หอสมุดมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ปห 79748

การวิเคราะห์หาปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียมในคราบเขม่าปืน โดยเทคนิคโวลแทมเมตรี

Analysis of Antimony Lead and Barium in Gunshot Residue by Voltammetry Technique

พิมพันธ์ วงษ์แก้ว

ชนัดดา อุทัยแพน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

หอสมุดสถาบันราชภัฏมหาสารคาม
วันลง.....
วันรับ..... 3 ธ.ค. 2550
เลขทะเบียน..... ค. 3 [illegible]
เลขเรียกหนังสือ..... 546.716 พ366ก

2550

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ปี พ.ศ. 2550

แอนติมอนี
ตะกั่ว
แบเรียม

คณะกรรมการสอบได้พิจารณาโครงการวิจัยฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคามได้

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุนันท์ บุตรศาสตร์)

.....กรรมการ
(อาจารย์พรพรรณ พัวไพบูลย์)

.....กรรมการ
(อาจารย์มนชวัน วังกุลางกูร)

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อนุมัติให้โครงการวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมี ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

.....
(รองศาสตราจารย์นิตยา แซ่ซิ้ม)
หัวหน้าโปรแกรมวิชาเคมี

.....
(อาจารย์สมาน ศรีสะอาด)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
วันที่.....เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2549

ลิขสิทธิ์นี้เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

กิตติกรรมประกาศ

รายงานโครงการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุนันท์ บุตรศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัยซึ่งได้ให้คำแนะนำและตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆด้วยความเอาใจใส่ ขอขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาเคมีทุกท่านที่ให้ความรู้ทางวิชาการ ตลอดจนข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัย ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการศูนย์วิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในเรื่องสถานที่และเครื่องมือต่างๆ ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องสมุดทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในเรื่องสถานที่และการให้คำแนะนำในเรื่องการสืบค้นข้อมูลในการทำการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณวิทยาการเขต 23 จังหวัดขอนแก่น กองวิทยาการ 2 สำนักงานนิติวิทยาศาสตร์ตำรวจ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บตัวอย่างคราบเขม่าปืน และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์จึงทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ท้ายที่สุดนี้ คณะวิจัยขอน้อมรำลึกถึงพระคุณบิดา มารดาของคณะผู้วิจัยที่ให้ความเมตตา ให้กำลังใจ และให้ความอุปการะสนับสนุนการศึกษาของผู้วิจัยตลอดมา

คุณค่าและเกียรติภูมิใดๆ อันพึงมีในรายงานการวิจัยฉบับนี้ คณะผู้วิจัยขอมอบเป็น กตัญญูกตเวทิคุณแก่ บิดา มารดา บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

พิมพันธ์ วงษ์แก้ว

ชนัดดา อุทัยแพน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

หัวข้อวิจัย การวิเคราะห์หาปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียมในคราบเขม่าปืนโดยเทคนิคโวลแทมเมตรี

ชื่อผู้วิจัย นางสาวพิมพันธ์ วงษ์แก้ว
นางสาวชนัดดา อุทัยแพน

โปรแกรม/คณะ วิชาเคมี / คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ปีที่ได้รับทุน 2550

ปีที่แล้วเสร็จ 2549

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียม ในคราบเขม่าปืนจากลูกกระสุนปืน 3 ยี่ห้อ ได้แก่ ยี่ห้อ R.P , T.A และ Winchester โดยเทคนิคโวลแทมเมตรี ซึ่งทำการเก็บคราบเขม่าปืนในช่วงเวลาห่างกัน 1 ชั่วโมงหลังจากการยิงปืนเป็นเวลา 6 ชั่วโมง รวมจำนวน 18 ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียม ในกระสุนปืนแต่ละยี่ห้อในการเก็บคราบเขม่าปืนในช่วงเวลาที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 โดยปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียม มีปริมาณสูงสุดจากการเก็บตัวอย่างคราบเขม่าปืนหลังจากการยิงปืนแล้ว 1 ชั่วโมง ซึ่งพบว่ายี่ห้อ R.P มีปริมาณแอนติมอนีสูงสุดเท่ากับ 39.368 ± 0.198 ไมโครกรัมต่อลิตร ยี่ห้อ T.A มีปริมาณตะกั่วสูงสุดเท่ากับ 394.337 ± 0.084 ไมโครกรัมต่อลิตร และยี่ห้อ Winchester มีปริมาณแบเรียมสูงสุดเท่ากับ 291.643 ± 1.278 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

Title : Analysis of Antimony Lead and Barium in Gunshot Residue by Voltammetry Technique

Reserchers : Miss Pimpan Wongkaew

Miss Chanutda Uthipan

Faculty : Chemistry/Science and Technology

Academic Year : 2007

Academic Year : 2006

Abstarct

This research aims to analyse the quantity of antimony , lead and barium in the gunshot residues from 3 brands , namely : R.P , T.A and Winchester by Voltammetry technique. Eighteen samples were collected every one hour after discharging for six hours. The results showed the significant difference in the quantities of antimony, lead and barium. The comparison results the quantities of antimony, lead and barium among types of gunshot residues and time of collecting showed statistically significant difference at the .05 level. The highest quantities of antimony , lead and barium in samples were R.P (39.368 ± 0.198 μg/L) , T.A (394.337 ± 0.084 μg/L) and Winchester (291.643 ± 1.278 μg/L) , respectively.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญ

เรื่อง หน้า

กิตติกรรมประกาศ.....ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ค
สารบัญตาราง.....ฉ
สารบัญรูป.....ช
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความสำคัญของการวิจัย.....1
1.2 วัตถุประสงค์.....2
1.3 สมมุติฐานของการวิจัย.....2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2
1.6 สถานที่ทำการวิจัย.....3
1.7 ระยะเวลาทำการวิจัย.....3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4
2.1 อาวุธปืน.....4
2.2 กระสุนปืน.....6
2.3 เขม่าปืน(Gunshot Residue).....12
2.4 การตรวจหลักฐานจากอาวุธปืน.....14
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....17
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....20
3.1 เครื่องมืออุปกรณ์และสารเคมี.....20
3.2 การเตรียมสารละลายเคมี.....20
3.3 การเตรียมตัวอย่าง.....21
3.4 วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียม
โดยเทคนิคโวลแทมเมตรี.....23

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลอง....24

4.1 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคโวลแทมเมตรี....24

4.2 ผลการเปรียบเทียบปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียมที่วิเคราะห์ได้จาก จากกระสุนปืนต่างยี่ห้อกัน และช่วงเวลาการเก็บคราบเขม่าปืนต่างกัน....34

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ....36

5.1 อภิปรายผล....36

5.2 สรุปผลการทดลอง....37

5.3 ข้อเสนอแนะ....37

บรรณานุกรม....38

ภาคผนวก....40

ภาคผนวก ก สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล....41

ภาคผนวก ข ตัวอย่างการคำนวณ....44

ภาคผนวก ค รูปประกอบการทดลอง....48

ภาคผนวก ง หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง....52

ประวัติย่อผู้วิจัย....57

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ส่วนประกอบของแก๊ปปืนตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน และยี่ห้อต่างๆ....8
2.2 จุดหลอมเหลวและจุดเดือดของส่วนประกอบของแก๊ปปืน....12
4.1 ปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียมในคราบเขม่าปืนในช่วงเวลาการเก็บ
คราบเขม่าปืนหลังจากยิงปืน 1 ชั่วโมง....28
4.2 ปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียมในคราบเขม่าปืนในช่วงเวลาการเก็บ
คราบเขม่าปืนหลังจากยิงปืน 2 ชั่วโมง....29
4.3 ปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียมในคราบเขม่าปืนในช่วงเวลาการเก็บ
คราบเขม่าปืนหลังจากยิงปืน 3 ชั่วโมง....30
4.4 ปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียมในคราบเขม่าปืนในช่วงเวลาการเก็บ
คราบเขม่าปืนหลังจากยิงปืน 4 ชั่วโมง....31
4.5 ปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียมในคราบเขม่าปืนในช่วงเวลาการเก็บ
คราบเขม่าปืนหลังจากยิงปืน 5 ชั่วโมง....32
4.6 ปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียมในคราบเขม่าปืนในช่วงเวลาการเก็บ
คราบเขม่าปืนหลังจากยิงปืน 6 ชั่วโมง....33
4.7 ปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียมเฉลี่ยที่วิเคราะห์ได้จากกระสุนปืนต่างยี่ห้อกัน
และช่วงเวลาในการเก็บคราบเขม่าปืนต่างกัน....34
ก-1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแอนติมอนีเฉลี่ย ในคราบเขม่าปืนจาก
กระสุนต่างยี่ห้อกัน และช่วงเวลาในการเก็บคราบเขม่าปืนต่าง....43
ก-2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณตะกั่วเฉลี่ย ในคราบเขม่าปืนจาก
กระสุนต่างยี่ห้อกัน และช่วงเวลาในการเก็บคราบเขม่าปืนต่างกัน....43
ก-3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแบเรียมเฉลี่ย ในคราบเขม่าปืนจาก
กระสุนต่างยี่ห้อกัน และช่วงเวลาในการเก็บคราบเขม่าปืนต่างกัน....43

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ปืนลูกโม่ทั้ง 3 ชนิด....5
2.2 ส่วนประกอบสำคัญของกระสุนปืน....6
2.3 รูปร่างของลูกกระสุนปืนชนิดรีวอลเวอร์....9
2.4 รูปร่างของลูกกระสุนปืนชนิดออโตเมติก....10
2.5 การยิงปืนลูกโม่ยี่ห้อ Smith&Wesson....13
2.6 ปฏิกิริยาการทดสอบไนเตรท....15
2.7 ปฏิกิริยาการทดสอบโซเดียมโรไดโซเนท....15
3.1 แผนภาพดำเนินการทดลอง....22
4.1 โวลแทมโมแกรมของแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียมเมื่อเติมสารละลายมาตรฐาน....24
4.2 ปริมาณแอนติมอนีในคราบเขม่าปืนในกระสุนยี่ห้อ R.P โดยช่วงเวลาในการเก็บคราบ เขม่าปืนหลังจากยิงปืน 1 ชั่วโมงโดยการเติมสารละลายมาตรฐาน....25
4.3 ปริมาณแอนติมอนีในคราบเขม่าปืนในกระสุนยี่ห้อ Winchester โดยช่วงเวลาในการเก็บคราบ เขม่าปืนหลังจากยิงปืน 1 ชั่วโมง โดยการเติมสารละลายมาตรฐาน....25
4.4 ปริมาณแอนติมอนีในคราบเขม่าปืนในกระสุนยี่ห้อ T.A โดยช่วงเวลาในการเก็บ คราบเขม่าปืนหลังจากยิงปืน 1 ชั่วโมง โดยการเติมสารละลายมาตรฐาน....25
4.5 ปริมาณตะกั่วในคราบเขม่าปืนในกระสุนยี่ห้อ T.A โดยช่วงเวลาในการเก็บคราบเขม่าปืน หลังจากยิงปืน 1 ชั่วโมง โดยการเติมสารละลายมาตรฐาน....26
4.6 ปริมาณตะกั่วในคราบเขม่าปืนในกระสุนยี่ห้อ R.P โดยช่วงเวลาในการเก็บคราบเขม่าปืน หลังจากยิงปืน 1 ชั่วโมง โดยการเติมสารละลายมาตรฐาน....26
4.7 ปริมาณตะกั่วในคราบเขม่าปืนในกระสุนยี่ห้อ Winchester โดยช่วงเวลาในการเก็บ คราบเขม่าปืนหลังจากยิงปืน 1 ชั่วโมง โดยการเติมสารละลายมาตรฐาน....26
4.8 ปริมาณแบเรียมในคราบเขม่าปืนในกระสุนยี่ห้อ Winchester โดยช่วงเวลาในการเก็บ คราบเขม่าปืนหลังจากยิงปืน 1 ชั่วโมง โดยการเติมสารละลายมาตรฐาน....27
4.9 ปริมาณแบเรียมในคราบเขม่าปืนในกระสุนยี่ห้อ R.Pโดยช่วงเวลาในการเก็บคราบเขม่าปืน หลังจากยิงปืน 1 ชั่วโมง โดยการเติมสารละลายมาตรฐาน....27
4.10 ปริมาณแบเรียมในคราบเขม่าปืนในกระสุนยี่ห้อ T.A โดยช่วงเวลาในการเก็บคราบเขม่าปืน หลังจากยิงปืน 1 ชั่วโมง โดยการเติมสารละลายมาตรฐาน....27

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

ค-1 เครื่องโวลแทมเมตรี....49
ค-2 ลูกกระสุนปืนยี่ห้อ R.P , T.A และ Winchester....49
ค-3 ตัวอย่างหลังจากเก็บจากมือผู้ยิงปืน....50
ค-4 การผึ่งตัวอย่างให้แห้ง....50
ค-5 การแช่ตัวอย่าง....51
ค-6 สารละลายตัวอย่างที่เตรียมได้พร้อมวิเคราะห์ด้วยเครื่องโวลแทมเมตรี....51

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของการวิจัย

ปัญหาอาชญากรรมในประเทศโดยเฉพาะคดีประทุษร้ายต่อร่างกายและชีวิตมีสถิติสูงขึ้นเป็นลำดับ ปัญหาอาชญากรรมดังกล่าวก่อให้เกิดความสูญเสียต่อเนื่องทางเศรษฐกิจ และสังคมตามมาอีกมากมาย ดังคำกล่าวที่ว่า "อาชญากรรมมีแต่ความสูญเสีย" การทำให้ปัญหาอาชญากรรมดังกล่าวลดลงได้ ย่อมจะทำให้สังคมและประเทศชาติได้รับประโยชน์ด้านต่าง ๆ อย่างมากมาย ปัจจัยสำคัญบางประการที่จะทำให้อาชญากรมีความเกรงกลัว ไม่กล้ากระทำผิด คือเจ้าหน้าที่ของรัฐในกระบวนการยุติธรรมตั้งแต่ชั้นต้น มีเครื่องมือและวิธีการในการสืบสวน สอบสวน และสามารถใช้เป็นพยานหลักฐานมัดตัวผู้กระทำผิดจนไม่สามารถรอดพ้นความผิดไปได้จนถึงชั้นศาล จากปัญหาอาชญากรรมดังกล่าวพบว่าปืนเป็นอาวุธที่ถูกใช้ในการกระทำความผิดมากที่สุด และเป็นอุปกรณ์ที่มีร่องรอยหลักฐานเกิดขึ้นมากที่สุด เช่น อาวุธปืน ปลอกกระสุนปืน หัวกระสุนปืน และเขม่าปืน (Gun shot Residue, GSR)

ในปัจจุบันหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ได้รับการยอมรับในกระบวนการยุติธรรม ซึ่งเป็นการพิสูจน์ได้ว่าผู้นั้นกระทำความผิดในคดีนั้นๆ มาแล้วหรือไม่อย่างไร หรือมีส่วนเกี่ยวข้องกับการกระทำความผิดหรือไม่อย่างไร ดังนั้นผู้เกี่ยวข้องกับเรื่องนี้โดยเฉพาะผู้ตรวจหรือนักวิทยาศาสตร์ด้านการพิสูจน์หลักฐานจึงต้องให้ความสำคัญเป็นพิเศษกับหลักฐานและวิธีทางวิทยาศาสตร์ในการค้นหาความจริงทางคดี ทั้งนี้เพื่ออำนวยประโยชน์ในทางกระบวนการยุติธรรมและสืบสวนสอบสวนของพนักงานเจ้าหน้าที่ในการที่จะนำบุคคลที่กระทำความผิดมาลงโทษตามกฎหมาย (กองวิทยาการภาค 3. 2548 : 4)

การตรวจเขม่าดินปืนด้วยวิธีอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตเมตรี ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ตรวจสอบ ค้นหาข้อเท็จจริงเกี่ยวกับพยานหลักฐานทางคดี โดยการตรวจหาธาตุสำคัญที่มาจากการยิงปืนของผู้สงสัย ผู้ต้องหา หรือผู้เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ โดยจะสามารถชี้ชัดได้ว่าบุคคลได้ผ่านการยิงปืนมาแล้วหรือไม่อย่างไร หรือเกี่ยวข้องกับการใช้ปืนมาแล้วหรือไม่อย่างไร โดยคราบเขม่าปืนมาจากส่วนประกอบของกระสุนปืน 3 ส่วน ดังนี้ คือ ดินปืน (gun powder) ลูกกระสุนปืน (bullet) และแก๊ปปืน (primer) ซึ่งส่วนของแก๊ปปืนจะประกอบด้วยธาตุ แอนติมอนี (Sb) ตะกั่ว (Pb) และแบเรียม (Ba) โดยขณะเกิดการระเบิดเพื่อขับดันหัวกระสุนให้พ้นจากปากลำกล้องไปนั้น ปริมาณความร้อนที่สูงมากจะทำให้เกิดการแตกตัวของธาตุสำคัญดังกล่าวจากหัวกระสุนปืน และทำให้เกิดคราบเขม่าปืนฟุ้งกระจายไปติด ณ จุดต่าง ๆ มีความแตกต่างกัน (กองกำกับการ 3. 2545 : 29)

เทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตเมตรี เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ธาตุอย่างหนึ่ง ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ เป็นเทคนิคที่สามารถวิเคราะห์ธาตุที่ปริมาณน้อยๆแต่ค่าใช้จ่ายในการตรวจวิเคราะห์มีราคาสูง และเนื่องจากเทคนิคโวลแทมเมตรีสามารถวิเคราะห์ธาตุที่มีปริมาณน้อยๆได้เช่นกัน โดยเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าและมีขีดจำกัดต่ำสุดในการวิเคราะห์ธาตุที่มีปริมาณน้อยในระดับส่วนในพันล้านส่วน (ppb)ได้ (Curt ,Dustin and Howard. 1998) ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะวิเคราะห์หาปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียม ในคราบเขม่าปืนที่เกิดจากการยิงกระสุนต่างยี่ห้อกัน ในช่วงเวลาที่ยิงต่างกัน โดยเทคนิคโวลแทมเมตรี

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียมในคราบเขม่าปืนที่เกิดจากกระสุนปืนต่างยี่ห้อกัน โดยเทคนิคโวลแทมเมตรี

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียมในคราบเขม่าปืนที่เกิดจากกระสุนปืนต่างยี่ห้อกัน ในการตรวจเก็บคราบเขม่าปืนที่เวลาต่างกัน โดยเทคนิคโวลแทมเมตรี

1.3 สมมุติฐานของการวิจัย

ปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียม ในคราบเขม่าปืนที่เกิดจากกระสุนปืนยี่ห้อต่างกันและช่วงเวลาในการเก็บคราบเขม่าปืนต่างกันจะมีปริมาณที่แตกต่างกัน

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 กลุ่มตัวอย่างในการทดลอง ได้แก่ คราบเขม่าปืนจากลูกกระสุนปืน 3 ยี่ห้อ คือ R.P , T.A และ Winchester

1.4.2 ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง หลังจากการยิงปืนในช่วงเวลาห่างกัน 1 ชั่วโมง และเก็บ 6 ครั้ง

1.4.3 วิเคราะห์หาปริมาณธาตุ 3 ชนิด คือ ปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียม

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทำให้ทราบปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียมในคราบเขม่าปืนที่เกิดจากกระสุนปืนต่างยี่ห้อกัน

1.5.2 ทำให้ทราบปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียมในคราบเขม่าปืนในช่วงเวลาที่ต่างกัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

1.6 สถานที่ทำการวิจัย

1.6.1 ห้องปฏิบัติการโปรแกรมวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และชั้น 3 อาคาร 10 ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

1.6.2 วิทยาการเขต 23 ขอนแก่น กองวิทยาการ 2 สำนักงานนิติวิทยาศาสตร์ตำรวจ

1.7 ระยะเวลาทำการวิจัย

เดือน มีนาคม ถึง พฤศจิกายน พ.ศ. 2549

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 อาวุธปืน

อาวุธปืน หมายความรวมถึงอาวุธทุกชนิดซึ่งใช้ส่งเครื่องกระสุนปืนโดยวิธีระเบิดหรือกำลังดันของแก๊สหรืออัดลม หรือเครื่องกลไกอย่างใดอย่างหนึ่งซึ่งต้องอาศัยอำนาจของพลังงานส่วนหนึ่งส่วนใดของอาวุธปืนนั้นๆ (ประชุม สถาปีตานนท์. 2521: 68) คำว่า "ปืน" มีขอบเขตกว้างขวางมาก ซึ่งในที่นี้จะจำกัดขอบเขตอยู่เพียงปืนสั้น นิยามของคำว่าปืนสั้น

