



การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนและไนเตรทในเขม่าดินปืนด้วยไอออนโครมาโทกราฟี

โดย

ร้อยตำรวจเอกหญิงเบญจ์ พุฒินิล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนและไนเตรทในเขม่าดินปืนด้วยไอออนโครมาโทกราฟี

โดย

ร้อยตำรวจเอกหญิงเบญจ ภูมิณิล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

**DETERMINATION OF NITRITE AND NITRATE IN GUNSHOT RESIDUES
BY ION CHROMATOGRAPHY**

**By
Police Captain Ben Phutthinin**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree
MASTER OF SCIENCE
Program of Forensic Science
Graduate School
SILPAKORN UNIVERSITY
2011**

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง “การวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์และไนเตรทในเขม่าดินปืนด้วยไอออนโครมาโทกราฟี” เสนอโดย ร้อยตำรวจเอกหญิงเบญจพุดินิล เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปานใจ ธารทัศนวงศ์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
อาจารย์ ดร.ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร.สุภชัย สุกัลยณัฏฐ์)
...../...../.....

..... กรรมการ
(พ.ต.อ.สุทธิ อรุณพัฒน์วงศ์กุล)
...../...../.....

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง)
...../...../.....

52312317 : สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

คำสำคัญ : เขม่าดินปืน / Ion Chromatography

ร.ต.อ.หญิงเบญจ พุฒินิล : การวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์และไนเตรทในเขม่าดินปืนด้วยไอออนโครมาโทกราฟี. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : อ.ดร.ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง. 63 หน้า.

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ศึกษาหาปริมาณไนไตรท์ (NO_2^-) และไนเตรท (NO_3^-) ในเขม่าดินปืน (Gunshot Residues; GSR) บนผ้าที่ใช้เป็นเป้ายิง บนเสื้อผ้าของผู้ยิงปืน และประตูลอยนัตที่ยิงปืนผ่าน โดยไอออนโครมาโทกราฟี (Ion Chromatography; IC) การทดลองใช้ปืนพกอัตโนมัติ ยี่ห้อ GLOCK MODEL 26 ขนาด 9 มม. LUGER โดยทำการทดลองยิงปืนไปบนเป้า 1 นัด ที่ระยะยิงต่างๆ และเก็บเขม่าดินปืนภายหลังยิงปืนทันที และ 3, 7, 15 และ 30 วัน ภายหลังการยิงปืน พบว่าปริมาณไนไตรท์และไนเตรทที่วัดได้มีมากที่สุดในตัวอย่งที่ได้จากระยะยิง 2 นิ้วและเก็บตัวอย่างทันที ปริมาณของไนไตรท์และไนเตรทในเขม่าดินปืนลดลงตามการเพิ่มขึ้นของระยะยิง และระยะเวลาการเก็บตัวอย่างภายหลังการยิงปืน นอกจากนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างบนเสื้อผ้าของผู้ยิง และที่ประตูลอยนัตหลังจากยิงปืน 1, 3 และ 5 นัด โดยเก็บตัวอย่างภายหลังยิงปืนทันที และ 3, 7 วัน ภายหลังการยิงปืน ผลการทดลองพบว่าสามารถตรวจพบปริมาณไนไตรท์และไนเตรทจำนวนมาก บริเวณเสื้อผ้าของผู้ยิงปืน ปริมาณของไอออนทั้งสองในเขม่าดินปืนลดลงตามการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาการเก็บตัวอย่างภายหลังการยิงปืน และในการยิงปืนผ่านประตูลอยนัต พบว่าสามารถตรวจพบไนไตรท์และไนเตรทในเขม่าดินปืนบนพื้นผิวของประตูลอยนัต การศึกษานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานทางนิติวิทยาศาสตร์ในการระบุว่ามีกรยิงปืนได้

สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2554

ลายมือชื่อนักศึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์.....

52312317 : MAJOR : FORENSIC SCIENCE

KEY WORDS : GUNSHOT RESIDUES / IC TECHNIQUES

POL.CAPT.BEN PHUTTHININ : DETERMINATION OF NITRITE AND NITRATE IN GUNSHOT RESIDUES BY ION CHROMATOGRAPHY (IC).THESIS ADVISORS : SIRIRAT CHOOSAKOONKRIANG, Ph.D. 63 pp.

The aim of this project is to determine the amounts of nitrite (NO_2^-) and nitrate (NO_3^-) ions in gunshot residues (GSR) collected from the cloths using as a target, from the clothes of shooters and from the surface of a car door. The method of determination of GSR was the Ion Chromatography (IC).

The firearm used in this study was a semi-automatic Glock model 26, 9 mm Luger. In the shooting experiment, a bullet was fired from each firing range and the GSR were collected from the target cloth immediately after the shooting and at 3, 7, 15 and 30 days afterwards. It was found that the highest amounts of nitrite and nitrate in GSR were from the samples collected immediately after shooting and from those for the firing distance of 2 inches. The amounts of the two ions in the samples decreased as a function of the firing distances and sample-collection times.

Another experiment was designed for the study of GSR samples deposited on the clothes of the shooters and from the surfaces of the car door at the incident of the arm firing. In this experiment, the gun firings were conducted with 1, 3 and 5 bullets and the samples of GSR were collected immediately after the firing and at 3 and 7 days afterwards. Large amounts of the two ions were found in the samples collected from the clothes of the shooter and as expected the decreases in the nitrite and nitrate contents were found in the samples obtained with the delays of 3 and 7 days. In all samples collected from the surfaces of the car door, the two ions were detected in significant amounts. It is thus demonstrated that the technique used in this study can be applied to forensic cases of firearm usages.

Program of Forensic Science Graduate School, Silpakorn University Academic Year 2011

Student's signature

Thesis Advisors' signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก อาจารย์ ดร.ศิริรัตน์ ชุตกุลเกรียง ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร.ศุภชัย ศุภลักษณ์นรี ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและคำปรึกษาในทุกขั้นตอนของการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ อีกทั้งให้ความช่วยเหลือแก้ไขปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์และสำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ บุคลากรกลุ่มงานตรวจอาวุธปืนและเครื่องกระสุนและกลุ่มงานตรวจทางเคมี ฟิสิกส์ กองพิสูจน์หลักฐานกลาง สำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ทำการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ขอขอบคุณ พันตำรวจโทธีรนนต์ นกนทร์พงษ์ พันตำรวจโทหญิง วิภาวดี เกษมวรภูมิ และพันตำรวจโทหญิงอรอุมา อังธารารักษ์ ร้อยตำรวจเอกหญิงยุพรัตน์ ปิ่นแก้ว ที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในการทำวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณ สิบตำรวจเอกพูลศิลป์ อุปชัย ที่ให้ความช่วยเหลือในขั้นตอนของการทดลองยัง รวมทั้งผู้ที่ไม่ได้กล่าวชื่อนามทุกท่าน ซึ่งมีส่วนช่วยเหลือจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประสบผลสำเร็จได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ คุณค่าและประโยชน์จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดามารดา และพี่ชาย ของผู้วิจัยที่ได้สนับสนุนช่วยเหลือและให้กำลังใจจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่	
1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
สมมติฐานของการวิจัย	3
ขอบเขตของการวิจัย	3
นิยามศัพท์ที่ใช้ในงานวิจัย.....	4
ตัวแปรที่ศึกษา	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย	4
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
ความรู้เกี่ยวกับอาวุธปืนและเครื่องกระสุนปืน	5
ความรู้เกี่ยวกับเขม่าดินปืน (Gunshot residue: GSR).....	12
ความรู้เกี่ยวกับผ้าฝ้ายยัด.....	18
ความรู้เกี่ยวกับเครื่องมือวิทยาศาสตร์.....	18
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	23
3 วิธีดำเนินการวิจัย	26
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวิจัย	26
สารเคมีที่ใช้ในการทำวิจัย	27
การเตรียมสารละลายมาตรฐานไนไตรท์และไนเตรท.....	27
การเตรียม Mobile phase สำหรับใช้ในการทดลอง.....	28
การทดลองหา LOD และ LOQ.....	28
การศึกษาหาระยะเวลาในการสกัดตัวอย่างที่เหมาะสมก่อน ทำการวิเคราะห์.....	29

วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์และไนเตรทในเขม่าดินปืน (GSR)	
ด้วยเทคนิค IC	29
ขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Ion Chromatography; IC.....	32
4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	33
ผลการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานผสมไนไตรท์และไนเตรท.....	33
ผลการทดลองหา LOD และ LOQ.....	36
ผลการศึกษาหาระยะเวลาในการสกัดตัวอย่างที่เหมาะสม.....	36
ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์และไนเตรทในเขม่าดินปืน	
บนผ้าที่ใช้เป็นเป้าหมาย	37
ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์และไนเตรทในเขม่าดินปืน	
บนเสื้อผ้าผู้ยิงปืน.....	39
ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์และไนเตรทในเขม่าดินปืน	
ที่ประตูรถยนต์ที่ยิงปืนผ่าน.....	42
กรณีศึกษาที่ทำการตรวจเขม่าดินปืนที่รถยนต์ต้องสงสัยว่ายิงปืน.....	44
5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	49
ข้อเสนอแนะ	50
บรรณานุกรม	51
ภาคผนวก	53
ประวัติผู้วิจัย	63

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	26
2	สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย.....	27
3	แสดงสภาวะของเครื่อง Ion Chromatography	32
4	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้พีคกับความเข้มข้นของไนไตรท์.....	34
5	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้พีคกับความเข้มข้นของไนเตรท.....	34
6	ผลการทดลองหา LOD และ LOQ.....	36
7	ผลการทดลองหาระยะเวลาในการเตรียมตัวอย่าง.....	37
8	ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์และไนเตรทในเขม่าดินปืน บนผ้าที่ใช้เป็นเป้ายิง	38
9	ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์และไนเตรทในเขม่าดินปืน บนเสื้อผ้าของผู้ยิงปืน	40
10	ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์และไนเตรทในเขม่าดินปืน ที่ประตูลอยนํ้าที่ยิงปืนผ่าน	42
11	ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์และไนเตรทในเขม่าดินปืน ที่รถยนต์ต้องสงสัยว่ายิงปืน กรณีศึกษาที่ 1	44
12	ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์และไนเตรทในเขม่าดินปืน ที่รถยนต์ต้องสงสัยว่ายิงปืน กรณีศึกษาที่ 2	46
13	ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์และไนเตรทในเขม่าดินปืน ที่รถยนต์ต้องสงสัยว่ายิงปืน กรณีศึกษาที่ 3	47

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ส่วนของอาวุธปืนให้ถือเป็นอาวุธปืน	6
2	ปืนสั้นที่ผลิตจากต่างประเทศ	7
3	ปืนสั้นที่ผลิตเองภายในประเทศ	7
4	โครงสร้างกระสุนปืนแบบ Pin Fire	8
5	โครงสร้างกระสุนปืนแบบ Rim Fire	9
6	โครงสร้างกระสุนปืนแบบ Center Fire	9
7	ส่วนประกอบกระสุนปืน	10
8	ปลอกกระสุนปืน (Cartridge case) ชนิดขนาดต่างๆ	11
9	ดินควันน้อยรูปร่างต่างๆ	12
10	ชนวนจันท้ายกระสุนปืน หรือ แก๊ปปืน	12
11	เขม่าดินปืน หรือ Gunshot Residues ; GSR.....	13
12	ภาพแสดงการเกิดสีของสารประกอบไนโตรที่ด้วยวิธี Modified Greiss test แบบที่ 1 และ 2	14
13	กราฟแสดงความดันและอุณหภูมิ ณ ช่วงเวลาต่างๆที่เกิดจากการเผาไหม้ของ primer cap และดินส่งกระสุนปืน	15
14	การกระจายของ GSR บนพื้นผิวที่ถูกยิงในมุมฉากและมุมเอียง	16
15	บริเวณที่เขม่าปืนสามารถออกมาได้ในปืนพกรีวอลเวอร์	16
16	บริเวณที่เขม่าปืนสามารถออกมาได้ในปืนพกอัตโนมัติ	17
17	แสดงภาพตัวอย่าง Chromatogram	19
18	แสดงภาพช่วง peak area และ retention time.	19
19	แสดงภาพการดู peakออกมาที่ Rt. เดียวกัน (Qualitative analysis).....	20
20	แสดงภาพการวิเคราะห์การหาปริมาณ (Quantitative analysis)	20
21	แสดงภาพการทำงานของ IC	21
22	แสดงภาพเครื่อง Ion Chromatography (IC) รุ่น PIA-1000.....	22
23	ปืนพกอัตโนมัติ GLOCK MODEL 26 กระสุนปืนอัตโนมัติ ขนาด 9 มม.LUGER	30
24	ห้องทดสอบจีปนวิธี	30
25	ลักษณะการเก็บตัวอย่างของผ้าฝ้ายยัด	30

ภาพที่		หน้า
26	แสดงตำแหน่งผ้าตัวอย่างของเสื้อผู้ยิงปืน.....	31
27	รูปแบบและท่าทางการยิงการเก็บตัวอย่างผ้า ซึ่งเป็นของผู้ยิง.....	31
28	รูปแบบและท่าทางการยิงที่บ้านประจวบคีรีขันธ์.....	32
29	Chromatogram ของสารละลายมาตรฐานผสมไนไตรท์และไนเตรท เข้มข้น 6 : 12 mg/l.....	33
30	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้พีคกับความเข้มข้นของ สารละลายมาตรฐานไนไตรท์ ตั้งแต่ 1.5 ถึง 7.5 mg/l.....	35
31	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้พีคกับความเข้มข้นของ สารละลายมาตรฐานไนเตรท ตั้งแต่ 3 ถึง 15 mg/l.....	35
32	แสดงการได้กลับคืนของปริมาณไนไตรท์และไนเตรทจากการศึกษา หาระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดตัวอย่าง	37
33	แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรท์และไนเตรทบนผ้าที่เป็นเป้าหมาย กับระยะยิงและระยะเวลาต่างๆ ในการเก็บตัวอย่าง	39
34	แสดงการกระจายตัวของปริมาณไนไตรท์และไนเตรทบนผ้าที่ใช้เป็น เป้าหมายกับระยะยิงและระยะเวลาต่างๆ ในการเก็บตัวอย่าง.....	39
35	แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรท์บนเสื้อผ้าผู้ยิงปืนกับจำนวนนัดที่ยิง ระยะเวลาและบริเวณต่างๆ ในการเก็บตัวอย่าง.....	40
36	แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรทบนเสื้อผ้าผู้ยิงปืนกับจำนวนนัดที่ยิง ระยะเวลาและบริเวณต่างๆ ในการเก็บตัวอย่าง.....	41
37	แสดงการกระจายตัวของปริมาณไนไตรท์และไนเตรทที่เสื้อผ้าผู้ยิง กับจำนวนนัดที่ยิง ระยะเวลา และบริเวณต่างๆ ในการเก็บตัวอย่าง.....	41
38	แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรท์ที่ประจวบคีรีขันธ์ที่ยิงปืนผ่าน กับจำนวนนัดที่ยิง และระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง.....	42
39	แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรทที่ประจวบคีรีขันธ์ที่ยิงปืนผ่าน กับจำนวนนัดที่ยิง และระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง.....	43
40	แสดงการกระจายตัวของปริมาณไนไตรท์และไนเตรทที่ประจวบคีรีขันธ์ ที่ยิงปืนผ่านกับจำนวนนัดที่ยิง และระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง.....	43
41	ปริมาณไนไตรท์ที่รณคดีต้องสงสัยว่ายิงปืนกรณีศึกษาที่ 1	45
42	ปริมาณไนเตรทที่รณคดีต้องสงสัยว่ายิงปืนกรณีศึกษาที่ 1	45

ภาพที่		หน้า
43	ปริมาณไนโตรที่ที่รถยนต์ต้องสงสัยว่ายังป็นกรณีศึกษาที่ 2	46
44	ปริมาณไนเตรทที่รถยนต์ต้องสงสัยว่ายังป็นกรณีศึกษาที่ 2	47
45	ปริมาณไนโตรที่ที่รถยนต์ต้องสงสัยว่ายังป็นกรณีศึกษาที่ 3	48
46	ปริมาณไนเตรทที่รถยนต์ต้องสงสัยว่ายังป็นกรณีศึกษาที่ 3	48
47	Chromatogram ของสารละลายมาตรฐานผสมไนโตรที่และไนเตรท ที่ความเข้มข้น 1.5 : 3 mg/l.....	54
48	Chromatogram ของสารละลายมาตรฐานผสมไนโตรที่และไนเตรท ที่ความเข้มข้น 3 : 6 mg/l.....	54
49	Chromatogram ของสารละลายมาตรฐานผสมไนโตรที่และไนเตรท ที่ความเข้มข้น 4.5 : 9 mg/l.....	55
50	Chromatogram ของสารละลายมาตรฐานผสมไนโตรที่และไนเตรท ที่ความเข้มข้น 6 : 12 mg/l.....	55
51	Chromatogram ของสารละลายมาตรฐานผสมไนโตรที่และไนเตรท ที่ความเข้มข้น 7.5 : 15 mg/l.....	56
52	Chromatogram ของตัวอย่างผ้าที่เป็นเป่า ที่ระยะยิง 2 นิ้ว เก็บตัวอย่างทันที.....	56
53	Chromatogram ของตัวอย่างผ้าที่เป็นเป่า ที่ระยะยิง 15 นิ้ว เก็บตัวอย่างทันที....	57
54	Chromatogram ของตัวอย่างผ้าที่เป็นเป่า ที่ระยะยิง 25 นิ้ว เก็บตัวอย่างทันที....	57
55	Chromatogram ของตัวอย่างผ้าที่เป็นเป่า ที่ระยะยิง 40 นิ้ว เก็บตัวอย่างทันที....	58
56	Chromatogram ของตัวอย่างเสื้อผ้าผู้ยิง เก็บตัวอย่างทันที ที่หน้าอกผู้ยิงปืน	58
57	Chromatogram ของตัวอย่างเสื้อผ้าผู้ยิง เก็บตัวอย่างทันที ที่แขนเสื้อ ข้างขวาของผู้ยิงปืน	59
58	Chromatogram ของตัวอย่างเสื้อผ้าผู้ยิง เก็บตัวอย่างทันที ที่แขนเสื้อ ข้างซ้ายของผู้ยิงปืน.....	59
59	Chromatogram ของตัวอย่างประตูลอยน้ำที่ยิงปืนผ่าน ยิง 3 นัด เก็บตัวอย่างทันที.....	60
60	Chromatogram ของตัวอย่างกรณีศึกษาที่ 1 บริเวณกระจกประตุน้ำขวา.....	60
61	Chromatogram ของตัวอย่างกรณีศึกษาที่ 1 บริเวณกระจกประตุน้ำซ้าย.....	61
62	Chromatogram ของตัวอย่างกรณีศึกษาที่ 1 บริเวณกระจกมองข้างขวา.....	61
63	Chromatogram ของตัวอย่างกรณีศึกษาที่ 1 บริเวณกระจกมองข้างซ้าย	62

ภาพที่		หน้า
64	การกระจายตัวของเขม่าดินปืนที่ไปกระทบเป้ายิงที่ระยะ 2, 15, 25 และ 40 นิ้ว.....	62

บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันพยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์เป็นที่ยอมรับในกระบวนการยุติธรรม ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งที่สามารถพิสูจน์ได้ว่า บุคคลใดเป็นผู้บริสุทธิ์ บุคคลใดเป็นผู้กระทำความผิด บุคคลใดเป็นผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการกระทำความผิด หรือไม่ อย่างไร ตลอดจนรูปแบบในการกระทำความผิดครั้งนั้นเป็นแบบใด พยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์มีความน่าเชื่อถือ และเป็นที่ยอมรับนำมาเป็นหลักฐานการพิจารณาตัดสินในชั้นศาลได้

ปัญหาอาชญากรรมมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ และโดยส่วนมากมักใช้อาวุธปืนในการก่อเหตุ เมื่อมีการยิงปืนเกิดขึ้น ไอของอนุภาคต่างๆ ที่เกิดขึ้นก็จะปลิวฟุ้งกระจายออกมาบริเวณรอบอาวุธปืน โดยอนุภาคที่เกิดขึ้นนี้ เรียกว่า เขม่าดินปืน (Gunshot Residue; GSR) ซึ่งสามารถเก็บมาเพื่อตรวจพิสูจน์หาระยะยิง และที่สำคัญที่สุดสามารถระบุได้ว่าบุคคลใดเป็นผู้เกี่ยวข้องกับการยิงปืน อนุภาคเขม่าที่เกิดขึ้นนั้น อาจมาจากชนวนท้ายกระสุนปืน ดินปืน โลหะอื่นที่เป็นส่วนประกอบของลูกกระสุนปืน และปลอกกระสุนปืนเมื่อมีการยิงปืน

