=0.5043



ภายในกลุ่ม	2065	10	206.5
รวม	2367	12	

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยปริมาณร้อยละของธาตุพลวง (Sb) ของกระสุนปืนไรเฟิลที่พบหลังจากการยิงปืน ทั้ง 3 ช่วงเวลา โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

ตารางความแปรปรวนทาง เดียว	ผลรวม กำลังสอง	องศาความ เป็นอิสระ	ค่าเฉลี่ย กำลังสอง	ค่าสถิติเอฟ	P value
ระหว่างกลุ่ม	33.07	2	16.53	0.3286	P=0.7321
ภายในกลุ่ม	301.8	6	50.31		
รวม	334.9	8			

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 3 การเปรียบเทียบปริมาณค่าเฉลี่ย % weight ของธาตุองค์ประกอบจากกระสุนปืนไรเฟิลในทั้ง 3 ช่วงเวลา วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว พบว่าปริมาณ % weight ของธาตุตะกั่ว (Pb) จากกระสุนปืนไรเฟิลในทั้ง 3 ช่วงเวลา มีค่า $F=0.7337$ $Sig=0.5043$ และจากตารางที่ 4 ปริมาณ % weight ของธาตุพลวง (Sb) มีค่า $F=0.3286$ $Sig=0.7321$ ซึ่งพบว่ามีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่า ปริมาณของธาตุตะกั่ว (Pb) ธาตุพลวง (Sb) จากกระสุนปืนไรเฟิลที่พบหลังจากการยิงปืนทั้ง 3 ช่วงเวลา เมื่อเปรียบเทียบในธาตุชนิดเดียวกันมีค่าเฉลี่ยปริมาณ % weight ไม่แตกต่างกัน โดยกระสุนปืนไรเฟิลพบแบเรียม (Ba) ในระยะเวลาที่ 0 ชั่วโมงเท่านั้น

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยปริมาณร้อยละของธาตุตะกั่ว (Pb) ของกระสุนปืนลูกซองลูกโตที่พบหลังจากการยิงปืน ทั้ง 3 ช่วงเวลา โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

ตารางความแปรปรวนทาง เดียว	ผลรวมกำลัง สอง	องศาความ เป็นอิสระ	ค่าเฉลี่ย กำลังสอง	ค่าสถิติเอฟ	P value
ระหว่างกลุ่ม	7.978	2	3.989	0.4062	P=0.6809
ภายในกลุ่ม	68.75	7	9.821		
รวม	76.73	9			

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 5 เปรียบเทียบปริมาณร้อยละของธาตุตะกั่ว (Pb) จากกระสุนปืนลูกซอง ลูกโต ในทั้ง 3 ช่วงเวลา โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว มีค่าสถิติเอฟเท่ากับ 0.4062 ระดับนัยสำคัญทางสถิติจากการทดสอบเท่ากับ 0.6809 ซึ่งพบว่ามีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่าปริมาณค่าเฉลี่ย % Weight ของธาตุตะกั่ว (Pb) จากกระสุนปืนลูกซอง ลูกโตที่พบทั้ง 3 ช่วงเวลา ไม่แตกต่างกัน และพบว่าตะกั่ว (Pb) มีปริมาณที่ถูกรวบรวมมากที่สุด ตามด้วยแบเรียม (Ba) และพลวง (Sb) โดยพบแบเรียม (Ba) ในระยะเวลาที่ 0 ชั่วโมง และพลวง (Sb) ในระยะเวลาที่ 6 ชั่วโมงเท่านั้นในกระสุนลูกโต



ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณร้อยละของธาตุตะกั่ว (Pb) ของกระสุนปืนลูกซอง ลูกปราย (80xBB) ทั้ง 3 ช่วงเวลา โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

ตารางความแปรปรวน ทางเดียว	ผลรวม กำลังสอง	องศาความ เป็นอิสระ	ค่าเฉลี่ย กำลังสอง	ค่าสถิติ เอฟ	P value
ระหว่างกลุ่ม	59.71	2	29.85	0.7662	P=0.4881
ภายในกลุ่ม	428.6	11	38.96		
รวม	488.3	13			