ปืนสั้น หมายถึง ปืนที่ถูกออกแบบมาเพื่อให้ยิงด้วยมือข้างเดียวอย่างได้ผล ซึ่งแบ่งออกเป็นชนิดต่างๆ ตามลักษณะของกลไกการบรรจุกระสุนปืนได้ดังนี้ (หิรัญ ชาติตระกูล , พ.ต.อ. 2541 : 10)

2.1.1 ปืนสั้นชนิดบรรจุเดี่ยว (single shot) หมายถึง ปืนสั้นที่ไม่มีซองกระสุน ไม่มีกลไกการบรรจุกระสุนปืนเข้าในรังเพลิง ในการยิงกระสุนปืนทุกชนิดผู้ยิงจะต้องบรรจุกระสุน และปลดปลอกกระสุนปืนทุกนัดด้วยมือ ชนิดบรรจุเดี่ยวส่วนมากเป็นปืนเพื่อการกีฬาและการล่าสัตว์ นอกจากนี้อาจพบได้ในปืนเพื่อวัตถุประสงค์พิเศษบางชนิด

2.1.2 ปืนสั้นชนิดยิงซ้ำ (repeating) หมายถึง ปืนสั้นที่มีซองกระสุนมีกลไกการปลดปลอกกระสุนที่ยิงแล้วออกจากรังเพลิง และมีกลไกการนำกระสุนจากซองกระสุนบรรจุเข้าในรังเพลิงเพื่อทำการยิงซ้ำ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

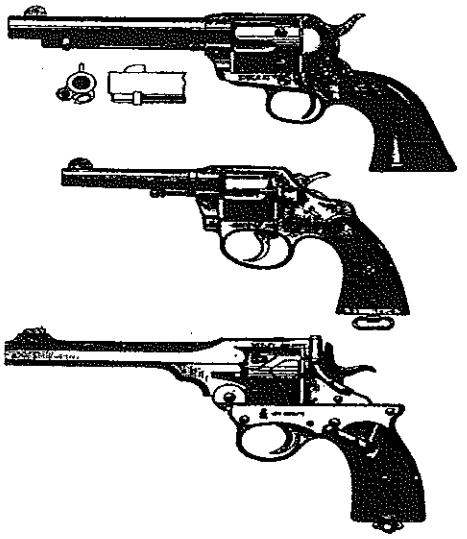
1) ปืนลูกโม่ (revolver) เป็นปืนพกที่มีส่วนบรรจุกระสุนที่เรียกว่าลูกโม่ (cylinder) ไม่ติดกับลำกล้องและสามารถหมุนได้ตามระบบกลไกของการขึ้นนกหรือการเหนี่ยวไกปืน ซึ่งมีระบบการทำงานอยู่ด้วยกัน 3 แบบ คือ

- ปืนลูกโม่ชนิดตวัดเดี่ยว (single action) ได้แก่ ปืนแบบนี้จะบรรจุกระสุนปืนใส่ลูกโม่ทางช่องบรรจุด้านข้าง และจะยิงได้ก็ต่อเมื่อขึ้นนกก่อนแล้วเหนี่ยวไกปืน

- ปืนลูกโม่ชนิดตวัดคู่ (double action) ได้แก่ ปืนแบบนี้สามารถบรรจุกระสุนปืนทางท้ายลูกโม่ และสามารถยิงได้ทั้งขึ้นนกปืนก่อนแล้วเหนี่ยวไกหรือเหนี่ยวไกปืนเลยก็ได้

- ปืนลูกโม่ชนิดอัตโนมัติ (automatic action) ปืนแบบนี้ลักษณะคล้ายกับปืนลูกโม่ชนิดตวัดเดี่ยว คือการยิงนัดแรกต้องขึ้นนกปืนก่อน แต่นัดต่อๆ ไปนกจะขึ้นเองโดยระบบการถอยหลังของส่วนบนของปืน จึงเหนี่ยวไกยิงเพียงอย่างเดียว (อัมพร จารุจินดา. 2542 : 41)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



รูปที่ 2.1 ปืนลูกโม่ ทั้ง 3 ชนิด
ที่มา : (อัมพร จารุจินดา. 2542 : 41)

2) ปืนกึ่งอัตโนมัติ (semiauto) หรือเรียกทั่วๆไปว่าปืนออโต้ฯ หรือบางท่านอาจจะเรียกว่าปืนแม็กกาซีน (magazine) ตามลักษณะของซองกระสุนปืน ในที่นี้จะขอใช้คำว่าปืนอัตโนมัติเป็นปืนที่บริหารกลไกการคัดปลอกและบรรจุกระสุน โดยอาศัยแรงสะท้อนและแรงถอยหลังของกระสุนปืนที่ยิงออกไป มีระบบการลั่นไก 3 ลักษณะคือ

- ชนิดซิงเกิ้ลแอ็คชั่น ปืนชนิดนี้ผู้ยิงจะต้องง้างนกด้วยมือ หรือด้วยการบริหารลำเลื่อนในการยิงปืน นัดแรกไกจะทำหน้าที่ปลดนกให้สับลงในนัดต่อๆ ไป กลไกของปืนจะทำหน้าที่คัดปลอก บรรจุกระสุนปืนและง้างนกเอง

- ชนิดดับเบิ้ลแอ็คชั่น หรือบางครั้งอาจใช้คำว่าดับเบิ้ล/ซิงเกิ้ล หมายถึง ปืนกึ่งอัตโนมัติที่สามารถง้างนกโดยการเหนี่ยวไกได้ ปืนชนิดนี้ผู้ยิงสามารถบรรจุกระสุนไว้ในรังเพลิงและลดนกได้ เมื่อยิงก็สามารถเหนี่ยวไกยิงแบบดับเบิ้ลแอ็คชั่นได้เลย การยิงจะเป็นแบบดับเบิ้ลแอ็คชั่นในนัดแรก เมื่อกระสุนปืนถูกยิงออกไปแล้วกลไกของปืนจะทำหน้าที่ง้างนกเช่นเดียวกับปืนกึ่งอัตโนมัติชนิดซิงเกิ้ลแอ็คชั่น การยิงในนัดต่อๆ ไปหลังจากนัดแรกจะเป็นการยิงแบบซิงเกิ้ลแอ็คชั่นทั้งหมด

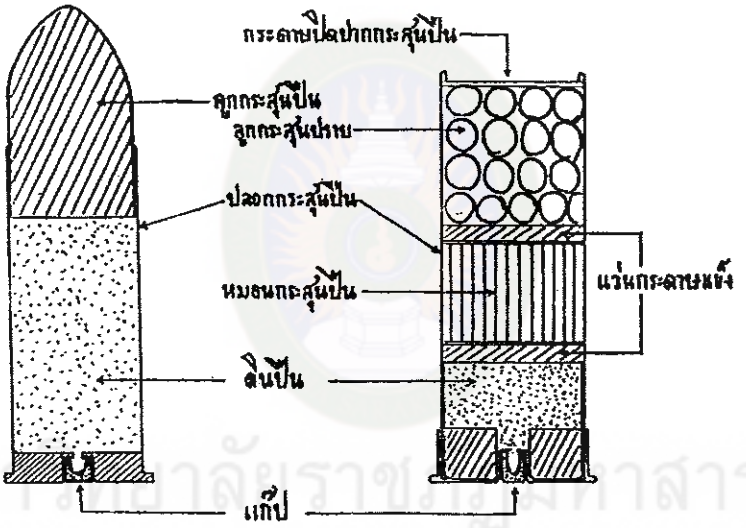
- ชนิดดับเบิ้ลล้วน คือปืนกึ่งอัตโนมัติที่จะต้องทำการยิงแบบดับเบิ้ลแอ็คชั่นทุกนัด ลักษณะกลไกการทำงานของปืนจะคล้ายกับปืนชนิดดับเบิ้ล/ซิงเกิ้ล ต่างกันที่เมื่อมีการบริหารกลไกนกที่ถูกง้างออกจะมีกลไกลดให้กลับไปชิดโครงปืนทำให้การยิงในนัดต่อๆ ไปเป็นการยิงแบบดับเบิ้ลแอ็คชั่นแทนที่จะเป็นซิงเกิ้ลแอ็คชั่น

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.1.3 ปืนสั้นชนิดหลายลำกล้องและอื่นๆ (muotibarrel and others) ปืนชนิดหลายลำกล้องทำงานเหมือนปืนชนิดบรรจุเดี่ยวแต่ยิงซ้ำได้เพราะมีหลายลำกล้อง ตัวอย่างของปืนสั้นชนิดหลายลำกล้องเท่าที่ยังพบเห็นได้ในปัจจุบันนี้คือ ปืนเดอริงเจอร์ปืนชนิดนี้มีขนาดเล็กจับไม่ถนัดยิงไม่แม่นสมรรถนะการใช้งานต่ำ แต่มีประโยชน์อย่างมากมายในงานบางลักษณะ นอกจากนี้ยังมีปืนในรูปแบบต่างๆ เพื่อใช้ในงานที่มีวัตถุประสงค์พิเศษหลายลักษณะ เช่น ปืนหัวเข็มขัด ปืนปากกา ปืนไฟแช็ค ฯลฯ (หิรัญ ชาติตระกูล. 2541 : 10-11)

2.2 กระสุนปืน

กระสุนปืนโดยทั่วไปประกอบด้วย 4 ส่วน คือ



รูปที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบสำคัญของกระสุนปืน

ที่มา : (อัมพร จารุจินดา. 2542 : 41)

2.2.1 แก๊ปปืน (Primer, Cap) แก๊ปปืนปรากฏหลักฐานผู้ค้นพบในปี ค.ศ. 1807 (พ.ศ. 2530) โดย Alexander J. Forsyth. หมอสอนศาสนาชาวสก็อตแลนด์และจดสิทธิบัตรในปี ค.ศ. 1816 (พ.ศ. 2539) โดยใช้กับปืนยาวประจุปากแบบ percussion lock type จึงเรียก percussion cap ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นส่วนผสมของเมอคิวรีฟูมิเนต ($Hg(CNO)_2$) ไทยเรียกว่าดินกรดปรอทกับโพแทสเซียมคลอเรต ($KClO_3$) ปืน percussion ถูกพัฒนามาจากแบบปืนคาบศิลา (flint lock) แต่ก็ยังบรรจุช้าจึงมีการพัฒนากระสุนปืน โดยทำให้ดินปืน, แก๊ปปืนและลูก (หรือหัว)กระสุนอยู่รวมกัน เพื่อทำให้การผลิตปืนที่สามารถยิงซ้ำมีทางเป็นไปได้ โดยครั้งแรกเป็นกระสุนปืนแบบ pinfire ต่อมาพัฒนาเป็นแบบ rimfire

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

แต่ด้วยเหตุผลทางเศรษฐกิจ เนื่องจากส่วนที่แพงที่สุดของกระสุนปืนคือ ปลอกกระสุนปืน จะต้องมีการใช้ใหม่ได้ก็คือสามารถเปลี่ยนแก๊ปได้ จึงมีการพัฒนากระสุนปืนเป็นแบบ centerfire ในระหว่างการพัฒนาแก๊ปนี้ดินส่งกระสุนปืนก็ยังคงเป็นผงดินดำ (black powder S:C:KNO_3 = 10:15:75) การเปลี่ยนจากผงดินดำเป็นผงดินควันน้อย (smokeless powder, gun cotton, เซลลูโลสไนเทรต เซลลูโลสเฮกซะไนเทรต $C_{12}H_{14}O_2(NO)_3)_6$ ทำให้มีปัญหากับการใช้แก๊ปแบบฟลูมิเนตคลอเรต กล่าวคือ ดินควันน้อยจะถูกเผาไหม้ยากกว่าดินดำ ทำให้ต้องใช้แก๊ปจำนวนมาก เดิมใช้ผงดินดำจะทำให้มีเขม่าเกาะในลำกล้องมาก ผลก็คือทำให้กากจากแก๊ปเจือจางลง วิธีล้างลำกล้องปืนที่ใช้ดินดำ คือ ใช้น้ำล้าง ซึ่งก็จะทำให้สารที่มีโทษจากแก๊ปปืนหลุดออกไปด้วยแต่ผงดินควันน้อยมีกากน้อย ผลก็คือเมื่อมีการยิง เมอคิวรีฟลูมิเนตจะปล่อยปรอทอิสระซึ่งจะกัดปลอกทองเหลือง และโพแทสเซียมคลอเรตจะถูกเปลี่ยนเป็นโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) เมื่อมีการยิงก็จะมีผลทำให้ลำกล้องเป็นสนิมคล้ายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl หรือเกลือแกง) เมื่อรวมกับน้ำ

1) แก๊ปที่ใช้ในกระสุนปืน ในปัจจุบันแก๊ปที่ใช้ในกระสุนปืนเล็กมี 3 ระบบใหญ่ๆ คือ rimfire, centerfire boxer และ centerfire berden ทุกแบบจะประกอบด้วย

- วัตถุดิบเริ่มต้น เป็นวัตถุระเบิด เป็นตัวเริ่มกระบวนการเมื่อแทงเข็มชนวนกระทบแก๊ป ที่ใช้มากในปัจจุบันคือ Lead Styphnate (Lead Trinitroresorcinate) แบ่งเป็น Normal Lead Styphnate จะมีตะกั่ว 1 อะตอมต่อ 1 โมเลกุล Lead ส่วน Basic จะมีตะกั่ว 2 อะตอม

- ground glass ใช้เป็น sensitizer เนื่องจากเมื่อเข็มแทงชนวนกระทบแก๊ป ขอบแหลมของแก้วจะทำให้เกิดการเสียดสี เท่ากับเพิ่มจุดเผาไหม้ของ initiator tetracene และ PENT (Pentaerythrityl Tetranitrate) ก็ได้เช่นกัน

- เชื้อเพลิง (the fuel) เป็นจุดที่น่าสนใจที่สุดคือ แอนติมอนีซัลไฟด์ (Sb_2S_3) จะช่วยให้การเผาไหม้ดำเนินต่อไปและช่วยในการลุกไหม้ด้วย กระสุนปืนขนาด .22 ส่วนใหญ่จะไม่มีแอนติมอนี แต่กระสุนปืน centerfire ส่วนใหญ่จะมี นอกจากนี้ ผงอะลูมินัม แคลเซียมซัลไฟด์ ไนโตรเซลลูโลส ผงคาร์บอนดำ และเลดไทโอไซยาเนตก็ใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ด้วย

- แบเรียมไนเทรต ($Ba(NO_3)_2$) จะเป็นตัวออกซิไดส์ เป็นแหล่งให้ออกซิเจน สำหรับทั้งเชื้อเพลิงและสารเริ่มต้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2) ส่วนประกอบของแก๊ปปืนตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน และยี่ห้อต่างๆ

ตารางที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบของแก๊ปปืนตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน และยี่ห้อต่างๆ

ยี่ห้อ/ยุคสมัย	ส่วนประกอบ	ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์)
1) แก๊ปปืนของทหารสหรัฐในยุคแรกๆ (ค.ศ.1900)	Mercury fulminate	13.7
	Potassium chlorate	41.5
	Antimony sulfide	33.4
	Power glass	10.7
	Gelatin glue	5.0
2) แก๊ปปืนที่ใช้ตั้งแต่สงครามโลกครั้งที่ 1 จนถึงปี ค.ศ. 1950	Potassium chlorate	53.0
	Antimony sulfide	17.0
	Lead Thiocyanate	25.0
	T.N.T.	5.0
3) แก๊ปปืนที่เรียกว่า NCNM priming ที่ใช้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1950 จนถึงปัจจุบัน	Lead styphnate, Normal	37.0 ± 5
	Tetracene	4.0 ± 1
	Barium Nitrate	32.0 ± 5
	Antimony sulfide	15.0 ± 2
	Aluminium power	7.0 ± 1
	P.E.T.N.	5.0 ± 1
	Gum Arabic	0.2
4) แก๊ปปืนยี่ห้อ Belgin	Lead styphnate	40
	Lead Oxide	15
	$Ba(NO_3)_2$	42
	Sb_2S_3	5
	$CaSi_2$	5
	Tetracene	3

ที่มา : (กองกำกับการ 3. 2545 : 21-22)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จะเห็นว่าแก๊ปปืนโดยทั่วๆ ไปจะมีธาตุต่างๆ หลายชนิดเป็นองค์ประกอบ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1) ประเภทที่แน่นอน (unique categories) ถ้าตรวจพบพร้อมกันบอกได้แน่นอนว่ามีเขม่าปืน

- ตะกั่ว ,แอนติมอนี , แบเรียม
- แอนติมอนี , แบเรียม

2) ประเภทบ่งชี้ (indicative categories) ถ้ามีธาตุเหล่านี้น่าเชื่อว่ามีเขม่าปืน

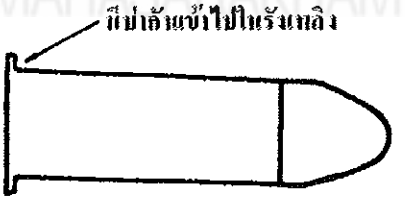
- ซิลิคอน แคลเซียม แบเรียม
- ตะกั่ว แอนติมอนี
- ตะกั่ว แบเรียม
- แอนติมอนี กำมะถัน
- แอนติมอนี
- ตะกั่ว (กองกำกับการ 3. 2545 : 19-22)

2.2.2 ลูกกระสุนปืนหรือหัวกระสุนปืน (bullet) คือส่วนที่ส่งออกไปทำลายเป้าหมายมีลักษณะและรูปร่าง และมีน้ำหนักต่างๆ กันตามวัตถุประสงค์การใช้งาน

1) ชนิดของกระสุนปืน กระสุนปืนแยกออกได้ 2 ชนิด คือ

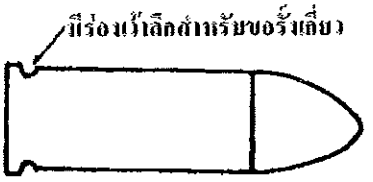
- ชนิดรีวอลเวอร์ (revolver type) คือแบบที่ขอบจานท้ายของกระสุนปืนมีบ่ากันไม่ให้กระสุนปืนเข้าไปในรังเพลิงอย่างเดียวเท่านั่น มีรูปร่างดังนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



รูปที่ 2.3 รูปร่างของกระสุนปืนชนิดรีวอลเวอร์
ที่มา : (ประชุม สถาปิตานนท์. 2521 : 76)

- ชนิดออโตเมติค (automatic type) คือแบบที่จานท้ายของกระสุนปืนนอกจากจะมีบ่ากันไม่ให้กระสุนปืนเข้าไปในรังเพลิงแล้ว ขอบข้างๆ ของบ่าเว้าลึกเข้าไปสำหรับให้ขอรั้งปลอกกระสุนปืนเกี่ยวดึงได้ถนัด มีรูปร่างดังนี้



รูปที่ 2.4 รูปร่างของกระสุนปืนชนิดออโตเมติก
ที่มา : (ประชุม สถาปิตานนท์. 2521 : 76)

2) ชนิดของหัวกระสุนปืน ในกระสุนปืนแต่ละขนาดอาจมีการออกแบบหัวกระสุนปืนให้มีรูปทรงต่างๆ เพื่อหวังผลในวัตถุประสงค์การใช้งานแต่ละประเภทดังนี้

- หัวบอล (round nose) เป็นหัวกระสุนปืนขั้นพื้นฐาน ใช้ในวัตถุประสงค์ทั่วไป มีอำนาจการทะลุทะลวงปานกลางค่อนข้างสูง โดยเฉพาะชนิดหุ้มเปลือกแข็ง

- หัวรู (hollow point) มีลักษณะคล้ายกระสุนหัวบอลแต่มีรูอยู่ที่ปลาย และมักจะมีรอยบากบริเวณด้านข้างวัตถุประสงค์ของการออกแบบเพื่อใช้ในการต่อสู้โดยตรง เมื่อกระสุนถูกยิงกระทบเป้าหมายที่มีความหนาแน่นในระดับที่เหมาะสม หัวกระสุนจะแบะบานออกด้านข้างทำให้เปิดโพรงบาดแผลกว้างขึ้น การบานขยายตัวของหัวกระสุนทำให้อำนาจการทะลุทะลวงลดลง กระสุนชนิดนี้จึงมักจะต้องบรรจุดินเอาไว้ให้แรงกว่าปกติ ภาษาชาวบ้านทั่วไปเรียกกระสุนชนิดนี้ว่า "หัวระเบิด"