กรณีการตรวจเขม่าดินปืน สามารถตรวจเขม่าที่มีผู้ต้องสงสัยว่ายิงปืนหรือที่วัตถุอื่นที่ต้องสงสัยว่าจะมีเขม่าติดอยู่ การตรวจเขม่าที่ติดที่มือ นั้นเราจะตรวจสอบหาธาตุที่เป็นส่วนประกอบในแก๊ปปืน ได้แก่ ธาตุแอนติโมนี (Sb) ธาตุแบเรียม (Ba) และธาตุตะกั่ว (Pb) ส่วนเขม่าที่ติดอยู่ที่วัตถุ นั้นเราจะตรวจสอบหาไอออนของไนไตรต์ (NO_2^-) และไนเตรต (NO_3^-) เนื่องจากไอออนทั้งสองตัวนี้เป็นส่วนประกอบที่มีอยู่ในดินส่กระสุนปืน เราจะสามารถตรวจพบไนไตรต์ได้เมื่อมีการเผาไหม้ของดินส่กระสุนปืนหรือเมื่อมีการยิงปืนเท่านั้น ในธรรมชาติเราจะพบไนไตรต์ในปริมาณที่น้อยมาก ส่วนไนเตรตนั้นสามารถพบได้ในธรรมชาติ จึงจำเป็นต้องใช้ไอออนของไนไตรต์ในการยืนยันผลว่าวัตถุดังกล่าวมีเขม่าดินปืนติดอยู่หรือไม่

(Brian J., 1997) การตรวจพิสูจน์หาคราบเขม่าปืน ในระยะเริ่มแรกราวปี ค.ศ.1932 วงการตำรวจสากลทั่วไปได้ทำการตรวจหาคราบเขม่าที่เกิดจากการยิงปืนที่มือ ด้วยวิธีที่เรียกว่า Dermal Nitrate Test หรือ Paraffin Test เป็นการทดสอบทางเคมี โดยดูการเปลี่ยนแปลงสีที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาของสารประกอบจำพวกไนเตรตที่มาจากเขม่าดินปืน ซึ่งเขม่าดินปืนนี้เกิดจากการเผา

ไหม้ ของดินส่งกระสุนปืน (ดินปืน) โดยใช้สารละลาย Diphenylamine จะเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีน้ำเงิน ซึ่งปัจจุบันเลิกใช้ไปแล้ว เพราะผลการตรวจมีความไม่แน่นอน เนื่องจากสารประกอบไนเตรทอาจมาจากแหล่งอื่นที่ไม่ใช่มาจากการยิงปืนได้ เช่น ปุ๋ย เป็นต้น

ต่อมาในปี ค.ศ.1959 มีการนำวิธี Sodium Rhodizonate Test ซึ่งเป็นวิธีการตรวจหาอนุภาคของตะกั่ว (Pb) เพื่อตรวจดูทางเข้าทางออกกระสุน

ต่อมาในปี ค.ศ.1960 ได้มีการนำเทคนิค Neutron Activation Analysis (NAA) เป็นการวิเคราะห์เชิงปริมาณของแบเรียมและแอนติโมนี เป็นวิธีที่เสียค่าใช้จ่ายสูง อีกทั้งวิเคราะห์ได้แต่ธาตุแอนติโมนี (Sb) และแบเรียม (Ba) เท่านั้น

ในปี ค.ศ.1970 วิธีการวิเคราะห์ว่าผู้ขึ้นเกี่ยวข้องกับกระสุนหรือไม่วิธีหนึ่งนั้น คือ Flameless Atomic Absorption Spectrophotometry (FAAS) เป็นวิธีที่ดีกว่า NAA คือค่าใช้จ่ายถูกกว่าและยังสามารถหาตะกั่ว (Pb) ได้ด้วย

ต่อมาได้มีการพัฒนาวิธีการตรวจพิสูจน์หา GSR ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนขึ้น เรียกว่า Scanning Electron Microscope/Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM-EDX) ซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับว่าทันสมัยและแม่นยำที่สุด เนื่องจากสามารถมองเห็นภาพอนุภาคของคราบเขม่าที่เกิดจากการยิงปืนได้

ในปัจจุบันการตรวจเขม่าปืนที่มีของผู้ต้องสงสัยของกองพิสูจน์หลักฐานใช้ในการยืนยันผลนั้น ตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) หรือ Inductively Coupled Plasma-Mass Spectroscopy (ICP-MS) ส่วนการตรวจเขม่าดินปืนที่วัตถุต้องสงสัยนั้น ทำการตรวจยืนยันผลด้วยการทดสอบการเปลี่ยนแปลงทางสี (Color Test) เท่านั้น ยังขาดเครื่องมือและเทคนิคสมัยใหม่ที่จะมาช่วยยืนยันผลให้มีความละเอียดสูง เพื่อความถูกต้องและความเชื่อมั่นมากยิ่งขึ้น

จากความสำคัญและปัญหาข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการวิจัยเรื่อง “การวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์และไนเตรทในเขม่าดินปืนด้วยไอออนโครมาโทกราฟี” โดยทำการศึกษาด้วยกระสุนปืนออตโตเมติก ขนาด 9 มิลลิเมตร แบบทองแดงหุ้มตะกั่ว (Full Metal Jacket; FMJ) ยิงจากปืนพกออตโตเมติก ยี่ห้อ GLOCK MODEL 26 ขนาด 9 มม.LUGER ความยาวลำกล้อง 3.25 นิ้ว เพื่อทำการศึกษาหาปริมาณไนไตรท์และไนเตรท ด้วยเทคนิคการแยกของสาร (Ion Chromatography) การวิเคราะห์ดังกล่าว สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปประยุกต์ใช้เพื่อเป็นประโยชน์ด้านนิติวิทยาศาสตร์เรื่องการตรวจเขม่าดินปืนที่วัตถุ อีกทั้งเป็นการเพิ่มศักยภาพในการตรวจพิสูจน์และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานทางนิติวิทยาศาสตร์ได้

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาหาปริมาณไนไตรท์และไนเตรทในเขม่าดินปืนบนผ้าที่ใช้เป็นเป้ายิง บนเสื้อผ้าของผู้ยิงปืน และประตูลอยนดที่ยิงปืนผ่าน
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของไนไตรท์และไนเตรทในเขม่าดินปืนบนผ้าที่เป็นเป้ายิง บนเสื้อผ้าของผู้ยิงปืน และประตูลอยนดที่ยิงปืนผ่าน กับจำนวนนัดที่ยิง ระยะยิง และระยะเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่าง
3. เพื่อนำข้อมูลและผลการทดลองที่ได้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ด้านนิติวิทยาศาสตร์ในเรื่องการตรวจพิสูจน์เขม่าดินปืนที่วัตถุพยานต่างๆ

3. สมมติฐานของการวิจัย

1. ผ้าที่ใช้เป็นเป้ายิง เสื้อผ้าของผู้ยิงปืน และประตูลอยนดที่ยิงปืนผ่าน ในระยะที่เขม่าสามารถปลิวฟุ้งไปได้ จะตรวจพบไนไตรท์และไนเตรท
2. จำนวนนัดที่ยิง ระยะยิง และระยะเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่างมีผลต่อปริมาณไนไตรท์และไนเตรทในเขม่าดินปืนบนผ้าที่ใช้เป็นเป้ายิง บนเสื้อผ้าของผู้ยิงปืน และประตูลอยนดที่ยิงปืนผ่าน

4. ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาหาปริมาณไนไตรท์และไนเตรทในเขม่าดินปืนบนผ้าที่ใช้เป็นเป้ายิง บนเสื้อผ้าของผู้ยิงปืน และประตูลอยนดที่ยิงปืนผ่าน
2. ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของไนไตรท์และไนเตรทในเขม่าดินปืนบนผ้าที่ใช้เป็นเป้ายิง บนเสื้อผ้าของผู้ยิงปืน และประตูลอยนดที่ยิงปืนผ่าน กับจำนวนนัดที่ยิง ระยะยิง และระยะเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่าง

งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาด้วยผ้าฝ้ายยัดที่ได้รับความนิยมในการทำเสื้อยืดและอาวูรปืนพกออโตเมติก ยี่ห้อ GLOCK MODEL 26 ขนาด 9 มม.LUGER ที่พบได้บ่อยในคดีต่างๆ มีระยะยิง 2, 15, 25 และ 40 นิ้ว ยังบริเวณกลางผืนผ้า ทิศทางทำมุม 0 องศา กับแนวระดับ แล้วทำการเก็บตัวอย่างภายหลังยิงปืนทันทีและ 3, 7, 15, 30 วัน ภายหลังการยิงปืน

โดยทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการตรวจจีปนวิธี กลุ่มงานตรวจอาวูรปืนและเครื่องกระสุน กองพิสูจน์หลักฐานกลาง และห้องปฏิบัติการเครื่อง Ion chromatograph กลุ่มงานตรวจทางเคมีและฟิสิกส์ กองพิสูจน์หลักฐานกลาง

5. นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

นิติวิทยาศาสตร์ (Forensic science) คือ การนำวิทยาศาสตร์ทุกสาขามาประยุกต์ใช้เพื่อประโยชน์แห่งกระบวนการยุติธรรม

เขม่าดินปืน (Gunshot Residue; GSR) คือ สิ่งที่หลงเหลือจากการเผาไหม้ของดินสักระสุนปืนซึ่งจะฟุ้งกระจาย กระจายออกมาจากการยิงของอาวุธปืน สิ่งที่ใช้ในการตรวจหาเพื่อยืนยันได้แก่ ไอออนของไนไตรท์และไนเตรท

ไนไตรท์ (Nitrite) คือ ไอออนที่สามารถพบได้เมื่อเกิดการยิงปืน ซึ่งมีไนโตรเซลลูโลส (Nitrocellulose) เป็นองค์ประกอบของดินสักระสุนปืน พบได้น้อยในธรรมชาติ

ไนเตรท (Nitrate) คือ ไอออนที่สามารถพบได้เมื่อเกิดการยิงปืน ซึ่งมีไนโตรเซลลูโลส (Nitrocellulose) เป็นองค์ประกอบของดินสักระสุนปืน พบได้ทั่วไปในธรรมชาติ

ผ้าฝ้ายยัด (100% Cotton) คือ ผ้าที่ผลิตจากเส้นใยธรรมชาติ เป็นแบบยัด นิยมนำมาผลิตเป็นเสื้อยัด

6. ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระ คือ ปริมาณไนไตรท์และไนเตรท

ตัวแปรตาม คือ ระยะเวลาการคงอยู่ของไนไตรท์และไนเตรท

ตัวแปรควบคุม คือ จำนวนนัดที่ยิง ทิศทางการยิง ระยะยิง ตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง และระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง

7. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย

1. เพื่อทราบปริมาณของไนไตรท์และไนเตรทในเขม่าดินปืนที่สามารถตรวจพบได้
2. เพื่อทราบระยะเวลาการคงอยู่ของไนไตรท์และไนเตรทในเขม่าดินปืน
3. เพื่อทราบถึงระยะที่สามารถตรวจพบไนไตรท์และไนเตรทในเขม่าดินปืนได้
4. เพื่อเริ่มต้นทำให้เป็นมาตรฐานในการตรวจพิสูจน์ต่อไปในอนาคต
5. นำข้อมูลไปประยุกต์ใช้ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ เรื่องการตรวจพิสูจน์เขม่าดินปืนที่วัตถุพยานต่างๆ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาค้นคว้า เอกสาร ทฤษฎี และ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1. ความรู้เกี่ยวกับอาวุธปืน และ เครื่องกระสุนปืน
2. ความรู้เกี่ยวกับเขม่าดินปืน (Gunshot residue; GSR)
3. ความรู้เกี่ยวกับผ้าฝ้ายยัด
4. ความรู้เกี่ยวกับเครื่องมือวิทยาศาสตร์
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความรู้เกี่ยวกับอาวุธปืน และ เครื่องกระสุนปืน

อาวุธปืนและเครื่องกระสุนปืน (Firearms and Ammunition) (อัมพร จารุจินดา 2542)

1.1 ความหมายของอาวุธปืนและเครื่องกระสุนปืน

“อาวุธปืน” หมายความว่ารวมตลอดถึง อาวุธทุกชนิดซึ่งใช้เครื่องส่งกระสุนโดยวิธีระเบิดหรือกำลังแรงดันของแก๊สหรืออัดลม หรือเครื่องกลไกอย่างใดซึ่งต้องอาศัยอำนาจของพลังงานและส่วนหนึ่งส่วนใดของอาวุธนั้นๆ ซึ่งรัฐมนตรีเห็นว่าสำคัญและได้ระบุไว้ในกฎกระทรวง

“เครื่องกระสุนปืน” หมายความว่ารวมตลอดถึง กระสุนโคด กระสุนปราย กระสุนแตก ลูกกระเบิด ตอร์ปิโด ทู่นระเบิด และจรวด ทั้งชนิดที่มีและไม่มีกรดแก๊ส เชื้อเพลิง เชื้อโรค ไอพิษ หมอกหรือควัน หรือกระสุน ลูกกระเบิด ตอร์ปิโด ทู่นระเบิด และจรวด ที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกัน หรือเครื่อง หรือสิ่งสำหรับอัดหรือทำ หรือใช้ประกอบเครื่องกระสุนปืน

ส่วนของอาวุธปืนที่มีความสำคัญให้ถือเป็นอาวุธปืน มีดังนี้

1. ลำกล้อง
2. เครื่องลูกเลื่อน หรือส่วนประกอบสำคัญของเครื่องลูกเลื่อน
3. เครื่องลั่นไก หรือส่วนประกอบสำคัญของเครื่องลั่นไก
4. เครื่องส่งกระสุนปืน ซองกระสุนปืน หรือส่วนประกอบสำคัญของสิ่งเหล่านี้

 ลำกล้องปืน	 เครื่องลูกเลื่อน หรือส่วนประกอบสำคัญของเครื่องลูกเลื่อน
 เครื่องลั่นไก หรือส่วนประกอบสำคัญของเครื่องลั่นไก	 เครื่องส่งกระสุนปืน ของกระสุนปืน หรือ ส่วนประกอบสำคัญของสิ่งเหล่านี้

ภาพที่ 1 ส่วนของอาวุธปืนให้ถือเป็นอาวุธปืน

1.2 ประเภทของอาวุธปืน เมื่อแบ่งตามความยาวลำกล้องปืน แบ่งได้ 3 ประเภท

1.2.1 ปืนสั้น หรือ ปืนพก (Pistol) คือ ปืนที่มีลำกล้องสั้น มีด้ามซึ่งสามารถใช้จับถือและยิงได้ด้วยมือเพียงข้างเดียวอย่างสบาย มีความยาวลำกล้องตั้งแต่ 2 ถึง 6 นิ้ว ฯลฯ สามารถพกพาได้ และเป็นอาวุธปืนที่นิยมใช้ประกอบอาชญากรรมมากที่สุด

ปืนสั้นที่ผลิตจากต่างประเทศ ได้แก่ ปืนพกรีวอลเวอร์ (แบบลูกโม) ปืนพกอัตโนมัติ ปืนพกแบบเคอริงเจอร์ (ลำกล้องมีมากกว่า 1 ลำกล้อง) ปืนพกประจูปาก และปืนพกอัดลม

ปืนสั้นที่ผลิตเองภายในประเทศ ได้แก่ ปืนพกรูปร่างคล้ายไฟแช็ค ชนิด 2 หรือ 3 ลำกล้อง ปืนพกรีวอลเวอร์ ปืนพกอัตโนมัติ และปืนพกลูกซอง



ภาพที่ 2 ปืนสั้นที่ผลิตจากต่างประเทศ



ภาพที่ 3 ปืนสั้นที่ผลิตเองภายในประเทศ

1.2.2 ปืนยาว (Carbine and Rifle) คือ ปืนที่มีลำกล้องยาว มีขนาดใหญ่ ไม่สามารถพกพา ซุกซ่อนได้ มีทั้งที่ผลิตในประเทศและต่างประเทศ

1.2.3 ปืนที่ใช้ในกิจการทหาร หรือ อาวุธสงคราม คือ ปืนที่มีอนุภาพและประสิทธิภาพ สูง สามารถยิงได้ในระยะไกลและเป็นอาวุธปืนที่ประชาชนทั่วไปไม่สามารถครอบครองได้

1.3 ประเภทของอาวุธปืน เมื่อแบ่งตามการมีเกลียวภายในลำกล้อง แบ่งได้ 2 ประเภท ดังนี้

1.3.1 ประเภทมีเกลียวภายในลำกล้อง เมื่อมีการยิงปืนเกิดขึ้น แรงอัดของแก๊สจะขับเคลื่อนให้ลูกกระสุนปืนครูดไปกับเกลียวภายในลำกล้องแล้วเกิดการหมุนตัวออกจากปากลำกล้องทำให้สามารถวิ่งผ่านอากาศออกไปตรงตามทิศทางที่เล็งและมีเสถียรภาพในอากาศ เช่น ปืนพกรีวอลเวอร์ ปืนพกอัตโนมัติ ปืนยาวไรเฟิล และปืนกลต่างๆ

1.3.2 ประเภทไม่มีเกลียวภายในลำกล้อง โดยส่วนมากมักพบในปืนลูกซองซึ่งลำกล้องภายในเรียบเงา ไม่มีเกลียวภายในลำกล้อง เมื่อยิงปืนลูกกระสุนจะพุ่งไปตามแรงระเบิดโดยไม่มีการหมุนรอบตัว

1.4 ประเภทของกระสุนปืน (Cartridge)

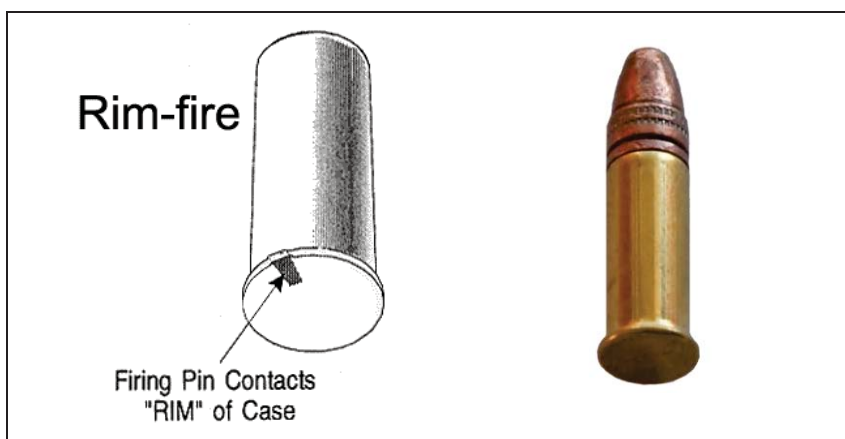
แบ่งได้เป็น 3 แบบ คือ

1.4.1 Pin Fire Cartridge เป็นกระสุนปืนแบบแรก que สร้างขึ้นในปี ค.ศ.1835 และผลิตออกจำหน่ายในปี ค.ศ.1836 โดยมีทั้งกระสุนปืนไรเฟิล กระสุนปืนพก และ กระสุนปืนลูกซอง ในตอนแรกปลอกกระสุนปืนแต่ละชนิดทำด้วยกระดาษส่วนท้ายเป็นทองเหลืองและมีเข็มแทงชนวนโผล่ออกมาด้านข้างปลอกกระสุนปืน โดยที่ปลายอีกด้านหนึ่งฝังอยู่ภายในปลอกกระสุนปืนและวางอยู่บนแก๊ปปืน กระสุนปืนแบบ Pin Fire นี้ได้รับความนิยมไม่นาน เนื่องจากเหตุผลเรื่องความปลอดภัย ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 โครงสร้างกระสุนปืนแบบ Pin Fire

1.4.2 Rim Fire Cartridge กระสุนปืนประเภทนี้จะมีแก๊ปอยู่บริเวณที่ริมขอบจานท้ายกระสุนปืน เข็มแทงชนวนของปืนจะต้องตีบริเวณด้านข้างของปลอก จึงจะเกิดการระเบิดขึ้น ในปัจจุบันนี้มีผลิตเฉพาะกระสุนปืนขนาดเล็กๆ เช่น .22 เป็นต้น



ภาพที่ 5 โครงสร้างกระสุนปืนแบบ Rim Fire

1.4.3 Center Fire Cartridge เป็นกระสุนปืนที่นิยมใช้ในปัจจุบัน จะมีแก๊ปปืนอยู่บริเวณตรงกลางของจานท้ายกระสุนปืน มีความปลอดภัยสูงและกระสุนปืนมีอายุการเก็บรักษาได้นาน มีตั้งแต่ขนาด .25 ขึ้นไป

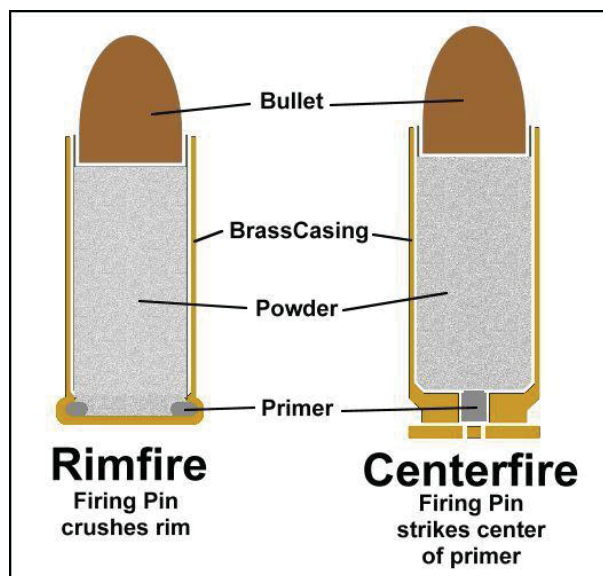


ภาพที่ 6 โครงสร้างกระสุนปืนแบบ Center Fire

1.5 ส่วนประกอบของกระสุนปืน (Cartridge)

