

การกระจายตัวของอนุภาคเขม่าปืนในรถยนต์ที่ใช้ก่อเหตุยิงด้วยอาวุธปืนด้วยเทคนิคอะตอมมิก แอ็บซอร์พชัน สเปกโตรโฟโตเมตรี*

Distribution of GSR particle in Car of shooting by Atomic Absorption Spectrophotometry

อรอนงค์ แก้วบุตร**

สันต์ สุขวัจน์***

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์ปริมาณของอนุภาคเขม่าปืนที่กระจายตัวอยู่ในรถยนต์ เมื่อมีการยิงปืนเกิดขึ้น โดยเทคนิคอะตอมมิก แอ็บซอร์พชัน ซึ่งในการทดลองผู้วิจัยได้ใช้อาวุธปืนชนิดพกปืนพกอัตโนมัติ ยี่ห้อ GLOCK ขนาด 9 มม. Luger รุ่น 19 ความยาวลำกล้อง 4 นิ้ว ยิงด้วยกระสุนปืนยี่ห้อ Bullet Master 124 gr. ในรถยนต์กระบะ 4 ประตู

โดยให้ตำแหน่งผู้ขับรถเป็นผู้ยิงปืน หันปลายกระบะออกไปทางด้านซ้ายมือ ยิงผ่านช่องกระจกประตูด้านซ้ายมือ โดยทดลองยิงครั้งละ 1 นัด จากนั้นใช้ก้านพันสำลีเก็บเขม่าปืนภายในห้องโดยสารรถยนต์กระบะ 4 ประตู เพื่อหาปริมาณเขม่าปืน และสามารถบ่งชี้ได้ว่าบริเวณใดที่มีเขม่าปืนมากที่สุด ซึ่งผลที่ได้พบว่า ตำแหน่งที่ปลายกระบะออกไปนั้นปริมาณเขม่าปืนมากที่สุด จากนั้นจึงทำการทดลองเพื่อหาการลดลงของอนุภาคเขม่าปืน เมื่อเวลาผ่านไปโดยให้ผู้ขับรถเป็นผู้ยิงและให้หันปลายกระบะออกไปในทิศทางเดิม จากนั้นทำการเก็บเขม่าปืนที่ประตูรถด้านซ้ายมือของคนขับรถ ที่ระยะเวลาภายหลังยิงทันที, 1, 2, 3, 4, 5, 6, และ 7 วัน

จากผลการทดลองโดยการเตรียมสารละลาย แอนติโมนี ตะกั่ว และแบเรียม ที่ความเข้มข้น 100, 300, และ 200 ppb. ได้กราฟเป็นเส้นตรงที่ค่า $R^2 = 0.9985, 0.9983$ และ 0.9997 ตามลำดับ เมื่อเก็บตัวอย่างมาตรวจวิเคราะห์ พบว่า ปริมาณของเขม่าปืนจะลดลงเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น และสามารถตรวจพบเขม่าปืนได้ตามช่วงเวลาในการทดสอบ ซึ่งผลการศึกษาจะเป็นประโยชน์ในทางการสืบสวนสอบสวน และการบ่งชี้ว่ารถต้องสงสัยเป็นรถที่ใช้ก่อเหตุหรือไม่ และยังสามารถคาดคะเนถึงระยะเวลาที่ก่อเหตุและตำแหน่งของผู้ยิงอยู่ที่ตำแหน่งใด

Abstract

* บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโทบัณฑิต เรื่อง การกระจายตัวของอนุภาคเขม่าปืนในรถยนต์ที่ใช้ก่อเหตุยิงด้วยอาวุธปืนด้วยเทคนิคอะตอมมิก แอ็บซอร์พชัน สเปกโตรโฟโตเมตรี โดยมี รองศาสตราจารย์ พันตำรวจเอก สันต์ สุขวัจน์ เป็นที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

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

*** รองศาสตราจารย์ พันตำรวจเอก อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

Quantitative analysis of distribution of GSR particles in a criminal suspect car using “Atomic Absorption Spectrophotometry” analytical technique. A Glock 9 mm. pistol and bullets Master are used in the procedure.

First, the driver is assigned to be a shooter. The driver points the pistol to his/her left hand side, shooting toward the left glass door. Only 1 shot is required each time. Next step the gun shot particles inside the car will be collected by using a cotton bud, in order to be used to determine which area has high concentration of the GSR particles. The result, the spot that the pistol were directly point to has the highest concentration of GSR particles. In order to find out the reduction of the GSR particles over period of time, the same procedure is to be repeated. And collections of the GSR are to be made immediately, 1 , 2, 3, 4, 5, 6 and 7 days after the shooting.

Analyze the concentration of Pb, Br and Sb in gunpowder residue using a prepared 100, 300, 200 ppb solution results in an $R^2 = 0.9985, 0.9983$ และ 0.9997 linearity. From the samples, the concentration of GSR particles is reduced over time. But they can still be found even many days after the shooting. In forensics , the study is useful for helping police to identify cars and guns associated with crimes , also to estimate time that crimes take place , and the positions of shooters.

บทนำ

เคมีปืนเป็นพยานหลักฐานที่สำคัญอย่างหนึ่งในกระบวนการสืบสวนสอบสวนเพื่อยืนยันตัวผู้กระทำความผิดและผู้เกี่ยวข้องกับการกระทำความผิดในคดีต่างๆ เป็นที่ยอมรับและนิยมใช้กันเป็นสากล โดยทั่วไปเมื่อมีการยิงปืน จะเกิดเคมีปืนกระจายออกมาบริเวณรอบอาวุธปืน โดยอนุภาคที่เกิดขึ้น เรียกว่า เคมีที่เกิดจากการยิงปืน (Gunshot Residue; GSR) โลหะสำคัญ คือ แอนติโมนี (Sb), ตะกั่ว (Pb) และแบเรียม (Ba) เมื่ออนุภาคมิลดลง ไอหรือเคมีปืนที่กระจายอยู่รอบๆ ของแต่ธาดูจะแข็งตัวเป็นอนุภาค ในกรณีปืนพกหรือลเวอร์ จะมีช่องว่าง (Physical gap) ระหว่างผิวหน้าของรังเพลิงและส่วนท้ายของลำกล้อง (ไม่เช่นนั้นลูกโมปืนจะหมุนไม่สะดวก) ดังนั้นก็จะมีกรวของ Propellant gas ที่จุดนี้เมื่อมีการยิง ส่วนกรณีปืนพกอัตโนมัติ เคมีปืนจะออกมาทาง Ejection port และเมื่อ Slide ถอยหลังก็จะนำเคมีปืนมาด้วย ทำให้ติดอยู่ระหว่างนิ้วมือกับนิ้วชี้มาก ส่วนเคมีปืนที่พ่นออกมาทางปากกระบอกปืนนั้น ก็จะพุ่งกระจายไปติดบริเวณใกล้เคียงได้อยู่แล้ว[1] ซึ่งสามารถบ่งบอกถึงการใช้อาวุธปืน เช่น การระบุว่าบุคคลใดเป็นผู้เกี่ยวข้องกับการยิงปืน ในกรณีที่เก็บเคมีปืนจากมือผู้ต้องสงสัย ซึ่งในปัจจุบันการตรวจเคมีปืนที่มีมือของกองพิสูจน์หลักฐานใช้ในการยืนยันผลนั้น ตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) หรือ Inductively Coupled Plasma-Mass Spectroscopy (ICP-MS) และได้มีการพัฒนาวิธีการตรวจพิสูจน์หา GSR ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนขึ้น เรียกว่า Scanning Electron Microscope/Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM-EDX) ซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมว่าทันสมัยและแม่นยำที่สุด เนื่องจากสามารถมองเห็นภาพอนุภาคของคราบเคมีที่เกิดจากการยิงปืนได้ บางครั้งการตรวจหาที่มีคนจะหายไปหรือตรวจไม่พบเพราะมีข้อจำกัดเรื่องเวลา การใช้อาวุธปืนของ

คนร้าย มักใช้รถยนต์ในการก่อเหตุต่างๆ เพื่อความสะดวกรวดเร็วในการหลบหนี ซึ่งมักเป็นข่าวในหน้าหนังสืออยู่บ่อยครั้ง [2] โดยพฤติกรรมของคนร้าย คือ คนร้ายเลื่อนกระบอกปืนพร้อมทั้งใช้อาวุธปืนขึ้นมายิงเป้าหมาย ทำให้มีผู้บาดเจ็บหรือเสียชีวิต หรือทำให้ทรัพย์สินเสียหาย บางครั้งตำรวจพบรถยนต์ต้องสงสัยจึงได้ยึดไว้เป็นของกลาง แต่ก็ยังยืนยันไม่ได้ว่าเป็นรถยนต์ที่ผู้ต้องสงสัยใช้ในการก่อเหตุยิงปืนหรือไม่ เพราะการตรวจวิเคราะห์เขม่าปืนในรถยนต์ยังไม่มีผู้ศึกษาดังนั้นหากกรณีที่คนร้ายได้ใช้รถเป็นพาหนะในการกระทำความผิด เราก็สามารถเลือกวิธีการที่จะนำมาเชื่อมโยงกับการกระทำความผิดได้