- หัวเจาะเกราะ (armor piercing) หัวกระสุนปืนมีลักษณะเป็นทรงกรวยปลายแหลม ผิวของหัวกระสุนจะต้องเคลือบแข็งพิเศษ วัตถุประสงค์ของการออกแบบเพื่อใช้ยิงทำลายเป้าหมายที่กระสุนหัวบอลเจาะไม่เข้า กระสุนเจาะเกราะมีอำนาจทะลุทะลวงสูงมากแต่เปิดโพรงบาดแผลได้ไม่กว้าง

- หัวตัด (wad cutter) หัวกระสุนปืนมีลักษณะเป็นทรงกระบอกแบนราบ ใช้อย่างแพร่หลายในการยิงเป้ากระดาษเพราะรูกระสุนบนเป้ากระดาษที่เกิดจากกระสุนปืนชนิดหัวตัดจะมีขอบเรียบทำให้นับคะแนนได้ง่าย กระสุนปืนชนิดนี้ที่พบเห็นโดยทั่วไป เป็นลูกกระสุนสำหรับซ้อมมักจะมีแรงขับดินปืนต่ำ แต่ถ้าใช้ยิงต่อสู้ในระยะประชิดอาจทำอันตรายแก่เป้าหมายได้มากกว่ากระสุนชนิดหัวบอล

- ลูกปราย (shot shell) หัวกระสุนปืนมีลักษณะเป็นหลอดพลาสติกใส มีลูกกระสุนเม็ดเล็กๆบรรจุอยู่ เมื่อยิงออกไปหลอดพลาสติกจะแตกทำให้ลูกกระสุนข้างในกระจายตัวออกคล้ายปืนลูกซอง วัตถุประสงค์ทั่วไปคือเพื่อใช้ยิงสัตว์มีพิษในระยะไม่เกิน 10 ฟุต (หิรัญ ชาติตระกูล. 2541 : 12)

3) ขนาดของกระสุนปืน การวัดขนาดของกระสุนปืนขั้นต้นกระทำโดยการวัดขนาดหน้าตัดของหัวกระสุนปืน หรือเส้นผ่าศูนย์กลางด้านในของคอปลอกกระสุน มีหน่วยวัดอยู่ 3 แบบ คือ

- แบบที่มีหน่วยเป็นนิ้ว ใช้เรียกขนาดของกระสุนปืนที่ผลิตในประเทศสหรัฐอเมริกา เวลาเขียนมีจุดนำหน้าแต่ไม่นิยมเรียกนิ้วตามหลัง เช่น .22, .25, .32, .38, .45 และ .50 เป็นต้น

- แบบที่มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร ใช้เรียกขนาดของกระสุนปืนที่ผลิตในยุโรปและที่อื่นๆ ยกเว้นสหรัฐอเมริกา เวลาเขียนต้องมีหน่วยมิลลิเมตรตามหลังและเรียกย่อๆ ว่า มม. เช่น 5.5 มม. (หรือ 5.5 mm) 6.35 มม. 9 มม. และ 12.7 มม. เป็นต้น

- แบบที่มีหน่วยเป็น gauge หรือ bore ใช้กับหน่วยของกระสุนปืนลูกซองอย่างเดียวเท่านั้น เช่น ขนาด 12 ขนาด 16 ขนาด .410 เป็นต้น (ประชุม สถาปิตานนท์. 2521 : 76)

2.2.3 ปลอกกระสุนปืน (cartridge case) มีรูปทรง 2 แบบ ทรงกระบอกและคอขวด และมีขอบจานท้าย 2 ลักษณะคือ มีขอบจานท้ายริม (rimmed) และไม่มีขอบจานท้ายริม (rimless) โลหะที่ใช้ทำปลอกกระสุนในปัจจุบันคือ ทองเหลืองเนื่องจากทองเหลืองมีความเหมาะสมในด้านการเปลี่ยนแปลงขนาดภายใต้อุณหภูมิ กล่าวคือเมื่อดินปืนเผาไหม้ปลอกกระสุนจะต้องขยายตัวไปแนบกับผนังรังเพลิง เพื่อไม่ให้แรงดันรั่วออกจากด้านหลัง และเมื่อกระสุนปืนถูกยิงออกไปแล้วปลอกกระสุนจะต้องหดตัวลงทันก่อนที่จะมีการคัดปลอกเพื่อไม่ให้มีการติดขัด ปัจจุบันยังไม่พบว่ามีโลหะอื่นที่มีความเหมาะสมมากกว่าทองเหลือง (หิรัญ ชาติตระกูล. 2541 : 11)

2.2.4 ดินส่งกระสุนปืน (gun power) หรือดินปืน ทำหน้าที่เป็นเชื้อเพลิง"เผาไหม้" เพื่อส่งหัวกระสุนให้พุ่งออกไปสู่เป้าหมาย ดินปืนเป็นของแข็งซึ่งเมื่อเกิดการลุกไหม้จะให้แก๊สปริมาณมากในช่วงเวลาอันสั้น การลุกไหม้จะเกิดจากประกายไฟ หรือเปลวไฟที่ได้มาจากการระเบิดของแก๊ปหรือโดยวิธีอื่นก็ได้ ความรวดเร็วในการเผาไหม้ของดินปืนเป็นสิ่งสำคัญ หากเกิดการเผาไหม้เร็วเกินไปแก๊สที่เกิดขึ้นก็จะเกิดอย่างรวดเร็วมาก มีความดันสูงเกินกว่าที่ลูกกระสุนปืนจะวิ่งออกจากลำกล้องปืนได้ทัน ลำกล้องปืนก็จะระเบิด ในทางตรงกันข้ามถ้าการเผาไหม้ช้าเกินไป แก๊สเกิดน้อยแรงขับดันลูกกระสุนปืนก็จะควันน้อย ทำให้วิถีกระสุนปืนไม่ดี บางทีลูกกระสุนปืนอาจจะตกแค่ปากกระบอกปืนก็ได้ ดินปืนในปัจจุบันมีอยู่ด้วยกัน 3 แบบ คือ

1) ดินดำ (black power) เป็นตัวขับดันลูกกระสุนปืนชนิดแรก รู้จักกันมาหลายศตวรรษ ดินดำประกอบด้วย ดินประสิว (potassium nitrate หรือ salt peter) ถ่านไม้ (C) และกำมะถัน(S) ซึ่งแต่เริ่มแรกนั้นอัตราส่วนผสมของสารทั้ง 3 อย่างนี้มีด้วยกันหลายแบบ แต่อัตราส่วนโดยน้ำหนักที่ให้แรงระเบิดสูงสุดคือ ดินประสิว 75 เปอร์เซ็นต์ ถ่านไม้ 15 เปอร์เซ็นต์ กำมะถัน 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือเป็นอัตราส่วนมาตรฐานของดินดำในปัจจุบัน

2) ดินดำแบบใหม่ (pyrodex) ดินดำแบบนี้มีส่วนผสมหลักเหมือนกับดินดำ คือ มีดินประสิว ถ่านไม้ และกำมะถัน แต่มีอัตราส่วนแตกต่างกับดินดำ นอกจากนี้ยังมีส่วนผสมอื่นเข้ามาอีก คือ potassium perchlorate ($KClO_4$) sodium benzoate dicyanodiamide (1-cyanoguanidine) และยังมี dextrine wax และ graphite จำนวนเล็กน้อยผสมอยู่ด้วยกัน pyrodex ที่ผลิตขึ้นสำหรับใช้กับอาวุธปืนมีลักษณะเป็นเม็ดมี 3 ขนาด คือ

- CTG สำหรับกระสุนปืนขนาดใหญ่
- RS สำหรับปืนไรเฟิลประจุปากและปืนลูกซอง
- P สำหรับปืนพกประจุปาก (ปืนแก๊ป)

3) ดินดวันน้อย (smokeless power) ดินดวันน้อยในปัจจุบันทำได้โดยนำเอาฝ้าย หรือใยเซลลูโลสอย่างอื่นทำปฏิกิริยาทางเคมีกับกรดไนทริกและกรดซัลฟิวริกอย่างเข้มข้น ได้สารประกอบที่มีชื่อว่า ไนโทรเซลลูโลส หรือเซลลูโลสไนเทรต ดินดวันน้อยที่ทำจากสารประกอบ ไนโทรเซลลูโลสเพียงอย่างเดียวเรียกว่า แบบ "single base" แต่ถ้าต้องการแบบที่มีแรงระเบิดสูงขึ้นก็ใช้ไนโทรกลีเซอไรด์ผสมเข้ากับไนโทรเซลลูโลส ในอัตราส่วนต่างๆ กันแล้วแต่ว่าต้องการความเร็วในการเผาไหม้มากน้อยเพียงใดแบบนี้มีชื่อว่า "double base" การควบคุมอัตราการจุดระเบิดของดินดวันน้อยให้มีรูปร่างต่างๆ กัน และในแบบเดียวกันก็ยังสามารถทำให้มีอัตราเร็วในการเผาไหม้แตกต่างกันได้อีก โดยการเคลือบสารเคมีบางอย่าง ดินดวันน้อยมีรูปแบบต่างๆ กัน คือ ฝอยหรือเกล็ด (flake) แผ่น (dise) แท่ง (tubular) และเม็ดกลม (ball) (อัมพร จารุจินดา. 2542 : 1-5)

2.3 เขม่าปืน (Gunshot Residue, GSR)

โดยทั่วไปเมื่อเกิดการยิงปืนจะทำให้แก๊ประเบิด อุณหภูมิจากสิ่งแวดล้อมจะกลายเป็น 1500-2000 ° C และความดันจะเปลี่ยนจาก 14 psi เป็น 1400 psi และเมื่อดินส่งกระสุนระเบิด อุณหภูมิจะสูงขึ้นเป็น 3600° C และมีความดันถึง 40,000 psi จากอุณหภูมินี้จะทำให้โลหะที่เป็นส่วนประกอบของแก๊ปปืนหลอมและกลายเป็นไอดังแสดงในตารางด้านล่างสำหรับโลหะสำคัญที่มีในแก๊ปปืน

ตารางที่ 2.2 แสดงจุดหลอมเหลวและจุดเดือดของส่วนประกอบของแก๊ปปืน

ธาตุโลหะ	จุดหลอมเหลว (mp) ° C	จุดเดือด(bp) ° C
ตะกั่ว	327	1620
แบเรียม	725	1130
แอนติมอนี	630	1380

ที่มา : (กองกับกับการ 3. 2545 : 23)

เมื่ออุณหภูมิลดลง ไอของแต่ละธาตุจะแข็งตัวเป็นอนุภาค จากการที่มีความดันสูงขึ้นในกรณีปืนพกรีวอลเวอร์ จะมีช่องว่าง (physical gap) ระหว่างผิวหน้าของรังเพลิงและส่วนท้ายของลำกล้อง (ไม่เช่นนั้นลูกโม่ปืนจะหมุนไม่สะดวก) ดังนั้นก็จะมีการรั่วของ propellant gas ที่จุดนี้เมื่อมีการยิง ช่องว่างนี้จะแคบที่สุดถึง 0.006 นิ้ว ส่วนกรณีปืนพกออโตเมติก เขม่าปืนจะออกมาทาง ejection port และเมื่อ slide ถอยหลังก็จะนำเขม่าปืนมาด้วย ทำให้ติดบริเวณระหว่างนิ้วหัวแม่มือกับนิ้วชี้มาก ส่วนเขม่าปืนที่พ่นออกมาปากกระบอกปืนนั้น ก็มีผลที่จะปลิวไปติดที่มือได้อยู่แล้ว

2.3.1 การคงอยู่ของเขม่าปืน จุดนี้เป็นสิ่งสำคัญมาก เพราะคนทั่วไปคิดว่าเมื่อยิงปืนแล้วเขม่าก็จะติดอยู่ที่มือที่ใช้ยิงเป็นเวลานาน ตรวจเมื่อไรก็จะพบเสมอ ดังนั้นถ้าผู้ชำนาญตรวจไม่พบแสดงว่าทำงานไม่มีประสิทธิภาพ หรือวิธีที่ใช้ตรวจอยู่ไม่ดีพอ แต่ข้อเท็จจริงหาได้เป็นเช่นนั้น การหลุดหายไปของเขม่าปืนเป็นผลจากการประกอบกิจกรรมตามปกติของคนมีชีวิตนี้เอง มันจึงเป็นการยากที่จะระบุว่านานเท่าไหร่ที่เขม่าปืนจะเหลืออยู่ เขม่าปืนจะอยู่ที่มือเป็นระยะเวลาสั้นๆ เท่านั้น ในคดีที่เกิดขึ้นจริงการตรวจพบเขม่าปืนได้หลายชั่วโมงหลังเกิดเหตุ บางที่อาจเกิดจากมีเขม่าปืนเกิดขึ้นมากในขณะยิงปืนก็ได้

รูปที่ 2.5 การยิงปืนลูกโม่ยี่ห้อ Smith & Wesson

2.3.2 ปริมาณของเขม่าปืน ถึงแม้ว่าอาวุธปืนบางชนิด เช่น ปืนพกขนาดเล็กและปืนยาวบางชนิด บางครั้งอาจจะไม่สามารถทำให้มีเขม่าปืนติดที่มือของผู้ยิงจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ แต่ไม่ควรจะสรุปว่าในคดีที่เกิดขึ้นจริงๆ ที่มีการใช้อาวุธปืนจริงๆ การใช้อาวุธเหล่านี้จะตรวจไม่พบเขม่าปืน

กรณีในห้องปฏิบัติการ - ปืนพก ตามปกติจะพบเขม่าปืนบนมือที่ใช้ยิงมากกว่ามือที่ไม่ได้ใช้ยิง

- ปืนยาว ขึ้นอยู่กับกลไกวิธีการทำงานของปืนและความยาวของลำกล้อง

กรณีในคดีจริง - มือที่ใช้ยิงไม่จำเป็นต้องมีมากกว่ามือที่ไม่ได้ใช้ยิง และสัดส่วนของเขม่าปืนระหว่างมือที่ใช้ยิงกับมือที่ไม่ได้ใช้ยิงก็บอกไม่ได้ เหตุผลที่จะนำมาอธิบายก็มีมากมาย เช่น ชนิดของอาวุธปืน วิธีการจับปืน (มือเดียวหรือสองมือ) จำนวนนัดที่ยิง การจับอาวุธปืนและปลอกกระสุนปืนภายหลังการยิง และที่สำคัญสำหรับคนมีชีวิตก็คือกิจกรรมภายหลังเกิดเหตุอาจเป็นสาเหตุของการสูญเสียเขม่าปืน

- ในคดีฆ่าตัวตายจำนวนมากและคดีเกี่ยวกับการใช้อาวุธปืนยิงมีหลายคดีที่ผู้ยิงจับปืนด้วยสองมือในลักษณะซึ่งมือหนึ่งใกล้กับปากลำกล้อง ก็จะมีเขม่าที่ฝ่ามือข้างนั้นจำนวนมาก

อย่างไรก็ตาม เมื่อตรวจพบเขม่าปืนที่หลังมือของผู้ใดในปริมาณที่เหมาะสม ก็สามารถสรุปได้ว่าผู้นั้นได้ใช้อาวุธปืนยิง ส่วนปริมาณขั้นต่ำ (threshold level) ของธาตุ แอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียม จากการเก็บโดยวิธีเช็ด (cotton swab) โดยแยกเก็บหลังมือกับฝ่ามือนั้น ห้องปฏิบัติการแต่ละแห่งใช้ไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผลการวิจัยและสิ่งแวดล้อม โดยทั่วไปปริมาณของแอนติมอนีจะมีตั้งแต่ 0.02, 0.035 หรือ 0.04 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วนธาตุแบเรียมก็ตั้งแต่ 0.15, 0.2 หรือ 0.4 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สำหรับธาตุตะกั่วไม่ค่อยมีห้องปฏิบัติการใดกำหนดปริมาณขั้นต่ำตายตัว บางแห่งเพียงกำหนดค่าประมาณไว้ เช่น 0.8 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งในกรณีนี้นั้นจะสอดคล้องกับเหตุผลที่ว่าปริมาณของตะกั่วไม่ควรกำหนดตายตัว เนื่องจากปริมาณที่มือของคนทั่วไป (hand blank) มีค่าแตกต่างกันมากไม่เหมือนกับอีก 2 ธาตุ ซึ่งมี hand blank อัตราเฉลี่ย 0.1 ไมโครกรัมของแบเรียม และ 0.01 ไมโครกรัมสำหรับแอนติมอนี ยกเว้นบุคคลบางชีพ การทำงาน และลักษณะงานจะมีผลต่อปริมาณของ hand blank (กองกำกับการ 3. 2545 : 23-25)

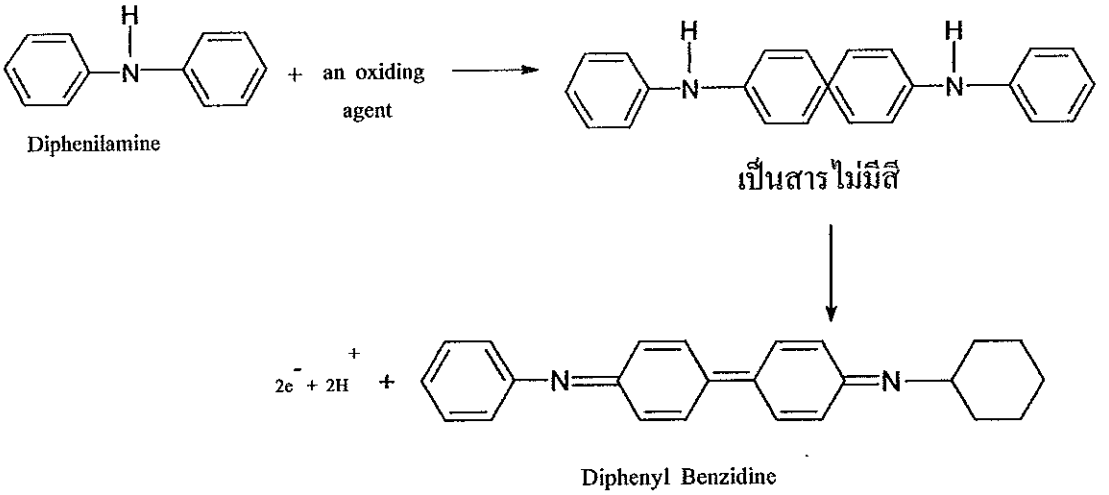
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.4 การตรวจหลักฐานจากอาวุธปืน

2.4.1 การทดสอบพาราฟินหรือการทดสอบไนเตรท (paraffin test)

วิธีนี้เก่าใช้มาในประเทศไทย 20 กว่าปี เป็นการตรวจหาสารไนเทรตซึ่งได้จากการเผาไหม้ของดินส่งกระสุนปืน เป็นเขม่าดินปืนติดอยู่ที่มือของผู้ยิงโดยแรงระเบิดของดินปืนฝังเข้าไปในรูเหงื่อของผิวหนัง ครั้งแรกที่นำเอาวิธีนี้มาใช้ก็เพื่อต้องการแยกให้ทราบว่าผู้ตายนั้นฆ่าตัวตายหรือถูกฆ่าตาย แต่ต่อมาใช้ไม่ได้กับทุกเรื่องในคดีเกี่ยวกับอาวุธปืนจึงพิจารณาเห็นว่าผลไม่ค่อยแน่นอนจึงเลิกใช้วิธีนี้ในการตรวจพิสูจน์

หลักการ ใช้ตรวจหาสารไนเทรตที่มาจากเขม่าดินปืน ใช้ไดเฟนิลามีนในกรดซัลฟิวริกเข้มข้นจะเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีน้ำเงินแสดงว่ามีไนเทรต แต่สารไนเทรตจะเป็นเขม่าดินปืนก็ได้หรือจากอย่างอื่น เช่น ปุ๋ยก็ได้ ปฏิกิริยาดังนี้