โดยทั่วไปมีส่วนประกอบที่สำคัญ 4 ส่วน คือ

- 1.5.1 ลูกกระสุนปืน หรือ หัวกระสุนปืน (Bullet)
- 1.5.2 ปลอกกระสุนปืน (Cartridge Case)
- 1.5.3 ดินสักระสุนปืน (Gun Powder)
- 1.5.4 แก๊ป (Primer Cap)



ภาพที่ 7 ส่วนประกอบของกระสุนปืน

1.5.1 ลูกกระสุนปืน (Bullet) คือ ส่วนโลหะรูปทรงกระบอกที่อยู่ปลายสุดของกระสุนปืน ซึ่งเมื่อเวลายิงแล้วเป็นส่วนที่วิ่งไปปะทะกับเป้าหมาย ลูกกระสุนปืนมีหลายลักษณะ ขึ้นกับวัตถุประสงค์ในการใช้

วัสดุที่ใช้ทำหัวกระสุนนิยมใช้ตะกั่วเป็นแกนหลักเนื่องจากมีค่าความถ่วงจำเพาะที่ดี มีราคาถูก ง่าย แต่บางครั้งมีเปลือกทำด้วยโลหะผสม เช่น ทองแดง หรือ นิกเกิลหุ้มไว้อีกชั้นหนึ่งก็ได้ ลูกกระสุนที่มีเปลือกหุ้มนี้ (Jacket bullets) เรียกว่า ลูกกระสุนเปลือกแข็งและถ้าเปลือกที่หุ้ม หุ้มมาถึงปลายลูกกระสุนเรียกว่ากระสุนหัวแข็ง (Metal cased bullets) ถ้าหุ้มไม่หมดเหลือส่วนปลายลูกกระสุนเป็นแกนตะกั่วโผล่ออกมา เรียกว่ากระสุนหัวอ่อน (Soft point bullets) ลูกกระสุนประเภทนี้ เมื่อไปกระทบกับเป้าแล้ว ตะกั่วที่อ่อนจะเ็นตัว แล้วยื่นทำให้ปลายหัวกระสุนบานออก เกิดบาดแผลขนาดใหญ่ได้

1.5.2 ปลอกกระสุนปืน (Cartridge Case) เป็นส่วนที่รวมเอาลูกกระสุนปืน ดินปืน และแก๊สปืน ไว้รวมกันเป็นกระสุน 1 นัด โลหะที่ใช้ทำปลอกกระสุนมีหลายชนิด คือ ทองเหลือง อลูมิเนียม เหล็ก ทองแดง แต่ที่นิยมมากที่สุดคือทองเหลือง กล่าวกันว่า ปลอกกระสุนปืนที่ทำด้วยทองเหลืองคุณภาพดี ราคาถูก สามารถนำกลับไปอัดกระสุนปืนยิงใหม่ได้อีกประมาณ 3-4 ครั้ง



ภาพที่ 8 ปลอกกระสุนปืน (Cartridge Case) ชนิดขนาดต่างๆ

1.5.3 ดินสั่งกระสุนปืน (Gun Powder) เป็นผงสีดำซึ่งเมื่อเกิดการลุกไหม้จะให้แก๊สออกมาปริมาณมากในช่วงเวลาอันสั้น ดินปืนในปัจจุบันมี 3 แบบคือ

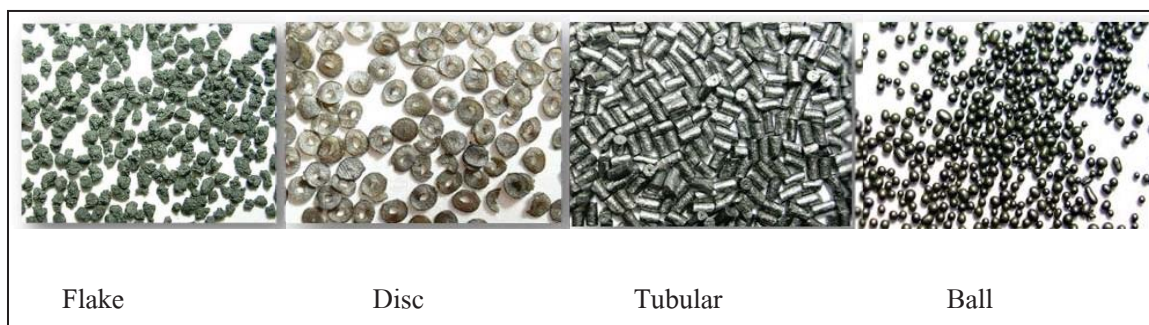
1.5.3.1 ดินดำ (Black Powder) เป็นดินปืนชนิดแรกที่น่ามาใช้ ประกอบด้วย ดินประสิ่ว 75% ถ่านไม้ 15% กำมะถัน 10% ปัจจุบันนิยมใช้พวกปืนประจุปาก มีแรงระเบิดต่ำแต่สามารถติดไฟได้รวดเร็ว

1.5.3.2 ดินดำแบบใหม่ (Pyrodex) มีส่วนผสมอื่นเพิ่มเติมเข้ามาอีกคือ Potassium Perchlorate, Sodium Benzoate, Dicyandiamide (1-Cyanoguanidine) และยังมี Dextrine, Wax และ Graphine จำนวนเล็กน้อยผสมอยู่ด้วย

1.5.3.3 ดินควันน้อย (Smokeless Powder) เป็นดินปืนชนิดที่มีคุณภาพสูง มี 2 ชนิด คือ ชนิดที่ทำจากสารประกอบ Nitrocellulose เพียงอย่างเดียว เรียกว่า แบบ Single Base และ Double Base คือมีการนำเอา Nitroglycerine ผสมเข้ากับ Nitrocellulose ในอัตราส่วนต่างๆ กัน แล้วแต่ความต้องการความเร็วในการเผาไหม้เล็กน้อยเพียงใด ปัจจุบันกระสุนปืนทั่วไปจะใช้ดินประเภทนี้บรรจุอยู่

ดินควันน้อยมีรูปร่างต่างๆ ขึ้นกับความควบคุมอัตราการเผาไหม้ มีดังนี้

1. Flake
2. Disc
3. Tabular
4. Ball



ภาพที่ 9 ดินควันน้อยรูปร่างต่างๆ

1.5.4 แก๊ปปืน (Primers cap)

ทำหน้าที่เป็นตัวจุดระเบิดให้เกิดประกายไฟไปติดกับดินปืนเพื่อผลักดันลูกกระสุนปืนให้พ้นลำกล้อง อยู่ตรงงานท้ายของปลอกกระสุน เมื่อเวลายิงปืนหรือลั่นไกปืน เข้มแทงชนวนจะกระแทกตรงงานท้ายของปลอกกระสุน ทำให้แก๊ปเกิดระเบิด และจุดระเบิดให้เปลวไฟลุกลไปยังดินปืนที่อยู่ภายในปลอกกระสุน เมื่อดินปืนเกิดการลุกไหม้ ก็จะขับเคลื่อนหัวกระสุนให้วิ่งออกจากลำกล้อง



ภาพที่ 10 ชนวนงานท้ายกระสุนปืน หรือ แก๊ปปืน

2. ความรู้เกี่ยวกับเขม่าดินปืน (Gunshot residue; GSR)

2.1 ความหมายของเขม่าดินปืน (Gunshot residue; GSR) (อัมพร จารุจินดา 2542)

Gunshot Residue (GSR) คือ เขม่าดินปืน หรือ สิ่งที่หลงเหลือจากการยิงปืน ซึ่งก็หมายถึง สิ่งใดๆ รูปแบบหรือส่วนประกอบทั้งหมด ที่พุ่ง กระจาย ระเหยออกมาจากการยิงของอาวุธปืนซึ่งเมื่อเกิดการยิงปืน GSR จะอยู่ในรูปร่างต่างๆ ดังนี้

- 1.1.1 อนุภาคของดินปืนที่ถูกเผาไหม้ (Burned Particles)
- 1.1.2 อนุภาคของดินปืนที่ถูกเผาไหม้บางส่วน (Partial or semi-burned Particles)
- 1.1.3 อนุภาคของดินปืนที่ไม่ถูกเผาไหม้ (Unburned Particles)
- 1.1.4 ไอของตะกั่วและโลหะอื่น (Vapor of Lead and other metal)



ภาพที่ 11 เขม่าดินปืน หรือ Gunshot residues; GSR

2.2 ประเภทของเขม่า

เมื่อแบ่งจากคุณสมบัติทางเคมี มีอยู่ด้วยกัน 2 ลักษณะ

2.2.1 ส่วนที่เป็นสารประกอบประเภทอนินทรีย์ มาจากการเผาไหม้หรือการระเบิดของ Primer Cap หรือ Priming Mixing เรียกว่า “เขม่าปืน” โดยทำการตรวจหาปริมาณของธาตุแอนติโมนี (Sb) แบเรียม (Ba) และตะกั่ว (Pb) ด้วยเทคนิค Atomic Absorption Spectrometry (AAS) และ/หรือ Inductively Coupled Plasma Mass Spectroscopy (ICP-MS) หรือ Scanning Electron Microscope Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM-EDX)

2.2.2 ส่วนที่เป็นสารประกอบอินทรีย์ มาจากการเผาไหม้ของดินสักระสุนปืน (Gun Powder) เรียกว่า เขม่าดินปืน โดยจะทำการตรวจหาไอออนของไนไตรท์และไนเตรท โดยเทคนิค Modified Greiss Test หรือ ด้วยเทคนิค Ion Chromatography (IC)

โดยในการทดลองนี้จะมุ่งเน้นให้ความสนใจส่วนที่เป็นสารประกอบอินทรีย์หรือสิ่งที่หลงเหลือจากการเผาไหม้ของดินสักระสุนปืน ด้วยการวัดหาปริมาณไนไตรท์และไนเตรท ด้วยเครื่อง Ion Chromatograph (IC)

2.3 วิธีการตรวจหาเขม่าดินปืนโดยเทคนิค Modified Greiss Test

เป็นการตรวจหาเขม่าดินปืนประเภท Nitrite-base compound ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ดินปืน ไม่ว่าจะเป็นดินดำ ดินควันน้อย หรือดินระเบิดบางชนิดที่เป็นส่วนประกอบในกระสุนปืน โดยมีวิธีทำได้หลายแบบขึ้นอยู่กับการจัดเก็บตัวอย่างและวัสดุที่ทำการเก็บ สามารถทำได้ 2 วิธี ดังภาพที่ 12

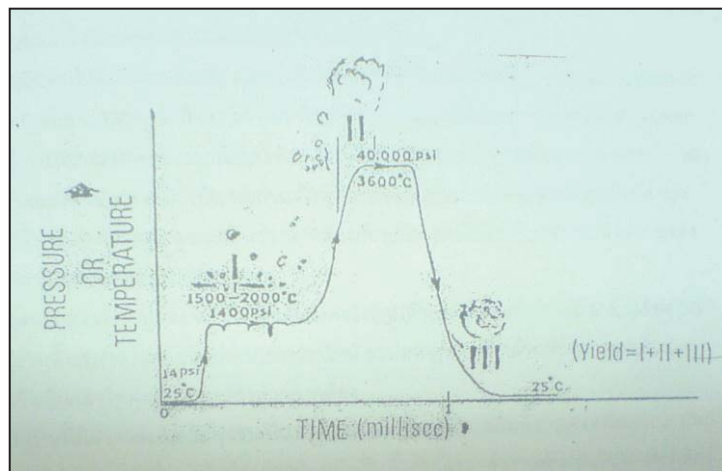
1. โดยการเอากระดาษอัดรูปล้างด้วยน้ำยาไฮโป ตากให้แห้งแล้วนำมาวางทับบนรูรอยขาดที่เสื้อผ้า มีน้ำยาสเปรย์บนผ้าที่เปียก เอาผ้าผืนหนึ่งทับแล้วใช้เตารีดรีด ถ้ามีสารประกอบไนไตรท์จะเป็นสีน้ำตาลแดงบนกระดาษ (เหมาะในการตรวจหาระยะยิง)
2. โดยการนำบริเวณที่ต้องสงสัยว่าจะมีไอออนของไนไตรท์ นำบริเวณดังกล่าว หรือทำการซับขึ้นมา แล้วใช้น้ำยา Greiss I และ Greiss II ในการทดสอบหาไอออนของไนไตรท์ ถ้าบริเวณนั้นมีสารประกอบไนไตรท์จะปรากฏเป็นสีชมพู



ภาพที่ 12 ภาพแสดงการเกิดสีของสารประกอบไนไตรท์ ด้วยวิธี Modified Greiss Test แบบที่ 1 และ 2

2.4 การเกิดเขม่า

หลักการ ดินส่กระสุนปืนเมื่อถูกเผาไหม้ในพื้นที่จำกัด จะทำให้เกิดแรงดันและความร้อนมหาศาล โดยเมื่อเกิดการยิงปืน เข้มแท่งชนวนจะตีไปยังชนวนท้ายกระสุนปืน (Primer cap) ทำให้ชนวนท้ายกระสุนปืนเกิดการระเบิด เป็นผลให้อุณหภูมิจากสิ่งแวดลอมกลายเป็น 1,500 – 2,000 °C และความดันจะเปลี่ยนจาก 14 psi เป็น 1,400 psi จากนั้นเกิดประกายไฟผ่านช่อง Flash-hole ไปจุดติดกับดินส่กระสุนปืนทำให้เกิดการเผาไหม้อย่างรวดเร็วภายในปลอกกระสุนปืน ทำให้เกิดแรงดันมหาศาล ผลักส่งให้ลูกกระสุนปืนหลุดออกไปจากปลอกกระสุนปืน โดยในการระเบิดของแก๊สปืนนี้จะทำให้อุณหภูมิจากสิ่งแวดลอมเพิ่มสูงขึ้นเป็น 3,600 °C และความดันสูงถึง 40,000 psi จากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมินี้เองเป็นผลให้โลหะที่เป็นสารประกอบของแก๊สปืนหลอมละลายกลายเป็นไอ และเมื่ออุณหภูมิลดลง ไอของแต่ละธาตุจะแข็งตัวเป็นอนุภาคอีกครั้ง



ภาพที่ 13 กราฟแสดงความดัน และ อุณหภูมิ ณ ช่วงเวลาต่างๆที่เกิดจากการเผาไหม้ของ Primer Cap และ ดินสักระสุนปืน

2.5 การฟุ้งกระจายและการเกาะติดของเขม่าดินปืนบนมือ และที่อื่นๆ ของผู้ยิงปืน

เมื่อบุคคลจับปืนตามปกติ Gunshot Residue; GSR จะเกาะติดมือผู้ยิงใน 2 ลักษณะ

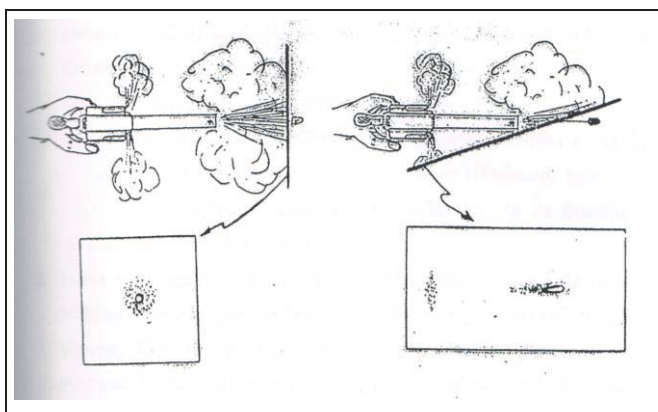
2.5.1 GSR ที่ออกจากส่วนเปิดของอาวุธ โดยตรงที่ไม่ใช่ปากลำกล้องปืน เช่น รอยต่อลูกม่ส่วนท้ายปืนของปืนออโตแมติก การเกาะติดที่บริเวณมือหรือส่วนของร่างกายที่อยู่ใกล้ ใบหน้า หรือ แขน ในกรณีที่ยิงด้วยปืนยาวบางแบบ เมื่อยิงประทับบ่าแก้มแนบแล้วหน้าจะอยู่ใกล้ ส่วนท้าย การยิงด้วยปืนยาวบางแบบเขม่าจะติดที่หน้าหรือติดที่แขน GSR ในลักษณะนี้จะเกาะติด แน่นกว่าแบบที่ 2

2.5.2 GSR ที่ออกจากปากลำกล้องปืน GSR ในลักษณะนี้ส่วนใหญ่จะฟุ้งไป ข้างหน้าตามแรงขับเคลื่อนของดินสักระสุนปืน แต่ยังคงมีบางส่วนซึ่งน้ำหนักเบา ฟุ้งกระจายและ ย้อนกลับมาติดที่เสื้อผ้าหรือแขนของผู้ยิงได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปืนพกลำกล้องสั้นๆ ยังมีโอกาสมาก แต่ถ้าเป็นปืนยาวโอกาสจะน้อยลง เนื่องจากระยะห่างออกไปจากคนยิง GSR จะเกาะติดได้เพียงผิว เฝิน ไม่แน่นเหมือนแบบแรก

ข้อสำคัญอีกอย่าง คือจำนวนนัดที่ทำการยิงเป็นปัจจัยสำคัญ การยิงนัดเดียวบางครั้ง อาจจะไม่มีการเขม่าปืนติดที่มือ แต่ถ้าเพิ่มจำนวนนัด จะพบ GSR มากขึ้นกว่ายิงนัดเดียว

ส่วน Unburned Particle ส่วนใหญ่แล้วยังคงฟุ้งไปตามลูกกระสุนปืนทางปากลำ กล้องซึ่งที่ระยะทางตามแรงดันภายในลำกล้อง Unburned Particle จะปรากฏทางปากลำกล้อง ทั้งหมด ในเวลาที่ยิงเราจึงเห็นแสงไฟพุ่งวาวออกจากปากลำกล้อง เนื่องจากการเผาไหม้ยังคง ดำเนินต่อไปได้อีกระยะหนึ่ง ในกรณีจากปืนออโตแมติก GSR จะออกมาทางช่องคายปลอกและปาก ลำกล้องเท่านั้น เนื่องจากไม่มีส่วนเปิดเหมือนปืนลูกม่

นอกจากนี้ตัวแปรสำคัญในการหาระยะยิง นอกจากตัวปืนว่ามีความยาว ลำกล้องเท่าใด ชนิด ขนาดของอาวุธ แบบของกระสุนที่ใช้ รวมทั้งสิ่งแวดล้อมในขณะที่ยิงก็เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญทั้งสิ้น



ภาพที่ 14 ภาพแสดงให้เห็นการกระจายของ GSR บนพื้นผิวที่ถูกยิงในมุมฉาก และมุมเอียง

การกระจายของ GSR บนพื้นผิวที่ถูกยิงในมุมฉากและมุมเอียง จะพบว่า กลุ่มการกระจายของ GSR จะเป็นวงรี ถ้ายิงมุมแคบมากวงรีก็จะยาวมาก โดยจะพบว่าปริมาณของ GSR จะมีอยู่มากในบริเวณที่ปากลำกล้องปืนอยู่ใกล้ โดยเฉพาะในปืนรีวอลเวอร์แล้วยิงทำมุม 45 องศาลงไป ส่วนใหญ่จะพบ GSR ตรงจุดที่แก๊สปุ้งออกจากรอยต่อของลูกไม่กับลำกล้องปืน ปรากฏบนพื้นผิวหรือผิวหนังที่ถูกยิงด้วย ถ้าในกรณีนี้สามารถบอกได้ว่าปืนที่ใช้ยังมีความยาวลำกล้องเท่าใดและระยะยิงห่างเท่าใด

ในกรณีของปืนรีวอลเวอร์ GSR สามารถออกมาได้จากบริเวณช่องว่างระหว่างผิวหนังของรังเพลิงกับส่วนท้ายของลำกล้องนอกเหนือจากปากลำกล้องปืน



ภาพที่ 15 บริเวณที่ GSR สามารถออกมาได้ ในปืนพกรีวอลเวอร์

ในกรณีของปืนอโตเมติก GSR จะออกมาจากบริเวณช่องคัตปล็อก และปากลำกล้องปืน



ภาพที่ 16 บริเวณที่ GSR สามารถออกมาได้ ในปืนพกอโตเมติก

2.6 การแบ่งโซน หรือ ระยะของการยิง แบ่งได้เป็น

ระยะประชิด (Contact) ระยะ 0-1 นิ้ว แรงดันที่พุ่งออกมาจากปากลำกล้องจะแรงมากทำลายผิวหนังทำให้เกิดบาดแผลใหญ่โต GSR ถูกขับเคลื่อนเข้าไปในบาดแผล และมีบ่อยครั้งที่จะมีรอยไหม้ บาดแผลที่ลึกขนาด จะมีรอยกดปากลำกล้องติดบาดแผลทำให้เกิดบาดแผลลึกขนาดจะมีรอยหรือเส้นผ่าลึกขนาด การลึกขนาดของบาดแผลไม่ได้เกิดจากอำนาจของลูกกระสุน แต่เกิดจากอำนาจการระเบิดของดินปืน นอกจากนี้ในบางครั้งยังพบที่ผิวหนังใกล้บาดแผลมีร่องรอยปากลำกล้องปืน หรือ Laren Brushing ในปืนอโตเมติก คือตัวลอคลำกล้องแนบติดกับสไลด์ ประทับอยู่ผิวหนังข้างๆ บาดแผลที่ถูกยิงเป็นรอยขีด

