การเปรียบเทียบรูปร่าง ขนาดและปริมาณอนุภาคของเขม่าปืนภายหลังจากการยิงด้วยกระสุนแบลงค์กันและกระสุนปืนจริงด้วยเทคนิค SEM-EDX

A COMPARISON OF SHAPE, DIMENSION, AND QUANTITY OF GSR PARTICLES AFTER FIRING BLANK CARTRIDGE AND LIVE AMMUNITION USING SEM-EDX TECHNIQUE

ชลธิกานต์ บุญเลิศ* วรธัช วิชชุวาณิชย์ และ ปริญญา สีลานันท์
คณะนิติวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ นครปฐม 73110

Chonthikarn Boonlert *, Worratouch Witchuvanit and Parinya Seelanan
Faculty of Forensic Science, Royal Police Cadet Academy, Nakhon Pathom 73110

*E-mail: P.chonthikarn@gmail.com

Received: 2023-09-26
Revised: 2024-05-27
Accepted: 2024-05-30

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบรูปร่างและขนาดอนุภาคของเขม่าปืนหลังการยิงด้วยกระสุนแบลงค์กันและกระสุนปืนจริงด้วยเทคนิคกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) และ 2) เปรียบเทียบปริมาณเขม่าปืนหลังการยิงด้วยกระสุนแบลงค์กันและกระสุนปืนจริงด้วยเทคนิคเอกซเรย์แบบกระจายพลังงาน (EDX) ในการทดลองใช้อาวุธปืนพกสั้นและปืนแบลงค์กันขนาด 9 มม. เก็บตัวอย่างเขม่าปืนบนมือของผู้ยิงที่เวลา 0 นาทีและ 30 นาที การวิเคราะห์ประกอบด้วย การวิเคราะห์รูปร่างและขนาดอนุภาคเขม่าปืน และตรวจหาปริมาณธาตุตะกั่ว (Pb) แบเรียม (Ba) และพลวง (Sb) ผลการวิจัยพบว่าอนุภาคเขม่าปืนจากปืนจริงมีลักษะทรงกลมมากกว่าอนุภาคเขม่าปืนจากปืนแบลงค์กัน และเมื่อเวลาผ่านไปลักษณะของเขม่าปืนจะเปลี่ยนแปลงไปจากทรงกลมขนาดอนุภาคจากกระสุนปืนจริง มีค่าเฉลี่ย 13.017 ± 10.417 ไมครอน ในขณะที่ขนาดอนุภาคจากกระสุนปืนแบลงค์กัน มีค่าเฉลี่ย 10.567 ± 9.135 ไมครอน และจากการศึกษาปริมาณธาตุองค์ประกอบในเขม่าปืนเมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที เขม่าปืนจากกระสุนปืนจริงจะมีปริมาณธาตุที่ลดลง ในขณะที่ปริมาณธาตุองค์ประกอบในเขม่าปืนจากกระสุนปืนแบลงค์กันลดลงไม่ชัดเจนเท่ากระสุนปืนจริง จากผลการวิจัยครั้งนี้สรุปได้ว่า เทคนิค SEM-EDX สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจวิเคราะห์รูปร่างของเขม่าปืนจากกระสุนปืนจริงและกระสุนปืนแบลงค์กันได้ และยังเป็นประโยชน์ในการนำไปเป็นฐานข้อมูลใช้ประโยชน์กับเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานด้านนิติวิทยาศาสตร์อีกด้วย

คำสำคัญ: เขม่าปืน กระสุนปืนจริง กระสุนแบลงค์กัน

ABSTRACT

This research aims to: 1) compare gunshot residue after firing blank cartridge and live ammunition using Scanning Electron Microscopy (SEM) techniques, and 2) compare the amount of gunshot residue after firing blank cartridge and live ammunition using Energy Dispersive X-ray (EDX) techniques. The experiment involves shooting a 9 mm. handgun and a blank gun to collect gunshot residue samples on the shooter's hand at 0 and 30 minutes. The analysis includes particle analysis, examination of gunshot residue size, and the detection of Lead (Pb), Barium (Ba), and Antimony (Sb) amounts.

The results of the research found that gunshot residue particles from live ammunition are more spherical than gun soot particles from blank cartridges, and over time, the characteristics of gunshot residue change from being spherical. The particle size of gunshot residue from live ammunition means 13.017 ± 11.412 microns, while the particle size of gunshot residue from blank cartridges means 10.567 ± 10.007 microns, and an examination of the elemental components in gun soot after 30 minutes, gun soot from live ammunition will have a reduced amount of elements. Meanwhile, the amount of elemental elements in gun soot from blank cartridges decreased not as clearly as from live ammunition. From the results of this research, it can be concluded that the SEM-EDX technique can be applied to analyze the shape of gunshot residue from both live ammunition and blank cartridges. And to use it as a database for forensic science practitioners.

Keyword: Gunshot residue, Live Ammunition, Blank Cartridge

บทนำ

ในปัจจุบันการประกอบอาชญากรรมด้วยอาวุธปืนเกิดขึ้นบ่อยครั้งซึ่งอาวุธปืนที่ใช้ในการก่ออาชญากรรมนั้นมีมากมายหลายรูปแบบทั้งประเภทปืนสั้นและปืนยาวรวมไปถึงปืนอีกประเภทหนึ่ง คือ ปืนแบลงค์กัน หมายถึง ปืนเสียงเปล่าสิ่งเทียมอาวุธปืนชนิดทำให้เกิดเสียง คัดปลอกและแสงแฟลชออกไม่ขับเคลื่อนกระสุน ความอันตรายจากการใช้ปืนแบลงค์กันนั้นถึงแม้ว่าตัวกระสุนจะไม่มีหัวตะกั่ว แต่มักมีการใช้วัสดุอื่น เช่น ก้อนกระดาษ พลาสติก ผ้าสักหลาด หรือผ้าฝ้ายใส่แทนหัวตะกั่ว เพื่อให้ดินปืนไม่ไหลออกจากปลอกกระสุนและช่วยให้ประกายไฟจากปากกระบอกใกล้เคียงการยิงกระสุนจริง แม้วัสดุเหล่านี้จะอ่อนนุ่มและเบากว่าตะกั่วมากรวมถึงพุ่งออกจากปากกระบอกปืนได้เพียงระยะสั้น ๆ ก่อนจะตกลงพื้นแต่ด้วยแรงดันจากการระเบิดของดินปืนทำให้หากมีสิ่งมีชีวิตอยู่ใกล้ปากกระบอกปืนก็อาจบาดเจ็บหรือเสียชีวิตได้ (Demirci et al., 2011)

