

การตรวจวิเคราะห์เขม่าปืนภายในรถยนต์ด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscope and Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM/EDX) *

Gunshot residues analysis in vehicle by Scanning Electron Microscope and Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM/EDX) techniques.

อิทธิพล พรเทวบัญชา **

บทคัดย่อ

การศึกษาวินิจฉัยเรื่องการตรวจวิเคราะห์เขม่าปืนภายในรถยนต์ด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscope and Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM/EDX) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาปริมาณเขม่าปืนที่ตรวจพบภายในห้องโดยสารรถยนต์ภายหลังจากการยิงอาวุธปืนพกสั้นแบบกึ่งอัตโนมัติ ขนาด 9 มม. จำนวน 1 นัด แล้วทำการศึกษาการสะสมของเขม่าปืนบริเวณเบาะขวา เบาะซ้าย ประตูขวา ประตูซ้าย กระจกหน้า กระจกหลัง เพดาน พวงมาลัยและคอนโซล การเก็บตัวอย่างทำทันทีและเก็บที่เวลา 6 ชั่วโมง , 12 ชั่วโมง , 48 ชั่วโมง และ 192 ชั่วโมง ภายหลังจากการยิงในการตรวจหาปริมาณธาตุแอนติโมนี (Sb) แบเรียม (Ba) และตะกั่ว (Pb) ในตัวอย่างใช้เทคนิค Scanning Electron Microscope and Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM/EDX)

ผลการศึกษาพบว่าสามารถตรวจพบธาตุแอนติโมนี (Sb) แบเรียม (Ba) และตะกั่ว (Pb) ซึ่งเป็นธาตุในเขม่าที่เกิดจากการยิงปืนในรถยนต์ได้ทุกตำแหน่งที่สนใจได้แก่ บริเวณเบาะขวา เบาะซ้าย ประตูขวา ประตูซ้าย กระจกหน้า กระจกหลัง เพดาน พวงมาลัยและคอนโซล โดยตำแหน่งพวงมาลัยและคอนโซล ซึ่งเป็นตำแหน่งที่อยู่ใกล้ช่องคัปลอกกระสุนของอาวุธปืนที่ใช้ยิงจะเป็นตำแหน่งที่พบธาตุ แอนติโมนี (Sb) แบเรียม (Ba) และตะกั่ว (Pb) ได้มากที่สุด ส่วนธาตุตะกั่ว (Pb) พบมากที่สุดที่ประตูซ้าย ซึ่งเป็นทิศทางที่หันปากกระบอกปืนไป นอกจากนี้ยังพบว่าสามารถตรวจพบธาตุทั้งสามชนิดดังกล่าวได้ตั้งแต่วิธีการยิงปืนทันที ไปจนถึงภายหลังจากยิงไปแล้วเป็นเวลา 192 ชั่วโมง แต่ไม่พบความสัมพันธ์กันระหว่างปริมาณธาตุที่ตรวจพบกับระยะเวลาที่ตรวจเก็บหลังจากยิงปืน จึงไม่สามารถคาดคะเนระยะเวลาการยิงปืนได้จากปริมาณเขม่าปืนที่ตรวจพบ

* บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโทบัณฑิต เรื่องการตรวจวิเคราะห์เขม่าปืนภายในรถยนต์ด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscope and Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM/EDX) โดยมี รองศาสตราจารย์ พันตำรวจเอกสันต์ สุขวังน เป็นที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

** สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขานิติวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร E-mail : ittipon3450@hotmail.com

Abstract

The study of the analysis of gunshot residues in a car by using Scanning Electron Microscope and Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM/EDX) had purposes for studying the amount of gunshot residues was found in the car after semi-automatic pistol 9 mm. was shot one time, studying the collection of gunshot residues around the right and the left seats, the right and the left doors, the front and the back mirrors, the ceiling, the steering wheel, and the console. The sample was collected immediately and after that for 6, 12, 48, 192 hours. After shooting, Antimony substance, Barium, Lead were found. The sample used Scanning Electron Microscope and Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM/EDX).

The results were found that the sample was collected from the steering wheel and the console were the highest level. When the time had passed for 192 hours, the amount of the gunshot residues was close to the amount of the gunshot residues which was collected immediately. This study showed that Scanning Electron Microscope and Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM/EDX) could measure the amount of gunshot residues even it had passed for 192 hours. If the car was not used, it still could measure the gunshot residues. This study can be applied for the forensic science for calculating the period of shooting and gunshot residues and can identify if there was the shooting in the expected car.