โซนที่ 1 ระยะ 1-6 นิ้ว ที่บาดแผลที่ถูกยิงหรือรอบรูกระสุนจะพบ GSR คราบเขม่าสีเทาเข้มหรือสีดำจำนวนมาก ความเสียหายรอบบาดแผลไม่ว่าจะเป็นผิวหนังหรือเสื้อผ้า เนื่องจากแรงดันของแก๊สยังตรวจพบเห็นได้ โดยเฉพาะที่เสื้อผ้า บางครั้งรอยบาดแผลอาจจะเห็น GSR ที่ฝังตัวบนผิวหนังหรือติดอยู่บนเสื้อผ้าเป็นจุดดำๆ กระจายอยู่รอบคล้ายรอยสัก เรียกว่า Powder Tattooing

โซนที่ 2 ระยะ 6-12 นิ้ว ระยะนี้จะเห็นสีของ GSR ช้อนทับกันอยู่โดยจะเห็นวงสีดำรอบรูกระสุนปืนและออกห่างไปจะเห็นเป็นวงสีเทา ขึ้นอยู่กับแรงมากแรงน้อยของกระสุนที่ใช้ และยังคงพบ Powder Tattooing ได้ด้วย

โซนที่ 3 ระยะ 9-36 นิ้ว ในระยะต้น 9-18 นิ้ว อาจจะพบเห็นเขม่าได้แต่จะค่อยๆ น้อยเมื่อระยะห่างออกไปจาก 18-36 นิ้วอาจจะมองไม่เห็นด้วยตาเปล่าหลังจากการทดสอบทางเคมี จะยังคงทำให้หา GSR บนเสื้อผ้าในระยะนี้ได้

โซนที่ 4 ระยะ 36 นิ้วขึ้นไป จะตรวจไม่พบ GSR ด้วยตาเปล่าและการทดสอบทางเคมี แต่พบวงดำๆ อยู่ที่ยอบทางเข้าของลูกกระสุนปืน รอยดำนี้เรียกว่า Bullet Wiping ซึ่งเป็นการที่ลูกกระสุนปืนนำเอาคราบสกปรกที่ติดมาเช็ดกับรอบรูกระสุน

3. ความรู้เกี่ยวกับผ้าฝ้ายยืด

ผ้าในท้องตลาดนั้นมีหลากหลายชนิดมากมาย ล้วนแล้วแต่ผลิตจากเส้นใยที่แตกต่างกัน เส้นใยสามารถแบ่งแยกตามประเภท ได้ดังนี้

เส้นใยธรรมชาติ (Natural fibers) เส้นใยพืช เช่น ฝ้าย ลินิน ปอ งามิ ป่าน นุ่น เส้นใยสัตว์ เช่น ขนสัตว์ (wool) ไหม (silk) ผม (hair) แร่ เช่น แร่ใยหิน (asbestos)

เส้นใยประดิษฐ์ (Man-made fibers) ประดิษฐ์จากธรรมชาติ เช่น เรยอน อะซิเตด ไตรอะซิเตด เส้นใยสังเคราะห์ เช่น โอลีฟินส์ โพลีเอสเตอร์ โพลีเอรามิด ไนลอน แร่และเหล็ก เช่น โลหะ แก้ว เซรามิก กราไฟต์

ผ้าฝ้ายนั้นถือเป็นเส้นใยธรรมชาติประเภทหนึ่ง ผ้าฝ้ายยืดหรือ 100% cotton ที่นำมาผลิตเสื้อยืดสามารถแบ่งตามเบอร์เส้นด้าย โดยทั่วไปได้ 3 เบอร์ คือ 20, 32 และ 40 ตามลำดับ สำหรับเบอร์เส้นด้ายที่สูงเกิน 40 ขึ้นไปจะพบเห็นได้ไม่มากนักในท้องตลาด ส่วนใหญ่จะเป็นผ้าที่ต้องสั่งทอขึ้นโดยเฉพาะตามเบอร์ที่ต้องการ เนื่องจากกระบวนการในการผลิต (ปั่นเส้นด้าย) ให้เส้นด้ายมีขนาดเล็กต้องอาศัยเครื่องจักรและการผลิตที่ยุ่งยากซับซ้อน จึงมีต้นทุนที่สูงในการผลิต เมื่อนำมาผลิตเสื้อยืดก็จะมีต้นทุนสูงตามไปด้วย ถ้าเบอร์น้อยจะใช้ด้ายเส้นใหญ่ เบอร์ มากใช้ด้ายเส้นเล็ก เช่น ผ้า 100% Cotton เบอร์ 20 เนื้อผ้าจะมีความหนามากกว่าเบอร์ 32 เนื่องจากขนาดเส้นด้ายที่ใหญ่กว่า โดยทั่วไปผ้า Cotton ที่นิยมนำมาใช้ทำเสื้อยืดและเสื้อโปโล ในราคาระดับปานกลางถึงสูงคือผ้า 100% Cotton เบอร์ 20 (เสื้อยืดสำหรับผู้ชาย) และ 32 (เสื้อยืดสำหรับผู้หญิง) ส่วนเบอร์ 40 มักจะนำมาทำเสื้อสำหรับเด็กอ่อน หรือเสื้อที่เน้นความบางเป็นพิเศษ และเสื้อยืดแบรนด์เนมบางรุ่นเบอร์ที่สูงกว่า 40 จะเป็นเสื้อยืดที่ต้องสั่งทอผ้าขึ้นเป็นพิเศษ

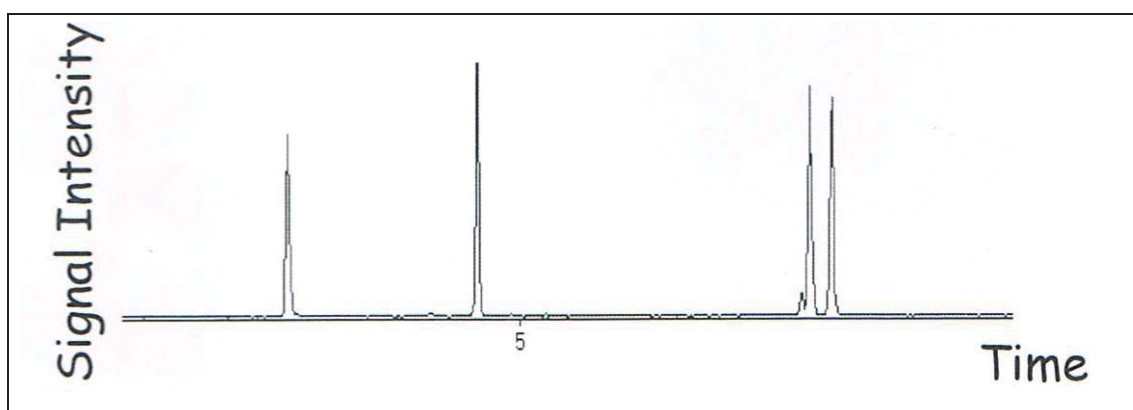
4. ความรู้เกี่ยวกับเครื่องมือวิทยาศาสตร์

หลักการ

Chromatography เป็นวิธีการแยกสารผสมออกจากกันโดยอาศัยการแพร่ของสารตัวอย่างระหว่างเฟส 2 เฟส ได้แก่ เฟสเคลื่อนที่ (Mobile phase) และเฟสอยู่กับที่ (Stationary phase) อันเป็นผลให้สารแต่ละตัวในสารผสมเดินทางออกมาด้วยความเร็วไม่เท่ากัน จึงแยกออกจากกันได้ ซึ่งเฟส 2 เฟสที่สำคัญในเทคนิค Chromatography คือ

- Stationary phase (pack อยู่ใน column)
- Mobile phase สารที่เป็นของเหลวหรือแก๊ส

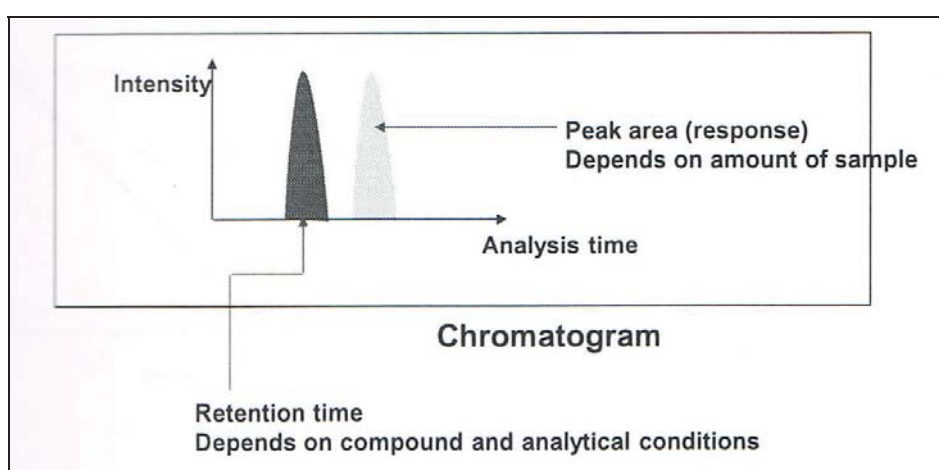
ผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการแยกสารโดย Chromatography เรียกว่า Chromatogram ซึ่งเป็นกราฟของความสัมพัทธ์ระหว่างเวลากับสัญญาณไฟฟ้า โดยแกน y เป็นแกนสัญญาณไฟฟ้าและแกน x เป็นแกนเวลา chromatogram ที่ได้อาจสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทั้งด้านคุณภาพวิเคราะห์และปริมาณวิเคราะห์ (Qualitative & Quantitative)



ภาพที่ 17 แสดงภาพตัวอย่าง Chromatogram

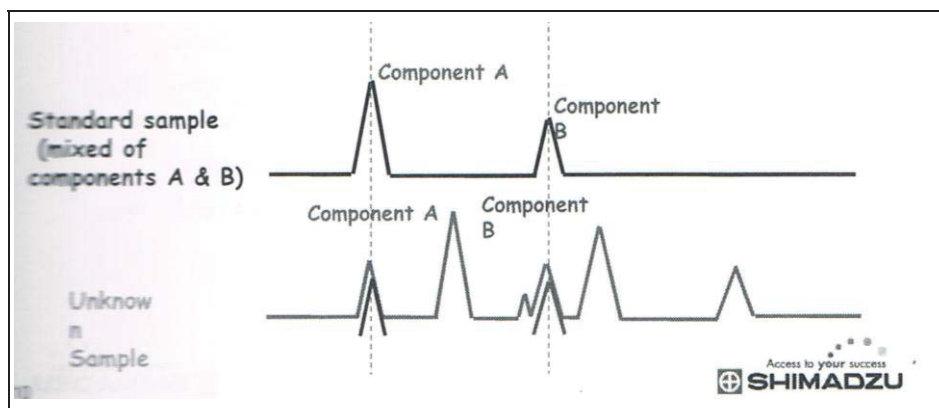
ค่า Retention time (Rt.) ใช้ในการระบุว่า peak นั้นคือสารชนิดใด (Qualitative)

ค่า Peak Area, Height ใช้คำนวณหาปริมาณความเข้มข้นของสารตัวนั้นๆ (Quantitative)



ภาพที่ 18 แสดงภาพช่วง peak area และ Retention time

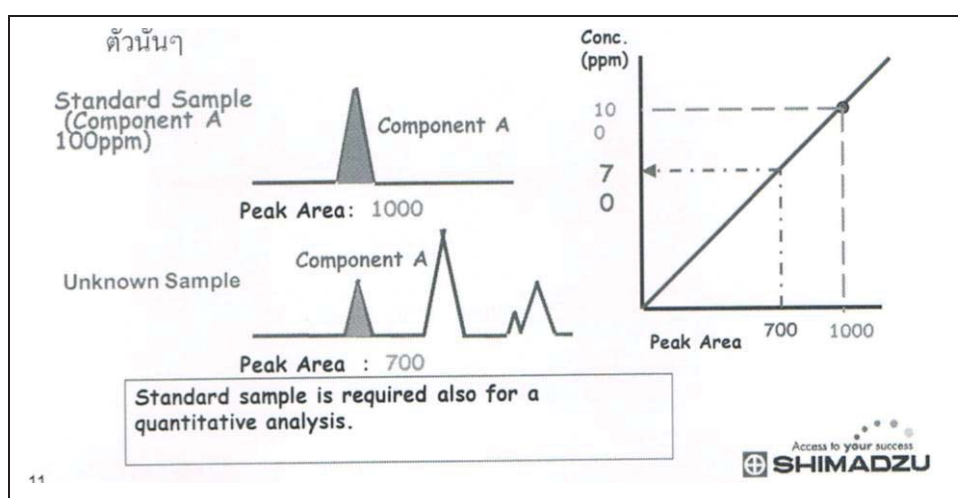
การวิเคราะห์หาคุณภาพ (Qualitative Analysis) ปกติเมื่อเราวิเคราะห์ตัวอย่างที่ condition และ column เดียวกันจะพบว่าสารชนิดเดียวกันจะเคลื่อนที่ออกมาที่เวลา (Rt.) เดิมเสมอ จึงสามารถใช้สมบัติข้อนี้ในการวิเคราะห์ทางด้านคุณภาพวิเคราะห์ (Qualitative Analysis) ได้



ภาพที่ 19 แสดงภาพการดู peak ออกมาที่ Rt. เดียวกัน (Qualitative Analysis)

การวิเคราะห์หาปริมาณ (Quantitative Analysis)

พื้นที่ใต้พีค (Peak area) และ ความสูงของพีค (peak height) สามารถนำมาหาความเข้มข้นของสารตัวนั้นๆ ได้ โดยการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง peak area or height กับ conc. ของสารตัวนั้นๆ



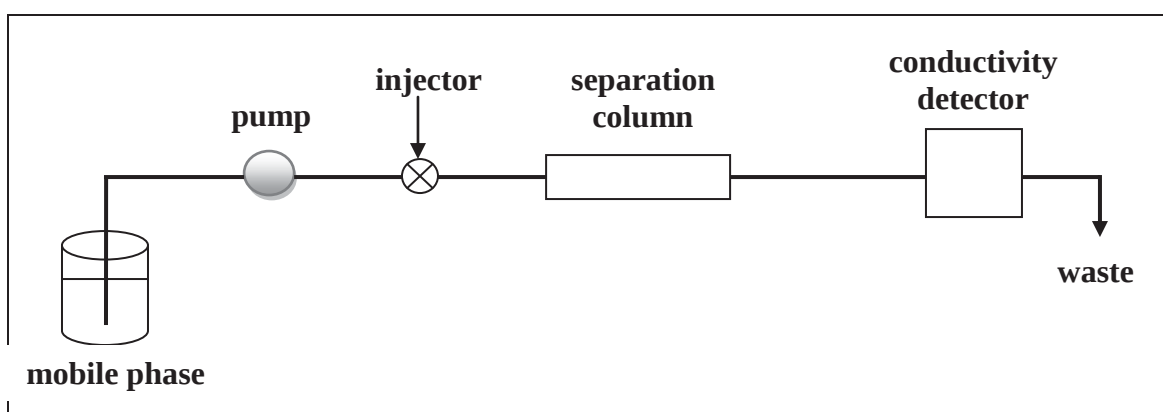
ภาพที่ 20 แสดงภาพการวิเคราะห์หาปริมาณ (Quantitative Analysis)

เทคนิคไอออนโครมาโทกราฟี Ion Chromatography

Ion Chromatography เป็นการแยกชนิดหนึ่ง เป็นการแยกไอออนโดยอาศัยความแตกต่างของประจุไอออนแต่ละตัว วิเคราะห์ได้ทั้งไอออนบวกและไอออนลบ โดยต้องใช้ column ที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์ นิยมใช้ค่าการนำไฟฟ้าในเทคนิคนี้มากที่สุด แต่มีค่าการดูดกลืนแสงที่สามารถนำมาวัดได้ด้วย สามารถใช้ได้กับไอออนของสารอนินทรีย์และสารอินทรีย์ขนาดเล็ก

ปัจจัยที่มีผลต่อค่าการแยกสารและการแยกของสาร

1. ความเข้มข้นของ mobile phase (MP) ถ้าความเข้มข้นของ MP เพิ่มขึ้น ทำให้ค่า R_t ลดต่ำลง
2. ค่า pH ของ MP
3. อุณหภูมิของคอลัมน์ (Column) และ ดีเทกเตอร์ (Detector) การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะทำให้ค่าความหนืดของ MP ลดลง ทำให้ plate number. เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ R_t ต่ำลง



ภาพที่ 21 แสดงภาพการทำงานของ IC

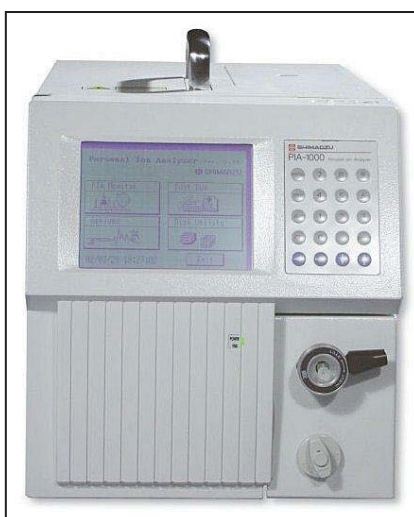
เครื่อง IC (Ion chromatograph) ก็คือ ion exchange เทคนิคนั่นเอง ซึ่งเป็นการพัฒนามาจาก HPLC โดย IC จำเพาะเจาะจงสำหรับแยกสารประกอบที่มีประจุหรือแตกตัวเป็นไอออนได้ โดยที่ column (เฟสคงที่) จะมี side chain ที่ประกอบด้วยฟังก์ชันนัลกรุปที่มีประจุ mobile phase (เฟสเคลื่อนที่) ส่วนใหญ่ประกอบด้วย counter ion คือ ไอออนที่มีประจุตรงข้ามกับ เฟสคงที่ แต่มีประจุเดียวกับตัวอย่าง แต่สำหรับเครื่อง HPLC สามารถแยกสารประกอบได้ทุกเทคนิคโดยเลือกใช้ column (stationary phase) และ mobile phase ให้เหมาะสมกับชนิดตัวอย่าง

เครื่องไอออนโครมาโทกราฟี รุ่น PIA-1000 เป็นตัววิเคราะห์ไอออนของสารประกอบอนินทรีย์ เป็นเทคนิคการแยกสารที่อาศัยความแตกต่างของไอออน เป็นวิธีที่ง่าย ในตัวอย่างที่มีไอออนประกอบอยู่มากมายนั้น จะถูกแยกออกโดยการแลกเปลี่ยนประจุของหมู่ฟังก์ชัน อาศัยความ

แตกต่างของประจุที่มี เมื่อความแตกต่างระหว่างค่าความนำไฟฟ้าระหว่างไอออนตัวพา (Elute) และ ไอออนของตัวอย่างจะถูกวัดเจอ ไอออนและคำนวณกลับมาเป็นความเข้มข้นให้

เครื่อง PIA-1000 ประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1. ปั๊ม (pump) ทำหน้าที่นำพาตัวพา (mobile phase) เข้าสู่คอลัมน์
2. ส่วนฉีดตัวอย่าง (a sample injector) ส่วนที่ฉีดตัวอย่างเข้าสู่คอลัมน์
3. ส่วนช่องที่ให้อุณหภูมิคอลัมน์ (Column Oven) เป็นส่วนที่ควบคุมอุณหภูมิของคอลัมน์ให้มีอุณหภูมิที่คงที่และเหมาะสมกับเซลล์ตัววัดค่าการนำไฟฟ้า (cell conductivity)
4. ส่วนประมวลผล (Data processor) นำสัญญาณที่ตรวจวัดได้มาคำนวณหาความเข้มข้นของไอออนที่ตรวจพบ



ภาพที่ 22 แสดงภาพเครื่อง Ion Chromatography (IC) รุ่น PIA-1000

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปี ค.ศ.1987 Darwin Dahl และคณะ ได้ทำการศึกษาหาลงค์ประกอบในแก๊ปปืนและในดินปืนชนิด smokeless powder ในแก๊ปปืนวิเคราะห์ด้วย Inductively Coupled Argon Plasma (ICAP) เก็บด้วย cotton swab soaked in 5% nitric acid ตรวจพบองค์ประกอบดังนี้ Lead trinitroresorcinate 25-55%, Barium Nitrate 25-45%, Lead dioxide 5-10%, Calcium silicate 3-15%, Antimony sulfide 0-10% and Tetrazene 0.5-5% ที่ไม้ (wood) และที่แก้ว (soft glass) จะตรวจพบ Barium ปริมาณสูง ในดินปืนวิเคราะห์ด้วย HPLC ตรวจพบ Nitroglycerine, Nitrocellulose and phthalate esters.