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณร้อยละของธาตุพลวง (Sb) ของกระสุนปืนลูกซอง ลูกปราย (80xBB) ทั้ง 3 ช่วงเวลา โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

ตารางความแปรปรวน ทางเดียว	ผลรวม กำลัง	องศาความ เป็นอิสระ	ค่าเฉลี่ย กำลังสอง	ค่าสถิติ เอฟ	P value
ระหว่างกลุ่ม	4.501	2	2.251	0.4640	P=0.6430
ภายในกลุ่ม	43.66	9	4.851		
รวม	48.16	11			

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 6 เปรียบเทียบปริมาณร้อยละของธาตุตะกั่ว (Pb) จากกระสุนปืนลูกซอง ลูกปราย (80xBB) ในทั้ง 3 ช่วงเวลา โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว มีค่าสถิติเอฟเท่ากับ 0.7662 ระดับนัยสำคัญทางสถิติจากการทดสอบเท่ากับ 0.4881 ซึ่งพบว่ามีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่าปริมาณค่าเฉลี่ย % Weight ของธาตุตะกั่ว (Pb) จากกระสุนปืนลูกซอง ลูกปราย (80xBB) ที่พบทั้ง 3 ช่วงเวลา ไม่แตกต่างกัน โดยพบแบเรียม (Ba) ในระยะเวลาที่ 6 ชั่วโมงเท่านั้น และจากตารางที่ 7 เปรียบเทียบปริมาณร้อยละของธาตุพลวง (Sb) จากกระสุนปืนลูกปราย (80xBB) ในทั้ง 3 ช่วงเวลา โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว มีค่าสถิติเอฟเท่ากับ 0.4640 ระดับนัยสำคัญทางสถิติจากการทดสอบเท่ากับ 0.6430 ซึ่งพบว่ามีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่า ปริมาณค่าเฉลี่ย % Weight ของธาตุแอนติโมนี (Sb) จากกระสุนปืนลูกปราย (80xBB) ที่พบทั้ง 3 ช่วงเวลา ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณร้อยละของธาตุตะกั่ว (Pb) ของกระสุนลูกซอง ลูกเก้าเม็ด ทั้ง 3 ช่วงเวลา โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

ตารางความแปรปรวน ทางเดียว	ผลรวม กำลังสอง	องศาความ เป็นอิสระ	ค่าเฉลี่ย กำลังสอง	ค่าสถิติ เอฟ	P value
ระหว่างกลุ่ม	242.182	2	121.091	5.015	P=0.039



ภายในกลุ่ม	193.185	8	24.148
รวม	435.367	10	

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณร้อยละของธาตุพลวง (Sb) ของกระสุนปืนลูกซอง ลูกแก้มัด ทั้ง 3 ช่วงเวลา โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

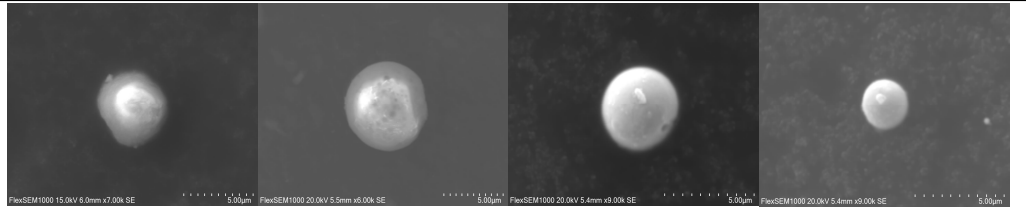
ตารางความแปรปรวนทางเดียว	ผลรวมกำลังสอง	องศาความเป็นอิสระ	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	ค่าสถิติเอฟ	P value
ระหว่างกลุ่ม	0.6974	2	0.3487	0.2758	P=0.8028
ภายในกลุ่ม	1.264	1	1.264		
รวม	1.961	3			