จากความสำคัญและปัญหาข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการวิจัย “การวิเคราะห์หาปริมาณเขม่าปืนด้วยเทคนิค AAS” เพื่อทำการศึกษาหาปริมาณเขม่าปืน การวิเคราะห์ดังกล่าวสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปประยุกต์ใช้เพื่อเป็นประโยชน์ด้านนิติวิทยาศาสตร์เรื่องการตรวจเขม่าปืนที่รถยนต์ต้องสงสัย อีกทั้งเป็นการเพิ่มเทคนิคใหม่มาใช้ในการตรวจพิสูจน์ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานทางนิติวิทยาศาสตร์

จากความสำคัญและปัญหาข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจและเป็นที่มาของการศึกษาในครั้งนี้ โดยทำการศึกษากับกระสุนปืนออตเมติก ขนาด 9 มิลลิเมตร แบบทองแดงหุ้มตะกั่ว (Full Metal Jacket ; FMJ) ยิงจากปืนพกออตเมติก ยี่ห้อ GLOCK ขนาด 9 มม. LUGER รุ่น 19 ความยาวลำกล้อง 4 นิ้ว โดยการตรวจวิเคราะห์ธาตุที่เป็นส่วนประกอบของเขม่าปืน คือ แอนติโมนี (Sb), ตะกั่ว (Pb), และแบเรียม (Ba) ในรถยนต์ที่นำมาศึกษา แล้วทำการเก็บเขม่าปืนนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องตรวจโลหะหนัก (AAS) เป็นการตรวจวิเคราะห์การกระจายตัวของอนุภาคเขม่าดินปืนที่รอบๆ จุดยิงจากรถยนต์ หรือเรียกว่า การตรวจวิเคราะห์ Gunshot Residue (GSR) เพื่อเพิ่มขีดความสามารถการตรวจพิสูจน์อย่างมีประสิทธิภาพ และบ่งชี้ได้ว่าตำแหน่งใดในรถยนต์เป็นจุดยิง พร้อมทั้งช่วยให้พนักงานสอบสวนสามารถเชื่อมโยงพยานหลักฐานเพื่อผู้กระทำความผิดต่อไป และนำมาใช้ประโยชน์ในชั้นศาลได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการหาปริมาณเขม่าปืน (Gunshot Residue; GSR) ในรถยนต์ โดยเทคนิค Atomic Absorbption Spectrophotometry.
2. เพื่อศึกษาดำแหน่งของผู้ยิงปืนจากปริมาณเขม่าปืน (Gunshot Residue; GSR) ที่กระจายอยู่ในรถได้
3. เพื่อศึกษาปริมาณการลดลงของเขม่าปืน (Gunshot Residue; GSR) ในระยะเวลา 7 วัน

วิธีการวิจัย

1. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

- 1.1 เครื่อง Atomic absorption spectrometer รุ่น 280Z AA ยี่ห้อ Agilent
- 1.2 ปืนพกออตเมติก ยี่ห้อ Glock ขนาด 9 มม. Luger รุ่น 19 ความยาวลำกล้อง 4 นิ้ว
- 1.3 กระสุนปืนออตเมติก ยี่ห้อ Bullet Master 124 gr. ขนาด 9 มม. Luger
- 1.4 รถยนต์กระบะ 4 ประตู ยี่ห้ออิซูซุ (IZUSU) รุ่นดีแม็กซ์ (D-MAX) จำนวน 1 คัน
- 1.5 รถยนต์กระบะ 4 ประตู ยี่ห้อโตโยต้า (Toyota) รุ่นไฮลัก วิโก้ (Hilux Vigo) จำนวน 2 คัน
- 1.6 ก้านพันสำลี (Plastic shaft cotton buds) ยี่ห้อ รถโรงพยาบาล
- 1.7 แผ่นหนัง (PVC) ขนาด กว้าง X ยาว 45 x 50 cm.

1.8 สารละลายกรดไนตริก (Nitric acid 65%, GR for analysis, Merck, Germany.)

1.9 สารละลายมาตรฐานแอนติโมนี (Sb 1,000 ug/mL., High-Purity standards, บริษัทไทยยูนิค จำกัด)

1.10 สารละลายมาตรฐานแอนติโมนี (Ba 1,000 ug/mL., High-Purity standards, บริษัทไทยยูนิค จำกัด)

1.11 สารละลายมาตรฐานแอนติโมนี (Pb 1,000 ug/mL., High-Purity standards, บริษัทไทยยูนิค จำกัด)

2. วิธีทดลอง การเก็บตัวอย่าง และสถานะที่ใช้ในการทดลอง

2.1 ผู้ยิงนัดที่ตำแหน่งคนขับ แล้วยิงไปทางด้านซ้ายมือ ลดกระบอกลงและยิงผ่านช่องกระจก ด้วยอาวุธปืนพกอัตโนมัติ ยี่ห้อ GLOCK ขนาด 9 มม. LUGER รุ่น 19 ความยาวลำกล้อง 4 นิ้ว กับกระสุนปืนอัตโนมัติยี่ห้อ Bullet Master 124 gr. ขนาด 9 มม. Luger ยิงครั้งละ 1 นัด

2.2 ทำการทดลองเรื่องการกระจายตัวของอนุภาคเข้ามาปืน โดยทำการทดลอง 3 ครั้ง ในรถ 3 คัน หลังจากยิงปืนแล้วทิ้งไว้ 30 นาที แล้วจึงทำการเก็บตัวอย่าง

*การเก็บตัวอย่างเข้ามาปืนภายในรถยนต์แต่ละคัน ทั้งหมด 14 บริเวณ โดยใช้ก้านสำลีสูดด้วย 5% HNO_3 เช็ดที่บริเวณต่างๆ ดังนี้

- กระจกรถ (Windshield) 3 บริเวณ คือ WS1, WS2 และ WS3
- ประตูรถด้านซ้าย (Car Door Left) 2 บริเวณ คือ DrL1 และ DrL2
- ประตูรถด้านขวา (Car Door Right) 2 บริเวณ คือ DrR1 และ DrR2
- คอนโซลรถ (Car Console) 3 บริเวณ คือ CS1, CS2 และ CS3
- เพดานรถ (Car ceiling) 3 บริเวณ คือ CL1, CL2 และ CL3
- พวงมาลัยรถ (Steering wheel: SW) บริเวณเดียว

2.3 ทำการทดลองเรื่องการเปรียบเทียบแผ่นหนัง PVC กับ พื้นผิวของประตูรถยนต์ด้านซ้าย เพื่อนำมาใช้ในการทดลองเรื่องการลดลงของอนุภาคเข้ามาปืนที่พื้นผิวของประตูรถยนต์ต่อ โดยทำการทดลอง 3 ครั้ง ในรถ 3 คัน หลังจากยิงปืนแล้วทิ้งไว้ 7 วัน แล้วจึงทำการเก็บตัวอย่าง

2.4 ทำการทดลองเรื่องการลดลงของอนุภาคเข้ามาปืนที่พื้นผิวหนัง (PVC) ที่ติดลงบนพื้นผิวประตูรถยนต์ด้านซ้าย โดยทำการทดลอง 3 ครั้ง ในรถ 3 คัน หลังจากยิงปืน รถยนต์คันดังกล่าวให้เจ้าของรถนำไปใช้งานในชีวิตประจำวันตามปกติ จนถึงเวลาที่กำหนด จึงทำการเก็บตัวอย่างบนพื้นผิวแผ่นหนัง (PVC) โดยระยะเวลาที่จะทำการเก็บตัวอย่าง 8 ครั้ง คือ เก็บตัวอย่างทันที, 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 วัน ภายหลังการยิงปืน

3. การเตรียมตัวอย่าง

3.1 นำของพลาสติกใสมีซิปลที่บรรจุก้านสำลีที่เก็บตัวอย่างเข้ามาปืน มาทำการตัดเพื่อทำการแช่ก้านสำลีตัวอย่างลงในหลอดทดลอง ขนาด 10 mL ใช้ Auto pipette ดูด สารละลาย 5% HNO_3 ปริมาตร 1 mL ลงในหลอดทดลอง ปิดฝาหลอดทดลองด้วยแผ่นพาราฟิล์ม แช่ทิ้งไว้นาน 24 ชั่วโมง

3.2 สารละลายตัวอย่างที่ได้จากการสกัดมาแล้ว 24 ชั่วโมงใส่ในCup แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง AAS.