ปัจจุบันในประเทศไทยแบลงค์กันยังอยู่ในระหว่างข้อพิพาทพิจารณาร่างกฎหมายเพื่อตีความสถานะของปืนแบลงค์กันตามข้อเสนอของกรมการปกครองที่ว่าด้วยศักยภาพและอันตรายของปืนแบลงค์กันเมื่อนำไปใช้จะเป็นอันตรายมากน้อยเพียงใดจะเป็นเพียงสิ่งเทียมอาวุธปืนหรือจัดเป็นอาวุธปืนตามพระราชบัญญัติอาวุธปืน พ.ศ. 2490 ปืนแบลงค์นั้นเริ่มแรกใช้เป็นเพียงอุปกรณ์ประกอบฉากการแสดงแต่ทุกวันนี้ได้มีการดัดแปลงให้สามารถขับกระสุนปืนออกได้ซึ่งอาวุธปืนแบลงค์กันนั้นตามกฎหมายถือว่าเป็นอาวุธปืนไม่ใช่สิ่งเทียมอาวุธปืนจึงต้องได้รับอนุญาตจากกรมการปกครองอย่างถูกต้อง โดยทั่วไปปืนแบลงค์กันสามารถพบได้ทั้งในคดีอัตวินิบาตกรรมและอาชญากรรม อีกทั้งคนร้ายได้พยายามทำลายหลักฐานหลังการก่ออาชญากรรมทำให้ต้องมีการรวบรวมพยานหลักฐานเพื่อนำมาพิสูจน์การกระทำความผิดหรือความบริสุทธิ์ของผู้ต้องสงสัย

เขม่าปืน คือ สิ่งที่เกิดขึ้นภายหลังจากการยิงปืน เป็นส่วนที่หลงเหลือจากการเผาไหม้ของชนวนท้ายกระสุนปืนและดินส่งกระสุนปืนซึ่งจะปลิวไปเกาะอยู่ที่บริเวณมือ เสื้อผ้า เส้นผม หรือพื้นผิวอื่น ๆ ที่อยู่บริเวณใกล้เคียง (Spathis, 2017) สามารถตรวจด้วยวิธีวิเคราะห์พลาสมาคู่ควบแบบเหนี่ยวนำ (ICP-MS) เพื่อหาธาตุองค์ประกอบหลัก คือ Ba Pb และ Sb แต่หากเป็นวัสดุอื่น ๆ จะทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีทดสอบการเปลี่ยนสี (Color test) เพื่อหาปริมาณไนเตรทและไนไตร์ทที่ปรากฏรวมถึงเครื่องมือวิเคราะห์กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM-EDX) เพื่อวิเคราะห์หาเขม่าปืนทั้งเชิงปริมาณ เชิงคุณภาพ และสามารถดูการกระจายตัวได้ (Jithkaroon & Vichuwanich, 2021)

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าสามารถวิเคราะห์หาส่วนที่หลงเหลือจากการเผาไหม้ของชนวนท้ายกระสุนปืนและดินส่งกระสุนปืนได้หลายวิธี และเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะนำมาประยุกต์ใช้งานในการสืบสวนสอบสวนเพื่อหาปริมาณ Pb Sb และ Ba ในตัวอย่างเขม่าปืนได้ในงานวิจัยนี้สนใจวิเคราะห์เปรียบเทียบอนุภาคและปริมาณ Pb Sb และ Ba ในเขม่าปืนภายหลังจากการยิงปืนด้วยกระสุนแบลงค์กันและกระสุนปืนจริง ขนาด 9 มม. โดยใช้เทคนิคอิเล็กตรอนแบบส่องกราดเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาและประโยชน์ในการลำดับย้อนเหตุการณ์ในกระบวนการทางนิติวิทยาศาสตร์

วิธีการ

การเตรียมอุปกรณ์

1.เตรียมอาวุธปืนพกสั้นมาตรฐาน (ปืนจริง) ขนาด 9 มม. (ภาพที่ 1A) บรรจุกระสุนปืนขนาด 9 มม.

2.เตรียมอาวุธปืนแบลงค์กันขนาด 9 มม. (ภาพที่ 1B) บรรจุกระสุนแบลงค์กันขนาด 9 มม.

3.เตรียมเป้าที่ใช้สำหรับเป็นเป้ายิง

การยิงเพื่อเก็บข้อมูล

1.ผู้ยิงปืนเตรียมพร้อมในท่ายิงปืน (Lewinski et al., 2010) โดยใช้ผู้ชำนาญในการยิงปืนจากสนามฝึกซ้อมยิงปืน ศูนย์ฝึกยุทธวิธีตำรวจสถานีตำรวจภูธร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เป็นผู้ทำการทดลองยิงปืน กำหนดให้ทำการล้างมือให้สะอาดก่อนการยิงปืน

2.ผู้ชำนาญยิงปืนใส่เป้าหมายที่เตรียมไว้ เริ่มยิงจากปืนจริง โดยใช้ปืนพกสั้นมาตรฐาน Glock ยี่ห้อ INC SMYRNA GA ขนาด 9 มม. ใช้กระสุนปืนจริงยี่ห้อ NRC Luger ขนาด 9 มม. ทำการยิงด้วยการจับอาวุธปืนด้วยมือทั้งสองข้างในลักษณะแขนเหยียดตรง (ดังภาพที่ 1) โดยใช้มือขวากำอาวุธปืนและมือซ้ายรองรับอาวุธปืนอยู่ด้านล่างมือขวา ยิงครั้งละจำนวน 2 นัด ที่ระยะห่างจากเป้ายิงประมาณ 4 เมตร หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างเขม่าปืนบนมือของผู้ยิงปืนทันทีหลังการยิงหรือที่เวลา 0 นาที