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 8 การเปรียบเทียบปริมาณค่าเฉลี่ย % weight ของธาตุองค์ประกอบจากกระสุนปืนลูกซอง ลูกแก้มัด ในทั้ง 3 ช่วงเวลา วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว พบว่าปริมาณค่าเฉลี่ย % weight ของธาตุตะกั่ว (Pb) จากกระสุนปืนลูกซอง ลูกแก้มัดในทั้ง 3 ช่วงเวลา มีค่า $F=5.015$ Sig=0.039* ซึ่งพบว่ามีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่า ปริมาณค่าเฉลี่ย % weight ของธาตุตะกั่ว (Pb) จากกระสุนปืนลูกซอง ลูกแก้มัดที่พบทั้ง 3 ช่วงเวลา แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และจากตารางที่ 9 ปริมาณร้อยละของธาตุพลวง (Sb) จากกระสุนปืนลูกแก้มัด ในทั้ง 3 ช่วงเวลา พบว่า มีค่า $F=0.2758$ Sig=0.8028 ซึ่งพบว่ามีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่า ปริมาณค่าเฉลี่ย % weight ของธาตุพลวง (Sb) จากกระสุนปืนลูกซอง ลูกแก้มัดที่พบทั้ง 3 ช่วงเวลา ไม่แตกต่างกัน และธาตุองค์ประกอบแบเรียม (Ba) ไม่พบในทั้ง 3 ช่วงเวลา

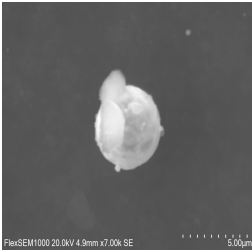
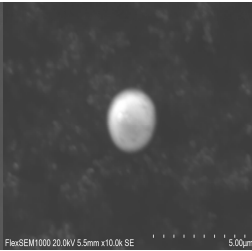
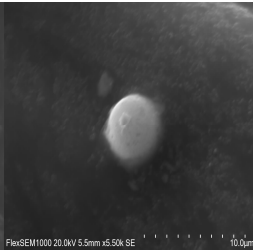
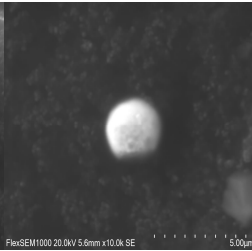
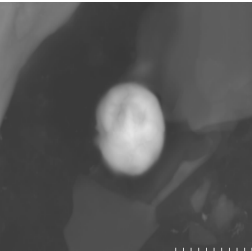

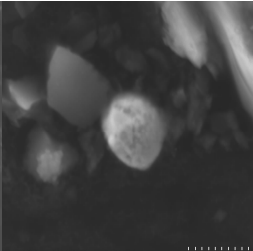

ตารางที่ 10 สัณฐานของอนุภาคจากเขม่าปืนที่พบที่ระยะเวลา 0 ชั่วโมง

กระสุนไรเฟิล	กระสุนลูกซอง ลูกโตด	กระสุนลูกซอง ลูกปราย (80xBB)	กระสุนลูกซอง ลูกแก้มัด
ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 3	ตัวอย่างที่ 5	ตัวอย่างที่ 7
ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 4	ตัวอย่างที่ 6	ตัวอย่างที่ 8