ในปี ค.ศ.1989 Edgard O'N Espinoza, Dr.P.H. and John I. Thornton, D.crim. ทำการศึกษาลงค์ประกอบในดินปืนของกระสุนปืน SOVIET 5.45×39 MM (AK-74) and 7.62×39 MM (AK-47) ด้วย TLC, HPLC and GC –MS พบว่ามี Diphenylamine, N-nitrosodiphenylamine, 2-Nitrodiphenylamine and 4-Nitrodiphenylamine เป็นองค์ประกอบ

ในปี ค.ศ.1992 Michael D. Cole และคณะ ทำการศึกษาขีดจำกัดของการตรวจในไทรท่ ตะกั่ว และทองแดง ในเขม่าดินปืน ด้วยวิธี a single paper ทำการทดสอบในไทรท่ด้วย Griess test ทดสอบตะกั่วด้วย Sodium rhodizonate test และทดสอบทองแดงด้วย DTO พบว่า detection limit ของตะกั่วเป็น $1.3\mu\text{g cm}^{-2}$ ทองแดง $1.1\mu\text{g cm}^{-2}$ ในไทรท่ 26 ng cm^{-2}

ในปี ค.ศ.2000 Peter E. Jackson ได้ทำการศึกษาหาลงค์ประกอบในน้ำดื่มและน้ำเสีย ด้วยเทคนิคไอออนโครมาโทกราฟี ยี่ห้อ Dionex® IonPac® Eluent, 3.5 mM sodium carbonate/1.0 mM sodium bicarbonate ในตัวอย่างน้ำดื่มตรวจพบ fluoride, chloride, nitrate, phosphate and sulfate ในตัวอย่างน้ำเสียตรวจพบ acetate, bicarbonate, chloride, bromide, nitrate, phosphate and sulfate

ในปี ค.ศ.2003 William A. MacCreham และคณะ ได้ศึกษาหา organic gunshot residue (OGSR) และพัฒนาวิธีการเก็บตัวอย่างในเส้นผมของผู้ยิงปืนและที่เป่ายิง ด้วยการใช้หุ่นจำลองใส่ วิกผมที่เป็นผู้ยิงและเป้าและจากผมของผู้ยิงจริงกับหุ่นจำลองใส่วิกผมที่เป็นเป้า ศึกษาจากปืนพก รีโวลเวอร์ ยี่ห้อ SMITH&WESSON ขนาด .357 MAGNUM ปืนพกกึ่งอัตโนมัติ ยี่ห้อ SIG-SAUER MODEL P229 ขนาด .45 ปืน rifle ยี่ห้อ RUGER ขนาด 9mm LUGER และปืนยาวลูกซอง ยี่ห้อ FICA SPAS ขนาด 12 มีวิธีการเก็บตัวอย่างด้วยการใช้วิธีเสียดหัตถ์ที่ผม นำมาส่งกล้องกำลังขยาย พบเห็นอนุภาคของเขม่าดินปืนเกาะติดอยู่ นำมาสกัดด้วย methanol แล้วนำวิเคราะห์ผลด้วย Capillary electrophoresis (CE) พบว่า ในการยิงด้วยอาวุธปืนชนิด ขนาดที่ทำการทดลองนั้น

สามารถตรวจพบ Nitroglycerine (NG) เป็นหลัก และตรวจพบ Ethyl centralite (EC) ในปืนบางชนิดขนาด

ในปี ค.ศ.2007 Dan Muller และคณะได้ทำการวิจัยศึกษาเกี่ยวกับวิธีการวิเคราะห์อนุภาคของเขม่าดินปืนที่ไม่เกิดการเผาไหม้ในการยิงปืนที่ระยะระหว่าง 0.75-3.00 เมตร โดยเก็บตัวอย่างจากผิวหน้าวัตถุด้วยอุปกรณ์ที่ชื่อว่า adhesive lifter หลังจากเก็บตัวอย่างแล้ว นำไปทำการ hydrolysis โดยสาร alkaline จากนั้นต้องเอาอนุภาคที่เหลืออกโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ สารอินทรีย์ที่เหลือจะถูกวิเคราะห์ ดังนี้ Nitroglycerine (NG) และ 2,4-Dinitrotoluene (2,4-DNT) วิเคราะห์โดยเทคนิค gas chromatography/thermal energy analysis (GC/TEA) สำหรับสาร Dinitrotoluene (DNT), NG และสาร stabilizers บางชนิด วิเคราะห์โดยเทคนิค gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS) วิธีนี้เป็นวิธีที่สามารถยืนยันที่มาของสารที่มี nitrite เป็นองค์ประกอบในดินปืนได้

ในปี ค.ศ.2008 Asya Vinokurov และคณะ ได้ทำการศึกษาหาเขม่าดินปืนที่เสื้อผ้าผู้ถูกยิงเพื่อประมาณการหาระยะยิง ด้วยวิธี Modified Griess Test (MGT) ทำการศึกษานบนผ้า 2 ชนิด ได้แก่ cotton และ polyester สภาะที่ผ้าแห้งและผ้าเปียกน้ำ (จำลองเหมือนเสื้อที่เปื้อนเลือด) และเก็บตัวอย่าง 2 พื้นผิว ที่พื้นผิวเรียบด้วยการพันกระดาษโดยรอบ และที่พื้นผิวขรุขระด้วยการใช้พรมสังเคราะห์ ศึกษาจากปืนพกกึ่งอัตโนมัติยี่ห้อ Jericho ขนาด 9 mm LUGER กระสุนปืนออตโตเมติกยี่ห้อ Fiocchi ขนาด 9 mm LUGER แบบ full metal jacket (FMJ) พบว่ารูปแบบของเขม่าดินปืนที่ติดอยู่ที่เป้านั้นสามารถประเมินระยะยิงได้

ในปี ค.ศ.2009 James Hsu และคณะ ได้ทำการศึกษาหาปริมาณไนเตรทและไนไตรท์ที่เนื้อสัตว์และผักในการบริโภคอาหารของชาวออสเตรเลีย ด้วยเทคนิค HPLC ในตัวอย่างผัก 6 ชนิด ได้แก่ English spinach, Bok choy, Choy sum, Chinese cabbage, Gai choy and Iceberg lettuce ทั้ง 6 ตัวอย่างตรวจพบไนเตรทอยู่ระหว่าง 4849.6 ± 573.6 ถึง $48.0 \pm 30.2 \text{ mg kg}^{-1}$ ส่วนไนไตรท์ตรวจพบที่ Gai choy $19.6 \pm 10.8 \text{ mg kg}^{-1}$ อีก 5 ตัวอย่างไม่พบไนไตรท์ ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ 7 ตัวอย่าง ได้แก่ Hot dog, Ham, Salami, Bacon, Frankfurt, Minced beef and Beef medallion ทั้ง 7 ตัวอย่างตรวจพบไนเตรทอยู่ระหว่าง 142.5 ± 36.3 ถึง $19.0 \pm 8.1 \text{ mg kg}^{-1}$ ส่วนไนไตรท์ตรวจพบใน 5 ตัวอย่างอยู่ระหว่าง 83.9 ± 10.1 ถึง 15.7 ± 14.5 ส่วนใน Minced beef and Beef medallion ตรวจไม่พบไนไตรท์

ในปี ค.ศ.2010 William A. MacCrehan และ Mary Bedner ได้ทำการศึกษองค์ประกอบในดินปืนแบบควันน้อย (Smokeless Powder) เพื่อเป็นการตรวจสอบคุณภาพการผลิตดินปืนของ US International Institute of Standards and Technology (NIST) เป็นการพัฒนาดัชนีในการผลิต

ดินปืน ด้วยการสกัดตัวอย่างแล้วนำมาวิเคราะห์ด้วย Capillary electrophoresis (CE) และ Liquid chromatography (LC) จากการวิเคราะห์ด้วย LC สามารถตรวจพบ Nitroglycerine, diphenylamine และ ethylcentralite

ในปี พ.ศ.2551 นิภาพรณ จันตะมา ได้ศึกษาหาปริมาณ DPA ในดินปืนและเขม่าดินปืนจากกระสุนปืนออตเมติก 4 ขนาด ได้แก่ .38 super R-P (LLAMA), 9 mm para S&B (TAURUS), .45 ACP WINCHESTER (LES BAER Custom) and 7.65 mm S&B (LLAMA) โดยเทคนิค HPLC เก็บตัวอย่างดินปืนด้วยการละลายดินปืนที่ยังไม่เผาไหม้ด้วย methanol ส่วนเขม่าดินปืน ทดลองยิงปืนจำนวน 20 นัด ใส่กล่องพลาสติก ปิดท้ายด้วยแผ่น Teflon ใช้ไม้พันสำลีชุบ methanol เช็ดเขม่าดินปืนที่ติดอยู่ที่กล่องพลาสติกทั้ง 4 ด้าน ไม่ให้เหลือคราบเขม่าติดอยู่ นำไปสกัดด้วย methanol โดยวิธี sonicate เป็นเวลา 75 นาที ก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วย HPLC Column RP-18 ใช้ methanol:water อัตราส่วน 75:25 เป็น Mobile phase, flowrate 1.0mL/min โดยใช้ UV Detector ที่ความยาวคลื่น 214 nm พบว่าปริมาณ DPA ในดินปืนและเขม่าดินปืนที่ได้จากลูกกระสุนปืนขนาด 7.65 mm > .45 auto > 9 mm LUGER > .38 Super

ในปี พ.ศ.2553 สมนวนรณ หัสมิตร ได้ศึกษาหาปริมาณการคงอยู่ของไนเตรทในลากล่องปืนหลังจากการยิงปืน โดยศึกษาจากปืนพกกึ่งอัตโนมัติยี่ห้อ CZ MODEL 75 ขนาด 9mm LUGER เก็บตัวอย่างภายในลากล่องปืนก่อนยิงและหลังยิง มีระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างทันที 24 และ 48 ชั่วโมง ด้วยการใช้ก้านสำลีชุบ Deionize water เช็ดเก็บภายในลากล่องปืน วิเคราะห์โดยเทคนิคไอออนโครมาโทกราฟีและสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ วิธีนี้ทำให้ทราบว่าเมื่อเวลาผ่านไปแล้ว 48 ชั่วโมงก็ยังสามารถตรวจพบไนเตรทภายในลากล่องปืนได้ อีกทั้งเทคนิคไอออนโครมาโทกราฟีเป็นทางเลือกหนึ่งในการวิเคราะห์การคงอยู่ของเขม่าดินปืนได้ดีกว่าเทคนิคสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

Aniruddha Pisal ได้ทำการศึกษาหาปริมาณไนไตรท์และไนเตรทในน้ำเสีย ด้วย UV-VIS Spectrophotometers พบปริมาณไนไตรท์ในตัวอย่างน้ำดื่ม drinking water <0.0017 mg/L wastewater 0.179 mg/L ปริมาณไนเตรทในตัวอย่างน้ำดื่ม drinking water 0.007 mg/L waste water 0.766 mg/L

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

1. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

ตารางที่ 1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้	แหล่งที่มา
1. เครื่อง Ion Chromatograph; IC	ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น PIA-1000
2. Column Shim-pack IC-A3 (S) (2 mm I.D.×150 mm)	ยี่ห้อ Shimadzu
3. ชุดกรอง Mobile Phase	ยี่ห้อ Wheaton
4. Filter Membrane ขนาดรูพรุน 0.45 µm ขนาด 13 mm	ยี่ห้อ Vertical
5. Filter Membrane ขนาดรูพรุน 0.45 µm ขนาด 45 mm	ยี่ห้อ Vertical
6. Syringe ขนาด 10 µl	ยี่ห้อ SGE
7. Disposable Syringe ขนาด 3 ml	ยี่ห้อ Nipro
8. ซองพลาสติกใสแบบรูดเปิด-ปิด มีซิปล ขนาด 12 x 15 นิ้ว และ ขนาด 4 x 6 นิ้ว	บริษัท คอมมอน กรู๊ป จำกัด
9. บีกเกอร์ ขนาด 50 ml	Pyrodex
10. ขวดแก้วใส่น้ำ ขนาด 4 ml	ยี่ห้อWheaton
11. ปีเปต ขนาด 0.5, 1, 2, 3 ml	Pyrodex
12. ผ้าฝ้ายยัด (100% Cotton) เบอร์ 32	บริษัท รามา แฟบริค
13. โครกบานประตูลงยนต์ สีขาว	ยี่ห้อ Toyota
14. อาวุธปืนพกอัตโนมัติ ขนาด 9 มม. LUGER	ยี่ห้อ GLOCK MODEL 26
15. กระสุนปืนอัตโนมัติ ขนาด 9 มม. LUGER ลูกกระสุนเป็น แบบ Full Metal Jacket; FMJ	ยี่ห้อ Thai arms
16. ห้องทดสอบซิปนวิธี ขนาด 5.75 x 20.40 เมตร	กลุ่มงานตรวจอาวุธปืนฯ พฐก.

2. สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

ตารางที่ 2 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

สารเคมี	แหล่งที่มา
1. Sodium Nitrite ; AR Grade	UNIVAR
2. Potassium Nitrate; AR Grade	UNIVAR
3. Ethanol ; AR Grade	MERCK
4. p-hydroxybenzoic acid	ALDRICH
5. Bis-Tris	FLUKA
6. Sulfanilic acid ; AR Grade	UNIVAR
7. Acetic acid ; AR Grade	J.T.BAKER
8. N-(1-naptyl) ethylenediamine	ALDRICA
9. Deionized water ; DI water	เครื่อง Easy pure II

3. การเตรียมสารละลายมาตรฐานไนไตรท์และไนเตรท

3.1 เตรียม Stock Standard Sodium Nitrite และ Potassium Nitrate

3.1.1 เตรียม Standard Sodium Nitrite เข้มข้น 1000 mg/l

ชั่ง Sodium Nitrite จำนวน 0.1 g ละลายใน DI water ปริมาตร 100 ml

3.1.2 เตรียม Standard Potassium Nitrate เข้มข้น 1000 mg/l

ชั่ง Potassium Nitrate จำนวน 0.1 g ละลายใน DI water ปริมาตร 100 ml

3.2 เตรียมสารละลายมาตรฐานแบบผสม (Mix Standard) ซึ่งมีความเข้มข้นของ Sodium Nitrite และ Potassium Nitrate 15 และ 30 mg/l ตามลำดับ

ปิเปตต์สารละลายมาตรฐานโซเดียมไนไตรท์ เข้มข้น 1000 mg/l (ตามข้อ 3.1.1) ปริมาตร 1.5 ml ปิเปตต์สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไนเตรท เข้มข้น 1000 mg/l (ตามข้อ 3.1.2) ปริมาตร 3 ml แล้วปรับปริมาตรด้วย DI water จนมีปริมาตร 100 ml

3.3 เตรียมสารละลายมาตรฐานแบบผสม (Mix Standard) สารละลายมาตรฐานไนไตรท์ เข้มข้น 1.5, 3.0, 4.5, 6.0 และ 7.5 mg/l, สารละลายมาตรฐานไนเตรท เข้มข้น 3.0, 6.0, 9.0, 12.0 และ 15.0 mg/l ตามลำดับ ดังนี้ ซึ่งเตรียมจากสารละลายมาตรฐานแบบผสมที่มีความเข้มข้นของ Sodium Nitrite และ Potassium Nitrate 15 และ 30 mg/l (ตามข้อ 3.2) ตามลำดับ

3.3.1 ปิเปตต์สารละลายแบบผสม (Mix Standard) ปริมาตร 0.5 ml ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 5 ml แล้วปรับปริมาตรด้วย DI water จนมีปริมาตร 5 ml

3.3.2 ปิเปตต์สารละลายแบบผสม (Mix Standard) ปริมาตร 1 ml ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 5 ml แล้วปรับปริมาตรด้วย DI water จนมีปริมาตร 5 ml

3.3.3 ปิเปตต์สารละลายแบบผสม (Mix Standard) ปริมาตร 1.5 ml ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 5 ml แล้วปรับปริมาตรด้วย DI water จนมีปริมาตร 5 ml

3.3.4 ปิเปตต์สารละลายแบบผสม (Mix Standard) ปริมาตร 2 ml ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 5 ml แล้วปรับปริมาตรด้วย DI water จนมีปริมาตร 5 ml

3.3.5 ปิเปตต์สารละลายแบบผสม (Mix Standard) ปริมาตร 2.5 ml ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 5 ml แล้วปรับปริมาตรด้วย DI water จนมีปริมาตร 5 ml

ก่อนนำสารละลายมาตรฐานเข้าเครื่อง IC ต้องทำการกรองผ่าน Membrane ขนาดรูพรุน 0.45 μm ทุกครั้งเสมอ

4. การเตรียม Mobile Phase สำหรับใช้ในการทดลอง

4.1 เตรียม Mobile Phase

ชั่ง p-hydroxybenzoic acid จำนวน 1.105 g และ Bis-Tris จำนวน 0.67 g ละลายใน DI water ปริมาตร 1000 ml กรองผ่าน Membrane ขนาดรูพรุน 0.45 μm

4.2 เตรียม 70% Ethanol เพื่อใช้ในการล้างระบบ

ปิเปตต์สารละลาย Ethanol ปริมาตร 70 ml ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 ml แล้วปรับปริมาตรด้วย DI water จนมีปริมาตรครบ 100 ml กรองผ่าน Membrane ขนาดรูพรุน 0.45 μm

5. การทดลองหาขีดจำกัดการตรวจวัดได้ของเครื่องมือ ขีดจำกัดการตรวจทดสอบและรายงานผลได้ของเครื่องมือ (Limit of detection; LOD, Limit of Quantitation; LOQ)

ฉีดสารละลายมาตรฐานเข้มข้นต่ำสุดที่เครื่องจะสามารถตรวจวัดได้ จำนวน 10 ซ้ำ แล้วนำค่าที่ได้นั้นมาคำนวณในสูตร

$$\text{LOD} = 3 \text{ S.D.}$$

$$\text{LOQ} = 10 \text{ S.D.}$$

6. การศึกษาหาระยะเวลาในการสกัดตัวอย่างที่เหมาะสมก่อนทำการวิเคราะห์

นำฝืนผ้าที่ใช้ในการวิจัย (แผ่นสี่เหลี่ยมขนาด กว้างxยาว ประมาณ 12x12 นิ้ว) มาทำการกำหนดระยะห่างของปากกระบอกปืนกับฝืนผ้าที่ระยะห่าง 2 นิ้ว ยิงด้วยปืนพกกึ่งอัตโนมัติ ขนาด 9 มม.LUGER 1 นัด และเก็บภายหลังยิงปืนทันที จากนั้นนำตัวอย่างไปแช่ใน DI water ปริมาตร 5 ml เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 24 ชั่วโมง เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมที่จะใช้ในงานวิจัยนี้

7. วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรท์และไนเตรทในเขม่าดินปืน (GSR) ด้วยเทคนิค IC

7.1 เก็บตัวอย่างบนผ้าที่ใช้เป็นเป้ายิง

ยิงด้วยปืนพกอโตเมติก ขนาด 9 มม.LUGER ยี่ห้อ GLOCK MODEL 26 ความยาวลำกล้อง 3.25 นิ้ว จำนวน 1 นัด โดยใช้กระสุนปืนอโตเมติก ขนาด 9 มม.LUGER ยี่ห้อ Thai arms (ดังภาพที่ 23) บนผ้าที่ใช้เป็นเป้ายิง โดยนำผ้ามาตัดเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมให้มีขนาด กว้าง x ยาว ประมาณ 12 x 12 นิ้ว ทำการยิงที่ระยะต่างๆ กัน ได้แก่ ระยะยิง 2, 15, 25 และ 40 นิ้ว จากเป้า โดยทุกขั้นตอนของการทดลองจะทำภายในห้องยิงปืนที่ปิดมิดชิดและไม่มีลมพัดผ่านของกลุ่มงานตรวจอาวุธปืนและเครื่องกระสุน กองพิสูจน์หลักฐานกลาง (ดังภาพที่ 24) แล้วเก็บตัวอย่างผ้าในระยะเวลาต่างๆ กัน ดังนี้ เก็บภายหลังยิงปืนทันที และ 3, 7, 15, 30 วัน ภายหลังการยิงปืน ด้วยการตัดผ้าเป็นแผ่นวงกลมที่มีรัศมีขนาดประมาณ 6 cm (ดังภาพที่ 25)

