การวิเคราะห์อนุภาคเขม่าปืนและปริมาณของแบเรียม ตะกั่ว และพลวง ภายหลังการยิงปืนบนเสื้อผ้าด้วยอาวุธปืนประเภท เอ็ม 16 เอ1 ด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope/ Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM/EDS)

Analysis of Gunshot Residue and Quantitative of Barium, Lead and Antimony After M16 A1 Shooting on Clothes by Scanning Electron Microscope/Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM/EDS)

*ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิเศษ ดร.พลตำรวจโท ณรงค์ กุลนิเทศ**

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาวิเคราะห์อนุภาคของเขม่าปืนบนเสื้อผ้าหลังการยิงปืนด้วยอาวุธปืนที่ใช้ เอ็ม16 เอ1 และกระสุนปืนขนาด 5.56 มม. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ การทดสอบเสื้อ เสื้อโปโล เสื้อแจ็คเก็ต เสื้อเชิ้ต และเสื้อยืด ก่อนและหลังการซัก ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างโดยใช้เครื่อง Scanning Electron Microscope/ Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM/EDS) ในการวัดปริมาณ ร้อยละของแบเรียม ตะกั่ว และพลวง

ผลการวิจัยพบว่า การศึกษาปริมาณของเขม่าดินปืนบนเสื้อผ้าหลังการยิง และทำการทดสอบเสื้อผ้าก่อนและหลังการซัก 1) พบว่ามีการเกาะติดของอนุภาคเขม่าปืนในผ้าซาตินที่ใช้ในการทำเสื้อแจ็คเก็ตมากที่สุด และผ้าไนลอนที่ใช้ในการผลิตเสื้อเชิ้ตน้อยที่สุด 2) พบปริมาณของเขม่าดินปืนบนเสื้อแจ็คเก็ตภายหลังการซักมากที่สุด และพบปริมาณของเขม่าดินปืนบนเสื้อยืดภายหลังการซักน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบชนิดของเสื้อโปโล เสื้อแจ็คเก็ต เสื้อเชิ้ต และเสื้อยืด ที่ใช้ในการทดสอบเสื้อผ้าก่อนและหลังการซัก โดยการวัดปริมาณร้อยละการลดลงของแบเรียม ตะกั่ว และพลวง พบว่ามีปริมาณของแบเรี่ยม ตะกั่ว และพลวง บนเสื้อแจ็คเก็ตมีการลดลงมากที่สุด ร้อยละ 81.85 และมีปริมาณของแบเรี่ยม ตะกั่ว และพลวงบนเสื้อยืดน้อยที่สุด ร้อยละ 19.77 โดยผลการทดลองทั้งสองแบบนี้มีความสัมพันธ์กัน 3) การวิเคราะห์แบบ TWO-WAY ANOVA ผลการวิเคราะห์

**อาจารย์ประจำหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิตและวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา*

ข้อมูลปรากฏค่าสถิติ F เท่ากับ 102.872 และค่า Sig เท่ากับ 0.000 จึงเห็นได้ว่าการใช้เครื่อง Scanning Electron Microscope/Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM/EDS) จะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับใช้ในการตรวจวิเคราะห์อนุภาคเขม่าปืนและตรวจสอบปริมาณของแบเรี่ยม ตะกั่ว และพลวง ได้

คำสำคัญ: เขม่าดินปืน, แบเรี่ยม, ตะกั่ว, พลวง, เสื้อผ้า, Scanning Electron Microscope/Energy Dispersive X-ray Spectroscopy

Abstract

The purposes of this research were to analyze of gunshot residue on clothing after shooting. The weapon used in this work is a M16A1 and gunshot size 5.56 mm. The research instrument used for data collection was test clothing types of polo-shirt, jacket, shirt and T-shirt before and after washing. The Samples were analyzed by scanning electron microscopy/Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM/EDS). The amounts quantitative percentage of barium, lead and antimony.

The research findings were as follows: The study of practical gunshot residue on clothing after shooting and test clothing before and after washing, practical gunshot residue on Jacket most stability and structure, practical gunshot residue T-shirt stability and structure least and 2) The comparison to type of polo-shirt jacket shirt and T-shirt used in the tests before and after washing. The amounts percentage reduction of barium, lead and antimony of jacket percentage reduction most 81.85 percent and shirt least 19.77 percent. There is correlation between the two set of results. 3) The analysis of TWO-WAY ANOVA results for the statistics F is equal to 102.872 and the sig. equal to 0.000 The scanning electron microscopy/Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM-EDS) may be an alternative method for Analysis of gunshot residue and examination quantitative of barium lead and Antimony.

Keywords: Gunshot residue, Barium, Lead, Antimony, Clothing, Scanning electron microscopy/Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM-EDS)

บทนำ

ปัจจุบันความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทในการดำเนินชีวิตของประชาชนในสังคมให้ได้รับความสะดวกสบาย และมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น แต่ในขณะเดียวกันอาชญากรกลับมีการนำเอาเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาใช้ในการกระทำความผิด ทำให้อาชญากรรมที่เกิดขึ้นมีความรุนแรงทั้งในรูปแบบและวิธีการ ตลอดจนมีความสลับซับซ้อนเพิ่มมากขึ้น สภาพการณ์ดังกล่าวเป็นการยากต่อการป้องกันปราบปราม (ณรงค์ กุลนิเทศ. 2551)

พยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์เกิดขึ้นจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ มีบทบาทในกระบวนการยุติธรรมมากขึ้น ซึ่งในทางกฎหมายจะถือว่าพยานหลักฐานเหล่านี้เป็นพยานหลักฐาน

อย่างหนึ่งที่จะสามารถนำเข้าสู่กระบวนการพิจารณาคดีในชั้นศาล มาประกอบความเห็นในการระบุตัวผู้กระทำความผิด โดยการนำวัตถุพยานที่เก็บได้จากสถานที่เกิดเหตุหรือจากตัวผู้ต้องสงสัย มาทำการตรวจพิสูจน์เพื่อให้เจ้าหน้าที่ตำรวจให้มีแนวทางในการสืบสวนสอบสวน และสามารถดำเนินการจับกุมตัวผู้กระทำผิดและลงโทษผู้กระทำผิดได้ และก่อให้เกิดความเป็นธรรมและความน่าเชื่อถือของกระบวนการยุติธรรม

การประกอบอาชญากรรมของคนร้ายนั้นมักใช้อาวุธปืนในการกระทำผิด ดังนั้นการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอาวุธปืนจึงเป็นงานที่มีความสำคัญมากโดยเฉพาะการตรวจพิสูจน์หาคราบเขม่า ที่เกิดจากการยิงปืน (Gunshot Residue, GSR) จากตัวบุคคล ซึ่งเขม่าปืนนับเป็นหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์อย่างหนึ่งที่สามารถพิสูจน์ทราบได้ว่าบุคคลนั้นๆ ได้ผ่านการยิงปืนหรือเกี่ยวข้องกับการยิงปืนมาหรือไม่ ซึ่งผลจากการตรวจพิสูจน์จะช่วยคลี่คลายการสืบสวนสอบสวนในคดีอาชญากรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้อาวุธปืนได้ เช่น คดีฆาตกรรม คดีอัตวินิบาตกรรม หรืออุบัติเหตุ เป็นต้น

การตรวจพิสูจน์อาวุธปืนเพื่อระบุตัวผู้ที่ยิงปืนโดยการตรวจหาเขม่าปืน Gunshot Residue (GSR) หรือสิ่งที่หลงเหลือจากการยิงปืน รูปแบบหรือส่วนประกอบทั้งหมด ที่ฟุ้ง กระจาย ระเหยออกมาจากการยิงของอาวุธปืน ซึ่งเมื่อเกิดการยิงปืนเขม่าปืนจะอยู่ในรูปต่างๆ เช่น อนุภาคของดินปืนที่ถูกเผาไหม้ อนุภาคของดินปืนที่ถูกเผาไหม้บางส่วน อนุภาคของดินปืนที่ไม่ถูกเผาไหม้ ไอของตะกั่ว ส่วนประกอบต่างๆ ของโลหะ และรูปแบบของร่องรอยที่ถูกลูกกระสุนปืนยิง **จากการศึกษาอนุภาคเขม่าปืนสามารถแบ่งประเภทของอนุภาคที่เกิดจากการยิงปืน หากตรวจพบธาตุเหล่านี้พร้อมกันสามารถบอกได้แน่นอนว่ามีเขม่าปืน ได้แก่ แบเรียม (Ba) ตะกั่ว (Pb) และพลวง (Sb)**