ตามตารางที่ 10 จะเห็นได้ว่าสัณฐานของอนุภาคที่พบจากขั้วไฟฟ้าของกระสุนทั้ง 4 ชนิด มีรูปร่างสัณฐานค่อนข้างกลมและมีขนาดใกล้เคียงกันเมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาการขยายของภาพที่ 6.0-11.0kV และกำลังยิงที่ 15-20kV เห็นขอบของรูปทรงชัดเจน มีความแวววาว และกระสุนลูกของ ลูกแก้วเม็ด (ตัวอย่างที่ 7) จะพบว่ามีก้อนกลมขนาดเล็กเกาะอยู่บนอนุภาคใหญ่ ในกระสุนไรเฟิล (ตัวอย่างที่ 1) และกระสุนลูกของ ลูกโดด (ตัวอย่างที่ 4) จะเห็นว่าพื้นผิวโดยรอบจะไม่เรียบ มีลักษณะพื้นผิวขรุขระ เมื่อนำมาเรียงเปรียบเทียบกันในแต่ละชนิดจากช่วงระยะเวลาที่เก็บตัวอย่างทันทีหลังยิงปืนแล้วพบว่า มีสัณฐานของอนุภาคความคล้ายคลึงกันทั้ง 4 ชนิด คือ มีรูปทรงกลมและแวววาว

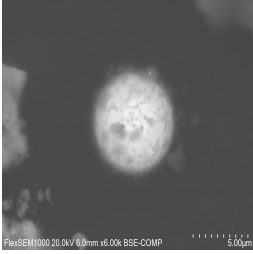
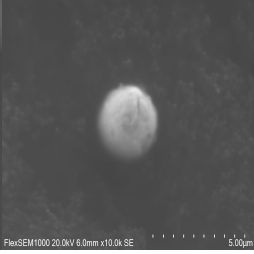
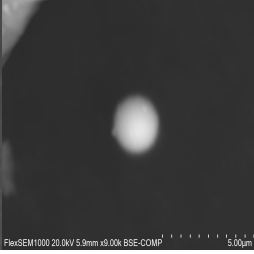
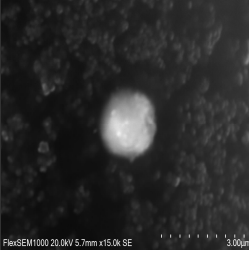
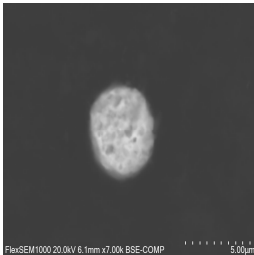
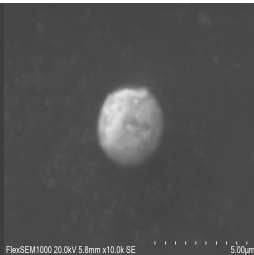
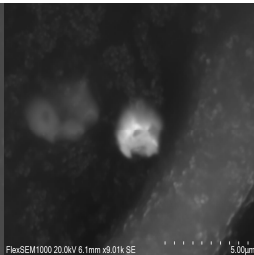
ตารางที่ 11 สัณฐานของอนุภาคจากขั้วไฟฟ้าที่พบที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมง

กระสุนไรเฟิล	กระสุนลูกของ ลูกโดด	กระสุนลูกของ ลูกปราย (80xBB)	กระสุนลูกของ ลูกแก้วเม็ด
ตัวอย่างที่ 9	ตัวอย่างที่ 11	ตัวอย่างที่ 13	ตัวอย่างที่ 15
			
ตัวอย่างที่ 10	ตัวอย่างที่ 12	ตัวอย่างที่ 14	ตัวอย่างที่ 16
			

ตามตารางที่ 11 สัณฐานของอนุภาคจากกระสุนทั้ง 4 ชนิด เก็บตัวอย่างหลังจากผ่านไป 2 ชั่วโมง จะเห็นได้ว่าสัณฐานของอนุภาคที่พบจากขั้วไฟฟ้า มีรูปร่างสัณฐานค่อนข้างกลม และมีขนาดใกล้เคียงกันเมื่อเทียบจากระยะเวลาการขยายของภาพที่ 6.0-10.0kV และกำลังยิงที่ 20kV แต่อาจจะเห็นขอบของรูปทรงได้ไม่ชัดเจน ในกระสุนชนิดเดียวกันขนาดแตกต่างกันเล็กน้อยเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ระยะเวลา 0 ชั่วโมง



ตารางที่ 12 สัณฐานของอนุภาคจากเขม่าปืนที่พบที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง

กระสุนไรเฟิล	กระสุนลูกซอง ลูกโดด	กระสุนลูกซอง ลูกปราย (80xBB)	กระสุนลูกซอง ลูกเก้าเม็ด
ตัวอย่างที่ 17	ตัวอย่างที่ 19	ตัวอย่างที่ 21	ตัวอย่างที่ 23
			
ตัวอย่างที่ 18	ตัวอย่างที่ 20	ตัวอย่างที่ 22	ตัวอย่างที่ 24
			Element not found

ตามตารางที่ 12 สัณฐานของอนุภาคจากกระสุนทั้ง 4 ชนิด เก็บตัวอย่างหลังจากผ่านไป 6 ชั่วโมง จะเห็นได้ว่าสัณฐานของอนุภาคที่พบจากเขม่าปืนที่ระยะกำลังขยายของภาพที่ 6.0-15.0K และกำลังยิงที่ 20kV ยังคงมีรูปร่างสัณฐานค่อนข้างกลม แต่อาจจะเห็นขอบของรูปทรงได้ไม่ชัดเจน เมื่อเทียบกับตัวอย่างจากกระสุนชนิดเดียวกันในช่วงระยะเวลาที่ 0 และ 2 ชั่วโมง และจะเห็นได้ว่าในกระสุนลูกซอง ลูกเก้าเม็ด ในตัวอย่างที่ 24 ที่เก็บตัวอย่างบริเวณฝาเท้า ไม่พบอนุภาค

อภิปรายผล

1. อภิปรายผลการวิจัยจากปริมาณค่าเฉลี่ย % Weight ของธาตุองค์ประกอบสำคัญที่พบหลังจากการยิงปืน ที่ระยะเวลา 0, 2 และ 6 ชั่วโมง พบว่าปริมาณคราบเขม่าหลังจากยิงปืนจากกระสุนทั้ง 4 ชนิด มีปริมาณธาตุองค์ประกอบสำคัญที่พบไม่แตกต่างกัน เมื่อระยะเวลาผ่านไป เมื่อเทียบจากปริมาณค่าเฉลี่ย % Weight ของธาตุชนิดเดียวกันในกระสุนทั้ง 4 ชนิด แต่ในกระสุนลูกซอง ลูกเก้าเม็ด พบว่าปริมาณของธาตุตะกั่ว (Pb) มีระดับนัยสำคัญทางสถิติจากการทดสอบเท่ากับ 0.039 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าปริมาณของธาตุตะกั่ว (Pb) จากกระสุนลูกซอง ลูกเก้าเม็ด ที่พบที่ระยะเวลาที่ 0, 2 และ 6 ชั่วโมง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ซึ่งในกรณีนี้ อาจมาจากการที่ผู้วิจัยได้ทดลองในสถานที่เปิดโล่ง ทำให้อาจจะเกิดปัจจัยภายนอกเข้ามารบกวน ส่งผลต่อคุณภาพของตัวอย่างที่เก็บ ณ ช่วงเวลานั้น ที่เป็นผลทำให้ในระยะเวลาหนึ่งพบ และอีกระยะเวลาหนึ่งไม่พบ โดยจากการวิจัยพบว่า จากกระสุนทั้ง 4 ชนิด ธาตุองค์ประกอบที่พบมากที่สุด คือ ธาตุตะกั่ว (Pb) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าของ Shrivastava et



al., (2021) ว่าธาตุที่พบส่วนใหญ่ในพื้นที่ที่เกิดเหตุจากอาวุธปืน โดยธาตุตะกั่ว (Pb) นั้น เป็นองค์ประกอบหลักของชนวนท้ายกระสุนปืน (Primer) รองลงมาคือ ธาตุแอนติโมนี (Sb) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของชนวนท้ายกระสุนปืน (Primer) เช่นกัน และลำดับสุดท้ายคือ ธาตุแบเรียม (Ba)

2. อภิปรายผลการวิจัยจากสัณฐานของอนุภาคที่พบจากเขม่าปืนหลังจากการยิงปืนที่ระยะเวลา 0, 2 และ 6 ชั่วโมง