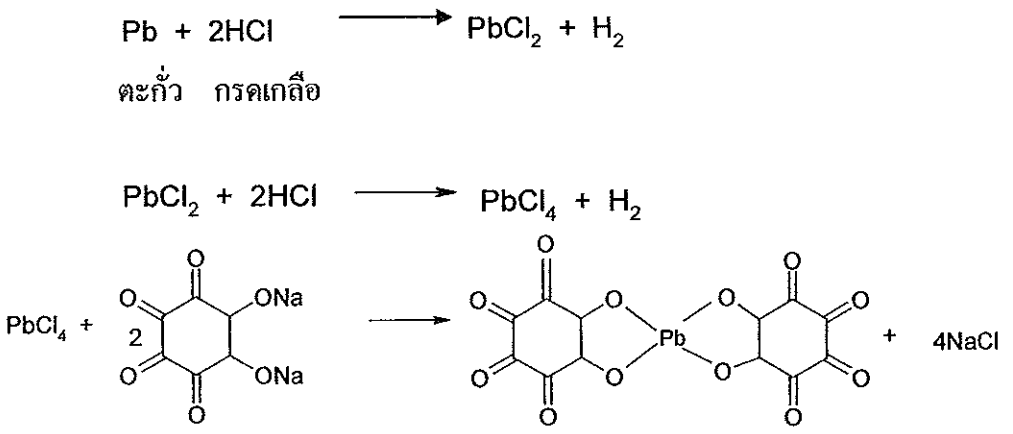
ที่มา : (ประชุม สถาปิตานนท์. 2521 : 71)

2.4.2 การทดสอบโดยใช้โซเดียมโรไดโซเนท(Sodium Rhodizonate Test)

ใช้ตรวจหาอณูของธาตุตะกั่วที่ปลิวมาพร้อมกับลูกกระสุนปืน น้ำยาโซเดียมโรไดโซเนทต้องเตรียมใหม่เสมอ ทิ้งค้างคืนแล้วเสื่อมเป็นผลึกสีม่วงละลายน้ำแล้วเป็นสีเหลืองแกมส้ม เกิดปฏิกิริยาภายในกรดเกลือโดยมีตะกั่วจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงแกมน้ำเงิน

หลักการ เมื่อเก็บตัวอย่างอณูของธาตุตะกั่วจากมือของผู้ต้องสงสัยว่าได้ยิงปืนมาแล้ว เอามาวางบนกระดาษกรอง ใช้ 1% ของกรดเกลือหยดให้ทั่วแล้วเอากระดาษกรองไปอบให้แห้งอย่าให้ไหม้ แล้วเอาน้ำยาโซเดียมโรไดโซเนทที่เตรียมใหม่ๆหยดลงไป แล้วตามด้วย 5% กรดเกลือถ้ามีสีม่วงแกมน้ำเงินจะแสดงว่ามีตะกั่ว ถ้ามีสีแดงจะเป็นแบเรียมปฏิกิริยาดังนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ถ้ามีแบเรียมจะเป็นแบเรียมโรไดโซเนท คือแบเรียมจะแทนตะกั่วเป็นสีแดง

ที่มา : (ประชุม สถาปิตานนท์. 2521 : 71)

2.4.3 การตรวจหาเขม่าดินปืนโดยวิธีนิวตรอนแอคติเวชั่น (neutron activation analysis of gunshot residues)

หลักการ การตรวจวิธีนี้ไม่ใช่การตรวจการเผาไหม้ของดินส่งกระสุนปืนซึ่งเป็นจำพวกดินควันน้อย แต่ตรวจหาธาตุบางตัว เช่น แบเรียม แอนติมอนี ทองแดง จากการเผาไหม้ของชนวนท้ายปลอกกระสุนปืนหรือชาวบ้านเรียกว่า "แก๊ป" โดยใช้วิธีทางเคมี (chemical seperation method) หรือ destructive method และไม่ใช่วิธีทางเคมี (non destructive method) เข้าช่วยทั้ง 2 อย่าง

2.4.4 การตรวจหาเขม่าดินปืนโดยวิธีอะตอมมิกแอฟซอร์ฟชันสเปกโทรโฟโตเมตรี (atomic absorption spectrophotometry)

เทคนิคทางอะตอมมิกแอฟซอร์ฟชันสเปกโทรโฟโตเมตรี เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ธาตุอย่างหนึ่ง ซึ่งสามารถทำได้ทั้งคุณภาพและปริมาณวิเคราะห์ ได้รับความนิยมมากวิธีหนึ่งเพราะเป็นเทคนิคที่ให้ความเที่ยงตรง ความแม่น มีคุณภาพไวสูง สามารถวิเคราะห์ธาตุที่มีปริมาณน้อยๆ อย่างเช่นธาตุที่เป็นองค์ประกอบของแก๊ปปืนได้ ความสามารถของเทคนิคนี้สามารถวิเคราะห์ธาตุได้ถึง 67 ธาตุ

หลักการ การตรวจหาปริมาณธาตุที่สำคัญมาจากการยิงปืนที่มือ โดยวิธีเฟรมอะตอมมิกแอฟซอร์ฟชันสเปกโทรโฟโตเมตรีที่ใช้อยู่ในปัจจุบันจะเป็นการตรวจหาปริมาณธาตุตะกั่ว แบเรียม และพลวง ซึ่งทั้ง 3 ธาตุนี้เป็นองค์ประกอบโดยทั่วไปของแก๊ปปืนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่เรียกว่า ประเภทที่แน่นอน หรือ unique categories ซึ่งหมายถึงถ้าตรวจพบพร้อมกันทั้ง 3 ธาตุสามารถบอกได้แน่นอนว่ามีเขม่าปืน ในขณะที่บางประเทศตรวจหาเฉพาะธาตุแอนติมอนีและธาตุแบเรียม สำหรับกองพิสูจน์หลักฐานนั้นเดิมที่เป็นการตรวจเฉพาะธาตุแอนติมอนีและธาตุแบเรียมเช่นกัน ภายหลังจึงมีการตรวจหาธาตุตะกั่วเพิ่มเข้าไปอีก ทั้งนี้เพื่อเป็นการยืนยันผลให้ถูกต้องอย่างแน่นอน (ประชุม สถาปีตานนท์. 2521 : 73)

แม้ว่าการตรวจหาธาตุสำคัญที่มาจากการยิงปืนที่มือโดยวิธีเฟรมอะตอมมิกแอฟซอร์ฟชันสเปกโทรโฟโตเมตรี ซึ่งเป็นการตรวจหาปริมาณของตะกั่ว แอนติมอนี และแบเรียมของกองพิสูจน์หลักฐานจะเป็นที่ยอมรับของกระบวนการยุติธรรมก็ตาม แต่จากข้อมูลทางเอกสารงานวิจัย ตำราที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์ ตลอดจนข้อมูลจากผู้ชำนาญและผู้ตรวจพิสูจน์พบว่า มีหลายคดีที่ข้อมูลแน่ชัดว่าบุคคลที่ต้องสงสัยเป็นผู้ใช้อาวุธปืน แต่ตรวจไม่พบธาตุแอนติมอนี และการตรวจพบธาตุแบเรียมก็อยู่ในปริมาณที่ยากแก่การสรุปผล ทั้งนี้เนื่องจากมีตัวแปรหลายประการ เช่น ชนิดประเภทอาวุธปืน ชนิด ประเภท หรือขนาดกระสุนปืน หรือแม้แต่การดำเนินชีวิตประจำวันภายหลังที่ผ่านการยิงปืนมาแล้ว เป็นต้น (กองกำกับการ 3. 2545 : 29)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชยาคมน์ ปุริมศักย์ (2545 : บทคัดย่อ) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณแอนติมอนี ทองแดง และตะกั่ว ด้วยดิฟเฟอร์เรนเชียลพัลส์แอโนดิกสตริพพิงโวลแทมเมตรี โดยใช้อิเล็กโทรดแบบหยดปรอทชนิดแขวน เปรียบเทียบกับอิเล็กโทรดชนิดกลาสซีคาร์บอนในอิเล็กโทรไลท์สนับสนุนสามชนิด (กรดแอซิติก 0.1 โมลาร์ โพแทสเซียมไนเทรต 0.1 โมลาร์ และบัฟเฟอร์แอซิติก พีเอช 3.4) ผลการศึกษาพบว่าเมื่อให้ศักย์ที่ – 800 มิลลิโวลต์ และเวลาในการเกาะ 180 วินาที อิเล็กโทรดแบบหยดชนิดแขวน ให้สตริพพิงโวลแทมโมแกรมที่สามารถแยกพีคของโลหะไอออนทั้งสามชนิดออกจากกันได้ชัดเจนในสองอิเล็กโทรไลต์สนันสนุน คือ โพแทสเซียมไนเทรต 0.1โมลาร์ และบัฟเฟอร์แอซิติก พีเอช 3.4 ขณะที่อิเล็กโทรดแบบกลาสซีคาร์บอน ปรากฏพีคตะกั่ว และทองแดงไอออนเพียงสองพีคเท่านั้นในสตริพพิงโวลแทมโมแกรม สำหรับการวิเคราะห์พร้อมกันของแอนติมอนี ทองแดง ตะกั่ว และแบเรียมไอออน พบว่าตะกั่วไอออนและแอนติมอนีไอออน ให้ช่วงศักย์ที่เป็นเส้นตรงอยู่ระหว่างความเข้มข้น 5 ส่วนในพันล้านส่วน ถึง 30 ส่วนในพันล้านส่วน

วงเดือน ภูสนิท, วันเพ็ญ วรรณโนมัย และรวีวรรณ บุรินทร์ปะโคน (2547 : บทคัดย่อ) ได้ใช้เทคนิคการวิเคราะห์เอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์แบบกระจายพลังงานเพื่อจำแนกชนิดของลูกกระสุนปราย กระสุนปืนลูกซอง และลูกกระสุนปรายปืนประจุปาก (ปืนแก๊ป) ตัวอย่างที่ใช้ประกอบไปด้วยลูกกระสุนปราย กระสุนปืนลูกซองยี่ห้อต่างๆ จำนวน 108 ตัวอย่าง ซึ่งจำแนกเป็นขนาด 3 ขนาด คือ ขนาด 12, 20 และขนาด .410 และลูกกระสุนปรายปืนประจุปาก (ปืนแก๊ป) จำนวน 105 ตัวอย่าง จาก 10 จังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่ามีอัตราส่วนระหว่างทองแดงต่อตะกั่วมีการแยกส่วนอย่างชัดเจนระหว่างลูกกระสุนปรายกระสุนปืนลูกซอง และปืนประจุปาก (ปืนแก๊ป) ยกเว้นในกรณีของลูกกระสุนปราย กระสุนปืนลูกซองขนาด 20 ที่แตกต่างออกไป ซึ่งแสดงว่าอัตราส่วนระหว่างทองแดงต่อตะกั่ว สามารถใช้เป็นดัชนีจำแนกชนิดของลูกกระสุนปรายกระสุนปืนได้ แต่ให้ความมั่นใจไม่ถึง 100 เปอร์เซ็นต์

วลียา พงศ์ชัยสถาปัตย์ (2545 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิเคราะห์กระสุนปืนลูกซองและกระสุนปืนแก๊ปชนิดต่างๆ โดยเทคนิคเอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์แบบกระจายพลังงาน (EDXRF) เพื่อหาดัชนีจำแนกชนิด (Signature) ซึ่งเป็นอัตราส่วน (ratio)ของธาตุต่างๆที่มีอยู่ในกระสุนปืนชนิดนั้น โดยเทียบกับตะกั่วซึ่งเป็นธาตุหลัก พบว่าในกระสุนปืนทั้งสองชนิดมีธาตุเจือปนส่วนน้อย (trace element) ที่วัดได้ คือ เหล็ก (Fe) และทองแดง (Cu) เมื่อนำมาหาอัตราส่วนพบว่าอัตราส่วนของเหล็กต่อตะกั่วของกระสุนปืนชนิดต่างๆ ไม่แตกต่างกัน ส่วนอัตราส่วนของทองแดงต่อตะกั่วจะมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าอัตราส่วนที่ได้จากกระสุนปืนแก๊ปจะมีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากกระสุนปืนลูกซองอย่างชัดเจน ซึ่งหมายความว่าอัตราส่วนที่ได้จากทองแดงต่อตะกั่ว สามารถนำมาใช้เป็นดัชนีจำแนกชนิดได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

แต่ให้ความมั่นใจไม่ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ เพราะผลจากกระสุนปืนลูกซองชนิดหนึ่ง (ELEY 20) ให้ผลที่แตกต่างออกไปมาก

ปรานี อินประโคน (2530 : บทคัดย่อ) ศึกษาเทคนิคทางพัลส์โวลแทมเมตรี ซึ่งอาศัยหลักการให้ศักย์เข้าไปในขั้วไฟฟ้าทำให้สารเกิดปฏิกิริยาให้กระแสออกมา กระแสนี้จะเป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นของสารที่ต้องการวิเคราะห์ รูปแบบการให้ศักย์ของสแควเวฟโวลแทมเมตรีนั้นจะอยู่ในรูปสแควเวฟเข้าไปพร้อมกับศักย์ขั้นบันได (staircase) ทำให้เกิดการรวมกันของศักย์อยู่ในช่วงที่เหมาะสม แล้วเลือกวัดกระแสเป็นผลต่างของกระแสแคโทดิก (cathodic current) กับกระแสแอโนดิก (anodic current) ได้โวลแทมโมแกรมออกมาเป็นพีคที่สมมาตร ขีดต่ำสุดของการวิเคราะห์ (detection limit = 10^{-8}) ซึ่งเท่ากับเทคนิคดิฟเฟอร์เรนเชียลพัลส์ แต่มีข้อดีกว่าคือเป็นเทคนิคที่ทำการทดลองได้รวดเร็วมาก และสามารถใช้ศึกษาจลนศาสตร์ที่ผิวอิเล็กโทรดได้ ใช้ประโยชน์ในการเป็นเครื่องวัดสัญญาณที่มีความว่องไวสูง และใช้วิเคราะห์สารอินทรีย์ได้โดยตรง

Curt และ Howard (2000 : บทคัดย่อ) เทคนิคดิฟเฟอร์เรนเชียลพัลส์แอโนดิกสตริพพิงโวลแทมเมตรี (DPAV) เป็นเทคนิคที่ประยุกต์ขึ้นมาเป็นพิเศษเพื่อใช้หาปริมาณแบเรียม และตะกั่วในคราบเขม่าปืน ซึ่งก่อนหน้านี้มีการนำเทคนิคทางเคมีไฟฟ้ามาใช้หาปริมาณแอนติมอนี และตะกั่วในคราบเขม่าปืนแล้ว เทคนิคนี้จะใช้ในการหาปริมาณแบเรียม และตะกั่วในเวลาเดียวกัน จัดเป็นวิธีที่ง่าย รวดเร็ว และไม่เป็นอันตราย

Curt, Dustin และ Howard (1998 : บทคัดย่อ) เทคนิคดิฟเฟอร์เรนเชียลพัลส์แอโนดิกสตริพพิงโวลแทมเมตรี (DPAV) จะใช้ขั้วกลาสีคาร์บอน/ฟิล์มปรอท (glassy carbon/mercury film electrode) เป็นขั้วไฟฟ้าใช้งาน ซึ่งเทคนิคนี้เป็นเทคนิคที่ปรับปรุงและพัฒนาสำหรับการหาปริมาณของโลหะในคราบเขม่าปืนโดยเฉพาะ และยังสามารถวิเคราะห์หาตะกั่ว และแอนติมอนีทั้ง 2 ตัวในเวลาเดียวกันจากคราบเขม่าปืนที่ใช้ก้านสำลีในการเก็บตัวอย่างได้เป็นอย่างดี ซึ่งเทคนิคนี้จัดเป็นเทคนิคที่ง่าย และไม่เป็นอันตรายอีกด้วย เทคนิคนี้จะใช้โพแทสเซียมไนเทรตต่อไฮดราซีนซัลเฟตแทนกรดไฮโดรคลอริก เพื่อเป็นการลดตัวรบกวนในการวิเคราะห์ และวิธีนี้ยังสามารถใช้วิเคราะห์หาตัวอย่างที่มีปริมาณน้อยๆ แต่ให้ผลการวิเคราะห์ที่รวดเร็ว

Donato และ Gutz (2003 : บทคัดย่อ) วิเคราะห์หาตะกั่วในคราบเขม่าปืน(GSR) ที่มือของผู้ยิงปืน โดยเทคนิคดิฟเฟอร์เรนเชียลพัลส์แอโนดิกสตริพพิง โวลแทมเมตรี(DPAV) ซึ่งเป็นวิธีที่ให้ผลรวดเร็ว ง่ายและใช้ได้กับตัวอย่างที่มีปริมาณน้อยๆ ได้ ซึ่งเทคนิคนี้จะมีลิ้นที่ทำด้วยพอลิเอทิลีนซึ่งเป็นกลไกพิเศษที่ออกแบบมาเพื่อควบคุมการปล่อยปรอทไม่ให้หยดปรอทมีขนาดใหญ่เกินไป เมื่อเก็บตัวอย่างจากมือของผู้ยิงปืนแล้วนำไปวิเคราะห์ โดยเติมสารละลายมาตรฐานตะกั่วทุกๆ 25 วินาที โดยใช้ขั้วปรอทหยดแขวนตัว (HMDE)เป็นขั้วใช้งาน และมี Ag/AgCl เป็นขั้วอ้างอิง ระดับต่ำสุดของ

ตะกั่วที่วัดได้จากการวิเคราะห์คราบเขม่าปืนเท่ากับ 20 ไมโครกรัมต่อลิตร ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ปืนชนิดลูกโม่และปืนชนิดอัตโนมัติ

Kovaleva, Gladyshev และ Chikineva (2001 : บทคัดย่อ) ศึกษาพฤติกรรมของแบเรียมที่ใช้สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ และ สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์เข้มข้น 0.1 ถึง 0.001 โมลาร์ โดยใช้เทคนิคสตริพพิงโวลแทมเมตรีที่มีปรอทเป็นอิเล็กโทรด

Tanaka และ Sato (2001 : บทคัดย่อ) ใช้เทคนิคแอโนดิกสตริพพิงโวลแทมเมตรี วิเคราะห์หาแอนติมอนีและอาร์ซินิกที่อยู่ในเหล็ก โดยการปรับปรุงช่วงศักย์ในขั้นตอนการเกาะขั้วไฟฟ้าใช้งานในสภาวะที่เหมาะสม โดยการรีดิวซ์แอนติมอนี (Sb^{+5}) และอาร์ซินิก (As^{+5}) ไปเป็นแอนติมอนี (Sb^{+3}) และอาร์ซินิก (As^{+3}) ด้วยสารละลายอิเล็กโทรไลท์โพแทสเซียมไอโอไดด์ โดยใช้ขั้วปรอทเป็นขั้วไฟฟ้าใช้งาน และใช้ขั้วมาตรฐานคาโลเมลอิ่มตัว (SCE)เป็นขั้วอ้างอิง ซึ่งแอนติมอนี (Sb^{+3}) จะเข้าเกาะที่ขั้วปรอทที่ศักย์ไฟฟ้า – 0.25 โวลต์ เป็นเวลานาน 180 วินาที และหลุดออกจากขั้วปรอทที่ศักย์ไฟฟ้า 0.2 โวลต์ ส่วนอาร์ซินิก (As^{+3}) จะเข้าเกาะที่ศักย์ไฟฟ้า – 0.45 โวลต์ เป็นเวลานาน 180 วินาที และหลุดออกจากขั้วปรอทที่ศักย์ไฟฟ้า 0.04 โวลต์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมืออุปกรณ์และสารเคมี

3.1.1 เครื่องมืออุปกรณ์

1) เครื่องโวลแทมเมตรีของ Metrohm รุ่น 797 VA

2) อาวุธปืนลูกโม่ยี่ห้อ Smith&Wesson

3) ลูกกระสุนปืน.38 Special

4) เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

5) ไมโครปิเปตต์

6) ก้านสำลี

7) ขวด Vial

8) ขวดวัดปริมาตร ขนาด 5 10 50 100 มิลลิลิตร

9) บีกเกอร์ ขนาด 50 100 มิลลิลิตร

10) ปิเปตต์ ขนาด 1 5 มิลลิลิตร

11) กระบอกตวง

12) กรวยกรอง

13) แท่งแก้วคน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3.1.2 สารเคมี

1) สารละลายมาตรฐานแอนติมิมอนีเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร

2) สารละลายมาตรฐานตะกั่ว 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร

3) สารละลายมาตรฐานแบเรียม 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร

4) กรดไนทริก (HNO_3)

5) โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl)