3.ทำการยิงและเก็บตัวอย่างซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง โดยในระหว่างครั้งกำหนดให้ผู้ยิงปืนทำการล้างมือให้สะอาดและเช็ดด้วยกรดไนตริกร้อยละ 5 ทำการยิงโดยผู้ยิงคนเดิมและปืนกระบอกเดิม

4.ผู้ชำนาญยิงปืนใส่เป้าหมายที่เตรียมไว้ จากปืนจริงกระบอกเดิม ยิงครั้งละจำนวน 2 นัด หลังจากนั้นให้ผู้ยิงนั่งพัก จนได้เวลาที่กำหนด 30 นาที จึงเก็บตัวอย่างเขม่าปืนบนมือของผู้ยิงปืน

5.ทำการยิงและเก็บตัวอย่างซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง โดยในระหว่างครั้งกำหนดให้ผู้ยิงปืนทำการล้างมือให้สะอาดและเช็ดด้วยกรดไนตริก ร้อยละ 5 ทำการยิงโดยผู้ยิงคนเดิมและปืนกระบอกเดิม

6.ทำการยิงจากปืนแบลงค์กัน Glock ยี่ห้อ KUZEY GN19 ขนาด 9 มม. ใช้กระสุนแบลงค์กันยี่ห้อ Ozkursan P.A.K.ขนาด 9 มม. และเก็บตัวอย่างเขม่าปืนทันทีหลังการยิงหรือที่เวลา 0 นาที และ 30 นาที ทำการยิงและเก็บตัวอย่างซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง เช่นเดียวกับปืนจริง โดยในระหว่างครั้งกำหนดให้ผู้ยิงปืนทำการล้างมือให้สะอาดและเช็ดด้วยกรดไนตริกร้อยละ5 ทำการยิงโดยผู้ยิงคนเดิมและปืนกระบอกเดิม

การเก็บตัวอย่างเขม่าปืน

ทำการเก็บตัวอย่างเขม่าปืนโดยใช้เทปคาร์บอน (Carbon tape) ที่ติดอยู่บนสตับ (Stub) กดทับแท่น Stub ลงบนบริเวณรอบ ๆ ฝ่ามือและหลังมือของผู้ยิงปืน (ภาพที่ 2A) โดยเฉพาะบริเวณระหว่างง่ามนิ้วแม่มือกับนิ้วชี้ (ภาพที่ 2B) ทำการกดซ้ำไปเรื่อย ๆ จนมั่นใจว่าได้ปริมาณเขม่าปืนที่เพียงพอต่อการวิเคราะห์ แล้วนำเข้าเครื่องมือวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

(A) (B)

ภาพที่ 1 ปืนพกสั้นมาตรฐาน Glock INC SMYRNA GA ขนาด 9 มม. กับกระสุนปืน NRC Luger ขนาด 9 มม. (A) และปืนแบลงค์กัน Glock KUZEY GN19 ขนาด 9 มม. กับกระสุนแบลงค์กัน Ozkursan P.A.K. ขนาด 9 มม. (B)

(A) (B)

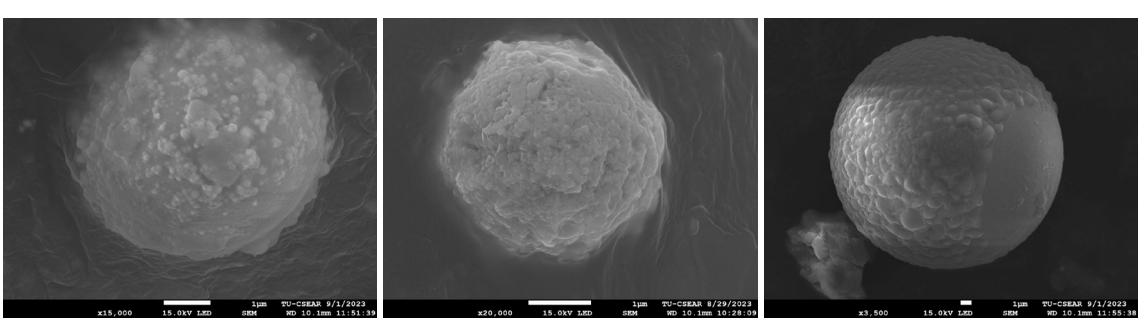
ภาพที่ 2 การเก็บตัวอย่างเขม่าปืนบนมือขวาของผู้ยิง (A) และการเก็บตัวอย่างเขม่าปืนบริเวณง่ามนิ้วมือของผู้ยิง (B)

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

1.ผลการวิเคราะห์รูปร่างและขนาดอนุภาค ด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscope

1.1 เขม่าจากกระสุนปืนจริง เก็บตัวอย่างที่เวลา 0 นาที

เขม่าปืนจากการยิงด้วยปืนพกสั้นมาตรฐาน (ปืนจริง) ขนาด 9 มม. เก็บตัวอย่างเขม่าปืนที่เวลา 0 นาที จากการยิง 3 ครั้ง พบว่าเขม่าปืนมีลักษณะทรงกลม ผิวขรุขระ มีขนาดอนุภาคเล็กสุดและใหญ่สุดที่ 3.500 µm (ภาพที่ 3B) และ 19.900 µm (ภาพที่ 3C) ตามลำดับ มีขนาดเฉลี่ย 9.586 ± 8.980 µm