2.1 สัณฐานของอนุภาคจากเขม่าปืน ที่พบหลังจากการยิงปืนด้วยกระสุนทั้ง 4 ชนิด ที่ระยะเวลาที่ 0, 2 และ 6 ชั่วโมง พบว่าในระยะเวลาที่ 0 ชั่วโมง มีรูปร่างสัณฐานค่อนข้างกลมและมีขนาดใกล้เคียงกันเมื่อเปรียบเทียบกับกระยะกำลังขยายของภาพที่ 6.0-15.0K และกำลังยิงที่ 15-20kV เห็นขอบของรูปทรงชัดเจน มีความเป็นเงา แฉวาว ในบางตัวอย่างจะเห็นว่าพื้นผิวโดนรอบจะไม่เรียบ มีลักษณะพื้นผิวขรุขระ แต่ยังคงเห็นเป็นรูปทรงกลมชัดเจน

2.2 สัณฐานของอนุภาคจากเขม่าปืน เมื่อเก็บตัวอย่างหลังระยะเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง พบว่า จะเห็นได้ว่าสัณฐานของอนุภาคที่พบจากเขม่าปืนมีรูปร่างสัณฐานค่อนข้างกลม และมีขนาดใกล้เคียงกันเมื่อเทียบกับกระยะ 5.0 μm แต่อาจจะเห็นขอบของรูปทรงได้ไม่ชัดเจน โดยขนาดมีการเปลี่ยนแปลงไปเมื่อเทียบกับกระสุนชนิดเดียวกัน ที่ระยะเวลาการเก็บตัวอย่างที่ 0 ชั่วโมง

2.3 สัณฐานของอนุภาคจากเขม่าปืน เมื่อเก็บตัวอย่างหลังระยะเวลาผ่านไป 6 ชั่วโมง จะเห็นได้ว่าสัณฐานของอนุภาคที่พบจากเขม่าปืน ยังคงมีรูปร่างสัณฐานค่อนข้างกลม แต่อาจจะเห็นขอบของรูปทรงได้ไม่ชัดเจน มีบางส่วนหายไป และมีขนาดที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเทียบกับตัวอย่างจากกระสุนชนิดเดียวกันในช่วงระยะเวลาที่ 0 และ 2 ชั่วโมง

บทสรุป

การศึกษาปริมาณธาตุองค์ประกอบและสัณฐานของอนุภาคเขม่าดินปืนอาวุธปืนยาวที่เกิดจากการเหนี่ยวไกด้วยนิ้วเท้าด้วยเทคนิค SEM/EDX พบว่าปริมาณค่าเฉลี่ย % weight ของธาตุองค์ประกอบที่เก็บจากคราบเขม่าหลังจากยิงปืนจากกระสุนทั้ง 4 ชนิด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างธาตุชนิดเดียวกันของกระสุนทั้ง 4 ชนิด มีปริมาณค่าเฉลี่ย % weight ไม่แตกต่างกันเมื่อระยะเวลาผ่านไป ส่วนการศึกษาสัณฐานของอนุภาคที่พบสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่พบว่า สัณฐานของอนุภาคเขม่าดินปืนมีลักษณะที่มีรูปทรงค่อนข้างกลม และมีขนาดอยู่ที่ 1-10 μm หรือมีผิวคล้ายผิวของเปลือกส้ม สรุปได้ว่าระยะกำลังขยายของภาพที่ 6.0-15.0K และกำลังยิงที่ 15-20kV พบว่าขนาดของอนุภาคอยู่ในช่วง 5.0 μm โดยประมาณ แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาที่เก็บตัวอย่างทั้ง 3 ช่วงเวลาคือ 0, 2 และ 6 ชั่วโมงหลังจากการยิงปืน สามารถตรวจพบธาตุองค์ประกอบที่สำคัญและสัณฐานของเขม่าดินปืน ยิ่งไปกว่านั้นสามารถตรวจพบธาตุองค์ประกอบที่สำคัญ พลวง (Sb) แบเรียม (Ba) และตะกั่ว (Pb) ที่ใช้ในการยืนยันได้ว่ามาจากเขม่าดินปืนหลังจากการยิงปืนยาวโดยใช้เท้าในการเหนี่ยวไก ซึ่งการใช้เทคนิค SEM/EDX เข้ามาช่วยในการตรวจสอบและวิเคราะห์หลักฐานนี้ ทำให้สามารถเชื่อมโยงหลักฐานจากคดีที่พบปืนยาว ในสถานที่เกิดเหตุ และลดความผิดพลาดที่