บทนำ

อาชญากรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น มักจะมีอาวุธปืนเข้าไปเกี่ยวข้องอยู่ด้วย และหลายคนร้ายใช้อาวุธปืนยิงออกมาจากรถยนต์ที่ขับขึ้นหรือโดยสารมา เพื่อสะดวกแก่การหลบหนีหลังจากที่เกิดเหตุ ซึ่งเข้ามาเป็นที่เกิดจากการยิงปืนนั้นนอกจากจะพุ่งกระจายติดอยู่ที่มือ ตามร่างกายหรือเสื้อผ้าของผู้ยิงแล้ว เขม่าปืนนั้นยังพุ่งกระจายและติดอยู่ภายในห้องโดยสารของรถยนต์ที่คนร้ายใช้ก่อเหตุอีกด้วย แต่โดยทั่วไปเจ้าหน้าที่มักให้ความสนใจที่จะตรวจหาเขม่าปืนจากตัวผู้ต้องสงสัยเพียงอย่างเดียวเท่านั้น โดยไม่ได้ให้ความสำคัญในการตรวจหาเขม่าปืนภายในรถนั้น นอกจากนี้เขม่าปืนที่ติดตามตัวผู้ต้องสงสัยไม่ว่าจะเป็นมือ ตามร่างกายส่วนอื่นหรือแม้กระทั่งเสื้อผ้าก็จะมีระยะเวลาที่คงอยู่ให้ตรวจพบได้ไม่นาน เนื่องจากพฤติกรรมตามปกติของผู้ต้องสงสัย เช่น การล้างมือ การใช้มือหยิบจับสิ่งของ การที่ร่างกายหรือเสื้อผ้าไปสัมผัสกับวัตถุอื่น การนำเสื้อผ้าไปซักล้างทำความสะอาด ฯลฯ ทำให้โอกาสที่จะสามารถตรวจพบเขม่าปืนที่บริเวณดังกล่าวมีน้อย ในขณะที่รถยนต์ที่ใช้ประกอบการกระทำผิดนั้นหากมีการยิงปืนในขณะที่ผู้ยิงอยู่ในรถ ก็คาดว่าจะมีเขม่าปืนพุ่งกระจายอยู่ในรถยนต์ด้วย และด้วยลักษณะพฤติกรรมตาม แผนประทุษกรรมที่คนร้ายใช้รถยนต์ในการก่อเหตุ ก็ไม่พบว่าหลังก่อเหตุคนร้ายให้ความสำคัญในการทำลายพยานหลักฐานประเภทนี้โดยนำรถยนต์ไปล้างทำความสะอาดภายในรถยนต์แต่อย่างใด ดังนั้นการไม่ทำการตรวจหาเขม่าปืนภายในรถยนต์ จึงทำให้ขาดพยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ที่สำคัญในการเชื่อมโยงรถนั้นเข้ามาในคดี และเป็นเหตุให้ไม่สามารถตรวจยึดรถนั้นไว้เป็นของกลางหรือต้องคืนรถนั้นให้กับเจ้าของไป ทำให้คดีเกิดความเสียหายหรือไม่สามารถหาตัวผู้กระทำความผิดมาลงโทษได้

