



การศึกษาการกระจายตัวของอนุภาคเขม่าป็นจากป็นที่ยิ่งในห้องปิด ด้วยเทคนิค ICP-OES

โดย

นางสาวศิริลักษณ์ ชไมบุปผา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การศึกษาการกระจายตัวของอนุภาคเขม่าป็นจากปืนที่ยิงในห้องปิด ด้วยเทคนิค ICP-OES

โดย

นางสาวศิริลักษณ์ ชไมบุปผา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

DETERMINATION OF THE DISTRIBUTION OF GSR PARTICLES FROM SHOOTING
PISTOLS IN A CLOSED ROOM BY ICP-OES

By
Sirilux Chamaibuppha

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree
MASTER OF SCIENCE
Program of Forensic Science
Graduate School
SILPAKORN UNIVERSITY
2008

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง “การศึกษาการกระจายตัวของอนุภาคเขม่าป็นจากปืนที่ยิงในห้องปิด ด้วยเทคนิค ICP-OES” เสนอโดย นางสาวศิริลักษณ์ ชไมบุปผา เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย ชินะดังกูร)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรงค์ นิมพาลี
2. อาจารย์ ดร.ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง
3. พันตำรวจตรีอัครวัฒน์ ชินวรสวัสดิ์

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร.ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี)

...../...../.....

..... กรรมการ

(อาจารย์อรรถัย เขียวพุ่ม)

...../...../.....

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นรงค์ นิมพาลี)

...../...../.....

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง)

...../...../.....

..... กรรมการ

(พันตำรวจตรีอัครวัฒน์ ชินวรสวัสดิ์)

...../...../.....

49312331 : สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

คำสำคัญ : เหม่ปิ่น, GSR Particles และ ICP-OES

ศิริลักษณ์ ชไมบุปผา : การศึกษาการกระจายตัวของอนุภาคเหม่ปิ่นจากปืนที่ยิงในห้องปิดด้วยเทคนิค ICP-OES. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผศ.ดร.นรงค์ ฉิมพาลี , อ.ดร.ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง และ พ.ต.ต. อัครวัฒน์ ชินวรสวัสดิ์. 74 หน้า.

งานวิจัยนี้ทำการทดลองเพื่อศึกษาการกระจายของอนุภาคเหม่ปิ่นใน 5 ทิศทาง ด้านหน้า ผู้ยิง และศึกษาระยะเวลาการคงอยู่ของเหม่ปิ่นในห้องปิด โดยใช้ปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติ (Glock model 19 ขนาด 9 มม.) และปืนรีวอลเวอร์ (Smith & Wesson model M 60 ขนาด .38) ตัวอย่างที่เก็บได้นำมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometer (ICP-OES) เพื่อหาปริมาณธาตุ Ba Sb และ Pb และใช้เป็นค่าการวัดปริมาณอนุภาคเหม่ปิ่น ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ในระยะ 1-2 เมตร จากด้านหน้าของผู้ยิง และด้านขวาของผู้ยิงเป็นมุม 45 องศา จะพบปริมาณของอนุภาคเหม่ปิ่นมากที่สุด และพบมากที่สุดในช่วง 1-3 นาที หลังจากที่ยิงปืน ซึ่งอนุภาคเหม่ปิ่นจากปืนทั้ง 2 ชนิดมีปริมาณและการกระจายตัวแตกต่างกัน และจะตรวจพบอนุภาคเหม่ปิ่นในปริมาณมากจากฝ่ามือ และจากนิ้วโป้งและนิ้วชี้ด้านฝ่ามือของผู้ยิง

สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ปีการศึกษา 2551

ลายมือชื่อนักศึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ 1. 2. 3.

49312331: MAJOR: FORENSIC SCIENCE

KEY WORD: GSR PARTICLES, ICP-OES

SIRILUX CHAMAIBUPPHA: DETERMINATION OF THE DISTRIBUTION OF GSR PARTICLES FROM SHOOTING PISTOLS IN A CLOSED ROOM BY ICP-OES. THESIS

ADVISORS: ASST. PROF. NARONG CHIMPALEE, Ph.D., SIRIRAT CHOOSAKOONKRIANG, Ph.D., AND AKARAWAT CHINWORASAWAT. 74 pp.

In this work, the experiments were carried out to study the distribution of Gunshot Residues (GSR) in five directions from the front of the shooter and to determine the amounts of GSR particles deposited on the floor at different times after shooting, in a closed room. The pistols used were a semi-automatics, Glock (model 19, 9 mm) and a revolver Smith & Wesson (model M 60, .38). The amounts of Ba, Sb and Pb in the GSR were determined by using the technique of Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometer (ICP-OES) and were used as the measures of the GSR particles. The results demonstrated that the highest proportions of GSR particles were found at 1-2 meters from the front of the shooter and from the direction of 45 degree to the right of the shooter. The maximum amounts of GSR particles deposited were found at approximately 1 to 3 minutes after shooting. Different amounts of GSR particles were detected from the two types of pistols. In addition, the high proportions of the GSR particles were detected from the samples collected from the palm and palm area of the thumb and forefinger of the shooter.

Program of Forensic Science

Graduate School, Silpakorn University

Academic Year 2008

Student's signature

Thesis Advisors' signature 1. 2. 3.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ เรื่องการศึกษาการกระจายตัวของอนุภาคเขม่าป็นจากปิ่นที่ยังในห้องปิด ด้วยเทคนิค ICP-OES ฉบับนี้ เป็นความตั้งใจของผู้วิจัยที่จะสนใจค้นคว้าเพิ่มเติม หลังจากศึกษาด้านนิติวิทยาศาสตร์ในระดับปริญญาโท ณ มหาวิทยาลัยศิลปากร ขอขอบคุณ ผศ.ดร.นรงค์ ฉิมพาลี, อ.ดร.ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง และ พันตำรวจตรีอัศววัฒน์ ชินวรสวัสดิ์ ผู้จุดประกายความคิด และ แนะนำทางในการศึกษา และ อ. ดร. ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี ที่กรุณาสละเวลาให้คำชี้แนะจนกระทั่งวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นความภาคภูมิใจของลูกสาวที่ตั้งใจมอบเป็นของขวัญแด่ คุณพ่อคุณแม่ ผู้มีพระคุณให้กำเนิด เลี้ยงดูอุ้มชูด้วยความรัก ขอขอบคุณทั้งสองท่านผู้เป็นกำลังใจให้ตลอดมา ความสำเร็จความดีของการศึกษารั้งนี้ขอมอบแด่บุคคลอันเป็นที่รักทั้งสอง ที่สำคัญที่สุดในชีวิต คือ นายอมรเวช ชไมบุปผา และนางชมณัฐนิช เกื้อจิตบุญเปี่ยม

ขอขอบคุณโรงเรียนพลตำรวจ จังหวัดนครปฐม ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการศึกษาทดลอง

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ คงไม่สามารถสำเร็จลงได้หากปราศจากคณาจารย์ เพื่อนๆ และเจ้าหน้าที่ทุกท่านในภาควิชานิติวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ผู้กรุณาสละเวลาช่วยเหลือผู้ศึกษาด้วยความความเต็มใจยิ่ง ผู้ศึกษาจะรำลึกถึงความกรุณาของท่านไว้เสมอ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
สมมติฐานของการศึกษา.....	2
ขอบเขตการศึกษา.....	3
วิธีการศึกษา.....	3
หลักการของเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง (ICP-OES)	3
กระสุนปืนและอนุภาคเขม่าปืน (GSR Particle)	9
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	20
2 เครื่องมือและสารเคมี.....	23
เครื่องมือ.....	23
สารเคมีและอุปกรณ์.....	23
ชนิดของอาวุธที่ใช้ในการทดลอง	24
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	26
การศึกษาหาปริมาณเขม่าปืนในแก้วปืนก่อนยิง.....	26
การศึกษาหาทิศทางและการกระจายตัวของอนุภาคเขม่าปืน	27
การศึกษาหาผลของระยะเวลาที่มีต่อการตกลงมาของเขม่าปืนในห้องปิด.....	30
วิเคราะห์หาอนุภาค GSR ในบริเวณที่แตกต่างกันของมือจากการยิงด้วยปืน	31
การเก็บตัวอย่างเขม่าปืน	32

สารบัญ

	หน้า
4 ผลการทดลอง.....	34
ผลการศึกษาหาปริมาณของธาตุ GSR ในแก๊ปลูกกระสุนปืนก่อนยิง	34
ผลการศึกษาหาทิศทางการกระจายตัวของอนุภาคเขม่าปืนในห้องปิด.....	35
ผลการศึกษาหาผลของระยะเวลาที่มีต่อการตกลงมาของเขม่าปืนในห้องปิด.....	50
ผลการศึกษาหาปริมาณความเข้มข้นของธาตุ GSR ในบริเวณที่แตกต่างกันของมือมือ	56
5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง	60
วิเคราะห์ผลการศึกษาหาทิศทางการกระจายตัวของอนุภาคเขม่าปืน	60
วิเคราะห์ผลการศึกษาหาผลของระยะเวลาที่มีต่อการตกลงมาของ เขม่าปืนในห้องปิด	64
วิเคราะห์ผลการศึกษาหาอนุภาค GSR ในบริเวณที่แตกต่างกันของมือ ในปืน Revolver และ Semi- Automatics	65
อภิปรายผลการทดลอง	65
บรรณานุกรม	67
ภาคผนวก	70
ประวัติผู้วิจัย	74

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1	ค่าเฉลี่ยปริมาณของธาตุ GSR ก่อนยิงในแก๊ปกระสุนปืน Revolver และปืน Semi- Automatics 34
2	แสดงปริมาณของธาตุ GSR ที่กระจายตัวอยู่รอบๆจุดยิง จากปืน Revolve..... 37
3	แสดงปริมาณของธาตุ GSR ที่กระจายตัวอยู่รอบๆจุดยิง จากปืน Semi-Automatics 44
4	ค่าเฉลี่ยผลของระยะเวลาที่มีต่อการตกลงมาของเขม่าปืนในห้องปิด สำหรับปืน Revolver..... 51
5	ค่าเฉลี่ยผลของระยะเวลาที่มีต่อการตกลงมาของเขม่าปืนในห้องปิด สำหรับปืน Semi-Automatics 53
6	แสดงปริมาณของธาตุ GSR ในบริเวณที่แตกต่างกัน ของมือทั้ง 2 ข้างจากปืน Revolver 56
7	แสดงปริมาณของธาตุ GSR ในบริเวณที่แตกต่างกัน ของมือทั้ง 2 ข้างจากปืน Semi-Automatics 58
8	แสดงปริมาณของธาตุ GSR ที่ตรวจพบได้ในแต่ละทิศทาง จากการยิง ในระบบปิด..... 60

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ภาพอาร์กอนพลาสมาที่เกิดจากการเหนี่ยวนำ.....	4
2	ภาพตัดขวางของ ICP Torch.....	5
3	องค์ประกอบที่สำคัญของเครื่อง ICP-OES.....	6
4	เครื่อง Inductively Coupled Plasma Spectrometer (ICPS) Varian Liberty 220..	9
5	แสดงส่วนประกอบของกระสุนปืน	10
6	ตัวอย่างกระสุนแบบ Pin Fire Cartridge.....	11
7	ตัวอย่างกระสุนแบบ Rimmed Fire Cartridge	11
8	ตัวอย่างกระสุนแบบ Center fire Cartridge	12
9	ดินดำ.....	13
10	ดินดำแบบใหม่.....	14
11	แก๊ปปืน หรือชนวนท้ายกระสุนปืน (Primer cap)	15
12	ส่วนประกอบภายในแก๊ปปืน (Primer cap)	16
13	ลักษณะอนุภาค GSR แบบ Regular Spheroids	18
14	ลักษณะอนุภาค GSR แบบ Irregular Particles	19
15	ลักษณะอนุภาค GSR แบบ Peeled Orange	19
16	ปืน Revolver ยี่ห้อ Smith & Wesson Model M60	24
17	กระสุนปืน Revolver ยี่ห้อ Sellier&Bellot ขนาด .38 Special	24
18	ปืน Semi-Automatics ยี่ห้อ Glock Model 19	25
19	กระสุนปืน Semi-Automatics ยี่ห้อ Winchester ขนาด 9 mm Luger.....	25
20	แก๊ปปืน (Primer cap) ที่อยู่ในกระสุนปืนหลังจากผ่าออกมา.....	26
21	ทิศทางการเก็บตัวอย่างอนุภาค GSR ใน 5 ทิศทางที่แผ่ออกจากจุดศูนย์กลาง.....	27
22	สัญลักษณ์ที่ใช้ในการกำหนดทิศทางการเก็บตัวอย่าง โดยรูปวงกลมแทนตำแหน่งจุดยืนของผู้ยิง	28
23	ทิศทางการเก็บตัวอย่างอนุภาค GSR ใน 5 ทิศทางที่แผ่ออกจากจุดศูนย์กลาง ในห้องปิด	29
24	ลักษณะท่าทางการยิงปืนของผู้ยิงขณะทำการทดสอบ	29

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
25	ลักษณะการวางแผนกระเบื้องเพื่อศึกษาหาผลของระยะเวลา ที่มีต่อการตกลงมาของเขม่าปืน.....	30
26	ตำแหน่งการเก็บตัวอย่างอนุภาค GSR ในการศึกษาหาผลของระยะเวลา ที่มีต่อการตกลงมาของเขม่าปืน ในปืน Revolver.....	31
27	ตำแหน่งที่เก็บเขม่าปืนบนมือของผู้ยิงทั้ง 4 ตำแหน่ง	32
28	ขั้นตอนและวิธีการในการเก็บตัวอย่างเขม่าปืน	33
29	กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณธาตุ GSR ในแก๊ปกระสุนปืนก่อนยิง ในปืน Revolver และปืน Semi-Automatics	35
30	สัญลักษณ์ที่ใช้ในการกำหนดทิศทางในการเก็บตัวอย่าง	36
31	ปริมาณของธาตุ GSR ทั้ง 3 ธาตุ ที่ตำแหน่งต่างๆของปืน Revolver ครั้งที่ 1	38
32	ปริมาณของธาตุ GSR ทั้ง 3 ธาตุ ที่ตำแหน่งต่างๆของปืน Revolver ครั้งที่ 2	38
33	ปริมาณของธาตุ GSR ทั้ง 3 ธาตุ ที่ตำแหน่งต่างๆของปืน Revolver ครั้งที่ 3	39
34	เปรียบเทียบการกระจายตัวของปริมาณธาตุ Ba ในการยิงแต่ละครั้ง ของปืน Revolver	40
35	เปรียบเทียบการกระจายตัวของปริมาณธาตุ Sb ในการยิงแต่ละครั้ง ของปืน Revolver	40
36	เปรียบเทียบการกระจายตัวของปริมาณธาตุ Pb ในการยิงแต่ละครั้ง ของปืน Revolver	41
37	กราฟแท่งสรุปค่าเฉลี่ยการกระจายตัวของอนุภาคเขม่าปืนซึ่งประกอบด้วย ธาตุ Ba, Sb และ Pb จากการยิงทั้งหมด 3 ครั้งในตำแหน่งต่างๆ ของปืน Revolver	42

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
38 กราฟ 3 มิติ สรุปค่าเฉลี่ยการกระจายตัวของอนุภาคเขม่าปืนซึ่งประกอบด้วยธาตุ Ba, Sb และ Pb จากการยิงทั้งหมด 3 ครั้งในตำแหน่งต่างๆของปืน Revolver	42
39 ปริมาณของธาตุ GSR ทั้ง 3 ธาตุ ที่ตำแหน่งต่างๆของปืน Semi-Automatic ครั้งที่ 1	45
40 ปริมาณของธาตุ GSR ทั้ง 3 ธาตุ ที่ตำแหน่งต่างๆของปืน Semi-Automatic ครั้งที่ 2.....	45
41 ปริมาณของธาตุ GSR ทั้ง 3 ธาตุ ที่ตำแหน่งต่างๆของปืน Semi-Automatic ครั้งที่ 3	46
42 เปรียบเทียบการกระจายตัวของอนุภาค Ba ในการยิงแต่ละครั้งของปืน Semi-Automatics.....	47
43 เปรียบเทียบการกระจายตัวของอนุภาค Sb ในการยิงแต่ละครั้งของปืน Semi-Automatics.....	47
44 เปรียบเทียบการกระจายตัวของอนุภาค Pb ในการยิงแต่ละครั้งของปืน Semi-Automatics.....	48
45 กราฟแท่งสรุปค่าเฉลี่ยการกระจายตัวของอนุภาคเขม่าปืนซึ่งประกอบด้วยธาตุ Ba, Sb และ Pb จากการยิงทั้งหมด 3 ครั้งในตำแหน่งต่างๆของปืน Semi-Automatics.....	49
46 กราฟ 3 มิติ สรุปค่าเฉลี่ยการกระจายตัวของอนุภาคเขม่าปืนซึ่งประกอบด้วยธาตุ Ba, Sb และ Pb จากการยิงทั้งหมด 3 ครั้งในตำแหน่งต่างๆของปืน Semi-Automatics.....	49
47 ค่าเฉลี่ยระยะเวลาการตกของเขม่าปืน Revolver ที่ตำแหน่ง 2 เมตรจากปลายกระบอกปืนทางด้านหน้าจากการทดลองทั้ง 2 ครั้ง	52
48 ค่าเฉลี่ยระยะเวลาการตกของเขม่าปืน Semi-Automatics ที่ตำแหน่ง 1 เมตรจากปลายกระบอกปืนทางด้านหน้าจากการทดลองทั้ง 2 ครั้ง	54

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
49	เปรียบเทียบระยะเวลาการตกของอนุภาค GSR ในปืน Revolver กับปืน Semi- Automatics.....	55
50	ปริมาณธาตุ GSR ในบริเวณที่แตกต่างกันของมือซ้าย จากปืน Revolver.....	57
51	ปริมาณธาตุ GSR ในบริเวณที่แตกต่างกันของมือซ้าย จากปืน Semi-Automatics	58
52	การเปรียบเทียบทิศทางที่พบปริมาณธาตุ GSR มากที่สุดในปืน Revolver.....	62
53	การเปรียบเทียบทิศทางที่พบปริมาณธาตุ GSR มากที่สุด ในปืน Semi - Automatics.....	62
54	ตำแหน่งที่ตรวจพบธาตุ GSR ในปริมาณต่างๆ จากการยิงด้วยปืน Revolver.....	63
55	ตำแหน่งที่ตรวจพบธาตุ GSR ในปริมาณต่างๆ จากการยิงด้วยปืน Semi-Automatics	63
56	กราฟเปรียบเทียบระยะเวลาการตกของอนุภาค GSR จากปืน Revolver เทียบกับปืน Semi-Automatics.....	64

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อาชญากรรมที่ประทุษร้ายต่อชีวิต และร่างกาย โดยใช้อาวุธปืนในประเทศไทยนั้นนับว่าเป็นปัญหาสำคัญ ซึ่งหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ และกระทรวงมหาดไทย ตลอดจนผู้เกี่ยวข้องในกลไกของการรักษาความสงบเรียบร้อยภายในประเทศได้พยายามออกกฎหมาย กฎระเบียบข้อบังคับต่างๆ เพื่อควบคุมการมีและใช้อาวุธปืนของประชาชนให้อยู่ในขอบเขตตามความจำเป็น ซึ่งที่ผ่านมาสามารถควบคุมการก่ออาชญากรรมโดยใช้อาวุธปืนได้ผลดีในระดับหนึ่ง แต่เนื่องจากอาวุธปืนที่ใช้ประกอบอาชญากรรมในปัจจุบันนั้น ส่วนมากเป็นปืนนอกกฎหมาย หรือปืนเถื่อน ทำให้การควบคุมกระทำได้ยากขึ้น ดังนั้นปัญหาอาชญากรรมที่กระทำโดยอาวุธปืนในปัจจุบันนี้ จึงทวีความรุนแรงมากขึ้น

ในการสืบสวนคดีเกี่ยวกับอาวุธปืน วัตถุพยานต่างๆ ที่เกี่ยวกับอาวุธปืน เครื่องกระสุนปืน เช่น ลูกกระสุนปืน ปลอกกระสุนปืน หมอนรองกระสุนปืน รวมถึงเขม่าปืน ซึ่งได้จากการเกิดเหตุผู้บาดเจ็บหรือศพ, ผู้ต้องสงสัย และตัวผู้กระทำผิดเอง จำเป็นต้องมีการตรวจพิสูจน์เพื่อเป็นข้อมูลในการสืบสวนสอบสวน เพื่อนำไปใช้หาพฤติกรรมของคนร้าย และหาตัวผู้กระทำผิดที่แท้จริงต่อไป

นิติวิทยาศาสตร์ เป็นศาสตร์แขนงหนึ่งที่ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาพิสูจน์การกระทำผิดด้วยหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่สามารถบิดเบือนได้ โดยการนำวัตถุพยานที่เก็บได้จากสถานที่เกิดเหตุ หรือจากตัวผู้ต้องสงสัยมาทำการตรวจพิสูจน์ เพื่อช่วยในการสืบสวนสอบสวน จับกุมตัวผู้กระทำผิด และลงโทษผู้กระทำผิดได้อย่างบริสุทธิ์ยุติธรรม

เขม่าปืน หรือเขม่าจากการยิงปืน (Gunshot Residue) หมายถึง ผลลัพธ์ที่เกิดจากการเผาไหม้ของชนวนท้ายกระสุนปืนหรือ แก๊ปปืน (Primer Residue) ซึ่งประกอบด้วย เกลือของตะกั่ว, เกลือของแบเรียม และเกลือของพลวง โดยการตรวจเขม่าปืนในปัจจุบันมีหลายวิธี เช่น Atomic Absorption Spectrophotometry ซึ่งเป็นวิธีตรวจหาธาตุแอนติโมนี (Sb) และธาตุแบเรียม (Ba) ที่ผสมอยู่ในชนวนท้ายกระสุนปืน หรือแก๊ปปืน โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) วิธีนี้เริ่มใช้เมื่อ พ.ศ. 2519 จนถึงปัจจุบัน ส่วนวิธีอื่นๆ ที่จะพิสูจน์หาธาตุ

สำคัญที่มาจากกรยิงปืน ได้แก่ Sodiumrhodizonate test, Neutron Activation Analysis (NAA), Scanning Electron Microscopy/ Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM/EDS) เป็นต้น

การกระจายตัวของเขม่าปืน เป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งที่บอกถึงตำแหน่งการยิงของผู้ยิงว่ายิงมาจากตำแหน่งใด ตรงตามการให้การของทั้งพยานหรือผู้ต้องสงสัยหรือไม่ รวมทั้งปัจจัยด้านชนิดของอาวุธปืนและชนิดของลูกกระสุนปืนที่อาจมีผลต่อการกระจายตัวของเขม่าปืน และถ้าอิงจากตำแหน่งใดตำแหน่งนั้น จะมีเขม่าปืน ติดอยู่ที่วัตถุพยานบริเวณใดบ้าง ส่วนการศึกษาผลของเวลาที่มีต่อการคงอยู่อนุภาค GSR ภายหลังการยิงปืน ก็สามารถบอกถึงการปนเปื้อนของเขม่าปืนในบุคคลที่ไม่ได้ยิงปืน แต่เข้มายังสถานที่เกิดเหตุทันทีภายหลังเกิดการยิงปืนขึ้นได้ เนื่องจากการตรวจพบอนุภาคของเขม่าปืนยังมีหลายปัจจัยที่เข้ามาเกี่ยวข้องทั้งในเรื่องของเวลาและพฤติกรรมของผู้ยิงปืน

ดังนั้นการศึกษาระยะการกระจายตัวของเขม่าปืน และการศึกษาผลของเวลาที่มีต่อการคงอยู่อนุภาค GSR ภายหลังการยิงปืน จะทำให้ทราบถึงตำแหน่งของผู้ยิง และช่วงเวลาที่น้อยที่สุดที่เขม่าปืนจะไม่ตกลงมาอีก เพื่อเป็นแนวทางในการสืบสวนถึงผู้ที่เกี่ยวข้องในสถานที่เกิดเหตุที่มีการยิงปืนได้ต่อไป

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์การศึกษา

1. เพื่อศึกษาระยะการกระจายตัวของเขม่าปืนในระบบปิด ในปืน Revolver และ Semi-Automatics
2. เพื่อศึกษาทิศทางของการกระจายตัวของเขม่าปืนในระบบปิดในปืน Revolver และ Semi-Automatics
3. เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาที่มีต่อการตกลงมาของเขม่าปืนในระบบปิดในปืน Revolver และ Semi-Automatics
4. เพื่อศึกษาหาตำแหน่งที่สามารถตรวจพบเขม่าปืนได้มากที่สุด ในบริเวณต่างๆของมือผู้ยิงในปืน Revolver และ Semi-Automatics

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

การกระจายตัวของเขม่าดินปืนจะกระจายออกทั้ง 2 ข้างจากตำแหน่งปลายกระบอกปืน ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน โดยภายหลังการยิงปืน เขม่าปืนจะยังคงตัว และกระจายตัวอยู่ในอากาศเป็นเวลาช่วงหนึ่ง ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ด้วยเทคนิค Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometer (ICP-OES)

1.4 ขอบเขตการศึกษา

1. ศึกษาหาระยะการกระจายตัวของเขม่าปืน ทิศทางการกระจายตัวของเขม่าปืน ระยะเวลาที่เขม่าป็นตกลงมามากที่สุด และหาตำแหน่งที่สามารถตรวจพบเขม่าปืนได้มากที่สุดในบริเวณต่างๆของมือผู้ยิง เป็นการศึกษาในระบบปิดเท่านั้น
2. ศึกษาทำการทดลองในปืน 2 ชนิด คือ ปืน Revolver ยี่ห้อ Smiths & Wesson model M60 ขนาด .38 Special โดยใช้กระสุนปืนยี่ห้อ S & B ขนาด .38 Special และ Semi-Automatics ยี่ห้อ Glock model 19 โดยใช้กระสุนปืน ยี่ห้อ Winchester ขนาด 9 mm

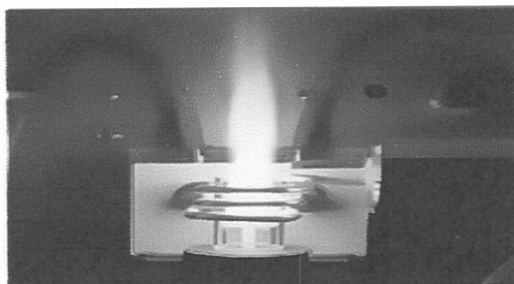
1.5 วิธีการศึกษา

1. สถานที่
 - 1.1 มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์
 - 1.2 โรงเรียนพลตำรวจ จังหวัดนครปฐม
2. วิธีวิเคราะห์ตัวอย่าง
 - 2.1 วิเคราะห์ด้วยเทคนิค Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometer (ICP-OES)
3. การบันทึกและวิเคราะห์ผล
 - 3.1 นำผลที่บันทึกได้มาหาค่าทางสถิติของแต่ละวิธี
 - 3.2 วิเคราะห์ผลทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบ

1.6 หลักการของเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ICP-OES (Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometer)

1.6.1 หลักการของ ICP-OES

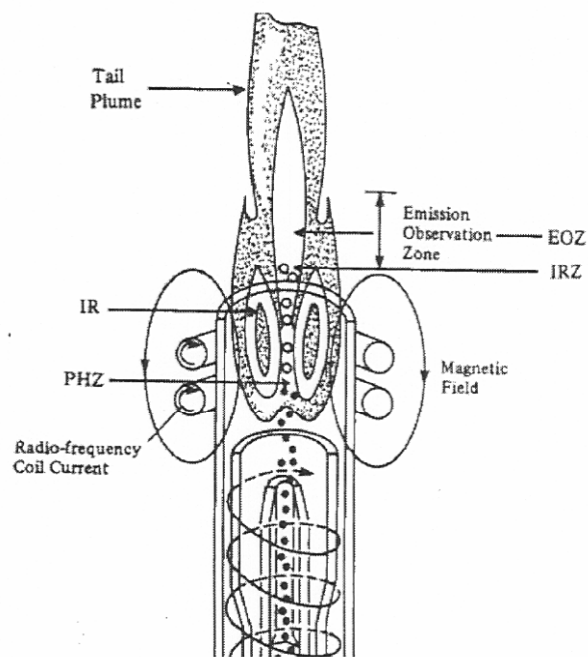
ICP-OES เป็นเครื่องมือวิเคราะห์ธาตุ โดยใช้หลักการการคายแสงที่มีความยาวคลื่นเฉพาะตัวของอะตอมหรือไอออนของธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ โดยใช้พลาสมา (Plasma) ที่มีอุณหภูมิสูงถึง 10,000 องศาเซลเซียสเป็นแหล่งความร้อนทำให้เกิดการคายแสง ซึ่งจะปล่อยแสงสเปกตรัมที่มีความยาวคลื่นเฉพาะตัวออกมา แล้ววัดความเข้มของแสงและคำนวณเป็นความเข้มข้นของปริมาณธาตุในตัวอย่าง ICP-OES โดยเทคนิคนี้เป็นเทคนิคที่สามารถวิเคราะห์ธาตุได้หลายธาตุพร้อมกัน (multi-element)