คดีอาชญากรรมที่เกิดจากการใช้อาวุธปืนร่วมในการกระทำความผิด ที่สามารถเห็นได้อย่างชัดเจนในสังคมไม่ว่าจะเป็นในระดับนานาชาติและระดับประเทศเป็นการบ่งบอกถึงการเข้าถึงอาวุธปืนได้อย่างง่ายก็จะก่อให้เกิดอาชญากรรมที่เกี่ยวข้องกับอาวุธปืนมากยิ่งขึ้น จากสถานการณ์ความรุนแรงที่เกิดขึ้นจากจังหวัดชายแดนภาคใต้จากศูนย์ข้อมูลข่าวสารจังหวัดชายแดนภาคใต้ตลอดระยะเวลา 10 ปี ที่ผ่านมา นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547-2556 รวมทั้งสิ้น 15,713 เหตุการณ์ เกิดเหตุการณ์ที่ใช้อาวุธปืน 7,536 เหตุการณ์ จะเห็นได้ว่าในการปล้นปืนจำนวน 171 ครั้ง เป็นอาวุธปืนที่ถูกปล้น 1,965 กระบอก และจากการตรวจยึดคืนอาวุธได้อีกจำนวน 700 กระบอก เป็นอาวุธปืนประเภทเอ็ม 16 เอ 1 จำนวน 270 กระบอก ในส่วนของอาวุธปืนที่ถูกปล้นและยังไม่สามารถตรวจยึดคืนได้คงเหลืออีกจำนวน 1,265 กระบอกเป็นการบอกได้ว่าในการก่อสถานการณ์ความรุนแรงและอาชญากรรมที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มในการใช้อาวุธปืนโดยเฉพาะปืนเอ็ม 16 เอ 1 จำนวนมาก

จากที่มาและความสำคัญของปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นนั้น ในการวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการตรวจหาเขม่าปืนบนเสื้อผ้าภายหลังการซัก โดยทำการตรวจหาอนุภาคที่เกิดจากการยิงปืนและสามารถตรวจพบอนุภาคเหล่านี้ได้คือการตรวจหาแบเรียม (Ba) ตะกั่ว (Pb) และพลวง (Sb) โดยการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy/Energy Dispersive X-ray Spectroscopy: SEM/EDS) ดังนั้น การตรวจพิสูจน์คราบเขม่าที่เกิดจากการยิงปืนนั้น หากทำการตรวจด้วยวิธีที่เชื่อถือได้มี

ความจำเพาะเจาะจงและมีความแม่นยำสูงจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อกระบวนการยุติธรรม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาวิเคราะห์อนุภาคเขม่าปืนบนเสื้อผ้าหลังการยิงปืนบนเสื้อผ้าชนิดต่างๆ

2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณของแบเรี่ยม ตะกั่ว และพลวง ภายหลังการยิงบนเสื้อผ้าก่อนซัก และหลังซักผ้า

ขอบเขตการวิจัย

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา

ทำการตรวจหาปริมาณของแบเรี่ยม ตะกั่ว และพลวง บนเสื้อผ้า ภายหลังการยิงปืนโดยอาวุธปืนเอ็ม 16 เอ 1 โดยใช้กระสุนปืนขนาด 5.56x45 มิลลิเมตร โดยการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy/Energy Dispersive X-ray Spectroscopy : SEM/EDS)

2. ขอบเขตด้านประชากร

2.1 ชนิดของเสื้อผ้าที่ใช้ในการทดลอง

2.1.1 ผ้าฝ้ายที่ใช้ในการผลิตเสื้อยืด

2.1.2 ผ้าโพลีเอสเทอร์ที่ใช้ในการผลิตเสื้อโปโล

2.1.3 ผ้าซาตินที่ใช้ในการผลิตเสื้อแจ๊คเก็ต

2.1.4 ผ้าไนลอนที่ใช้ในการผลิตเสื้อเชิ้ต

2.2อาวุธปืนและเครื่องกระสุนปืนที่ใช้ในการทดลอง

2.2.1 ปืนเล็กยาว แบบเอ็ม 16 เอ 1

2.2.2 กระสุนปืนขนาด 5.56x45 มิลลิเมตร

3. ขอบเขตด้านตัวแปร

3.1 ตัวแปรอิสระ

- ผ้าชนิดต่าง ๆ จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ เสื้อโปโล เสื้อแจ๊คเก็ต เสื้อยืด และเสื้อเชิ้ต

3.2 ตัวแปรตาม

- อนุภาคของเขม่าปืน
- ปริมาณของแบเรี่ยม ตะกั่ว และพลวง บนผ้าก่อนซักและหลังซัก

4. ขอบเขตด้านพื้นที่และระยะเวลาการวิจัย

ทำการศึกษาเคราะห์อนุภาคของเขม่าปืน และปริมาณของแบเรี่ยม ตะกั่ว และพลวง บนเสื้อผ้า เก็บตัวอย่างโดยใช้อาวุธปืนเล็กยาวแบบเอ็ม 16 เอ 1 และกระสุนปืนนาโต้ ขนาด 5.56 มิลลิเมตร จะทำการยิงปืนครั้งละ 15 นัด ต่อ 1 ตัวอย่าง สำหรับทดลองยิงในตัวอย่างผ้าแต่ละชนิดโดยจะทำการเก็บตัวอย่างซ้ำจำนวน 5 ครั้ง ชนิดของผ้าที่ใช้ทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ เสื้อโปโล เสื้อแจ๊คเก็ต เสื้อยืด และเสื้อเชิ้ต

การทบทวนวรรณกรรม

1. แนวคิดหลักการทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.1 ความหมายของอาวุธปืน และเครื่องกระสุนปืน มาตรา 4 แห่งพระราชบัญญัติอาวุธปืน เครื่องกระสุนปืนวัตถุระเบิดดอกไม้เพลิง และสิ่งเทียมอาวุธปืน พ.ศ.2490 แก้ไขเพิ่มเติมโดยมาตรา 4 แห่งพระราชบัญญัติอาวุธปืน ฯลฯ (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2501 (พระราชบัญญัติอาวุธปืน เครื่องกระสุนปืน วัตถุระเบิด ดอกไม้เพลิงและ สิ่งเทียมอาวุธปืน พ.ศ. 2490, 2543) ได้บัญญัติคำว่าอาวุธปืนไว้ดังนี้ อาวุธปืน หมายความรวมตลอดถึงอาวุธทุกชนิดซึ่งใช้ส่งเครื่องกระสุนปืนโดยวิธีระเบิดหรือกำลังดันของแก๊ส หรืออัดลมหรือเครื่องกลไกอย่างใด ซึ่งต้องอาศัยอำนาจของพลังงาน และส่วนหนึ่งส่วนใดของอาวุธนั้นๆ

อาวุธปืนนั้นประกอบด้วย 4 ส่วน

1) ลำกล้อง

2) เครื่องลูกเลื่อน หรือส่วนประกอบสำคัญของเครื่องลูกเลื่อน

3) เครื่องลั่นไก หรือส่วนประกอบสำคัญของเลื่อนไก

4) เครื่องส่งกระสุน ซองกระสุน หรือส่วนประกอบสำคัญของสิ่งเหล่านี้

เครื่องกระสุนปืน หมายความรวมตลอดถึงกระสุนโดด กระสุนปราย กระสุนแตก ลูกระเบิด ตอร์ปิโด ทุ่นระเบิดและจรวด ทั้งชนิดที่มีหรือไม่มีกรดแก๊ส เชื้อเพลิง เชื้อโรค ไอพิษ หมอกหรือควัน หรือกระสุน ลูกระเบิด ตอร์ปิโด ทุ่นระเบิด และจรวด ที่มีคุณสมบัติล้ายคลึงกัน หรือเครื่องหรือสิ่งสำหรับอัดหรือทำ หรือใช้ประกอบเครื่องกระสุนปืน