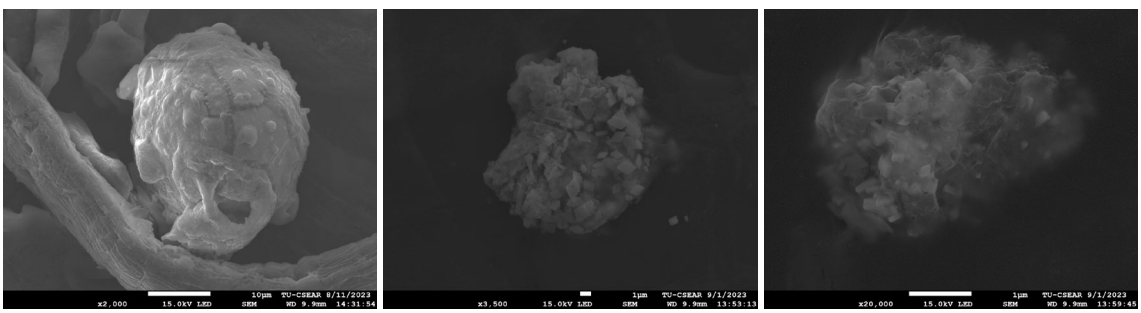


(A) (B) (C)

ภาพที่ 3 เขม่าจากกระสุนปืนจริงเก็บตัวอย่าง ที่เวลา 0 นาที (A) ครั้งที่ 1 มีขนาด 5.359 µm ที่ 15,000x (B) ครั้งที่ 2 มีขนาด 3.500 µm ที่ 20,000x (C) ครั้งที่ 3 มีขนาด 19.900 µm ที่ 3,000x

1.2 เขม่าจากกระสุนปืนแบลงค์กัน เก็บตัวอย่างที่เวลา 0 นาที

เขม่าปืนจากการยิงด้วยปืนแบลงค์กัน ขนาด 9 มม. เก็บตัวอย่างเขม่าปืนที่เวลา 0 นาที จากการยิง 3 ครั้ง พบว่าเขม่าปืนมีลักษณะรูปร่างไม่แน่นอน ผิวขรุขระ มีขนาดอนุภาคเล็กสุดและใหญ่สุดที่ 3.166 µm (ภาพที่ 4C) และ 28.112 µm (ภาพที่ 4A) ตามลำดับ มีขนาดเฉลี่ย 15.765 ± 12.475 µm

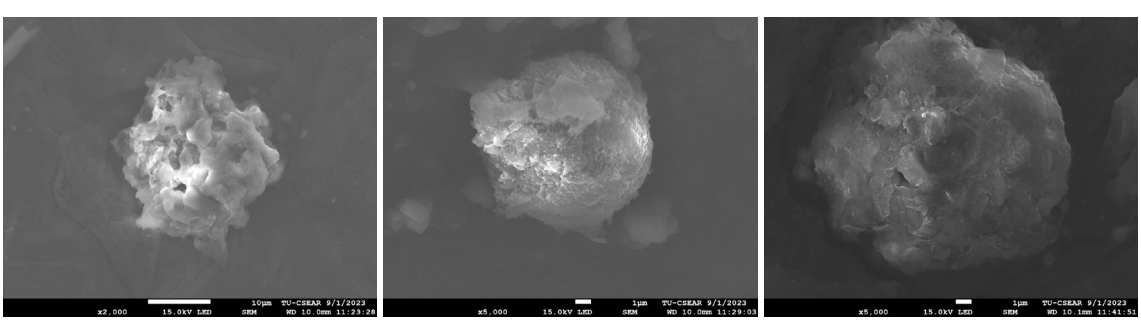


(A) (B) (C)

ภาพที่ 4 เขม่าจากกระสุนปืนแบลงค์กันเก็บตัวอย่าง ที่เวลา 0 นาที (A) ครั้งที่ 1 มีขนาด 28.112 µm ที่ 2,000x (B) ครั้งที่ 2 มีขนาด 16.016 µm ที่ 3,500x (C) ครั้งที่ 3 มีขนาด 3.166 µm ที่ 20,000x

1.3 เขม่าจากกระสุนปืนจริง เก็บตัวอย่างที่เวลา 30 นาที

เขม่าปืนจากการยิงด้วยปืนพกสั้นมาตรฐาน (ปืนจริง) ขนาด 9 มม. เก็บตัวอย่างเขม่าปืนที่เวลา 30 นาที จากการยิง 3 ครั้ง พบว่าเขม่าปืนมีลักษณะทรงกลม ผิวขรุขระ มีขนาดอนุภาคเล็กสุดและใหญ่สุดที่ 2.445 µm (ภาพที่ 5A) และ 31.359 µm (ภาพที่ 5B) ตามลำดับ มีขนาดเฉลี่ย 16.447 ± 14.479 µm

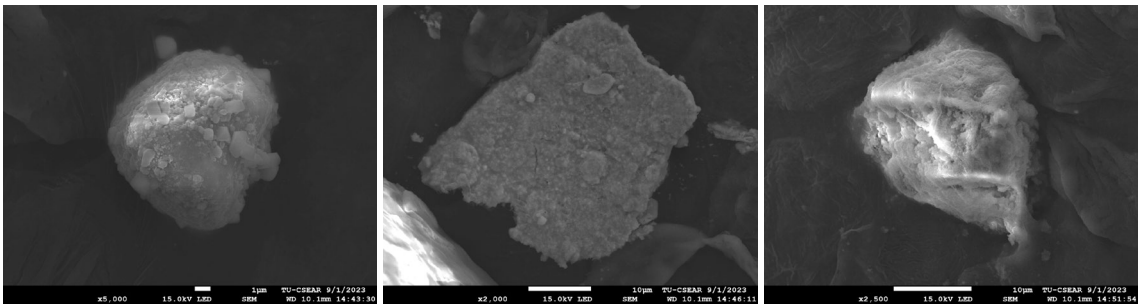


(A) (B) (C)

ภาพที่ 5 เขม่าจากกระสุนปืนจริงเก็บตัวอย่างที่เวลา 30 นาที (A) ครั้งที่ 1 มีขนาด 2.445 µm ที่ 2,000x (B) ครั้งที่ 2 มีขนาด 31.359 µm ที่ 5,000x (C) ครั้งที่ 3 มีขนาด 15.536 µm ที่ 5,000x