ภาพที่ 1 ภาพอาร์กอนพลาสมาที่เกิดจากการเหนี่ยวนำ

1.6.2 หลักการเกิดพลาสมา

คบ (Torch) ของ ICP ตามภาพที่ 2 ประกอบด้วยหลอดทำด้วยควอตซ์ (Quartz Tube) ซ้อนกัน 3 ชั้น ปลาย Torch มีท่อกลางทำด้วยทองแดงล้อมรอบอยู่ 2-3 รอบ เรียกว่า load coil ภายใน coil มีการผ่านน้ำเย็นตลอดเวลา coil นี้ถูกต่อเข้ากับเครื่องส่งความถี่วิทยุ (RF Generator) ซึ่งผลิตพลังงานจากคลื่นความถี่วิทยุ 2 kW ที่ 40 MHz เมื่อต่อ RF Power ปล่อยเข้าไปใน coil จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก (H) ที่บริเวณ Torch ทำให้เกิดการชักนำให้มีกระแสไหลผ่านตัวนำ แล้วทำให้ตัวนำมีความร้อนขึ้น พลาสมาของอาร์กอนที่ผ่านเข้าไปในหลอดชั้นกลางจะถูกสนามแม่เหล็กช่วยเร่งให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่เร็วขึ้นประกอบกับมีหลอดทองแดงทำหน้าที่เป็นขดลวด ทำให้อิเล็กตรอนมีพลังงานเพิ่มขึ้น เรียกว่าเกิด “Inductive Coupling” อิเล็กตรอนที่มีพลังงานสูงนี้จะชนกับอะตอมของก๊าซอาร์กอนต่อไป ทำให้เกิดอิเล็กตรอนเพิ่มมากขึ้นเป็นลูกโซ่กลายเป็นพลาสมา จึงเรียกว่า “Inductively Coupled Plasma” การปล่อยประจุจากพลาสมานี้จะให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 6,000-10,000 K ที่ปลาย Torch ให้พลาสมาสีขาว และเนื่องจากบริเวณปลาย Torch มีอุณหภูมิสูงมาก จึงต้องผ่านก๊าซอาร์กอนเข้าไปทางหลอดชั้นนอก เพื่อทำหน้าที่เป็น Cooling Gas และช่วยทำให้พลาสมาอยู่อย่างเสถียร สารละลายที่จะทำการวิเคราะห์ จะถูกส่งเข้าเครื่อง โดยสารละลายจะถูกเปลี่ยนให้เป็นละอองฝอย (Aerosol) โดยกระบวนการ Nebulization และสารละลายตัวอย่างที่เป็นละอองนี้ จะถูกพาเข้าพลาสมา ใน ICP Torch ซึ่งจะทำให้ตัวอย่างกลายเป็นอะตอมหรือไอออน และถูกกระตุ้น (Excited) เมื่ออะตอมของตัวอย่างกลับสู่สถานะพื้น จะคายแสงซึ่งมีลักษณะเฉพาะออกมา แสงที่เกิดขึ้นนี้จะผ่านเข้าไปในส่วนหนึ่งของเครื่อง Spectrometer การทำงานของเครื่องตลอดจนการบันทึกข้อมูลจะถูกควบคุมด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ดังภาพที่ 3

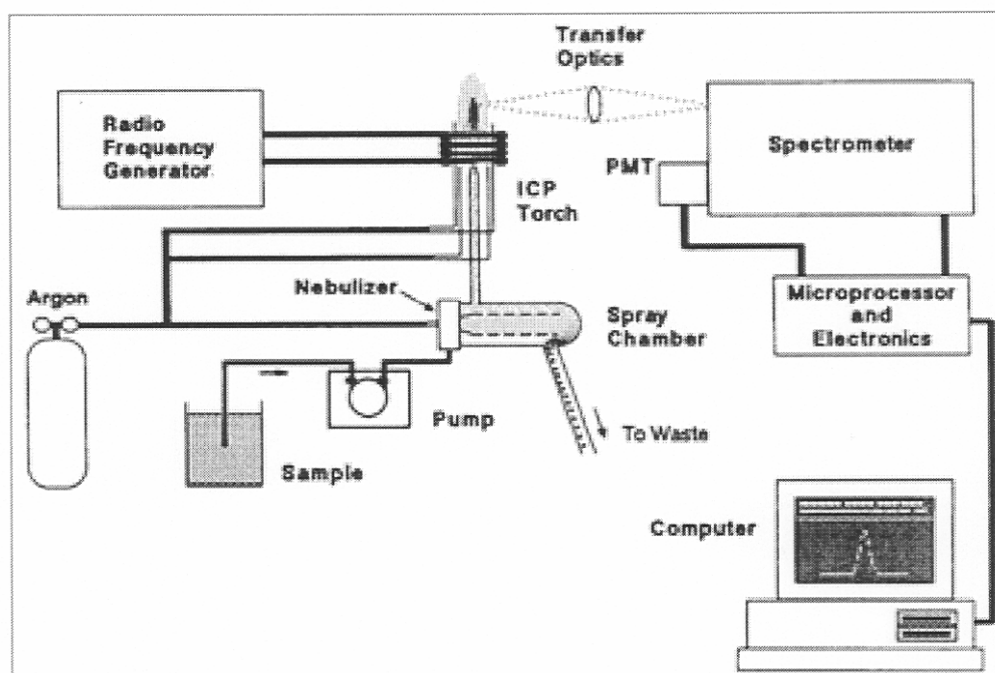


ภาพที่ 2 ภาพตัดขวางของ ICP Torch

1.6.3 องค์ประกอบต่างๆของเครื่อง ICP-OES

องค์ประกอบที่สำคัญมีดังนี้

1. Nebulizer, Spray Chamber และก๊าซอาร์กอน
2. ICP Torch
3. Radio Frequency Generator
4. Spectrometer
5. Microprocessor และ Computer



ภาพที่ 3 องค์ประกอบที่สำคัญของเครื่อง ICP-OES

Nebulizer

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเปลี่ยนสารละลายตัวอย่างให้เป็นละออง (Aerosol) เพื่อให้เข้าสู่พลาสมา กระบวนการนี้นับว่าเป็นส่วนที่สำคัญมาก เพราะจะต้องให้ได้ผลที่มีความแม่นยำและคงที่ การเปลี่ยนสารละลายตัวอย่างให้เป็นละอองที่นิยมใช้กันใน ICP นั้น มีอยู่ 2 แบบเท่านั้น คือ ใช้ Pneumatic Force และ Ultrasonic Mechanical Force ส่วนมากเครื่อง ICP ที่สร้างในปัจจุบันมักจะ เป็น Pneumatic Type ซึ่งคล้าย ๆ กับ Nebulizer ในเครื่อง AAS โดยสามารถปรับอัตราการไหลของสารละลายได้

ICP Torch

คป (Torch) ที่ใช้ในเครื่อง ICP เป็นคปที่มี 3 ชั้น สำหรับให้แก๊สอาร์กอน และละอองสารตัวอย่างผ่านเข้าไป ระยะระหว่างหลอดควอร์ตซ์ 2 ชั้นนอกจะแคบ เพื่อให้แก๊สอาร์กอนที่ผ่านไปมีความเร็วสูง หลอดข้างนอกจะต้องมีการผ่านแก๊สอาร์กอนเข้าไปทางด้านข้าง โดยให้แก๊สหมุนจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน ซึ่งใช้สำหรับทำให้คปเย็น เรียกว่า “Coolant Flow” หรือ “Plasma Flow” สำหรับ Ar-ICP จะให้แก๊สไหลด้วยอัตราเร็ว 7 - 15 ลิตร/นาที สำหรับหลอดชั้นกลางซึ่งอยู่ระหว่าง

Plasma Flow และ Sample Flow นั้น จะมีการผ่านแก๊สอาร์กอนเข้าไปเพื่อช่วยทำให้พลาสมาแยกออกจากส่วนที่ละอองสารตัวอย่างจะผ่านเข้าไป ซึ่งจะช่วยให้ละอองของสารตัวอย่างเข้าไปในพลาสมาได้ง่ายขึ้น ตามปกติจะใช้อัตราการไหลของแก๊สที่ส่วนนี้ประมาณ 1 ลิตร/นาที่ สำหรับละอองสารตัวอย่างจะถูกพาเข้าไปในพลาสมาทางท่อตรงกลางเรียกว่า Injector ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็ก ๆ ความเร็วของแก๊สตรงส่วนนี้ประมาณ 1 ลิตร/นาที่ เรียกว่า Sample Flow หรือ Nebulizer Flow

Radio Frequency Generators

เครื่องส่งความถี่วิทยุ (Radio Frequency, RF) เป็นอุปกรณ์ที่ให้กำลังและช่วยทำให้ Plasma Discharge เกิดขึ้นติดต่อกันตลอดเวลา กำลังที่ให้นี้มีค่าประมาณ 600 – 1,800 วัตต์ โดยส่งผ่าน Load Coil ที่พันอยู่รอบคอบไปยังพลาสมา Load Coil จะทำหน้าที่เป็นสายอากาศเพื่อส่ง RF Power ไปยังพลาสมา โดย Load Coil จะทำด้วยทองแดงเล็ก ๆ เมื่อใช้งาน ท่อทองแดงนี้จะต้องมีน้ำหรือแก๊สไหลผ่านเพื่อทำให้เกิดความเย็น เครื่องส่ง RF ที่ใช้ใน ICP นั้น ส่วนมากจะใช้อยู่ในช่วงความถี่ 27 – 56 MHz

Spectrometer

เครื่อง Spectrometer ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ หลายอย่างด้วยกัน เช่น ช่องแสงเข้าออก, เกรตติง หรือโมโนโครมาเตอร์ และดีเทกเตอร์ ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกันกับเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer

1.6.4 การเตรียมตัวอย่าง

ICP-OES จะสามารถตรวจสอบได้เพียงตัวอย่างที่เป็นของเหลวเท่านั้น ดังนั้น หากตัวอย่างเป็นของแข็งจำเป็นจะต้องนำไปละลายก่อน จากนั้นเมื่อนำตัวอย่างเข้าสู่การวิเคราะห์โดยเครื่อง ICP ตัวอย่างสารละลายจะถูกเปลี่ยนสภาพเป็นละอองของเหลว (aerosol) โดย Nebuliser ซึ่งละอองขนาดใหญ่จะถูกแยกออกจากละอองขนาดเล็กใน spray-chamber โดยที่ละอองขนาดเล็ก (ประมาณ 1-10 ไมครอน) จะถูกเคลื่อนย้ายโดยก๊าซอาร์กอนและไหลเวียนเข้าสู่ใจกลางของ ICP-OES (เป็นอาร์กอนพลาสมา) ส่วนละอองขนาดใหญ่กว่า 90% นั้น จะถูกปั๊มออกไปเป็นของเสีย

1.6.5 การวิเคราะห์เขม่าป็นด้วยเทคนิค ICP-OES

ภายหลังจากการยิงปืน จะเกิดการเผาไหม้ของชนวนท้ายกระสุนปืน และเกิดการควบแน่นรวมตัวของไอธาตุต่างๆที่เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว การดูลงค์ประกอบของธาตุที่อยู่ในเขม่าป็นนั้น จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ใช้ในการสรุปว่า อนุภาคที่วิเคราะห์อยู่นั้นเป็นอนุภาคที่เกิดจากการยิงปืนมาหรือไม่ ดังนั้น รูปแบบจำเพาะที่เป็นเอกลักษณ์ของอนุภาค GSR โดยทั่วไปในแก๊สปืนจะมีธาตุโลหะต่างๆ หลายชนิดเป็นองค์ประกอบ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1. ประเภทที่แน่นอน (Unique Categories) ถ้าตรวจพบพร้อมกัน บอกได้แน่นอนว่าเป็นเขม่าที่มาจากกระสุนปืน เมื่อตรวจพบว่าอนุภาคมีธาตุโลหะ Pb, Ba และ Sb เป็นองค์ประกอบ

2. ประเภทบ่งชี้ (Indicative Categories) ถ้าตรวจพบว่ามีธาตุเหล่านี้ เชื่อว่าเป็นอนุภาคของกระสุนปืนที่มาจากกระสุนปืน ได้แก่

- 2.1 อนุภาคที่ประกอบด้วย Ba, Ca และ Si ที่ปราศจาก S หรือมี S ในปริมาณน้อย
- 2.2 อนุภาคที่ประกอบด้วย Pb และ Sb
- 2.3 อนุภาคที่ประกอบด้วย Pb และ Ba
- 2.4 อนุภาคที่ประกอบด้วย Sb และ Ba
- 2.5 อนุภาคที่ประกอบด้วย Sb อย่างเดียวหรืออาจมี S เป็นองค์ประกอบด้วย
- 2.6 อนุภาคที่ประกอบด้วย Pb อย่างเดียว
- 2.7 อนุภาคที่ประกอบด้วย Ba อย่างเดียว และไม่มี S เป็นองค์ประกอบ

โดยที่อนุภาค GSR ทั้ง 2 ประเภทอาจมีธาตุโลหะรองชนิดอื่นเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย ซึ่งธาตุโลหะรองเหล่านี้ ได้แก่ Si, Ca, Al, Cu, Fe, S, P, Ni, K, Cl และ Zn (Schwoeble, et al., 2000)

ในงานวิจัยนี้จะใช้เครื่อง ICP-OES สำหรับวิเคราะห์หาปริมาณเขม่าป็น ซึ่งประกอบด้วยธาตุแบเรียม (Ba), แอนติโมนี (Sb) และตะกั่ว (Pb) ที่เกิดขึ้นภายหลังจากการยิงปืน โดยถ้าตรวจพบธาตุทั้ง 3 ชนิด ดังกล่าวพร้อมกันจะสามารถบ่งบอกได้แน่นอนว่าเป็นเขม่าที่มาจากกระสุนปืน ซึ่งเกณฑ์ปริมาณอนุภาค GSR ที่ใช้การตัดสินใจบุคคลเกี่ยวกับการยิงปืนหรือไม่ คือ ธาตุแบเรียม (Ba) 200 ppb, ธาตุตะกั่ว (Pb) 200 ppb และ แอนติโมนี (Sb) 20 ppb

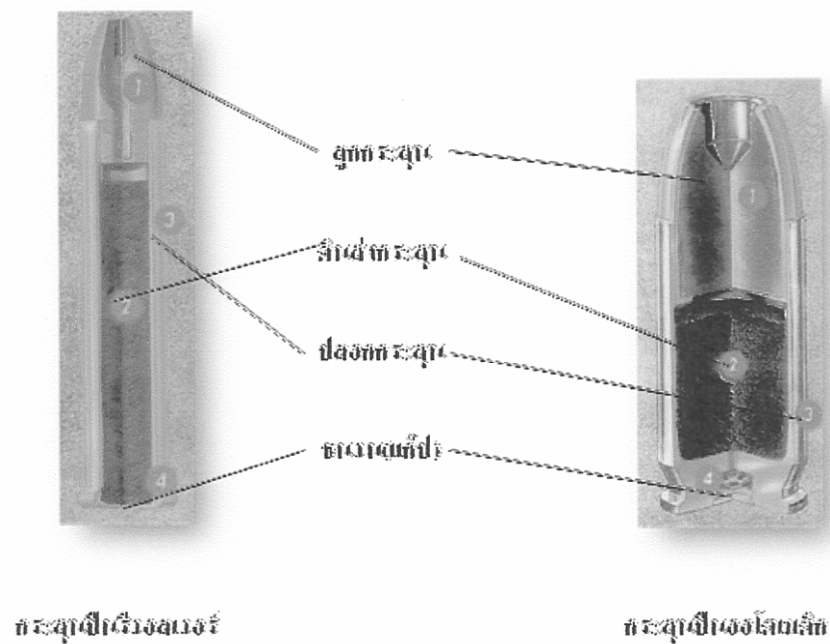


ภาพที่ 4 เครื่อง Inductively Coupled Plasma Spectrometer (ICPS) Varian Liberty 220

1.7 กระสุนปืนและอนุภาคเขม่าปืน (GSR Particle)

กระสุนปืนโดยทั่วไปมีส่วนประกอบที่สำคัญ 4 ส่วน คือ

- 1) ลูกกระสุนปืน หรือ หัวกระสุนปืน (Bullet)
- 2) ปลอกกระสุนปืน (Cartridge Case)
- 3) ดินส่่งกระสุนปืน (Powder)
- 4) แก๊ป (Primer Cap)

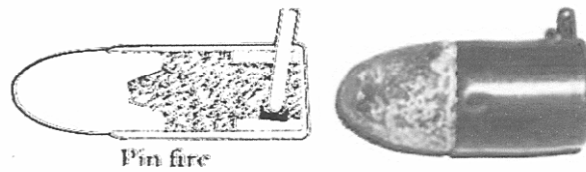


ภาพที่ 5 แสดงส่วนประกอบของกระสุนปืน

กระสุนปืนที่ผลิตและจำหน่ายมี 3 แบบ คือ

1) Pin Fire Cartridge

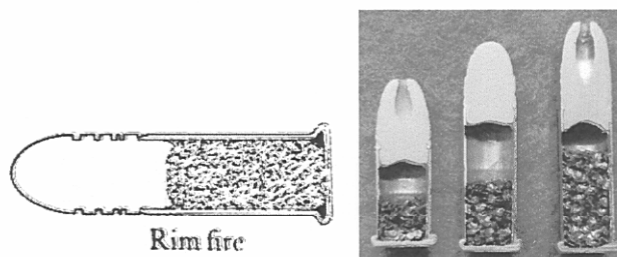
เป็นกระสุนแบบแรกที่สร้างขึ้นโดยช่างทำปืนชาวเมืองปารีสชื่อ E.Lefacheux ในปี ค.ศ. 1835 และผลิตออกจำหน่ายในปี ค.ศ. 1836 โดยมีทั้งกระสุนปืนไรเฟิล กระสุนปืนพก และกระสุนปืนลูกซอง ในตอนแรกปลอกกระสุนปืนทุกชนิดทำด้วยกระดาษ ส่วนท้ายเป็นทองเหลือง และมีเข็มโผล่ออกมาทางด้านข้างปลอกกระสุนปืน ปลอกเข็มอีกด้านหนึ่งฝังอยู่ภายในปลอกกระสุนปืนโดยวางอยู่บนแก๊ป (Primer Cap) ซึ่งบรรจุอยู่ในถ้วยโลหะ อาวุธปืนที่ใช้กระสุนแบบนี้ที่ขึ้นปืนจะไม่มีเข็มแทงชนวน เวลาขึ้นปืนจะกระแทกลงบนเข็มที่ใช้กระสุนปืน และปลอกเข็มอีกข้างหนึ่งก็จะกระแทกกับแก๊ป เกิดระเบิดขึ้นประกายไฟก็จะไปเผาไหม้ดินปืนต่อไป กระสุนปืนแบบ Pin Fire มีอายุการใช้งานไม่นานนัก ก็ถูกแทนที่ด้วยกระสุนปืนแบบใหม่ คือ Rim Fire



ภาพที่ 6 ตัวอย่างกระสุนแบบ Pin Fire Cartridge

2) Rimmed Fire Cartridge

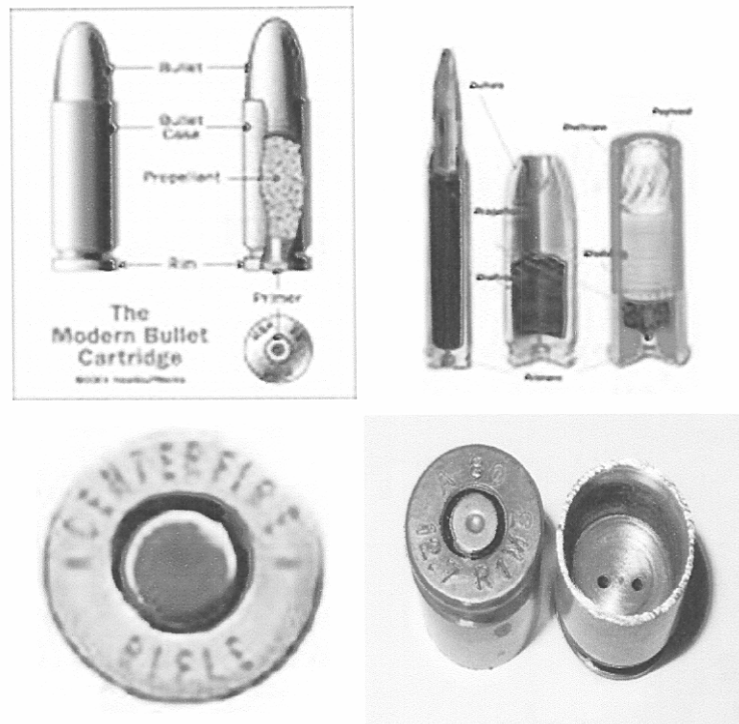
เป็นกระสุนปืนที่ทำให้มีชนวนท้ายกระสุนปืนอยู่บริเวณขอบจานท้ายกระสุนปืน โดยกระสุนปืนชนิดนี้จะลั่นได้ก็ต่อเมื่อเข็มแทงชนวนแทงไปที่บริเวณขอบจานท้ายกระสุนปืนเท่านั้น จะเห็นได้ทั่วไปในกระสุนปืนลูกกรด ขนาด .22 ซึ่งใช้ Picrate จาก Picric Acid ในการทำชนวน เหตุที่กระสุนปืนลูกกรด ขนาด .22 ทำแบบชนวนริม เนื่องจากกระสุนปืนมีขนาดเล็ก การจะทำแบบชนวนกลาง (Center Fire) ทำให้ยากและมีต้นทุนสูง



ภาพที่ 7 ตัวอย่างกระสุนแบบ Rimmed Fire Cartridge

3) Center fire Cartridge

เป็นกระสุนปืนที่เข็มแทงชนวนจะต้องแทงให้ถูกต้องตรงกลางของจานท้ายกระสุนปืนจึงลั่นได้ มีใช้กันมาตั้งแต่ปี ค.ศ.1861 แต่กว่าจะมีคุณภาพเหมือนกับที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้ ก็ได้มีการปรับปรุงแก้ไขอย่างมากมาย ตั้งแต่วัสดุที่ใช้ทำปลอกกระสุนปืน, ดินปืน, ลูกกระสุนปืน, Primer Cap และ Priming Mixture



ภาพที่ 8 ตัวอย่างกระสุนแบบ Center fire Cartridge

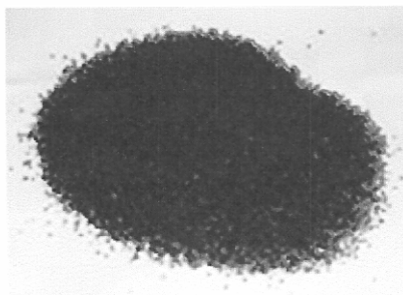
เมื่อกระสุนปืน Rim Fire และ Center Fire ถูกสร้างขึ้นมา ก็นับเป็นจุดเริ่มของการพัฒนาอาวุธปืนสมัยใหม่ขึ้นมา ทำให้มีปืนแบบที่สามารถยิงซ้ำได้ เช่น แบบ Lever Action , Pump Action, Semi-Automatic และปืนกลแบบต่าง ๆ ขึ้น ทำให้อาวุธปืนได้รับการพัฒนาทั้งทางด้านคุณภาพและประสิทธิภาพขึ้นอย่างมากมาย

ดินปืน (Gun Powder)

ดินปืน หรือดินส่งกระสุนปืน เป็นของแข็งซึ่งเมื่อเกิดการลุกไหม้จะให้แก๊สปริมาณมากในช่วงเวลาอันสั้น การลุกไหม้จะเกิดจากประกายไฟ หรือเปลวไฟที่ได้มาจากการระเบิดของแก๊ป หรือโคยวิธีอื่นก็ได้ ความรวดเร็วในการเผาไหม้ของดินปืนเป็นสิ่งสำคัญ หากเกิดการเผาไหม้เร็วเกินไปแก๊สที่เกิดขึ้นก็เกิดอย่างรวดเร็วมาก มีความดันสูงเกินกว่าที่ลูกกระสุนปืนจะวิ่งออกจากลำกล้องปืนได้ทัน ลำกล้องปืนก็จะเกิดระเบิด ในทางตรงกันข้ามถ้าการเผาไหม้ช้าไป แก๊สที่เกิดขึ้นจะมีน้อยทำให้แรงขับเคลื่อนลูกกระสุนปืนน้อยตามลงไปด้วยก็จะทำให้วิถีกระสุนปืนไม่ดีหรือบางครั้งลูกกระสุนปืนอาจจะตกแต่ปากกระบอกปืนก็ได้

ชนิดของดินปืนในปัจจุบัน มี 3 ชนิด

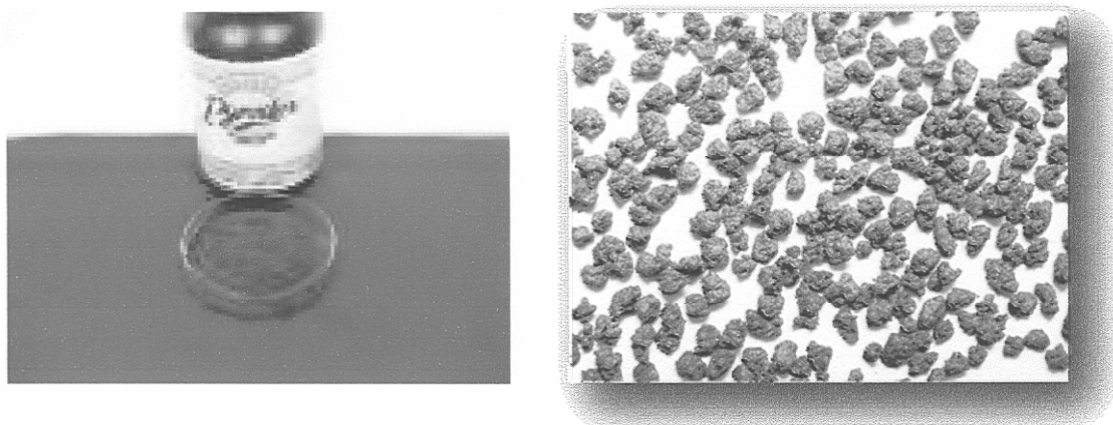
1) **Black Powder (ดินดำ)** เป็นดินปืนชนิดแรกที่ชาวยุโรปไปพบในประเทศจีน ซึ่งในขณะนั้นชาวจีนใช้ดินสำหรับทำประทัดและพลูเพื่อจุดในงานรื่นเริงต่าง ๆ โดยส่วนประกอบของดินดำ ประกอบด้วย ดินประสิว(Potassium Nitrate), ถ่านไม้(Charcoal) และกำมะถัน(Sulphur) ซึ่งแต่เริ่มแรกนั้น อัตราส่วนผสมของสาร 3 ชนิดนี้มีด้วยกันหลายแบบ แต่อัตราส่วนมาตรฐานของดินดำในปัจจุบันที่ถือว่าเป็นอัตราส่วนโดยน้ำหนักที่ให้แรงระเบิดสูงสุด คือ ดินประสิว 75 %, ถ่านไม้ 15 % และกำมะถัน 10 % ดินดำมีความไวต่อประกายไฟที่ 500 °F และยังคงมีใช้มากในปัจจุบัน



ภาพที่ 9 ดินดำ

2) **Pyrodex (ดินดำแบบใหม่)** ดินปืนชนิดนี้มีส่วนผสมหลักเหมือนกับดินดำ คือ มีดินประสิว ถ่านไม้ และกำมะถัน แต่มีอัตราส่วนของดินดำที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังมีส่วนผสมอื่นเข้ามาอีก คือ Potassiumperchlorate, Sodiumbenzoate, Dicyandiamide (1-Cyanoguanidine) และยังมี Dextrine, Wax และ Graphite จำนวนเล็กน้อยผสมอยู่ Pyrodex ที่ยังไม่ใช้ยังจะเห็นความแตกต่างจากดินดำอย่างชัดเจน เพราะ Pyrodex เป็นเม็ดสีเทา และมีบางส่วนโปร่งแสง นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติติดไฟยากกว่าดินดำ เนื่องจากมีจุดติดไฟที่ 750 °F