1.2 ความเป็นมาของเขม่าปืน

ความเป็นมาของเขม่าปืน (Gunshot Residue: GER) (อรรถพล แช่มสุวรรณวงศ์ และคณะ, 2552) คือ เขม่าปืน หรือสิ่งที่หลงเหลือจากการยิงปืน ซึ่งหมายถึง สิ่งใดๆ รูปแบบหรือส่วนประกอบทั้งหมด ที่ฟุ้ง กระจาย ระเหยออกมาจากการยิงของอาวุธปืนซึ่งเมื่อเกิดการยิงปืน เขม่าปืนจะอยู่ในรูปต่างๆ ดังนี้

1) อนุภาคของดินปืนที่ถูกเผาไหม้

2) อนุภาคของดินปืนที่ถูกเผาไหม้บางส่วน

3) อนุภาคของดินปืนที่ไม่ถูกเผาไหม้

4) ไอของตะกั่ว

5) ส่วนประกอบต่างๆ ของโลหะ

6) รูปแบบของร่องรอยที่ถูกลูกกระสุนปืนยิง

ประเภทของเขม่าปืน

อนุภาคที่เกิดจากการยิงปืน สามารถจำแนกได้ 3 ประเภท คือ

1) ประเภทที่แน่นอน (Exclusive/ Unique GSR): ถ้าตรวจพบธาตุเหล่านี้พร้อมกันบอกได้แน่นอนว่ามีเขม่าปืน ได้แก่ แบเรี่ยม (Ba), ตะกั่ว (Pb), และพลวง (Sb)

2) ประเภทบ่งชี้ (Characteristic/ Indicative GSR) : ถ้าตรวจพบธาตุเหล่านี้น่าเชื่อได้ว่ามีเขม่าปืน ได้แก่ Si-Ba-Ca Pb-Sb Pb-Ba Sb-S Sb และ Pb

3) ประเภทอื่นๆ (Other GSR): ถ้าหากตรวจพบธาตุเหล่านี้ไม่อาจยืนยันได้ว่ามีเขม่าปืน ได้แก่ Ca Cu Fe Ni P Si S และZn

1.3 ประเภทของอาวุธปืนที่ใช้ในการวิจัย

อาวุธปืนเอ็ม 16 หมายถึง อาวุธปืนเล็กยาวขนาดปากลำกล้องกว้าง 5.56 มิลลิเมตร เป็นอาวุธประทับบ่ายิง บรรจุกระสุนในซองกระสุน (Magazine) โดยใช้กระสุนปืนขนาด .223 หรือ 5.56มิลลิเมตร บริหารกลไกด้วยแรงดันแก๊ส ระบายความร้อนด้วยอากาศ สามารถยิงได้ทั้งแบบกึ่งอัตโนมัติและแบบอัตโนมัติ โดยใช้คันบังคับยิง ชิ้นส่วนต่างๆ ของปืนผลิตขึ้นจากวัสดุโลหะเหล็ก อะลูมิเนียม อาวุธปืนชนิดนี้เป็นอาวุธที่ใช้ในสงครามทางทหาร ซึ่งมีอานุภาพแรงสูงและประชาชนทั่วไปครอบครองไม่ได้ (นิภาพร อ่อนทองคำ, 2554,หน้า 39-41)

1.4 ความเป็นมาเกี่ยวกับเส้นใยผ้า

คุณสมบัติของเส้นใยผ้า (Fiber Properties)

ผ้าแต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกันตามชนิดและที่มาของเส้นใย ถ้าเป็นผ้าที่ได้จากเส้นใยธรรมชาติการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทำได้ยากกว่าผ้าที่ได้จากเส้นใยสังเคราะห์ซึ่งสามารถผลิตและเพิ่มเติมปรับปรุงคุณสมบัติได้ตามที่ผู้เชี่ยวชาญค้นคว้าโดยคำนึงถึงประโยชน์ใช้สอย การดูแลรักษาความสวยงามและความเหมาะสมในเรื่องราคา

การศึกษาคุณสมบัติของผ้าแต่ละชนิด ก็เพื่อให้ผู้บริโภคได้ใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่า ผ้าบางชนิดมีคุณสมบัติดีน่าใช้ดูแลรักษาง่าย แต่บางชนิด

มีคุณสมบัติไม่น่าใช้ ทำความสะอาดและดูแลรักษายาก แม้กระทั่งขั้นตอนการตัดเย็บ เมื่อเราได้ศึกษาคุณสมบัติรู้ข้อดีข้อเสียก็สามารถเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสมตรงตามประโยชน์ใช้สอยที่ต้องการ

1.5 องค์ประกอบของเส้นใย

เส้นใย (Fibers) คือพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่มีโครงสร้างของโมเลกุลสามารถนำมาทำเป็นเส้นด้าย

1.5.1 ประเภทของเส้นใย แบ่งเป็น 3ประเภท คือ

1) เส้นใยจากธรรมชาติ ประเภทของเส้นใยที่มีอยู่ในธรรมชาติ

2) เส้นใยสังเคราะห์ เป็นเส้นใยที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้นจากสารอนินทรีย์หรือสารอินทรีย์ใช้ทดแทนเส้นใยจากธรรมชาติ

3) เส้นใยกึ่งสังเคราะห์ เป็นเส้นใยที่ได้จากการนำสารจากธรรมชาติมาปรับปรุงโครงสร้างให้เหมาะกับการใช้งาน เช่นการนำเซลลูโลสจากพืชมาทำปฏิกิริยากับสารเคมีบางชนิดเส้นใยกึ่งสังเคราะห์นำมาใช้ประโยชน์ได้มากกว่าเส้นใยธรรมชาติ ตัวอย่างเส้นใยกึ่งสังเคราะห์ เช่น วิสคอสเรยอง แบมเบอร์กเรยอง เป็นต้น

1.6 หลักการเครื่อง Scanning Electron Microscope/Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM/EDS)

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy/Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM/EDX) เป็นกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนรูปแบบหนึ่งซึ่งสร้างภาพชิ้นงาน โดยการส่องลำอิเล็กตรอนกราดไปบนผิวหน้าของชิ้นงานอย่างต่อเนื่องทีละแถวจากนั้นส่งข้อมูลขึ้นไปยังจอภาพ โดยจะปรากฏเป็นเส้น โดยจะมองเห็นเส้นใหม่เก่าหายไปตั้งแต่เส้นแรกสุดไปจนถึงล่างสุด เส้นที่มองเห็นนี้จะรวมกันเป็นภาพตัวอย่างที่เราต้องการอิเล็กตรอนเมื่อเกิดอันตรกิริยากับอะตอมบนชิ้นงานจะปล่อยสัญญาณออกมาซึ่งให้ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติอื่น ได้แก่ การนำไฟฟ้าของวัสดุที่ประกอบขึ้นเป็นชิ้นงานภาพที่ถูกถ่ายจาก SEM ภาพแรกคือภาพผิวหน้าของเหล็กที่ผสมซิลิกอนซึ่งถูกถ่ายไว้โดย Max Knoll ในปี ค.ศ. 1935 งานรุ่นบุกเบิกต่อมาเกี่ยวข้องกับหลักการทางฟิสิกส์ของ SEM และอันตรกิริยาระหว่างลำอิเล็กตรอนกับผิวหน้าของชิ้นงานซึ่งถูกทำสำเร็จโดย Manfred von Ardenne ในปี ค.ศ. 1937 ซึ่งเขาได้จดสิทธิบัตรไว้ที่ประเทศอังกฤษ แต่เขาไม่เคยสร้างเครื่องมือที่ใช้งานได้จริงเลยต่อมา SEM ได้ถูกพัฒนาต่อโดย ศาสตราจารย์ เซอร์ Charles Oatley และ Gary Stewart นักศึกษาหลังปริญญาเอกของเขาและได้นำออกสู่ตลาดเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1965 โดยบริษัท Cambridge Scientific Instrument โดยใช้ชื่อว่า “เสตอริโอสแกน (Stereoscan)” โดย SEM เครื่องแรกได้ถูกส่งไปให้กับบริษัท Du-pont