7.2 เก็บตัวอย่างบนเสื้อผ้าของผู้ยิง

ยิงด้วยอาวุธปืนและกระสุนปืน รูปแบบของผ้าที่ใช้เก็บเช่นเดียวกันกับข้อ 7.1 ยิงจำนวน 1, 3 และ 5 นัด มีระยะที่ปากกระบอกปืนห่างจากบริเวณที่เก็บ ได้แก่ บริเวณหน้าอก บริเวณแขนข้างขวาและแขนข้างซ้ายของผู้ยิงเป็น 24, 12 และ 12 นิ้ว ตามลำดับ (ดังภาพที่ 26) แล้วทำการเก็บตัวอย่างผ้าในระยะเวลาต่างๆ กัน ดังนี้ เก็บภายหลังยิงปืนทันที 3 และ 7 วัน ภายหลังการยิงปืน โดยเก็บตัวอย่างตามข้อ 7.1 โดยมีรูปแบบและท่าทางการยิง (ดังภาพที่ 27)

7.3 เก็บตัวอย่างที่ประตูรถยนต์ที่ยิงปืนผ่าน

ยิงด้วยอาวุธปืนและกระสุนปืนเช่นเดียวกันกับข้อ 7.1 ยิงจำนวน 1, 3 และ 5 นัด มีรูปแบบและท่าทางการยิง (ดังภาพที่ 28) แล้วทำการเก็บตัวอย่างด้วยการใช้สำลีแผ่นชุบ DI water ปริมาตร 2 ml เช็ดเก็บบริเวณที่ต้องสงสัย ที่ระยะเวลาต่างๆ กัน ดังนี้ เก็บภายหลังยิงปืนทันที 3 และ 7 วัน ภายหลังการยิงปืน



ภาพที่ 23 ปืนพกอัตโนมัติ GLOCK MODEL 26 กระสุนปืนอัตโนมัติ ขนาด 9 มม. LUGER



ภาพที่ 24 ห้องทดสอบจีปนวิธิ



ภาพที่ 25 ลักษณะการเก็บตัวอย่างของผ้าฝ้ายยัด



ภาพที่ 26 แสดงตำแหน่งผ้าตัวอย่างของเสื้อผู้ยิงปืน



ภาพที่ 27 รูปแบบและท่าทางการยิงการเก็บตัวอย่างผ้า ซึ่งเป็นของผู้ยิง



ภาพที่ 28 รูปแบบและท่าทางการยิงที่บ้านประจวบคีรีขันธ์

8. ขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Ion Chromatograph: IC

นำตัวอย่างผ้าที่เป็นเป้ายิง เสื้อผ้าผู้ยิง และลำโพงที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างเขม่าดินปืน มาใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 ml เติมน้ำ DI water ปริมาตร 5 ml ปิดปากด้วยพาราฟิล์ม แช่ทิ้งไว้วัน 2 ชั่วโมง กรองตัวอย่างผ่าน Membrane ที่มีรูพรุน $0.45\ \mu\text{m}$ ขนาด 13 mm แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Ion chromatograph; IC เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์และไนเตรทในเขม่าดินปืน ด้วยเครื่อง IC โดยใช้สภาวะของเครื่องดังนี้

ตารางที่ 3 แสดงสภาวะของเครื่อง Ion Chromatograph

Ion Chromatograph; IC ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น PIA-1000	
Item	Specifications
Measuring range	0.01 – 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Column	Shim-pack IC-A3 (S) (2 mm I.D.×150 mm)
Column Temperature	35 °C
Column Pressure	45-50 kgf/cm^2
Cell pressure	3 mPa
Eluting flow rate	0.2 ml/min
Inject Volume	10 μl
Detector	Conductivity Polarity

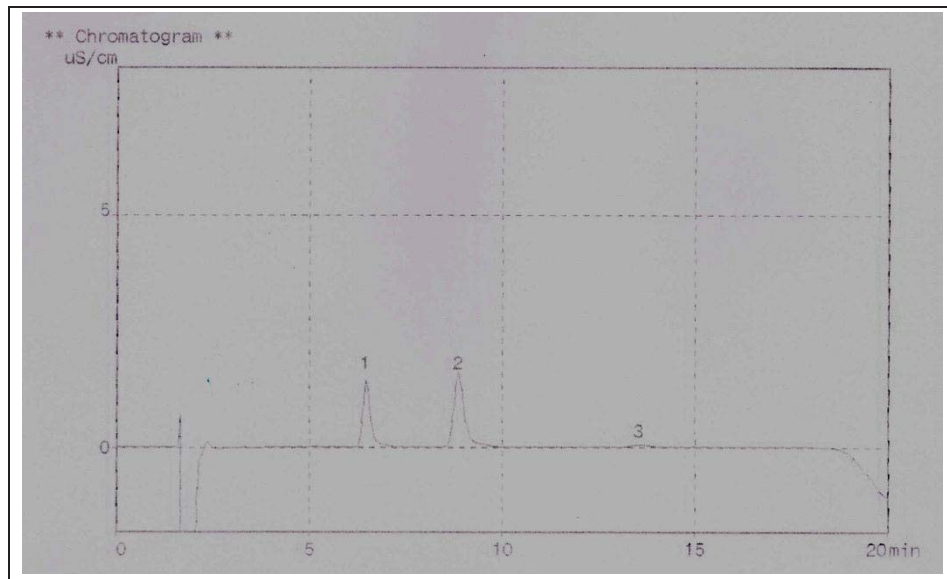
บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์และไนเตรทในเขม่าดินปืนบนผ้าที่ใช้เป็นเป้ายิง บนเสื้อผ้าของผู้ยิงปืน และประตูลอยนัตที่ยิงปืนผ่าน เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนไตรท์และไนเตรทในเขม่าดินปืนกับจำนวนนัดที่ยิง ระยะทาง และระยะเวลาภายหลังการยิงปืน โดยใช้อาวุธปืนพกอัตโนมัติ ขนาด 9 มม.LUGER ไนไตรท์และไนเตรทเป็นองค์ประกอบสำคัญในเขม่าดินปืน (Gunshot Residue)

1.ผลการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานผสมไนไตรท์และไนเตรท

จากการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานผสมไนไตรท์และไนเตรทที่ความเข้มข้น 6 : 12 mg/l ได้ Chromatogram ของสารละลายมาตรฐานผสม ดังภาพที่ 29



ภาพที่ 29 Chromatogram ของสารละลายมาตรฐานผสมไนไตรท์และไนเตรท เข้มข้น 6 : 12 mg/l
Peak no.1 Chromatogram of Nitrite 6 mg/l
Peak no.2 Chromatogram of Nitrate 12 mg/l

จากภาพ Nitrite มี Retention time ที่ 6.462 และ Nitrate มี Retention time ที่ 8.854 เมื่อนำสารละลายมาตรฐานผสมมาวิเคราะห์ผลด้วยเครื่อง IC พบว่ามีค่า $R > 1.5$

เมื่อนำสารละลายมาตรฐานผสมไนไตรท์และไนเตรทมาวิเคราะห์ด้วย IC เพื่อสร้างกราฟมาตรฐาน (Calibration Curve) ได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4 และ 5

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้พีคกับความเข้มข้นของไนไตรท์ (mg/l)

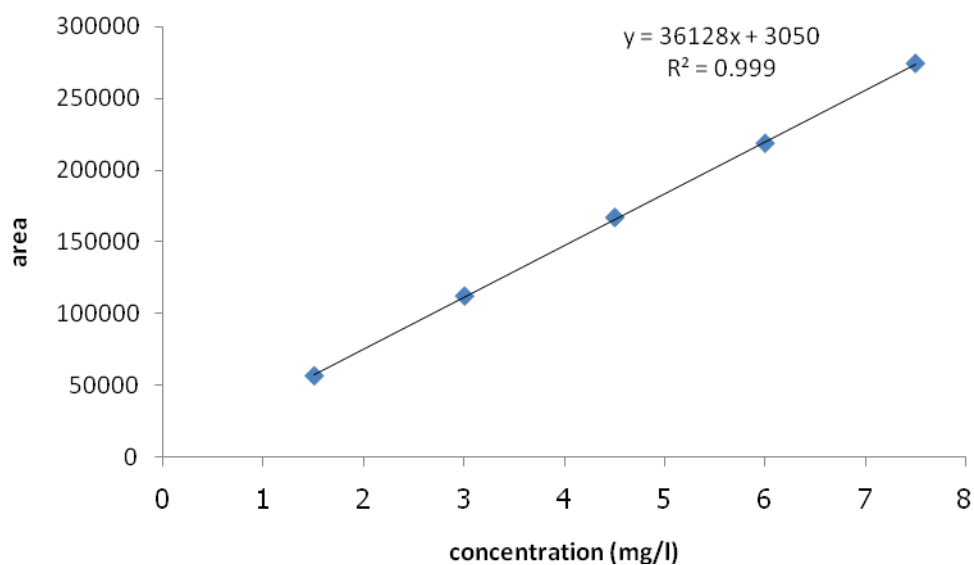
ความเข้มข้น (mg/l)	ค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้พีค	SD	%RSD
1.5	56497	135.691	0.240
3	112063	703.072	0.627
4.5	166815.333	487.854	0.292
6	218545.333	504.086	0.231
7.5	274219	2046.829	0.746

ตารางที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้พีคกับความเข้มข้นของไนเตรท (mg/l)

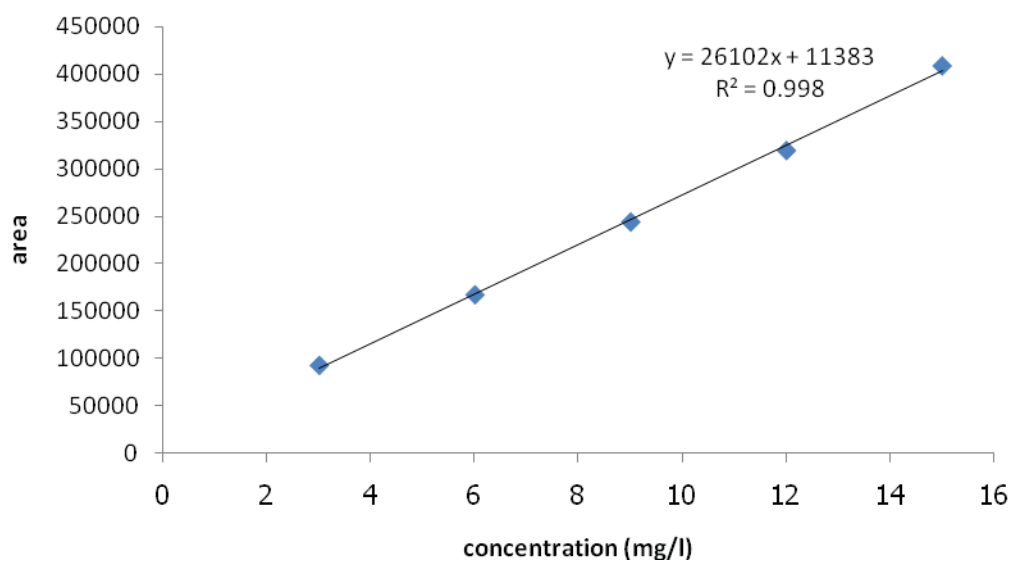
ความเข้มข้น (mg/l)	ค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้พีค	SD	%RSD
3	92846.333	188.468	0.203
6	167202.333	809.970	0.484
9	243877.333	511.583	0.209
12	319219	485.150	0.152
15	408373	3039.935	0.744

เมื่อ SD คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ยของพื้นที่ใต้พีคของสารละลายมาตรฐานผสมไนไตรท์และไนเตรท จากการทำการทดลอง 3 ซ้ำ

เมื่อนำข้อมูลในตารางความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้พีคกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนไตรท์และไนเตรท (mg/l) มาพลอตกราฟ พบว่าได้ความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง มีสมการแสดงความสัมพันธ์คือ $y = 36128x + 3050$, $y = 26102x + 11383$ และค่า $R^2 = 0.999$, 0.998 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 30 และ 31



ภาพที่ 30 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้พีคกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนไตรท์ ตั้งแต่ 1.5 ถึง 7.5 mg/l



ภาพที่ 31 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้พีคกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนเตรท ตั้งแต่ 3 ถึง 15 mg/l

2. ผลการทดลองหา LOD และ LOQ

เมื่อนิตสารละลายมาตรฐานเข้มข้นต่ำสุดที่เครื่องจะสามารถตรวจวัดได้ จำนวน 10 ซ้ำ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการทดลองหา LOD และ LOQ

	ไนไตรท์ (NO_2^-) (mg/l)	ไนเตรท (NO_3^-) (mg/l)
DI water	0	0
ครั้งที่ 1	0.3045	0.6223
ครั้งที่ 2	0.3719	0.6438
ครั้งที่ 3	0.2898	0.5823
ครั้งที่ 4	0.3391	0.6751
ครั้งที่ 5	0.3393	0.6792
ครั้งที่ 6	0.3328	0.6959
ครั้งที่ 7	0.3096	0.6152
ครั้งที่ 8	0.3028	0.6098
ครั้งที่ 9	0.3045	0.6091
ครั้งที่ 10	0.2945	0.6179
S.D.	0.0258	0.0369
% R.S.D	8.1135	5.8139

จากผลการทดลองแล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณในสูตร พบว่าขีดจำกัดการตรวจวัดได้ของเครื่องมือ (LOD) ไนไตรท์ 0.0776 mg/l ไนเตรท 0.1107 mg/l ส่วนขีดจำกัดการตรวจทดสอบและรายงานผลได้ของเครื่องมือสามารถตรวจวัด (LOQ) ไนไตรท์ 0.2587 mg/l ไนเตรท 0.3692 mg/l

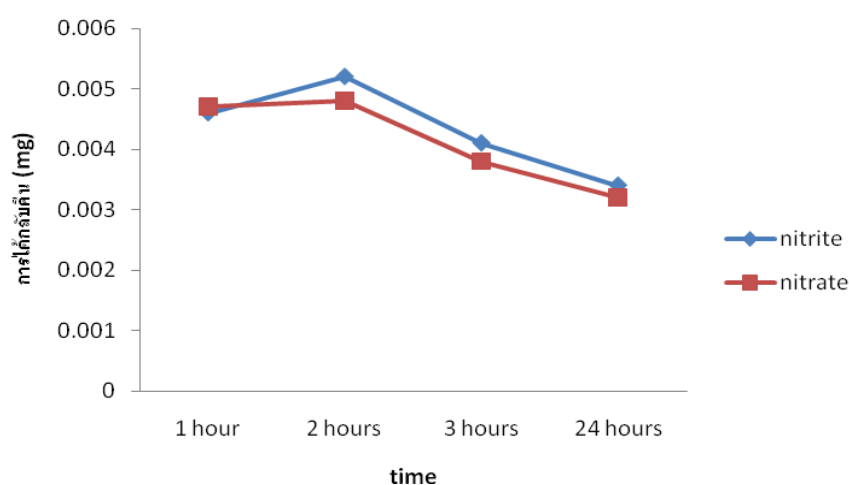
3. ผลการศึกษาหาระยะเวลาในการสกัดตัวอย่างที่เหมาะสม

จากผลการทดลองนำผิวน้ำที่ใช้ในการวิจัยมาทำการกำหนดระยะห่างของปากกระบอกกับผิวน้ำที่ 2 นิ้ว แล้วยิงด้วยปืนพกอโตเมติก ขนาด 9 มม.LUGER จำนวน 1 นัด และเก็บภายหลังยิงปืนทันที จากนั้น นำตัวอย่างไปแช่ใน DI water ปริมาตร 5 ml เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 24 ชั่วโมง ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการทดลองหาระยะเวลาในการสกัดตัวอย่าง

	การได้กลับคืน ไนไตรท์ (NO_2^-) (mg)	ไนไตรท์ (NO_2^-) (mg/l)	การได้กลับคืน ไนเตรท (NO_3^-) (mg)	ไนเตรท (NO_3^-) (mg/l)
DI water	0	0	0	0
เวลาแช่ผ้า 1 ช.ม.	0.0046	2.3316	0.0047	2.3673
เวลาแช่ผ้า 2 ช.ม.	0.0052	2.9104	0.0049	2.5010
เวลาแช่ผ้า 3 ช.ม.	0.0040	2.9228	0.0038	2.8133
เวลาแช่ผ้า 24 ช.ม.	0.0034	3.1804	0.0032	3.2193

จากตารางพบว่าระยะเวลาที่เหมาะสมที่จะใช้ในงานวิจัย คือ ทำการแช่ผ้าตัวอย่างเป็นเวลา 2 ชั่วโมง และเมื่อนำข้อมูลในตารางมาสร้างกราฟเพื่อแสดงการได้กลับคืนของปริมาณไนไตรท์และไนเตรท ดังแสดงในภาพที่ 32



ภาพที่ 32 แสดงการได้กลับคืนของปริมาณไนไตรท์และไนเตรทจากการศึกษาหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดตัวอย่าง

4. ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์และไนเตรทในเขม่าดินปืนบนผ้าที่ใช้เป็นเป้าหมาย

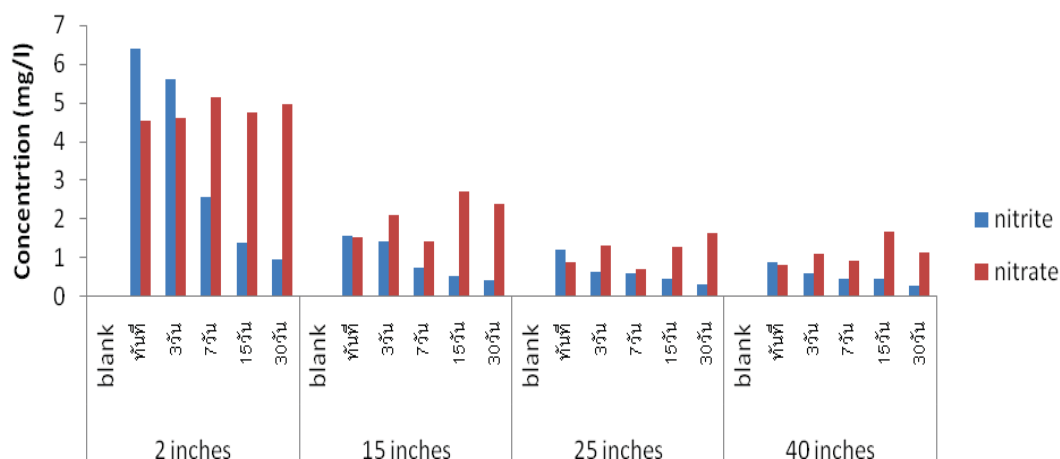
จากผลการทดลอง พบว่าไนไตรท์จะมีปริมาณลดลงเมื่อระยะยิงเพิ่มมากขึ้น สำหรับระยะยิงจะมีค่ามากที่สุดเมื่อทำการยิงที่ระยะยิง 2 นิ้ว และมีย่าน้อยที่สุดเมื่อทำการยิงที่ระยะยิง 40 นิ้ว และพบว่าปริมาณไนไตรท์จะลดลง เมื่อทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องที่เวลาต่างๆ กัน สำหรับระยะเวลา

การเก็บตัวอย่าง จะมีค่ามากที่สุดเมื่อทำการเก็บตัวอย่างภายหลังยิงปืนทันที มีค่าน้อยที่สุดเมื่อเก็บตัวอย่าง 30 วัน ภายหลังการยิงปืน แต่อย่างไรก็ตาม ปริมาณของไอออนทั้งสองยังสามารถตรวจพบได้ใน 30 วัน ภายหลังการยิงปืน แสดงผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 8

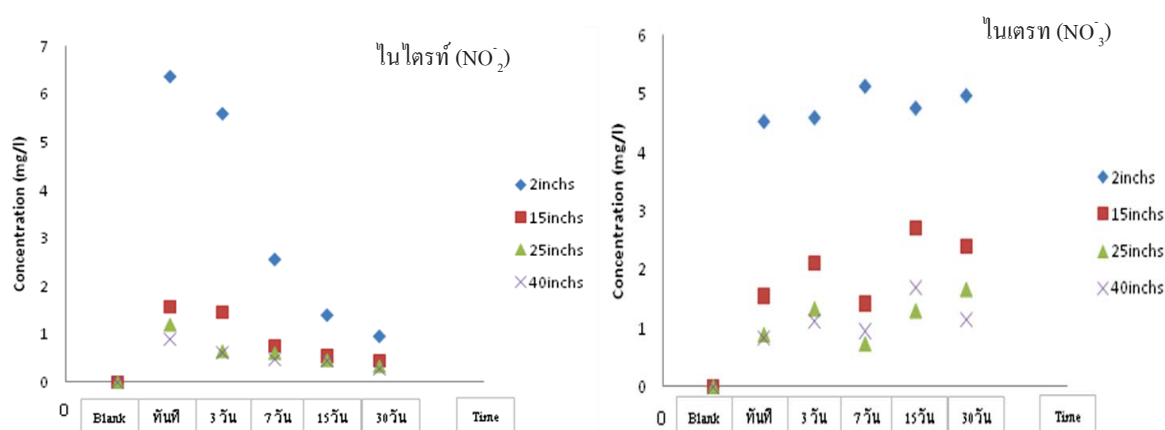
ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์และไนเตรทในเขม่าดินปืนบนผ้าที่ใช้เป็นเป้ายิง