สำหรับ Pyrodex ที่ยิงแล้ว สามารถตรวจหาสารประกอบที่นอกเหนือจากดินดำ ได้หลายวิธี เช่น High Performance Liquid Chromatography, Energy Dispersive Elemental Analysis และ/หรือ FTIR (Infrared Spectroscopy) เป็นต้น



ภาพที่ 10 ดินดำแบบใหม่

3) **Smokeless Powder (ดินควันน้อย)** การพัฒนาดินควันน้อยนั้น เกิดขึ้นใกล้ ๆ กับการค้นพบ Guncotton, Nitroglycerine และ Dynamite โดยในปี 1845 Christian Schoenbein ชาวสวิสเป็นผู้ค้นพบ Guncotton ในปี ค.ศ. 1846 Alfred Nobel ชาวสวีเดน ได้พบ Dynamite แต่ทั้ง 3 นี้เป็นวัตถุระเบิดไม่สามารถนำมาใช้เป็นดินปืนได้ ทำให้มีการศึกษาหาวิธีทำดินปืนแบบใหม่ขึ้นมา เพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงกว่าดินดำ และสามารถควบคุมอัตราการเผาไหม้ได้ ซึ่งมีผู้ค้นพบดินควันน้อยอยู่หลายคนด้วยกัน

ในปี ค.ศ. 1869 E.Schultz ชาวปรัสเซีย เป็นคนแรกที่คิดค้นได้ โดยการทำให้เป็นสารประกอบ Nitrate แล้วผสมกับ Barium Nitrate และ Potassium Nitrate ดินปืนแบบนี้ใช้ได้ดีกับกระสุนปืนลูกซอง แต่ยังคงเผาไหม้เร็วเกินไปสำหรับกระสุนปืนแบบอื่น ๆ

ในปี ค.ศ. 1870 Frederick Volkmann ชาวออสเตรีย ได้จดลิขสิทธิ์ดินปืนที่เขาค้นพบ โดยให้ชื่อว่า Collodin โดยใช้ไม้ Alder ปั่นละเอียดแทนไม้ท่อน ๆ ไป

ในปี ค.ศ. 1884 Vieile ชาวฝรั่งเศสและ Duttonhofer ชาวเยอรมัน ได้ละลาย Nitrocellulose ใน Alcohol หรือ Ether หรือสารละลายตัวอื่น ๆ ทำให้ได้ Plastic Gelatin ที่สามารถทำให้เป็นแผ่นและตากแห้ง แล้วหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ใช้เป็นดินปืนได้

ต่อมาในปี ค.ศ. 1887 Alfred Nobel ก็ได้ทำดินควันน้อยโดยใช้ Guncotton ละลายใน Nitroglycerine ได้สารประกอบคอลลอยด์มีชื่อว่า Ballistite ซึ่งมีส่วนประกอบของ Nitrocellulose 60 % และ Nitroglycerine 40 % และสามารถทำเป็นแผ่นหรือหลอดได้

และในปี ค.ศ. 1890 ดินควันน้อยก็ได้ถูกนำมาใช้เป็นดินปืนแทนดินดำ เนื่องจากดินควันน้อยให้แรงระเบิดสูงกว่าดินดำมากในปริมาณเท่ากัน และเมื่อใช้ยิงแล้วมีเขม่าหรือควันน้อยมากเมื่อ

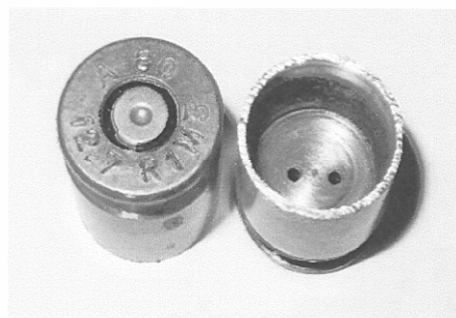
เทียบกับดินดำ อีกทั้งยังต่อการควบคุมการจุลระเบิด แต่ข้อเสียคือ มีราคาแพงกว่าดินดำมาก และยังมีปัญหาเกี่ยวกับความปลอดภัยในการใช้ปืนในสมัยนั้น ซึ่งสร้างจากเหล็กที่ทนแรงดันได้ไม่สูงนัก

ดินค้อนน้อยในปัจจุบันทำจากการนำเอา Cotton หรือ Cellulose Fiber อย่างอื่นทำปฏิกิริยาเคมีกับกรด Nitric และกรด Sulfuric เข้มข้น ได้สารประกอบที่มีชื่อว่า Nitrocellulose หรือ Cellulose Nitrate ดินค้อนน้อยที่ทำจากสารประกอบ Nitrocellulose เพียงอย่างเดียวเรียกว่า Single Base แต่ถ้าต้องการแบบที่มีแรงระเบิดสูงขึ้นใช้ Nitroglycerine ผสมเข้ากับ Nitrocellulose ในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน แล้วแต่ความต้องการความเร็วในการเผาไหม้เล็กน้อยเพียงใด แบบนี้มีชื่อว่า Double Base การควบคุมอัตราการจุลระเบิดดินค้อนน้อย ทำให้ดินค้อนน้อยมีรูปร่างต่าง ๆ กัน เช่น ทำให้เป็นฝอย (Flake) , เป็นแผ่น (Disc) , เป็นแท่ง (Tabular) หรือเป็นเม็ดกลม (Ball) เป็นต้น นอกจากนี้ยังเคลือบสารเคมีบางอย่างก็สามารถทำให้อัตราเร็วในการเผาไหม้แตกต่างกัน

แก๊ป (Primer cap) หรือชนวนท้ายกระสุนปืน

แก๊ป (Primer cap) หรือชนวนท้ายกระสุนปืนอยู่บริเวณงานท้ายปลอกกระสุนปืน นับเป็นหัวใจของกระสุนปืนในปัจจุบัน ซึ่งกระสุนปืนแบบ Center Fire ยกเว้นในกระสุนปืนลูกซองจะมี Primer Cap อยู่ 2 แบบ คือ

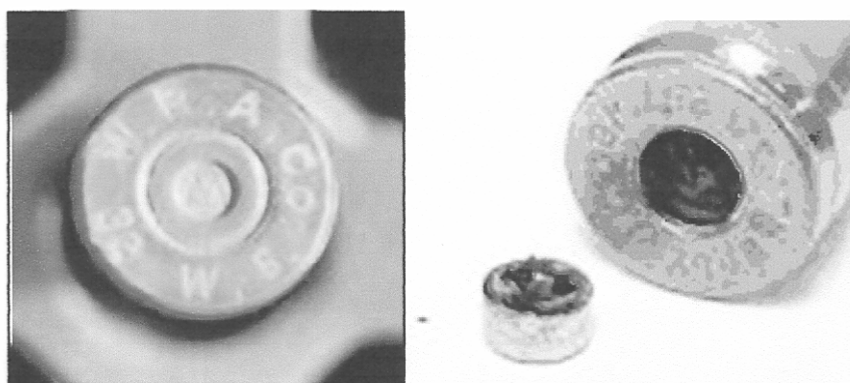
1. Standard ใช้กับกระสุนปืนพกขนาดเล็กทั่ว ๆ ไป Primer Cap มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.175 นิ้ว
2. Magnum ใช้กับกระสุนปืนพกขนาดใหญ่ทั่ว ๆ ไป Primer Cap มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.210 นิ้ว



ภาพที่ 11 แก๊ปปืน หรือชนวนท้ายกระสุนปืน (Primer cap)

Primer Cap มีส่วนประกอบสำคัญอยู่ 3 ส่วน คือ

1. Primer Cup ทำด้วยโลหะทองแดง, ทองเหลือง หรือทองเหลืองชุบนิกเกิล ทำหน้าที่เป็นตัวบรรจุ Priming Mixture
2. Priming Mixture เป็นวัตถุระเบิดประเภทกระทบแตก ทำหน้าที่เป็นตัวให้ประกายไฟจุดดินปืน
3. Anvil เป็นโลหะแข็ง ทำหน้าที่เป็นตัวรับการกระแทกของเข็มแทงชนวน ทำให้ Priming Mixture ที่อยู่ระหว่างกลางเกิดการระเบิดขึ้น



ภาพที่ 12 ส่วนประกอบภายในแก๊ปปืน (Primer cap)

ที่มาของคราบเขม่าปืนที่เกิดจากการยิงปืน (GSR)

เมื่อมีการลั่นไกปืนเกิดขึ้น เข็มแทงชนวนจะไปกระทบที่ชนวนท้ายกระสุนปืน (Primer Cap) ซึ่งจะทำให้แก๊ปปืนที่อยู่ตรงชนวนท้ายกระสุนปืนนั้น เกิดการจุดชนวนเป็นประกายไฟแล้วไปเผาไหม้ให้ดินส่กระสุนปืนซึ่งเป็นดินควันน้อย (Smokeless Powder) ที่บรรจุอยู่ภายในปลอกกระสุนปืน เกิดการลุกไหม้และให้แก๊สปริมาณมากอย่างรวดเร็วในเวลาอันสั้น แก๊สที่เกิดขึ้นนั้นจะขยายตัวทำให้เกิดความดันสูง หรือที่เรียกว่าการจุดระเบิด ทำให้กระสุนปืนสามารถวิ่งออกไปจากปากลำกล้องปืนเพื่อกระทบเป้าได้ นอกจากนี้ แรงระเบิดที่เกิดขึ้นจะผลักดันให้อิออนูภาคของสารต่าง ๆ ที่ถูกความร้อนเผาไหม้นั้น กระจายจากปากกระบอกปืนและบริเวณช่องว่างต่าง ๆ ของอาวุธปืน ออกมาสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งไอออนูภาคเหล่านี้เมื่อออกมาสู่บริเวณภายนอกที่มีความร้อนน้อยกว่าก็จะควบแน่นลงมา แล้วปลิวไปเกาะติดอยู่ที่บริเวณมือ เสื้อผ้า และพื้นผิวอื่น ๆ ที่อยู่บริเวณใกล้เคียง ซึ่งปริมาณของอนุภาคที่ปลิวมาเกาะนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลักสำคัญหลายอย่าง เช่น ชนิด ขนาด และลักษณะรูปแบบของอาวุธปืนและกระสุนปืนที่ใช้ หรือสภาพพื้นที่ในขณะยิงปืน เช่น ยิงปืน

ภายในสิ่งแวดล้อมปิด หรือสิ่งแวดล้อมเปิด ก็จะทำให้ทิศทางการฟุ้งกระจายของไออนุภาคมีความแตกต่างกันด้วยเป็นต้น

ในขณะยิงปืนนั้น เขม่าที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ของชนวนท้ายกระสุนปืน (Primer Cap) จะก่อให้เกิดอนุภาคที่ประกอบด้วย ตะกั่ว (Pb), แบเรียม (Ba) และแอนติโมนี (Sb) ในปริมาณที่แตกต่างกันไป นอกจากอนุภาคเหล่านี้แล้ว ก็ยังมีอนุภาคอื่น ๆ อีกหลายชนิดที่เป็นส่วนผสมอยู่ภายในกระสุนปืนด้วย โดยปกติแล้วขนาดของอนุภาคเหล่านี้ จะมีขนาดเล็กมากในระดับไมครอน จนถึงกว่า 100 ไมครอน

ที่ชนวนท้ายของกระสุนปืน (Primer Cap) จะมีส่วนผสมของสารประกอบเคมีหลักสำคัญอยู่ 3 ส่วน ที่มีบทบาทสำคัญในการศึกษาและการวิเคราะห์ในเรื่องคราบเขม่าที่มาจากการยิงปืนด้วยกัน ได้แก่

1. Initiator เป็นเชื้อปะทุ มีคุณสมบัติคือ เป็นสารประกอบเคมีที่สามารถระเบิดได้เองโดยไม่ต้องใช้ไฟจุด เป็นตัวเริ่มขบวนการเมื่อเข็มแทงชนวนกระทบแก่ป Initator ที่ใช้กันมากในปัจจุบัน คือ Lead Styphnate ($\text{PbO}_2\text{C}_6\text{H}(\text{NO}_2)_3$)

2. Oxidizer เป็นตัวให้ออกซิเจนเพื่อช่วยในการเผาไหม้ของ Fuel นิยมทำด้วย Barium Nitrate ($\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$)

3. Fuel เป็นตัวทำให้เกิดเปลวไฟเพียงพอที่จะจุดดินปืนต่อไป นิยมใช้ Antimony Sulfide (Sb_2S_3)

ซึ่งเชื้อปะทุที่ใช้กันมาในอดีต ได้แก่ Mercury Fulminate ($\text{Hg}(\text{CNO})_2$), Stibnite (Sb_2S_3), Potassium Chlorate (KClO_3) และผงแก้ว (Powder Glass) แต่หลังจากสงครามโลกครั้งที่สองเป็นต้นมาจนถึงปัจจุบันมักจะใช้ Lead Styphnate ($\text{PbO}_2\text{C}_6\text{H}(\text{NO}_2)_3$), Stibnite (Sb_2S_3), Barium Nitrate ($\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$) และ Tetracene ($\text{C}_{18}\text{H}_{12}$) โดยแต่ละบริษัทผู้ผลิตจะมีองค์ประกอบของสารดังกล่าวแตกต่างกันออกไป

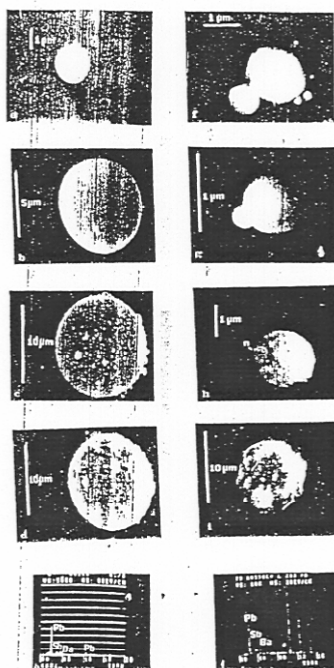
การเกิดอนุภาค GSR

เมื่อเข็มแทงชนวนกระทบที่ชนวนท้ายกระสุนปืน (Primer Cap) จะทำให้เกิดการระเบิดและเผาไหม้ขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะนั้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งอุณหภูมิและความดันสูงขึ้นเป็นอย่างมาก โดยภายในเวลา 1 millisecond อุณหภูมิจะสูงขึ้นเป็น $3,600^\circ\text{C}$ และความดันเปลี่ยนเป็น 40,000 psi ซึ่งที่สภาวะนี้ จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นกว่าจุดเดือดของตะกั่ว แบเรียม และแอนติโมนี เนื่องจากตะกั่ว แบเรียม และแอนติโมนี มีจุดเดือดเพียง $1,620^\circ\text{C}$, $1,140^\circ\text{C}$ และ

1,380 °C ตามลำดับ ดังนั้นธาตุโลหะทั้งสาม จึงเปลี่ยนสถานะเป็นไอ แต่เนื่องจากการอึดตัวของไอธาตุเหล่านี้มากเกินไป จึงเกิดการควบแน่นกลับคืนมาเป็นหยดเล็ก ๆ โดยที่ผิวของมันยังมีลักษณะเป็นของเหลวอยู่ โดยเหตุการณ์นี้จะเกิดอยู่ในสภาวะสมดุลไดนามิกที่อุณหภูมิ 1,500 – 2,000 °C ความดัน 9,653 kpa (1,400 psi) และเมื่ออุณหภูมิลดลง หยดเล็ก ๆ เหล่านี้ก็จะแข็งตัวกลายเป็นคราบเขม่าที่มาจากการยิงปืน

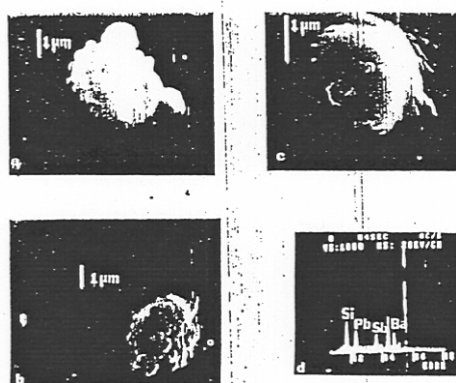
เนื่องจากอนุภาค GSR ที่เกิดจากการควบแน่นและรวมตัวของไอธาตุ Pb, Ba และ Sb นั้นมาจากการที่ไอธาตุได้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว ภายหลังจากการเผาไหม้ของชนวนท้ายกระสุนปืน จึงทำให้รูปแบบหรือสัณฐานของอนุภาค GSR ที่เกิดขึ้นมีได้หลายแบบ โดย Basu ได้ทำการศึกษาสัณฐานของอนุภาค GSR และแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ

1. Regular Spheroids เป็นอนุภาคที่มีลักษณะเป็นทรงกลม และมีขนาดตั้งแต่ 1-10 ไมโครเมตร



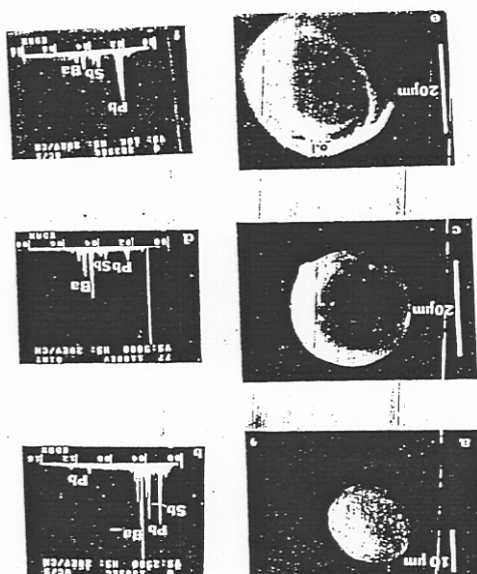
ภาพที่ 13 ลักษณะอนุภาค GSR แบบ Regular Spheroids

2. Irregular Particles หรือ Nodular Spheroids เป็นอนุภาคที่เกิดจากการรวมตัวของอนุภาคขนาดเล็กมาเกาะติดแน่นอยู่บนอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า ทำให้มีรูปลักษณะเป็นทรงกลม โดยที่บริเวณผิวทรงกลมมีปุ่มงอกออกขึ้นมาอย่างเห็นได้ชัด



ภาพที่ 14 ลักษณะอนุภาค GSR แบบ Irregular Particles

3. อนุภาคที่มีแบเรียม และแอนติโมนีก่อตัวเป็นแกนกลาง โดยมีตะกั่วหุ้มล้อมรอบ อยู่ภายนอกอนุภาค ซึ่งเรียกว่า “Peeled Orange” เป็นผลเนื่องมาจากการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว ทำให้แบเรียมและแอนติโมนีแข็งตัวในเวลาใกล้เคียงกัน เพราะต่างมีจุดเยือกแข็งที่ใกล้เคียงกัน คือ 725°C และ 630.5°C ตามลำดับ ส่วนจุดเยือกแข็งของตะกั่วมีเพียง 327°C จึงเกิดการแข็งตัวช้า ที่สุด เป็นเหตุให้อยู่ล้อมรอบสองธาตุดังกล่าว



ภาพที่ 15 ลักษณะอนุภาค GSR แบบ Peeled Orange

1.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการกระจายตัวของอนุภาคเขม่าดินปืนจากปืนที่ยิงในห้องปิดด้วยเทคนิค ICP-OES ผู้ศึกษาทบทวนและรวบรวมไว้ประกอบด้วย

Lubor Fojtasek, Jitka Vacinova, Pavel Kolar และ Marek Kotrly [1] ทำการศึกษาการกระจายตัวของเขม่าดินปืนจาก pistol CZ 85 caliber 9 mm Luger โดยใช้เครื่อง SEM ตรวจสอบงานวิจัยนี้ออกแบบการทดลองหลากหลายรูปแบบ เพื่อศึกษาเกี่ยวกับการกระจายตัวของอนุภาคเขม่าปืน ใน 7 ทิศทางรอบจุดยิง โดยใช้ ปืน CZ 85 ขนาด 9 mm ในการทดลอง และมีตัวแปรในการทดลอง ได้แก่ ในระบบเปิด, ในระบบปิด และชนิดของกระสุน จากผลการทดลอง พบว่าปริมาณอนุภาคเขม่าปืนที่พบมากที่สุด จะอยู่ที่ทางด้านขวาเป็นมุม 45°C และ 2-4 m จากจุดยิง โดยอนุภาคเขม่าปืนที่พบนั้น จะพบได้ในระยะไม่เกิน 10 m จากจุดยิง และอิทธิพลของสภาวะก็มีผลต่อการกระจายตัวของอนุภาคเขม่าปืนด้วยเช่นกัน

การทดลองดังกล่าว เพื่อหาการกระจายตัวของอนุภาค GSR ในฟังก์ชันของระยะทางสรุปได้ว่า

1. อนุภาค GSR สามารถถูกตรวจพบได้ แม้ที่ระยะถึง 10 เมตร ซึ่งมากกว่าก่อนหน้านี้ที่เคยถูกตรวจพบได้ที่ประมาณ 6 เมตรเท่านั้น
2. ปริมาณสูงสุดของอนุภาค GSR ไม่ได้พบที่จุดยิง แต่มีการกระจายตัวไปยังบริเวณใกล้เคียง และสามารถตรวจพบได้ ภายใน 30 นาที

อย่างไรก็ตาม การศึกษาหาทิศทางการกระจายตัวของอนุภาค GSR ใน 7 ทิศทางที่แผ่ออกจากจุดศูนย์กลางยังไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างผู้ยิงกับบุคคลอื่นได้อย่างชัดเจนเท่ากับการตรวจสอบที่มีมือ เพราะการตรวจสอบที่มีมือจะมีเอกลักษณ์ที่ชี้ขาดได้มากกว่า แต่การตรวจสอบที่มีมือนั้น ขึ้นกับปัจจัยหลายอย่างจึงจะได้ค่าที่ถูกต้อง ดังนั้นการตรวจหาทิศทางการกระจายตัวของอนุภาค GSR รอบจุดยิงร่วมด้วย ก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยยืนยันเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้มากยิ่งขึ้น

Lubor Fojtasek และ Tomas Kmjec [2] ทำการศึกษาช่วงเวลาการคงอยู่ของอนุภาคเขม่าปืนภายหลังการยิงปืน หลังการยิงด้วยอาวุธปืนพกสั้น และอาวุธปืนรีวอลเวอร์ โดยใช้อาวุธปืนพกสั้น ยี่ห้อ CZ รุ่น 85 ขนาด 9 มม. Luger กับกระสุนปืนขนาด 9 มม. Luger FMJ Sellier&Bellot, อาวุธปืนพกสั้น ยี่ห้อ CZ รุ่น 70 ขนาด 7.65 มม. Browning (.32 ACP) กับกระสุนปืนขนาด 7.65 มม. Browning FMJ Sellier&Bellot และอาวุธปืนรีวอลเวอร์ ยี่ห้อ S&W รุ่น 60 ความยาว

ถ้ำกลิ้ง 2-1/800 ขนาด .38 Special กับกระสุนปืนยี่ห้อ Sellier&Bellot (FMJ) ผลของการศึกษาชี้ให้เห็นถึงพฤติกรรมของอนุภาคเข้ามาป็นที่ยังคงอยู่ภายหลังการยิงปืนหนึ่งนัด โดยอนุภาค GSR ที่ตกลงหลังการยิงปืน จากการทดลองนี้ถูกยืนยันว่าอนุภาคของ GSR จะยังคงอยู่ในอากาศเป็นช่วงเวลาหนึ่งภายหลังการยิงปืน ดังนั้นจึงเสี่ยงที่จะมีการปนเปื้อนของบุคคลซึ่งเข้ามาในสถานที่เกิดเหตุหลังการยิงปืนหลายๆ นาติ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้อาวุธปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติมีความเป็นไปได้ที่การปนเปื้อนยังคงอยู่ยาวนานประมาณ 8 นาติภายหลังการยิงปืน และเมื่อใช้อาวุธปืนรีวอลเวอร์เป็นไปได้ที่การปนเปื้อนจะเกิดยาวนานกว่า มากถึง 10 นาติหลังการยิงปืน ชนิดของอาวุธปืน และกระสุนปืนที่ใช้มีผลต่อเวลาหลังยิงปืนซึ่งเสี่ยงต่อการปนเปื้อนที่ระยะเวลายาวนานกว่าหรือน้อยกว่า

Jorge E. Souza Sarkis, Osvaldo N. Neto, Sonia Viebig และ Steven F. Durrant. [3] ได้ทำการวิเคราะห์หาอนุภาคเข้ามาป็นที่มาจากปืนพก โดยเทคนิค SF-ICP-MS ด้วยปืนพกสั้นซึ่งเป็นที่ยอมรับกันส่วนมากในประเทศบราซิล คือ ปืนพกรีวอลเวอร์ขนาด .38 Special อย่างไรก็ตามไม่กี่ปีที่ผ่านมาเนื่องจากอาวุธประจำกายของตำรวจมีความทันสมัยขึ้น และการหาซื้อปืนมาครอบครองทั้งในตลาดที่ถูกกฎหมายและที่ผิดกฎหมายทำได้ง่ายขึ้น อาวุธปืนจึงกลายมาเป็นที่นิยม และได้มีการจับกุมผู้กระทำความผิดเกี่ยวกับอาวุธปืนได้ประมาณ 20 % ในงานวิจัยก่อนหน้านี้ได้กล่าวถึงการเก็บตัวอย่างเข้ามาป็นโดยใช้ สารละลาย EDTA ซึ่งเป็น complexing agent จากนั้นนำไปตรวจด้วยเทคนิค SF-HR-ICP-MSในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้กล่าวถึงความสามารถของวิธีการที่จะตรวจพิสูจน์ธาตุโลหะ Sb, Ba, Pb บนมือของอาสาสมัครภายหลังการยิงด้วยด้วยปืนพกสั้นขนาด 9 มม. และ 0.40 นิ้ว กระสุนปืนที่ใช้ทดสอบคือขนาด 9 mm. (Taurus) และ clean range เทคนิคนี้ให้สภาพไวสูงเทคนิคหนึ่งก็คือ เทคนิค SF-HR-ICP-MS ซึ่งสามารถตรวจพิสูจน์ธาตุโลหะที่มาจากกระสุนปืนที่มีความเข้มข้นต่ำ (น้อยกว่า $1 \mu\text{g/L}$) นับเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ ยกตัวอย่างเช่น ธาตุแอนติโมนี เป็นธาตุที่พบได้ยากและเป็นตัวชี้ได้ชัดเจนว่ามีการยิงปืน ความเข้มข้นของแอนติโมนีของผู้ที่ไม่ได้ยิงปืนจะมีน้อยมาก จึงจำเป็นต้องใช้เทคนิคที่มีสภาพไวมากๆ เช่น High resolution ICP-MS ในการตรวจวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ได้อภิปรายถึงความสำคัญของการเก็บตัวอย่างรวมถึงการเก็บตัวอย่างจากส่วนต่างๆ ของร่างกายและมือผู้ต้องสงสัยที่ยิงปืน ผลการวิเคราะห์ที่ได้สามารถแยกแยะระหว่างผู้ที่ผ่านการยิงปืนและผู้ที่ไม่ได้ยิงปืนออกจากกัน

L. Garofano , M. Capra, F. Ferrari, G.P. Bizzaro, D. Di Tullio, M. Dell'Olio และ A. Ghitti [4] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับอาชีพที่มีผลต่อการเก็บเข้ามาป็น จากการศึกษาบรรดาอนุภาคต่างๆ

จากสิ่งแวดล้อมและสภาพงานที่ทำ ภายใต้ปฏิบัติการของสถาบันสืบสวนสอบสวนทางวิทยาศาสตร์ ชื่อ Reparto Carabinieri แห่งเมือง Parma ประเทศอิตาลี เป็นการแสดงถึงข้อมูลที่ได้รับจากความร่วมมือของลูกจ้างในสังกัดอาชีพต่างๆที่เกี่ยวข้องจำนวน 175 ตัวอย่าง โดยตัวอย่างต่างๆ นั้น ได้มาจากกลุ่มตัวอย่างของพนักงานที่ทำงานในโรงงานอุตสาหกรรมประกอบรถยนต์ คนขับรถที่ทำงานเกี่ยวกับเครื่องยนต์ แบตเตอรี่ ยางรถยนต์ และจากความร่วมมือเป็นรายบุคคล เช่น คนงานที่ทำงานในโรงงานประกอบชิ้นส่วนปืน ลูกปืน ปืนเด็กเล่น การทำพลู และประทัด ในการศึกษากลุ่มตัวอย่างผู้ประกอบการอาชีพต่างๆ ส่วนใหญ่นั้น สามารถพิสูจน์ให้เห็นว่าคนที่ทำงานเกี่ยวข้องกับรถยนต์อาจมีส่วนที่ทำให้เกิดอนุภาคต่างๆที่ประกอบด้วยแบเรียมและพลวง ซึ่งในบางกรณีก็ยากที่จะจำแนกออกจากลักษณะของส่วนที่ดูเหมือนจากการยิงปืนเกิดขึ้น ความเสี่ยงที่ผลจะออกมาเป็น false-positive ค่อนข้างสูง หากการวิจัยตรวจสอบและการเก็บรวบรวมแผ่นเทปตัวอย่างถูกใช้โดยปราศจากการพิจารณาให้ละเอียดก่อน การวิจัยนี้ช่วยยืนยันการศึกษาอื่นๆ ที่วัดได้ว่าภายในโรงงานอุตสาหกรรมการทำส่วนประกอบ ถ้ำกลิ้ง และส่วนอื่นๆของปืน ก็พบสารจำพวกแบเรียม ตะกั่ว และพลวง เหมือนกับที่เกิดขึ้นจากการยิงปืน

* L. F.Carreras และ L.A. Montes Palma [5] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบของเขม่าปืนที่พุ่งออกจากปืน 4 ชนิด ความรู้เกี่ยวกับรูปแบบและลักษณะของเขม่าดินปืนที่ขับออกมาเมื่อกระสุนปืนถูกปล่อยออกช่วยให้เข้าใจถึงกลไกการเกิดร่องรอยต่างๆ ซึ่งสามารถสังเกตได้บนเป้าหมายของกระสุนปืน และยังมีประโยชน์ต่อการเข้าใจและการอธิบายถึงระยะของการยิงกระสุนปืนถึงแม้ว่าลักษณะ และรูปร่างที่เกิดขึ้นนั้นมีน้อยแต่ก็ยังไม่มีการอ้างอิงเกี่ยวกับเรื่องนี้มากนัก วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ เพื่อที่จะศึกษาถึงเขม่าดินปืนรูปแบบต่างๆที่ขับออกมาจากอาวุธที่ต่างกัน การศึกษาการยิงถูกบันทึกในกล้องวิดีโอ Hadland 5V553 ซึ่งต่อกับคอมพิวเตอร์ โดยมีมอนิเตอร์สูงและต่ำ, ใช้แฟลช FOT-2 โดยใช้เทปพันสายไฟไว้หลายชั้น กล้อง 2 ตัวได้ถูกวางไว้ตัวหนึ่งวางตั้งฉากกับแนวยิงซึ่งอยู่ในตำแหน่งสูงกว่าเป้า และอีกตัวหนึ่งวางตรงข้ามกับเป้า เพื่อสังเกตและคำนวณการพัฒนาของก๊าซซึ่งเป็นของเหลวที่มองเห็นได้และของกระสุน กล้องทั้ง 2 จะเปิดเครื่องพร้อมกัน โดยมีแฟลชนำ 25 ไมโครวินาที และเวลาของการเปิดกล้อง 200 มิลลิวินาที ทดลองในปืน 4 ชนิด ได้แก่ ปืนพาราเบลลัม 9 มม., ปืนพก 9 มม., รีโวลเวอร์ .38 และไรเฟิล 7.62 มม.