3.3 เตรียม Reagent solution และ Standard solution

3.4 การเตรียมละลาย 5% HNO_3 ปิเปตสารละลายเข้มข้นกรดไนตริก (Conc.HNO_3) ปริมาตร 5 ml. ลงใน Volumetric flask ขนาด 100 ml. แล้วปรับปริมาตรด้วย DI water จนครบตามต้องการ

3.5 การเตรียม Working standard solution ของ Sb, Pb และ Ba ปิเปตสารละลายมาตรฐาน 1,000 ppm. ของ Sb, Pb และ Ba ปริมาตร 1 ml. ตามลำดับ ลงใน Volumetric flask ขนาด 100 ml. แล้วปรับปริมาตรด้วย 5% HNO_3 จะได้สารละลายมาตรฐาน Sb, Ba และ Pb มีความเข้มข้น 10,000 ppb

3.6 จากนั้นทำ Standard mix solution โดยการปิเปตสารละลายมาตรฐาน Sb ปริมาตร 1 ml. สารละลายมาตรฐาน Pb ปริมาตร 3 ml. และสารละลายมาตรฐาน Ba ปริมาตร 2 ml. ก็จะได้ Working standard solution ของ Sb, Ba และ Pb ที่ความเข้มข้น 100, 300 และ 200 ppb ตามลำดับ

4. วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Zeeman effect atomic absorption spectrometer รุ่น 280Z AA ยี่ห้อ Agilent ซึ่งมีสภาวะในการทดลองทั้ง 3 ธาตุ คือ

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการทดลอง

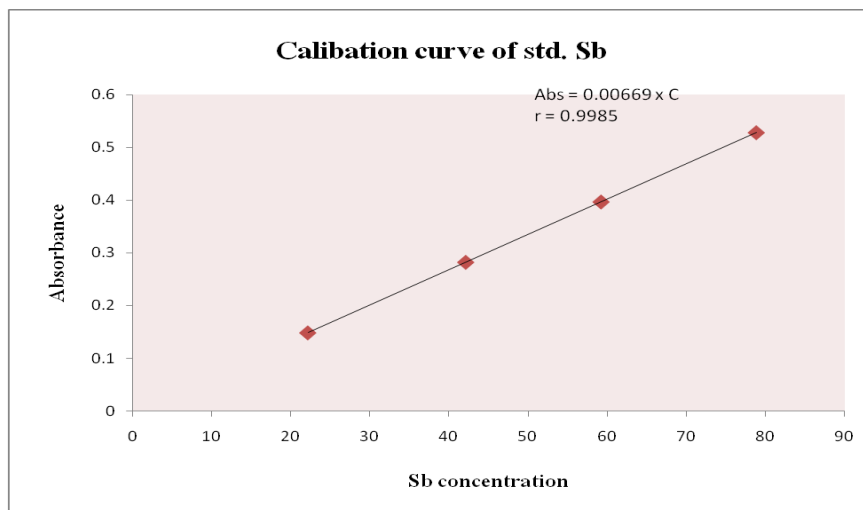
การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของเขม่าป็นในรถยนต์กระบะและระยะเวลาการทดลองของเขม่าป็นภายหลังการยิงปืน โดยให้ตำแหน่งผู้ขับรถเป็นผู้ยิงปืนและหันปรายกระบอกละเลียงไปทางด้านซ้ายมือ ยิงผ่านช่องกระจกด้วยอาวุธพกกึ่งอัตโนมัติ ขนาด 9 มม. โดยได้ทำการศึกษาการติดของเขม่าป็นในรถยนต์ และศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณของเขม่าป็นในระยะเวลาต่างๆ กัน ภายหลังการยิงปืน คือ เก็บทันที, 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 วัน โดยใช้เทคนิค AAS. ได้ผลการวิเคราะห์ ดังนี้

จากการศึกษากราฟมาตรฐานของสารละลายแอนติโมนี (Sb) ตะกั่ว (Pb) และแบเรียม (Ba) เตรียม ที่ความเข้มข้น 100, 300 และ 200 ppb ตามลำดับ ดังนี้

ตารางที่ 2 ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแอนติโมนี (Sb concentration) กับค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance : Abs.)

Sb concentration : Std conc (ppb)	%RSD	Sb concentration	Mean Absorbance (Abs.)
20	4.7	22.219	0.1487
40	2.5	42.184	0.2823
60	3.4	59.275	0.3966
80	4.7	78.897	0.5279

นำข้อมูลความสัมพันธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ ระหว่างค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance : Abs.) และความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน (Sb concentration) มาพลอตกราฟ พบว่าได้ความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง (Linear Origin) มีสมการแสดงความสัมพันธ์ คือ $\text{Abs} = 0.00669 \times C$ และค่า Correlation coefficient (R^2) = 0.9985 ดังแสดงในกราฟที่ 1 ดังนี้

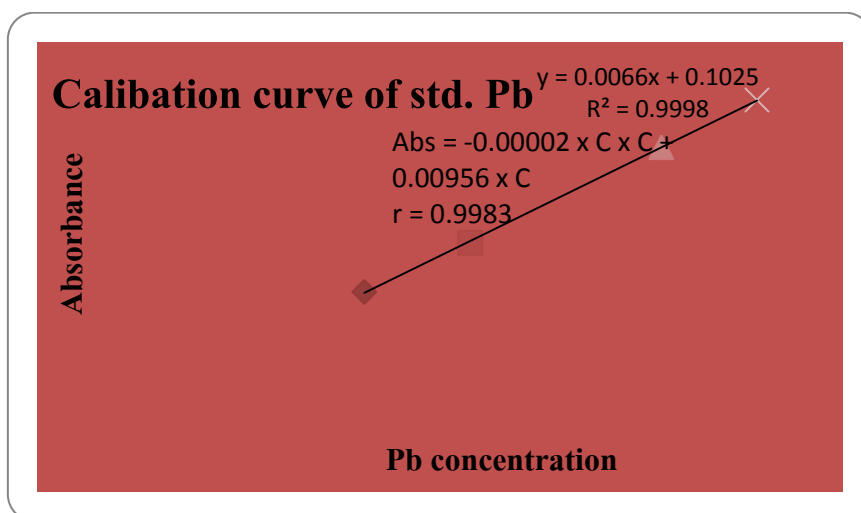


กราฟที่ 1 ความสัมพันธ์ ระหว่างค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance : Abs.) และความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน (Sb concentration)

ตารางที่ 3 ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานตะกั่ว (Pb) กับค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance : Abs.)

Pb concentration : Std conc (ppb)	%RSD	Pb concentration	Mean Absorbance (Abs.)
60	6.1	65.766	0.5336
90	4.3	86.966	0.6649
150	0.4	124.185	0.9198
210	4.4	143.965	1.0453

นำข้อมูลความสัมพันธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ ระหว่างค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance : Abs.) และความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน (Pb concentration) มาพลอตกราฟ พบว่าได้ความสัมพันธ์เป็นเส้นโค้ง (Quadratic Origin) มีสมการแสดงความสัมพันธ์ $Abs = -0.00002 \times C \times C + 0.00956 \times C$ และค่า Correlation coefficient (R^2) = 0.9983 ดังแสดงในกราฟที่ 2 ดังนี้

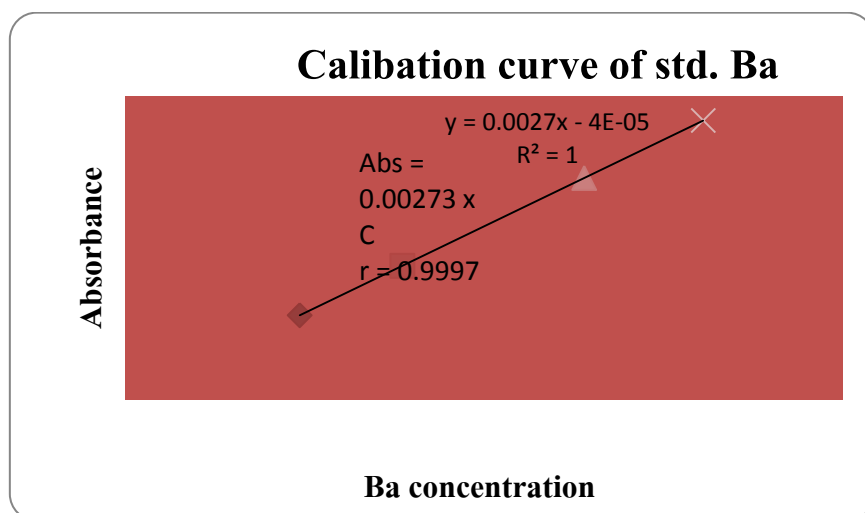


กราฟที่ 2 ความสัมพันธ์ ระหว่างค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance : Abs.) และความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน (Pb concentration)

ตารางที่ 4 ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแบเรียม (Ba) กับค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance: Abs.)