1.4 เขม่าจากกระสุนปืนแบลงค์กัน เก็บตัวอย่างที่เวลา 30 นาที

เขม่าปืนจากการยิงด้วยปืนแบลงค์กัน ขนาด 9 มม. เก็บตัวอย่างเขม่าปืนที่เวลา 30 นาที จากการยิง 3 ครั้ง พบว่าเขม่าปืนมีลักษณะค่อนข้างกลมและรูปร่างไม่แน่นอน ผิวขรุขระ มีขนาดอนุภาคเล็กสุดและใหญ่สุดที่ 2.246 µm (ภาพที่ 6C) และ 9.452 µm (ภาพที่ 6A) ตามลำดับ มีขนาดเฉลี่ย 5.369 ± 3.698 µm



(A) (B) (C)

ภาพที่ 6 เขม่าจากกระสุนปืนแบลงค์กันเก็บตัวอย่างที่เวลา 30 นาที (A) ครั้งที่ 1 มีขนาด 9.452 µm ที่ 5,000x (B) ครั้งที่ 2 มีขนาด 4.410 µm ที่ 2,000x (C) ครั้งที่ 3 มีขนาด 2.246 µm ที่ 2,500x

จากผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM ในการศึกษาลักษณะรูปร่างและขนาดอนุภาคเขม่าปืนจากกระสุนปืนจริง พบว่าเขม่าปืนมีอนุภาคลักษณะค่อนข้างกลมและบางจุดมีลักษณะเป็นวงรี แวววาว ดังภาพที่ 3 และภาพที่ 5 ขนาดอนุภาคโดยเฉลี่ยมีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป ในขณะที่ลักษณะและขนาดอนุภาคเขม่าปืนจากกระสุนปืนแบลงค์กันพบว่ามีลักษณะรูปร่างที่ไม่แน่นอนอาจมีลักษณะทรงกลมแต่ไม่เหมือนอนุภาคเขม่าปืนจากกระสุนปืนจริงดังภาพที่ 4 และภาพที่ 6 ขนาดอนุภาคโดยเฉลี่ยมีขนาดเล็กลงเมื่อเวลาผ่านไป และเมื่อทำการเปรียบเทียบขนาดอนุภาคเขม่าจากกระสุนปืนจริงและแบลงค์กันพบว่าเก็บตัวอย่างที่เวลา 0 นาที เขม่าจากกระสุนปืนแบลงค์กันมีขนาดเฉลี่ย 15.765 µm ใหญ่กว่าเขม่าจากกระสุนปืน จริงที่มีค่าเฉลี่ย 9.586 µm และเก็บตัวอย่างเมื่อเวลา 30 นาที เขม่าจากกระสุนปืนแบลงค์กันมีขนาดเฉลี่ย 5.369 µm เล็กกว่าเขม่าจากกระสุนปืนจริง ที่มีขนาด 16.447 µm ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยระยะการยิง ความแรงของปืน (แรงดัน) และชนิดของปืน อนุภาคเขม่าปืนจากกระสุนปืนจริงจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM มีความสอดคล้องกับงานวิจัยทั้งภายในประเทศและต่างประเทศที่ทำการศึกษาเรื่องลักษณะรูปร่างของเขม่าปืน ซึ่งงานวิจัยของ Ratchakhom (2020) ได้ศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของเขม่าปืนด้วยเทคนิค SEM-EDX ผลการศึกษาพบว่าเขม่าปืนมีอนุภาคลักษณะค่อนข้างกลมและบางจุดมีลักษณะเป็นวงรี และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chinaworn (2004) ที่กล่าวถึงรูปร่างของอนุภาคเขม่าปืนมีรูปร่างค่อนข้างกลม แวววาว มีขนาดอนุภาคในช่วง 2-31 ไมครอน ซึ่งมีธาตุองค์ประกอบคือ Pb Ba และ Sb จากงานวิจัยพบว่ารูปร่างอนุภาคของเขม่าปืนจะเปลี่ยนแปลงไปจากทรงกลมเมื่อเวลาผ่านไป ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยทางอุณหภูมิและแรงดันที่สูงที่เกิดขึ้นจากการยิง อนุภาคเขม่าปืนจึงมีสถานะเป็นของเหลวในระยะแรก พลังงานส่วนเกินและแรงที่ไม่สมดุลส่งผลต่อละอองของอนุภาคเขม่าปืน ซึ่งอนุภาคเขม่าปืน ในสถานะของเหลวจะแข็งตัวเป็นหยดทรงกลมที่มีพื้นที่ผิวน้อยที่สุดในปริมาตรเดียวกันเพื่อให้ได้ระดับพลังงานต่ำสุด โดยจะให้รูปร่างของเขม่าปืนที่มีลักษณะกลมในระยะแรก (Kara, 2022) ในขณะที่ข้อมูลรูปร่าง สัณฐานวิทยาของอนุภาคเขม่าปืนจากกระสุนปืนแบลงค์กันในงานวิจัยพบว่ามีลักษณะรูปร่างที่ไม่แน่นอน อาจมีลักษณะทรงกลมแต่ไม่เหมือนอนุภาคเขม่าปืนจากกระสุนปืนจริง อาจเนื่องจากดินปืนที่บรรจุในกระสุนแบลงค์กันอยู่ในกลุ่มดินปืนไพโรเทคนิค (Pyrotechnic) ซึ่งจะให้ผลผลิตเป็นความร้อน แสง เสียง เกิดก๊าซหรือควัน มีดินระเบิดที่เผาไหม้อย่างรวดเร็วและผลิตก๊าซจำนวนมากในเวลาสั้น รวมทั้งมีแรงดันที่ต่ำกว่า ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งของการเกิดรูปร่างของ ลักษณะเขม่าปืน ในขณะที่ข้อมูลของขนาดอนุภาคเขม่าปืนที่ได้จากงานวิจัยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1 – 30 ไมครอน เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Vongsakul & Sukawat (2014) ที่ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณและขนาดอนุภาคของธาตุเขม่าปืนที่เกิดจากการยิง ปืนชนิดรีวอลเวอร์ พบว่าขนาดอนุภาคของธาตุเขม่าปืนส่วนใหญ่มีลักษณะกลม มีขนาดตั้งแต่ 0.1 ไมครอน จนถึง 30 ไมครอน

2. ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของธาตุเขม่าปืน ด้วยเทคนิค Energy Dispersive X-ray Spectroscope