3.2 การเตรียมสารละลายเคมี

3.2.1 สารละลายมาตรฐานผสมของแอนติมอนี ตะกั่ว แบเรียม โดยที่มีความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อลิตร 300 ไมโครกรัมต่อลิตร และ 300 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ปิเปตสารละลายมาตรฐานแอนติมอนีความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตรมา 0.01 มิลลิลิตร และสารละลายมาตรฐานของตะกั่ว ปิเปตมา 0.03 มิลลิลิตร ส่วนสารละลายมาตรฐานแบเรียมปิเปตมา 0.03 ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับด้วยกรดไนทริกเข้มข้น 5 % จนกระทั่งได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร จะได้สารละลายมาตรฐานผสมที่มีความเข้มข้นของแอนติมอนี 100 ไมโครกรัมต่อลิตร ตะกั่ว 300 ไมโครกรัมต่อลิตร และ แบเรียม 300 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

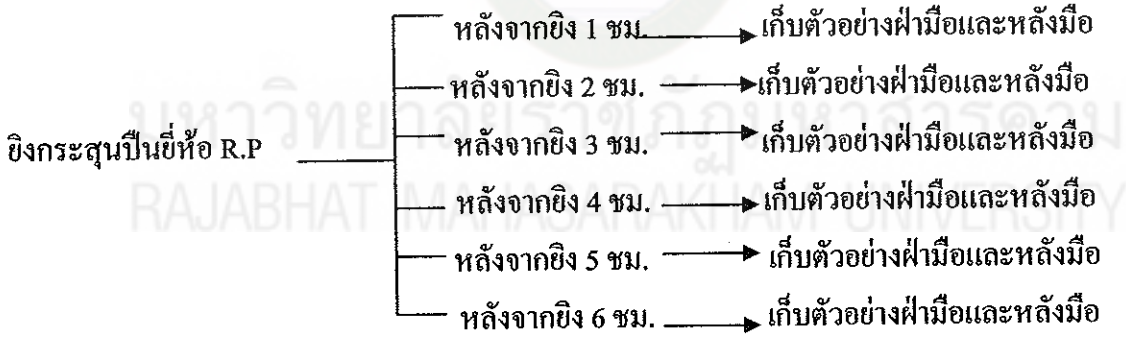
3.2.2 การเตรียมสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ เข้มข้น 0.01 โมลาร์

ชั่งโพแทสเซียมคลอไรด์ 0.0373 กรัม ละลายใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรจนครบ 50 มิลลิลิตร เขย่าเพื่อให้สารละลายผสมกัน

3.3 การเตรียมตัวอย่าง

3.3.1 ทำการยิงกระสุนปืนจำนวน 3 ยี่ห้อ คือ RP, TA และ Winchester

3.3.2 เก็บตัวอย่างคราบเขม่าปืน (GSR) ที่มือของผู้ยิงปืน โดยใช้ก้านสำลีชุบกรดไนทริกเข้มข้น 5 % เช็ดที่บริเวณฝ่ามือของผู้ยิงปืน 1 ก้าน และเช็ดบริเวณหลังมือของผู้ยิงปืนอีก 1 ก้าน โดยทำการเก็บตัวอย่างคราบเขม่าปืนในช่วงเวลาห่างกัน 1 ชั่วโมง หลังจากยิงปืนเป็นเวลา 6 ชั่วโมง

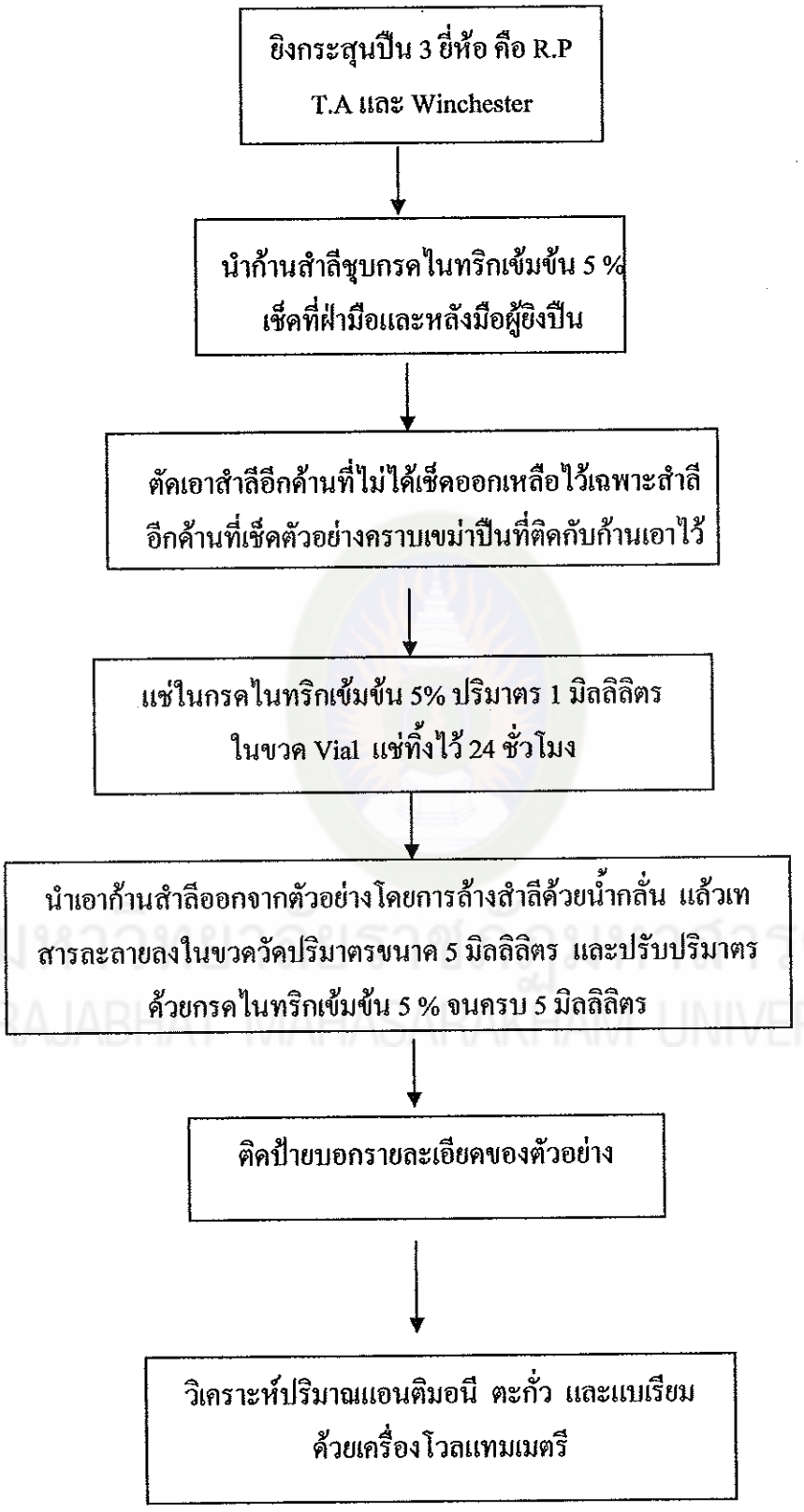


หมายเหตุ : ผู้ยิงปืน 1 คน ยิง 1 นัด

3.3.3 ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.3.2 แต่เปลี่ยนกระสุนปืนเป็นยี่ห้อ T.A และ Winchester และเก็บตัวอย่างคราบเขม่าปืนที่มือของผู้ยิงปืน

3.3.4 นำตัวอย่างคราบเขม่าปืนที่เก็บได้ แช่ในกรดไนทริกเข้มข้น 5% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ในขวด Vial แช่ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จากนั้นนำเอาก้านสำลีออกจากตัวอย่างโดยการล้างสำลีด้วยน้ำกลั่นเล็กน้อย แล้วเทสารละลายตัวอย่างลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 5 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยกรดไนทริกเข้มข้น 5 % จนครบ 5 มิลลิลิตร แล้วติดป้ายบอกรายละเอียดของตัวอย่าง

178359



รูปที่ 3.1 แผนภาพดำเนินการทดลอง

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3.4 วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณของแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียมโดยเทคนิคโวลแทมเมตรี

จะใช้วิธีแอโนดิกสทริพพิงโวลแทมเมตรี โดยการเติมสารละลายมาตรฐานหลังจากการวัดค่ากระแสไฟฟ้าของสารละลายตัวอย่างแล้ว โดยเลือกใช้อิเล็กโทรไลต์เกื้อหนุนที่เหมาะสม และปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องดังนี้

3.4.1 ระบบขั้วไฟฟ้า 3 ขั้ว ประกอบด้วย

1) ใช้ขั้วปรอทหยด เป็น ขั้วใช้งาน

2) ใช้ขั้วซิลเวอร์ – ซิลเวอร์คลอไรด์ เป็น ขั้วอ้างอิง

3) ใช้โลหะแพลทินัม เป็นขั้วไฟฟ้าช่วย

3.4.2 สภาวะที่ใช้ในการทดลอง ดังนี้

1) เวลาในการเกิดปฏิกิริยาเกาะบนขั้วปรอท	90	วินาที
2) อัตราเร็วในการคนสารละลาย	2000	รอบต่อนาที
3) เวลาในการผ่านแก๊สไนโตรเจน	300	วินาที
4) เวลาสมดุล	10	วินาที
5) เวลาในการผ่านแก๊สไนโตรเจน หลังจากเติมสารมาตรฐาน	20	วินาที
6) ขนาดของหยดปรอท	4	
7) ศักย์ไฟฟ้าเริ่มต้น	-2.0	โวลต์
8) ศักย์ไฟฟ้าสุดท้าย	-0.04	โวลต์

3.4.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์

1) ปิเปตสารละลายตัวอย่างคราบเขม่าปืนปริมาตร 1 มิลลิลิตร สารละลายอิเล็กโทรไลต์โพแทสเซียมคลอไรด์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และน้ำกลั่นปริมาตร 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในโพลาโรกราฟิกเซลล์สำหรับวิเคราะห์

2) ทำการวัดปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียม ในตัวอย่างคราบเขม่าปืน 3ครั้ง

3) เติมสารละลายมาตรฐานผสม ครั้งที่ 1 จำนวน 0.1 มิลลิลิตร ลงในโพลาโรกราฟิกเซลล์แล้ววัดปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียม ในตัวอย่างคราบเขม่าปืน

4) เติมสารละลายมาตรฐานผสม ครั้งที่ 2 จำนวน 0.1 มิลลิลิตร ลงในโพลาโรกราฟิกเซลล์แล้ววัดปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียม ในตัวอย่างคราบเขม่าปืน

5) จากนั้นเครื่องก็จะรายงานผลการวิเคราะห์ปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียม ในตัวอย่างคราบเขม่าปืนในรูปของโพลาโรแกรม

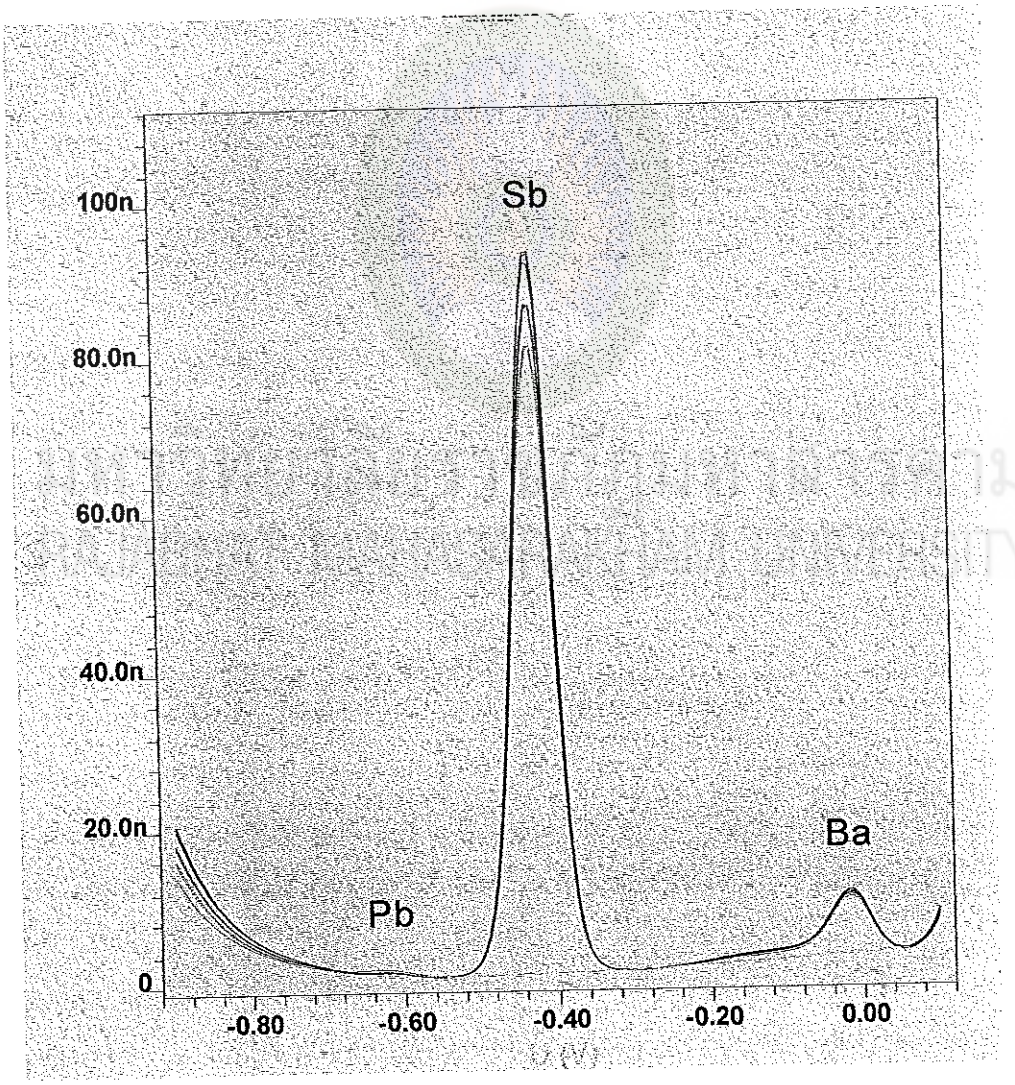
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 4
ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่ว แอนติมอนี และแบเรียม ในคราบเขม่าปืนโดยตัวอย่างทั้งหมดทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคโวลแทมเมตรี

4.1ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคโวลแทมเมตรี

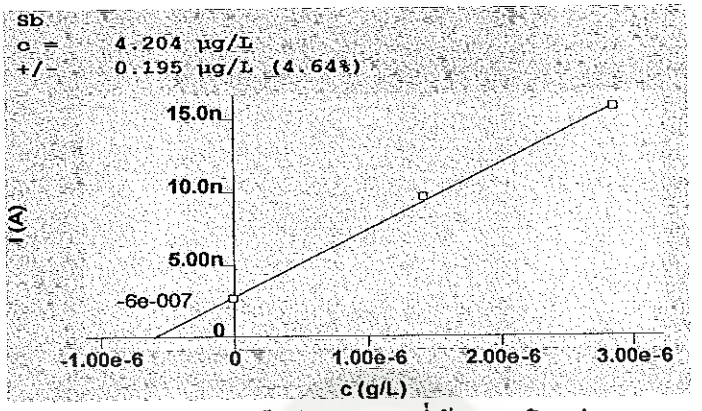
ในการวิเคราะห์ตะกั่ว แอนติมอนี และแบเรียม ด้วยเทคนิคโวลแทมเมตรี ที่ศักย์ไฟฟ้าของพีคเท่ากับ -0.64 โวลต์ , -0.44 โวลต์ และ -0.04 โวลต์ ตามลำดับ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสที่เกิดขึ้นกับศักย์ไฟฟ้าที่ให้เข้าไป ดังรูปที่ 4.1



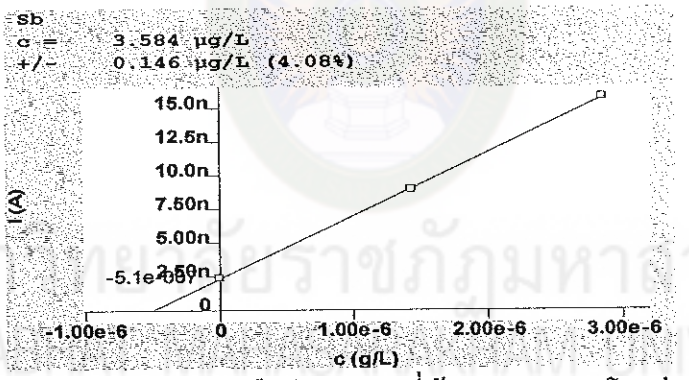
รูปที่ 4.1 โวลแทมโมแกรมของแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียม เมื่อเติมสารมาตรฐาน

4.1.1 ผลวิเคราะห์ปริมาณแอนติมอนีด้วยเทคนิคโวลแทมเมตรี

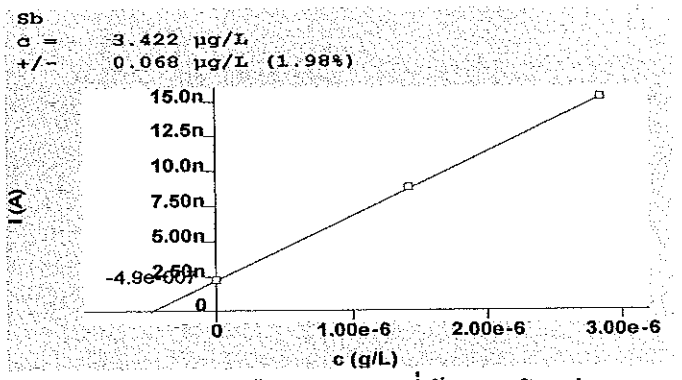
ในการวิเคราะห์หาปริมาณแอนติมอนี ด้วยเทคนิคโวลแทมเมตรีที่ศักย์ไฟฟ้า = -0.44 โวลต์ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและปริมาณของแอนติมอนีที่วิเคราะห์ได้ ดังรูปที่ 4.2-4.4



รูปที่ 4.2 ปริมาณแอนติมอนีในคราบเขม่าปืนในกระสุนยี่ห้อ R.P โดยช่วงเวลาการเก็บคราบเขม่าปืนหลังจากยิงปืน 1 ชั่วโมง โดยวิธีเติมสารละลายมาตรฐาน



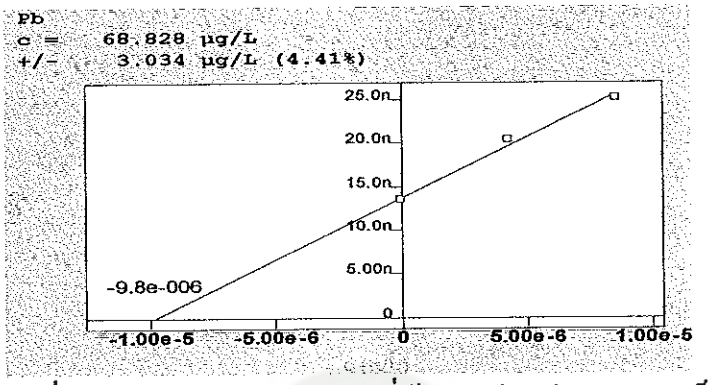
รูปที่ 4.3 ปริมาณแอนติมอนีในคราบเขม่าปืนในกระสุนยี่ห้อ Winchester โดยช่วงเวลาการเก็บคราบเขม่าปืนหลังจากยิงปืน 1 ชั่วโมง โดยวิธีเติมสารละลายมาตรฐาน



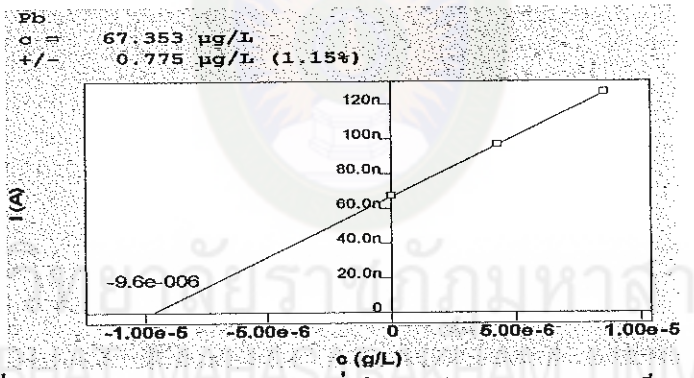
รูปที่ 4.4 ปริมาณแอนติมอนีในคราบเขม่าปืนในกระสุนยี่ห้อ T.A โดยช่วงเวลาการเก็บคราบเขม่าปืนหลังจากยิงปืน 1 ชั่วโมง โดยวิธีเติมสารละลายมาตรฐาน