ระยะยิง	เวลาการเก็บตัวอย่าง	ไนไตรท์ (NO_2^-) (mg/l)	ไนเตรท (NO_3^-) (mg/l)
2 inches	blank	0	0
	ทันที	6.3774	4.5271
	3วัน	5.6027	4.5924
	7วัน	2.5617	5.1292
	15วัน	1.3994	4.7562
	30วัน	0.958	4.9697
15 inches	blank	0	0
	ทันที	1.5546	1.5479
	3วัน	1.4419	2.1123
	7วัน	0.7425	1.4172
	15วัน	0.5399	2.6993
	30วัน	0.4395	2.3857
25 inches	blank	0	0
	ทันที	1.1998	0.8868
	3วัน	0.6445	1.3258
	7วัน	0.6046	0.7314
	15วัน	0.4621	1.2918
	30วัน	0.3319	1.6562
40 inches	blank	0	0
	ทันที	0.8903	0.8295
	3วัน	0.618	1.1105
	7วัน	0.4747	0.946
	15วัน	0.4475	1.6823
	30วัน	0.2684	1.1452

เมื่อนำข้อมูลในตารางมาสร้างกราฟเพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรท์และไนเตรทบนผ้าที่เป็นเป้ายิงกับระยะยิงและระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง แสดงในภาพที่ 33 และ 34



ภาพที่ 33 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรท์และไนเตรทบนผ้าที่ใช้เป็นเป้ายิงกับระยะยิงและระยะเวลาต่างๆ ในการเก็บตัวอย่าง



ภาพที่ 34 แสดงการกระจายตัวของปริมาณไนไตรท์และไนเตรทบนผ้าที่ใช้เป็นเป้ายิงกับระยะยิงและระยะเวลาต่างๆ ในการเก็บตัวอย่าง

5. ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์และไนเตรทในเขม่าดินปืนบนเสื้อผ้ายิงปืน

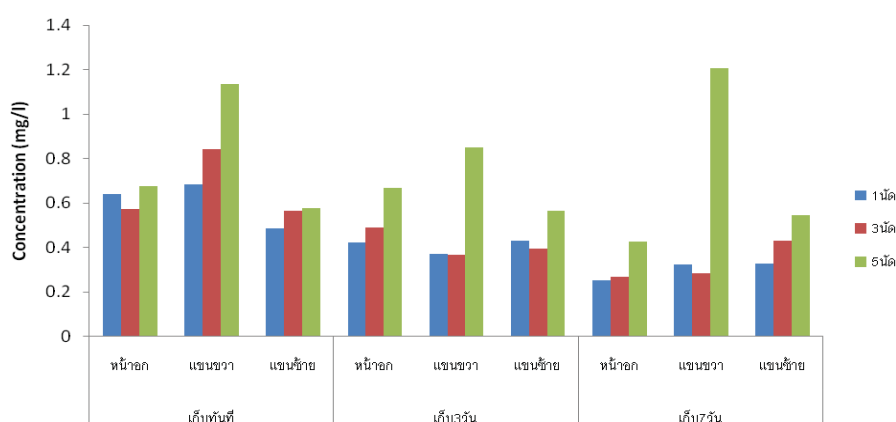
จากการทดลอง พบว่าปริมาณไนไตรท์แปรผันตรงกับจำนวนนัดที่ทำการยิง กล่าวคือ เมื่อยิงในจำนวนที่มากขึ้นก็จะพบไนไตรท์ในปริมาณที่มากขึ้นด้วย ปริมาณไนไตรท์จะลดลงเมื่อทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องที่เวลาต่างๆ สำหรับระยะเวลาการเก็บตัวอย่างจะมีค่ามากที่สุดเมื่อทำการเก็บตัวอย่าง

ภายหลังยิปป์นทันที มีค่าน้อยที่สุดเมื่อเก็บตัวอย่าง 7 วัน ภายหลังการยิปป์น สำหรับไนเตรทพบว่าสามารถปลิวฟุ้งติดไปได้ในทุกบริเวณ แสดงผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 9

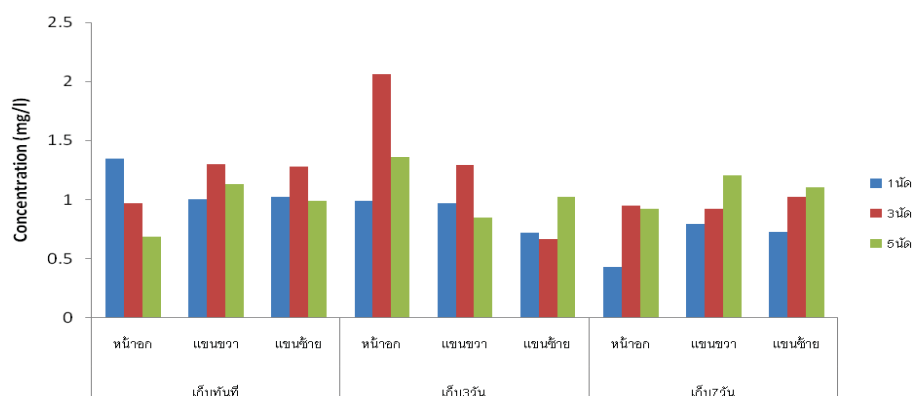
ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์และไนเตรทในเขม่าดินปืนบนเสื้อผ้าผู้ยิปป์น

		ไนไตรท์ (NO_2^-) (mg/l)			ไนเตรท (NO_3^-) (mg/l)		
		1นัด	3นัด	5นัด	1นัด	3นัด	5นัด
	blank	0	0	0	0	0	0
หน้าอก	ทันที	0.6374	0.5696	0.6744	1.3458	0.973	0.689
	3วัน	0.4189	0.4861	0.6655	0.9876	2.0632	1.358
	7วัน	0.2482	0.2649	0.424	0.4338	0.9486	0.9201
แขนขวา	ทันที	0.6829	0.8427	1.1353	1.0067	1.3012	1.1353
	3วัน	0.3672	0.3645	0.8494	0.9677	1.2968	0.8494
	7วัน	0.3228	0.282	1.2063	0.7966	0.9237	1.2063
แขนซ้าย	ทันที	0.4824	0.5613	0.5733	1.0275	1.2807	0.9932
	3วัน	0.4281	0.3936	0.5613	0.7241	0.6702	1.0264
	7วัน	0.324	0.4267	0.545	0.7298	1.0245	1.1083

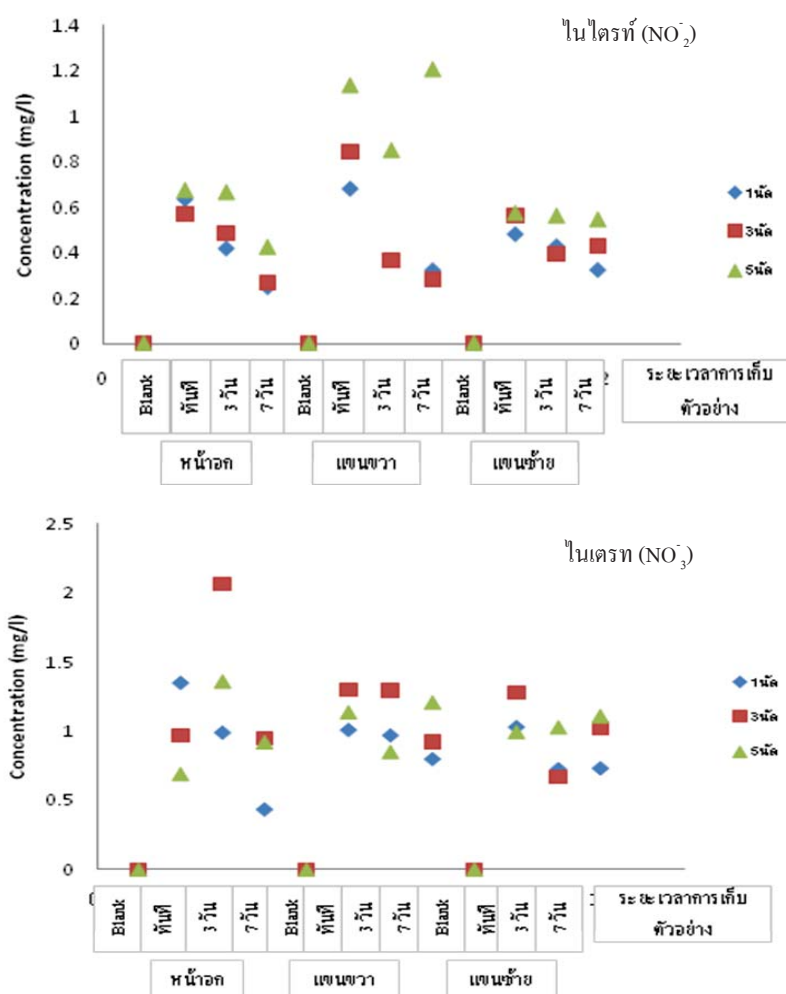
เมื่อนำข้อมูลในตารางมาสร้างกราฟเพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรท์และไนเตรทบนเสื้อผ้าผู้ยิปป์นกับจำนวนนัดที่ยิง ระยะเวลา และบริเวณต่างๆ ในการเก็บตัวอย่าง ดังแสดงในภาพที่ 35 และ 37



ภาพที่ 35 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรท์บนเสื้อผ้าผู้ยิปป์นกับจำนวนนัดที่ยิง ระยะเวลา และบริเวณต่างๆ ในการเก็บตัวอย่าง



ภาพที่ 36 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรทบนเสื้อผ้าผู้ยิงปืนกับจำนวนนัดที่ยิง ระยะเวลา และบริเวณต่างๆ ในการเก็บตัวอย่าง



ภาพที่ 37 แสดงการกระจายตัวของปริมาณไนไตรท์และไนเตรทที่เสื้อผ้าผู้ยิงปืนกับจำนวนนัดที่ยิง ระยะเวลา และบริเวณต่างๆ ในการเก็บตัวอย่าง

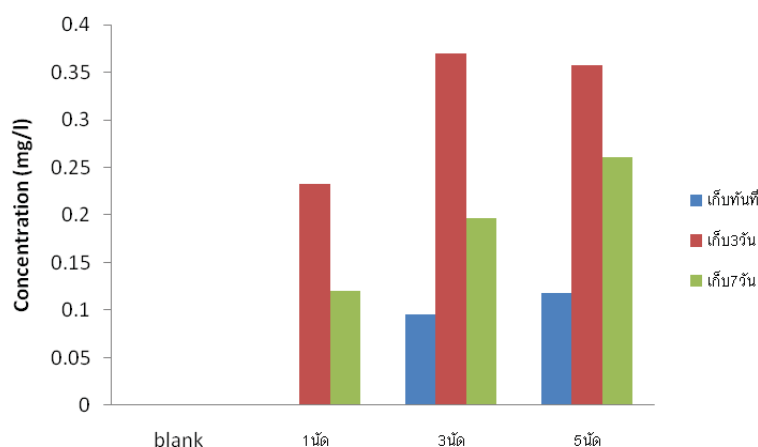
6. ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์และไนเตรทในเขม่าดินปืนที่ประทุรอยนต์ที่ยิงปืนผ่าน

จากการทดลอง พบว่าปริมาณไนไตรท์แปรผันตรงกับจำนวนนัดที่ทำการยิง กล่าวคือ เมื่อยิงจำนวนที่มากขึ้น ปริมาณไนไตรท์ก็เพิ่มมากขึ้นด้วย ส่วนไนเตรทมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น แสดงผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 10

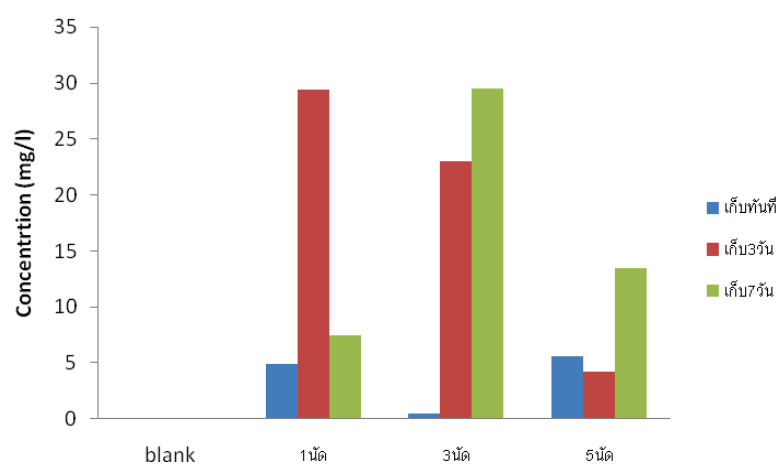
ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์และไนเตรทที่ประทุรอยนต์ที่ยิงปืนผ่าน

	ไนไตรท์ (NO_2^-) (mg/l)			ไนเตรท (NO_3^-) (mg/l)		
	เก็บทันที	เก็บ3วัน	เก็บ7วัน	เก็บทันที	เก็บ3วัน	เก็บ7วัน
1 นัด	0	0.2322	0.1199	4.935	29.433	7.4443
3 นัด	0.0959	0.3702	0.1967	0.4806	23.0079	29.5249
5 นัด	0.1179	0.357	0.2609	5.5929	4.1859	13.5039

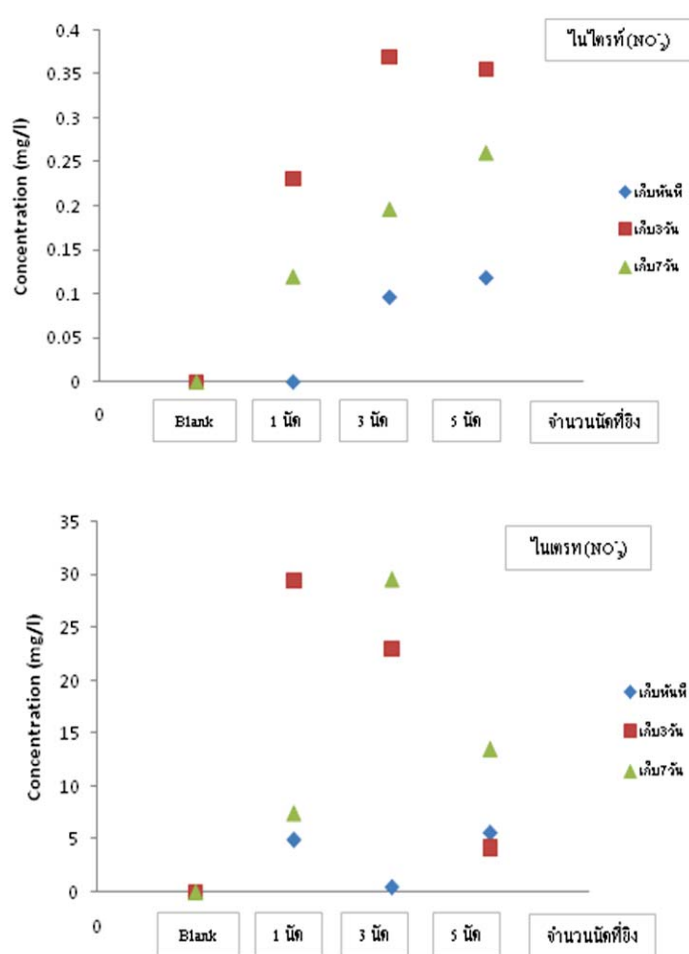
เมื่อนำข้อมูลในตารางมาสร้างกราฟเพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรท์และไนเตรทที่ประทุรอยนต์ที่ยิงปืนผ่านกับจำนวนนัดที่ยิง และระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง ดังแสดงในภาพที่ 38 - 40



ภาพที่ 38 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรท์ที่ประทุรอยนต์ที่ยิงปืนผ่านกับจำนวนนัดที่ยิง และระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง



ภาพที่ 39 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรทที่ประจุรถยนต์ที่ยังป็นผ่านกับจำนวนน้ำที่ยัง และระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง



ภาพที่ 40 แสดงการกระจายตัวของปริมาณไนไตรท์และไนเตรทที่ประจุรถยนต์ที่ยังป็นผ่านกับจำนวนน้ำที่ยัง และระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง

7. กรณีศึกษาที่ทำการตรวจเขม่าดินปืนที่รถยนต์ต้องสงสัยว่ายิงปืน

ทำการตรวจเก็บบริเวณที่ต้องสงสัยว่าจะมีเขม่าดินปืนติดอยู่ที่รถยนต์ต้องสงสัยกันดังกล่าว ด้วยการใช้น้ำกลั่น DI water ปริมาตร 2 ml เช็ดเก็บบริเวณที่ต้องสงสัย จดบันทึกรายละเอียดรถยนต์ต้องสงสัยและบริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่าง นำไปตรวจพิสูจน์เบื้องต้นด้วยการเปลี่ยนแปลงสี (Color Test) แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยไอออนโครมาโทกราฟี (Ion Chromatography)

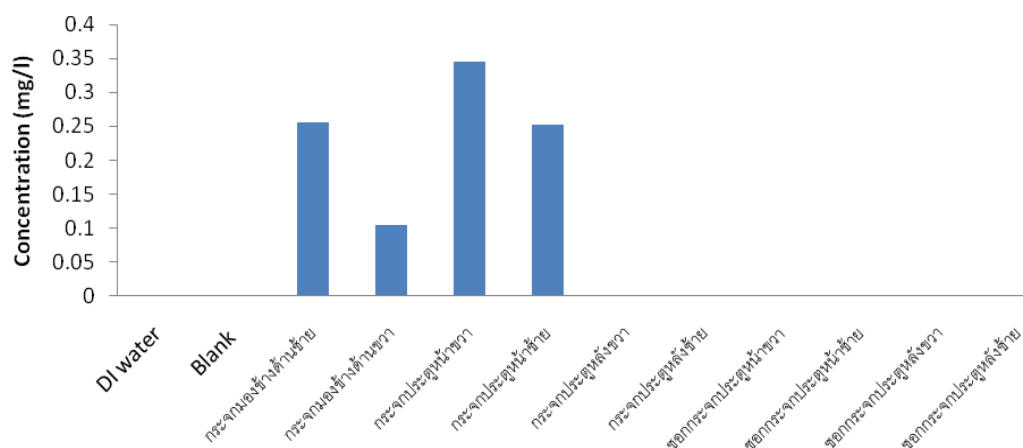
ข้อควรปฏิบัติ ในการเช็ดเก็บเขม่าดินปืนที่รถยนต์ ในบริเวณตำแหน่งเดียวกันนั้น ควรเช็ดเก็บทั้งสองด้านของรถยนต์ดังกล่าว เพื่อที่จะยืนยันได้ว่าบริเวณดังกล่าวไม่มีไอออนตัวที่เราสนใจในการวิเคราะห์ผลปนเปื้อนอยู่

กรณีศึกษาที่ 1 เป็นรถยนต์เก๋ง 4 ประตู ยี่ห้อ TOYOTA รุ่น VIOS เก็บตัวอย่างทั้งหมด 24 บริเวณ ตรวจเบื้องต้นด้วย color test แล้วเลือกมาทำการวิเคราะห์ด้วย IC 11 ตัวอย่าง ดังนี้ Blank กระจกมองข้างด้านซ้าย กระจกมองข้างด้านขวา กระจกประตูหน้าด้านซ้าย กระจกประตูหน้าด้านขวา กระจกประตูหลังด้านซ้าย กระจกประตูหลังด้านขวา ซอกกระจกประตูหน้าข้างขวา ซอกกระจกประตูหน้าข้างซ้าย ซอกกระจกประตูหลังข้างขวา และซอกกระจกประตูหลังข้างซ้าย แสดงผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 11

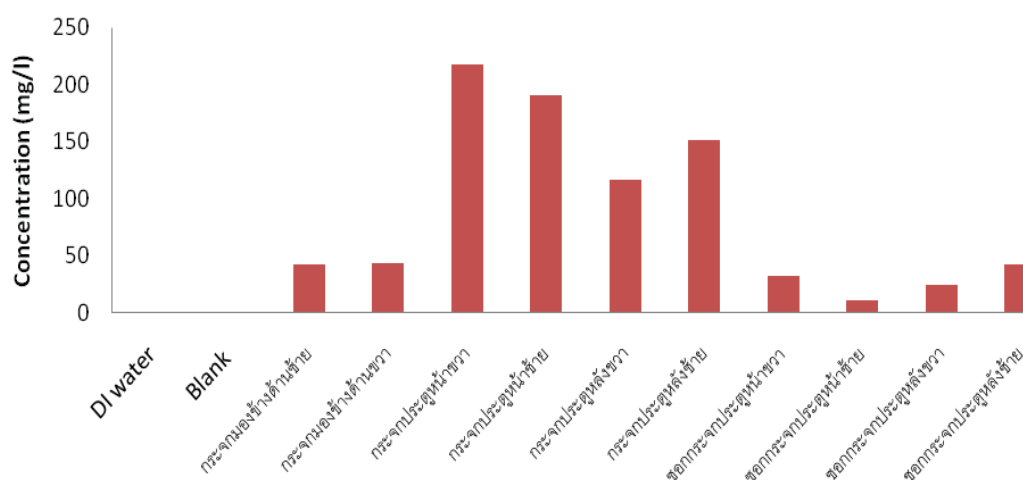
ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนและไนเตรทในเขม่าดินปืนที่รถยนต์ต้องสงสัยว่ายิงปืน กรณีศึกษาที่ 1