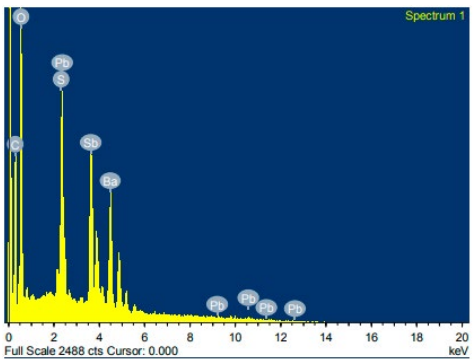
ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบชนิดและปริมาณของธาตุเขม่าปืนจากปืนพกสั้นมาตรฐาน (ปืนจริง) และปืนแบลงค์กันเก็บตัวอย่างเขม่าปืนที่ เวลา 0 นาที และที่เวลา 30 นาที (Element %)

ธาตุ	ปริมาณร้อยละของธาตุเขม่าปืนจากปืนจริงและปืนแบลงค์กันเก็บตัวอย่างเขม่าปืนที่เวลา 0 นาที และที่เวลา 30 นาที (Element %)											
	GUN0 ครั้งที่ 1	GUN0 ครั้งที่ 2	GUN0 ครั้งที่ 3	GUN30 ครั้งที่ 1	GUN30 ครั้งที่ 2	GUN30 ครั้งที่ 3	BG0 ครั้งที่ 1	BG0 ครั้งที่ 2	BG0 ครั้งที่ 3	BG30 ครั้งที่ 1	BG30 ครั้งที่ 2	BG30 ครั้งที่ 3
S	8.46	0.73	4.91	0.71	-	-	3.90	3.66	0.25	0.27	-	-
Cr	-	9.34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca	-	-	-	1.41	9.13	0.53	-	-	-	-	-	7.97
Fe	-	33.62	-	-	0.55	2.66	-	-	0.40	-	-	6.33
Cu	-	-	-	-	-	-	-	-	0.81	-	-	-
K	-	-	-	7.33	0.30	2.04	-	-	-	-	-	1.13
Cl	-	-	-	8.34	-	0.25	1.11	5.58	1.54	0.65	4.55	0.90
As	-	-	-	-	-	-	0.31	-	-	-	0.05	-
Ti	-	-	-	-	-	0.42	-	-	-	-	-	-
Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	-	-
Ni	-	1.27	-	-	-	-	-	-	-	1.84	2.33	0.84
Sb	23.73	1.23	22.71	-	0.39	0.10	9.65	3.19	1.81	2.61	15.73	0.27
Ba	18.47	3.60	27.33	0.28	0.24	-	23.80	11.67	2.36	31.59	1.20	0.59
Pb	19.69	2.64	8.04	0.38	-	0.37	12.06	14.10	4.86	2.31	42.21	0.28

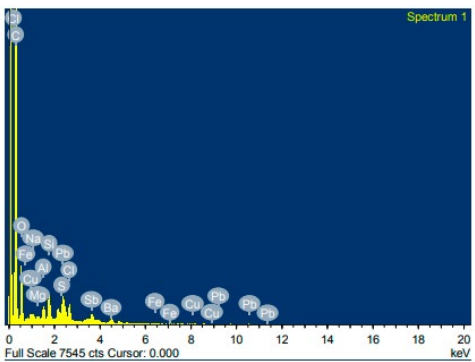
หมายเหตุ : GUN0 หมายถึง เขม่าจากกระสุนปืนจริง เก็บตัวอย่างที่เวลา 0 นาที
GUN30 หมายถึง เขม่าจากกระสุนปืนจริง เก็บตัวอย่างที่เวลา 30 นาที
BG0 หมายถึง เขม่าจากกระสุนปืนแบลงค์กัน เก็บตัวอย่างที่เวลา 0 นาที
BG30 หมายถึง เขม่าจากกระสุนปืนแบลงค์กัน เก็บตัวอย่างที่เวลา 30 นาที

จากตารางที่ 1 ในการศึกษาปริมาณธาตุองค์ประกอบในเขม่าปืนจากกระสุนปืนจริงและกระสุนแบลงค์กัน พบว่าในการเก็บตัวอย่างทันทีภายหลังจากการยิงหรือที่เวลา 0 นาที สามารถพบธาตุองค์ประกอบหลัก ทั้ง Pb Ba และ Sb และธาตุอื่นๆเป็นองค์ประกอบ(ภาพที่ 7A และ ภาพที่ 7B)โดยมีปริมาณร้อยละเฉลี่ยของธาตุองค์ประกอบหลักที่ไม่แตกต่างกันมาก โดยเขม่าจากกระสุนปืนจริงธาตุองค์ประกอบหลักที่พบมากสุด คือ Ba รองมาด้วย Sb และ Pb ตามลำดับ ในขณะที่เขม่าจากกระสุนปืนแบลงค์กันธาตุองค์ประกอบหลักที่พบมากสุด คือ Ba รองมาด้วย Pb และ Sb ตามลำดับ ส่วนข้อมูลจากการเก็บตัวอย่างภายหลังจากการยิงที่เวลา 30 นาที เขม่าจากกระสุนปืนจริงไม่พบ Sb Ba และ Pb จากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ (ภาพที่ 7C) ขณะที่เขม่าจากกระสุนปืนแบลงค์กันพบทั้ง Sb Ba และ Pb (ภาพที่ 7D) ปริมาณร้อยละเฉลี่ยของธาตุองค์ประกอบหลักเขม่ากระสุนปืนจริงและกระสุนปืนแบลงค์กันมีความสอดคล้องกัน คือ Pb รองมาด้วย Ba และ Sb ตามลำดับ เป็นไปในทิศทางเดียวกับข้อมูลงานวิจัยของ Silvia et al. (2020) ที่ทำการศึกษาเขม่าปืนจริงบนสิ่งทอประเภทต่าง ๆ จากการใช้เทคนิค ICP-OES พบว่าธาตุที่พบมากสุด คือ Pb รองมาคือ Ba และ Sb ตามลำดับ ทั้งนี้ปริมาณธาตุองค์ประกอบที่พบ ขึ้นอยู่กับการควบคุมในการเก็บตัวอย่าง การทำการค้นหาโครงสร้างจุลภาคของตัวอย่าง