Ba concentration : Std conc (ppb)	%RSD	Ba concentration	Mean Absorbance (Abs.)
60	0.3	60.811	0.1662
100	1.1	96.562	0.2639
160	0.7	160.000	0.4373
200	1.9	201.476	0.5507

นำข้อมูลความสัมพันธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ ระหว่างค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance : Abs.) และความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน (Ba concentration) มาพลอตกราฟ พบว่าได้ความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง (Linear Origin) มีสมการแสดงความสัมพันธ์ คือ $Abs = 0.00273 \times C$ และค่า Correlation coefficient (R^2) = 0.9997 ดังแสดงในกราฟที่ 3 ดังนี้



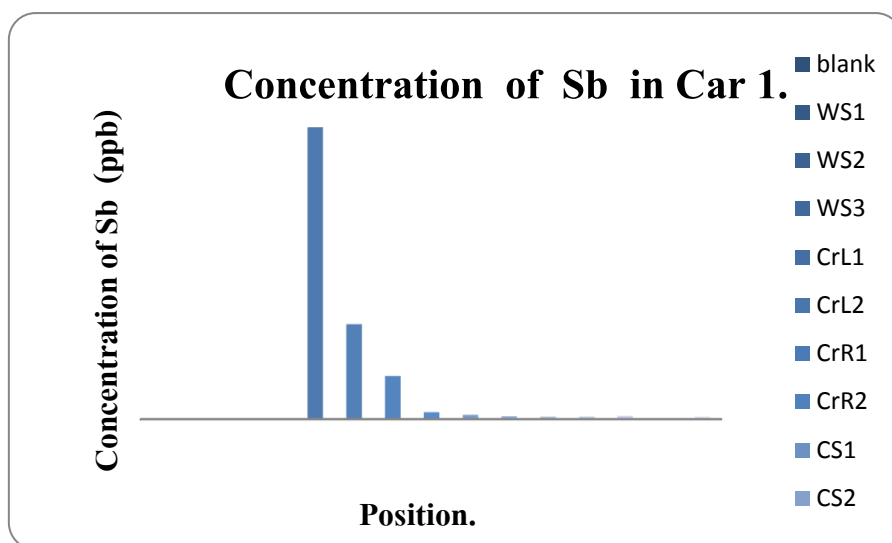
กราฟที่ 3 ความสัมพันธ์ ระหว่างค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance : Abs.) และความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน (Ba concentration)

การศึกษาหาการกระจายตัวของอนุภาคเขม่าป็น ในรถ 3 คัน

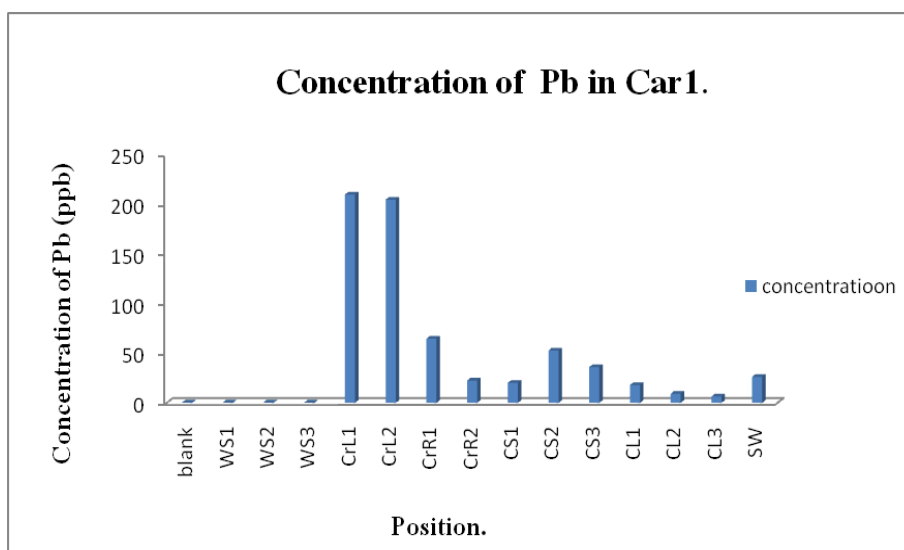
จากการทดลองหาการกระจายตัวของอนุภาคเขม่าป็น ในรถ 3 คัน หลังจากยิงปืนแล้วทิ้งไว้ 30 นาที แล้วจึงทำการเก็บตัวอย่าง โดยทำการเก็บตัวอย่างเขม่าป็นภายในรถยนต์ 3 คัน ทั้งหมด 14 บริเวณ แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปริมาณเขม่าป็นจากการเก็บตัวอย่างเขม่าป็นภายในรถยนต์กระบะ 4 ประตู ยี่ห้อโตโยต้า (Toyota) รุ่นไฮลักซ์ วีโก้ (Hilux Vigo) หมายเลขทะเบียน รฐ-9889 (คันที่ 1)

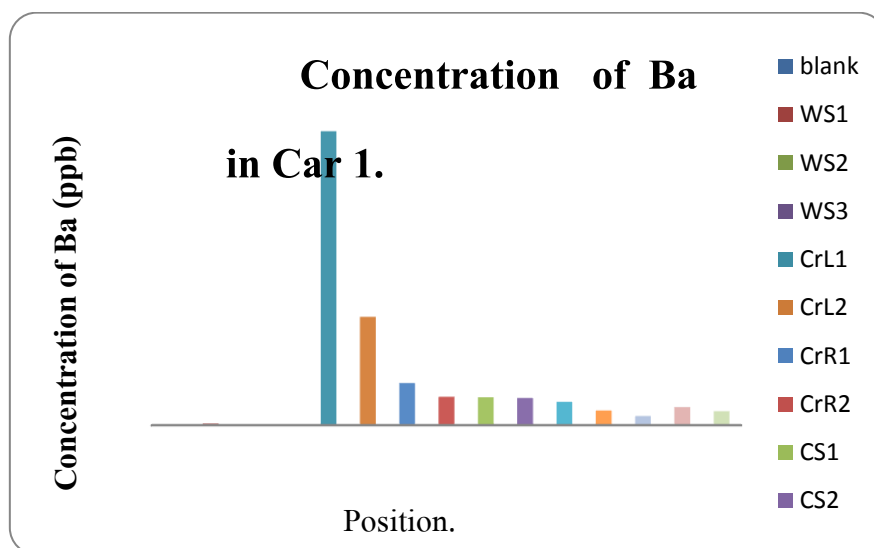
บริเวณเก็บเขม่าป็น		แอนติโมนี(Sb;ppb)	ตะกั่ว (Pb ; ppb)	แบเรียม (Ba ; ppb)	
Blank		0.040	0.378	5.678	
กระจกรถ (Windshield)	WS1	1.843	0.328	9.952	
	WS2	0.784	0.454	7.043	
	WS3	1.915	0.256	4.135	
ประตูรถด้านซ้าย (Car Door Left)	CrL1	744.755	>210	1794.935	
	CrL2	242.190	204.771	662.419	
ประตูรถด้านขวา (Car Door Left)	CrR1	110.346	64.574	258.096	
	CrR2	18.026	22.418	173.374	
คอนโซลรถ (Car Console)	CS1	11.046	20.098	170.266	
	CS2	7.229	52.756	166.069	
	CS3	6.092	36.055	142.973	
เพดานรถ (Car ceiling)	CL1	6.298	17.944	89.780	
	CL2	8.125	9.126	55.937	
	CL3	2.726	6.363	109.970	
พวงมาลัยรถ (Steering wheel)		SW	5.930	26.173	85.296



กราฟที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณแอนติโมนี (Sb) ภายในรถยนต์กระบะ 4 ประตู ยี่ห้อฮิอุซุ (IZUSU) รุ่นดีแมคซ์ (D-MAX) คันที่ 1



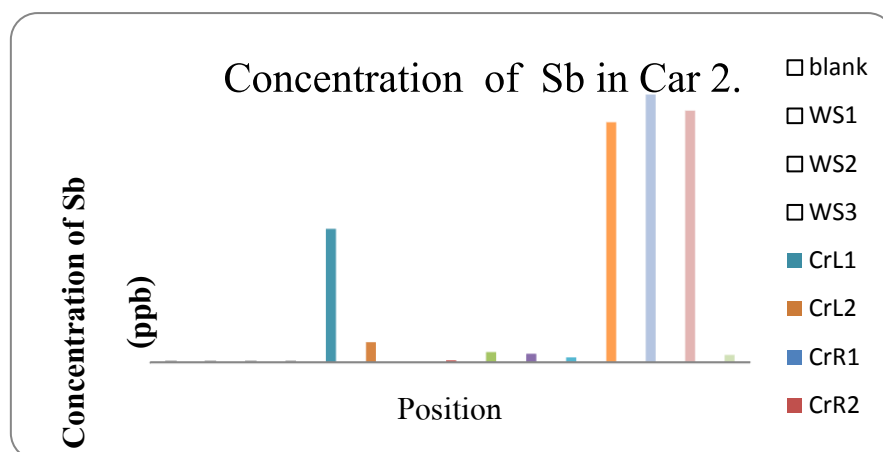
กราฟที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณตะกั่ว (Pb) ภายในรถยนต์กระบะ 4 ประตู ยี่ห้อฮิอุซุ (IZUSU) รุ่นดีแมคซ์ (D-MAX) คันที่ 1