สำหรับการตรวจหาเขม่าปืน (Gunshot Residues , GSR) นั้น เป็นการตรวจหาปริมาณของธาตุ 3 ธาตุ คือ แอนติโมนี (Sb) ,แบเรียม (Ba) และ ตะกั่ว (Pb) ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี อันได้แก่ เทคนิค Neutron Activation Analysis (NAA), เทคนิค Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS), เทคนิค Inductively Coupled Plasma Spectrometry (ICP) และเทคนิค Scanning Electron Microscope and Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM/EDX)งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการตรวจหาปริมาณ และการคงอยู่ของเขม่าปืนภายในห้องโดยสารรถยนต์ที่มีการยิงปืนออกมา ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ กัน โดยใช้เทคนิค Scanning Electron Microscope and Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM/EDX)เนื่องจากเทคนิคดังกล่าวเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นวิธีที่ทันสมัยและมีความแม่นยำแน่นอนมากที่สุด กล่าวคือเป็นวิธีที่มีความจำเพาะ (Specificity) มากกว่าวิธีอื่นใดทั้งหมด เนื่องจากสามารถมองเห็นภาพอนุภาคของเขม่าปืนได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน (SEM) ซึ่งจะแสดงผลเป็นภาพสามมิติ คือมีทั้งความกว้าง ความยาว และความลึกได้อย่างชัดเจน รวมทั้งยังแสดงขนาดอีกด้วย และสามารถบอกชนิดของธาตุที่มีอยู่ในอนุภาคนั้นได้ด้วย Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDX) ซึ่งสามารถวิเคราะห์ธาตุต่าง ๆ ได้หลายธาตุในเวลาเดียวกัน นอกจากนี้ EDX ยังมีจุดเด่นอีกอย่างหนึ่งคือมีความไวสูงมากโดยสามารถวิเคราะห์ธาตุที่มีอยู่ในตัวอย่างปริมาณน้อยมาก ระดับ 10^{-11} กรัม ได้ ซึ่งปัจจุบันในประเทศที่มีพัฒนาการทางด้านวิทยาศาสตร์สูง ส่วนใหญ่จะนิยมตรวจพิสูจน์เขม่าปืนด้วยวิธี SEM/EDX นี้ เพราะเป็นวิธีที่แสดงให้เห็นรูปร่าง ลักษณะและขนาดของอนุภาคของเขม่าปืน ซึ่งเป็นข้อดีที่ทำให้ผู้ตรวจพิสูจน์วินิจฉัยได้ง่ายกว่าวิธีการตรวจโดยใช้เทคนิคอื่นๆ อีกทั้งยังสามารถระบุธาตุที่เป็นองค์ประกอบในเขม่าปืนและยังลดระยะเวลาในการตรวจพิสูจน์ให้น้อยลง ทำให้ตอบสนองปริมาณงานที่มีเพิ่มขึ้นอย่างตลอดเวลาได้อีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาหาชนิดของธาตุและปริมาณเขม่าปืนที่ตรวจพบภายในห้องโดยสารรถยนต์ที่เกิดการยิงปืนด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscope and Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM/EDX) โดยตรวจหาปริมาณของธาตุ แอนติโมนี (Sb) ,แบเรียม (Ba) และ ตะกั่ว (Pb)
2. เพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเขม่าปืนตรวจพบภายในห้องโดยสารรถยนต์กับเวลาทำการตรวจเก็บหลังการยิงปืน
3. เพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณและทิศทางการกระจายของเขม่าปืนที่ตรวจพบภายในห้องโดยสารรถยนต์กับทิศทางและตำแหน่งของตัวปืนที่ใช้ยิงในรถยนต์

วิธีการวิจัย

1. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่อง Scanning Electron Microscope and Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM/EDX)
2. Aluminium Stub ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มม.
3. Carbon Tab ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มม.
4. Storage Tube สำหรับบรรจุ Stub

5. อาวุธปืนพกสั้นแบบกึ่งอัตโนมัติ ขนาด 9 มม. ยี่ห้อ GLOCK 19 ขนาดความยาวลำกล้อง 4 นิ้ว

6. กระสุนปืน ขนาด 9 มม. ยี่ห้อ Bullet

7. รถยนต์กระบะ ยี่ห้อมิตซูบิชิ สีเขียว

8. กระดาษขาว

9. ถังมียาง แบบ Non-Sterile

2. วิธีทดลอง การเก็บตัวอย่าง และสถานะที่ใช้ในการทดลอง

ขั้นตอนการดำเนินการเก็บตัวอย่างเขม่าปืนบนรถยนต์ผู้ยิง มีดังนี้

2.1 การยิงปืน

ทำการยิงปืนออกจากห้องโดยสารรถยนต์ ขณะติดเครื่องยนต์ และเปิดเครื่องปรับอากาศไว้ โดยนั่งยิงจากตำแหน่งที่นั่งคนขับ (ด้านหน้าข้างขวา) ออกไปทางประตูด้านหน้าข้างซ้าย จำนวน 1 นัด