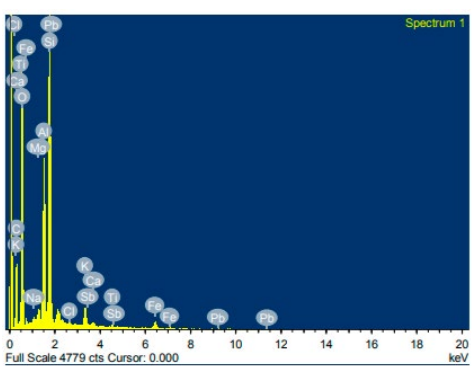
(Manual search) ด้วยเทคนิค SEM-EDX รวมถึงชนิดและยี่ห้อของกระสุนปืน เนื่องจากกระสุนปืนแต่ละยี่ห้อมีการบรรจุธาตุองค์ประกอบในปริมาณที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการเผาไหม้และการใช้งาน



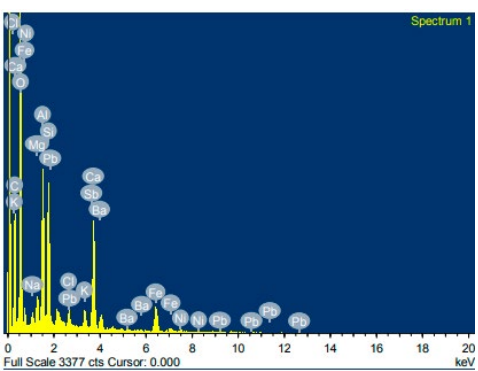
(A) กระสุนปืนจริงเก็บตัวอย่างที่เวลา 0 นาที



(B) กระสุนปืนแบลงค์กันเก็บตัวอย่างที่เวลา 0 นาที



(C) กระสุนปืนจริงเก็บตัวอย่างที่เวลา 30 นาที



(D) กระสุนปืนแบลงค์กันเก็บตัวอย่างที่เวลา 30 นาที

ภาพที่ 7 Spectrum ปริมาณธาตุองค์ประกอบในเขม่าจากกระสุนปืนจริงและแบลงค์กันเก็บตัวอย่างที่เวลา 0 นาทีและ 30 นาที

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบปริมาณธาตุองค์ประกอบหลักในเขม่าปืนระหว่างกระสุนปืนจริงและกระสุนแบลงค์กันเก็บตัวอย่างเขม่าปืนที่เวลา 0 นาที และ 30 นาทีด้วยเทคนิค EDX

ประเภทกระสุนปืน	ปริมาณร้อยละของธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลัก (ค่าเฉลี่ย ± SD)		
	Pb	Ba	Sb
(A) กระสุนปืนจริงเก็บตัวอย่างที่เวลา 0 นาที	10.12 ± 8.71	16.47 ± 11.99	15.89 ± 12.71
(B) กระสุนปืนแบลงค์กันเก็บตัวอย่างที่เวลา 0 นาที	10.34 ± 4.85	12.61 ± 10.75	4.88 ± 4.19
(C) กระสุนปืนจริงเก็บตัวอย่างที่เวลา 30 นาที	0.25 ± 0.22	0.17 ± 0.15	0.16 ± 0.20
(D) กระสุนปืนแบลงค์กันเก็บตัวอย่างที่เวลา 30 นาที	14.93 ± 23.64	11.13 ± 17.72	6.20 ± 8.33

จากตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบปริมาณธาตุองค์ประกอบหลัก Pb Ba แลพ Sb ในเขม่าปืนด้วยเทคนิค EDX ระหว่างกระสุนปืนจริงและกระสุนแบลงค์กัน เก็บตัวอย่างเขม่าปืนที่เวลา 0 นาทีและ 30 นาที ยิงซ้ำจำนวน 3 ครั้ง พบว่า Pb พบมากที่สุด คือ ร้อยละ 14.93 ± 23.64 ในเขม่าจากกระสุนปืนแบลงค์กันเก็บตัวอย่างที่เวลา 30 นาที ขณะที่ Ba และ Sb พบมากสุด คือ ร้อยละ16.47 ± 11.99 และ 15.89 ± 12.71 ตามลำดับ ในเขม่าจากกระสุนปืนจริง เก็บตัวอย่างที่เวลา 0 นาที ดังแสดงในภาพที่ 7

จากภาพที่ 7 เปรียบเทียบตัวอย่างภายหลังจากการยิงที่เวลา 0 นาที เขม่าจากกระสุนปืนจริงธาตุองค์ประกอบหลักที่พบมากสุด คือ Ba Sb และ Pb ตามลำดับ ในขณะที่เขม่าจากกระสุนปืนแบลงค์กันธาตุองค์ประกอบหลักที่พบมากสุด คือ Ba Pb และ Sb ตามลำดับ ส่วนข้อมูลจากการเก็บตัวอย่างภายหลังจากการยิงที่เวลา 30 นาที ธาตุองค์ประกอบหลักที่พบมากสุดในเขม่ากระสุนปืนจริงและจากปืนแบลงค์กันมีความสอดคล้องกัน คือ Pb Ba และ Sb ตามลำดับ ทั้งนี้เมื่อเวลาผ่านไปธาตุองค์ประกอบหลักในเขม่าปืนจากกระสุนปืนจริงจะมีร้อยละเฉลี่ยลดลง ในขณะที่ธาตุองค์ประกอบหลักในเขม่าปืนจากกระสุนปืนแบลงค์กันมีร้อยละเฉลี่ยเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจมีเหตุผลอันเนื่องมาจากปริมาณของส่วนประกอบในแก็ปปืน (Primer) ที่แตกต่างกันระหว่างกระสุนปืนจริงและกระสุนแบลงค์กัน ซึ่งกระสุนแบลงค์กันบรรจุดินดอกไม้เพลิงชนิดในกลุ่มไพโรเทคนิค มีสารเคมีที่ใช้ในการผลิตที่ให้ออกซิเจน (Oxidizing agent) ซึ่งได้แก่ โปแตสเซียมไนเตรต (KNO_3) โปแตสเซียมคลอเรต ($KClO_3$) และโปแตสเซียมเปอร์คลอเรต ($KClO_4$) (Thailand Institute of Occupational Safety and Health, n.d.) ทั้งนี้สาร Oxidizing agent ข้างต้นอาจมีผลในการทำปฏิกิริยาที่ส่งผลให้ธาตุองค์ประกอบหลักที่ตรวจพบในเขม่าจากกระสุนแบลงค์กันมีปริมาณเพิ่มขึ้น อีกทั้งอาจเนื่องมาจากเมื่อเวลาผ่านไปธาตุองค์ประกอบที่เพิ่มขึ้นอาจมาจากสภาวะแวดล้อม การควบคุมในการเก็บตัวอย่าง การทำการค้นหาโครงสร้างจุลภาคของตัวอย่าง (Mingchanid & Kulnides, 2017)