อันตรกิริยาระหว่างอิเล็กตรอนกับวัสดุ

เมื่อลำอิเล็กตรอนตกกระทบบนผิดหน้าของชิ้นงาน สัญญาณหลายรูปแบบที่เกิดจากอันตรกิริยาระหว่างอิเล็กตรอนปฐมภูมิ (Primary electron) กับวัสดุที่อยู่บนผิดหน้าชิ้นงานได้แสดงข้อมูลบางอย่างเกี่ยวกับวัสดุ โดยอิเล็กตรอนปฐมภูมิสามารถเกิดอันตรกิริยากับวัสดุได้หลายวิธี เช่น

1. อิเล็กตรอนปฐมภูมิจะทำให้เกิดอิเล็กตรอนทุติยภูมิ (Secondary electron) ที่มีพลังงานต่ำ ซึ่งช่วยเน้นลักษณะทางภูมิศาสตร์ของวัสดุบนผิดหน้าชิ้นงาน ซึ่งมีความสำคัญในการแสดงความแตกต่างของเฟสแต่ละเฟสในวัสดุที่มีหลายเฟส

2. อิเล็กตรอนที่กระเจิงกลับ (Backs-cattered electrons (BSE)) ซึ่งทำให้เกิดภาพ

ซึ่งแสดงความแตกต่างของธาตุที่มีเลขอะตอม (Z) ต่างกัน

3. อิเล็กตรอนที่กระเจิงกลับที่ถูกเลี้ยวเลน (Electron back scatter diffraction. EBSD) ซึ่งถูกใช้หาโครงสร้างและการจัดเรียงตัวของผลึกในวัสดุบริเวณผิวหน้าของชิ้นงาน

4. การชนแบบไม่ยืดหยุ่นของอิเล็กตรอนที่ตกกระทบกับอะตอมที่อยู่ในวัสดุบริเวณผิวหน้าชิ้นงาน ทำให้อิเล็กตรอนที่อยู่ในออร์บิทอล (ชั้นพลังงาน (Shell)) ในอะตอม เปลี่ยนไปอยู่ในระดับพลังงานชั้นสูงขึ้น

อิเล็กตรอนที่ถูกกระตุ้นสามารถกลับสู่ภาวะปกติโดยการเปลี่ยนระดับชั้นพลังงานของอิเล็กตรอนกลับคืนสู่ชั้นพลังงานเดิม ซึ่งนำไปสู่การปล่อยรังสีเอ็กซ์ที่มีคุณสมบัติเฉพาะ (characteristic x-ray) หรือการหลุดออกของออเกอร์อิเล็กตรอน (Auger electron) โดยรังสีเอ็กซ์ที่ถูกปล่อยออกมามีความยาวคลื่นที่ถูกจำกัดค่าหนึ่ง (ซึ่งสัมพันธ์กับความแตกต่างของระดับชั้นพลังงานที่แตกต่างกันของอิเล็กตรอน ในแต่ละธาตุ) รังสีเอ็กซ์ที่ถูกปล่อยออกมาจะมีคุณลักษณะเฉพาะตามธาตุที่อยู่ชั้นบนสุดไม่กี่ไมครอนบนวัสดุที่อยู่บริเวณผิดหน้าชิ้นงาน และถูกวัดโดยเครื่องรับสัญญาณ energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS) นอกจากนี้ยังมีรังสีเอ็กซ์แบบต่อเนื่อง (Continuum X-rays) และแสงที่ตามองเห็นได้ (cathodoluminescence, CL) รวมทั้งความร้อนถูกปล่อยออกมาร่วมด้วยแต่การที่เครื่อง SEM เครื่องเดียวจะมีอุปกรณ์รับสัญญาณทุกชนิดเป็นสิ่งที่พบได้ยากมากเครื่อง SEM สามารถให้ภาพที่มีความละเอียดสูงมาก ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดที่มีขนาดน้อยกว่า 1 นาโนเมตร เนื่องจากลำอิเล็กตรอนที่ถูกโฟกัสให้มีขนาดเล็กมาก ภาพถ่ายจาก SEM จึงมีความลึกของภาพที่มาก ดังนั้น จึงให้ภาพถ่าย 3 มิติ ของชิ้นงานที่มีคุณลักษณะเฉพาะซึ่งเหมาะแก่การทำความเข้าใจโครงสร้างของวัสดุบริเวณผิวหน้าของชิ้นงานเครื่อง SEM มีกำลังขยายในช่วงกว้าง ตั้งแต่ประมาณ 10 เท่า (เทียบเท่ากับกำลังของเลนส์แว่นขยาย) ไปจนถึงมากกว่า 500,000 เท่า ประมาณ 250 เท่าของกำลังขยายที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์ที่ใช้แสงจะทำได้

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยภายในประเทศ

ณัฐนันท์ ชาติรักวงศ์ (2551) ทำการศึกษาเรื่อง “การตรวจพิสูจน์เขม่าปืนที่คงอยู่บนเสื้อผ้าด้วยเทคนิค SEM/EDX” ผลการศึกษาวิจัยพบว่าการตรวจเขม่าปืนที่คงอยู่บนเสื้อผ้าโดยใช้เครื่อง Scanning Electron Microscope/energy Dispersive Spectrometer (SEM/EDS) โดยทำการเก็บตัวอย่างอนุภาค GSR บนแขนเสื้อ ด้วยวิธี Tape Lift ผลการทดลองพบว่า อนุภาคส่วนใหญ่ประกอบด้วยธาตุ Ba, Pb, Sb อีกทั้งอนุภาคเขม่าปืนยังคงอยู่บนแขนเสื้อนานถึง 24 ชั่วโมงหลังจากยิงปืน และตัวอย่างที่เก็บจากบริเวณต่างๆ บนเสื้อนั้นยังมีปริมาณอนุภาคเขม่าปืนที่แตกต่างกันด้วย

เจริญ ปานคล้าย (2552) ทำการศึกษาเรื่อง “การตรวจเขม่าดินปืนบนเสื้อผ้าที่ระยะยิงต่างๆ ด้วยเทคนิค Inductively Coupled Mass Spectrometry (ICP-MS) ”ผลการศึกษาวิจัยพบว่าในปืนพกรีวอลเวอร์ ขนาด .357Magnum ความยาวลำกล้อง 4 นิ้ว และ 6 นิ้ว ทดลองยิงห่างจากปากลำกล้องปืน 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 ฟุต ผลการทดลองพบว่าเขม่าดินปืนที่ยิงจากปืนยาวลำกล้องเดียวกันที่ระยะต่างกันมีปริมาณที่แตกต่างกัน โดยจะลดลงเมื่อระยะยิงห่างจากปากลำกล้อง กล้องปืนไกลมากขึ้น และเขม่าดินปืนสามารถปลิวไปไกลถึง 5 ฟุต เขม่าดินปืนที่ยิงจากความยาวลำกล้องยาวกว่าจะมีปริมาณมากกว่าปืนยาวลำกล้องที่สั้นกว่า

ศมนวรรณ หัสมินทร์ (2552) ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์ปริมาณการคงอยู่ของไนเตรทในลำกล้องปืนภายหลังการยิง โดยเทคนิคไอออนโครมาโทรกราฟี และสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ผลการศึกษาหาปริมาณไนเตรทภายหลังการยิงปืน 2 นัด โดยการเก็บตัวอย่างทันที 24 ชั่วโมง 48 ชั่วโมง ภายหลังการยิง สามารถตรวจพบปริมาณไนเตรทได้จนถึง 48 ชั่วโมง