บทที่ 2

เครื่องมือและสารเคมี

2.1 เครื่องมือ

การศึกษากการกระจายตัวของอนุภาคเขม่าป็นจากป็นที่ยังในห้องปิด ด้วยเทคนิค ICP-OES ใช้เครื่องมือในการทดลอง ดังนี้

ลำดับที่	เครื่องมือ	แหล่งที่มา
1	เครื่อง Inductively Coupled Plasma Spectrometer (ICPS)	Varian Liberty 220
2	เครื่อง Multiwave Microwave Sample Preparation System	Anton Parr.
3	เครื่องวัดความชื้น	ภาควิชาฟิสิกส์
4	เครื่องวัดความเร็วลม	ภาควิชาฟิสิกส์

2.2 สารเคมีและอุปกรณ์

การศึกษากการกระจายตัวของอนุภาคเขม่าป็นจากป็นที่ยังในห้องปิด ด้วยเทคนิค ICP-OES ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ ดังนี้

ลำดับที่	สารเคมีและอุปกรณ์	แหล่งที่มา
1	แผ่นกระเบื้องขนาด 30 x 30 cm	ร้านขายส่งกระเบื้อง
2	ตลับเมตร	ห้างสรรพสินค้า
3	สำลีพันไม้	ร้านขายยา
4	ถุงมือยาง	ร้านขายยา
5	label และ ถุงพลาสติก มีซิปล	ร้านขายยา
6	นาฬิกาจับเวลา	ภาควิชาเคมี
7	แผ่น Plate	ภาควิชาเคมี
8	Thermometer	ภาควิชาเคมี
9	Vial	ภาควิชาเคมี

ลำดับที่	สารเคมีและอุปกรณ์	แหล่งที่มา
10	ไม้บรรทัด	ห้างสรรพสินค้า
11	สบู่ล้างมือ	ห้างสรรพสินค้า
12	กระสอบทราย	ร้านค้า
13	น้ำกลั่น และ Deionized water	ภาควิชาเคมี
14	Phosphoric acid	Fluka AG
15	Nitric acid	Fluka AG
16	Hydrochloric acid	Fluka AG
17	Tartaric acid	Fluka AG

2.2 ชนิดของอาวุธที่ใช้ในการทดลอง

1) ปืน Revolver ยี่ห้อ Smith & Wesson Model M60



ภาพที่ 16 ปืน Revolver ยี่ห้อ Smith & Wesson Model M60

2) กระสุนปืน Revolver ยี่ห้อ Sellier&Bellot ขนาด .38 Special



ภาพที่ 17 กระสุนปืน Revolver ยี่ห้อ Sellier&Bellot ขนาด .38 Special

3) ปืน Semi-Automatics ยี่ห้อ Glock Model 19



ภาพที่ 18 ปืน Semi- Automatics ยี่ห้อ Glock Model 19

4) กระสุนปืน Semi- Automatics ยี่ห้อ Winchester ขนาด 9 mm Luger



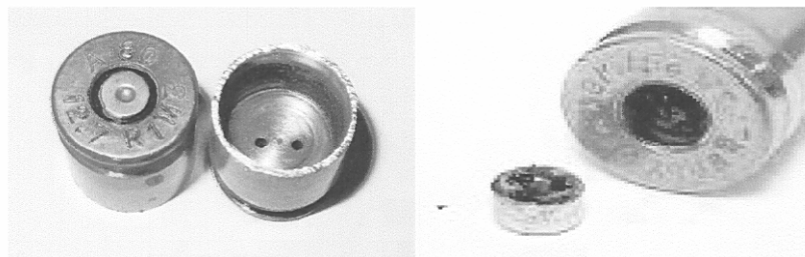
ภาพที่ 19 กระสุนปืน Semi- Automatics ยี่ห้อ Winchester ขนาด 9 mm Luger

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การศึกษาหาปริมาณของธาตุ GSR ในแก๊ปลูกกระสุนปืนก่อนยิง

- 1) นำลูกกระสุนปืน Revolver ยี่ห้อ Sellier&Bellot ขนาด .38 Special มาผ่าเอาดินปืนที่อยู่ภายในออก แล้วตัดบริเวณก้นของลูกกระสุนปืน เพื่อนำแก๊ปปืนที่อยู่บริเวณส่วนล่างของงานท้ายปลอกกระสุนปืนออกมา
- 2) นำส่วนล่างของงานท้ายไปทำการย่อย (Digestion) ให้เป็นสารละลาย โดยใช้ conc. H_3PO_4 5 ml, conc. HNO_3 5 ml, conc. HCl 5 ml และ Tartaric acid 0.5 กรัม จากนั้นนำไปเข้าเครื่องย่อยตัวอย่างด้วยไมโครเวฟ (Multiwave Microwave Sample Preparation System) เพื่อละลายปลอกกระสุนปืนที่อยู่ภายนอกและแก๊ปปืนที่อยู่ภายในออก
- 3) นำสารละลายที่ได้ใส่ลงใน Volumetric Flask ขนาด 100 ml แล้วปรับปริมาตรด้วย DI Water ให้เป็น 100 ml นำสารละลายที่ได้ไปเจือจาง 20 เท่า แล้วนำไปตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometer (ICP-OES) โดยใช้สารละลายปลอกกระสุนปืนเจือจาง 20 เท่าเป็น Blank
- 4) หลังจากนั้นจึงทำการทดลองซ้ำกับกระสุนปืนยี่ห้อ Winchester ขนาด 9 mm โดยใช้การเก็บตัวอย่างแก๊ปปืนเช่นเดียวกัน

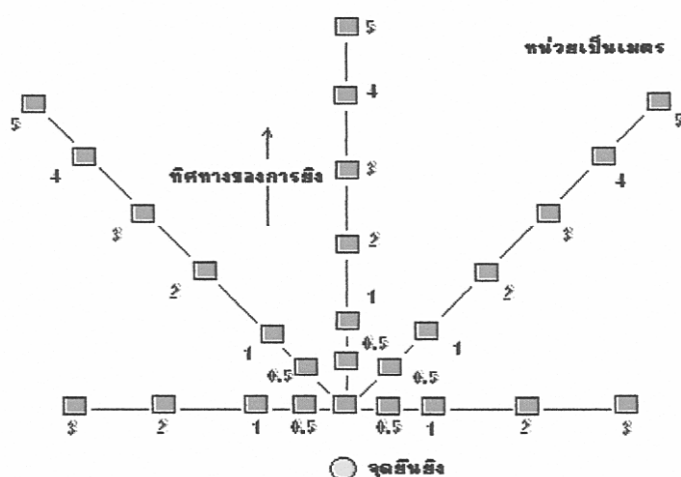


ภาพที่ 20 แก๊ปปืน (Primer cap) ที่อยู่ในกระสุนปืนหลังจากผ่าออกมา

3.2 การศึกษาหาทิศทางการกระจายตัวของอนุภาคเคมีปืนในห้องปิด

ทำการทดลองหาทิศทางการกระจายตัวของอนุภาคเคมีปืน ใน 5 ทิศทางที่แผ่ออกจากจุดศูนย์กลางในห้องปิด อุณหภูมิ, ความชื้น และความเร็วลมถูกควบคุมให้อยู่ในช่วง 30.5 - 30.7 °C 45.0 - 46.0 % และ 0.05 - 0.09 m/s ตามลำดับ ทำการทดลองในห้องปิดที่มีพื้นที่ห้อง 254.0 ตารางเมตร สูง 3.5 เมตร โดยใช้ปืน Revolver ยี่ห้อ Smiths & Wesson model M60 กระสุนปืน Revolver ยี่ห้อ Sellier&Bellot ขนาด .38 Special ทำการเก็บเคมีปืน หรืออนุภาค Gunshot Residue (GSR) ภายหลังการยิงปืนทั้งหมด 5 นัด โดยวางเป้าหมายเป็นแผ่นกระเบื้องขนาด 30 x 30 เซนติเมตร โดยรอบจากจุดยิงใน 5 ทิศทาง ดังภาพที่ 21 ทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง แล้วเก็บตัวอย่างภายใน 15 นาที โดยการใช้ไม้พันสำลีที่สะอาดชุบกรดไนตริก 5% ในการเก็บเคมีปืน โดยแต่ละตัวอย่างมีการเก็บในถุงซิปล็อค และติดฉลากแยกกันอย่างชัดเจน และเคลื่อนย้ายตัวอย่างด้วยความระมัดระวัง เพราะตัวอย่างนั้น อาจมีปริมาณน้อยมาก แล้วนำตัวอย่างทั้งหมดใน 5 ทิศทางไปตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometer (ICP-OES)

หลังจากนั้นจึงทำการทดลองซ้ำกับ Semi-Automatics ยี่ห้อ Glock model 19 กระสุนปืน ยี่ห้อ Winchester ขนาด 9 mm โดยใช้การเก็บตัวอย่างเคมีปืนเช่นเดียวกัน (ตำแหน่งและทิศทางในการวางแผ่นกระเบื้อง เหมือนกับการทดลองด้วยปืน Revolver)



ภาพที่ 21 ทิศทางการเก็บตัวอย่างอนุภาค GSR ใน 5 ทิศทางที่แผ่ออกจากจุดศูนย์กลาง

กำหนดตำแหน่งและ สัญลักษณ์ที่ใช้แทนแผ่นกระเบื้องที่วางเพื่อเก็บเขม่าป็น ดังนี้

ให้ A แทนทิศทางด้านซ้ายจากจุดยิง

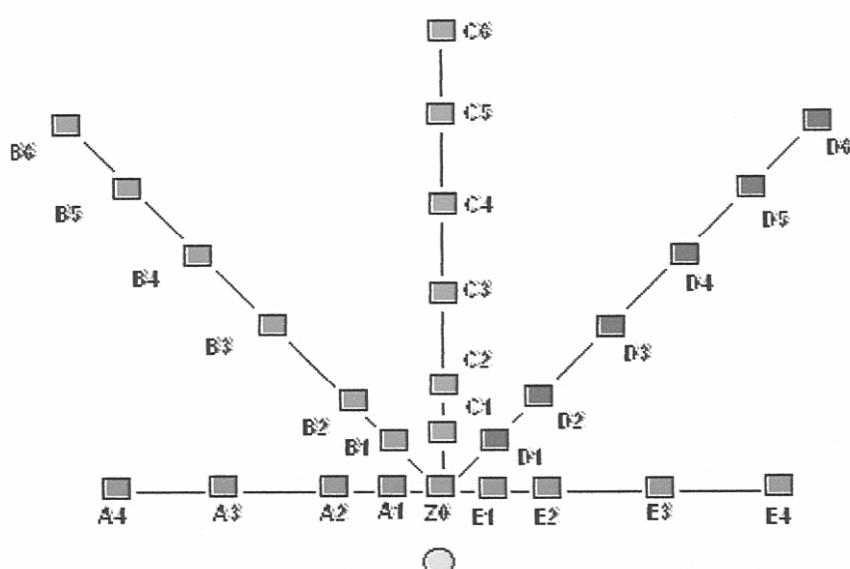
ให้ B แทน ทิศทางด้านหน้าเฉียงไปด้านซ้าย 45 องศา

ให้ C แทนทิศทางด้านหน้า (ทิศทางเดียวกับกระสุนปืน)

ให้ D แทน ทิศทางด้านหน้าเฉียงไปด้านขวา 45 องศา

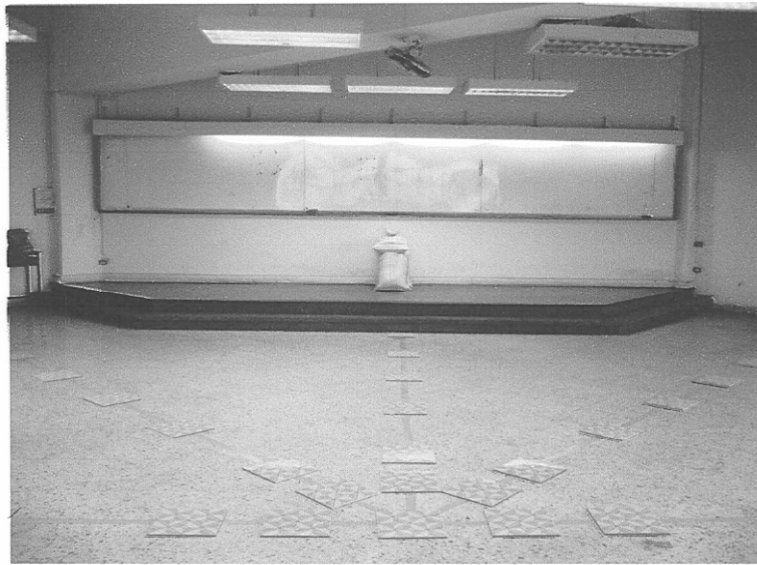
ให้ E แทนทิศทางด้านขวาจากจุดยิง

ให้ Z แทน ตำแหน่งปลายกระบอกปืน ตามภาพที่ 22



ภาพที่ 22 แสดงสัญลักษณ์ที่ใช้ในการกำหนดทิศทางในการเก็บตัวอย่าง
โดยรูปวงกลมแทนตำแหน่งจุดยืนของผู้ยิง

ลักษณะท่าทางของผู้ยิงปืน เป็นดังนี้ ผู้ยิงยืนอยู่ ณ ตำแหน่งจุดยืนยิง โดยกระบอกปืนหันไปทางเป้าหมาย แขนเหยียดตรงขนานกับหัวไหล่โดยให้ที่ปลายกระบอกปืนอยู่ ณ ตำแหน่ง Z ใช้มือข้างขวาเป็นมือหลักในการถือปืน และใช้มือซ้ายในการประคองปืน โดยมือซ้ายกุมมือขวาอยู่บางส่วน และใช้นิ้วชี้ของมือขวาในการเหนี่ยวไกปืน โดยท่าทางการยิงนั้น เป็นดังรูปที่ 24



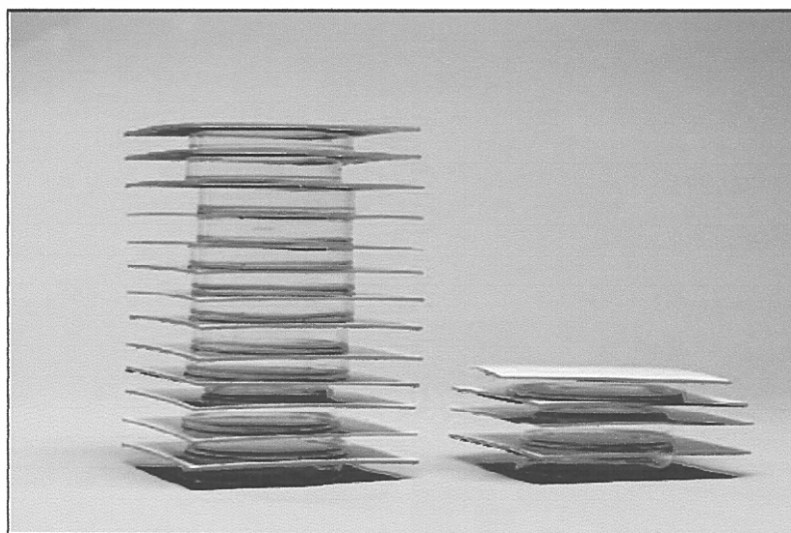
ภาพที่ 23 ทิศทางการเก็บตัวอย่างอนุภาค GSR ใน 5 ทิศทางที่แผ่ออกจากจุดศูนย์กลางในห้องปิด



ภาพที่ 24 ลักษณะท่าทางการยิงปืนของผู้ยิงขณะทำการทดสอบ

3.3 การศึกษาหาผลของระยะเวลามีต่อการตกลงมาของเขม่าปืนในห้องปิด

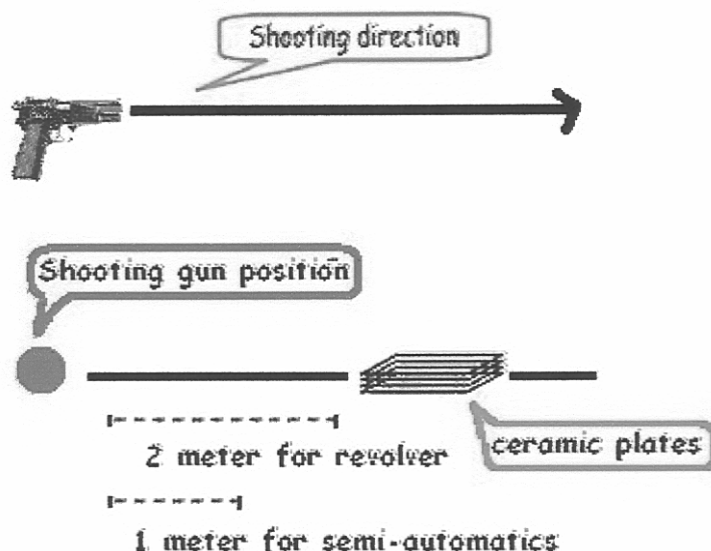
การศึกษาหาผลของระยะเวลามีต่อการตกลงมาของเขม่าปืน ในปืน Revolver และ Semi-Automatics ในห้องปิดทำการทดลองในปืน 2 ชนิด โดยทำการทดลองยิงในห้องปิดที่มีพื้นที่ห้อง 254.0 ตารางเมตร สูง 3.5 เมตร ที่อุณหภูมิช่วงประมาณ 31.0-32.0 °C ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วงประมาณ 41-46% และความเร็วลมอยู่ในช่วง 0.05-0.09 m/s ผู้ยิงทำการยิงปืน 5 นัด ในทิศทางตามลูกศร วางเป้าสำหรับเก็บอนุภาคเขม่าปืน (GSR) ห่างจากผู้ยิงเป็นระยะทาง 2 เมตร ทางด้านหน้าผู้ยิง สำหรับปืน Revolver และ 1 เมตร สำหรับปืน Semi-Automatics (ภาพที่ 26) โดยการทดลองนี้ถูกกำหนดจากพื้นฐานของผลการทดลองที่ผ่านมา เพื่อที่จะวิเคราะห์อนุภาคเขม่าปืน (GSR) ที่กระจายรอบผู้ยิงภายในพื้นที่ที่จะพบอนุภาค GSR มากที่สุด ตามการทดลองที่ 3.2.1 และ 3.2.2 การเก็บเขม่าปืนใช้วิธีเช่นเดิม คือนำแผ่นกระเบื้องเป็นเป้าหมายสำหรับเก็บอนุภาคเขม่าปืน โดยใช้แผ่นกระเบื้องที่มีพื้นผิวเรียบ ขนาด 30 cm. × 30 cm. ด้านใต้ของแต่ละแผ่นวางซ้อนด้วยจานแก้ว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 18 cm ดังภาพที่ 25



ภาพที่ 25 ลักษณะการวางแผ่นกระเบื้องเพื่อศึกษาหาผลของระยะเวลามีต่อการตกลงมาของเขม่าปืน

หลังจากการยิง เปิดให้อนุภาค GSR ตกลงมาบนพื้นที่ของแต่ละแผ่นกระเบื้อง ทำการดึงเอาแต่ละแผ่นออกภายหลังจากการยิงปืนในแต่ละช่วงเวลา ทุกๆ 1 นาที ทั้งหมด 15 นาที ทำการเก็บตัวอย่างโดยใช้ไม้พันสำลีที่สะอาดชุบกรดไนตริก 5% ในการเก็บเขม่า โดยแต่ละตัวอย่างมีการเก็บในถุงซิปล็อคฉลากแยกกันอย่างชัดเจน และเคลื่อนย้ายตัวอย่างด้วยความระมัดระวัง เพราะตัวอย่างนั้นอาจมีปริมาณน้อยมาก นำตัวอย่างไปตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma -

Optical Emission Spectrometer (ICP-OES) ทำการยิงปืนทดลองซ้ำทั้งหมดอย่างละ 2 ครั้ง โดยใช้ปืน Revolver และ Semi-Automatics ตามลำดับ แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยจากผลที่ได้ เพื่อวิเคราะห์ผลการทดลอง สร้าง curve ของเวลาที่อนุภาค GSR คงอยู่

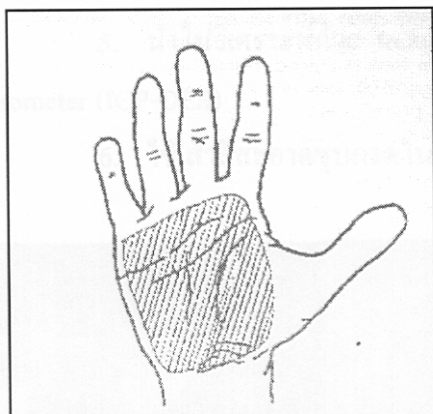


ภาพที่ 26 ตำแหน่งการเก็บตัวอย่างอนุภาค GSR ในการศึกษาหาผลของระยะเวลาที่มีต่อการตกลงมาของเขม่าปืน ในปืน Revolver

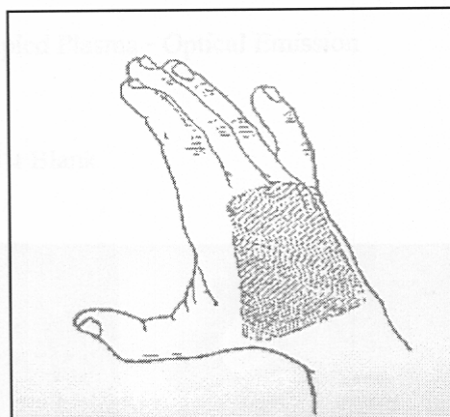
3.4 วิเคราะห์หาอนุภาค GSR ในบริเวณที่แตกต่างกันของมือจากการยิงด้วยปืน

ในปืน Revolver ใช้อาวุธปืนยี่ห้อ Smiths & Wesson model M60 ขนาด .38 Special และกระสุนปืนยี่ห้อ Sellier&Bellot ขนาด .38 Special ทำการยิงปืน 5 นัด โดยใช้มือขวาเป็นมือหลักในการถือปืน หลังจากนั้นทำการเก็บเขม่าปืนด้วยสารละลายกรดไนตริก 5% บนบริเวณของมือผู้ยิง 4 บริเวณ ประกอบด้วย ฝ่ามือ หลังมือ ระหว่างนิ้วชี้และนิ้วหัวแม่มือด้านฝ่ามือ และระหว่างของนิ้วชี้และนิ้วหัวแม่มือด้านหลังมือ ทั้งในมือซ้ายและมือขวา ดังภาพที่ 27

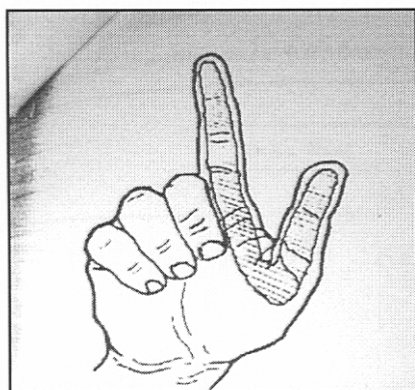
แล้วทำการทดลองซ้ำอีกครั้ง โดยทำการทดสอบ Hand blank ก่อนทำการทดสอบยิง ส่วนอาวุธปืนที่ใช้ก็ทำความสะอาดก่อนเพื่อขจัดสิ่งที่เป็นปนจากการยิงครั้งก่อนด้วยเช่นกัน หลังจากนั้นจึงทำการทดลองซ้ำกับปืน Semi-Automatics ยี่ห้อ Glock model 19 ด้วยกระสุนปืนยี่ห้อ Winchester ขนาด 9 mm Luger โดยใช้วิธีการเช่นเดียวกัน



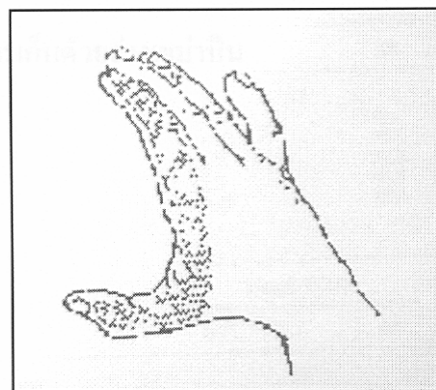
ฝ่ามือ



หลังมือ



ระหว่างนิ้วชี้และนิ้วหัวแม่มือด้านฝ่ามือ



ระหว่างของนิ้วชี้และนิ้วหัวแม่มือด้านหลังมือ

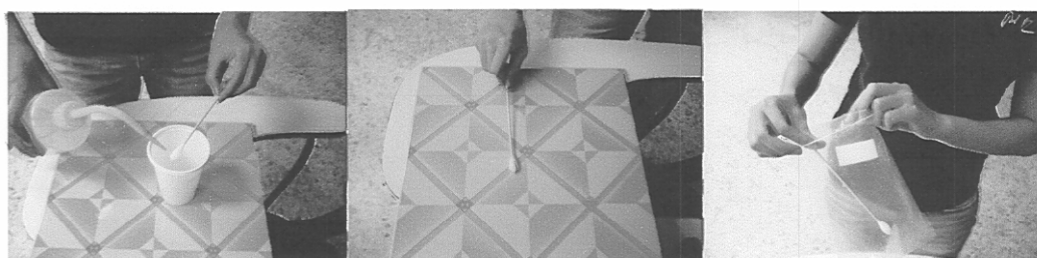
ภาพที่ 27 ตำแหน่งที่เก็บเขม่าป็นบนมือของผู้ยิงทั้ง 4 ตำแหน่ง