สรุป

เทคนิค SEM-EDX สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์เขม่าปืนได้ โดยพิจารณาจากลักษณะรูปร่างและขนาดของตัวอย่างที่น่าสงสัย โดยลักษณะรูปร่างของเขม่าปืนจากกระสุนปืนจริงมีแนวโน้มที่จะเป็นทรงกลมมากกว่าเขม่าจากกระสุนแบลงค์กัน การนำเทคนิค SEM มาใช้ในการตรวจวิเคราะห์เขม่าปืนจึงมีข้อดีในตรวจวิเคราะห์เชิงคุณภาพและสามารถยืนยันได้ทันทีว่าเป็นเขม่าปืนถ้าตรวจพบ unique particles ในขณะที่การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงปริมาณยังมีความแม่นยำที่ต่ำกว่าเทคนิค ICP-MS ซึ่งเนื่องจากปัจจุบันกลุ่มงานตรวจวิเคราะห์เขม่าปืนของสำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจนิยมใช้เทคนิค ICP-MS เป็นหลัก ดังนั้นการนำเทคนิค SEM-EDX มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์เขม่าปืนจึงเป็นแนวทางเลือกหนึ่งของงานพิสูจน์หลักฐานได้ อีกทั้งเทคนิค SEM-EDX ไม่ต้องใช้สารเคมีในการเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์และใช้เวลาที่น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิค ICP-MS ที่ต้องใช้สารเคมีในการเตรียมตัวอย่าง ซึ่งจำเป็นต้องใช้ผู้มีความชำนาญในการวิเคราะห์ รวมถึงต้องใช้ก๊าซเฉื่อยในการวิเคราะห์ทำให้มีค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ที่มากกว่าอีกด้วย ทั้งนี้เพื่อนำผลการวิจัยที่ได้เป็นฐานข้อมูลในการทำงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ ในขณะที่เทคนิค EDX เขม่าจากกระสุนปืนจริงเมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที พบว่าปีมาณธาตุองค์ประกอบหลัก Pb Ba และ Sb ลดลงต่ำกว่าร้อยละ 1 แต่เขม่าจากกระสุนปืนแบลงค์กันเมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที พบว่าปริมาณธาตุ Pb เพิ่มขึ้น ขณะที่ Ba และ Sb ยังมีปริมาณลดลงไม่ชัดเจนเท่ากับกระสุนจริง จึงมีความเป็นไปได้ในการนำข้อมูลปริมาณธาตุองค์ประกอบหลักที่พบในเขม่าปืนมาประยุกต์จำแนกประเภทของปืนได้

เอกสารอ้างอิง

Chinaworn, W.(2004). **Gunshot residue analysis by SEM/EDX.** (Master thesis). Silpakorn University, Nakhon Pathom.

Demirci, S., Hakan, H. K. & Koc, S. (2011). Fatal injury by an unmodified blank pistol: A case report and review of the literature. **Journal of Forensic and Legal Medicine, 18,** 237-241.

Jithkaroon, C. & Vichuwanich, W. (2021). Trend of Gunshot Residue Examination in Thailand. **Research Journal Rajamangala University of Technology Thanyaburi, 20**(1), 9-20. (In Thai)

Kara, I. (2022). The Relationship Between Gunshot-Residue Particle Size and Boltzmann Distribution. **Forensic Sciences Research, 7**(2), 47-52.

Lewinski, W. J., Hudson, W. B., Karwoski, D. & Redmann, C. J. (2010). Fired Cartridge Case Ejection Patterns from Semi-Automatic Firearms. **Investigative Sciences Journal, 2**(3), 1-32.

Mingchanid, P. & Kulnides, N. (2017). Study on Persistence of Gunshot Residue After Shooting From 9 mm Pistol on Back of Hands and Palms with Different Persistent Duration and Bullet Types. **KKU Research Journal, 17**(3), 8-18.

Ratchakhom, P. (2020). **Comparison of the Physical Characteristics and Gunshot Residue in Fabrics after Firing with SEM/EDX Technique** (Master thesis). Royal Police Cadet Academy, Nakhon Pathom.

Thailand Institute of Occupational Safety and Health. (n.d.). **Ancient firework The miracle of Thai wisdom.** Retrieved from https://www.aimconsultant.com/th/infomation/gQSt2.pdf [2024, 22 Mar.]

Silvia, F., Profumo, A., Alberini, G., Bonomi, S., Milanese, C., Donghi, M., Amadasi, A., Patrini, M., Cucca, L. & Merli, D. (2020). Interaction of gunshot residues (GSR) with natural and synthetic textiles having different structural features. **Talanta Open, 62**(2), 122-138.

Spathis, V. (2017). Impact-disrupted gunshot residue: A sub-micron analysis using a novel collection protocol. **Defence Technology, 13**(3), 143-149.

Vongsakul, T. & Sukawat, S. (2014). The study of comparison between distribution and properties of gunshot residue by shooting the revolvers size .38 with difference of caliber. **E-Journal Science and Technology Silpakorn University, 1**(2), 12-23. (In Thai)