อัจฉราภรณ์ ประสงค์ (2552) ทำการศึกษาเรื่อง "ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของเขม่าปืนบนเสื้อผ้าของผู้ยิงปืนกับระยะเวลาภายหลังการยิงปืน โดยเทคนิค Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry (ICP--MS) ผลการศึกษาวิจัยพบว่าการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของเขม่าปืนบนเสื้อผ้าของผู้ยิงปืนกับระยะเวลาภายหลังการยิงเลือกศึกษาจากผ้า 3 ชนิด ได้แก่ ผ้าฝ้ายที่ใช้ในการผลิตเสื้อยืด ผ้าโพลีเอสเทอร์ที่ใช้ในการผลิตเสื้อเชิ้ต และผ้าซาตินที่ใช้ในการผลิตเสื้อแจ๊คเก็ต โดยวิเคราะห์หาพลวง (Sb), แบเรี่ยม (Ba) และตะกั่ว (Pb) ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในเขม่าปืน (Gunshot Residues) ด้วยเทคนิค Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry และใช้ปริมาณของธาตุทั้งสามธาตุเป็นการวัดปริมาณของเขม่าปืน ระยะเวลา ในการเก็บตัวอย่าง ได้แก่ เก็บทันทีหลังยิงปืน, เก็บตัวอย่าง 1 วัน, 7 วัน และ 30 วัน หลังยิงปืน

2.2 งานวิจัยต่างประเทศ

L. Garofana และคณะ (1999) ทำการศึกษาอนุภาคเขม่าปืนในสิ่งแวดล้อมและกลุ่มอาชีพอื่นๆ ได้ดำเนินการทดสอบใน Reparto Carabinieri Investigation Scientifiche, Parma, Italy ข้อมูลที่ได้ 175 ตัวอย่าง จากมือของผู้ที่อยู่ในอาชีพที่มีความสัมพันธ์กันซึ่งได้มาจากรถยนต์, จากมือขวาของผู้ขับขี่รถยนต์ภายหลังการขับขี่รถยนต์, แบตเตอรี่และยางล้อรถ และจากมือของแต่ละคนภายหลังการทำการผลิตปลอกกระสุนปืนในอุตสาหกรรมปืนแก๊ปเด็กและดอกไม้ไฟ แม้ว่าการศึกษาได้ยืนยันว่าเป็นส่วนประกอบหลักของปลอกกระสุนปืน ตัวอย่างจากกลุ่มอาชีพไม่สามารถยืนยันอนุภาคที่มาจากเขม่าปืน แม้ว่าจะพิสูจน์ได้ว่าประชาชนที่มีความเกี่ยวข้องกับอาชีพยวดยานพาหนะ (เช่น เครื่องยนต์, ช่างไฟฟ้า, ช่างซ่อมยาง) ก็สามารถปรากฏอนุภาคที่ประกอบด้วยธาตุโลหะ Ba และ Sb โดยอาจยากที่จะจำแนกอนุภาคเขม่าปืนจากรูปร่างที่ไม่สม่ำเสมอ, แบนและเป็นแผ่น ซึ่งเสี่ยงต่อผลบวกเทียม เมื่อค้นลักษณะเฉพาะในระบบ Automatic และใช้ Tape Lift ในการเก็บ โดยปราศจากการตรวจสอบรูปสัณฐานของอนุภาค ซึ่งเชื่อว่าการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยก็มีความจำเป็นในการจำแนก จึงได้มีความพยายามที่จะพิสูจน์ในงานปัจจุบันนี้ การค้นคว้าจึงได้ยืนยันการศึกษาก่อนหน้านี้ว่าผู้ทำอุตสาหกรรมปลอกกระสุนปืนในอิตาลี พบธาตุโลหะ Ba, Pb และ Sb ปรากฏในอนุภาคเขม่าปืน

Arie Zeichner และคณะ (2003) ได้ดำเนินการทดลองเก็บ gunpowder residue จากเสื้อผ้าของผู้ยิงโดย vacuum และวิเคราะห์โดย Dhromatography/thermal energy (GC/TEA), ion mobility spectrometry (IMS), และ gas chromatography/mas spectrometry (GC/MA residue จะถูกเก็บบน fiber glass และ Teflon filter ใช้ระบบ portable sampler ทั้งหมดต่อกับ IMS instrument ตัวทำละลายหลายๆ ตัวนำมาใช้เป็นตัวสกัด องค์ประกอบของ propellant จาก Filter สารสกัดนำไปหมุนเหวี่ยงและกรองทำให้เข้มข้นขึ้นโดยการนำไประเหยเป็นไอ ผลการทดลองของการศึกษาวิธีดำเนินการสำหรับการวิเคราะห์ของเขม่าปืน นำมาสู่ police ได้ปรับปรุง

วิธีการเก็บบนเสื้อผ้าโดย double-side adhesive coated aluminium stubs (tape life method) และสำหรับวิธีการเก็บอนุภาค GSR ด้วย vacuum collection propellant ก็ยังเป็นวิธีที่ยังใช้อยู่

Lubor Fojtasek และคณะ (2003) ทำการทดลองศึกษาการกระจายของอนุภาค GSR 7 ทิศทางในสิ่งแวดล้อมของการยิงปืน (ปืนพกสั้นยี่ห้อง ฉ (ขนาด 9มิลลิเมตรLuger) ทั้งปัจจัยภายในและภายนอก และชนิดของกระสุนปืนที่แตกต่างกัน 2 ชนิด ที่จะนำมาใช้การทดลองยิง ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าจำนวนอนุภาค GSR ที่มากที่สุดอยู่ทางด้านขวาห่างจากตำแหน่งที่ยิง 2-4 เมตร อนุภาค GSR ยังคงพบที่ระยะ 10 เมตร

Zuzanna Brozek-Mucha และ Grzegorz Zadora (2003) ความพยายามที่จะพยายามสร้างการจำแนกแบบแผนสำหรับแหล่งตัวอย่าง GSR particle จากกระสุนปืนทั้ง 4 ชนิด โดยเก็บจากมือผู้ยิงภายหลังการยิงปืนทันทีทันใด ตัวอย่างถูกนำมาตรวจสอบโดยวิธี SEM-EDX ในระบบ automatic ผลที่ได้ถูกแสดงเป็นความถี่ของอนุภาคที่สร้างจาก chemical classes หลายๆ อัน สิ่งจำเป็นที่จะพิสูจน์แยกแยะลักษณ์เฉพาะเหล่านั้น โดยกระทำโดยวิธี mann-Whitney Test Cluster และ analysis ถูกนำมากระทำโดยกลุ่มการวิเคราะห์ตามแหล่งกำเนิดนั้น เช่น ประเภทของกลุ่มกระสุน พบว่าตัวอย่างอนุภาคเขม่าปืนที่มาจาก Browning 7.65 mm. และ Luger 9 mm จะจำแนกได้อย่างตรงไปตรงมาง่ายจากตัวอย่างอื่น ตัวอย่างของกระสุนที่มาจาก Makarov 9 mm และ Tokarov 7.62 mm ไม่สามารถจำแนกได้โดยใช้ความถี่ของการเกิดอนุภาคโดยการจำแนก chemical classes

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการเก็บตัวอย่างเขม่าดินปืนภายหลังยิงปืนเล็กยาว แบบเอ็ม16 เอ 1 และกระสุนปืนนาโต้ขนาด 5.56 มิลลิเมตร ยิงปืนครั้งละ 15 นัด ต่อตัวอย่าง สำหรับทดลองยิงในตัวอย่างผ้าแต่ละชนิดโดยจะทำการเก็บตัวอย่างซ้ำ 5 ครั้ง บนผ้า 4 ชนิด เสื้อโปโล เสื้อแจ็คเก็ต เสื้อเชิ้ต และเสื้อยืด ในส่วนของสถานที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างเป็นสนามยิงปืนที่โล่งที่มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก เพื่อให้สอดคล้องกับการเก็บตัวอย่างจากสถานการณ์จริง ในการเก็บตัวอย่างจัดเก็บเขม่าปืนโดยทำการตัดเนื้อผ้าบริเวณแขนเสื้อทั้งก่อนซักและ หลังซัก

ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างเขม่าปืนบนเสื้อผ้า มีดังนี้

1. ผู้ยิงปืนสวมเสื้อผ้าชนิดที่ต้องการทดสอบ ได้แก่ ผ้าโพลีเอสเทอร์ (ผ้าที่ใช้ทำเสื้อโปโล) ผ้าซาติน (ผ้าที่ใช้ทำเสื้อแจ๊คเก็ต) ผ้าฝ้าย (ผ้าที่ใช้ทำเสื้อยืด) และผ้าไนลอน (ผ้าที่ใช้ทำเสื้อเชิ๊ต)

2. ทำการยิงอาวุธปืนโดยใช้ปืนเล็กยาวแบบเอ็ม 16 เอ 1 และใช้กระสุนปืนนาโต้ขนาด 5.56x45 มม. ในการยิง

3. ภายหลังยิงปืนแล้ว ทำการเก็บเขม่าปืนในแต่ละบริเวณที่กำหนด ผู้ยิงจะทำการเปลี่ยนเสื้อผ้าใหม่ในแต่ละครั้งที่จะทำการเก็บตัวอย่างและเก็บตัวอย่างด้วยการตัดเนื้อผ้าบริเวณเดียวกันตลอดการทดลองทั้งเนื้อผ้าก่อนซักและหลังซัก โดยนำเนื้อผ้าที่ได้ตัดเก็บไว้ในถุงพลาสติกที่ปิดมิดชิด ที่สามารถป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งต่างๆ โดยทำการกำหนดเลขหมายของซองตัวอย่างไว้ เพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM/EDS)

4. นำตัวอย่างที่ได้ทำการเก็บตัวอย่างมาแล้วนั้น ไปทำการวิเคราะห์ด้วยกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM/EDS) ที่ 20 กิโลโวลต์ (kv) กำลังขยายที่ 100 เท่าสเกล 100 ในโหมด High vacuum จะได้ภาพแบบ SEL โดยไม่ต้องทำการฉาบผิวตัวอย่างด้วยทองก่อนการวิเคราะห์

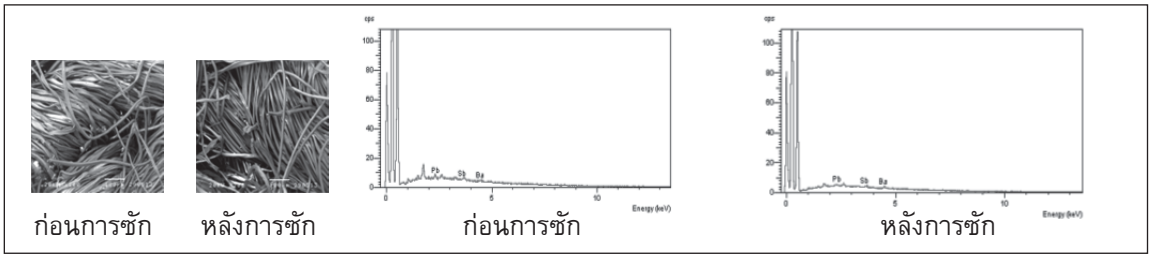
และนำผลการวิเคราะห์มาทำการเปรียบเทียบปริมาณของแบเรี่ยม ตะกั่ว และพลวง บนเสื้อผ้าเพื่อรายงานผลของปริมาณของแบเรี่ยม ตะกั่ว และพลวง บนเสื้อผ้าที่ใช้ทดสอบ โดยนำผลการทดลองไปใช้ประโยชน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ต่อไป

ผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์อนุภาคเขม่าปืน

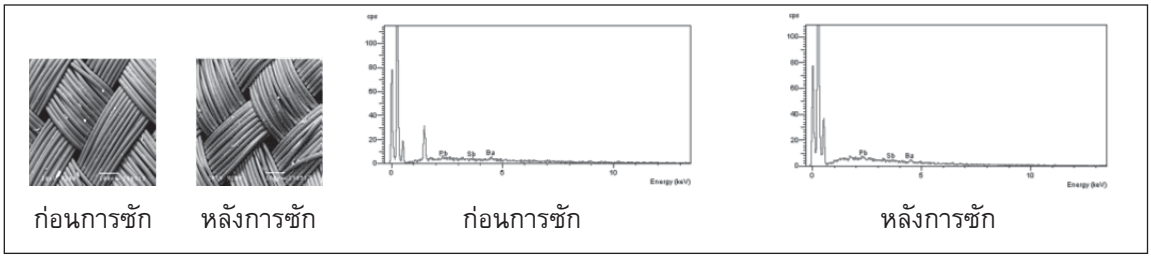
จากผลการวิเคราะห์ธาตุโลหะสำคัญที่เป็นองค์ประกอบในเขม่าปืน จากการเก็บตัวอย่างด้วยการตัดเนื้อผ้า และสเปคตรัมของธาตุที่ปรากฏจากการตรวจเขม่าปืนก่อนซักและหลังซักบนผ้าชนิดต่างๆ โดยเทคนิค SEM/EDS ในการศึกษาปริมาณเขม่าปืนบนเสื้อสามารถศึกษาเปรียบเทียบกลุ่มอนุภาคโครงสร้างเส้นใยของผ้าที่มีโครงสร้างเส้นใยที่แตกต่างกันจะทำให้การเกาะติดของอนุภาคเขม่าปืนมีความแตกต่างกันเมื่อนำผ้าชนิดต่างๆ ไปซักจะปรากฏว่าจะมีการเกาะติดของอนุภาคเขม่าปืนของผ้าแต่ละชนิดมีการเกาะติดของอนุภาคเขม่าปืนก่อนซักและหลังซักที่จะแสดง ปรากฏดังภาพต่อไปนี้

1.1 การวิเคราะห์อนุภาคของเขม่าปืนบนเสื้อโปโล



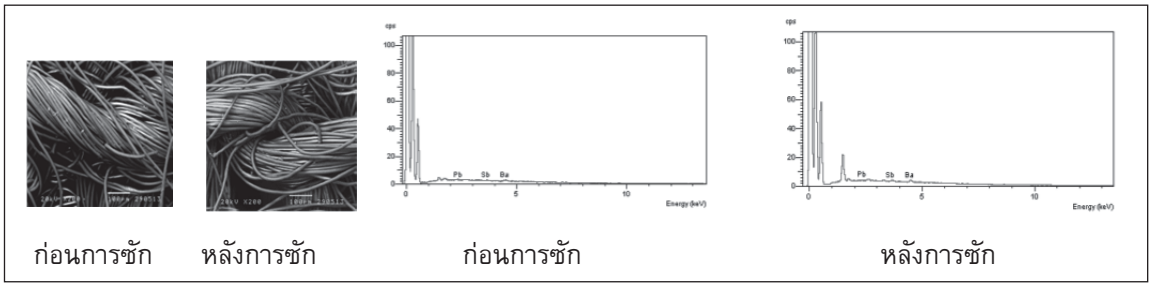
ภาพ 1 กลุ่มอนุภาคเขม่าปืน และกราฟแสดงสเปคตรัมของธาตุของเสื้อโปโลก่อนซักและหลังซัก