3.5 การเก็บตัวอย่างเขม่าป็น

1. ทำให้สำลีพันก้านไม่ชุ่มด้วยสารละลายกรดไนตริก 5% จากนั้นนำไปเก็บเขม่าป็นบนแผ่นกระเบื้อง หรือบนมือ
2. เก็บตัวอย่างใส่ในถุงซิปล็อค และติดฉลากแยกกันอย่างชัดเจน และเคลื่อนย้ายตัวอย่างด้วยความระมัดระวัง เพราะตัวอย่างนั้นอาจมีปริมาณน้อยมาก
3. นำสำลีที่ได้ไปตัดส่วนที่เก็บเขม่าป็นด้วยกรรไกร ย่อย (Digestion) ให้เป็นสารละลายด้วย 2 ml Conc. nitric acid solution เขย่าด้วย Ultrasonic bath 5 นาที
4. กรองสารละลายที่ได้ด้วยกระดาษกรอง หลังจากนั้นนำสารละลายที่ได้ใส่ลงใน Volumetric Flask ขนาด 10 ml แล้วปรับปริมาตรด้วย DI Water ให้เป็น 10 ml

5. นำไปวิเคราะห์ด้วย Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometer (ICP-OES)

6. ใช้ สำลีสะอาดชุบกรดไนตริก 5% เป็น Blank



ภาพที่ 28 ขั้นตอนและวิธีการในการเก็บตัวอย่างเขม่าป็น

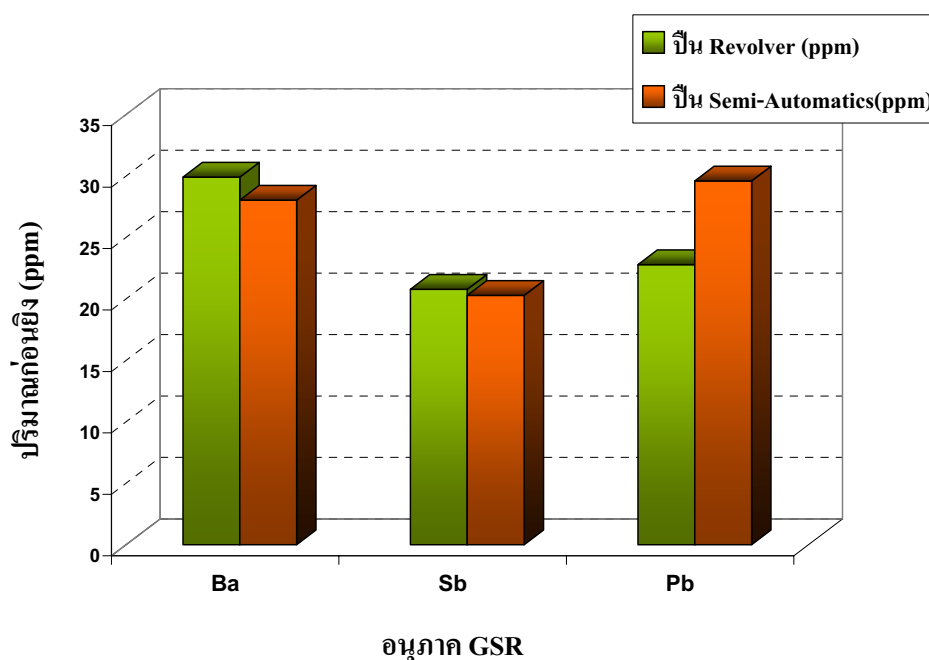
บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 ผลการศึกษาหาปริมาณของธาตุ GSR ในแก๊ปลูกกระสุนปืนก่อนยิง

จากการวิเคราะห์หาปริมาณของธาตุ GSR ในแก๊ปปืนก่อนยิง ของลูกกระสุนปืน Revolver ยี่ห้อ S & B ขนาด .38 Special และกระสุนปืนยี่ห้อ Winchester ขนาด 9 mm ด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometer (ICP-OES) นั้น ได้ผลการทดลอง ค่าเฉลี่ยปริมาณของธาตุ GSR ในแก๊ปปืนก่อนยิง ตามตารางที่ 1 และเมื่อนำค่าที่ได้มาเขียนกราฟ เปรียบเทียบระหว่างปืน 2 ชนิด ได้ผลการทดลองตามภาพที่ 28

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยปริมาณของธาตุ GSR ก่อนยิง ในแก๊ปกระสุนปืนยี่ห้อ S & B ขนาด .38 Special และแก๊ปกระสุนปืนยี่ห้อ Winchester ขนาด 9 mm

ปริมาณ GSR particles	แก๊ปกระสุนปืนยี่ห้อ S & B ขนาด .38 Special (ppm)	แก๊ปกระสุนปืนยี่ห้อ Winchester (ppm)
Ba	29.92	28.03
Sb	20.78	20.28
Pb	22.79	29.59



ภาพที่ 29 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณธาตุ GSR ในแก๊ปกระสุนปืนก่อนยิง
ในปืน Revolver และปืน Semi-Automatics

จากภาพที่ 29 พบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณธาตุ GSR ในแก๊ปปืนก่อนยิงของลูกกระสุนปืนทั้ง 2 ชนิด มีปริมาณใกล้เคียงกัน และไม่แตกต่างกันมาก โดยปริมาณธาตุ GSR ส่วนใหญ่ ได้แก่ Ba และ Sb (ยกเว้น Pb) พบในปืน Revolver มากกว่าปืน Semi-Automatics โดยธาตุที่พบมากที่สุดแก๊ปลูกกระสุนปืนก่อนยิงในปืนทั้ง 2 ชนิด คือ Ba ส่วนธาตุที่พบน้อยที่สุด คือ Sb

4.2 ผลการศึกษาหาทิศทางการกระจายตัวของอนุภาคเขม่าปืนในห้องปิด

4.2.1 การศึกษาหาทิศทางการกระจายตัวของอนุภาคเขม่าปืน ของปืน Revolver

จากการทดลองหาทิศทางการกระจายตัวของอนุภาคเขม่าปืน ใน 5 ทิศทางที่แผ่ออกจากจุดศูนย์กลางในห้องปิด โดยอุณหภูมิ, ความชื้น และความเร็วลมถูกควบคุมให้อยู่ในช่วงที่กำหนด โดยใช้ปืน Revolver ยี่ห้อ Smith & Wesson model M60 กระสุนปืน Revolver ยี่ห้อ Sellier&Bellot ขนาด .38 Special ทำการเก็บเขม่าปืน หรืออนุภาค Gunshot Residue (GSR) ภายหลังการยิงปืนทั้งหมด 5 นัดบนแผ่นกระเบื้องที่ถูกวางโดยรอบจากจุดยิงใน 5 ทิศทาง ตามภาพที่ 29 ทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง ตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometer (ICP-OES)

โดยกำหนดสัญลักษณ์แทนแต่ละตำแหน่งเป็นดังนี้

ให้ A แทนทิศทางด้านซ้ายจากจุดยิง

ให้ B แทน ทิศทางด้านหน้าเฉียงไปด้านซ้าย 45 องศา

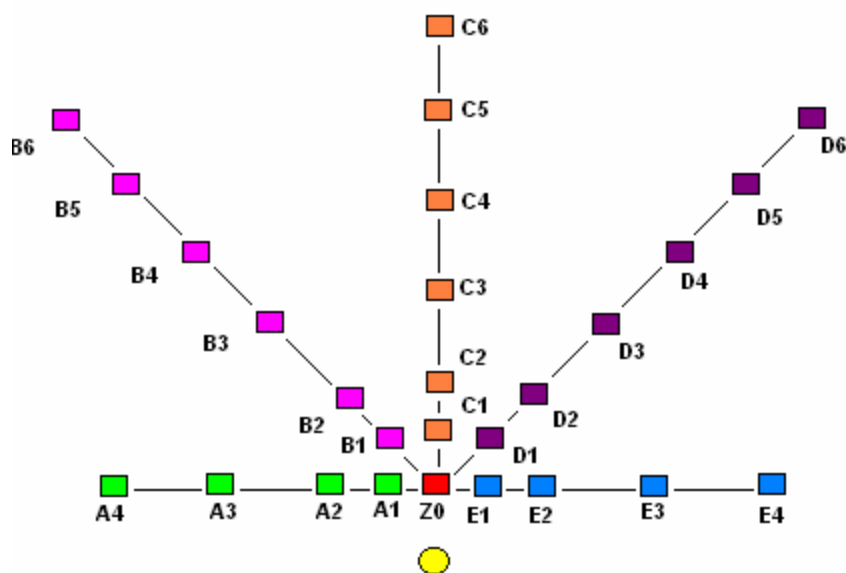
ให้ C แทนทิศทางด้านหน้า (ทิศทางเดียวกับกระสุนปืน)

ให้ D แทน ทิศทางด้านหน้าเฉียงไปด้านขวา 45 องศา

ให้ E แทนทิศทางด้านขวาจากจุดยิง

ให้ Z แทน ตำแหน่งปลายกระบอกปืน

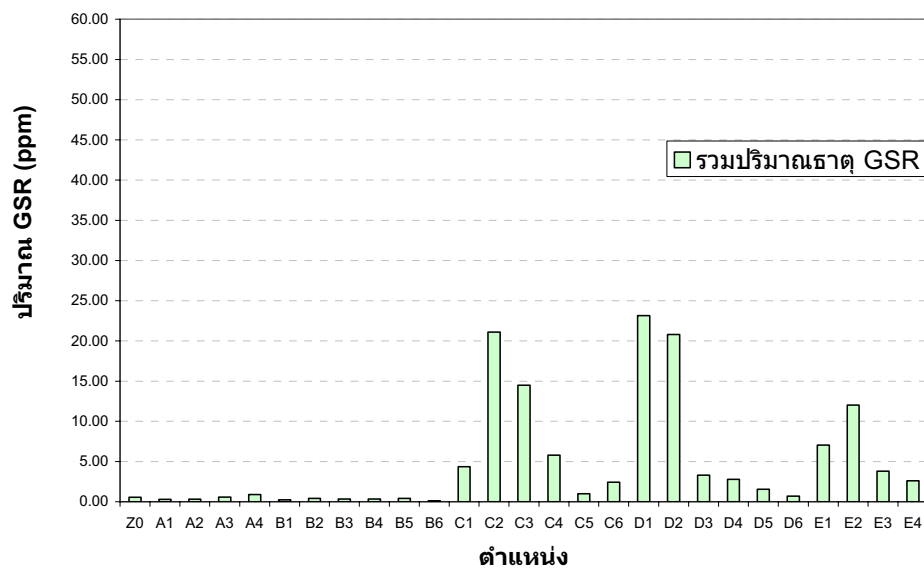
และได้ผลการทดลองเป็นตามตารางที่ 2 และตามภาพที่ 30, 31 และ 32



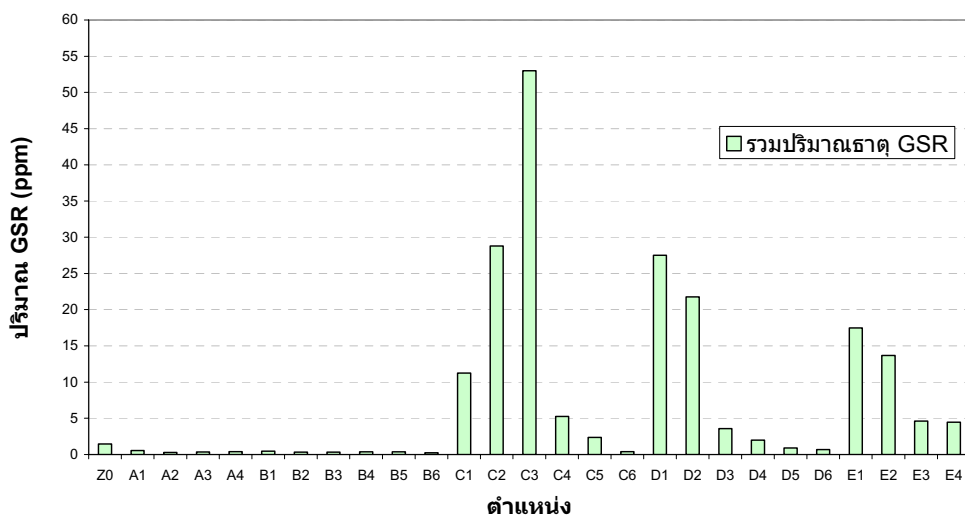
ภาพที่ 30 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการกำหนดทิศทางในการเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณของธาตุ GSR ที่กระจายตัวอยู่รอบๆคดียิงจากปืน Revolver ที่อุณหภูมิช่วง 30.55-30.62 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 47.25-46.00% และความเร็วลม 0.04-0.05 m/s

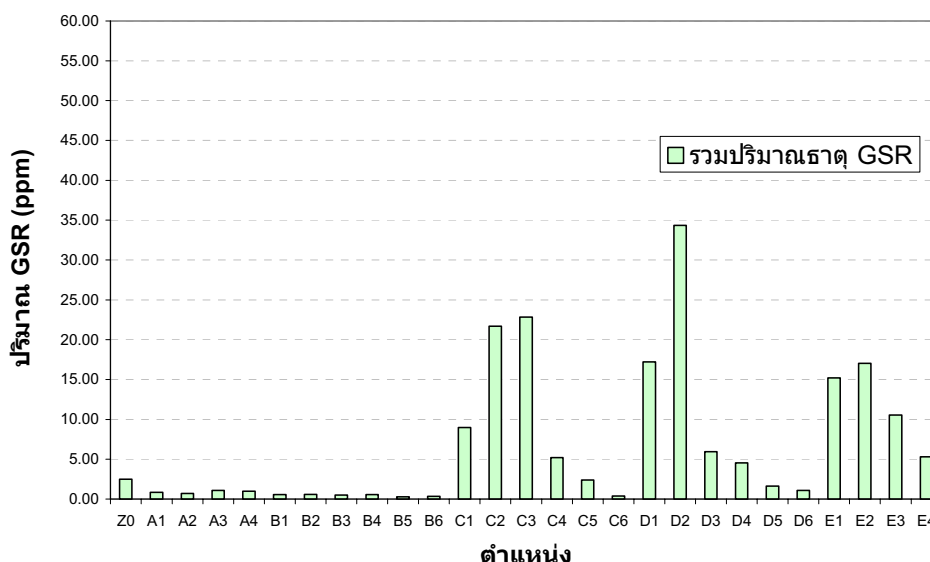
sample	อนุภาค Ba			อนุภาค Sb			อนุภาค Pb			ปริมาณรวมของธาตุ (เฉลี่ย 3 ครั้ง) (ppm)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
Z0	0.15	0.57	0.47	0.00	0.00	0.41	0.41	0.88	1.60	1.75
A1	0.08	0.16	0.13	0.00	0.00	0.00	0.20	0.40	0.72	0.80
A2	0.11	0.04	0.11	0.00	0.00	0.00	0.21	0.25	0.60	0.71
A3	0.26	0.04	0.12	0.00	0.00	0.00	0.33	0.32	0.97	0.68
A4	0.57	0.05	0.12	0.00	0.00	0.00	0.32	0.34	0.88	1.45
B1	0.07	0.05	0.08	0.00	0.00	0.00	0.18	0.41	0.48	0.55
B2	0.12	0.06	0.07	0.00	0.00	0.00	0.28	0.26	0.51	0.63
B3	0.10	0.07	0.09	0.00	0.00	0.00	0.24	0.27	0.43	0.53
B4	0.10	0.05	0.12	0.00	0.00	0.00	0.24	0.31	0.44	0.54
B5	0.18	0.06	0.07	0.00	0.00	0.00	0.22	0.33	0.23	0.41
B6	0.12	0.04	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.26	0.38
C1	0.16	0.75	0.19	0.50	0.20	0.00	3.70	10.30	8.80	9.16
C2	0.43	0.20	0.56	2.00	1.30	0.94	18.67	27.30	20.20	21.93
C3	0.33	0.30	0.55	0.16	3.90	1.10	14.00	48.80	21.20	25.43
C4	0.30	0.06	0.13	0.49	0.00	0.07	5.00	5.20	5.00	5.30
C5	0.31	0.06	0.09	0.08	0.00	0.00	0.60	2.30	2.30	2.61
C6	0.33	0.04	0.08	0.18	0.00	0.00	1.90	0.36	0.31	0.64
D1	0.54	0.42	0.23	2.10	1.40	1.10	20.50	25.70	15.90	17.84
D2	0.50	0.20	0.36	2.30	0.76	2.10	18.00	20.80	31.90	33.16
D3	0.39	0.09	0.17	0.30	0.00	0.00	2.60	3.50	5.80	6.19
D4	0.38	0.07	0.15	0.21	0.00	0.00	2.20	1.90	4.40	4.78
D5	0.30	0.04	0.13	0.15	0.00	0.00	1.10	0.86	1.50	1.80
D6	0.32	0.06	0.12	0.00	0.00	0.00	0.39	0.62	0.97	1.29
E1	0.48	0.28	0.56	0.96	0.69	0.77	5.60	16.50	13.90	15.07
E2	0.52	0.17	0.45	1.20	0.40	0.47	10.30	13.10	16.10	17.02
E3	0.36	0.11	0.75	0.35	0.00	0.00	3.10	4.50	9.80	10.16
E4	0.29	0.16	0.59	0.23	0.00	0.00	2.10	4.30	4.70	4.99



ภาพที่ 31 ปริมาณของธาตุ GSR ทั้ง 3 ธาตุ ที่ตำแหน่งต่างๆของปืน Revolver ครั้งที่ 1



ภาพที่ 32 ปริมาณของธาตุ GSR ทั้ง 3 ธาตุ ที่ตำแหน่งต่างๆของปืน Revolver ครั้งที่ 2

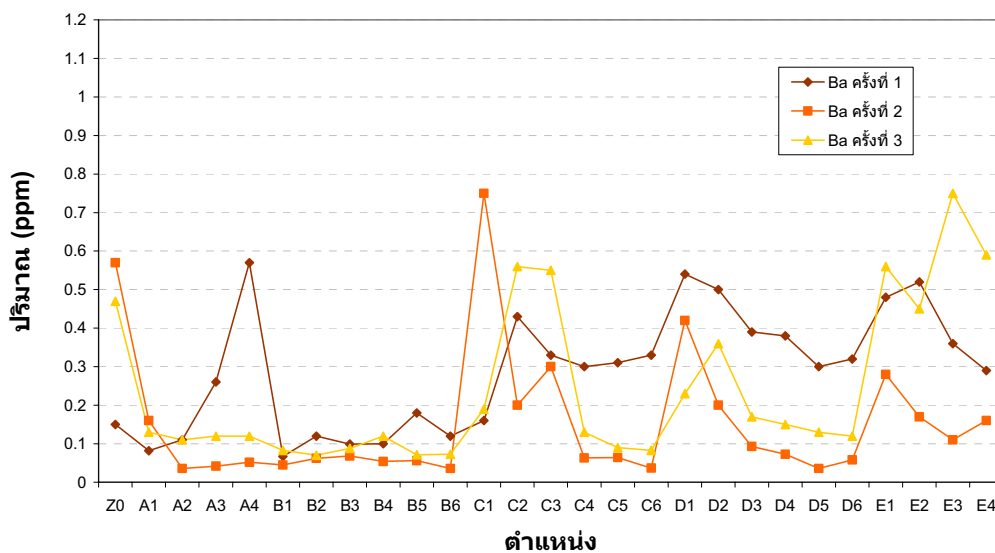


ภาพที่ 33 ปริมาณของธาตุ GSR ทั้ง 3 ธาตุ ที่ตำแหน่งต่างๆของปืน Revolver ครั้งที่ 3

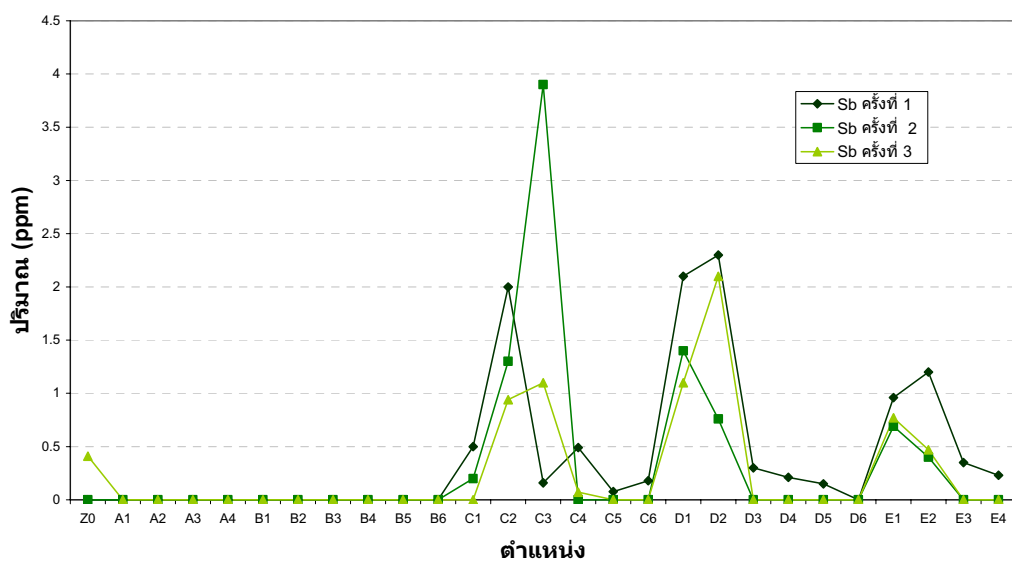
จากผลการทดลองยิงด้วยปืน Revolver ทั้ง 3 ครั้ง (ภาพที่ 31-33) พบว่า ครั้งที่ 1 พบปริมาณความเข้มข้นของธาตุ GSR มากที่สุดที่ตำแหน่ง D1 (ด้านหน้าเฉียงไปทางด้านขวา 45 องศา ที่ระยะ 0.5 เมตร) ครั้งที่ 2 พบมากที่สุดที่ตำแหน่ง C3 (ด้านหน้า ที่ระยะ 2 เมตร) ครั้งที่ 3 พบมากที่สุดที่ตำแหน่ง D2 (ด้านหน้าเฉียงไปทางด้านขวา 45 องศา ที่ระยะ 1 เมตร) ซึ่งพบว่าทั้ง 3 ครั้ง จุดที่พบปริมาณความเข้มข้นของธาตุ GSR มากที่สุดนั้น แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาแนวโน้มการกระจายตัวจากการวัดทุกตำแหน่ง แล้วพบว่าปริมาณธาตุ GSR จะถูกตรวจพบมากที่สุดที่ตำแหน่งด้านหน้าและด้านหน้าเฉียงไปทางด้านขวา 45 องศา ในช่วงระยะประมาณ 0.5-2 เมตรจากปลายปากกระบอกปืน

การเปรียบเทียบปริมาณธาตุ GSR

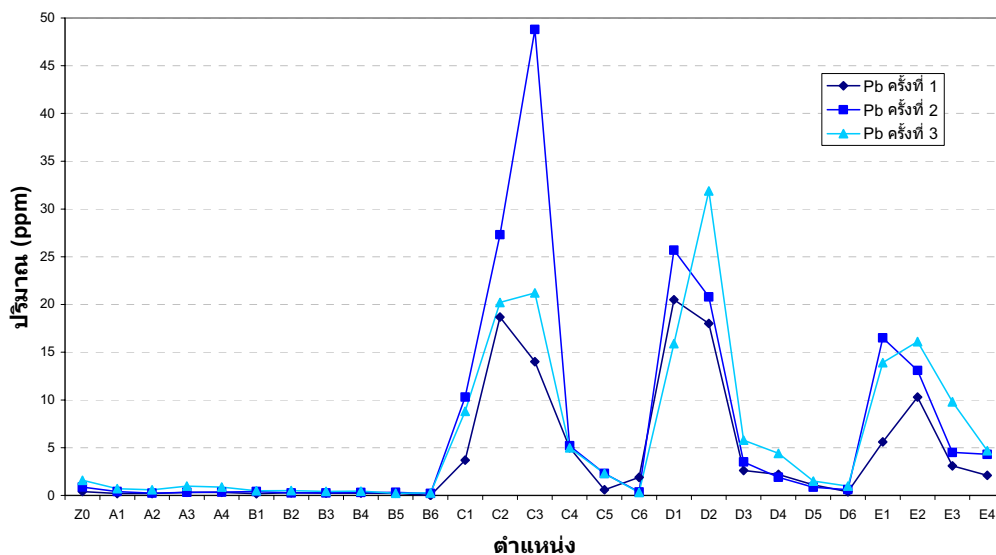
เมื่อนำค่าที่ได้จากการทดลองยิงแต่ละครั้ง ทั้งหมด 3 ครั้ง มาสร้างกราฟเปรียบเทียบกัน เพื่อดูแนวโน้มการกระจายตัวของแต่ละธาตุ ทั้ง 3 ธาตุ ใน 5 ทิศทาง ได้ผลการทดลองเป็นดังนี้



ภาพที่ 34 เปรียบเทียบการกระจายตัวของปริมาณธาตุ Ba ในการยิงแต่ละครั้งของปืน Revolver



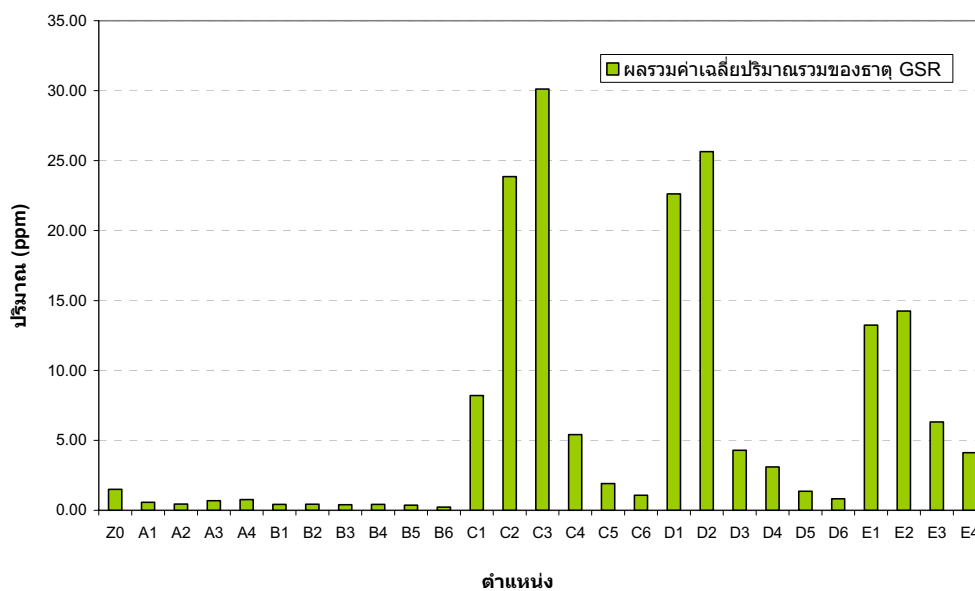
ภาพที่ 35 เปรียบเทียบการกระจายตัวของปริมาณธาตุ Sb ในการยิงแต่ละครั้งของปืน Revolver



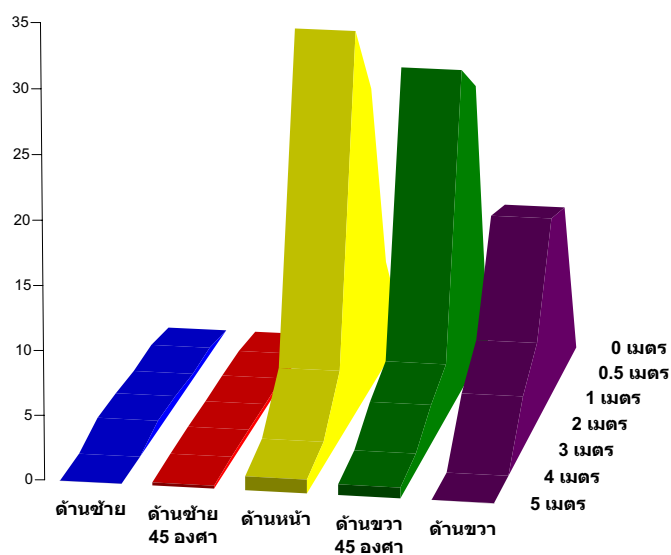
ภาพที่ 36 เปรียบเทียบการกระจายตัวของปริมาณธาตุ Pb ในการยิงแต่ละครั้งของปืน Revolver

จากกราฟเปรียบเทียบการกระจายตัวของปริมาณธาตุ Ba, Sb และ Pb ในการยิงแต่ละครั้ง (ภาพที่ 34-36) พบว่า ในการทดลองยิงทั้ง 3 ครั้ง ธาตุทั้ง 3 ตัว มีปริมาณ และการกระจายตัว ณ ตำแหน่งต่างๆ ที่ใกล้เคียง และกระจายตัวไปในทิศทางเดียวกัน

เมื่อนำค่าเฉลี่ยของผลรวมปริมาณความเข้มข้นของแต่ละธาตุ ที่ได้จากการทดลองยิงทั้งหมด 3 ครั้ง มาพิจารณาแนวโน้มการกระจายตัวของธาตุ GSR ที่ตำแหน่งต่างๆ โดยแสดงเป็นกราฟแท่ง และกราฟ 3 มิติ ได้ผลการทดลองเป็น ดังนี้



ภาพที่ 37 กราฟแท่งสรุปค่าเฉลี่ยการกระจายตัวของอนุภาคเขม่าปืน ซึ่งประกอบด้วยธาตุ Ba, Sb และ Pb จากการยิงทั้งหมด 3 ครั้งในตำแหน่งต่างๆ ของปืน Revolver



ภาพที่ 38 กราฟ 3 มิติ แสดงการสรุปค่าเฉลี่ยการกระจายตัวของอนุภาคเขม่าปืน ซึ่งประกอบด้วยธาตุ Ba, Sb และ Pb จากการยิงทั้งหมด 3 ครั้งในตำแหน่งต่างๆ ของปืน Revolver

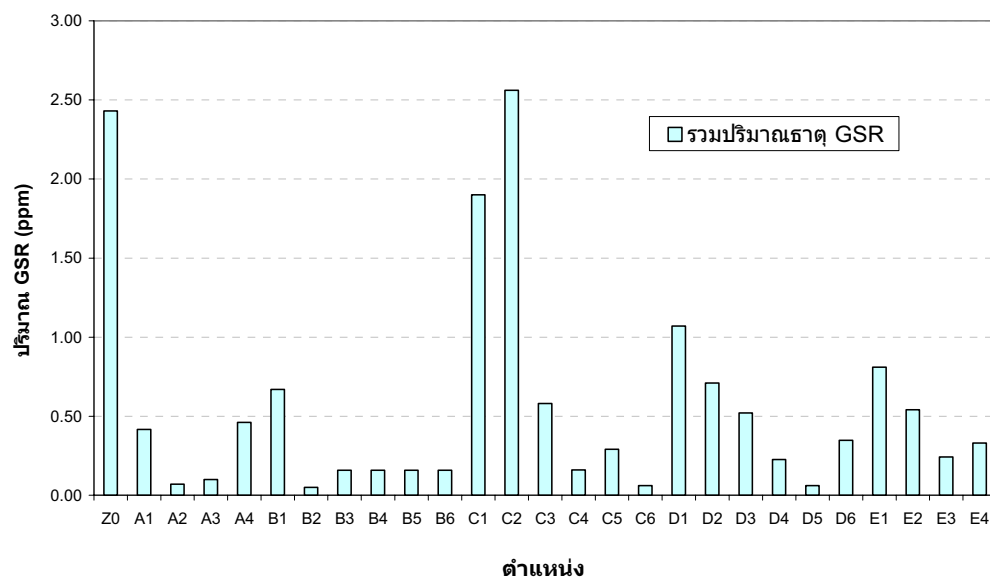
จากกราฟภาพที่ 37-38 เมื่อนำค่าเฉลี่ยของผลรวมแต่ละธาตุที่ได้จากการทดลองทั้งหมด 3 ครั้ง มาพิจารณาแนวโน้มการกระจายตัวของอนุภาค GSR ที่ตำแหน่งต่างๆ พบว่าตรวจพบปริมาณความเข้มข้นของธาตุ GSR มากที่สุดที่ตำแหน่งด้านหน้า ที่ระยะ 2 เมตร รองลงมาคือ ตำแหน่งด้านหน้าเฉียงไปทางด้านขวา และด้านขวา ตามลำดับ โดยระยะที่จะพบมากที่สุดอยู่ในช่วง 0.5 – 2 เมตร และลดลงตามลำดับ แต่ยังคงตรวจพบแม้ที่ระยะ 5 เมตร

4.2.2 การศึกษาหาทิศทางการกระจายตัวของอนุภาคเข้ามาปืนของปืน Semi-Automatics

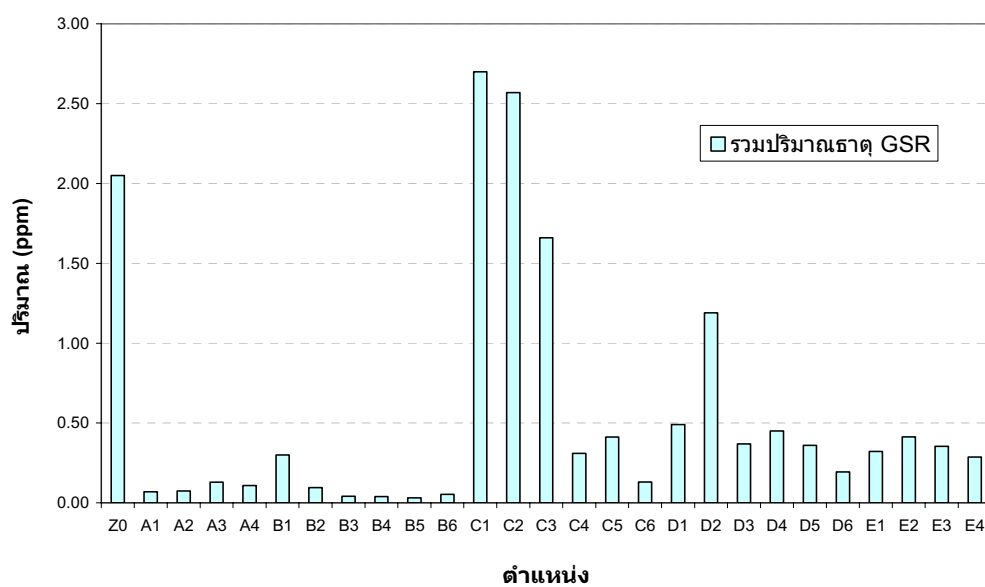
จากการทดลองหาทิศทางการกระจายตัวของอนุภาคเข้ามาปืนใน 5 ทิศทางที่แผ่ออกจากจุดยิงในห้องปิด อุณหภูมิ, ความชื้น และความเร็วลมถูกควบคุมไว้ในช่วงที่กำหนด ยังโดยใช้ปืน Semi-Automatics ยี่ห้อ Glock model 19 กระสุนปืน ยี่ห้อ Winchester ขนาด 9 mm ทำการเก็บเข้ามาปืนหรืออนุภาค Gunshot Residue (GSR) ภายหลังการยิงปืนทั้งหมด 5 นัดบนแผ่นกระเบื้องที่ถูกวางโดยรอบจากจุดยิงใน 5 ทิศทาง ทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง ตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometer (ICP-OES) ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 3 และตามภาพที่ 39, 40 และ 41

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณธาตุ GSR ที่กระจายตัวอยู่รอบๆจุดยิงจากปืน Semi-Automatics จากการทดลองยิงทั้ง 3 ครั้งที่อุณหภูมิช่วง 30.55-30.62 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 47.25-46.00% และความเร็วลม 0.04-0.05 m/s

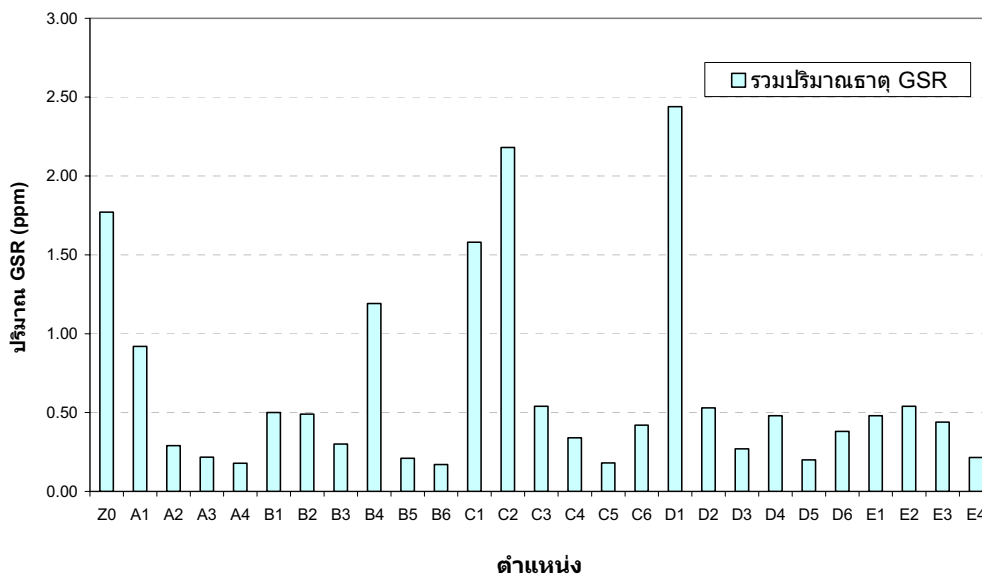
sample	อนุภาค Ba			อนุภาค Sb			อนุภาค Pb			ปริมาณรวมของ ธาตุ (เฉลี่ย 3 ครั้ง) (ppm)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
Z0	1.25	1.70	0.95	0.64	0.00	0.31	0.54	0.35	0.51	1.76
A1	0.08	0.07	0.24	0.34	0.00	0.36	0.00	0.00	0.32	0.40
A2	0.00	0.08	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.13
A3	0.10	0.07	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.08	0.18
A4	0.28	0.05	0.07	0.00	0.00	0.00	0.18	0.06	0.11	0.39
B1	0.30	0.19	0.19	0.00	0.00	0.00	0.37	0.11	0.31	0.61
B2	0.00	0.10	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.24
B3	0.07	0.04	0.10	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.20	0.27
B4	0.07	0.04	0.09	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	1.10	1.17
B5	0.07	0.03	0.21	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.07
B6	0.07	0.05	0.17	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.07
C1	0.93	1.20	0.77	0.48	0.76	0.00	0.49	0.74	0.81	2.50
C2	1.19	0.75	0.68	0.18	0.32	0.00	1.19	1.50	1.50	3.01
C3	0.30	0.56	0.25	0.00	0.00	0.00	0.28	1.10	0.29	0.59
C4	0.16	0.13	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.25	0.41
C5	0.17	0.06	0.18	0.00	0.00	0.00	0.12	0.35	0.00	0.17
C6	0.06	0.06	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.23	0.29
D1	0.12	0.13	0.24	0.00	0.00	0.00	0.95	0.36	2.20	2.32
D2	0.13	0.19	0.20	0.00	0.00	0.00	0.58	1.00	0.33	0.46
D3	0.09	0.10	0.14	0.00	0.00	0.00	0.43	0.27	0.13	0.22
D4	0.07	0.10	0.18	0.00	0.00	0.00	0.16	0.35	0.30	0.37
D5	0.06	0.10	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.00	0.06
D6	0.10	0.05	0.18	0.00	0.00	0.00	0.25	0.14	0.20	0.30
E1	0.12	0.08	0.14	0.00	0.00	0.00	0.69	0.24	0.34	0.46
E2	0.13	0.09	0.22	0.00	0.00	0.00	0.41	0.32	0.32	0.45
E3	0.08	0.09	0.18	0.00	0.00	0.00	0.16	0.26	0.26	0.34
E4	0.12	0.10	0.08	0.00	0.00	0.00	0.21	0.19	0.14	0.26



ภาพที่ 39 ปริมาณธาตุ GSR ทั้ง 3 ธาตุ ที่ตำแหน่งต่างๆของปืน Semi-Automatic ครั้งที่ 1



ภาพที่ 40 ปริมาณธาตุ GSR ทั้ง 3 ธาตุ ที่ตำแหน่งต่างๆ ของปืน Semi-Automatic ครั้งที่ 2

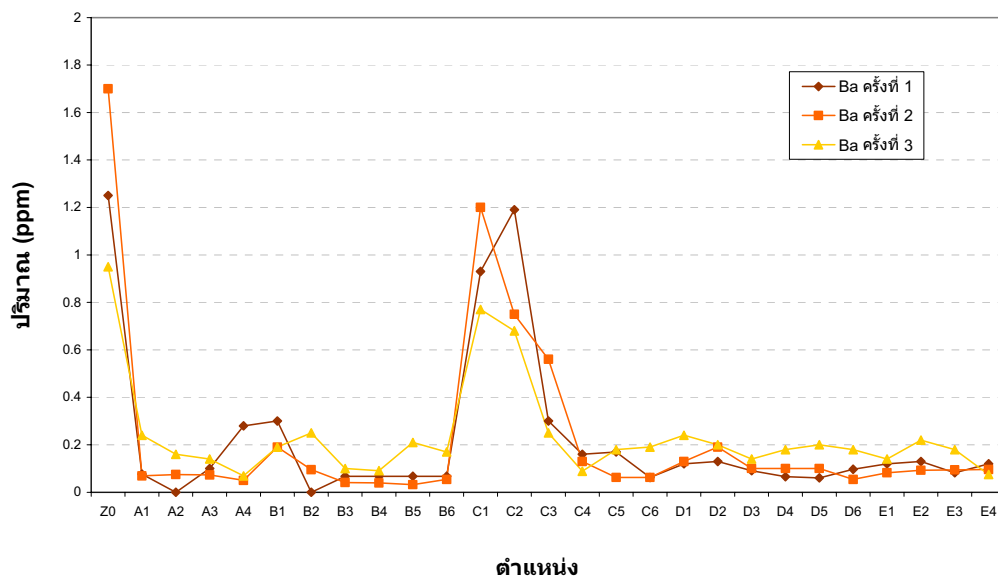


ภาพที่ 41 ปริมาณธาตุ GSR ทั้ง 3 ธาตุ ที่ตำแหน่งต่างๆของปืน Semi-Automatic ครั้งที่ 3

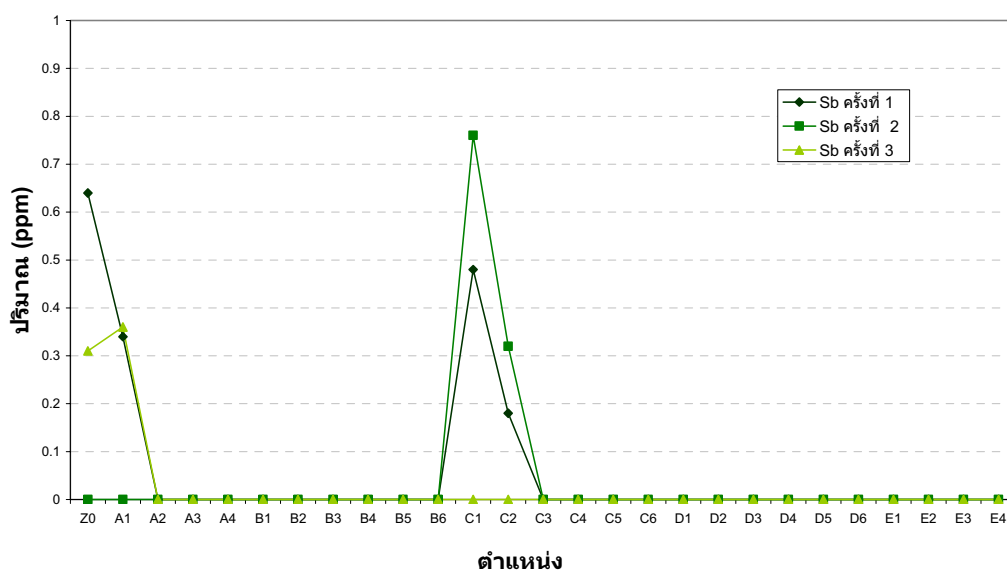
จากผลการทดลองยิงด้วยปืน Semi-Automatic ทั้ง 3 ครั้ง (ภาพที่ 39-41) พบว่า ครั้งที่ 1 พบปริมาณธาตุ GSR มากที่สุดที่ตำแหน่ง C2 (ด้านหน้า ที่ระยะ 1 เมตร) ครั้งที่ 2 พบมากที่สุดที่ตำแหน่ง C1 (ด้านหน้า ที่ระยะ 0.5 เมตร) ครั้งที่ 3 พบมากที่สุดที่ตำแหน่ง D1 (ด้านหน้าเฉียงไปทางด้านขวา 45 ° ที่ระยะ 0.5 เมตร) ซึ่งพบว่าจากการทดลองยิงทั้ง 3 ครั้ง ตำแหน่งที่พบปริมาณธาตุ GSR มากที่สุดแตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาแนวโน้มการกระจาย พบว่าปริมาณธาตุ GSR จะถูกตรวจพบมากที่สุดที่ตำแหน่งด้านหน้าและด้านหน้าเฉียงไปทางด้านขวา 45 ° ในช่วงระยะประมาณ 0.5-1 เมตร จากปลายปากกระบอกปืน

การเปรียบเทียบปริมาณธาตุ GSR

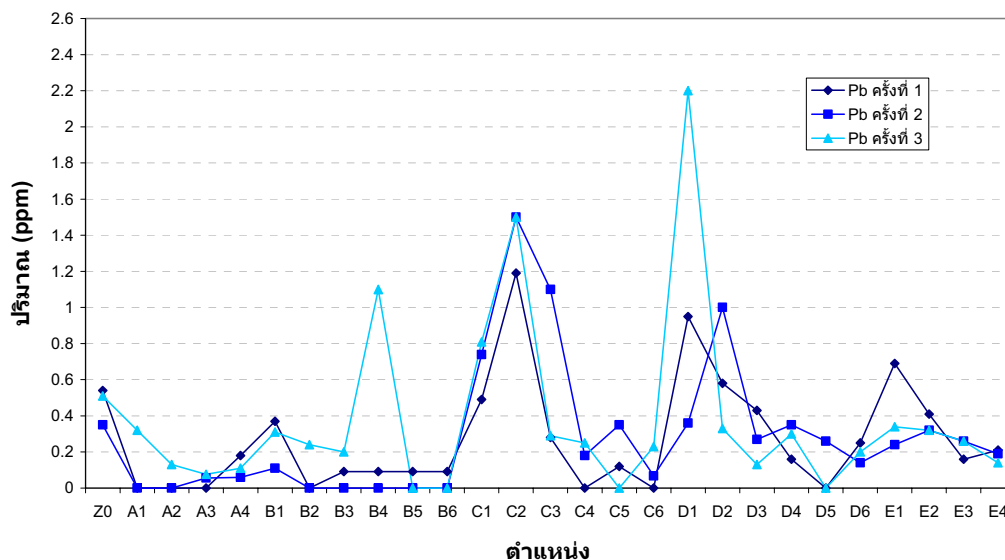
เมื่อนำค่าที่ได้จากการทดลองยิงแต่ละครั้ง ทั้งหมด 3 ครั้ง มาสร้างกราฟเปรียบเทียบกัน เพื่อดูแนวโน้มของแต่ละธาตุ ใน 5 ทิศทาง ได้ผลการทดลองเป็นดังนี้



ภาพที่ 42 เปรียบเทียบการกระจายตัวของธาตุ Ba ในการยิงแต่ละครั้งของปืน Semi-Automatics



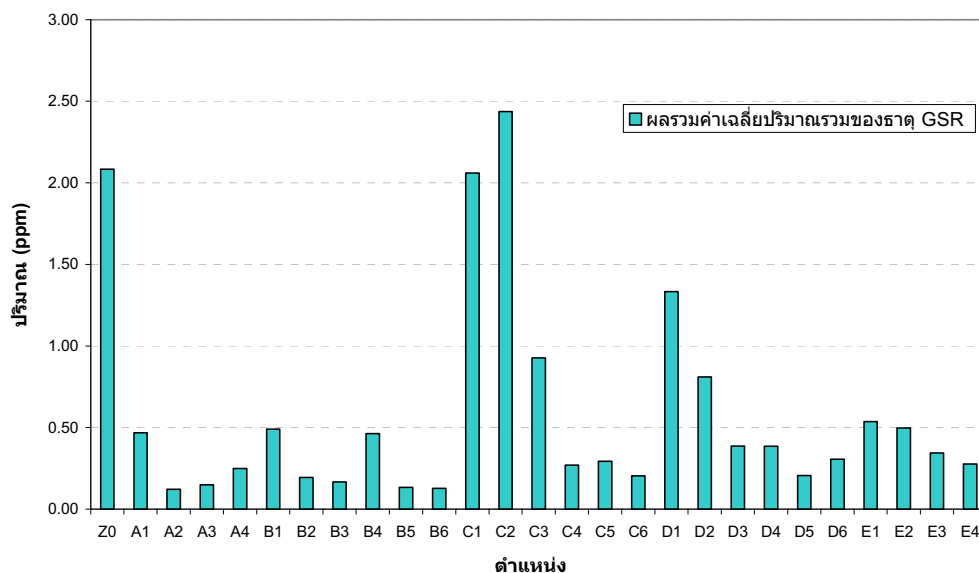
ภาพที่ 43 เปรียบเทียบการกระจายตัวของธาตุ Sb ในการยิงแต่ละครั้งของปืน Semi-Automatics



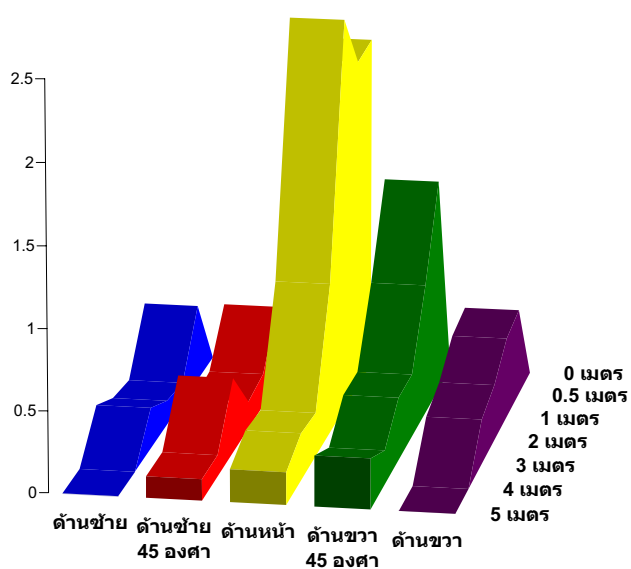
ภาพที่ 44 เปรียบเทียบการกระจายตัวของธาตุ Pb ในการยิงแต่ละครั้งของปืน Semi-Automatics

จากกราฟเปรียบเทียบการกระจายตัวของธาตุ Ba, Sb และ Pb ในการยิงแต่ละครั้ง (ภาพที่ 42-44) พบว่า ในการทดลองยิงทั้ง 3 ครั้ง ธาตุทั้ง 3 ตัว มีปริมาณ และการกระจายตัว ณ ตำแหน่งต่างๆ ที่ใกล้เคียง และเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

เมื่อนำค่าเฉลี่ยของผลรวมแต่ละธาตุที่ได้จากการทดลองยิงทั้งหมด 3 ครั้ง มารวมกัน เพื่อดูแนวโน้มการกระจายตัวของธาตุ GSR ทั้ง 3 ธาตุที่ตำแหน่งต่างๆ แล้วนำมาข้อมูลมาสร้างเป็นกราฟแท่ง และกราฟ 3 มิติ ได้ผลการทดลองเป็นดังนี้



ภาพที่ 45 กราฟสรุปค่าเฉลี่ยการกระจายตัวของอนุภาคเข้ามาปืน ซึ่งประกอบด้วยธาตุ Ba, Sb และ Pb จากการยิงทั้งหมด 3 ครั้งในตำแหน่งต่างๆ ในปืน Semi-Automatics



ภาพที่ 46 กราฟ 3 มิติแสดงการสรุปค่าเฉลี่ยการกระจายตัวของอนุภาคเข้ามาปืน ซึ่งประกอบด้วยธาตุ Ba, Sb และ Pb จากการยิงทั้งหมด 3 ครั้งในตำแหน่งต่างๆ ในปืน Semi-Automatics

จากกราฟภาพที่ 45-46 เมื่อนำค่าเฉลี่ยปริมาณของผลรวมในแต่ละธาตุที่ได้จากผลการทดลองทั้งหมด 3 ครั้ง มาพิจารณาแนวโน้มการกระจายตัวของเขม่าปืน ที่ตำแหน่งต่างๆ พบว่าตรวจพบปริมาณธาตุ GSR มากที่สุดที่ตำแหน่งด้านหน้า ที่ระยะ 1 เมตร รองลงมา คือ ตำแหน่งด้านหน้าเฉียงไปทางด้านขวา และด้านขวา ตามลำดับ โดยระยะที่จะพบมากที่สุดอยู่ในช่วง 0.5 – 1 เมตร และลดลงตามลำดับ แต่ยังคงตรวจพบได้ที่ระยะ 5 เมตร ซึ่งจากการทดลองในปืน Semi-Automatic พบว่า มีแนวโน้มที่เขม่าปืนจะตกอยู่ใกล้กับจุดยิงมากกว่า เพราะที่ตำแหน่ง Z0 (ตำแหน่งปลายกระบอกปืน) สามารถตรวจพบปริมาณเขม่าปืนในปริมาณที่มากเช่นกัน ต่างจากปืน Revolver ที่เขม่าจะตรวจพบได้ไกลกว่าคือที่ระยะ 2 เมตร โดยที่ตำแหน่ง Z0 (ตำแหน่งปลายกระบอกปืน) จะพบน้อยมาก หรือแทบไม่พบเลย

ส่วนปริมาณเขม่าปืนจากการทดลองยิงด้วยปืน Semi-Automatic เปรียบเทียบกับปริมาณเขม่าปืนที่ตรวจพบเทียบจากการทดลองยิงด้วยปืน Revolver จะพบว่าปริมาณน้อยกว่าอย่างชัดเจน (GSR maximum ในปืน Revolver เท่ากับ 33.16 ppm ส่วน GSR maximum ในปืน Semi-Automatic เท่ากับ 3.61 ppm) แต่เมื่อพิจารณาแนวโน้มการกระจายตัว พบว่าปืนทั้ง 2 ชนิด มีการกระจายตัวที่คล้ายคลึงและเป็นไปในทิศทางเดียวกัน นั่นก็คือ ด้านหน้าเฉียงไปทางด้านขวาเป็นส่วนใหญ่

4.3 ผลการศึกษาหาผลของระยะเวลาที่มีต่อการตกลงมาของเขม่าปืน ในห้องปิด

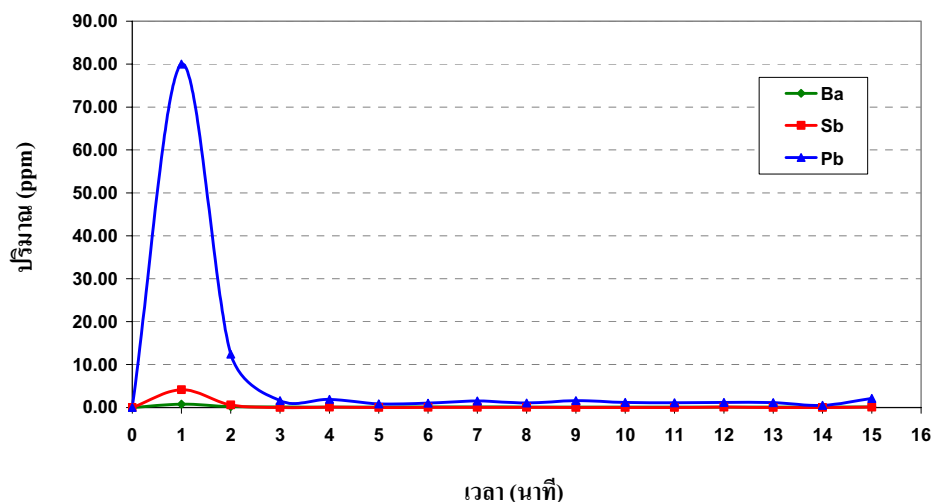
จากการทดลองยิงในห้องปิด โดยวางแผนกระเบื้องสำหรับเก็บปริมาณเขม่าปืน (GSR) ห่างจากผู้ยิงเป็นระยะทาง 2 เมตร ทางด้านหน้าผู้ยิงสำหรับปืน Revolver และ 1 เมตร สำหรับปืน Semi-Automatics โดยการทดลองนี้ถูกเลือก และกำหนดจากพื้นฐานของผลการทดลองที่ผ่านมาบนตำแหน่งที่ปริมาณเขม่าปืน (GSR) กระจายตัวรอบผู้ยิงมากที่สุด ตามการทดลองที่ 4.2

4.3.1 การศึกษาหาผลของระยะเวลาที่มีต่อการตกลงมาของเขม่าปืน ในปืน Revolver

ทำการทดลองยิงในห้องปิด ควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมให้อยู่ในช่วงที่กำหนด ผู้ยิงทำการยิงปืน 5 นัด วางแผนกระเบื้องสำหรับเก็บปริมาณเขม่าปืน (GSR) ที่ตำแหน่ง 2 เมตร และดึงแผ่นกระเบื้องออกภายหลังการยิงปืนทุกๆ 1 นาที เป็นเวลานาน 15 นาที ได้ผลการทดลองตามตารางที่ 4 และดังภาพที่ 47

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยผลของระยะเวลาที่มีต่อการตกลงมาของเขม่าปืนในห้องปิด สำหรับปืน Revolver
จากการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง ที่อุณหภูมิ 31.0-32.0 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 41.0-46.0 % และ
ความเร็วลม 0.05-0.09 m/s

ปริมาณ GSR/ เวลา	ปริมาณ Ba			ปริมาณ Sb			ปริมาณ Pb			ปริมาณรวม ของธาตุ (ppm)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	
นาทิตี่ 0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
นาทิตี่ 1	1.300	0.210	0.755	6.100	2.200	4.150	122.000	38.000	80.000	84.905
นาทิตี่ 2	0.220	0.190	0.205	0.480	0.730	0.605	6.600	18.200	12.400	13.210
นาทิตี่ 3	0.140	0.075	0.108	0.000	0.000	0.000	2.100	1.100	1.600	1.708
นาทิตี่ 4	0.084	0.082	0.083	0.000	0.140	0.070	1.600	2.200	1.900	2.053
นาทิตี่ 5	0.095	0.069	0.082	0.000	0.000	0.000	0.950	0.730	0.840	0.922
นาทิตี่ 6	0.110	0.110	0.110	0.047	0.000	0.024	0.810	1.200	1.005	1.139
นาทิตี่ 7	0.130	0.130	0.130	0.110	0.000	0.055	1.500	1.500	1.500	1.685
นาทิตี่ 8	0.075	0.070	0.073	0.086	0.000	0.043	1.200	0.920	1.060	1.176
นาทิตี่ 9	0.110	0.087	0.099	0.000	0.000	0.000	1.800	1.400	1.600	1.699
นาทิตี่ 10	0.087	0.068	0.078	0.000	0.000	0.000	1.300	1.100	1.200	1.278
นาทิตี่ 11	0.096	0.077	0.087	0.000	0.000	0.000	1.000	1.200	1.100	1.187
นาทิตี่ 12	0.110	0.091	0.101	0.130	0.000	0.065	1.400	0.950	1.175	1.341
นาทิตี่ 13	0.065	0.082	0.074	0.000	0.000	0.000	0.640	1.600	1.120	1.194
นาทิตี่ 14	0.074	0.077	0.076	0.000	0.000	0.000	0.480	0.550	0.515	0.591
นาทิตี่ 15	0.110	0.120	0.115	0.160	0.000	0.080	2.800	1.400	2.100	2.295



ภาพที่ 47 ค่าเฉลี่ยระยะเวลาการตกของเขม่าปืน Revolver ที่ตำแหน่ง 2 เมตรจากปลายกระบอกปืน ทางด้านหน้าจากการทดลองทั้ง 2 ครั้ง

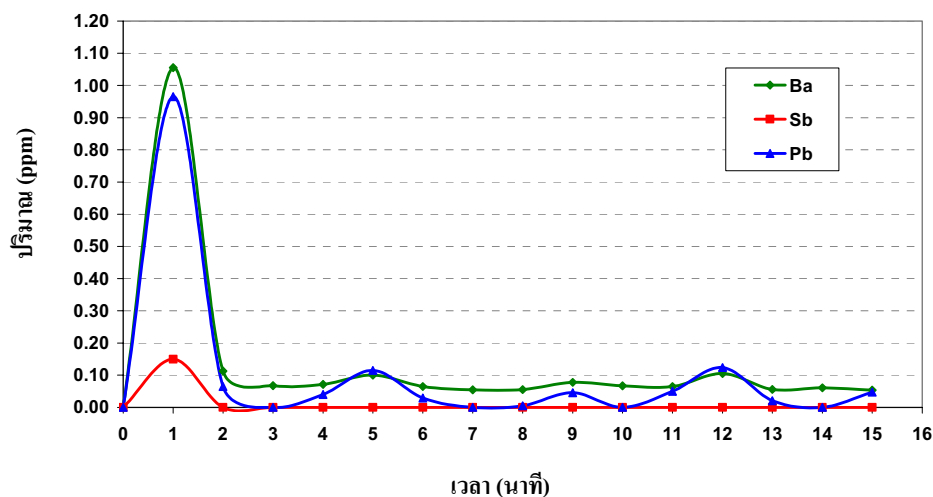
จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ของระยะเวลาที่มีผลต่อการตกลงมาของเขม่าปืน จากการทดลองยิงด้วยปืน Revolver ในห้องปิด พบปริมาณเขม่าปืนตกลงมามากที่สุดในช่วงระยะเวลา 1-3 นาทีแรก หลังจากนั้นจะค่อยๆ ลดปริมาณลงตามลำดับ โดยเมื่อเวลาผ่านไปนานถึง 15 นาทีแล้ว ก็ยังสามารถตรวจพบเขม่าปืนได้ ธาตุที่พบมากที่สุดคือ Pb ซึ่งพบในปริมาณสูงต่างจาก ธาตุชนิดอื่นๆค่อนข้างมาก แต่เมื่อดูแนวโน้มของทั้ง 3 ธาตุแล้ว พบว่ามีแนวโน้มการตกเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

4.3.2 การศึกษาหาผลของระยะเวลาที่มีต่อการตกลงมาของเขม่าปืน ในปืน Semi-Automatics

ทำการทดลองยิงในห้องปิด ควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมให้อยู่ในช่วงที่กำหนด ผู้ยิงทำการยิงปืน 5 นัด วางแผ่นกระเบื้องสำหรับเก็บอนุภาคเขม่าปืน (GSR) ที่ตำแหน่ง 1 เมตร และดึงแผ่นกระเบื้องออกภายหลังการยิงปืนทุกๆ 1 นาที เป็นเวลานาน 15 นาที ได้ผลการทดลองตามตารางที่ 5 และดังภาพที่ 48

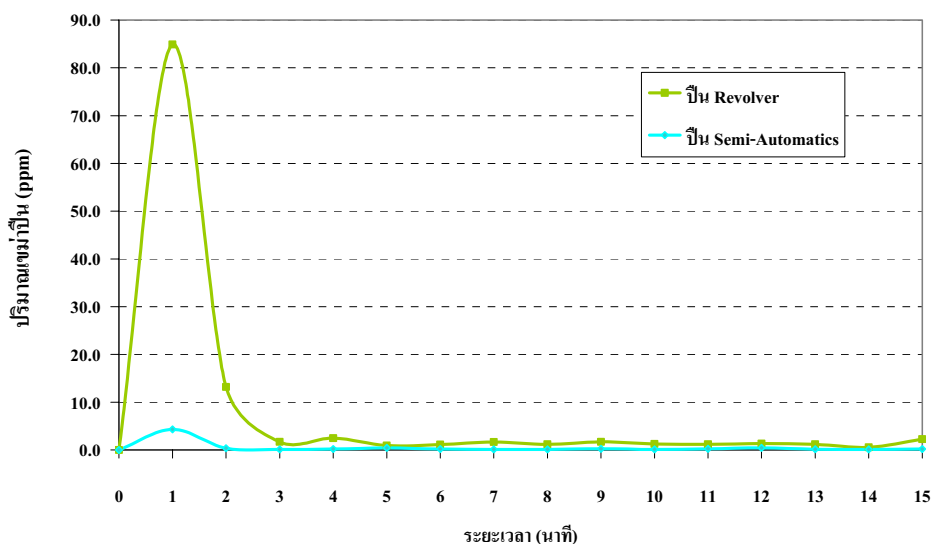
ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยผลของระยะเวลาที่มีต่อการตกลงมาของเขม่าป็นในห้องปิด สำหรับป็น Semi-Automatics จากการทดสอบซ้ำ 2 ครั้ง ที่อุณหภูมิ 31.0-32.0 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 41.0-46.0 % และความเร็วลม 0.05-0.09 m/s

เวลา/ ปริมาณ GSR	ปริมาณ Ba			ปริมาณ Sb			ปริมาณ Pb			ปริมาณรวม ของธาตุ (ppm)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	
นาทิตี่ 0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
นาทิตี่ 1	0.610	1.500	2.110	0.000	0.300	0.300	0.430	1.500	1.930	4.340
นาทิตี่ 2	0.065	0.160	0.225	0.000	0.000	0.000	0.000	0.130	0.130	0.355
นาทิตี่ 3	0.081	0.054	0.135	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.135
นาทิตี่ 4	0.045	0.098	0.143	0.000	0.000	0.000	0.000	0.080	0.080	0.223
นาทิตี่ 5	0.041	0.160	0.201	0.000	0.000	0.000	0.000	0.230	0.230	0.431
นาทิตี่ 6	0.051	0.079	0.130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.059	0.059	0.189
นาทิตี่ 7	0.037	0.072	0.109	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.109
นาทิตี่ 8	0.038	0.072	0.110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.010	0.120
นาทิตี่ 9	0.078	0.077	0.155	0.000	0.000	0.000	0.091	0.000	0.091	0.246
นาทิตี่ 10	0.067	0.067	0.134	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.134
นาทิตี่ 11	0.051	0.079	0.130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.100	0.100	0.230
นาทิตี่ 12	0.081	0.130	0.211	0.000	0.000	0.000	0.078	0.170	0.248	0.459
นาทิตี่ 13	0.054	0.058	0.112	0.000	0.000	0.000	0.042	0.000	0.042	0.154
นาทิตี่ 14	0.061	0.061	0.122	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.122
นาทิตี่ 15	0.038	0.069	0.107	0.000	0.000	0.000	0.000	0.095	0.095	0.202



ภาพที่ 48 ค่าเฉลี่ยระยะเวลาการตกของเขม่าปืน Semi-Automatics ที่ตำแหน่ง 1 เมตรจากปลายกระบอกปืนทางด้านหน้าจากการทดลองทั้ง 2 ครั้ง

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ของระยะเวลาที่มีต่อการตกลงมาของเขม่าปืน ในปืน Semi-Automatics ในห้องปิด พบปริมาณเขม่าปืนตกลงมามากที่สุดในช่วงระยะเวลา 1-2 นาทีแรก หลังจากนั้นจะค่อยๆ ลดปริมาณลงตามลำดับ ซึ่งเขม่าปืนใช้เวลาในการตกลงมาน้อยกว่าในปืน Revolver แต่ยังคงสามารถตรวจพบเขม่าปืนได้ เมื่อเวลาผ่านไปนานถึง 15 นาทีแล้วเช่นเดียวกัน ปริมาณ Pb และ Ba ถูกตรวจพบในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อดูแนวโน้มของทั้ง 3 ธาตุแล้วพบว่าแนวโน้มการตกเป็นไปในทิศทางเดียวกัน



ภาพที่ 49 เปรียบเทียบระยะเวลาการตกของเขม่าปืนจากปืน Revolver กับปืน Semi-Automatics

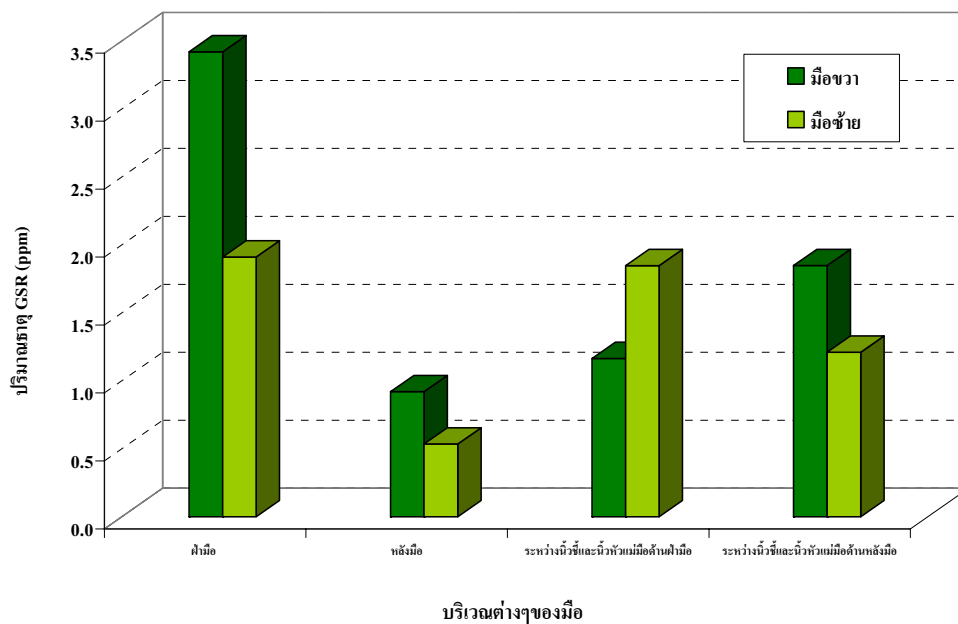
เมื่อนำผลการทดลองการศึกษาค้นคว้าหาผลของระยะเวลาที่มีต่อการตกลงมาของเขม่าปืน จากปืน ทั้ง 2 ชนิด ในห้องปิดมาเปรียบเทียบกัน จะพบว่า ช่วงระยะเวลาที่พบปริมาณเขม่าปืนตกลงมามากที่สุดคือ ระยะเวลา 1-3 นาทีแรก หลังจากนั้นจะค่อยๆ ลดปริมาณลงตามลำดับ โดยเขม่าปืนส่วนใหญ่ของปืน Semi- Automatics ใช้เวลาในการตกลงมาน้อยกว่าในปืน Revolver และปริมาณที่พบก็น้อยกว่ากันอย่างชัดเจน แต่สิ่งที่เหมือนกันคือ ยังคงสามารถตรวจพบเขม่าปืนได้ แม้เวลาผ่านไป 15 นาที

4.4 ผลการศึกษาหาปริมาณความเข้มข้นของธาตุ GSR ในบริเวณที่แตกต่างกันของมือ

จากการทดลองศึกษาหาปริมาณธาตุ GSR ในบริเวณที่แตกต่างกันของมือ จากการยิงปืนทั้ง 2 ชนิด บนบริเวณมือผู้ยิง 4 บริเวณ ประกอบด้วย ฝ่ามือ หลังมือ ระหว่างนิ้วชี้และนิ้วหัวแม่มือด้านฝ่ามือ และระหว่างนิ้วชี้และนิ้วหัวแม่มือด้านหลังมือ ทั้งในมือซ้ายและมือขวา ภายหลังการยิงปืน 5 นัด ได้ผลการทดลองจากการยิงด้วยปืน Revolver ตามตารางที่ 6 และปืน Semi-Automatics ตามตารางที่ 7

ตารางที่ 6 แสดงปริมาณของธาตุ GSR ในบริเวณที่แตกต่างกันของมือทั้ง 2 ข้างจากปืน Revolver

ปืน Revolver	ตำแหน่ง	Ba (ppm)	Sb (ppm)	Pb (ppm)	ปริมาณรวมของ ธาตุ GSR (ppm)
มือขวา	ฝ่ามือ	0.300	0.220	2.900	3.420
	หลังมือ	0.120	0.000	0.800	0.920
	ระหว่างนิ้วชี้และนิ้วหัวแม่มือด้านฝ่ามือ	0.110	0.054	1.000	1.164
	ระหว่างนิ้วชี้และนิ้วหัวแม่มือด้านหลังมือ	0.170	0.078	1.600	1.848
มือซ้าย	ฝ่ามือ	0.160	0.150	1.600	1.910
	หลังมือ	0.065	0.000	0.470	0.535
	ระหว่างนิ้วชี้และนิ้วหัวแม่มือด้านฝ่ามือ	0.160	0.087	1.600	1.847
	ระหว่างนิ้วชี้และนิ้วหัวแม่มือด้านหลังมือ	0.110	0.000	1.100	1.210



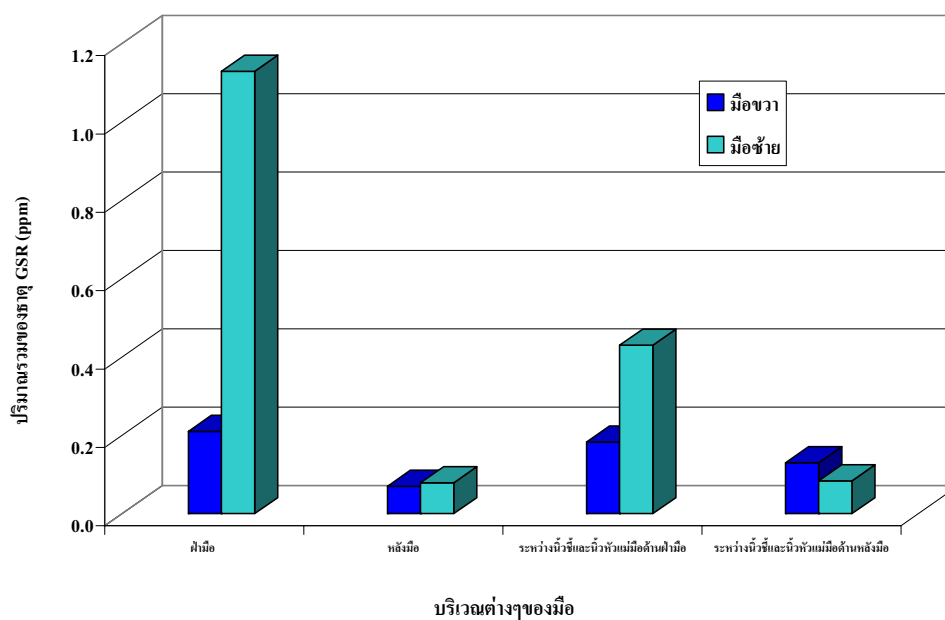
ภาพที่ 50 ปริมาณธาตุ GSR ในบริเวณที่แตกต่างกันของมือ จากปืน Revolver

จากการทดลองหาปริมาณ GSR ในบริเวณที่แตกต่างกันทั้งในมือซ้ายและมือขวา จากปืน Revolver ทำการทดลองยิง 2 ครั้ง พบว่า ปริมาณ GSR พบมากที่สุดบริเวณฝ่ามือทั้งมือซ้ายและมือขวาโดยพบในมือซ้ายมากกว่า รองลงมาพบบริเวณด้านฝ่ามือระหว่างนิ้วชี้และนิ้วหัวแม่มือแต่พบในมือขวามากกว่า

ตารางที่ 7 แสดงปริมาณของธาตุ GSR ในบริเวณที่แตกต่างกันของมือทั้ง 2 ข้างจากปืน

Semi-Automatics

Semi-Automatics	ตำแหน่ง	Ba (ppm)	Sb (ppm)	Pb (ppm)	ปริมาณรวมของธาตุ GSR (ppm)
มือขวา	ฝ่ามือ	0.110	0.000	0.100	0.210
	หลังมือ	0.070	0.000	0.000	0.070
	ระหว่างนิ้วชี้และนิ้วหัวแม่มือด้านฝ่ามือ	0.110	0.073	0.000	0.183
	ระหว่างนิ้วชี้และนิ้วหัวแม่มือด้านหลังมือ	0.130	0.000	0.000	0.130
มือซ้าย	ฝ่ามือ	0.500	0.170	0.620	1.290
	หลังมือ	0.079	0.000	0.000	0.079
	ระหว่างนิ้วชี้และนิ้วหัวแม่มือด้านฝ่ามือ	0.120	0.000	0.310	0.430
	ระหว่างนิ้วชี้และนิ้วหัวแม่มือด้านหลังมือ	0.084	0.000	0.000	0.084



ภาพที่ 51 ปริมาณธาตุ GSR ในบริเวณที่แตกต่างกันของมือ จากปืน Semi-Automatics

จากการทดลองหาปริมาณธาตุ GSR ในบริเวณที่แตกต่างกันทั้งในมือซ้ายและมือขวา จากปืน Semi-Automatics ทำการทดลองยิง 2 ครั้ง พบว่า ปริมาณ GSR พบมากที่สุดบริเวณฝ่ามือ ทั้งมือซ้ายและมือขวาโดยพบในมือซ้ายมากกว่า รองลงมาพบบริเวณด้านฝ่ามือระหว่างนิ้วชี้และ นิ้วหัวแม่มือแต่พบในมือขวามากกว่า ซึ่งผลการทดลองมีลักษณะเช่นเดียวกับผลจากการทดลองด้วย ปืน Revolver

บทที่ 5

วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

5.1 วิเคราะห์ผลการศึกษาหาทิศทางการกระจายตัวของอนุภาคเขม่าปืน

การศึกษหาทิศทางการกระจายตัวของอนุภาคเขม่าปืนของปืน Revolver และ Semi-Automatics ในห้องปิดพบว่า อนุภาค Pb เป็นอนุภาคที่พบมากที่สุดภายหลังการยิงปืน และเมื่อเปรียบเทียบการกระจายตัวของแต่ละอนุภาค จากการทดลองยิงทั้ง 3 ครั้งพบว่า อนุภาคเขม่าปืนจากปืนทั้ง 2 ชนิด มี ทิศทางการกระจายตัวไปในทิศทางเดียวกัน คือ ในทิศทางด้านหน้า และด้านขวา โดยจากค่าเฉลี่ย พบว่าตำแหน่งที่พบอนุภาค GSR มากที่สุด จะอยู่ที่ทิศทางด้านหน้า และด้านขวาเฉียงไปด้านหน้า 45° ที่ระยะ 0.5-2.0 เมตร ยกเว้นบริเวณตำแหน่งปลายกระบอกปืน หรือ Z0 จากการทดลองยิงด้วยปืน Semi-Automatics จะตรวจพบปริมาณอนุภาค GSR อยู่มากกว่า ซึ่งแตกต่างจากผลการทดลองยิงด้วยปืน Revolver ที่พบปริมาณอนุภาค GSR อยู่บริเวณตำแหน่งปลายกระบอกปืนเพียงเล็กน้อย ส่วนปริมาณอนุภาคเขม่าปืนของปืน Revolver จะอยู่ในช่วงประมาณ 0-30 ppm ส่วนปริมาณอนุภาคเขม่าปืนของปืน Semi-Automatics จะพบน้อยกว่ามาก คือประมาณ 0-3 ppm ดังแสดงด้วยตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แสดงปริมาณของธาตุ GSR ที่ตรวจพบได้ในแต่ละทิศทางจากการยิงในห้องปิด

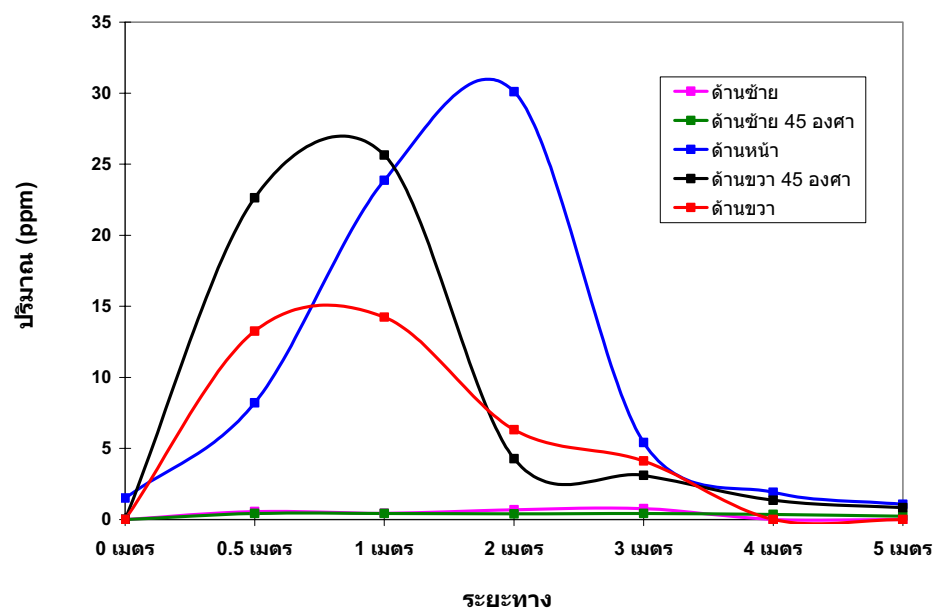
ปริมาณของธาตุ GSR ที่ตรวจพบได้ในปืน Revolver (ppm)					
ระยะทาง	ด้านซ้าย	ด้านซ้าย 45 องศา	ด้านหน้า	ด้านขวา 45 องศา	ด้านขวา
0 เมตร	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00
0.5 เมตร	0.56	0.42	8.20	22.63	13.25
1 เมตร	0.44	0.43	23.87	25.64	14.24
2 เมตร	0.68	0.40	30.11	4.28	6.32
3 เมตร	0.76	0.42	5.42	3.10	4.12
4 เมตร	0.00	0.36	1.91	1.36	0.00
5 เมตร	0.00	0.23	1.07	0.83	0.00

ตารางที่ 8 แสดงปริมาณของธาตุ GSR ที่ตรวจพบได้ในแต่ละทิศทางจากการยิงในห้องปิด(ต่อ)

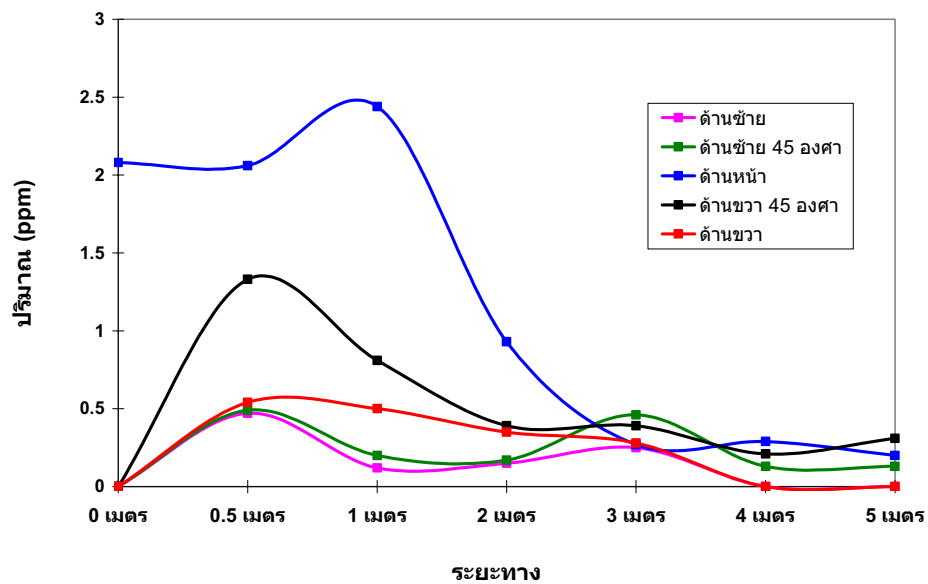
ปริมาณของธาตุ GSR ที่ตรวจพบได้ในปืน Semi- Automatics (ppm)					
ระยะทาง	ด้านซ้าย	ด้านซ้าย 45 องศา	ด้านหน้า	ด้านขวา 45 องศา	ด้านขวา
0 เมตร	0.00	0.00	2.08	0.00	0.00
0.5 เมตร	0.47	0.49	2.06	1.33	0.54
1 เมตร	0.12	0.20	2.44	0.81	0.50
2 เมตร	0.15	0.17	0.93	0.39	0.35
3 เมตร	0.25	0.46	0.27	0.39	0.28
4 เมตร	0.00	0.13	0.29	0.21	0.00
5 เมตร	0.00	0.13	0.20	0.31	0.00

จากตารางที่ 8 ในปืน Revolver พบว่า ยังสามารถตรวจพบอนุภาค GSR ได้ในระยะ 5 เมตร จากจุดยิง ระยะที่พบปริมาณอนุภาค GSR มากที่สุดอยู่ในช่วง 0.5-2.0 เมตร และทิศทางที่พบปริมาณอนุภาค GSR มากที่สุดคือ ทิศทางด้านหน้าทิศเดียวกับการยิง ร่องลงมา คือทางด้านหน้าเฉียงไปทางขวา 45° และ ด้านขวาของผู้ยิง ตามลำดับ เมื่อนำทิศทางทั้ง 5 มา สร้างกราฟร่วมกันเพื่อเปรียบเทียบ ได้ดังภาพที่ 52

ส่วนในปืน Semi-Automatics ได้ผลการทดลองที่มีแนวโน้มเช่นเดียวกับในปืน Revolver โดยระยะที่พบปริมาณอนุภาค GSR มากที่สุดอยู่ในช่วง 0-1.0 เมตร เมื่อนำทิศทางทั้ง 5 มา สร้างกราฟร่วมกันเพื่อเปรียบเทียบ ได้ดังภาพที่ 53

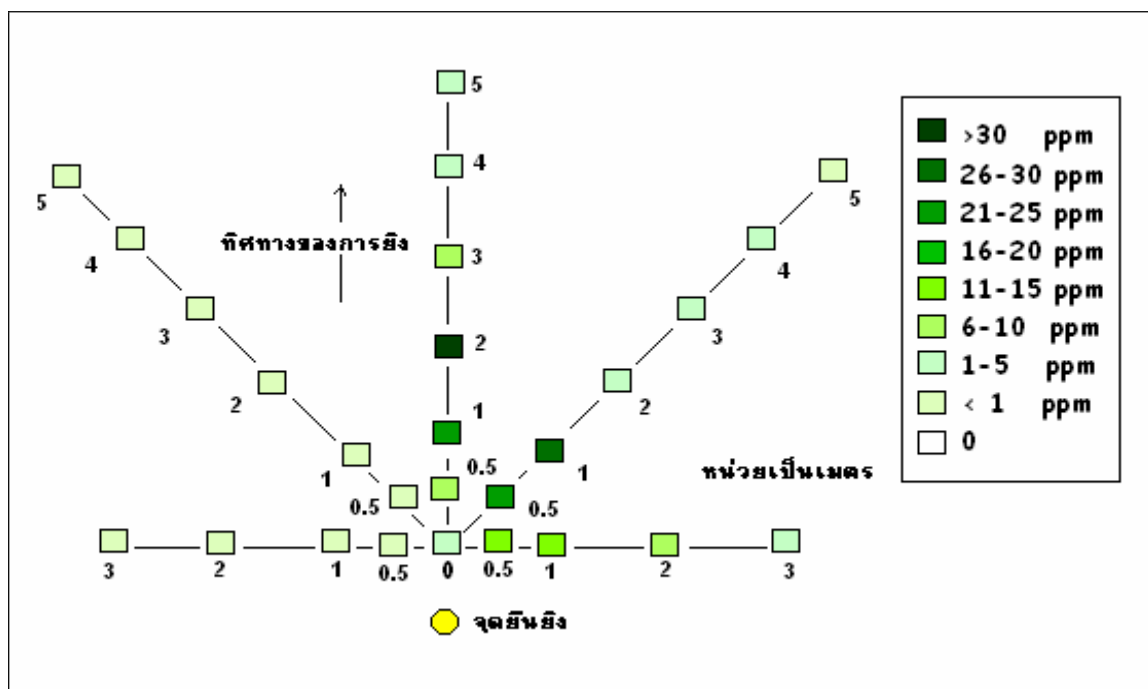


ภาพที่ 52 การเปรียบเทียบทิศทางที่พบปริมาณธาตุ GSR มากที่สุดในปืน Revolver

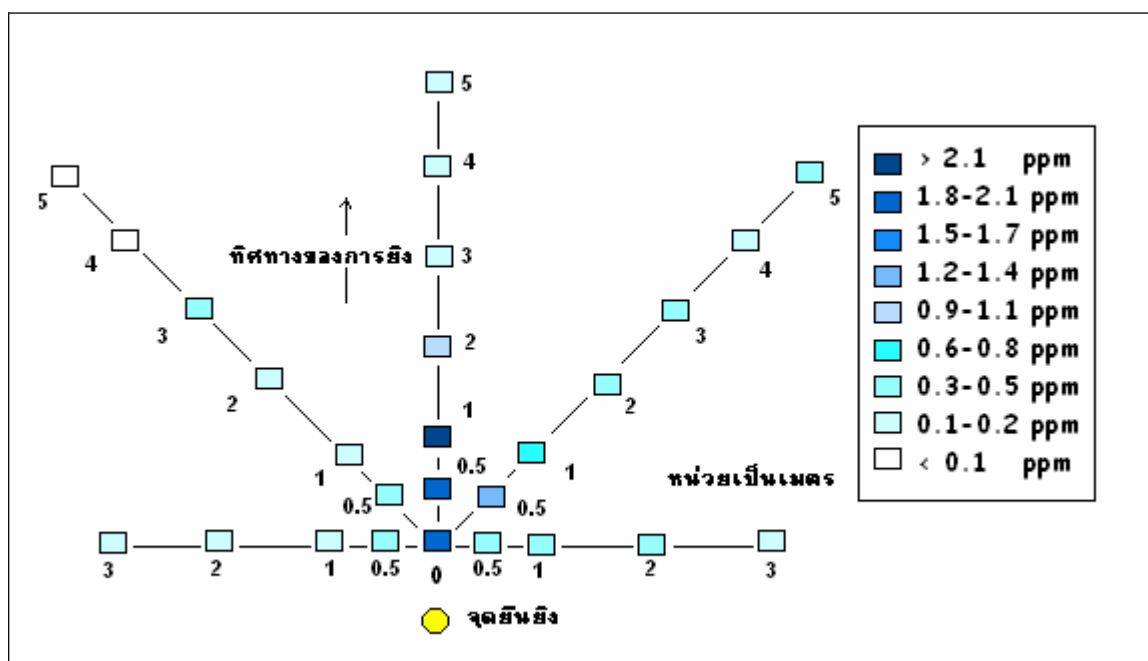


ภาพที่ 53 การเปรียบเทียบทิศทางที่พบปริมาณธาตุ GSR มากที่สุดในปืน Semi-Automatics

เมื่อนำผลการทดลองจากกราฟด้านบน มาแสดงตำแหน่งที่ตรวจพบปริมาณธาตุ GSR โดยใช้สีแสดงปริมาณเข้มข้นด้วยระดับสีต่างๆ ไล่จากเข้มไปอ่อน ได้ผลเป็นดังภาพที่ 54 สำหรับปืน Revolver และดังภาพที่ 55 สำหรับปืน Semi-Automatics



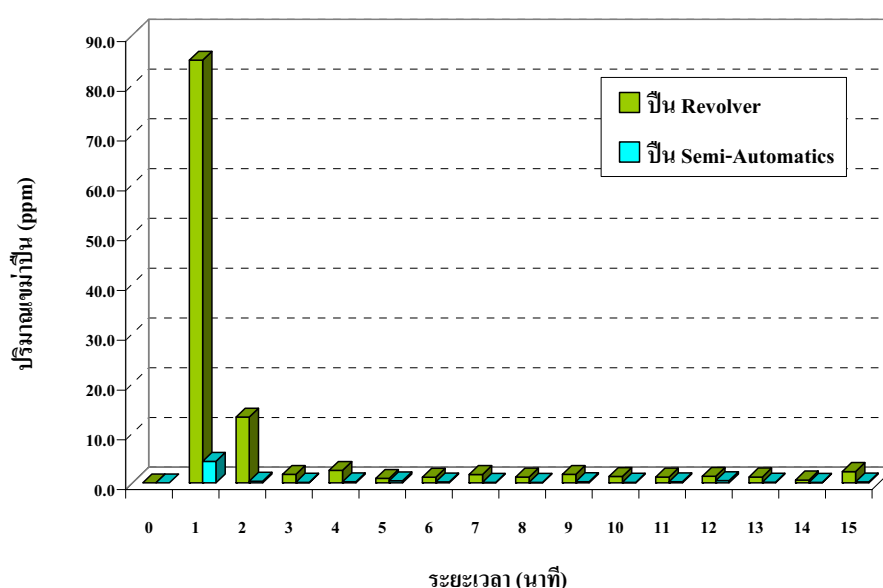
ภาพที่ 54 ตำแหน่งที่ตรวจพบธาตุ GSR ในปริมาณต่างๆ จากการยิงด้วยปืน Revolver



ภาพที่ 55 ตำแหน่งที่ตรวจพบธาตุ GSR ในปริมาณต่างๆ จากการยิงด้วยปืน Semi-Automatics

5.2 วิเคราะห์ผลการศึกษหาผลของระยะเวลาที่มีต่อการตกลงมาของเขม่าปืนในห้องปิด

การศึกษหาผลของระยะเวลาที่มีต่อการตกลงมาของเขม่าปืนในปืน Revolver และ Semi-Automaticsในห้องปิด พบว่าเมื่อนำตัวอย่างไปตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometer (ICP-OES) เพื่อวิเคราะห์ธาตุที่อยู่ในองค์ประกอบของเขม่าปืน ได้แก่ Pb, Ba และ Sb แล้วนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟเปรียบเทียบจากการยิงด้วยปืน Revolver และจากการยิงด้วยปืน Semi-Automatics ในฟังก์ชันของเวลา ได้ผลการทดลองดังภาพที่ 56



ภาพที่ 56 กราฟเปรียบเทียบระยะเวลาการตกของอนุภาค GSR จากปืน Revolver เทียบกับปืน Semi-Automatics

ผลการทดลองหาระยะเวลาการตกของเขม่าปืนพบว่า จากการทดลองยิงด้วยปืน Revolver ในช่วง 1-3 นาทีแรก สามารถตรวจพบอนุภาค GSR ได้ในปริมาณมาก และค่อยๆลดลงหลังจากนั้น แต่ยังสามารถตรวจพบได้แม้เวลาจะผ่านไปนาน 15 นาที โดยอนุภาคที่สามารถตรวจพบมากที่สุดคือ อนุภาค Pb โดยสามารถพบได้มากถึง 80 ppm ส่วนในปืน Semi-Automatics พบว่า ผลการทดลองมีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยพบอนุภาค Pb และ Ba ในปริมาณใกล้เคียงกัน แต่ปริมาณเขม่าปืนที่พบนั้นน้อยกว่าในปืน Revolver ค่อนข้างมาก โดยอยู่ในช่วง 0.1-1.1 ppm และพบมากที่สุดในช่วง 1-2 นาทีแรกเท่านั้น

5.3 วิเคราะห์ผลการศึกษาหาอนุภาค GSR ในบริเวณที่แตกต่างกันของมือ ในปืน Revolver และ Semi- Automatics

จากการทดลองศึกษาหาปริมาณธาตุ GSR ในบริเวณที่แตกต่างกันของมือ ในปืนทั้ง 2 ชนิด บนบริเวณของมือผู้ยิง 4 บริเวณ ประกอบด้วย ฝ่ามือ หลังมือ ระหว่างนิ้วชี้และนิ้วหัวแม่มือ ด้าน ฝ่ามือ และระหว่างของนิ้วชี้และนิ้วหัวแม่มือด้านหลังมือ ทั้งในมือซ้ายและมือขวา ภายหลังการยิงปืน 5 นัด ได้ผลการทดลองยิงด้วยปืน Revolver พบว่าปริมาณธาตุ GSR ตรวจพบได้บริเวณมือขวามากกว่า ส่วนปืน Semi-Automatics ตรวจพบปริมาณธาตุ GSR ในมือซ้ายมากกว่า โดยในปืนทั้ง 2 ชนิดนั้น บริเวณที่พบอนุภาค GSR มากที่สุด คือ ฝ่ามือ และระหว่างนิ้วชี้และนิ้วหัวแม่มือ ด้านฝ่ามือ

นอกจากนี้ การเก็บเขม่าปืนจากมือผู้ต้องสงสัย โดยทั่วไปจะเก็บบริเวณระหว่างนิ้วชี้และนิ้วหัวแม่มือนั้น แต่จากผลการทดลองเบื้องต้น พบว่าบริเวณฝ่ามือของมือทั้ง 2 ข้างก็พบเขม่าปืนในปริมาณมากเช่นกัน จึงควรเก็บเขม่าปืนที่บริเวณฝ่ามือเพิ่มเติมด้วย

5.4 อภิปรายผลการทดลอง

ในการศึกษานี้ มีแนวคิดมาจากการตั้งประเด็นในการสืบสวนสอบสวนคดีต่างๆ ที่เกี่ยวกับการยิงปืน ได้แก่

1. ปริมาณที่เป็นไปได้ในการตรวจพบอนุภาค GSR ในสิ่งแวดล้อม
2. การกระจายตัวของอนุภาค GSR ในระบบปิด ในปืนและกระสุนปืนต่างชนิดกัน
3. เวลาที่มีต่อการคงอยู่ของอนุภาค GSR ภายหลังการยิงปืน และช่วงเวลาที่น้อยที่สุดที่เขม่าปืนจะไม่ตกลงมาอีก
4. บริเวณที่สามารถตรวจพบเขม่าปืนมากที่สุดในมือของผู้ยิงทั้ง 2 ข้าง
5. การแยกความแตกต่างระหว่างผู้ยิงกับบุคคลอื่น หรือตำแหน่งการยืนของผู้ยิงว่าอิงมาจากตำแหน่งใด ตรงตามการให้การของทั้งพยานหรือผู้ต้องสงสัยหรือไม่ เป็นต้น

จึงได้ทำการออกแบบการทดลองดังกล่าว ซึ่งจากการทดลองหาการกระจายตัวของอนุภาค GSR ในฟังก์ชันของระยะทาง และเวลา สามารถสรุปได้ว่า อนุภาค GSR ยังสามารถตรวจพบได้ แม้ระยะถึง 5 เมตร จากจุดยิง แต่ปริมาณสูงสุดของอนุภาค GSR ไม่ได้พบที่จุดยิง แต่มีการกระจายตัวไปยังบริเวณใกล้เคียง ส่วนมากจะพบทางด้านหน้าและด้านขวา โดยปริมาณธาตุ GSR พบมากที่สุดในช่วงระยะเวลาประมาณ 1-3 นาทีแรก โดยยังสามารถตรวจพบได้ แม้เวลาผ่านไป

นาน 15 นาที ซึ่งการทดลองนี้ช่วยยืนยันว่าอนุภาคของ GSR จะยังคงอยู่ในอากาศเป็นช่วงเวลาหนึ่ง ภายหลังการยิงปืน ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะมีการปนเปื้อนต่อบุคคลซึ่งเข้ามาในสถานที่เกิดเหตุหลังการยิงปืน เพราะผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เขม่าปืนยังสามารถตรวจพบได้ แม้เวลาผ่านมานาน 15 นาที ภายหลังการยิงปืน โดยชนิดของปืนและกระสุนปืน มีผลต่อการกระจายตัวของเขม่าปืนและระยะเวลาการตกลงของเขม่าปืน ส่วนกรณีการบอกตำแหน่งยืนของผู้ยิงยังไม่สามารถนำไปอ้างอิงได้ในกรณีเหตุการณ์ที่สภาพแวดล้อมต่างกัน เนื่องจากการทดลองนี้ ได้กระทำในระบบปิด แต่ในที่เกิดเหตุส่วนใหญ่ มักจะเป็นระบบเปิด ทำให้ยังไม่สามารถนำผลการทดลองนี้ไปยืนยันได้ชัดเจน แต่อย่างไรก็ตามผลการทดลองก็สามารถยืนยันได้ว่า เขม่ามีการกระจายตัวไปโดยรอบในระยะ 5 เมตร จากจุดยิง ซึ่งอาจต้องมีการทดลองในตัวแปรอื่นๆ เพิ่มเติมต่อไป

นอกจากนี้ ถ้าผู้ยิงหลบหนีออกจากสถานที่เกิดเหตุทันทีทันใดภายหลังการยิงปืน ปริมาณของอนุภาค GSR บนมือหรือเสื้อผ้าอาจจะมีน้อยอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจะต้องนำมาพิสูจน์เพื่อวิเคราะห์เป็นกรณีไป ส่วนกรณีการแยกความแตกต่างระหว่างผู้ยิงกับบุคคลอื่น ยังไม่สามารถแยกความแตกต่างได้อย่างชัดเจน เท่ากับการตรวจสอบที่มือ เพราะการตรวจสอบที่มือจะมีเอกลักษณ์ที่ชี้ขาดได้มากกว่า แต่การตรวจสอบที่มือนั้นขึ้นกับปัจจัยหลายอย่างจึงจะได้ค่าที่ถูกต้อง โดยจากงานวิจัยนี้ มือข้างที่ตรวจพบเขม่าปืนมากที่สุด ในปี 2 ชนิดมีความแตกต่างกัน โดยสามารถตรวจพบได้ที่บริเวณฝ่ามือ และนิ้วชี้และนิ้วหัวแม่มือด้านฝ่ามือทั้ง 2 ข้างในปริมาณมาก

ดังนั้น ในการพิสูจน์ความจริงในอาชญากรรมที่เกี่ยวข้องกับอาวุธปืนนั้น การตรวจหาทิศทาง การกระจายตัว หรือการดูระยะเวลาการตกของอนุภาค GSR รอบจุดยิงร่วมด้วย ก็จะเป็นการพิสูจน์หลักฐานอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยยืนยันเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้มากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

แม่น อมรสิทธิ์ และ อมร เพชรสม, Principles and Techniques of Instrumental Analysis.

กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงพิมพ์ชวนพิมพ์, 2539 : 400 – 410.

รักษารณ กิตติคุณฎี, การตรวจคราบเขม่าจากการยิงปืนที่มีมือ โดยวิธี SEM/EDX. วิทยานิพนธ์
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยมหิดล, 2535 : 31 – 35.

ร้อยตำรวจเอก วิวัฒน์ ชินวร, การวิเคราะห์เขม่าปืนด้วยเทคนิค SEM/EDX (GUNSHOT
RESIDUE ANALYSIS BY SEM/EDX) วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2547 : ISBN 974-464-669-1

อัมพร จารุจินดา, พลตำรวจตรี. การตรวจพิสูจน์อาวุธปืนและเครื่องกระสุนปืน. กองพิสูจน์
หลักฐาน สำนักงานวิทยาการตำรวจ, 2542 : 1 – 38.

A. Zeichner, S. Ehrlich, E. Shoshani, L. Halicz, Application of lead isotope analysis in
shooting incident investigations, Foren. Sci. Int., 158 (2006) 52–64

B. Cardinetti, C. Ciampini, C.D’Onofrio, G.Orlando, L.Gravina, F.Ferrari, D. Di Tullio, L.
Torresi, X-ray mapping technique: a preliminary study in discriminating gunshot residue
particles from aggregates of environmental occupational origin, Foren. Sci. Int., 143 (2004)
1-19

Glock 19 Pistol, [Online], accessed 16 May 2009. Available from
http://www.glock.com/downloads/GLOCK_en.pdf

Jorge E. Souza Sarkis, Osvaldo N. Neto, Sonia Viebig, Steven F. Durrant. Measurements of gunshot residues by sector field inductively coupled plasma mass spectrometry – Further studies with pistols. Journal of Forensic Science International. 2007; in press.

L. Fojtasek, J. Vacinova, P. Kolar, M. Kotrly, Distribution of GSR particles in the surroundings of shooting pistol, Foren. Sci. Int., 132 (2003) 99–105

Lubor Fojtasek , Tomas Kmjec . Time periods of GSR particles deposition after discharge – final results . Journal of Forensic Science International. 2005 ; 153 : 132 – 135.

Luis Frontela Carreras, Luis Antonio Montes Palma. Ejection patterns of shot residues made from 9 mm Parabellum gun, 9 mm shot gun , .38 revolver and 7.62 mm Cetme rifle. Forensic Science International. (1998) 143-172

L. F. Carrera , L. A. Montes Palma, Ejection patterns of shot residues made from 9 mm Parabellum gun, 9 mm short gun, .38 revolver and 7.62 mm Cetme rifle, Foren. Sci. Int., 96 (1998) 143–172

L. Garofano , M. Capra, F. Ferrari, G.P. Bizzaro, D. Di Tullio, M. Dell’Olio, A. Ghitti, Gunshot residue Further studies on particles of environmental and occupational origin, Foren. Sci. Int., 103 (1999) 1–21

Sellier & Bellot .38 SPECIAL–Full Metal Jacket (LRN) [Online], accessed 16 May 2009. Available from <http://www.sellier-bellot.cz/pistol-and-revolver-detail.php?ammunition=9&product=184>

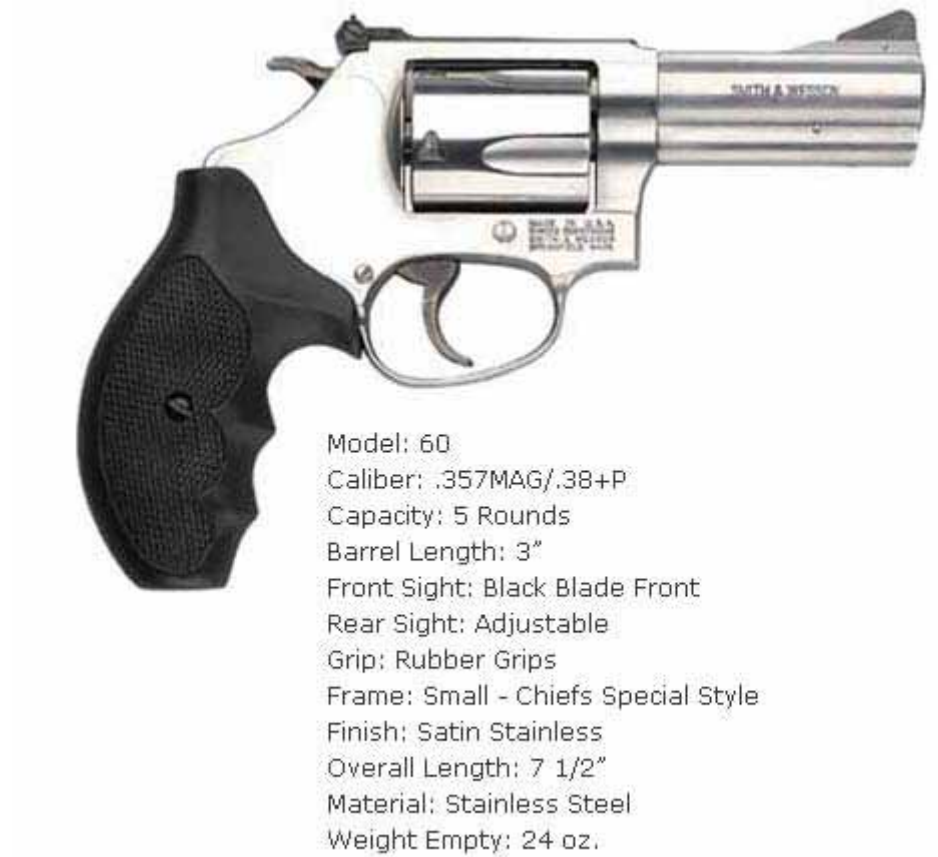
Smith & Wesson M60 [Online], accessed 16 May 2009. Available from http://www.smith-wesson.com/webapp/wcs/stores/servlet/ProductDisplay?storeId=10001&catalogId=10001&langId=-1&productId=14755&tabselected=tech&isFirearm=Y&parent_category_rn=

W. A. MacCrehan*, M. J. Layman, J. D. Secl, Hair combing to collect organic gunshot residues (OGSR), Foren. Sci. Int., 135 (2003) 167–173

Winchester 9 mm Luger [Online], accessed 16 May 2009. Available from
<http://www.winchester.com/products/catalog/handgundetail.aspx?symbol=Q4172&cart=OW1tIEx1Z2Vy>

ภาคผนวก

1. คุณสมบัติเฉพาะของอาวุธปืน Revolver ยี่ห้อ Smith & Wesson Model M60



ที่มา http://www.smith-wesson.com/webapp/wcs/stores/servlet/ProductDisplay?storeId=10001&catalogId=10001&langId=1&productId=14755&tabselected=tech&isFirearm=Y&parent_category_rn=

2. คุณสมบัติเฉพาะของอาวุธปืนSemi-Automatics ยี่ห้อ Glock Model 19



	GLOCK 19	GLOCK 19C
Caliber	9x19mm	9x19mm
Action	Safe Action System	Safe Action System
Length (slide)	6.85 in.(174mm)	6.85 in.(174mm)
Height	5 in.(127mm)	5 in.(127mm)
Width	1.18 in.(30mm)	1.18 in.(30mm)
Length between sights	5.98 in.(152mm)	5.98 in.(152mm)
Barrel length	4.02 in.(102mm)	4.02 in.(102mm)
Barrel rifling	Right, hexagonal	Right, hexagonal
Length of twist	9.84 in.(250mm)	9.84 in.(250mm)
Magazine capacity	10rd/15rd/17rd	10rd/15rd/17rd
Weight Empty	20.99 oz.(595g)	20.67 oz.(586g)
Magazine weight	2.46 oz.(70g)	2.46 oz.(70g)
Full magazine weight	8.99 oz.(255g)	8.99 oz.(255g)
Trigger pull (standard)	5.5 lbs.(2.5kg)	5.5 lbs.(2.5kg)
Trigger travel for discharge	0.5 in.(12.5mm)	0.5 in.(12.5mm)
Number of safeties	3	3

ที่มา http://www.glock.com/downloads/GLOCK_en.pdf

3. คุณสมบัติเฉพาะของกระสุนปืน Sellier & Bellot .38 SPECIAL–Full Metal Jacket (LRN)

Product No.			SB31101
Bullet	Type	LRN	
	Weight	grs	158
		g	10,25
	Material of jacket		-
Cartridge	Weight	g	15,10
	Length	mm	39,35
Velocity (m/s)	V0	304	
	V25	295	
	V50	287	
Energy (J)	V0	474	
	V25	447	
	V50	422	
Barrel length (mm)		190	
Points of impact (cm)	12,5	-0,1	
	25	0	
	50	-5,0	
Pcs per box		50	
Boxes per case		20	
Weight per case	kg	16,5	
	lb	36,5	



.38 SPECIAL
Sellier & Bellot
50
WAD CUTTER
3.8g 148grs

We recommend in .38 SPECIAL:

Category	Bullet		Type	Weight	
				grs	g
 Nontox cartridges			TFMJ	158	10,25
 Nontox cartridges			SP	158	10,25
 Pistol and revolver cartridges			WC	148	9,60
					

ที่มา <http://www.sellier-bellot.cz/pistol-and-revolver-detail.php?ammunition=9&product=184>

4. คุณสมบัติเฉพาะของกระสุนปืน Winchester 9 mm Luger

9mm Luger

147 gr. Supreme® T-Series



Product Symbol: S9

Ballistic Coefficient: 0.215

Barrel Length: 4.00"

Suggested use: Personal Protection

Description: Sure Functioning, Optimum Energy Deposit, Accurate, Controlled Recoil

Application: -

Bullet features include:

- Reverse Taper Jacket Design
- Consistent, Reliable Bullet Expansion Through Common Barrier Test Events
- Excellent Accuracy
- Positive Functioning

Packaging Options

Rounds Per Box: 20

Box U.S. MSRP: \$27.05

Rounds Per Case: 200

Case U.S. MSRP: \$270.50

Handgun Ballistics

Distance (yds)	Velocity (fps)	Energy (ft.lbs.)	Mid-Range Trajectory (in.)
Muzzle	990	320	-
50	947	293	1.2
100	909	270	4.8

ที่มา <http://www.winchester.com/products/catalog/handgundetail.aspx?symbol=Q4172&cart=OW1tIEx1Z2Vy>

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวศิริลักษณ์ ชไมบุปผา
ที่อยู่	169/26 ถ. ท่าแฉลบ ต. ตลาด อ.เมือง จ. จันทบุรี 22000
ที่ทำงาน	สำนักงานศุลกากรตรวจสินค้าลาดกระบ้ง 33/4 หมู่ 1 ถนนเจ้าคุณทหาร แขวงคลองสามประเวศ เขตลาดกระบ้ง กรุงเทพฯ 10520
E-mail address	shaman142@hotmail.com
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2539	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียน เบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรี
พ.ศ. 2546	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยศิลปากร
พ.ศ. 2549	ศึกษาต่อระดับปริญญาโท สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ประวัติการทำงาน	
พ.ศ. 2551- ปัจจุบัน	รับราชการสังกัดกรมศุลกากร กระทรวงการคลัง ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