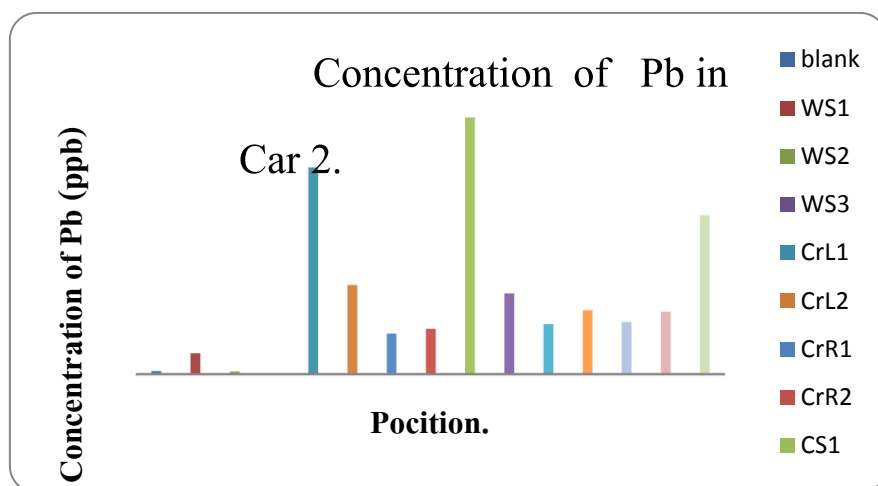
กราฟที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณแบเรียม (Ba) ภายในรถยนต์กระบะ 4 ประตู ยี่ห้อฮิซุซุ (IZUSU) รุ่นดีแม็กซ์ (D-MAX) คันที่ 1

ตารางที่ 6 ปริมาณค่าปนจากการเก็บตัวอย่างค่าปนภายในรถยนต์กระบะ 4 ประตู ยี่ห้อโตโยต้า (Toyota) รุ่นไฮลักซ์ วีโก้ (Hilux Vigo) หมายเลขทะเบียน กอ-2314 สงขลา (คันที่ 2)

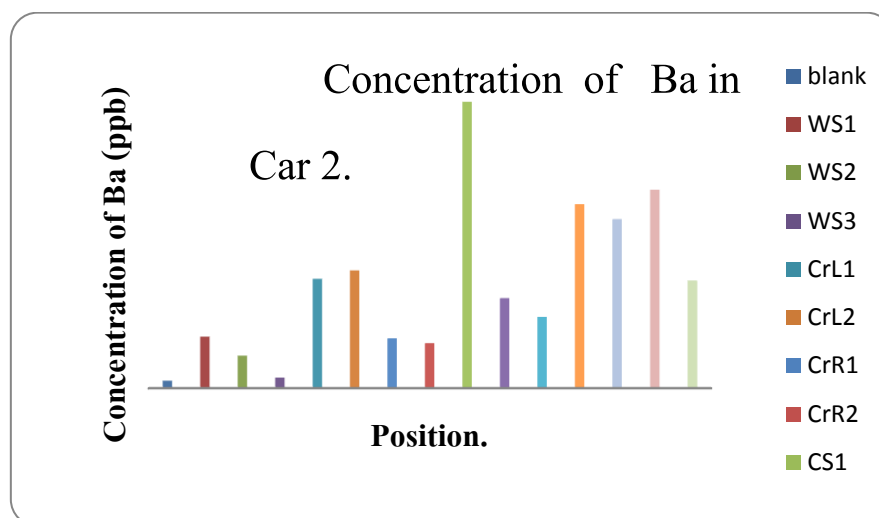
บริเวณเก็บค่าปน		แอนติโมนี (Sb;ppb)	ตะกั่ว (Pb ; ppb)	แบเรียม (Ba ; ppb)
Blank		-0.219	1.063	7.414
กระจกรถ (Windshield)	WS1	-0.076	7.270	50.610
	WS2	-0.253	0.944	31.836
	WS3	-0.350	0.205	10.361
ประตูรถด้านซ้าย (Car Door Left)	CrL1	61.130	71.239	107.293
	CrL2	9.103	30.762	115.578
ประตูรถด้านขวา (Car Door Left)	CrR1	0.423	14.048	48.890
	CrR2	0.833	15.663	44.118
คอนโซลรถ (Car Console)	CS1	4.566	88.389	281.257
	CS2	3.823	27.891	88.490
	CS3	2.158	17.291	70.023
เพดานรถ (Car ceiling)	CL1	109.667	22.072	180.729
	CL2	122.312	18.047	166.118
	CL3	114.925	21.611	194.808
พวงมาลัยรถ (Steering wheel)	SW	3.340	54.824	105.641



กราฟที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณแอนติโมนี (Sb) ภายในรถยนต์กระบะ 4 ประตู ยี่ห้อฮิซุซุ (IZUSU) รุ่นดีแมคซ์ (D-MAX) คันที่ 2



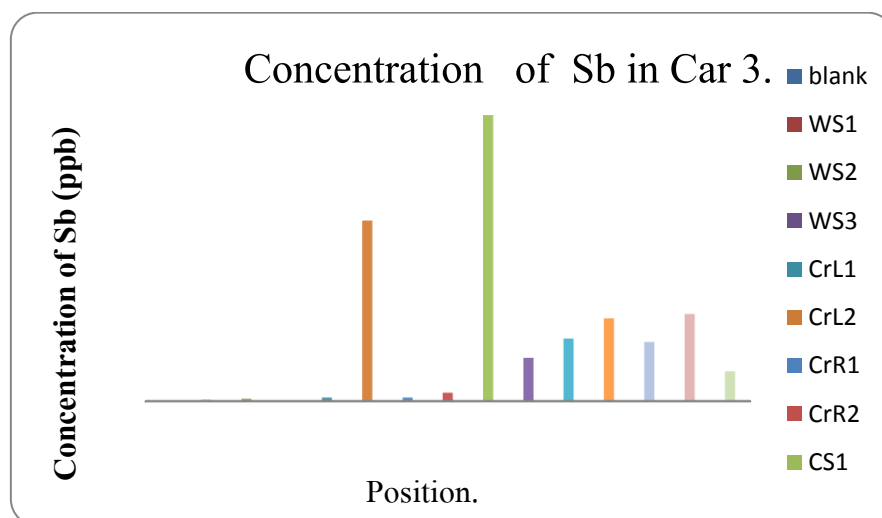
กราฟที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณตะกั่ว (Pb) ภายในรถยนต์กระบะ 4 ประตู ยี่ห้อฮิซุซุ (IZUSU) รุ่นดีแมคซ์ (D-MAX) คันที่ 2



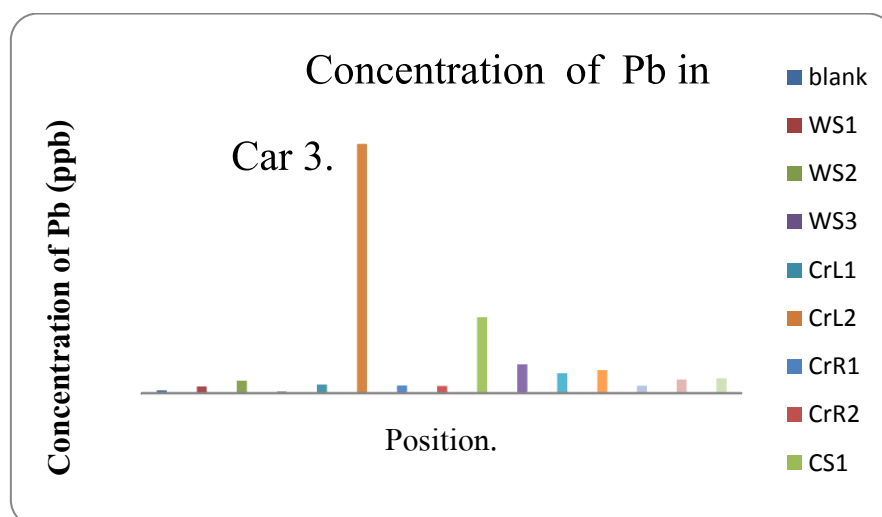
กราฟที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณแบเรียม (Ba) ภายในรถยนต์กระบะ 4 ประตู ยี่ห้อฮิซุซุ (IZUSU) รุ่นดีแม็กซ์ (D-MAX) คันที่ 2

ตารางที่ 7 ปริมาณเข้ามาปนจากการเก็บตัวอย่างเข้ามาปนภายในรถยนต์กระบะ 4 ประตู ยี่ห้อฮิซุซุ (IZUSU) รุ่นดีแม็กซ์ (D-MAX) หมายเลขทะเบียน กว-5937 สงขลา (คันที่3)