4.1.2 ผลวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วด้วยเทคนิคโวลแทมเมตรี

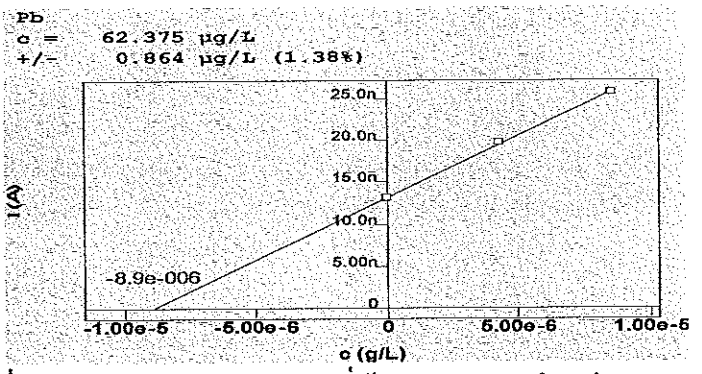
ในการวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่ว ด้วยเทคนิคโวลแทมเมตรีที่ศักย์ไฟฟ้า = -0.64 โวลต์ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและปริมาณของแอนติมอนีที่วิเคราะห์ได้ ดังรูปที่ 4.5-4.7



รูปที่ 4.5 ปริมาณตะกั่วในคราบเขม่าปืนในกระสุนยี่ห้อ T.A โดยช่วงเวลาการเก็บคราบเขม่าปืนหลังจากยิงปืน 1 ชั่วโมง โดยวิธีเติมสารละลายมาตรฐาน



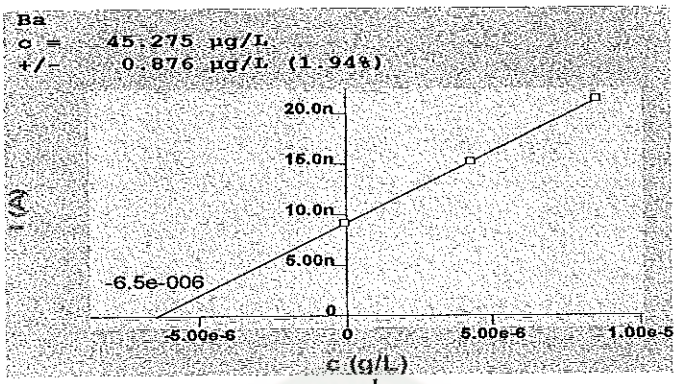
รูปที่ 4.6 ปริมาณตะกั่วในคราบเขม่าปืนในกระสุนยี่ห้อ R.P โดยช่วงเวลาการเก็บคราบเขม่าปืนหลังจากยิงปืน 1 ชั่วโมง โดยวิธีเติมสารละลายมาตรฐาน



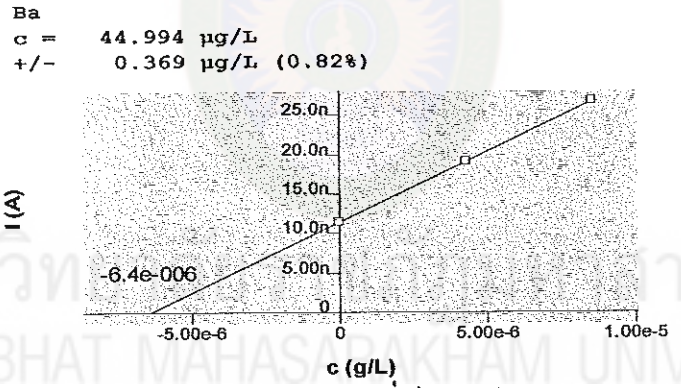
รูปที่ 4.7 ปริมาณตะกั่วในคราบเขม่าปืนในกระสุนยี่ห้อ Winchester โดยช่วงเวลาการเก็บคราบเขม่าปืนหลังจากยิงปืน 1 ชั่วโมง โดยวิธีเติมสารละลายมาตรฐาน

4.1.3 ผลวิเคราะห์ปริมาณแบเรียมด้วยเทคนิคโวลแทมเมตรี

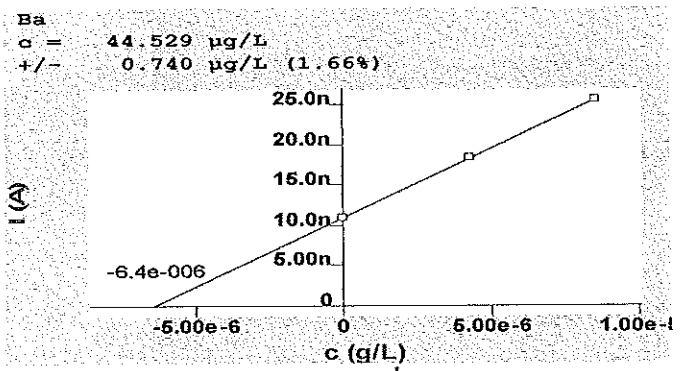
ในการวิเคราะห์หาปริมาณแบเรียม ด้วยเทคนิคโวลแทมเมตรีที่ศักย์ไฟฟ้า = -0.04 โวลต์ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและปริมาณของแอนติมอนีที่วิเคราะห์ได้ ดังรูปที่ 4.8-4.10



รูปที่ 4.8 ปริมาณแบเรียมในดราบเขม่าปืนในกระสุนยี่ห้อ Winchester โดยช่วงเวลาการเก็บดราบเขม่าปืนหลังจากยิงปืน 1 ชั่วโมง โดยวิธีเติมสารละลายมาตรฐาน



รูปที่ 4.8 ปริมาณแบเรียมในดราบเขม่าปืนในกระสุนยี่ห้อ R.P โดยช่วงเวลาการเก็บดราบเขม่าปืนหลังจากยิงปืน 1 ชั่วโมง โดยวิธีเติมสารละลายมาตรฐาน



รูปที่ 4.8 ปริมาณแบเรียมในดราบเขม่าปืนในกระสุนยี่ห้อ T.A โดยช่วงเวลาการเก็บดราบเขม่าปืนหลังจากยิงปืน 1 ชั่วโมง โดยวิธีเติมสารละลายมาตรฐาน

จากการวิเคราะห์หาปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียม ด้วยเทคนิคโวลแทมเมตรี ที่ศักย์ไฟฟ้าของ = -0.64 โวลต์ , -0.44 โวลต์ และ -0.04 โวลต์ ตามลำดับ ได้ผลดังตารางที่ 4.1-4.6

ตารางที่ 4.1 ปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียม ในคราบเขม่าปืนในการเก็บคราบเขม่าปืนหลังจากยิงปืน 1 ชั่วโมง

ตัวอย่าง	ครั้งที่	ค่าที่วัดได้ (µg/L)			ปริมาณในคราบเขม่าปืน (µg/L)		
		แอนติมอนี	ตะกั่ว	แบเรียม	แอนติมอนี	ตะกั่ว	แบเรียม
R.P	1	7.914	77.879	57.622	39.570	389.395	288.110
	2	7.872	76.884	57.438	39.360	384.420	287.190
	3	7.835	76.325	56.774	39.175	381.625	283.870
	เฉลี่ย	7.874	77.029	57.278	39.368	385.147	286.390
	S.D	0.039	0.787	0.446	0.198	3.936	2.230
T.A	1	7.648	78.848	56.642	38.240	394.240	283.210
	2	7.326	78.875	56.859	36.630	394.375	284.295
	3	7.485	78.879	57.137	37.425	394.395	285.685
	เฉลี่ย	7.486	78.867	56.879	37.432	394.337	284.397
	S.D	0.161	0.017	0.248	0.805	0.084	1.241
Winchester	1	7.746	75.653	58.393	38.730	378.265	291.965
	2	7.622	75.764	58.546	38.110	378.820	292.730
	3	7.744	76.214	58.047	38.720	381.070	290.235
	เฉลี่ย	7.704	75.877	58.329	38.320	379.385	291.643
	S.D	0.071	0.297	0.257	0.355	1.485	1.278

จากตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียมในคราบเขม่าปืนจากลูกกระสุนปืน 3 ยี่ห้อคือ R.P , T.A และ Winchester โดยช่วงเวลาการเก็บคราบเขม่าปืนหลังจากยิงปืน 1 ชั่วโมง จะพบว่าลูกกระสุนปืนยี่ห้อ R.P มีปริมาณแอนติมอนีมากกว่ายี่ห้ออื่น , ลูกกระสุนปืนยี่ห้อ T.A มีปริมาณตะกั่วมากกว่ายี่ห้ออื่น และลูกกระสุนปืนยี่ห้อ Winchester มีปริมาณแบเรียมมากกว่ายี่ห้ออื่น

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ 4.2 ปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียม ในคราบเขม่าปืนในการเก็บคราบเขม่าปืนหลังจากยิงปืน 2 ชั่วโมง

ตัวอย่าง	ครั้งที่	ค่าที่วัดได้ (µg/L)			ปริมาณในคราบเขม่าปืน (µg/L)		
		แอนติมอนี	ตะกั่ว	แบเรียม	แอนติมอนี	ตะกั่ว	แบเรียม
R.P	1	7.177	74.024	54.032	35.885	370.120	270.160
	2	7.050	73.821	54.768	35.250	369.105	273.840
	3	7.122	73.773	54.542	35.610	368.865	272.710
	เฉลี่ย	7.116	73.873	54.447	35.582	369.363	272.237
	S.D	0.064	0.133	0.377	0.318	0.666	1.885
T.A	1	6.644	76.012	53.379	33.220	380.060	266.895
	2	6.479	75.944	53.452	32.395	379.720	267.260
	3	6.528	75.733	52.548	32.640	378.665	262.740
	เฉลี่ย	6.550	75.896	53.126	32.752	379.482	265.632
	S.D	0.085	0.145	0.502	0.424	0.727	2.511
Winchester	1	6.998	72.224	55.532	34.990	361.120	277.660
	2	6.775	72.324	55.948	33.875	361.620	279.740
	3	7.010	72.197	55.766	35.050	360.985	278.830
	เฉลี่ย	6.928	72.248	55.749	34.638	361.242	278.743
	S.D	0.132	0.067	0.208	0.662	0.334	1.043

จากตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียมในคราบเขม่าปืนจากลูกกระสุนปืน 3 ยี่ห้อคือ R.P , T.A และ Winchester โดยช่วงเวลาการเก็บคราบเขม่าปืนหลังจากยิงปืน 2 ชั่วโมง จะพบว่าลูกกระสุนปืนยี่ห้อ R.P มีปริมาณแอนติมอนีมากกว่ายี่ห้ออื่น , ลูกกระสุนปืนยี่ห้อ T.A มีปริมาณตะกั่วมากกว่ายี่ห้ออื่น และลูกกระสุนปืนยี่ห้อ Winchester มีปริมาณแบเรียมมากกว่ายี่ห้ออื่น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ 4.3 ปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียม ในคราบเขม่าปืนในการเก็บคราบเขม่าปืนหลังจากยิงปืน 3 ชั่วโมง

ตัวอย่าง	ครั้งที่	ค่าที่วัดได้ (µg/L)			ปริมาณในคราบเขม่าปืน (µg/L)		
		แอนติมอนี	ตะกั่ว	แบเรียม	แอนติมอนี	ตะกั่ว	แบเรียม
R.P	1	6.448	70.032	50.875	32.240	350.160	259.375
	2	6.594	69.712	52.238	32.970	348.560	261.190
	3	6.501	70.096	51.946	32.505	350.480	259.730
	เฉลี่ย	6.514	69.947	52.020	32.572	349.733	260.098
	S.D	0.074	0.206	0.192	0.369	1.029	0.962
T.A	1	6.080	72.829	50.532	30.400	364.145	252.660
	2	5.902	73.136	50.275	29.510	365.680	251.375
	3	5.528	73.353	50.529	27.640	366.765	252.645
	เฉลี่ย	5.837	73.106	50.445	29.183	365.530	252.227
	S.D	0.282	0.263	0.147	1.409	1.316	0.738
Winchester	1	6.184	67.884	52.545	30.920	339.420	262.725
	2	6.231	68.112	53.331	31.155	340.560	266.655
	3	6.106	68.020	52.688	30.530	340.100	263.344
	เฉลี่ย	6.174	68.005	52.855	30.868	340.027	264.241
	S.D	0.064	0.115	0.419	0.316	0.573	2.113

จากตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียมในคราบเขม่าปืนจากลูกกระสุนปืน 3 ยี่ห้อคือ R.P , T.A และ Winchester โดยช่วงเวลาการเก็บคราบเขม่าปืนหลังจากยิงปืน 3 ชั่วโมง จะพบว่าลูกกระสุนปืนยี่ห้อ R.P มีปริมาณแอนติมอนีมากกว่ายี่ห้ออื่น , ลูกกระสุนปืนยี่ห้อ T.A มีปริมาณตะกั่วมากกว่ายี่ห้ออื่น และลูกกระสุนปืนยี่ห้อ Winchester มีปริมาณแบเรียมมากกว่ายี่ห้ออื่น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ 4.4 ปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียม ในคราบเขม่าปืนในการเก็บคราบเขม่าปืนหลังจากยิงปืน 4 ชั่วโมง

ตัวอย่าง	ครั้งที่	ค่าที่วัดได้ (µg/L)			ปริมาณในคราบเขม่าปืน (µg/L)		
		แอนติมอนี	ตะกั่ว	แบเรียม	แอนติมอนี	ตะกั่ว	แบเรียม
R.P	1	5.482	67.844	48.877	27.410	339.220	244.385
	2	5.504	67.375	48.695	27.520	336.875	243.475
	3	5.472	68.008	49.428	27.360	340.040	247.140
	เฉลี่ย	5.486	67.742	49.000	27.430	338.712	245.000
	S.D	0.016	0.328	0.382	0.082	1.643	1.907
T.A	1	5.195	70.062	47.164	25.975	350.310	235.820
	2	5.271	69.545	47.373	26.355	347.725	236.865
	3	4.986	70.413	47.252	24.930	352.065	236.260
	เฉลี่ย	5.151	70.007	47.263	25.753	350.033	236.315
	S.D	0.148	0.437	0.105	0.738	2.183	0.525
Winchester	1	5.332	65.375	50.104	26.660	326.870	250.520
	2	5.386	65.828	49.982	26.930	329.140	249.910
	3	4.990	64.643	49.685	24.950	323.215	248.425
	เฉลี่ย	5.236	65.282	49.924	26.180	326.408	249.618
	S.D	0.215	0.598	0.215	1.074	2.989	1.077

จากตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียมในคราบเขม่าปืนจากลูกกระสุนปืน 3 ยี่ห้อคือ R.P , T.A และ Winchester โดยช่วงเวลาการเก็บคราบเขม่าปืนหลังจากยิงปืน 4 ชั่วโมง จะพบว่าลูกกระสุนปืนยี่ห้อ R.P มีปริมาณแอนติมอนีมากกว่ายี่ห้ออื่น , ลูกกระสุนปืนยี่ห้อ T.A มีปริมาณตะกั่วมากกว่ายี่ห้ออื่น และลูกกระสุนปืนยี่ห้อ Winchester มีปริมาณแบเรียมมากกว่ายี่ห้ออื่น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ 4.5 ปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียม ในคราบเขม่าปืนในการเก็บคราบเขม่าปืนหลังจากยิงปืน 5 ชั่วโมง

ตัวอย่าง	ครั้งที่	ค่าที่วัดได้ (µg/L)			ปริมาณในคราบเขม่าปืน (µg/L)		
		แอนติมอนี	ตะกั่ว	แบเรียม	แอนติมอนี	ตะกั่ว	แบเรียม
R.P	1	5.020	64.532	46.008	25.100	322.660	230.040
	2	5.098	65.020	45.545	25.490	325.100	227.725
	3	5.112	64.516	45.763	25.560	322.580	228.815
	เฉลี่ย	5.077	64.689	45.772	25.383	323.447	228.860
	S.D	0.053	0.286	0.232	0.248	1.432	1.158
T.A	1	4.688	67.442	44.529	23.440	337.210	222.645
	2	4.678	66.771	44.216	23.390	333.855	221.080
	3	4.636	66.302	44.232	23.180	331.510	221.160
	เฉลี่ย	4.667	66.838	44.326	23.337	334.192	221.628
	S.D	0.028	0.573	0.176	0.138	2.865	0.881
Winchester	1	4.726	63.235	45.275	23.630	316.175	226.375
	2	4.702	63.842	46.324	23.510	319.210	231.620
	3	4.697	63.644	46.572	23.485	318.220	232.860
	เฉลี่ย	4.708	63.574	46.057	23.542	317.868	230.285
	S.D	0.015	0.309	0.688	0.077	1.548	3.442

จากตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียมในคราบเขม่าปืนจากลูกกระสุนปืน 3 ยี่ห้อคือ R.P , T.A และ Winchester โดยช่วงเวลาการเก็บคราบเขม่าปืนหลังจากยิงปืน 5 ชั่วโมง จะพบว่าลูกกระสุนปืนยี่ห้อ R.P มีปริมาณแอนติมอนีมากกว่ายี่ห้ออื่น , ลูกกระสุนปืนยี่ห้อ T.A มีปริมาณตะกั่วมากกว่ายี่ห้ออื่น และลูกกระสุนปืนยี่ห้อ Winchester มีปริมาณแบเรียมมากกว่ายี่ห้ออื่น

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ 4.6 ปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียม ในคราบเขม่าปืนในการเก็บคราบเขม่าปืนหลังจากยิงปืน 6 ชั่วโมง

ตัวอย่าง	ครั้งที่	ค่าที่วัดได้ (µg/L)			ปริมาณในคราบเขม่าปืน (µg/L)		
		แอนติมอนี	ตะกั่ว	แบเรียม	แอนติมอนี	ตะกั่ว	แบเรียม
R.P	1	4.562	62.375	43.326	22.810	311.875	216.630
	2	4.536	62.146	43.390	22.680	310.730	216.950
	3	4.551	63.002	42.265	22.755	315.010	211.325
	เฉลี่ย	4.550	62.508	42.994	22.748	312.538	214.968
	S.D	0.013	0.443	0.632	0.065	2.216	3.159
	1	4.149	64.892	40.894	20.745	324.460	204.470
	2	4.022	63.685	41.726	20.110	318.425	208.630
	3	4.117	64.040	42.265	20.585	320.200	211.325
	เฉลี่ย	4.096	64.206	41.628	20.480	321.028	208.142
	S.D	0.066	0.620	0.691	0.330	3.102	3.453
Winchester	1	4.326	62.375	44.643	21.630	311.875	223.215
	2	4.373	61.592	44.579	21.865	307.960	222.895
	3	4.362	60.733	44.124	21.810	303.665	220.620
	เฉลี่ย	4.354	61.567	44.449	21.768	307.833	222.243
	S.D	0.024	0.821	0.283	0.123	4.106	1.414

จากตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียมในคราบเขม่าปืนจากลูกกระสุนปืน 3 ยี่ห้อคือ R.P , T.A และ Winchester โดยช่วงเวลาการเก็บคราบเขม่าปืนหลังจากยิงปืน 6 ชั่วโมง จะพบว่าลูกกระสุนปืนยี่ห้อ R.P มีปริมาณแอนติมอนีมากกว่ายี่ห้ออื่น , ลูกกระสุนปืนยี่ห้อ T.A มีปริมาณตะกั่วมากกว่ายี่ห้ออื่น และลูกกระสุนปืนยี่ห้อ Winchester มีปริมาณแบเรียมมากกว่ายี่ห้ออื่น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

4.2 ผลการเปรียบเทียบปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียม ที่วิเคราะห์ได้จากกระสุนปืนต่างยี่ห้อกัน และช่วงเวลาในการเก็บคราบเขม่าปืนต่างกัน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียม ในคราบเขม่าปืนจากลูกกระสุนปืน 3 ยี่ห้อ โดยการเก็บคราบเขม่าปืนในช่วงเวลาห่างกัน 1 ชั่วโมง หลังจากการยิงปืนเป็นเวลา 6 ชั่วโมง แสดงดังตารางที่ ก-1 , ก-2 และ ก-3 สามารถสรุปผลดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียมเฉลี่ยที่วิเคราะห์ได้จากกระสุนปืนต่างยี่ห้อกัน และช่วงเวลาในการเก็บคราบเขม่าปืนต่างกัน