2.2 การเก็บตัวอย่าง

ดับเครื่องยนต์และปิดเครื่องปรับอากาศภายในรถ จากนั้นทำการเก็บเขม่าปืนในทันทีโดยใช้ Stub ที่ติด Carbon Tab แล้ว แตะไปที่บริเวณต่างๆ ภายในห้องโดยสารรถยนต์ในลักษณะสุ่มเก็บ ตามตำแหน่งต่าง ๆ ภายในห้องโดยสารรถยนต์ อันได้แก่ เบาะขวา , เบาะซ้าย , ประตูขวา , ประตูซ้าย , กระจกหน้า , กระจกหลัง , เพดาน และพวงมาลัยและคอนโซล จากนั้นจอดรถทิ้งไว้โดยปิดประตูและกระจกรถทิ้งไว้ แล้วทำการเก็บเขม่าปืนอีกเมื่อเวลาผ่านไป 6 , 12 48 และ 192 ชั่วโมงตามลำดับ

นำตัวอย่างที่ได้จากการเก็บเขม่าปืนในแต่ละช่วงเวลาดังกล่าว รวมทั้งตัวอย่างที่เก็บไว้ก่อนทำการยิงปืน(blank sample) ไปตรวจวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของธาตุด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscope and Energy Dispersive X-ray Spectroscope (SEM/EDX) แล้วนำผลการทดลองที่ได้ไปวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลเพื่อสรุปผลการทดลอง

2.3 การเตรียมตัวอย่าง

นำรถยนต์กระบะที่ใช้ในการทดลอง ไปล้างทำความสะอาดและดูดฝุ่นภายในห้องโดยสารออกเพื่อให้ฝุ่นละอองตกค้างอยู่น้อยที่สุด

ทำ blank sample โดยใช้ Stub ที่ติด Carbon Tab แล้ว แตะไปที่บริเวณต่าง ๆ ภายในห้องโดยสารรถยนต์ เพื่อนำไปเปรียบเทียบชนิดและปริมาณของธาตุที่ตรวจพบหลังจากทำการยิงปืน

ผลการวิจัย

สรุปผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

การวิจัยเรื่องการตรวจวิเคราะห์เขม่าปืนภายในรถยนต์ด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscope and Energy Dispersive X-ray Spectroscope (SEM/EDX) นี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเพื่อวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณเขม่าปืนที่ตรวจพบภายในห้องโดยสารรถยนต์ที่เกิดการยิงปืนด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscope and Energy Dispersive X-ray Spectroscope (SEM/EDX) โดยใช้การตรวจหาปริมาณของธาตุแอนติโมนี(Sb) , แบเรียม(Ba) และตะกั่ว(Pb) ซึ่งเป็นธาตุองค์ประกอบของเขม่าปืน แล้วนำมาศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเขม่าปืนและทิศทางการกระจายของเขม่าปืนที่