อาจเกิดจากการพิจารณาหลักฐานที่มีความไม่ชัดเจน ทำให้กระบวนการยุติธรรมมีความโปร่งใสและยุติธรรมมากขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1) ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติ

(1) ในการวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการทดลองในสถานที่เปิด ทำให้พบธาตุองค์ประกอบอื่น ๆ ที่มีตามธรรมชาติ ปะปนมากับการเก็บตัวอย่าง ส่งผลต่อการปนเปื้อนของธาตุชนิดอื่น ซึ่งอาจจะต้องเพิ่มพื้นที่ปิดกั้นระหว่างทำการทดลอง

(2) ระยะเวลาที่ทำการศึกษายังสามารถตรวจพบธาตุองค์ประกอบที่สำคัญที่สามารถใช้ในการยืนยันความสัมพันธ์ระหว่างตัวอย่างและการยิงปืนได้

2) ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

(1) ควรเพิ่มเติมการทดลองกับวัตถุที่มีสภาพพื้นผิวใกล้เคียงกับผิวหนังมนุษย์ เพื่อให้เห็นถึงลักษณะการยึดเกาะบนพื้นผิวที่ใกล้เคียงกับผิวหนังจริง

(2) เพิ่มเติมในการศึกษากระสุนขนาดต่าง ๆ เพิ่มฐานข้อมูลให้กับคดีประเภทที่ใช้ปืนยาว เพื่อเป็นประโยชน์ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- Mingchanid, P. (2017). Study on Persistence of Gunshot Residue After Shooting From 9 mm Pistol on Back of Hands and Palms with Different Persistent. *KKU Research Journal (Graduate Studies)*, 17(3), 8-18. (In Thai).
- Prachatai. (2016). THAILAND HAS A HIGHER RATE OF GUN-RELATED DEATHS THAN THE US. <https://prachatai.com/journal/2016/02/64210>. (In Thai).
- Ratchakhom, P. (2021). Comparison of the Physical Characteristics and Gunshot Residue in Fabrics after Firing with SEM/EDX Technique. *Suan Dusit Graduate School Academic Journal*, 17(3), 113-128. (In Thai).
- Romanò, S., De-Giorgio, F., D'Onofrio, C., Gravina, L., Abate, S., & Romolo, F. S. (2020). Characterisation of gunshot residues from non-toxic ammunition and their persistence on the shooter's hands. *International journal of legal medicine*, 134, 1083-1094.
- Samarendra Basu. (1982). Formation of gunshot residues. *Journal of Forensic Sciences*, 27, 72-91.
- Schmid, T. (2016). Scanning electron microscopy (SEM). <https://schmid.mygoodpage.org/wordpress/scanning-electron-microscopy-sem/>



ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 เดือน มกราคม - มิถุนายน 2568

Volume 11 Number 1: January - June 2025

Shrivastava, P., Jain, V. K., & Nagpal, S. (2021). Gunshot residue detection technologies —a review. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 11, 1-21.

Vachon, C. R., & Martinez, M. V. (2019). Understanding gunshot residue evidence and its role in forensic science. *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology*, 40(3), 210-219.

Yongcharoenchai, C. (2022). Guns and Thai people: How to reduce their ownership. <https://www.Bbc.com /thai/articles/c90g359xnngo>. (In Thai).