ยี่ห้อ	ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณที่วิเคราะห์ได้ในคราบเขม่าปืน (µg/L)		
		แอนติมอนี	ตะกั่ว	แบเรียม
R.P	1	39.368±0.198^{l}	385.147±3.936^{m}	286.390±2.230^{l}
	2	35.582± 0.318^{j}	369.36±0.666^{k}	272.237±1.885^{j}
	3	32.572±0.369^{h}	349.733±1.029^{h}	260.098±0.926^{h}
	4	27.430±0.082^{e}	338.712±1.643^{g}	245.000±1.907^{f}
	5	25.383±0.248^{d}	323.447±1.432^{de}	228.860±1.158^{d}
	6	22.748±0.065^{c}	312.538±2.216^{b}	214.968±3.159^{b}
T.A	1	37.432 ±0.805^{k}	394.337±0.084^{n}	284.397±1.241^{l}
	2	32.752±0.424^{h}	379.482±0.727^{l}	265.632±2.511^{i}
	3	29.183±1.409^{f}	365.530±1.316^{j}	252.227±0.738^{g}
	4	25.753±0.738^{d}	350.033±2.183^{h}	249.618±1.077^{g}
	5	23.337±0.138^{c}	334.192±2.865^{f}	221.628±0.881^{c}
	6	20.480±0.330^{a}	321.028±3.102^{cd}	222.243±1.414^{c}
Winchester	1	38.520 ±0.355^{l}	379.385±1.485^{l}	291.643±1.278^{m}
	2	34.638±0.662^{i}	361.242±0.334^{i}	278.743±1.043^{k}
	3	30.868±0.316^{g}	340.027±0.573^{g}	264.241±2.113^{i}
	4	26.180±1.074^{d}	326.408±2.989^{e}	249.618±1.077^{g}
	5	23.542±0.077^{c}	317.868±1.548^{c}	230.285±3.442^{d}
	6	21.768±0.123^{b}	307.833±4.106^{a}	208.142±3.453^{a}

ตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

(ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน , จำนวน 3 ซ้ำ)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแอนติมอนีเฉลี่ย ในคราบเขม่าปืนจากลูกกระสุนปืนต่างยี่ห้อกัน ในช่วงเวลาในการเก็บคราบเขม่าปืนต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 โดยมีปริมาณแอนติมอนีเฉลี่ยสูงสุดในกระสุนปืนยี่ห้อ R.P ในช่วงเวลาการเก็บคราบเขม่าปืนหลังจากการยิงปืน 1 ชั่วโมง เท่ากับ 39.368±0.198

ผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วเฉลี่ย ในคราบเขม่าปืนจากลูกกระสุนปืนต่างยี่ห้อกันในช่วงเวลาในการเก็บคราบเขม่าปืนต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 โดยมีปริมาณตะกั่วเฉลี่ยสูงสุดในกระสุนปืนยี่ห้อ T.A ในช่วงเวลาการเก็บคราบเขม่าปืนหลังจากการยิงปืน 1 ชั่วโมง เท่ากับ 394.337±0.084

และผลการวิเคราะห์ปริมาณแบเรียมเฉลี่ย ในคราบเขม่าปืนจากลูกกระสุนปืนต่างยี่ห้อกันในช่วงเวลาในการเก็บคราบเขม่าปืนต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 โดยมีปริมาณแบเรียมเฉลี่ยสูงสุดในกระสุนปืนยี่ห้อ Winchester ในช่วงเวลาการเก็บคราบเขม่าปืนหลังจากการยิงปืน 1 ชั่วโมง เท่ากับ 291.643±1.278

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 อภิปรายผล

ในการทดลองครั้งนี้ได้วิเคราะห์หาปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียม ในคราบเขม่าปืนจากลูกกระสุนปืน 3 ยี่ห้อ ได้แก่ ยี่ห้อ R.P , T.A และ Winchester จากการเก็บคราบเขม่าปืนในช่วงเวลาห่างกัน 1 ชั่วโมงหลังจากการยิงปืนเป็นเวลา 6 ชั่วโมง หลังจากนั้นก็ทำการเก็บคราบเขม่าปืนที่มือของผู้ยิงปืนบริเวณหน้ามือและหลังมือที่ยิงปืน แล้วทำการวิเคราะห์หาปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียม โดยเทคนิคโวลแทมเมตรี

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณในการทดลองครั้งนี้ได้วิเคราะห์หาปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียม ในคราบเขม่าปืนจากลูกกระสุนปืน 3 ยี่ห้อ ได้แก่ ยี่ห้อ R.P , T.A และ Winchester พบว่ามีปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียม ในกระสุนปืนแต่ละยี่ห้อมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 โดยมีปริมาณแอนติมอนีเฉลี่ยสูงสุดในลูกกระสุนปืนยี่ห้อ R.P เท่ากับ 39.368±0.198 ไมโครกรัมต่อลิตร ปริมาณตะกั่วเฉลี่ยสูงสุดในลูกกระสุนปืนยี่ห้อ T.A เท่ากับ 394.337±0.084 ไมโครกรัมต่อลิตร และปริมาณแบเรียมเฉลี่ยสูงสุดในลูกกระสุนปืนยี่ห้อ Winchester เท่ากับ 291.643±1.278 ไมโครกรัมต่อลิตร การที่ลูกกระสุนปืนต่างยี่ห้อกันมีปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียม แตกต่างกันอาจเนื่องมาจากลูกกระสุนปืนแต่ละยี่ห้อมีปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียมเป็นส่วนประกอบในปริมาณที่แตกต่างกัน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียมในคราบเขม่าปืนจากการเก็บคราบเขม่าปืนในช่วงเวลาห่างกัน 1 ชั่วโมง หลังจากการยิงปืนแล้วเป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 โดยมีปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียมสูงสุด จากการเก็บคราบเขม่าปืนในช่วงเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากการยิงปืน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเขม่าปืนจะอยู่ที่มือเป็นระยะเวลาสั้นๆ เท่านั้น การหลุดหายไปของคราบเขม่าปืนเป็นผลมาจากการประกอบกิจกรรมต่างๆ หลังจากการยิงปืน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

5.2 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองวิเคราะห์หาปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียม ในคราบเขม่าปืนจากลูกกระสุนปืน 3 ยี่ห้อ ได้แก่ ยี่ห้อ R.P , T.A และ Winchester โดยเทคนิคโวลแทมเมตรี ซึ่งทำการเก็บคราบเขม่าปืนในช่วงเวลาห่างกัน 1 ชั่วโมง หลังจากการยิงปืนเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียมในกระสุนปืนแต่ละยี่ห้อ จากการเก็บคราบเขม่าปืนที่เวลาต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 โดยที่ยี่ห้อ R.P มีปริมาณแอนติมอนีสูงสุดเท่ากับ 39.368 ± 0.198 ไมโครกรัมต่อลิตร ยี่ห้อ T.A มีปริมาณตะกั่วสูงสุดเท่ากับ 394.337 ± 0.084 ไมโครกรัมต่อลิตร และยี่ห้อ Winchester มีปริมาณแบเรียมสูงสุดเท่ากับ 291.643 ± 1.278 ไมโครกรัมต่อลิตร ปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียม

ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ควรมีการวิเคราะห์หาปริมาณปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียม ในลูกกระสุนยี่ห้ออื่นและขนาดต่างๆ เปรียบเทียบกัน

5.3.2 ควรมีการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับเทคนิคอื่น เช่น เทคนิคกราไฟต์เฟอร์เนซสเปกโทรโฟโตเมตรี เพื่อให้การวิเคราะห์ได้ผลที่ถูกต้องแม่นยำสูงสุด

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บรรณานุกรม

กองกำกับการ 3. (2545). **การวิเคราะห์เขม่าปืนด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตเมตรี.** กองพิสูจน์หลักฐาน สำนักงานตำรวจแห่งชาติ.

กองกำกับการภาค 3. (2548). **การวิเคราะห์หาองค์ประกอบของธาตุสำคัญในเขม่าปืน.** กองวิทยาการตำรวจ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ.

ชยาดมน์ ปุริมศักดิ์. (2545). **การศึกษาเปรียบเทียบระหว่างอิเล็กโทรดแบบหยดปรอทชนิดแขวนกับอิเล็กโทรดแบบกลาสซีคาร์บอนในการตรวจหาแอนติมอนี ทองแดงและตะกั่วโดยใช้ดิฟเฟอร์เรนเชียลพัลส์แอโนดิกสตริพพิงโวลแทมเมตรี.** ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ประชุม สถาปิตานนท์, พ.ต.ท.(พิเศษ). (2521). **นิติวิทยาศาสตร์(พิสูจน์หลักฐาน).** กองพิสูจน์หลักฐาน สำนักงานตำรวจแห่งชาติ.

ปรานี อินประโคน. (2530). **เทคนิคใหม่:สแควเวฟโวลแทมเมตรี.** ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

หิรัญ ชาติตระกูล, พ.ต.อ. (2541). **หลักสูตรอาวุธปืนสำหรับประชาชน.** กองกำกับการวิทยาการเขต 6.

อำพร จารุจินดา, พ.ต.อ. (2542). **การตรวจพิสูจน์อาวุธปืนและเครื่องกระสุนปืน.** กองพิสูจน์หลักฐาน สำนักงานตำรวจแห่งชาติ.

รัตนา มหาชัย. (2530). **โวลแทมเมตรี.** พิมพ์ครั้งที่ 3. ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วงเดือน ภูสนิท, ร.ต.อ. วันเพ็ญ วรรณโนมัย, ร.ต.อ. และรวีวรรณ บุรินทร์ประโคน, ร.ต.ท. (2547). **การศึกษาองค์ประกอบของโลหะในลูกกระสุนปรายกระสุนปืนลูกซองและลูกกระสุนปรายปืนประจุปาก(ปืนแก๊ป).** กองกำกับการวิทยาการเขต 6 ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วลียา พงศ์ชัยสถาปัตย์. (2545). **การจำแนกกระสุนปืนลูกซองและกระสุนปืนแก๊ปโดย XRF.** ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Adriana, D.D. and Ivano, G.G. (2003). **Fast Mapping of Gunshot Residues by Batch Injection Analysis with Anodic stripping voltammetry of Lead at the Hanging Mercury Drop Electrode.** [Online]. Available : http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/abstract/109799188/ABSTRACT

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

Curt, A.W. and Howard, D.D. (2000). **Differential puls anodic stripping voltammetry of barium and lead in gunshot residues.** [Online]. Available : file://\\Std12\my%20documents\แบเรียม\Entrez%20PubMed.htm

Curt, A.W., Dustin, E.S. and Howard, D.D. (1998). **Differential puls anodic stripping voltammetry of lead and antimony in gunshot residues.** [Online]. Available : file://\\Std12\my%20documents\แบเรียม\Entrez%20PubMed.htm

Kovaleva, S.V. , Gladyshev, V.P. and Chikineva, N.V. (2001). **Determination of Barium by stripping Voltammetry.** [Online]. Available : file://\\Std12\my%20documents\แบเรียม\ SprigerLink%20-%20Artide.htm

Tanaka, and Sato, T. (2001). **Determination of arsenic and antimony in iron and stell by differential puls anodic stripping voltammetry at a rotating gold film electrode.** [Online]. Available : http://serials.cip.unibo.it/cgi-ser/start/it/spogli/df-s.tcl?progart=4572226&lan

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาคผนวก ก
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ค่าเฉลี่ย

สูตรที่ใช้ในการวิเคราะห์

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยของปริมาณสารแต่ละตัว

$\sum X$ = ผลรวมของปริมาณสาร

N = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

2. ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สูตรที่ใช้ในการวิเคราะห์

$$S.D = \frac{\sqrt{\sum (X - \bar{X})^2}}{N-1}$$

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

เมื่อ S.D = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum X$ = ผลรวม

X = ข้อมูลแต่ละครั้ง

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

N = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

3. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแอนติมอนี ตะกั่ว และแบเรียมเฉลี่ย ในคราบเขม่าปืนจากกระสุนต่างยี่ห้อกัน และช่วงเวลาในการเก็บคราบเขม่าปืนต่างกัน

ตารางที่ ก-1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแอนติมอนีเฉลี่ย ในคราบเขม่าปืนจากกระสุนต่างยี่ห้อกัน และช่วงเวลาในการเก็บคราบเขม่าปืนต่างกัน

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
Corrected Model	1898.592[a]	17	111.682	354.438	.000
Intercept	46382.489	1	46382.489	147201.4	.000
Interaction	1898.592	17	111.682	354.438	.000
Error	11.343	36	.315		
Total	48292.424	54			
Corrected Total	1909.935	53			

a.R Squared = .994 (Adjusted R Squared = .991)

ตารางที่ ก-2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณตะกั่วเฉลี่ย ในคราบเขม่าปืนจากกระสุนต่างยี่ห้อกัน และช่วงเวลาในการเก็บคราบเขม่าปืนต่างกัน

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
Corrected Model	37085.465[a]	17	2181.498	476.797	.000
Intercept	6523558.709	1	6523558.709	1425816	.000
Interaction	37085.465	17	2181.498	476.797	.000
Error	164.711	36	4.575		
Total	6560808.885	54			
Corrected Total	37250.176	53			

a.R Squared = .996 (Adjusted R Squared = .993)

ตารางที่ ก-3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแบเรียมเฉลี่ย ในคราบเขม่าปืนจากกระสุนต่างยี่ห้อกัน และช่วงเวลาในการเก็บคราบเขม่าปืนต่างกัน

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
Corrected Model	35130.269[a]	17	2066.486	547.142	.000
Intercept	3394028.746	1	3394028.746	898635.0	.000
Interaction	35130.269	17	2066.486	547.142	.000
Error	135.967	36	3.777		
Total	3429294.982	54			
Corrected Total	35266.236	53			

a.R Squared = .996 (Adjusted R Squared = .994)

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างการคำนวณ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณแอนติมอนีโดยเครื่องโวลแทมเมตรี

ปริมาณแอนติมอนีที่อ่านได้จากตัวอย่างดราบเขม่าปืน ดังตารางที่ 4.1

วิธีการคำนวณ

ตัวอย่างดราบเขม่าปืน = 1 ml

ความเข้มข้นที่อ่านได้ = 7.914 µg/L

ปริมาตรที่ปรับก่อนนำไปวัด = 5 ml

จากสารละลาย 1000 ml มีแอนติมอนีอยู่ = 7.914 µg

ถ้าสารละลาย 1 ml จะมีแอนติมอนีอยู่ = $\frac{7.914 \times 1}{1000}$ µg

= 7.914×10^{-3} µg

จากสารละลาย 5 ml มีแอนติมอนีอยู่ = $\frac{7.914 \times 10^{-3} \times 5}{1}$ µg

ถ้าสารละลาย 1 ml จะมีปริมาณแอนติมอนีอยู่ = $\frac{7.914 \times 10^{-3} \times 5 \times 1}{1}$ µg

ดังนั้นถ้าสารละลาย 1000 ml จะมีแอนติมอนีอยู่ = $\frac{7.914 \times 10^{-3} \times 5 \times 1 \times 1000}{1}$

= 39.570 µg/L

ตัวอย่างอื่นๆ ก็คิดในทำนองเดียวกัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณตะกั่วโดยเครื่องโวลแทมเมตรี

ปริมาณตะกั่วที่อ่านได้จากตัวอย่างคราบเขม่าปืน ดังตารางที่ 4.1

วิธีการคำนวณ

ตัวอย่างคราบเขม่าปืน = 1 ml

ความเข้มข้นที่อ่านได้ = 77.879 µg/L

ปริมาตรที่ปรับก่อนนำไปวัด = 5 ml

จากสารละลาย 1000 ml มีตะกั่วอยู่ = 77.879 µg

ถ้าสารละลาย 1 ml จะมีตะกั่วอยู่ = $\frac{77.879 \times 1}{1000}$ µg

= 77.879×10^{-3} µg

จากสารละลาย 5 ml มีตะกั่วอยู่ = $\frac{77.879 \times 10^{-3} \times 5}{1}$ µg

ถ้าสารละลาย 1 ml จะมีปริมาณตะกั่วอยู่ = $\frac{77.879 \times 10^{-3} \times 5 \times 1}{1}$ µg

ดังนั้นถ้าสารละลาย 1000 ml จะมีตะกั่วอยู่ = $\frac{77.879 \times 10^{-3} \times 5 \times 1 \times 1000}{1}$

= 389.395 µg/L

ตัวอย่างอื่นๆ ก็คิดในทำนองเดียวกัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณแบเรียมโดยเครื่องโวลแทมเมตรี

ปริมาณแบเรียมที่อ่านได้จากตัวอย่างคราบเขม่าปืน ดังตารางที่ 4.1

วิธีการคำนวณ

ตัวอย่างคราบเขม่าปืน = 1 ml

ความเข้มข้นที่อ่านได้ = 54.622 µg/L

ปริมาตรที่ปรับก่อนนำไปวัด = 5 ml

จากสารละลาย 1000 ml มีแบเรียมอยู่ = 57.622 µg

ถ้าสารละลาย 1 ml จะมีแบเรียมอยู่ = $\frac{57.622 \times 1}{1000}$ µg

= 57.622×10^{-3} µg

จากสารละลาย 5 ml มีแบเรียมอยู่ = $\frac{57.622 \times 10^{-3} \times 5}{1}$ µg

ถ้าสารละลาย 1 ml จะมีแบเรียมอยู่ = $\frac{57.622 \times 10^{-3} \times 5 \times 1}{1}$ µg

ดังนั้นถ้าสารละลาย 1000 ml จะมีแบเรียมอยู่ = $\frac{57.622 \times 10^{-3} \times 5 \times 1 \times 1000}{1}$

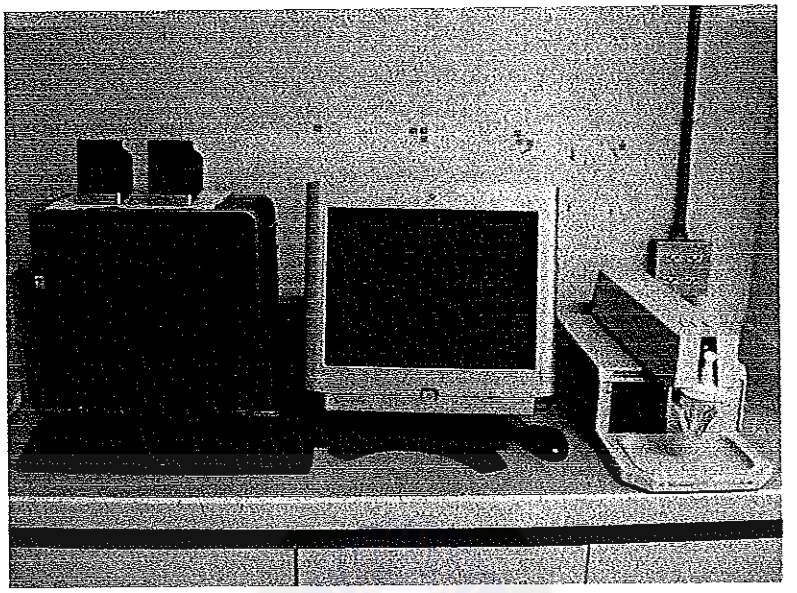
= 288.110 µg/L

ตัวอย่างอื่นๆ ก็คิดในทำนองเดียวกัน

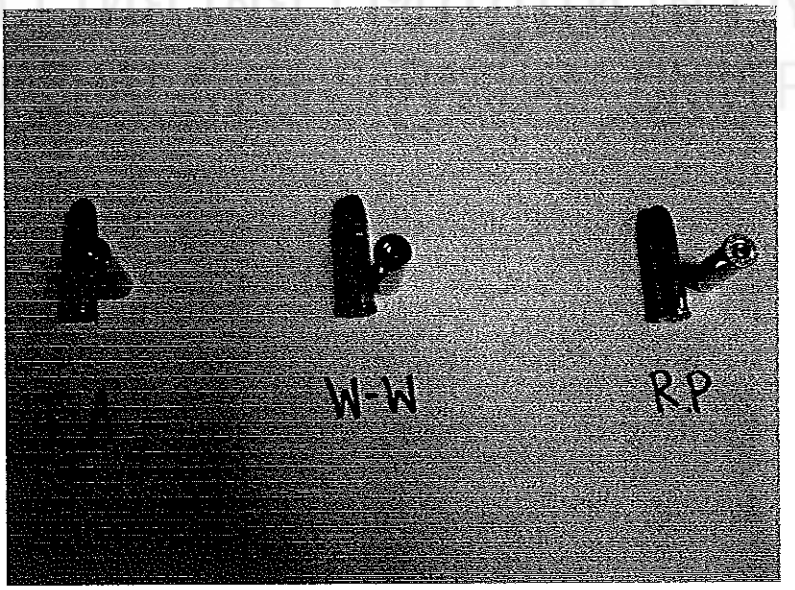
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาคผนวก ค
รูปประกอบการทดลอง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