ตรวจพบ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ภายในห้องโดยสารรถยนต์กับเวลาที่ทำการตรวจเก็บหลังจากยิงปืน โดยทำการศึกษาด้วยการตรวจเก็บเขม่าปืนหลังจากการยิงปืนทันที และหลังจากยิงปืนเป็นเวลา 6 , 12 , 48 และ 192 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งการทดลองได้ใช้อาวุธปืน พกสั้นแบบกึ่งอัตโนมัติ ขนาด 9 มม. ยี่ห้อ Glock 19 และกระสุนปืนขนาด 9 มม. ยี่ห้อ Bullet ในการทดลองยิง ซึ่งโดยปกติกลไกการทำงานของอาวุธปืนจะเกิดขึ้นหลังจากการเหนียวไกปืน การทำงานขั้นตอนนี้ เข็มแทงชนวนจะไปกระทบกับชนวนท้ายกระสุนปืนในรังเพลิง ทำให้ชนวนท้ายกระสุนระเบิดเป็นเปลวไฟ การระเบิดนี้มีผลทำให้เกิดความร้อนและการขยายตัวของก๊าซ ซึ่งในช่วงเวลานี้ความดันจะสูงขึ้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความดันอย่างกะทันหัน ก๊าซที่ขยายตัวจะกลายเป็นแรงระเบิด จึงดันอนุภาคให้พุ่งกระจายออกไปทุกทิศทาง เป็นเหตุให้ปลอกกระสุนปืนขยายตัวแนบกับผนังภายในของรังเพลิง ส่งผลให้บริเวณปลายปลอกกระสุนปืนที่ยึด ลูกกระสุนปืนไว้เกิดการคลายตัว แรงดันระเบิดทั้งหมดจึงมีทิศทางการกระทำไปทางด้านหน้าหรือบริเวณปลายของปลอกกระสุนปืน ขับให้ลูกกระสุนปืนวิ่งออกจากปลายปลอกกระสุนปืนผ่านทางปากลำกล้องปืน แรงระเบิดนี้ยังขับเอากลุ่มก๊าซและไอที่เกิดจากการเผาไหม้ให้ผ่านออกมาทางปากลำกล้องปืนโดยพาเอาเขม่าปืนออกมาด้วย ซึ่งในอาวุธปืนพกสั้นแบบกึ่งอัตโนมัติ นั้น เราจะพบได้ว่านอกจากบริเวณปากกระบอกปืนแล้ว เขม่าปืนจะถูกขับออกมาทางช่องคัดปลอกกระสุน (Ejection Port) ด้วยการทดลองนี้ผู้วิจัยเลือกใช้รถยนต์กระบะในการทดลอง เนื่องจากเป็นรถยนต์ประเภทหนึ่งที่คนรัยมักนิยมนำมาก่อเหตุ และเนื่องจากภายในห้องโดยสารมีขนาดพื้นที่ค่อนข้างกว้าง ผู้วิจัยจึงได้ทำการกำหนดพื้นที่ในการตรวจเก็บเขม่าปืน จำนวน 8 จุด ด้วยกัน อันได้แก่เบาะขวา, เบาะซ้าย, ประตูขวา, ประตูซ้าย, กระจกหน้า, กระจกหลัง, เพดาน และบริเวณพวงมาลัยและคอนโซล ซึ่งพื้นที่ทั้งหมดที่กำหนดในการทดลองนี้พบว่าสามารถตรวจเก็บเขม่าปืนได้ แสดงให้เห็นว่าการจุดระเบิดจนเกิดเขม่าปืนนั้น สามารถพุ่งกระจายได้ทั่วห้องโดยสารรถยนต์ เนื่องจากการทดลองนี้ ขณะที่ทำการยิงปืน ได้ปิดกระจกรถยนต์ไว้ทุกด้าน ยกเว้นกระจกด้านหน้าข้างซ้ายซึ่งเป็นทิศทางที่ยิงปืนออกไป ดังนั้นเขม่าปืนจะพุ่งกระจายในพื้นที่ค่อนข้างจำกัด จึงอาจเกาะติดได้มากแบบอนุภาคทับถมกัน ทำให้ผู้วิจัยตรวจเก็บเขม่าปืนในพื้นที่ที่สนใจศึกษาในปริมาณที่ไม่แตกต่างกันมากนัก

สำหรับเทคนิค Scanning Electron Microscope and Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM/EDX) นี้เป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นวิธีที่ทันสมัยและมีความแม่นยำแน่นอนมากที่สุด กล่าวคือเป็นวิธีที่มีความจำเพาะ (Specificity) มากกว่าวิธีอื่นใดทั้งหมด เนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถมองเห็นภาพอนุภาคของเขม่าปืนได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน (SEM) ซึ่งจะแสดงผลเป็นภาพสามมิติคือมีทั้งความกว้าง ความยาว และความลึกได้อย่างชัดเจน รวมทั้งยังแสดงขนาดอีกด้วย และสามารถบอกชนิดของธาตุที่มีอยู่ในอนุภาคนั้นได้ด้วย X-Ray (EDX) ซึ่งสามารถวิเคราะห์ธาตุต่าง ๆ ได้หลายธาตุในเวลาเดียวกัน ซึ่งการทดลองนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้เทคนิคดังกล่าวในการตรวจหาธาตุเขม่า

สำหรับระยะเวลาที่สนใจทำการวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการเก็บตัวอย่างเขม่าปืนภายหลังจากยิงปืนทันที และหลังจากยิงปืนไปแล้วเป็นเวลา 6 , 12 , 48 และ 192 ชั่วโมง ตามลำดับ พบว่าสามารถตรวจพบธาตุแอนติโมนี (Sb) แบเรียม (Ba) และตะกั่ว (Pb) ในทุกบริเวณต่าง ๆ ภายในห้องโดยสารรถยนต์ที่สนใจอันได้แก่เบาะขวา, เบาะซ้าย, ประตูขวา, ประตูซ้าย, กระจกหน้า, กระจกหลัง, เพดาน และบริเวณพวงมาลัยและคอนโซล ในทุกช่วงเวลา ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อเวลาผ่านไปการตรวจหาปริมาณเขม่าปืนยังสามารถตรวจพบได้อยู่ และจากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าเขม่าปืนสามารถคงอยู่ได้แม้เวลาผ่านไป 192 ชั่วโมงก็ตาม แต่จากการทดลองพบว่าปริมาณของเขม่าปืนไม่มีความสัมพันธ์กับช่วงเวลาทำการตรวจเก็บ โดยสามารถตรวจเก็บเขม่าปืน