1.2 การวิเคราะห์อนุภาคของเขม่าปืนบนเสื้อแจ็คเก็ต



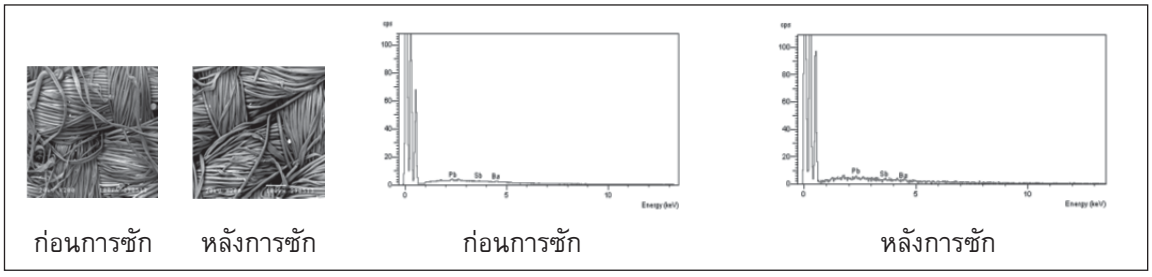
ภาพ 2 กลุ่มอนุภาคเขม่าปืน และกราฟแสดงสเปคตรัมของธาตุของเสื้อแจ็คเก็ตก่อนซักและหลังซัก

1.3 การวิเคราะห์อนุภาคของเขม่าปืนบนเสื้อยืด



ภาพ 3 กลุ่มอนุภาคเขม่าปืน และกราฟแสดงสเปคตรัมของธาตุของเสื้อยืดก่อนซักและหลังซัก

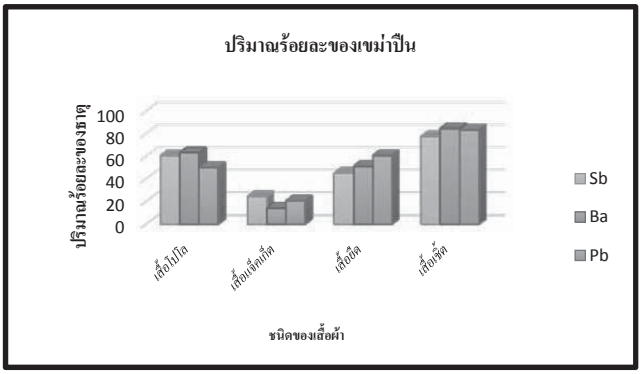
1.4 การวิเคราะห์อนุภาคของเขม่าปืนบนเสื้อเชิ๊ต



ภาพ 4 กลุ่มอนุภาคเขม่าปืน และกราฟแสดงสเปคตรัมของธาตุของเสื้อเชิ๊ตก่อนซักและหลังซัก

2. การเปรียบเทียบปริมาณร้อยละของแบเรี่ยม ตะกั่ว และพลวง บนเสื้อ

จากผลการวิเคราะห์ธาตุโลหะสำคัญที่เป็นองค์ประกอบในเขม่าปืน จากการเก็บตัวอย่างด้วยกา ตัดเนื้อผ้า และสเปคตรัมของธาตุที่ปรากฏจากการตรวจเขม่าปืนก่อนซักและหลังซักบนผ้าชนิดต่างๆ โดยเทคนิค SEM/EDS ในการศึกษาปริมาณเขม่าปืนบนเสื้อสามารถเปรียบเทียบปริมาณร้อยละของเขม่าปืน ที่จะแสดงปริมาณ แบเรียม (Ba) ตะกั่ว (Pb) และพลวง (Sb) บนเสื้อผ้าทั้ง 4 ชนิด ทั้งก่อนซักและหลังซัก ปรากฏดังภาพต่อไปนี้



ภาพ 4 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณร้อยละการลดลงของเขม่าปืนบนเสื้อผ้า

3. การวิเคราะห์การแจกแจงความแปรปรวน และปริมาณเขม่าปืนบนเสื้อผ้าทั้ง 4 ชนิด

ตาราง 1 การวิเคราะห์การแจกแจงความแปรปรวน

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
ชนิดผ้า * วิธีเก็บ * ทดลอง * ธาตุ	130.731	6	21.789	102.872	0.000	0.763
Error	40.666	192	0.212			
Total	3003.488	240				

* แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากตาราง 1 แสดงให้เห็นว่าจากสถิติการทดสอบผ้าชนิดต่างๆ แยกตามวิธีการเก็บตัวอย่างทั้งก่อนซักและหลังซัก หากแบ่งตามธาตุที่สำคัญที่สามารถตรวจพบได้ในเขม่าปืน มีค่าสถิติ F เท่ากับ 102.872 และ Sig. เท่ากับ 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงว่า ผ้าชนิดต่างๆ แยกตามวิธีการเก็บตัวอย่าง ทั้งก่อนซักและหลังซักที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีความแปรปรวนแตกต่างกัน

ตาราง 2 ปริมาณเขม่าปืนบนเสื้อทั้ง 4 ชนิด

Mean	**Std. Error**	**95% Confidence Interval**	
		Lower Bound	**Upper Bound**
2.202	0.030	2.144	2.261

จากตาราง 2 แสดงให้เห็นว่าจากสถิติการทดสอบผ้าชนิดต่างๆ แยกตามวิธีการเก็บตัวอย่างทั้งก่อนซักและหลังซัก หากแบ่งตามธาตุที่สำคัญที่สามารถตรวจพบได้ในเขม่าปืน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.202 ซึ่งอยู่ในช่วงของของเขตความเชื่อมั่นที่ ร้อยละ 95 คือ ตั้งแต่ 2.144 – 2.261 และ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.030

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้ คือ

1. การศึกษากลุ่มอนุภาคเขม่าปืนที่ตรวจได้เป็นภาพเปรียบเทียบอนุภาคเขม่าปืนที่ตรวจพบของผ้าแต่ละชนิดมีการเกาะติดของอนุภาคเขม่าปืนก่อนซักโครงสร้างของเส้นใยผ้าที่โครงสร้างเส้นใยผ้านั้นการศึกษากลุ่มอนุภาคของเขม่าปืนบนเสื้อผ้าแต่ละชนิด โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราดในการตรวจเขม่าปืนบนเสื้อผ้าโดยใช้เครื่อง Scanning Electron Microscope/energy Dispersive Spectrometer (SEM/EDS) เป็นการศึกษาที่สามารถตรวจพบอนุภาคบนเสื้อผ้า มีความสอดคล้องกับงานวิจัย วิวัฒน์ ชินวร ที่ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์เขม่าปืนบนตัวอย่างเสื้อโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (SEM) ควบคู่ไปกับเทคนิคการวิเคราะห์รังสีเอ็กซ์แบบ EDX โดยไม่ต้องทำการเคลือบผิวตัวอย่างด้วยคาร์บอนหรือทองคำ ซึ่งสามารถศึกษาอนุภาคเขม่าปืน ตรวจหา

ธาตุที่เป็นองค์ประกอบ พลวง (Sb) ตะกั่ว (Pb) และแบเรียม (Ba) และระยะเวลาการคงอยู่ของเขม่าเมื่อยิงปืน เช่นเดียวกับณัฐนันท์ ชาติรักวงศ์ การศึกษาการตรวจเขม่าปืนที่คงอยู่บนเสื้อผ้าโดยใช้เครื่อง Scanning Electron Microscope/energy Dispersive Spectrometer (SEM/EDS) โดยทำการเก็บตัวอย่างอนุภาค GSR บนแขนเสื้อ โดยนักวิจัยทั้ง 2 ท่านได้ทำการศึกษาการตรวจเขม่าปืนบนเสื้อผ้าด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดเช่นเดียวกันแต่มีความแตกต่างกันที่กระบวนการเก็บตัวอย่างและขั้นตอนการวิจัย เช่นเดียวกันกับรัชนารถ กิตติดุษฎี ที่ทำการศึกษาการตรวจหาคราบเขม่าปืนบนมือโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนที่มี Energy Dispersive X-Ray Spectrometer แต่ได้ทำการเก็บตัวอย่างจากมือผู้ทำการยิงปืนแทนการเก็บตัวอย่างจากบนเสื้อผ้า ในส่วนของกรณีการศึกษาการตรวจเขม่าปืนบนเสื้อผ้าของผู้ยิง การตรวจเขม่าปืนบนเสื้อผ้าโดยใช้เครื่อง Scanning Electron Microscope/energy Dispersive Spectrometer (SEM/EDS) วิธีการตรวจวิเคราะห์ที่แตกต่างกันแต่มีความสอดคล้องกันในการศึกษาที่สามารถตรวจพบอนุภาคบนเสื้อผ้า มีความสอดคล้องกับงานวิจัย เจริญ ปานคล้าย ได้ทำการตรวจเขม่าดินปืนบนเสื้อผ้าที่ระยะยิงต่างๆ ณัฐนันท์ ชาติรักวงศ์ ได้ศึกษาการตรวจเขม่าปืนบนเสื้อผ้าและอัจฉราภรณ์ ประสงค์ที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของเขม่าปืนบนเสื้อผ้าของผู้ยิงปืนกับระยะเวลาภายหลังการยิงปืน โดยเทคนิคการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน

2. การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณร้อยละของเขม่าปืนของผ้าแต่ละชนิดก่อนซักและหลังซัก โดยจะทำการเก็บตัวอย่างเนื้อผ้าแต่ละชนิดทั้ง 4 และทำการเปรียบเทียบปริมาณร้อยละของธาตุสำคัญของเขม่าปืนอย่างแอนติโมนี (Sb) ตะกั่ว (Pb) และแบเรียม (Ba) ปริมาณเขม่าที่เก็บได้จากตัวอย่างของเนื้อผ้าทั้งก่อนซักทำการเปรียบเทียบกับหลังซักจะเห็นได้ว่ามีค่าร้อยละของการลดลงเขม่าปืนที่ไม่เท่ากัน สอดคล้องกับการศึกษาการตรวจเขม่าปืนได้มีการเก็บตัวอย่างอนุภาคเขม่าปืนจากเสื้อผ้า ภายในถุงหรือกระเป๋า และอื่นๆ อนุภาคที่ถูกเก็บจะถูกนำมาทดสอบโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ผลที่ได้เป็นที่พอใจ ซึ่งสังเกตจากอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบและวิธีการที่นำมาใช้ในห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์ที่หลากหลายเป็นไปได้ที่จะมีการปนเปื้อนของอนุภาคเขม่าปืนบนเสื้อผ้า ซึ่งข้อดีของวัตถุพยานที่เป็นเสื้อผ้า คือ สามารถใช้ในการค้นหาอนุภาคเขม่าปืนซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ J. Andrasko และ S. Pettersso หรือกรณีการศึกษาการเก็บอนุภาคของเขม่าปืนจากเส้นผม เสื้อผ้า และมือ Zeichner Arie และ Nadav Levin [5] การประเมินพบผลสำเร็จในการวิเคราะห์ตัวอย่างประมาณ 10% หลักเกณฑ์วิธีการเก็บตัวอย่างคือ จำนวนอนุภาคที่ตรวจพบต่อตัวอย่าง ได้อภิปรายปัญหาที่เป็นไปได้ของการปนเปื้อนในตัวอย่าง และทดลองเก็บเขม่าปืนจากเสื้อผ้าของผู้ยิง

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

การเก็บตัวอย่างเขม่าปืนจากเสื้อผ้าสามารถเก็บตัวอย่างได้อย่างง่ายแต่ควรระมัดระวังในการเก็บตัวอย่าง เพราะมีการปนเปื้อนของตัวอย่างได้ง่ายจึงต้องอาศัยการระมัดระวังอย่างมาก และหากเก็บตัวอย่างไม่ดีจะมีผลการการตรวจพบอนุภาคเขม่าปืนได้น้อยลง

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1) ควรศึกษาการตรวจหาระยะห่างระหว่างการยิงปืนในอาวุธปืนสั้นมีผลต่อการตรวจหา

ปริมาณเขม่าปืนจากเสื้อผ้าผู้ยิงปืนก่อนซักและหลังซักหรือไม่

2) ควรศึกษาการตรวจหาเขม่าปืนจากเสื้อผ้าผู้ยิงปืนทำการศึกษาหลังซักในผ้าที่ทำการรีดให้ความร้อนมีผลต่อการตรวจหาเขม่าปืนหรือไม่

3) ควรศึกษาการตรวจหาเขม่าปืนจากเสื้อผ้าผู้ยิงปืนในอาวุธปืนประเภทต่างๆ เปรียบเทียบในการเก็บตัวอย่างบนเสื้อผ้าก่อนซักและหลังซัก เช่น อาวุธปืนสั้นประเภทต่างๆ

4) ควรศึกษาการตรวจหาเขม่าปืนกับผู้ที่อยู่ในเหตุการณ์ที่มีการยิงปืนและบริเวณใกล้เคียง เพื่อตรวจพิสูจน์ว่าผู้ที่อยู่ในสถานที่มีการใช้อาวุธปืนจะสามารถตรวจพบเขม่าปืนจากเสื้อผ้าได้หรือไม่

บรรณานุกรม

จิรวัชร ธนูรัตน์. (2551). **คู่มือการตรวจดินปืน เขม่าดินปืน ตะกั่ว และทองแดง ของลูกกระสุนปืน.** เอกสารเผยแพร่กองพิสูจน์หลักฐาน สำนักงานนิติวิทยาศาสตร์ตำรวจจังหวัด

เจริญ ปานคล้าย. (2552). **การตรวจเขม่าดินปืนบนเสื้อผ้าที่ระยะยิงต่าง ๆ ด้วยเทคนิค ICP MS.** เอกสารเผยแพร่งานคุณภาพเพื่อใช้ประกอบการเลื่อนตำแหน่งกลุ่มงานตรวจอาวุธและเครื่องกระสุนปืน กองพิสูจน์หลักฐาน สำนักงานนิติวิทยาศาสตร์ตำรวจจังหวัด

นพสิทธิ์ อัครนพหงส์. (2550). **หลักการตรวจพิสูจน์เขม่าที่เกิดจากการการยิงปืน.** กองพิสูจน์หลักฐาน สำนักงานนิติวิทยาศาสตร์ตำรวจจังหวัด

ณรงค์ กุลนิเทศ. (2551). **การพิสูจน์หลักฐานและความเป็นธรรมทางสังคม.** (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ ห้างหุ้นส่วนจำกัดสามลดา.

ณัฐนันท์ ชาติรักวงศ์. (2551). **การตรวจเขม่าปืนบนเสื้อผ้าด้วยเทคนิค SEM/EDS.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขานิติวิทยาศาสตร์บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

ทีมข่าวอิศรา. (2557). **เจาะสถิติ 10 ด้านในวาระ 10 ปี ไฟใต้.** สืบค้นเมื่อ 5 มิถุนายน 2557,http://www.isranews.org/south-news/stat-history/item/26389-10subjects.html

ทีมข่าวอิศรา. (2556). **ย้อนรอยคดีปล้นปืน ผ่ายุทธการปืนของรัฐคือปืนของเรา.** สืบค้นเมื่อ 15 มีนาคม 2556, http://www.learners.in.th/blogs/posts/363887

พิมพันธ์ วงษ์แก้ว และชนิดดา อุทัยแพน. (2550). **การวิเคราะห์หาปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียมในคราบเขม่าปืนโดยเทคนิคโวลแทนเมตรี.** มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ปกรณ์ พึ่งเนตร. (2556). **งบดับไฟใต้จ่อ 2 แสนล้าน ปืนถูกปล้น 1,629 กระบอก รัฐยันหมู่บ้านสีแดงลด.** สืบค้นเมื่อ 15 มีนาคม 2556, http://wbns.oas.psu.ac.th/shownews.php?news_id=127266

แม้น อมรสิทธิ์ และคณะ. (2552). **หลักการและเทคนิควิเคราะห์เชิงเครื่องมือ** กรุงเทพฯ: บริษัทชวนการพิมพ์ 50 จำกัด.

รัชนารถ กิตติดุษฎี. (2535). **การตรวจคราบเขม่าจากการยิงปืนที่มือ โดยวิธี SEM/EDX.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขานิติวิทยาศาสตร์บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.