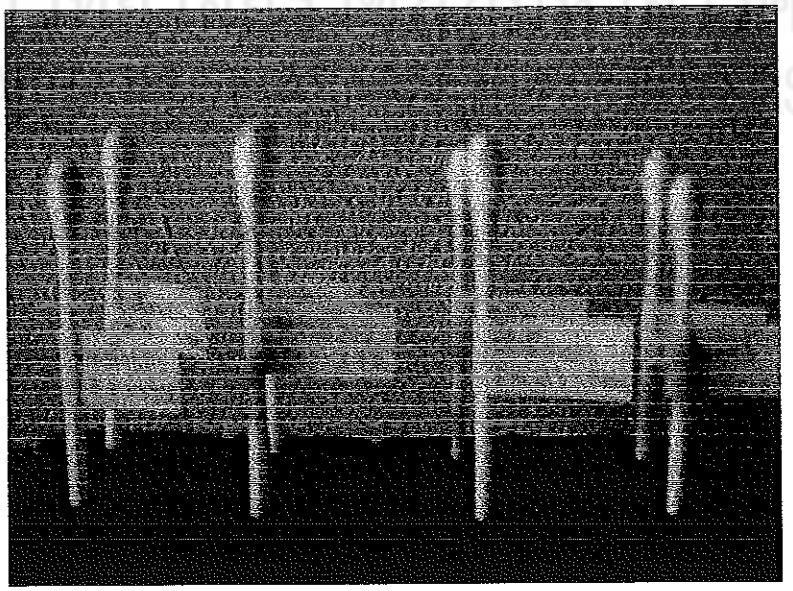


รูปที่ ค-1 เครื่องโวลแทมเมตรี



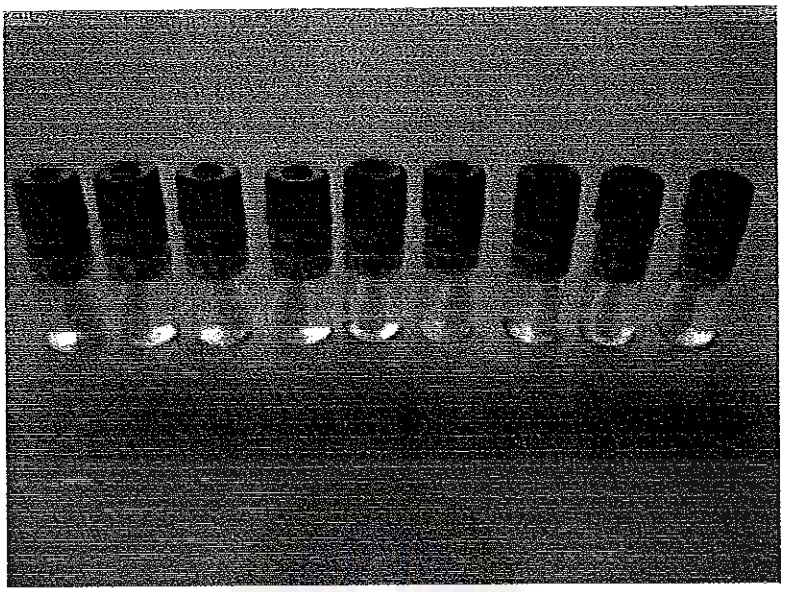
รูปที่ ค-2 ลูกกระสุนปืนยี่ห้อ R.P , T.A และ Winchester

รูปที่ ค-3 ตัวอย่างหลังจากเก็บจากมือผู้ยิงปืน

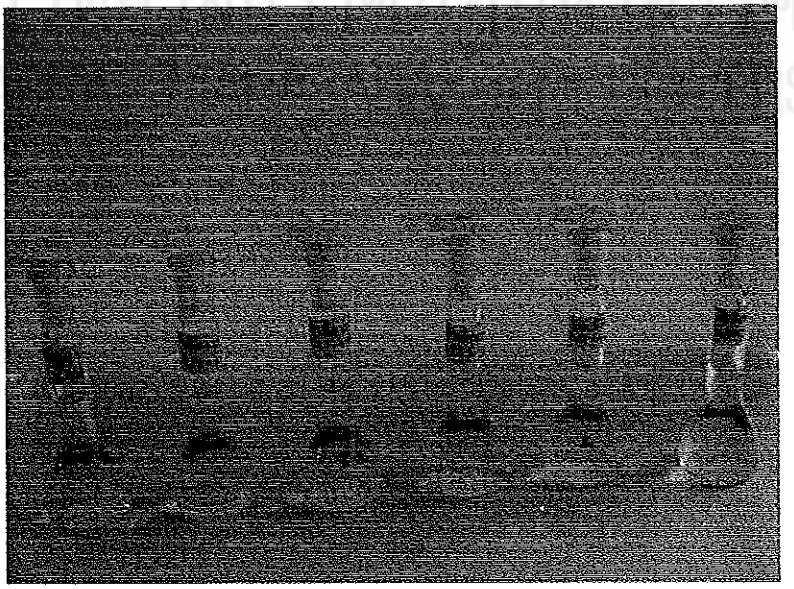


รูปที่ ค-4 การผึ่งตัวอย่างให้แห้ง

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
RAJABHAT UNIVERSITY



รูปที่ ค-5 การแช่ตัวอย่าง



รูปที่ ค-6 สารละลายตัวอย่างที่เตรียมได้พร้อมวิเคราะห์ด้วยเครื่องโวลแทมเมตรี

ภาคผนวก ง
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

1.หลักการทั่วไปของเทคนิคของเทคนิคโวลแทมเมตรี

วิธีโวลแทมเมทรี เป็นการวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้า ที่อาศัยความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับศักย์ (curren – voltage) โดยการเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าให้แก่ขั้วขนาดเล็กขณะที่ปราศจากการคนของสารละลาย ทำให้สารละลายที่สนใจ ซึ่งประกอบด้วยสารที่สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือรีดักชัน เกิดปฏิกิริยาขึ้นที่ขั้วทำงานขนาดเล็กได้ กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะแปรผันตรงกับความเข้มข้นของสารละลาย และถูกนำมาพล็อตเทียบกับศักย์ที่ให้เข้าไป จะได้กราฟที่เรียกว่า โวลแทมโมแกรม

ในประมาณปี ค.ศ 1920 ก่อนที่วิธีโวลแทมเมตรี จะได้รับความนิยมกันอย่างกว้างขวาง นักวิทยาศาสตร์ชื่อ Jaroslav Heyrovsky ได้ค้นพบวิธีการวิเคราะห์ที่อาศัยความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับศักย์ไฟฟ้าเช่นกัน แต่มีชื่อเรียกว่าโพลาโรกราฟฟี เนื่องจากเป็นวิธีที่ใช้ขั้วทำงานขนาดเล็กเป็นชนิด ขั้วปรอทหยด (dropping mercury electrode) เมื่อนำกระแสที่เกิดขึ้นมาพล็อตเทียบกับความต่างศักย์ที่ให้เข้าไปจะได้กราฟที่เรียกว่าโพลาโรแกรม

1.1 หลักการทั่วไปของสตริปปิงโวลแทมเมตรี

สตริปปิงโวลแทมเมตรี เป็นการวิเคราะห์สารที่สนใจ ซึ่งอยู่ในสารละลายเจือจางโดยสารที่สนใจจะต้องสามารถเกิดปฏิกิริยาอิเล็กโตรไลซีสเข้าไปเกาะที่ขั้วทำงาน ซึ่งอาจจะเป็นขั้วของแข็งที่อยู่นิ่ง (Stationary electrode) , ขั้วของแข็งที่หมุนได้ (Rotating electrode) หรือขั้วโลหะปรอทที่แขวนอยู่ (Hanging mercury drop electrode , HMDE) ทำให้ความเข้มข้นรอบๆขั้วทำงานมีความเข้มข้นสูงขึ้นในขณะที่มีการคนสารละลายซึ่งเรียกขั้นตอนนี้ว่า Concentration step หรือ preconcentration step แล้วทำให้สารละลายนั้นกลับมาอยู่ในสารละลายเดิมอีกครั้ง ในขั้นตอน Stripping step ขณะสารละลายนิ่งปราศจากการคนพร้อมกับวัดกระแสที่เกิดขึ้น ขณะที่เปลี่ยนค่าศักย์ไฟฟ้าแล้วบันทึกโวลแทมโมแกรม แบบ DPASV หรือ DCASV ในลักษณะพีค ซึ่ง peak current (i_p) ที่ได้นี้จะเป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นของสารละลายนั้นในสารละลายเดิมในขั้นตอน Stripping step ถ้าเปลี่ยนแปลงในทิศทางแอโนดิก (ศักย์เป็นบวกมากขึ้น) จะเรียกว่า แอโนดิก สริปปิงโวลแทมเมตรี (Anodic Stripping Voltammetry , ASV) ถ้าเปลี่ยนไปในทิศทางแคโทดิก (ศักย์เป็นลบมากขึ้น) จะเรียกว่า แคโทดิก สตริปปิงโวลแทมเมตรี (Cathodic Stripping Voltammetry , CSV)

เทคนิค ASV เป็นเทคนิคซึ่งมี sensitivity ที่สูงมาก เนื่องจากถ้าอยู่ในสภาวะที่เหมาะสมสามารถใช้วิเคราะห์สารละลายไอออนที่มีความเข้มข้นเจือจาง ตั้งแต่ $10^{-6} - 10^{-9}$ โมลาร์ได้ และจะได้ค่า detection limit ที่ประมาณ 10^{-10} โมลาร์ ซึ่งเป็นช่วงความเข้มข้นที่ DC และพัลส์โพลาโรกราฟีแบบธรรมดาไม่สามารถกระทำได้ และสามารถใช้ได้กับการวิเคราะห์ไอออนโลหะชนิดต่างๆ เช่น Cd^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} ฯลฯ ถ้าขั้วทำงานเป็นขั้วปรอทหยดแบบแขวนอยู่กับที่ จะเรียกวิธีการวิเคราะห์แบบนี้ว่า แอโนดิกสตริปปิงโพลาโรกราฟี (Anodic Stripping Polarography , ASP) แต่ถ้าใช้ขั้วที่เป็นของแข็งขนาดเล็ก เช่น ขั้วกลาสซีคาร์บอน (glassy carbon electrode) เป็นต้น จะเรียกว่า

แอโนดิกสตริปปิงโวลแทมเมตรี (Anodic Stripping Voltammetry , ASV) ส่วนขั้นตอนในการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 2 ขั้นเช่นเดียวกับเทคนิคสตริปปิง (Stripping techniques) ดังที่กล่าวมาแล้ว สำหรับค่า i_p ที่สามารถนำมาหาความเข้มข้นของสารละลายที่นำมาวิเคราะห์

ในการทดลองวัดค่าศักย์ไฟฟ้าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือรีดักชัน เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ทั้งทางคุณภาพ (qualitative analysis) และปริมาณวิเคราะห์ (quatitative analysis) ต้องขึ้นอยู่กับไอออนที่ไวต่อขั้วที่มีอยู่ในสารละลาย ซึ่งประเภทของขั้วที่ใช้ในการวิเคราะห์สำหรับเทคนิคเคมีไฟฟ้าจะประกอบด้วย 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ ชนิด 2 ขั้ว และชนิด 3 ขั้ว ขึ้นอยู่กับชนิดของสารละลาย และวิธีการทดลอง

ชนิด 2 ขั้วประกอบด้วย

1) ขั้วชี้บอก (indicator electrode) หรือ ขั้วทำงาน (working electrode) เช่น DME , HMDE , หรือ thin flim electrode (TFE) เป็นต้น

2) ขั้วอ้างอิง (reference electrode) เช่น Saturated calomel electrode (SCE)

และถ้าหากเป็นชนิด 3 ขั้ว จะมี auxiliary หรือ counter electrode โดยทั่วๆไปจะใช้ขั้วแพลทินัม การใช้ปรอท 3 ขั้ว มันจะจำเป็นในกรณีที่สารละลายเป็นพวก nonaqueous ซึ่งมีความต้านทานทางไฟฟ้าสูงมากๆ ซึ่งประเภท 3 ขั้ว จะลดความคลาดเคลื่อนของค่า E_p อันเนื่องมาจาก IR drop ได้

ในขั้นตอนการวิเคราะห์สารละลายด้วยวิธีแอโนดิกสตริปปิงโวลแทมเมตรีพบว่าการรบกวนซึ่งเกิดขึ้นในขั้นตอนการพอกพูนสารที่สนใจ (Concentration step) ได้แก่ ออกซิเจนเพราะออกซิเจนจะถูกรีดิวซ์ได้ค่าศักย์ไฟฟ้า 0.1 และ - 0.9 โวลต์ โดยการเกิดปฏิกิริยารีดักชันที่ขั้วปรอท หรือขั้วทำงานชนิดอื่นก่อนสารที่สนใจ ซึ่งจะอยู่ ณ ตำแหน่งค่าศักย์ไฟฟ้าใดขึ้นอยู่กับค่า pH ของสารละลายขณะทำการทดลอง ถ้าสารละลายมีฤทธิ์เป็นเบสช่วงที่เกิดคลื่นจะอยู่ที่ศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าสารละลายที่เป็นกลาง หรือกรด ความเข้มข้นของออกซิเจนในสารละลายที่อิ่มตัวด้วยอากาศ ณ อุณหภูมิห้องมีค่าประมาณ 2.5×10^{-4} โมลาร์

1.2 ส่วนประกอบของเทคนิคโวลแทมเมตรี

1) ขั้วปรอทหยด (Dropping mercury electrode , DME)

ขั้วปรอทหยดเป็นขั้วที่มีสมบัติเด่นเฉพาะตัวหลายประการ มีข้อดีดังนี้

ก.ผิวของขั้วหยดปรอทถูกทำให้ใหม่ตลอดเวลา มีผิวหน้าเรียบ สะอาด ทำให้ปราศจากการรบกวนจากการเกาะของโลหะที่ผิวของโลหะที่ผิวขั้วทำให้เดอร์ฟของกระแสกับศักย์ไฟฟ้ามีลักษณะเหมือนกันทุกๆครั้งที่มีการทดลองซ้ำใหม่ คือการทดลองมี reproducibility ที่ดี

ข.ปรอทสามารถเกิดอะมัลกัมกับโลหะได้หลายชนิดทำให้สามารถวิเคราะห์ไอออนของโลหะได้หลายตัว ค่าศักย์ไฟฟ้าเป็นลบถึง -2 โวลต์ เมื่อขั้วคาโรเมลเป็นขั้วอ้างอิง อาจกล่าวได้ว่าขั้วปรอทหยดมีค่าศักย์ไฟฟ้าเกินตัวในการเกิดแก๊สไฮโดรเจนสูงที่สุด

ค.ขั้วปรอทหยดทำหน้าที่ไก้ใกล้เคียงกับขั้วโพลาไรซ์อุดมคติ คือขั้วปรอทหยดจะไม่มีการถ่ายเทประจุตรงรอยต่อระหว่างขั้วกับสารละลาย เมื่อศักย์ไฟฟ้าจากภายนอกเข้าไปได้หลายค่า ค่าศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วจะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วตามศักย์ไฟฟ้าที่ให้จากภายนอกเท่านั้น

ง.เนื่องจากขั้วปรอทหยดมีขนาดเล็กมากจึงสามารถทำอิเล็กโตรไลซีส ในสารละลายที่มีปริมาณน้อยๆได้ และเนื่องจากขนาดของกระแสที่เกิดขึ้นที่ขั้วเล็กๆนี้ มีปริมาณน้อยมากเป็นไมโครแอมแปร์ (μA) จึงมีผลทำให้ความเข้มข้นของสารตัวอย่างเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ทำให้สามารถนำสารตัวอย่างมาวิเคราะห์ซ้ำใหม่ได้หลายๆครั้ง

จ.ช่วงศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสมในการใช้ขั้วปรอทหยดทำโพลาร์โรกราฟี มีค่ากว้างมากตั้งแต่ -2.8 ถึง + 0.2 โวลต์ เมื่อเทียบกับขั้วคาโรเมลอิ่มตัว ทำให้วิเคราะห์ไอออนของโลหะได้หลายตัว ทั้งในตัวทำละลายของน้ำ และตัวทำละลายที่เหมาะสมชนิดอื่น ความเข้มข้นที่เหมาะสมในการวิเคราะห์อยู่ในช่วง 10^{-2} ถึง 10^{-4} โมลาร์ ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นเพียง 2 – 3 % เท่านั้น

ข้อเสียของการใช้ขั้วปรอทหยด คือ ปรอทสามารถถูกออกซิไดซ์ได้ง่าย ซึ่งเป็นคุณสมบัติอันหนึ่งที่ไม่สามารถใช้ปรอทเป็นแอโนดได้ เมื่อศักย์ไฟฟ้าจากภายนอกมากกว่า +0.4 โวลต์ โดยเทียบกับขั้วไฟฟ้าอ้างอิงคาโลเมล

2) ขั้วไฟฟ้าอ้างอิง

ขั้วไฟฟ้าอ้างอิงเป็นขั้วไฟฟ้าที่ไม่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีของสารที่วิเคราะห์ ต่อเพื่อให้ครบวงจรเท่านั้น ขั้วไฟฟ้าอ้างอิงเป็นขั้วไฟฟ้าโพลาไรซ์ กล่าวคือเมื่อศักย์ไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงให้กระแสคงที่หรือเปลี่ยนแปลงน้อยมากในโพลาโรกราฟี ขั้วไฟฟ้าอ้างอิงที่นิยมใช้ได้แก่ ขั้วไฟฟ้าคาโลเมลอิ่มตัว หรือเรียกย่อๆว่า เอสซีอี (SCE) คำว่าอิ่มตัว มาจากความเข้มข้นของโพแทสเซียมคลอไรด์ ศักย์ของเอสซีอีมีค่า 0.24 โวลต์ เทียบกับเอ็นเอชอี (NHE) ที่ 25 ° C ขั้วไฟฟ้าเอสซีอีที่ใช้ในสมัยก่อนข่อนข้างใหญ่ ภายในบรรจุส่วนผสมของปรอท (Hg_2Cl_2 ของแข็ง) KCl (ของแข็ง) และสารละลายอิ่มตัว KCl มีหลอกกลวงภายในบรรจุปรอทตรงปลายมีลวดแพลทินัมจุ่มในสารผสมด้านบนหลอดแก้วมีลวดทองแดงเพื่อช่วยนำไฟฟ้ามีท่อที่ทำหน้าที่เป็นสะพานเกลือ ภายในบรรจุ 3 % สารละลายวุ้นกับ KCl อิ่มตัว ข้อเสียของการใช้ขั้วไฟฟ้าอ้างอิงแบบนี้ คือ เกิดศักย์รอยต่อของสารละลายขึ้น ต่อมาได้มีการออกแบบขึ้นมาใหม่มีลักษณะตรงปลายจุกเป็นสะพานเกลือทำด้วยไฟเบอร์ มีความต้านทานสูง 2500 โอห์ม

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาวพิมพันธ์ วงษ์แก้ว	
เกิด	วันที่ 4 พฤษภาคม พ.ศ. 2527	
ภูมิลำเนา	กิ่งอำเภอโคกโพธิ์ไชย จังหวัดขอนแก่น 40160	
การศึกษา	พ.ศ. 2543	สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนโคกโพธิ์ไชยศึกษา กิ่งอำเภอโคกโพธิ์ไชย จังหวัดขอนแก่น
	พ.ศ. 2546	สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนผดุงนารี อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม

ชื่อ	นางสาวชนัดดา อุทัยแพน	
เกิด	วันที่ 20 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2527	
ภูมิลำเนา	อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000	
การศึกษา	พ.ศ. 2543	สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนบ้านดงน้อย อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม
	พ.ศ. 2546	สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนผดุงนารี อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY