การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของเขม่าปืนในกระสุนปืนชนิดที่ชนวนท้ายไม่มีองค์ประกอบเป็นธาตุโลหะหนัก (ตะกั่ว) และทดสอบระยะความคงอยู่ของเขม่าปืนโดยใช้ SEM/EDS

Analysis and Characterization of Gunshot Residue from Lead-free Primer Ammunition and Time Periods of The Primer Residue Particles After Discharged by SEM/EDS

ปรีชา หงษ์ศักดิ์ศิลป์ และ สันติ์ สุขวัจน์

สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทคัดย่อ

เขม่าปืนจัดเป็นวัตถุพยานประเภทหนึ่งที่สำคัญซึ่งใช้ในการการสืบสวนคดี สามารถบ่งชี้ได้ว่าผู้ต้องสงสัยได้ใช้หรือผ่านการใช้อาวุธปืนมาหรือไม่ ทำให้เชื่อมโยงผู้ต้องสงสัยเข้ากับคดีได้ การตรวจหาเขม่าปืนโดยใช้เครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) จะเป็นการตรวจหาธาตุ Pb Sb และ Ba ในอนุภาคเขม่าปืน โดยธาตุเหล่านี้จะมาจาก primer อันเป็นส่วนหนึ่งในองค์ประกอบของกระสุนปืน เนื่องจากในปัจจุบันมีการผลิตกระสุนปืนชนิดใหม่โดยมุ่งเน้นลดการใช้ธาตุ ที่เป็นโลหะหนัก โดยเฉพาะ ธาตุ Pb และ Ba ที่เป็นส่วนประกอบใน primer ของกระสุนปืน และหาธาตุอื่นมาใช้แทน เรียกกระสุนปืนประเภทนี้ว่า lead-free primer ทำให้การตรวจหาธาตุในอนุภาคเขม่าปืนต้องมีการพัฒนาเพิ่มขึ้นจากเดิม วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ เพื่อศึกษาถึงรูปแบบ องค์ประกอบเฉพาะตัวของอนุภาคเขม่าปืนและจะสามารถตรวจพบอนุภาคเขม่าปืนบนเสื้อของผู้ยิงได้หรือไม่ หลังจากยิงด้วยกระสุนปืนชนิด lead-free primer ผลของการวิจัยพบว่า รูปแบบของอนุภาคเขม่าปืนในกระสุนปืนชนิด lead-free primer มีธาตุอันเป็นองค์ประกอบของอนุภาคเขม่าปืนแตกต่างจากเดิม โดยจะมี ธาตุ Si Al และ K เป็นหลัก และมีส่วนประกอบของธาตุ Zn กับ Cu ปะปน ในอนุภาค สามารถตรวจพบอนุภาคเขม่าปืนบนตัวเสื้อได้แม้เวลาจะผ่านไปแล้ว 7 ชั่วโมง โดยที่ยังปรากฏอนุภาคอยู่บนเสื้อ ในปริมาณที่มาก เมื่อเทียบกับปริมาณของอนุภาคเขม่าปืนจากกระสุนปืนซึ่งใช้โลหะหนักเป็นส่วนประกอบหลักของ primer

คำสำคัญ: เขม่าปืน ชนวนท้ายกระสุนปืน สแกนนิ่งอิเล็กตรอนไมโครสโคป

Abstract

Gunshot residue is one of the major type of forensic science evidence used in the investigation to indicate that the suspects had discharged rearms or not and linked the suspect to the case. Examination by using Scanning Electron Microscope will detect gunshot residue particles of heavy metal as Pb Sb and Ba which these elements came from the primer of the cartridge. Currently the production ammunition are focus on to replace the primer elements, especially trace elements Pb and Ba , with the other element which called lead-free primer. That allows the detection of gunshot residue particles must be developed from the original. The purpose of this research were to study the characteristics of gunshot residue particle of lead-free primer and how could be detected gunshot residue particles

on the shirt after discharged by lead-free primer ammunition. The research found that the elements of gunshot residue particles in ammunition type, lead-free primer are Si Al and K with traces of Zn and Cu which are different to former ammunition. Moreover ,gunshot residue particles could be found on the shirt even time will pass seven hours and that particle appears on the shirt in large quantity when compared with amount of gunshot residue from the cartridge that used to heavy metal as the main component of the primer.

Keywords: gunshot residue, primer ammunition, primer scanning electronmicroscope

บทนำ

จากสภาพของสังคมและเศรษฐกิจในปัจจุบันที่มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว ทำให้คนในสังคมต้องมีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมเพื่อให้ดำรงชีวิตอยู่ได้ ซึ่งการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของมนุษย์นั้น ย่อมก่อให้เกิดปัญหาตามมาในหลายๆ ด้าน เช่นด้านกายภาพต้องสรรหาสิ่งอำนวยความสะดวกในการดำรงชีวิต ทางด้านของจิตใจต้องปรับตัวให้ทนต่อการกดดัน จากสภาวะต่างๆ ที่จะต้องเผชิญอยู่ในการใช้ชีวิตในสังคม ซึ่งจากสภาวะที่กล่าวมานี้ ย่อมทำให้เกิดกรณีของปัญหาในการก่ออาชญากรรมหรือคดีความต่างๆอันซับซ้อนและทวีจำนวนขึ้น

คดีต่างๆ ที่เกิดขึ้นโดยเฉพาะที่เป็นคดีเกี่ยวกับชีวิต เช่น คดีฆาตกรรม ปล้นทรัพย์ หรือในคดีอัตวินิบาตกรรม (ฆ่าตัวตาย) พบว่ามีคดีเหล่านี้ทวีจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็วในหลายปีที่ผ่านมา รวมทั้งในปัจจุบันก็เช่นกัน ปืนจะเป็นอาวุธประเภทหนึ่งซึ่งเข้ามาเกี่ยวข้องอยู่เสมอและจัดเป็นอาวุธที่มีร่องรอยพยานหลักฐานเกิดขึ้นหลังการใช้มากที่สุด เช่น ไม่ว่าจะเป็นจาก ตัวอาวุธปืน ปลอกกระสุน หัวกระสุน หรือเขม่าปืน (Gunshot residue, GSR)

การสืบสวนสอบสวนทางคดี ต้องมีการค้นหาวัตถุพยาน ซึ่งจะพบในที่เกิดเหตุ รวมไปถึงพบในบริเวณส่วนต่างๆ ของร่างกายของบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้องในคดีมาใช้ประกอบการสืบสวนสอบสวนเสมอ ในปัจจุบันหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ได้รับการยอมรับในกระบวนการยุติธรรมซึ่งจะเป็นการพิสูจน์ได้ว่าผู้นั้นกระทำความผิดในคดีมาแล้วหรือไม่อย่างไร หรือมีส่วนเกี่ยวข้องกับการกระทำความผิดหรือไม่ (นอกจากจะนำมากล่าวอ้างในชั้นการพิจารณาคดีของศาลแล้ว ยังเป็นการชี้ถึง ความบริสุทธิ์หรือกลายเป็นผู้ต้องสงสัย ด้วยในขณะเดียวกัน) ดังนั้นผู้เกี่ยวข้องกับเรื่องนี้โดยเฉพาะผู้ตรวจหรือนักวิทยาศาสตร์ด้านการพิสูจน์หลักฐานจึงต้องให้ความสำคัญเป็นพิเศษกับหลักฐานและวิธีทางวิทยาศาสตร์ในการค้นหาความจริงทางคดี เพื่ออำนวยประโยชน์ในทางกระบวนการทางยุติธรรมและสืบสวนสอบสวนของพนักงานเจ้าหน้าที่ในการที่จะนำบุคคลที่กระทำความผิดมาลงโทษตามกฎหมาย ซึ่งหน้าที่ในการตรวจ การค้นหาและการเก็บวัตถุพยานในที่เกิดเหตุ พนักงานสืบสวนผู้รับผิดชอบคดีจะร้องขอไปยังกองพิสูจน์หลักฐานหรือกองวิทยาการประจำจังหวัด หรือภาคที่รับผิดชอบในเขตพื้นที่ที่เกิดเหตุนั้นขึ้น ซึ่งจะมีหน่วยงานในการตรวจที่เกิดเหตุโดยเฉพาะเพื่อปฏิบัติหน้าที่ดังกล่าว

หลักการในการตรวจสถานที่เกิดเหตุ สืบเนื่องมาจากพื้นฐานแนวคิดตามทฤษฎีของ Dr. Edmand Locard ที่สรุปว่า “Every contact leaves a trace” “เมื่อวัตถุสองสิ่งกระทบกันย่อมเกิดการแลกเปลี่ยนวัตถุพยานซึ่งกันและกัน” ขยายความได้ว่าในการแลกเปลี่ยนหรือการเคลื่อนย้ายผู้กระทำผิดอาจมีร่องรอยของเหยื่อและสถานที่เกิดเหตุติดไปด้วย เหยื่อมีร่องรอยของผู้กระทำผิดและผู้กระทำผิดมีร่องรอยของเหยื่อติดไปด้วย ดังนั้นเมื่อตรวจสอบผู้กระทำผิดอาจจะทิ้งร่องรอยของตัวเองไว้ในที่เกิดเหตุได้

เมื่อทำการตรวจสถานที่เกิดเหตุอย่างมีลำดับขั้นตอนตามหลักการตรวจสถานที่เกิดเหตุโดยใช้ความรู้

ความสามารถไหวพริบปฏิภาณ และความละเอียดรอบคอบของเจ้าหน้าที่ผู้ตรวจที่เกิดเหตุรวมไปถึงเครื่องมือที่ใช้ ในการตรวจสถานที่เกิดเหตุ จะทำให้สามารถใช้ประโยชน์จากพยานวัตถุต่างๆ ในสถานที่เกิดเหตุ รวมถึงจากตัวผู้เสียหายและตัวคนร้ายได้อย่างเต็มที่ ซึ่งจะนำไปสู่ความสำเร็จในการคลี่คลายคดีที่เกิดขึ้น ดังคำกล่าวที่ว่า “สถานที่เกิดเหตุคือหัวใจของงานสืบสวนสอบสวน คนร้ายจะทิ้งร่องรอยพยานหลักฐานไว้ในสถานที่เกิดเหตุเสมอ ขึ้นอยู่กับพนักงานสืบสวนสอบสวนและเจ้าหน้าที่ตรวจสถานที่เกิดเหตุจะมีความรอบรู้มีไหวพริบปฏิภาณ และมีประสบการณ์ในการตรวจสถานที่เกิดเหตุ ในการเก็บวัตถุพยานมากน้อยเพียงใด” [1] วัตถุพยานประเภทเขม่าดินปืนและเขม่าปืนที่เกิดจากการยิงปืน จัดเป็นวัตถุพยานที่มีลักษณะเฉพาะตัวสามารถนำมาใช้ตรวจเพื่อทำให้ทราบว่าใครเป็นผู้ใช้อาวุธปืน ซึ่งจะช่วยในการเชื่อมโยงและคลี่คลายการสืบสวนสอบสวนคดีที่เกี่ยวข้องกับอาวุธปืน และเป็นพยานหลักฐานประเภทหนึ่งที่พบอยู่เสมอ ในคดีอาชญากรรมที่คนร้ายมีการใช้อาวุธปืนประกอบการก่อคดี เช่น ในคดีฆาตกรรม คดีปล้นทรัพย์ หรือคดีอัตวินิบาตกรรม สามารถตรวจพบเขม่าปืนได้มากจากบริเวณมือที่ใช้ยิงปืน นอกจากนั้นยังตรวจพบในบริเวณส่วนอื่นๆของร่างกายเช่นจากบริเวณส่วนแขน ใบหน้า บนศีรษะ เส้นผมหรือเสื้อผ้าที่สวมใส่ในขณะยิง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับลักษณะการถืออาวุธปืนขณะทำการยิง

การที่ปัจจุบันกระแสของการอนุรักษ์ธรรมชาติ การคำนึงถึงผลที่จะเกิดขึ้นของสภาวการณ์ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของโลก (ภาวะโลกร้อน) อย่างรวดเร็ว ทำให้ในหลายๆ โรงงานหรือบริษัทหันมาลดการใช้หรือใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่จะส่งผลกระทบต่อโลกน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งทำให้โรงงานผลิตกระสุนปืนต่างพยายามจะลดการใช้โลหะหนักหรือส่วนผสมในการผลิตกระสุนปืนที่จะทำลายสิ่งแวดล้อมและเป็นพิษกับมนุษย์ จึงเป็นที่มาของการผลิตกระสุนปืนชนิด lead-free primer ซึ่งมีแนวโน้มว่าจะมีการผลิตและใช้มากขึ้นในอนาคตอันใกล้ ซึ่งแน่นอนว่าในกระสุนประเภทนี้ จะมีลักษณะเฉพาะตัวของอนุภาคหลังการยิง ที่ให้รูปแบบของอนุภาคแตกต่างไปจากเดิม ทำให้การพิสูจน์เขม่าปืนมีความยากขึ้น และที่สำคัญกระสุนประเภทนี้ได้ถูกนำเข้ามาจำหน่ายในประเทศไทย จากความสำคัญที่กล่าวไปนั้น เป็นที่มาของการทำงานวิจัยนี้เพื่อเป็นแนวทางเบื้องต้น หรือเป็นตัวอย่างในการวิเคราะห์กระสุนปืนชนิด Lead-free Primer

วัสดุอุปกรณ์

เครื่อง Scanning Electron Microscope / Energy Dispersive X-ray Spectroscope (SEM/EDS) สตับ (Stub carbon adhesive tape – disc เส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร) และภาชนะสำหรับเก็บตัวอย่าง (Figure 1A) อาวุธปืนพกออโตเมติก ขนาด 9 มิลลิเมตร กระสุนปืนขนาด 9 มิลลิเมตร ยี่ห้อ Winchester รุ่น Winclean™ ผลิตในประเทศสหรัฐอเมริกา (Figure 1C) และเสื้อยืดแขนสั้น

วิธีการทดลอง

1. ทำการเก็บอนุภาคเขม่าปืน โดยใช้อุปกรณ์ที่มีชื่อเรียกว่า สตับ (stub) โดยที่ตัวสตับจะมีเทปกาวคาร์บอนติดอยู่ ทำการเก็บอนุภาคเขม่าปืนจากบริเวณมือของผู้ยิง (Figure 1B) บริเวณแขนเสื้อ และบริเวณด้านหน้าของตัวเสื้อที่ใช้สวมใส่อยู่ในขณะที่ยิงปืน ด้วยวิธี Lifting กล่าวคือ ให้ทำการเก็บตัวอย่างอนุภาค โดยการกด stub ที่มีเทปกาวคาร์บอนสองหน้าติดอยู่ ลงไปบนตำแหน่งด้านหน้าของตัวเสื้อ แล้วดึงขึ้น และย้ายตำแหน่ง ทำซ้ำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ ประมาณ 150 – 200 ครั้ง จนแน่ใจว่า ได้เก็บตัวอย่าง ทั่วทุกบริเวณด้านหน้าของตัวเสื้อ แขนเสื้อ หรือบริเวณมือ ทั้งหมดแล้ว โดยกำหนดช่วงระยะเวลา ในการเก็บอนุภาคเขม่าปืนที่เวลา 0 ชั่วโมง (เก็บทันทีหลังยิง) ที่เวลา 1 ชั่วโมง ที่เวลา 3 ชั่วโมง ที่เวลา 5 ชั่วโมง และที่เวลา 7 ชั่วโมง ตามลำดับ

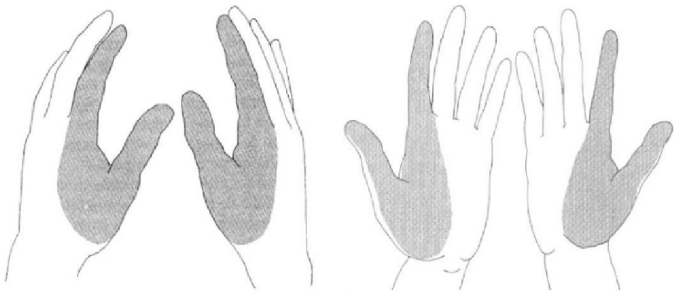
2. อาวุธปืนที่ใช้ยิง จะเป็นปืนออโตเมติก ขนาด 9 มิลลิเมตร กระสุนใช้ของ Winchester รุ่น Winclean™ ขนาด 9 มิลลิเมตร (Figure 1C) ทำการยิง 1 นัด ต่อครั้งต่อการเก็บตัวอย่างอนุภาค 1 ตัวอย่าง และจะทำการเก็บตัวอย่างอนุภาคแต่ละตัวอย่าง เป็นจำนวน 3 ครั้งต่อตัวอย่าง

3. เมื่อทำการเก็บอนุภาคแล้ว จะนำไปทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM/EDS เพื่อตรวจหาธาตุที่เป็น

องค์ประกอบของอนุภาคเขม่าปืน วิเคราะห์รูปร่างของอนุภาค รวมไปถึงหาค่าเฉลี่ยจำนวนเขม่าปืน ที่จะสามารถตรวจพบได้ ณ ช่วงเวลาต่างๆ ตามที่กำหนด โดยตัวอย่างทั้งหมดที่นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM/EDS นี้ ไม่ต้องทำการฉาบผิวตัวอย่าง

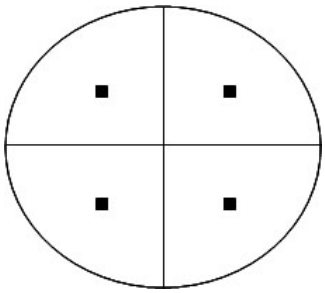
4. ในการวิเคราะห์ครั้งนี้จะถือว่า มีการกระจายตัวของเขม่าปืนบน stub ที่เท่าๆ กัน ดังนั้น จึงจะทำการสุ่มบริเวณทั้งหมด สี่บริเวณเพื่อนำมาวิเคราะห์ โดยจะทำการแบ่งพื้นที่เทปคาร์บอนที่ติดอยู่บน stub ออกเป็นสี่ส่วน (Figure 1D) และเลือกบริเวณที่อยู่ตรงกลางของพื้นที่ จากทั้งสี่ส่วน นำมาวิเคราะห์ พร้อมกับการนับจำนวนอนุภาคเขม่าปืนทั้งหมดในบริเวณนั้น เป็นตัวแทนของอนุภาคเขม่าปืนทั้งหมดบน stub

A



B

C



D

Figure 1. A; Stub and holder, B; the sampling position on left and right hand, C; gunshot brand, D; The analized areas on the stub

ผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างอนุภาคเขม่าปืนที่บริเวณด้านหน้าของตัวเสื้อด้วย SEM/EDS ภายหลังการยิงปืน 1 นัด โดยใช้อาวุธปืนพกออโตเมติก ขนาด 9 มิลลิเมตร กระสุนปืนขนาด 9 มิลลิเมตร ของ Winchester รุ่น Winclean™ และทำการเก็บตัวอย่างอนุภาคเขม่าปืน ที่ช่วงระยะเวลาตามที่กำหนดคือ เก็บทันทีหลังยิง (ที่ 0 ชั่วโมง) ที่เวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง ที่เวลาผ่านไป 3 ชั่วโมง ที่เวลาผ่านไป 5 ชั่วโมง และที่เวลาผ่านไป 7 ชั่วโมง รวมช่วงเวลาที่กำหนด 5 ช่วงเวลา ปรากฏผลวิเคราะห์ คือ

1. ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างอนุภาคเขม่าปืน จากบริเวณด้านหน้าของตัวเสื้อ ณ เวลาที่กำหนด เป็นดังนี้

1.1 เก็บตัวอย่างทันทีหลังจากยิงปืน (ที่ 0 ชั่วโมง) สามารถตรวจพบอนุภาคเขม่าปืน ที่มีลักษณะค่อนข้างกลม มีความสว่างจ้า (Figure 2 และ Figure 3) พบอนุภาคเขม่าปืนประกอบด้วยธาตุ Al Si Mg และ S เป็นองค์ประกอบ รวมถึงพบธาตุ Cu และ Zn รวมอยู่ด้วย (Figure 4)

Figure 2. Characteristic of founded gunshot residues

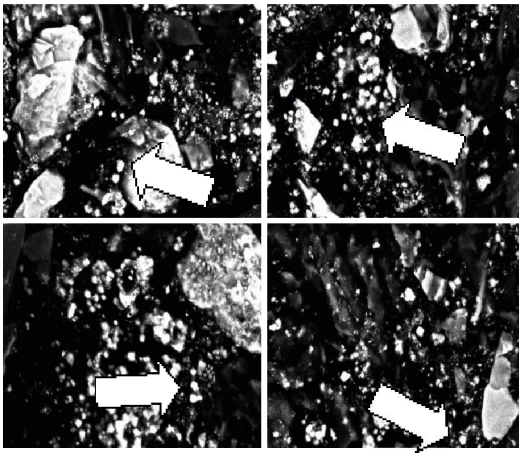


Figure 3. The particles of gunshot residues that obtained from the front of shirt after immediately discharge

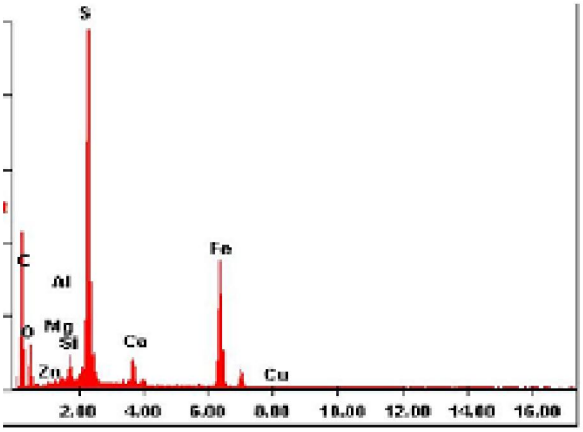


Figure 4. The analyzed spectrum containing signals of Al, Si, Mg and S

1.2 เก็บตัวอย่างทันทีหลังจากยิงปืนผ่านไปเป็นเวลา 1 ชั่วโมง สามารถตรวจพบอนุภาคเขม่าปืน ที่มีลักษณะค่อนข้างกลม มีความสว่างจ้า (Figure 5) พบอนุภาคเขม่าปืน ประกอบด้วยธาตุ Al Si Mg S และ K เป็นองค์ประกอบ รวมถึงพบธาตุ Cu และ Zn รวมอยู่ด้วย (Figure 6)

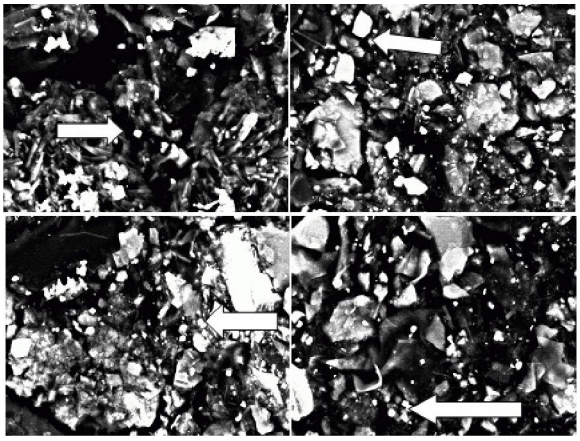


Figure 5. The particles of gunshot residues that obtained from the front of shirt after discharge for 1 hour

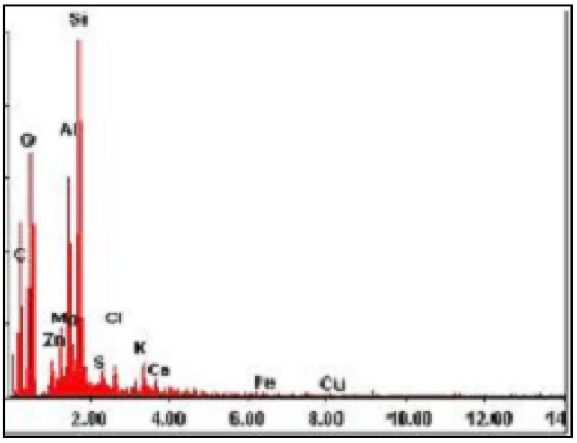


Figure 6. The analyzed spectrum containing signals of Al, Si, Mg, S, K, Zn and Cu

1.3 เก็บตัวอย่างทันทีหลังจากยิงปืนผ่านไปแล้วเป็นเวลา 3 ชั่วโมง สามารถตรวจพบอนุภาคเขม่าปืน ที่มีลักษณะค่อนข้างกลม มีความสว่างจ้า (Figure 7) พบอนุภาคเขม่าปืน ประกอบด้วยธาตุ Al Si Mg S และ K เป็นองค์ประกอบ รวมถึงพบธาตุ Cu และ Zn รวมอยู่ด้วย (Figure 8)

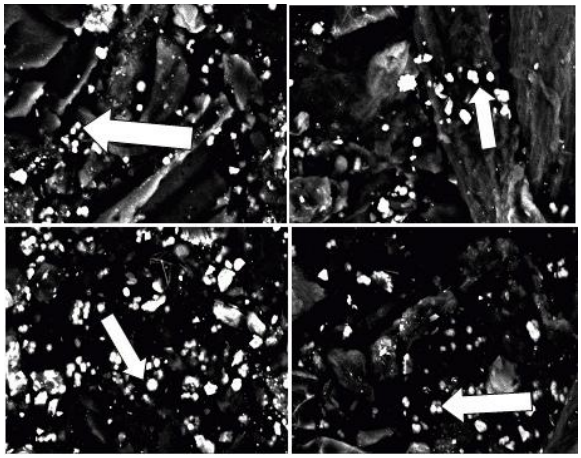


Figure 7. The particles of gunshot residues that obtained from the front of shirt after discharge for 3 hour

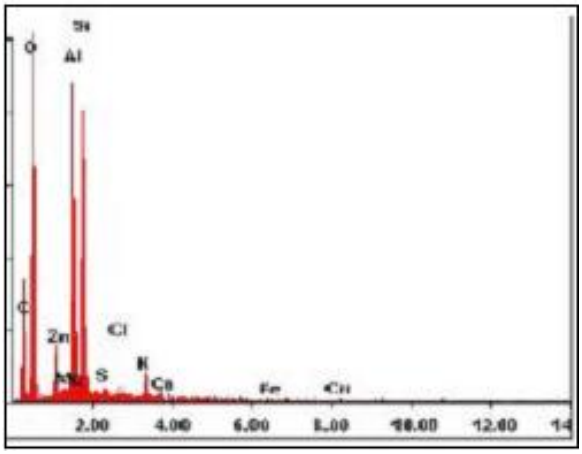


Figure 8. The analyzed spectrum containing signals of Al, Si, Mg, K, Zn, Cu and S

1.4 เก็บตัวอย่างทันทีหลังจากยิงปืนผ่านไปแล้วเป็นเวลา 5 ชั่วโมง สามารถตรวจพบอนุภาคเขม่าปืน ที่มีลักษณะค่อนข้างกลม มีความสว่างจ้า (Figure 9) พบอนุภาคเขม่าปืน ประกอบด้วยธาตุ Al Si Mg S และ K เป็นองค์ประกอบ รวมถึงพบธาตุ Cu และ Zn รวมอยู่ด้วย (Figure 10)

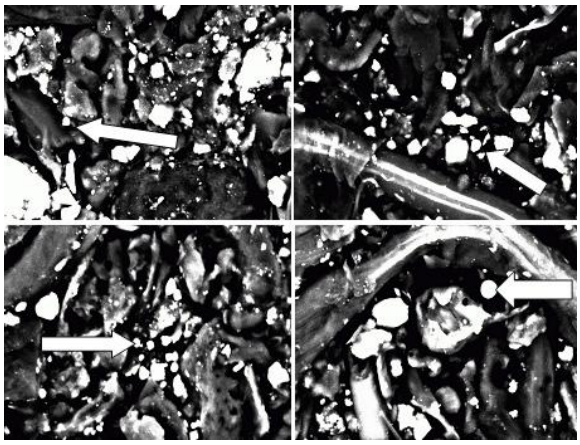


Figure 9. The particles of gunshot residues that obtained from the front of shirt after discharge for 5 hour

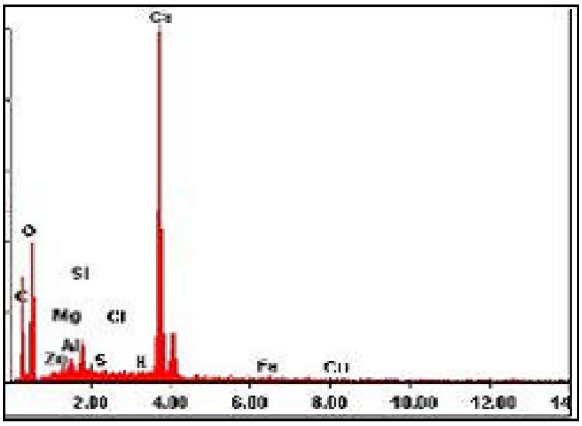


Figure 10. The analyzed spectrum containing signals of Al, Si, Mg, S, K, Zn and Cu

1.5 เก็บตัวอย่างทันทีหลังจากยิงปืนผ่านไปแล้วเป็นเวลา 7 ชั่วโมง สามารถตรวจพบอนุภาคเขม่าปืน ที่มีลักษณะค่อนข้างกลม มีความสว่างจ้า (Figure 11) และพบอนุภาคเขม่าปืน ประกอบด้วยธาตุ Al Si Mg S และ K เป็นองค์ประกอบ รวมถึงพบธาตุ Cu และ Zn รวมอยู่ด้วย (Figure 12)

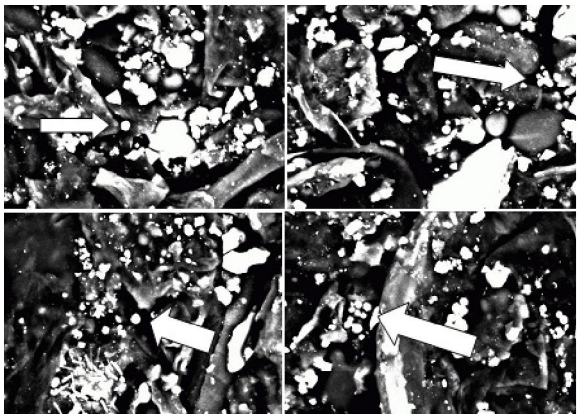


Figure 11. The particles of gunshot residues that obtained from the front of shirt after discharge for 7 hour

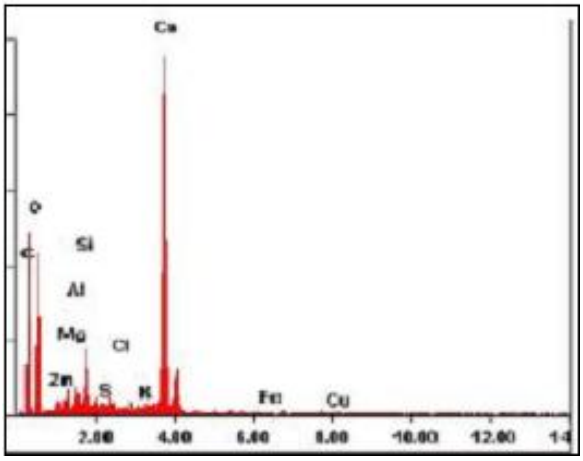


Figure 12. The analyzed spectrum containing signals of Al, Si, Mg, S, K, Zn and Cu

2. จากการวิเคราะห์และศึกษาอนุภาคเขม่าปืนที่บริเวณแขนเสื้อด้วย SEM/EDS สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างอนุภาคโดยพบอนุภาคมีลักษณะค่อนข้างกลมมีความสว่างจ้า (Figure 13) และมีองค์ประกอบของอนุภาค เป็นธาตุเช่นเดียวกับที่พบบนด้านหน้าของตัวเสื้อ คือธาตุ Al Si Mg และ K รวมถึงพบธาตุ Zn และ Cu รวมอยู่ด้วย (Figure 14)

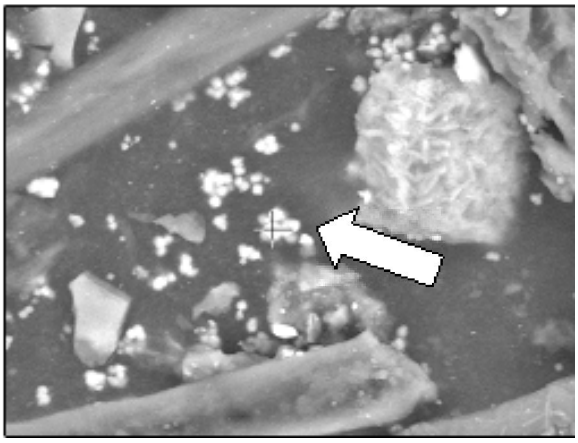


Figure 13. The particles of gunshot residues that obtained from the sleeve after discharge

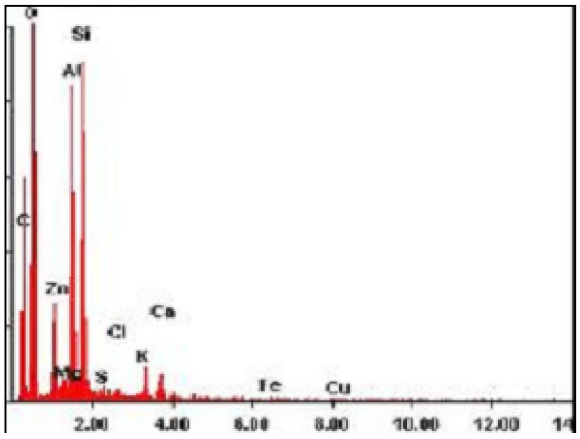


Figure 14. The analyzed spectrum containing signals of Al, Si, Mg, K, Zn and Cu

3. จากการวิเคราะห์และศึกษาอนุภาคเขม่าปืนที่บริเวณมือที่ยิงปืนด้วย SEM/EDS สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างอนุภาคโดยพบอนุภาคมีลักษณะค่อนข้างกลมมีความสว่างจ้า (Figure 15) และมีองค์ประกอบของอนุภาคเป็นธาตุเช่นเดียวกับที่พบบนด้านหน้าของตัวเสื้อและที่แขนเสื้อเช่นเดียวกัน (Figure 16)

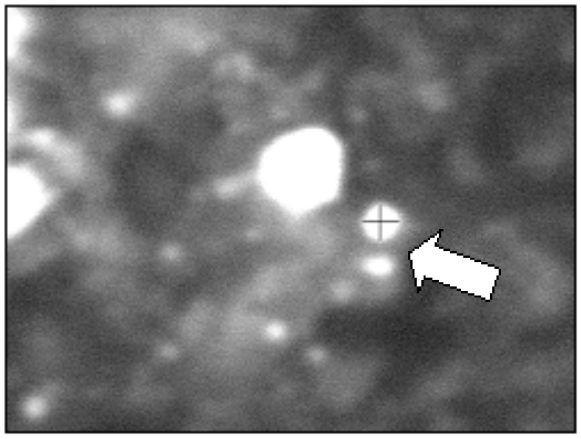


Figure 15. The particles of gunshot residues that obtained from the shooter hands

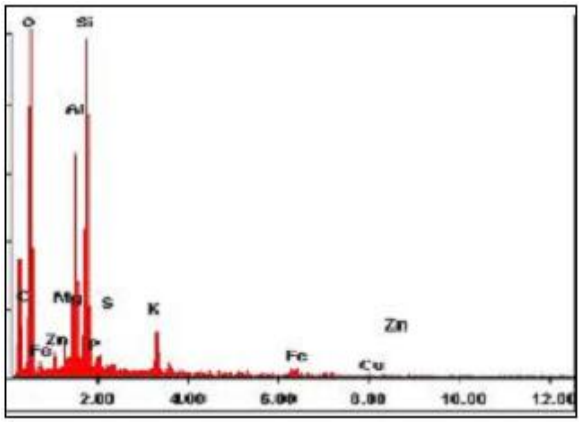


Figure 16. The analyzed spectrum containing signals of Al, Si, Mg and K

จากผลการเก็บตัวอย่างอนุภาคทั้ง 3 ที่ คือ จากด้านหน้าตัวเสื้อ แขนเสื้อ และที่บริเวณมือของผู้ยิงปืน โดยกำหนดช่วงระยะเวลาการเก็บตัวอย่างไว้ แล้วนำมานับเพื่อหาค่าเฉลี่ยของจำนวนอนุภาคที่พบในแต่ละช่วงเวลา จากแต่ละที่สามารถเปรียบเทียบได้ดังแสดงไว้ใน Table 1 และ Figure 17

Table 1 The mean values of gunshot residues (GSR) from different areas at various of shooting time

Time	The mean values of GSR particles		
(hr.)	Front of the shirt	Sleeve	Hand
after shoot (0)	158	157	83
1	149	86	38
3	83	123	26
5	178	15	—
7	143	13	19

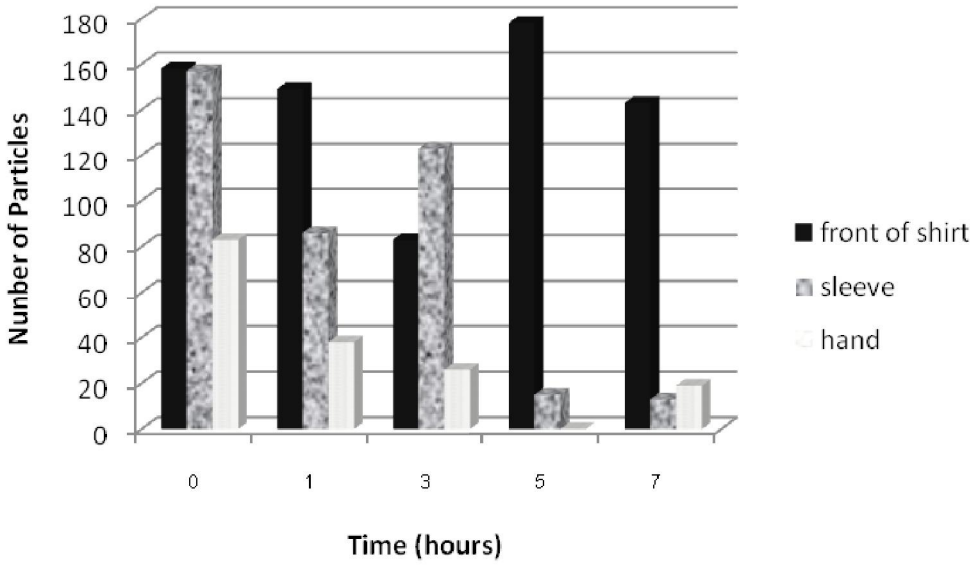


Figure 17. The relative between amount of gunshot residues with different areas at various of shooting time; (■) the shirt (▩) sleeve and (□) shooter hands