ได้ในปริมาณที่ไม่แตกต่างกันมากนัก ทั้งนี้อาจมีเหตุผลมาจากเมื่อทำการทดลองแล้ว ได้จดไว้กับที่ไม่ได้นำรถไปใช้ และปิดประตูกับกระจกไว้ทุกด้าน ไม่มีการติดเครื่องยนต์หรือเปิดเครื่องปรับอากาศ ภายในห้องโดยสารจึงไม่ถูกรบกวนจากปัจจัยภายนอกแต่อย่างใด เหม่าปิ่นจึงเกาะติดอยู่ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในปริมาณไม่แตกต่างกันนั่นเอง ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเทคนิค Scanning Electron Microscope and Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM/EDX) นี้ สามารถนำมาใช้ในการตรวจหาธาตุ แอนติโมนี (Sb) แบเรียม (Ba) และตะกั่ว (Pb) ซึ่งเป็นธาตุองค์ประกอบของเหม่าปิ่นได้ ทุกช่วงเวลาที่น่าสนใจคือภายหลังจากยิงปิ่นทันที และหลังจากยิงปิ่นไปแล้วเป็นเวลา 6 , 12 , 48 และ 192 ชั่วโมง ตามลำดับ การศึกษาครั้งนี้จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ในการระบุว่ามีกรยิงปิ่นในห้องโดยสารรถยนต์ได้

ข้อเสนอแนะ

จากงานศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะที่อาจเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาวิจัยในครั้งต่อไป ดังต่อไปนี้

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

การวิจัยข้างต้นอาจมีข้อจำกัดบางประการในการวิจัย ทั้งนี้ผู้วิจัยได้รวบรวมประเด็นที่น่าสนใจและจำเป็นต่อการนำไปสร้างองค์ความรู้ด้านการตรวจวิเคราะห์เหม่าปิ่นภายในห้องโดยสารรถยนต์ โดยขอเสนอแนะดังนี้

1. การศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการตรวจวิเคราะห์เหม่าปิ่นภายในรถยนต์ด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscope and Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM/EDX) เป็นองค์ความรู้ที่น่าสนใจ ในขณะที่องค์ความรู้ด้านนี้จะเป็นส่วนช่วยในการพัฒนาสู่การประยุกต์ใช้ในการสืบสวนสอบสวน ดังนั้นผู้มีส่วนเกี่ยวข้องควรให้ความสนใจในการสนับสนุนการศึกษาวิจัยด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการพัฒนาการตรวจเก็บเหม่าปิ่นมากขึ้น

2. ควรมีการนำรถยนต์ตัวอย่างในสถานที่เกิดเหตุที่มีการใช้รถยนต์ดังกล่าวในการก่อเหตุจริงมาทำการทดลองตรวจเก็บเหม่าปิ่นเพื่อทำการตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscope and Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM/EDX) เนื่องจากในสถานที่เกิดเหตุมีความแตกต่างและหลากหลายมากกว่าในการทดลอง เพื่อนำข้อเสนอแนะไปใช้ในการพัฒนาปรับปรุงเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อไป

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรเปลี่ยนชนิดและขนาดของอาวุธปืนที่ใช้ในการวิจัย เช่น อาวุธปืนพกสั้นแบบรีวอลเวอร์ ขนาด.38 หรืออาวุธปืนลูกซองแบบและขนาดต่าง ๆ เป็นต้น เนื่องจากในคดีที่เกิดขึ้นจริงนี้ คนร้ายมีการใช้อาวุธปืนชนิดและขนาดแตกต่างกัน