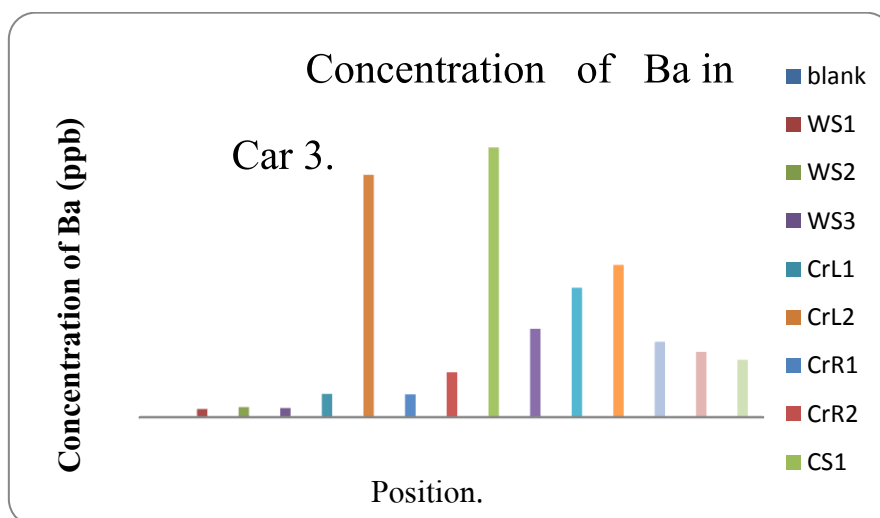
บริเวณเก็บเข้ามาปน		แอนติโมนี(Sb;ppb)	ตะกั่ว (Pb ; ppb)	แบเรียม (Ba ; ppb)
Blank		0.103	5.908	2.562
กระจกรถ (Windshield)	WS1	1.113	14.1344	18.590
	WS2	1.910	25.968	23.272
	WS3	0.870	3.384	20.590
ประตูรถด้านซ้าย (Car Door Left)	CrL1	2.935	17.803	53.159
	CrL2	148.590	516.541	552.175
ประตูรถด้านขวา (Car Door Left)	CrR1	3.042	16.086	51.886
	CrR2	7.037	15.060	102.650
คอนโซลรถ (Car Console)	CS1	234.878	157.423	613.978
	CS2	35.670	59.772	201.890
	CS3	51.644	41.343	295.621
เพดานรถ (Car ceiling)	CL1	68.178	47.726	347.571
	CL2	48.753	15.529	172.087
	CL3	71.817	28.565	149.333
พวงมาลัยรถ (Steering wheel)		SW	24.506	30.841



กราฟที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณแอนติโมนี (Sb) ภายในรถยนต์กระบะ 4 ประตูยี่ห้อฮิอุซุ (IZUSU) รุ่นดีแมคซ์ (D-MAX) หมายเลขทะเบียน กว-5937 สงขลา คันที่ 3



กราฟที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณตะกั่ว (Pb) ภายในรถยนต์กระบะ 4 ประตู ยี่ห้อฮิอุซุ (IZUSU) รุ่นดีแมคซ์ (D-MAX) หมายเลขทะเบียน กว-5937 สงขลา คันที่ 3



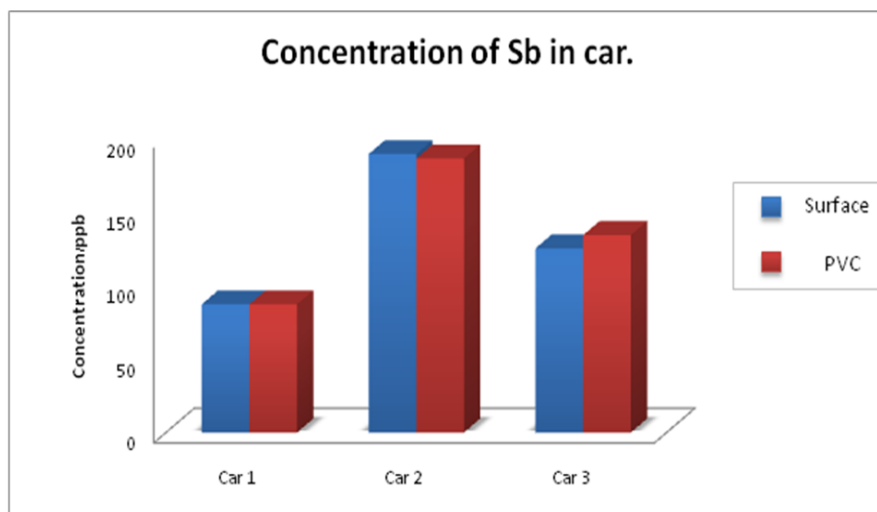
กราฟที่ 12 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณแบเรียม (Ba) ภายในรถยนต์กระบะ 4 ยี่ห้อฮิซุซุ (IZUSU) รุ่นดีแม็กซ์ (D-MAX) หมายเลขทะเบียน กว-5937 สงขลา คันที่ 3

การศึกษาเรื่องการเปรียบเทียบแผ่นหนัง PVC กับ พื้นผิวของประตูรถยนต์

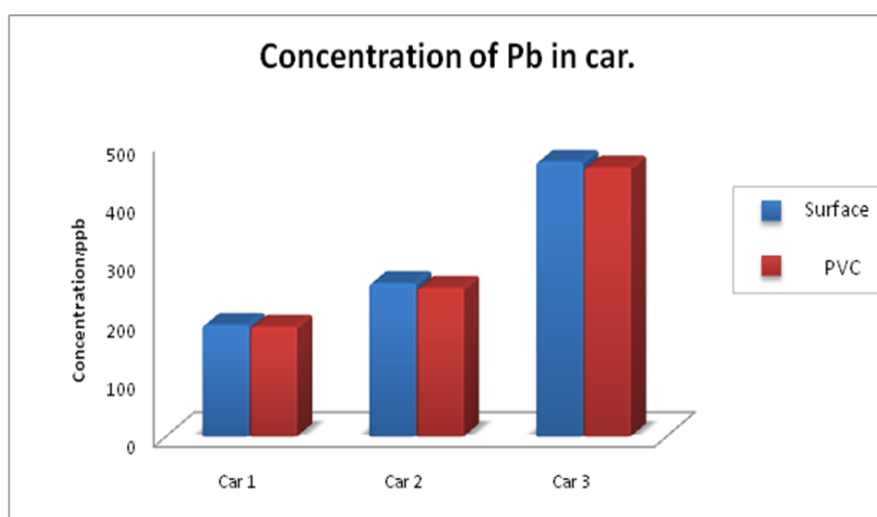
ทำการทดลองเรื่องการเปรียบเทียบแผ่นหนัง PVC กับ พื้นผิวของประตูรถยนต์ด้านซ้าย เพื่อนำมาใช้ในการทดลองเรื่องของการลดลงของอนุภาคเข้ามาป็นที่พื้นผิวของประตูรถยนต์ต่อ โดยทำการทดลอง 3 ครั้ง ในรถ 3 คัน หลังจากยิงปืนแล้วทิ้งไว้ 3 วัน แล้วจึงทำการเก็บตัวอย่าง แสดงผลการวิเคราะห์ ดังนี้

ตารางที่ 8 ปริมาณอนุภาคเข้ามาป็นที่แผ่นหนัง PVC กับ พื้นผิวของประตูรถยนต์ด้านซ้าย หลังจากยิงปืนแล้วทิ้งไว้ 7 วัน

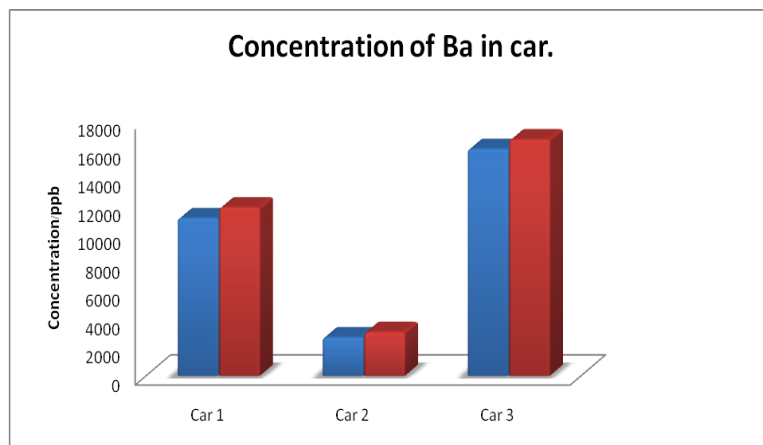
	บริเวณที่เก็บเข้ามาป็น	แอนติโมนี (Sb;ppb)	ตะกั่ว (Pb ; ppb)	แบเรียม (Ba ; ppb)
Car 1	Surface	87	143	1,111
	PVC	87	116	1,187
Car 2	Surface	189	260	2,713
	PVC	186	252	3,082
Car 3	Surface	125	466	1,600
	PVC	134	456	1,667



กราฟที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณอนุภาคแอนติโมนี (Sb) ที่แผ่นหนัง PVC กับ พื้นผิวของประตูรถยนต์ด้านซ้าย หลังจากยิงปืนแล้วทิ้งไว้ 3 วัน ของรถคันที่ 1



กราฟที่ 14 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณอนุภาคแบเรียม (Ba) ที่แผ่นหนัง PVC กับ พื้นผิวของประตูรถยนต์ด้านซ้าย หลังจากยิงปืนแล้วทิ้งไว้ 3 วัน ของรถคันที่ 2



กราฟที่ 14 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณอนุภาคตะกั่ว (Pb) ที่แผ่นหนัง PVC กับ พื้นผิวของประตูรถยนต์ ด้านซ้าย หลังจากยิงปืนแล้วทิ้งไว้ 3 วัน ของรถคันที่ 3

เมื่อนำข้อมูลความเข้มข้นมาวิเคราะห์ทางสถิติ (Oneway-ANOVA) โดยพิจารณาปริมาณอนุภาคของเขม่าปืน (GSR) ซึ่งมีธาตุ 3 ธาตุเป็นองค์ประกอบ คือ แอนติโมนี (Sb) ตะกั่ว (Pb) และแบเรียม (Ba) ที่เกาะติดอยู่บนพื้นผิวของประตูรถยนต์ด้านซ้าย เปรียบเทียบกับปริมาณอนุภาคเขม่าปืนบนพื้นผิวหนัง (PVC) เมื่อทดสอบยิงปืนผ่านช่องกระจก พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ผู้วิจัยจึงเลือกใช้แผ่นหนัง (PVC) ติดบนพื้นผิวประตูรถยนต์กระบะ ที่นำมาใช้ในการทดลอง เพื่อลดจำนวนรถยนต์กระบะในการทดลองลง เพราะการใช้รถยนต์กระบะต้องใช้ห้องโดยสารที่มีความกว้างที่เหมือนกัน จำนวนหลายคันในการทดลอง จึงเป็นไปได้ยาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้วัสดุมาทดแทน ในการทดลองครั้งต่อไป

ศึกษาการลดลงของอนุภาคเขม่าปืน

จากการทดลองหาปริมาณการลดลงของอนุภาคเขม่าปืน โดยทำการทดลอง 3 ครั้ง ในรถ 3 คัน หลังจากยิงปืนผ่านทางช่องกระจกไปทางประตูด้านซ้าย จากนั้นทำการเก็บตัวอย่าง ทันทันที, 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 วัน ภายหลังการยิงปืน ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตารางที่ 9 ปริมาณเขม่าปืน หลังจากการยิงปืนที่ประตูรถยนต์ ด้านซ้าย ยี่ห้ออิชูซู (IZUSU) รุ่นดีแมกซ์ (D-MAX) หมายเลขทะเบียน กว-5937 สงขลา (คันที่ 1)

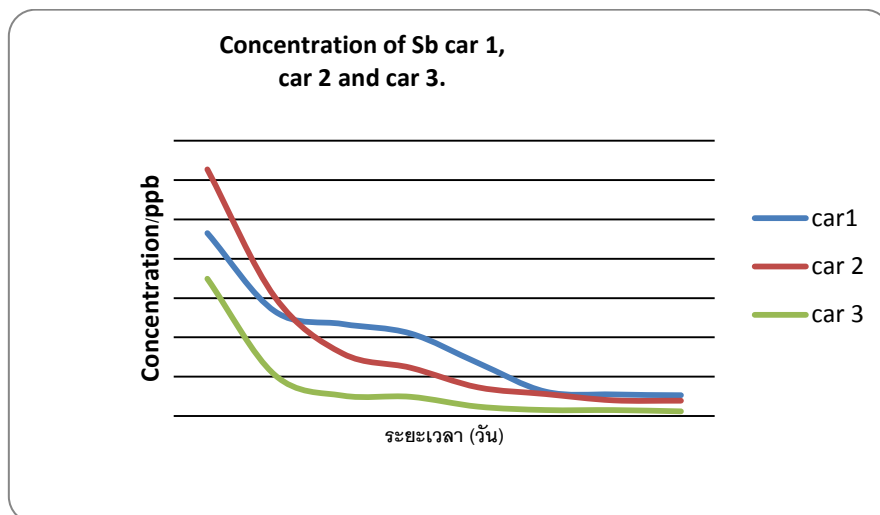
ระยะเวลา	แอนติโมนี (Sb;ppb)	ตะกั่ว (Pb ; ppb)	แบเรียม (Ba ; ppb)
ทันที	465	555	5,707
1วัน	266	420	5,171
2 วัน	234	406	4,739
3 วัน	210	392	4,514
4 วัน	135	147	2,714
5 วัน	62	254	2,878
6 วัน	55	124	1,916
7 วัน	53	125	1,647

ตารางที่ 10 ปริมาณเขม่าป็น หลังจากการยิงปืนที่ประตูลอยนต ด้านซ้าย ยี่ห้อโตโยต้า (Toyota) รุ่นไฮลักซ์ วีโก้ (Hilux Vigo) หมายเลขทะเบียน 67469 (คันที่ 2)

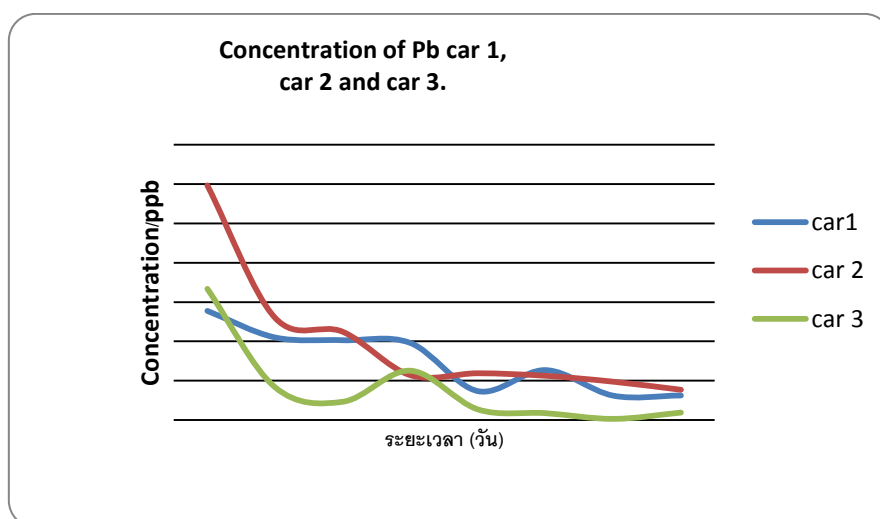
ระยะเวลา	แอนติโมนี (Sb;ppb)	ตะกั่ว (Pb ; ppb)	แบเรียม (Ba ; ppb)
ทันที	627	1193	3,971
1 วัน	302	520	3,771
2 วัน	159	449	2,356
3 วัน	123	228	1,805
4 วัน	73	238	1,845
5 วัน	56	225	1,744
6 วัน	40	195	1,608
7 วัน	39	154	1,017

ตารางที่ 11 ปริมาณเขม่าป็น หลังจากการยิงปืนที่ประตูลอยนต ด้านซ้าย ยี่ห้อโตโยต้า (Toyota) รุ่นไฮลักซ์ วีโก้ (Hilux Vigo) หมายเลขทะเบียน ฐ-9889 (คันที่ 3)

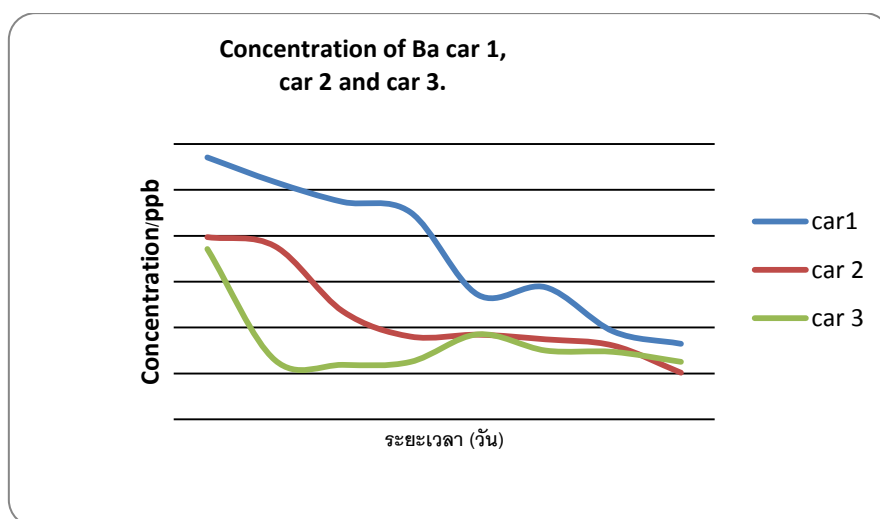
ระยะเวลา	แอนติโมนี (Sb;ppb)	ตะกั่ว (Pb ; ppb)	แบเรียม (Ba ; ppb)
ทันที	349	667	3,712
1 วัน	104	167	1,290
2 วัน	52	93	1,188
3 วัน	49	251	1,252
4 วัน	24	54	1,853
5 วัน	15.3	35	1,500
6 วัน	15.2	6	1,471
7 วัน	12	38	1,254



กราฟที่ 14 ปริมาณของธาตุแอนติโมนี (Sb) บริเวณบานประตูรถยนต์ของรถยนต์กระบะ ทั้ง 3 คัน



กราฟที่ 15 ปริมาณของธาตุตะกั่ว (Pb) บริเวณบานประตูรถยนต์ของรถยนต์กระบะ ทั้ง 3 คัน



กราฟที่ 16 ปริมาณของธาตุแบเรียม (Ba) บริเวณบานประตูรถยนต์ของรถยนต์กระบะ ทั้ง 3 คัน

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการกระจายตัวของอนุภาคเคมีปืน และปริมาณอนุภาคเคมีปืน (GSR) ภายในรถยนต์ กระบะ 4 ประตู โดยเทคนิค Atomic Absorption Spectrophotometry พบว่าตำแหน่งที่พบอนุภาคเคมีปืนมีความสัมพันธ์กับทฤษฎีที่ว่า ปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติ เมื่อเกิดการยิงปืน อนุภาคเคมีปืน (GSR) ส่วนใหญ่จะออกมาจากปากลำกล้องปืน แต่มีส่วนอื่นที่ อนุภาคเคมีปืน (GSR) จะออกมาจากบริเวณช่องคัตปล็อก จากการศึกษาพบว่าตำแหน่งที่พบอนุภาคเคมีปืน (GSR) คือตำแหน่งที่ผู้ขับขี่เป็นผู้ยิงโดยหันปลายกระบอกปืนไปทางด้านซ้ายแล้วยิงผ่านช่องกระจก ตำแหน่งที่พบอนุภาคเคมีปืน (GSR) มากที่สุด คือ

1. ประตูรถด้านซ้าย (Car door left)
2. เพดานรถ (Car ceiling)
3. คอนโซลรถ (Car console)

ดังนั้นการศึกษาดังนี้สามารถบอกตำแหน่งของผู้ยิงปืนจากปริมาณอนุภาคเคมีปืน (GSR) ที่กระจายอยู่ในรถได้



ภาพที่ 1 การเกิดเคมีปืน หรือ Gunshot Residue; GSR ในอาวุธปืนกึ่งอัตโนมัติ

ที่มา : [Gun Shot Residues](http://gunshotdynamics.com/) [ออนไลน์], เข้าถึงเมื่อ 25 พฤษภาคม 2556. เข้าถึงได้จาก <http://gunshotdynamics.com/>

การศึกษาเรื่องการเปรียบเทียบแผ่นหนัง PVC กับ พื้นผิวของประตูรถยนต์ พบอนุภาคเคมีปืน (GSR) ที่ได้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ผู้วิจัยจึงเลือกใช้แผ่นหนัง (PVC) ติดบนพื้นผิวประตูรถยนต์ กระบะ ที่นำมาใช้ในการทดลอง เพื่อลดจำนวนรถยนต์กระบะในการทดลองลง เพราะการใช้รถยนต์กระบะต้องใช้ห้องโดยสารที่มีความกว้างที่เหมือนกัน จำนวนหลายคันในการทดลอง จึงเป็นไปได้ยาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้วัสดุมาทดแทน ในการทดลองครั้งต่อไป

จากการศึกษาการลดลงของอนุภาคเขม่า (GSR) ที่ประตูด้านซ้าย ที่ยิงปืนผ่าน จากนั้นทำการเก็บตัวอย่าง ทันที, 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 วัน พบว่าปริมาณของอนุภาคเขม่าปืน (GSR) ลดลงตามการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาการเก็บตัวอย่างภายหลังการยิงปืน ดังนั้นการศึกษานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ ในการระบุว่ามีกรยิงปืน และเป็นแนวทางในการสอบสวนสืบสวน เพื่อเชื่อมโยงไปหาผู้กระทำความผิดได้

ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการศึกษาในอาวุธปืนชนิดต่างๆ ขนาดต่างๆ เพื่อจะได้ทราบถึงตำแหน่งของการพบอนุภาคเขม่าปืน (GSR)
2. ควรทำการศึกษาตำแหน่งของผู้ยิงปืนในรถยนต์กระบะ เพื่อจะได้ทราบถึงตำแหน่งของการพบอนุภาคเขม่าปืน (GSR)
3. ควรทำการศึกษาที่ระยะเวลายาวนาน เพื่อดูจนกว่าอนุภาคเขม่าปืน (GSR) ที่อยู่ภายในรถยนต์จะหมดไป
4. การวิจัยนี้มีข้อจำกัดในเรื่องของจำนวนของตัวอย่างรถ ผู้วิจัยจึงได้แก้ปัญหาโดยการหาวัสดุทดแทนพื้นผิวรถ ดังนั้นจึงควรเลือกใช้วัสดุที่มีลักษณะที่คล้ายกับพื้นผิวประตูดรถยนต์ และนำมาศึกษาเปรียบเทียบกับอนุภาคเขม่าปืน (GSR) ก่อนทำการทดลอง
5. จากสมมติฐานของผู้วิจัยที่ว่า ปริมาณของอนุภาคเขม่าปืน (GSR) สามารถพิสูจน์ได้ว่ารถยนต์ของกลางใช้ในการก่อเหตุยิงปืนหรือไม่และก่อเหตุมาแล้วนานเท่าไรนั้น สามารถบอกได้ว่ารถยนต์คันดังกล่าวใช้ในการก่อเหตุยิงปืนมาแล้ว แต่การบอกว่า ก่อเหตุมาแล้วนานเท่าไรนั้นไม่สามารถบอกได้ เนื่องจากพฤติกรรมการใช้งานรถยนต์ในแต่ละคัน ในการใช้ทดลองนั้นมีผลต่อการลดลงของอนุภาคเขม่าปืน (GSR) ที่ไม่เท่ากัน เพราะผู้วิจัยต้องการทดลองให้เหมือนกับสภาพการใช้งานตามความเป็นจริงในชีวิตประจำวัน

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

- จิรวรรณ ฐนุรัตน์. “คู่มือการตรวจหาดินปืน เขม่าดินปืน ตะกั่ว และทองแดง ของลูกกระสุนปืน.” เอกสารเผยแพร่กองพิสูจน์หลักฐาน สำนักงานนิติวิทยาศาสตร์ตำรวจ, 2551. (อัดสำเนา)
- นพลสิทธิ์ อัครนพหงส์. “หลักการตรวจพิสูจน์เขม่าที่เกิดจากการยิงปืน.” เอกสารอัดสำเนา กองพิสูจน์หลักฐาน สำนักงานนิติวิทยาศาสตร์ตำรวจ, 2550. (อัดสำเนา)
- ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 9 สำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ. การวิเคราะห์เขม่าปืนด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer:AAS.
- แมน อมรสิทธิ์ และคณะ. “หลักการและเทคนิควิเคราะห์เชิงเครื่องมือ ” กรุงเทพฯ : บริษัท ขนการพิมพ์ 50 จำกัด, 2552.
- ศิริลักษณ์ ชไมบุปผา. “การศึกษาการกระจายของอนุภาคเขม่าปืนจากปืนที่ยิงในห้องปิด ด้วยเทคนิค ICP-OES.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2551.

อัมพร จารุจินดา. “การตรวจพิสูจน์อาวุธปืนและเครื่องกระสุนปืน.” เอกสารความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอาวุธปืนและกระสุนปืนสำหรับผู้เข้าอบรม กองพิสูจน์หลักฐาน สำนักงานวิทยาการตำรวจ, 2542. (อัดสำเนา) เบญจ พุฒินิล. (2554). “การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรทและไนเตรทในเขม่าดินปืนด้วยไอออนโครมาโทกราฟี” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารคดี สาขานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2554.

ปรางดาว จันมณี. (2551). “การหาปริมาณธาตุแบเรียม, แอนติโมนีและตะกั่วในเขม่าปืน โดยใช้เครื่องมือ Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometry (ICP-OES): เปรียบเทียบวิธีการเก็บตัวอย่าง.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารคดี สาขานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2554.

สร้อยสุข ชุกกลิ่น. (2554). “การประเมินประสิทธิภาพของก้านสำลีที่ใช้เป็นตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์เขม่าปืนสำหรับเทคนิค ICP-MS (Inductively Coupled plasma mass spectrometry).” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารคดี สาขานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2554.

เชิดพงศ์ ชุกกลิ่น. (2554). “ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของเขม่าปืนบนมือผู้ยิงปืนและระยะเวลาภายหลังการยิงปืนที่วิเคราะห์โดยเทคนิค Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry (ICP-MS).” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารคดี สาขานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2554.

วิจิตรา คุณมา. (2556). “การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรทและไนเตรทบนเส้นผมของผู้ยิงปืนโดยเทคนิคไอออนโครมาโทกราฟี” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารคดี สาขานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2554.

ศรุต ดิสราริคม. (2551). “การศึกษาการกระจายตัวของเขม่าปืนที่ยิงในห้องปิดด้วยเทคนิค SEM/EDS.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารคดี สาขานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2551.

ภาษาต่างประเทศ

Lubor Fojta's'ek and other “Distribution of GSR particles in the surroundings of shooting pistol” Journal of Forensic Science International 132 (2003) : 99–105

Fojtasek and other. “Distribution of GSR particles in the surroundings of shooting pistol” Forensic Science International, Volume 132, Number 2, 27 March 2003 , pp. 99-105(7)

A.J.Schwoeble, David L. Exline. Current methods in forensic gunshot residue analysis. CRC press LLC. (2000).

Bexar county criminal investigation laboratory standard operating procedures-trace evidence section. (May, 31 2007).

Brian J.. Handbook of Firearms and Ballistics. John Wiley & Sons Ltd, (1997): 167-169.

Lucien C Haag. Shooting incident reconstruction. Academic press. (2006) : 45-56.

Morison and Boyd. “Laboratories of Gunshot residue.” 4th edition. (2007).