อภิปรายผล

การศึกษาอนุภาคเขม่าปืนพบว่าอนุภาคเขม่าปืนที่เกิดจากการยิงด้วยกระสุนปืนชนิด Lead-free primer โดยเฉพาะกระสุนที่ได้นำมาเป็นตัวอย่างการวิจัยนี้คือ กระสุนปืนยี่ห้อ Winchester รุ่น Winclean™ ขนาด 9 มม. (มิลลิเมตร) จะมีรูปแบบองค์ประกอบของธาตุในอนุภาคเขม่าปืนอันประกอบไปด้วย ธาตุอลูมิเนียม (Al) ซิลิกอน (Si) โพแทสเซียม (K) ซัลเฟอร์ (S) แมงกานีส (Mg) และพบทองแดง (Cu) กับ สังกะสี (Zn) ปนอยู่ด้วย โดยมีข้อสังเกตว่า Cu กับ Zn ที่พบนี้จะมาจากส่วนของปลอกกระสุนปืนซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวของปลอกกระสุนปืน Winchester ส่วนลักษณะอนุภาคที่พบส่วนมากจะเป็นทรงค่อนข้างกลม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zachariah Oommen and Scott M Pierce [3] และงานวิจัยของ Hsien-Hui Meng and Hsei-Chang Lee [4] เมื่อเปรียบเทียบจำนวนค่าเฉลี่ยของอนุภาคเขม่าปืนที่สามารถตรวจพบเมื่อเวลาผ่านไปในช่วงเวลาหลังจากยิงที่ศูนย์ชั่วโมง ที่หนึ่งชั่วโมง ที่สามชั่วโมง ที่ห้าชั่วโมง และที่เจ็ดชั่วโมง จะพบว่าจำนวนค่าเฉลี่ยของอนุภาคที่เก็บตัวอย่างจากมือจะลดจำนวนลงอย่างรวดเร็วหลังจากสามชั่วโมงผ่านไป ส่วนที่ตัวเสื้อยังปรากฏอยู่ในปริมาณที่มีค่าเฉลี่ยมากกว่าจุดอื่นที่ทำการเก็บตัวอย่าง (Figure 17)

ดังนั้นหากเป็นการตรวจโดยใช้เครื่อง Scanning Electron Microscope ดังการวิจัยนี้ แม้เวลาจะผ่านไปแล้วเจ็ดชั่วโมง ก็ยังสามารถตรวจพบอนุภาคเขม่าปืนได้ และเมื่อพิจารณาจากอัตราการลดลงของอนุภาค/ระยะเวลาหลังยิงแล้ว มีแนวโน้มที่สามารถจะสามารถตรวจพบอนุภาคเขม่าปืนหลังการยิงนานเกินกว่า 7 ชั่วโมง ส่วนระยะเวลาที่อนุภาคเขม่าปืนจากกระสุนชนิดนี้ จะคงอยู่นานเท่าไรจนไม่สามารถตรวจพบได้ด้วยการใช้เครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยเรื่องการวิเคราะห์เขม่าปืนในกระสุนปืนชนิด lead-free primer ด้วยเทคนิค SEM/EDS สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องมาจากความช่วยเหลือและความร่วมมือจากบุคคลหลายท่าน ลำดับแรกสุดต้องขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์พันตำรวจเอกสันติ์ สุขวัจน์ พันตำรวจเอกสมภพ เองสมบุญ และพันตำรวจโท ดร.สฤษดิ์ สืบพงษ์ศิริ ที่กรุณาให้คำแนะนำ การทำงานวิจัยและตรวจทบทวนการเขียนงานวิจัยให้ถูกต้องสมบูรณ์ อาจารย์กฤษณะ พวงระย้า อาจารย์มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี สำหรับข้อแนะนำการเขียนบทความ และเป็นธุระในการประสานงานการติดต่อวารสารสำหรับการลงพิมพ์บทความ นอกจากนี้ผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณ ท่านอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ขอบคุณคุณวิฑูรย์ แซ่โง้ว ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในการใช้เทคนิค SEM/EDS และวิธีตรวจหาอนุภาคเขม่าปืน คุณประกายทิพย์ กิติคุณ เจ้าหน้าที่ประจำศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้ความช่วยเหลือในการติดต่อ และใช้เครื่อง SEM คุณช้อย เพชรจันทรานนท์ สำหรับอาวุธปืนที่นำมาใช้ตลอดในงานวิจัย ครอบครัวหงษ์ศักดิ์ศิลป์ เพื่อนนักศึกษา สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะรุ่นที่ 2 มหาวิทยาลัยศิลปากร คุณสารัตน์ ล้วนดี ผู้ทำหน้าที่ประสานงานโครงการปริญญาโทสาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ รวมถึงผู้ที่มิได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ทุกท่าน ซึ่งมีส่วนช่วยเหลือ จนงานวิจัยนี้ประสบผลสำเร็จลงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. อรรถพล แช่มสุวรรณวงศ์ และคณะ. *นิติวิทยาศาสตร์ 1 เพื่อการสืบสวนสอบสวน*. กรุงเทพมหานครฯ : ทีซีจี พริ้นติ้ง. 2546.
2. Morales E.B and Alma L. R.V. 2004. Simultaneous Determination of Inorganic and Organic Gunshot Residues by Capillary Electrophoresis. *Journal of Chromatography A.* 1061, 2: 225-230.
3. Oommen, Z., and S.M, Pierce. 2006. Lead-free Primer Residues: a Qualitative Characterization of Winchester WincleanTM, Remington/UMC LeadLessTM, Federal BallisticCleanTM, and Speer Lawman CleanFireTM Handgun Ammunition. *Journal of Forensic Science.* 51(3): 509 – 519.
4. Hui Meng, H. and Chang Lee, H. 2007. Elemental analysis of primer mixtures and gunshot residues from handgun cartridges commonly encountered in Taiwan. *Forensic Science Journal.* 6(1): 39-54.