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

- เชิดพงศ์ ชุกกลิ่น, “ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของเขม่าป็นบนมือผู้ยิงปืนและระยะเวลาภายหลังการยิงปืนที่วิเคราะห์โดยเทคนิค Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS)” (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขานิติวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2555)
- ณัฐนันท์ ชาตริภักดิ์, “การตรวจเขม่าป็นบนเสื้อผ้าด้วยเทคนิค SEM/EDS” (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขานิติวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2552)
- ไทพีศรีนิวัติ ภักดีกุล, “หลักการสืบสวนสอบสวนและการพิสูจน์หลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์”(เชียงใหม่ : คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2545)
- พงศกรณ์ ชูเวช, การตรวจพิสูจน์อาวุธปืน เครื่องกระสุน ในการพิสูจน์หลักฐาน, พิมพ์ครั้งที่ 2 (กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์นิติบรรณาการ, 2531)
- พัชรา สีนลอยมา, เขม่าป็น-หลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์, เข้าถึงเมื่อ 3 กันยายน 2556 เข้าถึงได้จาก http://www.ajarnpat.com/Forensic-Science_research.html.3
- แมน อมรสิทธิ์ และ อมร เพชรสม, Principles and Techniques of Instrumental Analysis, (กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชวนพิมพ์, 2535)
- รัชนารถ กิตติสุขภู่, “การตรวจหาคราบเขม่าป็นที่มีอยู่โดยวิธี SEM/EDX” (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล, 2535)
- วิชาญ เกี่ยวการค้า และคณะ, “การวิเคราะห์หาตำแหน่งที่มีเขม่าดินปืนที่มากที่สุดหลังจากการยิงปืนด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนที่มี X-ray dispersive” (บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยมหิดล รายงานสัมมนาปีการศึกษา 2529-2530, 2529)
- วิวัฒน์ ชินวร, “การวิเคราะห์เขม่าป็นด้วยเทคนิค SEM/EDX” (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี ศึกษา มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2548)
- วีระวรรณ เรืองยุทธิกการณ, ภัทรวดี พงษ์ระวีวงศ์ และ สุนทร คำชนนันท, “การตรวจเขม่าดินปืนโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ธาตุ Zeeman Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometer” (รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ กองทุนจุลวิจัยวิทยาศาสตร์การแพทย์ ศาสตราจารย์ดร. นพ. ญัฐภมรประวัติ, 2540)
- วีระวรรณ เรืองยุทธิกการณ, สุนทร คำชนนันท และ ภัทรวดี พงษ์ระวีวงศ์, “ศึกษาการตกค้างของเขม่าดินปืนโดยใช้อะตอมมิคแอบซอร์พชั่น สเปกโตรมิเตอร์ แบบซีแมน กราไฟท์เฟอเนส” (รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ กองทุนพัฒนาคณะแพทยศาสตร์ ส่วนส่งเสริมการวิจัย, 2543)
- อรรถพล แชนสุวรรณวงศ์ และคณะ, นิติวิทยาศาสตร์2 เพื่อการสืบสวนสอบสวน (Forensic Science 2 for Crime Investigation), พิมพ์ครั้งที่ 1 (กรุงเทพมหานคร: บริษัท ดาวฤกษ์ จำกัด , 2544)
- อัมพร จารุจินดา, “ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอาวุธปืนและกระสุนปืนสำหรับผู้เข้าอบรมการตรวจพิสูจน์อาวุธปืนและเครื่องกระสุนปืน” (กองพิสูจน์หลักฐาน สำนักงานวิทยาการตำรวจ, 2542)

ภาษาต่างประเทศ

- Albu-Yaron A. and S. Amiel. “Instrumental Neutron Activation Analysis of Gunpowder Residues.” **Journal of Radioanalytical Chemistry** 11 (1972) : 123-132. Andrasko J. and A.C. Maehly, “Detection of GSR on Hands by Scanning Electron Microscopy.” **Journal of Forensic Science** 22, 2 (April 1977) : 279-287.
- Basu S. “Formation of Gunshot Residues.” **Journal of Forensic Science** 27, 1 (January 1982) : 72-91.
- Berk E.R. and et al., “Gunshot Residues in Chicago Police Vehicles and Facilities: An Empirical Study.” **Journal of Forensic Science** 52, 4 (October 2007) : 838-841.
- Brazeau J. and R.K. Wong, “Analysis of Gunshot Residue on Human Tissue and Clothing by X-ray Microfluorescence.” **Journal of Forensic Science** 42, 3 (May 1997) : 424-428.