	ไนโตรเจน (NO_2^-) (mg/l)	ไนเตรท (NO_3^-) (mg/l)
DI water	0	0
Blank	0	0
กระจกมองข้างด้านซ้าย	0.25618968	42.001697
กระจกมองข้างด้านขวา	0.10458484	42.6141387
กระจกประตูหน้าขวา	0.3444948	216.873569
กระจกประตูหน้าซ้าย	0.25190393	189.992688
กระจกประตูหลังขวา	0	115.979788
กระจกประตูหลังซ้าย	0	151.36983
ซอกกระจกประตูหน้าขวา	0	32.00963
ซอกกระจกประตูหน้าซ้าย	0	9.63458514
ซอกกระจกประตูหลังขวา	0	23.9139097
ซอกกระจกประตูหลังซ้าย	0	41.105033

เมื่อนำข้อมูลในตารางมาสร้างกราฟปริมาณไนไตรท์และไนเตรทที่รถยนต์ต้องสงสัยว่า
ยังป็น ดังแสดงในภาพที่ 41 และ 42



ภาพที่ 41 ปริมาณไนไตรท์ที่รถยนต์ต้องสงสัยว่ายังป็นกรณีศึกษาที่ 1



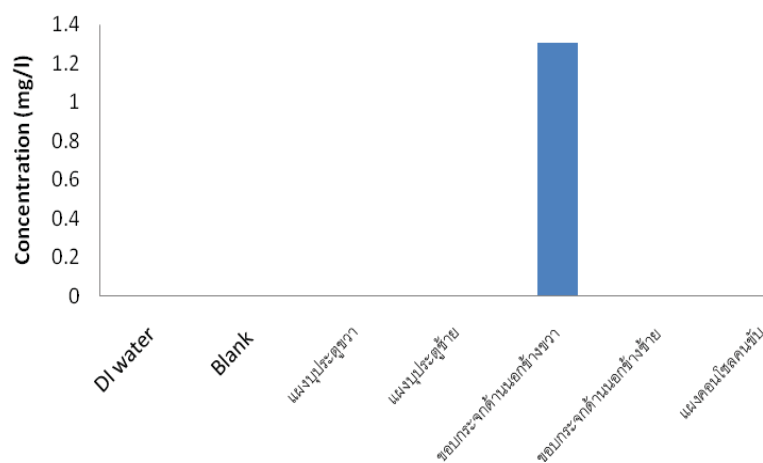
ภาพที่ 42 ปริมาณไนเตรทที่รถยนต์ต้องสงสัยว่ายังป็นกรณีศึกษาที่ 1

กรณีศึกษาที่ 2 เป็นรถยนต์เก๋ง 4 ประตูยี่ห้อ HONDA รุ่น CITY เก็บตัวอย่างทั้งหมด 12 บริเวณ
ตรวจเบื้องต้นด้วย color test แล้วเลือกมาทำการวิเคราะห์ด้วย IC 6 ตัวอย่าง ดังนี้ Blank แผลงบูประตุน้ำ
ข้างขวา แผลงบูประตุน้ำข้างซ้าย แผลงคอนโซลคนขับ กระดาษประตุน้ำด้านขวา กระดาษประตุน้ำหลัง
ด้านซ้าย แสดงผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 12

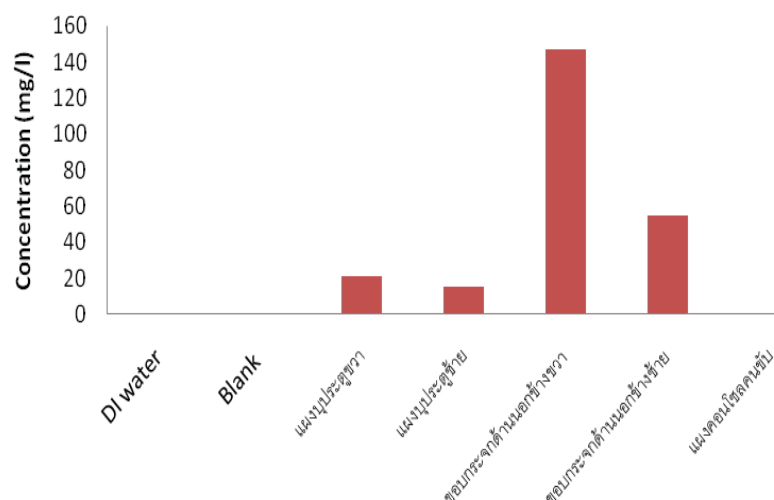
ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์และไนเตรทในเขม่าดินปืนที่รถยนต์ต้องสงสัยว่า
ยิงปืน กรณีศึกษาที่ 2

	ไนไตรท์(NO_2^-) (mg/l)	ไนเตรท (NO_3^-) (mg/l)
DI water	0	0
Blank	0	0
แผ่นบุประตูขวา	0	21.1336081
แผ่นบุประตูซ้าย	0	15.128464
ขอบกระจกด้านนอกข้างขวา	1.30606528	146.773194
ขอบกระจกด้านนอกข้างซ้าย	0	54.9589436
แผ่นคอนโซลคนขับ	0	0

เมื่อนำข้อมูลในตารางมาสร้างกราฟปริมาณไนไตรท์และไนเตรทที่รถยนต์ต้องสงสัยว่า
ยิงปืน ดังแสดงในภาพที่ 43 และ 44



ภาพที่ 43 ปริมาณไนไตรท์ที่รถยนต์ต้องสงสัยว่ายิงปืนกรณีศึกษาที่ 2



ภาพที่ 44 ปริมาณไนเตรทที่รถยนต์ต้องสงสัยว่ายังป็นกรณีศึกษาที่ 2

กรณีศึกษาที่ 3

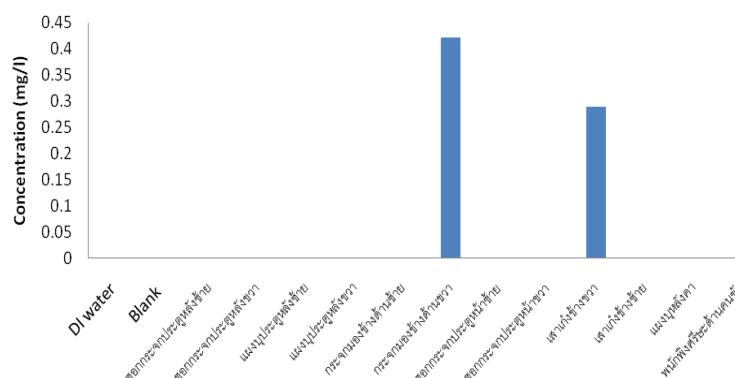
เป็นรถยนต์กระบะ 4 ประตู ยี่ห้อ ISUZU รุ่น DMAX เก็บตัวอย่างทั้งหมด 30 บริเวณตรวจเบื้องต้นด้วย color test แล้วเลือกมาทำการวิเคราะห์ด้วย IC 13 ตัวอย่าง ดังนี้ Blank ซอกกระจกประตูหน้าข้างซ้าย ซอกกระจกประตูหลังข้างซ้าย ซอกกระจกประตูหน้าข้างขวา ซอกกระจกประตูหลังข้างขวา เสากึ่งข้างขวา แฉงประตูลังข้างซ้าย เสากึ่งข้างซ้าย แฉงประตูลังข้างขวา แฉงประตูลังขวา กระจกมองข้างซ้าย พนักพิงศีรษะด้านคนขับ กระจกมองข้างขวา แสดงผลการทดลองดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์และไนเตรทในเขม่าดินปืนที่รถยนต์ต้องสงสัยว่ายังป็น กรณีศึกษาที่ 3

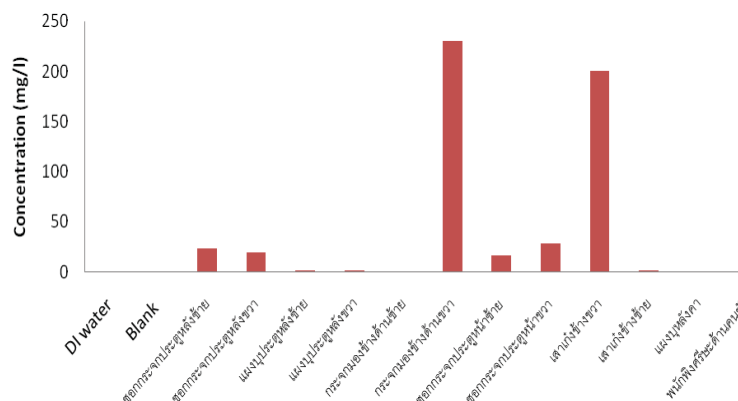
	ไนไตรท์ (NO_2^-) (mg/l)	ไนเตรท (NO_3^-) (mg/l)
DI water	0	0
Blank	0	0
ซอกกระจกประตูหลังซ้าย	0	23.8155853
ซอกกระจกประตูหลังขวา	0	19.646151
แฉงประตูลังซ้าย	0	2.06007253
แฉงประตูลังขวา	0	2.44835936

	ไนไตรท์ (NO_2^-) (mg/l)	ไนเตรท (NO_3^-) (mg/l)
กระจกมองข้างด้านซ้าย	0	1.09615695
กระจกมองข้างด้านขวา	0.42166475	230.000969
ชอกระจากประตูหน้าซ้าย	0	17.1649035
ชอกระจากประตูหน้าขวา	0	29.0781632
เสาแก้งข้างขวา	0.2898843	200.077916
เสาแก้งข้างซ้าย	0	1.96442139
แผงบุหลังคา	0	1.05620904
พนักงานศรีษะด้านคนขับ	0	1.0962

เมื่อนำข้อมูลในตารางมาสร้างกราฟปริมาณไนไตรท์และไนเตรทที่รถยนต์ต้องสงสัยว่า
ยังป็น ดังแสดงในภาพที่ 45 และ 46



ภาพที่ 45 ปริมาณไนไตรท์ที่รถยนต์ต้องสงสัยว่ายังป็นกรณีศึกษาที่ 3



ภาพที่ 46 ปริมาณไนเตรทที่รถยนต์ต้องสงสัยว่ายังป็นกรณีศึกษาที่ 3

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนและไนเตรทในเขม่าดินปืนบนผ้าที่ใช้เป็นเป้ายิง บนเสื้อผ้าของผู้ยิงปืน และประจักษ์ณคดีที่ยิงปืนผ่าน เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของไนโตรเจนและไนเตรทกับจำนวนนัดที่ยิง ระยะทางที่ยิง และระยะเวลาการเก็บตัวอย่างโดยใช้อาวุธปืนพกอัตโนมัติขนาด 9 มม.LUGER และได้ทำการศึกษาด้วย IC สามารถสรุปผลได้ดังนี้

ผ้าที่ใช้เป็นเป้ายิง ทดลองยิงจำนวน 1 นัด ระยะทางที่ทำการยิงจากปากกระบอกปืนไปถึงเป้ายิง ได้แก่ ระยะ 2, 15, 25 และ 40 นิ้ว เก็บตัวอย่างภายหลังยิงปืนทันที และ 3, 7, 15 และ 30 วัน ภายหลังการยิงปืน พบว่าปริมาณไนโตรเจนและไนเตรทที่วัดได้มีมากที่สุดในตัวอย่างไม่ได้จากระยะยิง 2 นิ้วและเก็บตัวอย่างทันที ปริมาณไนโตรเจนและไนเตรทมีความสัมพันธ์กับระยะยิงและระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง ปริมาณของไนโตรเจนและไนเตรทในเขม่าดินปืนลดลงตามการเพิ่มขึ้นของระยะยิงและระยะเวลาการเก็บตัวอย่างภายหลังการยิงปืน

เสื้อผ้าของผู้ยิงปืน ทดลองยิงจำนวน 1, 3 และ 5 นัด เก็บตัวอย่าง 3 ตำแหน่ง ได้แก่ หน้าอก แขนเสื้อข้างขวา และแขนเสื้อข้างซ้ายของผู้ยิงปืน เก็บตัวอย่างภายหลังยิงปืนทันที และ 3, 7 วัน ภายหลังการยิงปืน พบว่าสามารถตรวจพบ ปริมาณไนโตรเจนและไนเตรทจำนวนมากบริเวณเสื้อของผู้ยิงปืน ปริมาณไนโตรเจนและไนเตรทมีความสัมพันธ์กับจำนวนนัดที่ทำการยิงและระยะเวลาภายหลังการยิงปืน ปริมาณของไอออนทั้งสองลดลงตามการลดลงของจำนวนนัดที่ยิงและตามการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาการเก็บตัวอย่างภายหลังการยิงปืน

ประจักษ์ณคดีที่ยิงปืนผ่าน ทดลองยิงจำนวน 1, 3 และ 5 นัด เช็ดเก็บตัวอย่างทั่วทั้งบานหน้าต่างประจักษ์ณคดี เก็บภายหลังยิงปืนทันที และ 3, 7 วัน ภายหลังการยิงปืน พบว่าสามารถตรวจพบไนโตรเจนและไนเตรทในเขม่าดินปืนบนพื้นผิวของประจักษ์ณคดี การเก็บตัวอย่างจากพื้นผิวโลหะต้องระมัดระวังเรื่องความน่าเชื่อถือจากการวัดได้

จากการทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์ในการวิเคราะห์ พบค่า % R.S.D. ในการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนและไนเตรทมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ (Horwitz 1985)

และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation; S.D.) ในการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนและไนเตรทที่มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้เช่นเดียวกัน

2. ข้อเสนอแนะ

2.1 ควรทำการศึกษาในอาวุธปืนชนิด ขนาดต่างๆ เพื่อจะได้ทราบถึงรูปแบบของการคงอยู่และปริมาณของเขม่าปืน ในอาวุธปืนแต่ละชนิด ขนาด

2.2 ควรทำการศึกษาที่ผ่านชนิดอื่นๆ เพื่อดูการคงอยู่ของเขม่าดินปืนที่ผ่านชนิดอื่นๆ

2.3 ควรทำการศึกษาที่ระยะเวลาที่ยาวนาน เพื่อดูจนกว่าเขม่าดินปืนจะหมดไป

2.4 ควรศึกษาวัตถุอื่นๆ ที่เขม่าดินปืนสามารถปลิวฟุ้งไปได้

2.5 ควรทำการศึกษาที่ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างภายในซองพลาสติกใสแบบรูเปิด-ปิดมีซิปรูว่ามีผลต่อปริมาณไนโตรเจนและไนเตรทในตัวอย่างหรือไม่ จากการศึกษาในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาสภาวะดังกล่าวเป็นเวลา 1 สัปดาห์ พบว่า ปริมาณไนโตรเจนและไนเตรทยังมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

- จิรวัชร ฐนรัตน์, พ.ศ.ท. “คู่มือการตรวจหาดินปืน เขม่าดินปืน ตะกั่ว และทองแดง ของลูกกระสุนปืน.” เอกสารเผยแพร่กองพิสูจน์หลักฐาน สำนักงานนิติวิทยาศาสตร์ตำรวจ, 2551. (อัดสำเนา)
- นพสิทธิ์ อัครนพหงส์, พ.ศ.ต. “หลักการตรวจพิสูจน์เขม่าที่เกิดจากการยิงปืน.” เอกสารอัดสำเนา กองพิสูจน์หลักฐาน สำนักงานนิติวิทยาศาสตร์ตำรวจ, 2550. (อัดสำเนา)
- นิภาพรรณ จันตะมา. “การหาปริมาณ DPA ในดินปืนและเขม่าดินปืนจากกระสุนปืนอโตเมติก 4 ขนาดโดยเทคนิค HPLC.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2551. (อัดสำเนา)
- สำนักงานวิทยาการตำรวจ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ. “มาตรฐานการปฏิบัติงานด้านการตรวจพิสูจน์หลักฐาน พ.ศ.๒๕๔๘.” สำนักงานวิทยาการตำรวจ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ, 2548.
- สมนวรรณ หัสมินทร์. “การวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทในเขม่าดินปืนโดยเทคนิคไอออนโครมาโทกราฟี” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2552. (อัดสำเนา)
- อัมพร จารุจินดา, พ.ศ.ต. “การตรวจพิสูจน์อาวุธปืนและเครื่องกระสุนปืน.” เอกสารความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอาวุธปืนและกระสุนปืนสำหรับผู้เข้าอบรม กองพิสูจน์หลักฐาน สำนักงานวิทยาการตำรวจ, 2542. (อัดสำเนา)
- SHIMADZU (Asia Pacific) Pte Ltd. “Ion Chromatography Principles & Applications” เอกสารบรรยายการใช้งานเครื่อง Ion Chromatography, 2552. (อัดสำเนา)
- ขนาดของเส้นใย [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 18 มีนาคม 2555. เข้าถึงได้จาก http://www2.mtec.or.th/th/research/textile/textile_sci.html

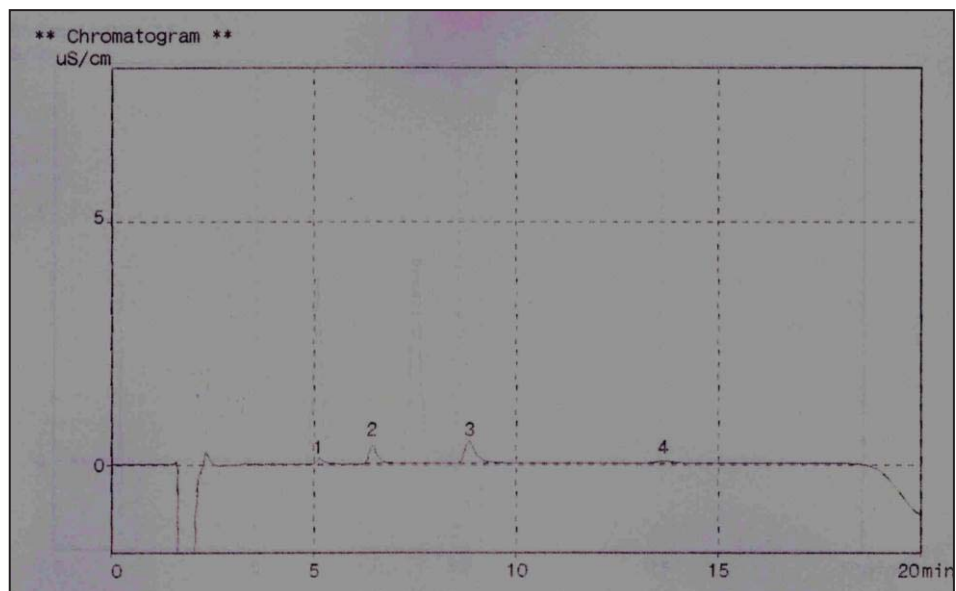
ภาษาต่างประเทศ

- Aniruddha Pisal. “Water and Environmental Analysis.” 26-34.
- Asya Vinokurov and others. “The influence of a possible contamination of the victim’s clothing by gunpowder residue on the estimation of shooting distance.” Journal of Forensic Science, 194 (2010) : 72-76.

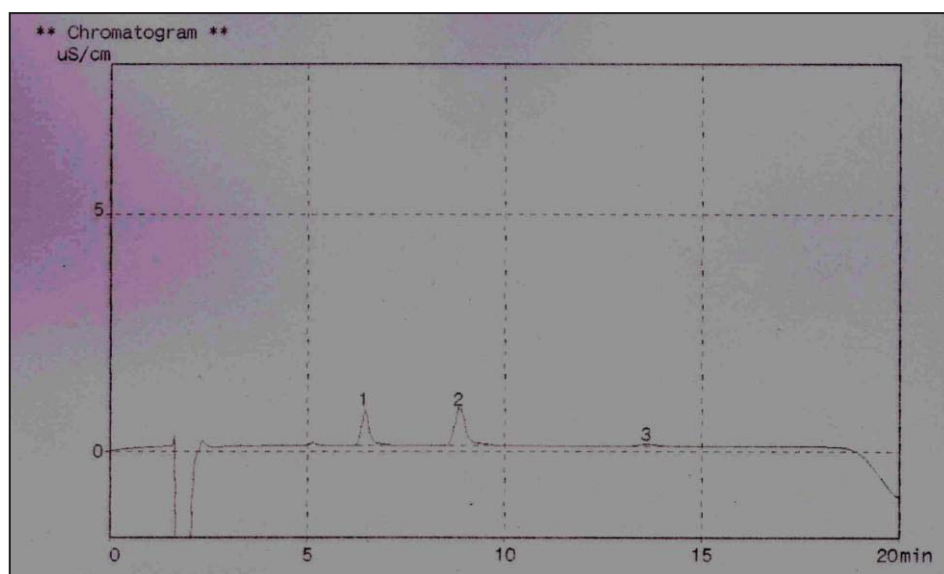
- A.J.Schwoeble, David L. Exline. Current methods in forensic gunshot residue analysis. CRC press LLC. (2000).
- Bexar county criminal investigation laboratory standard operating procedures-trace evidence section. (May, 31 2007).
- Darwin Dahl and others. "Gunshot residue analysis – an overview." AFTE Journal, 19, 3, (July 1987) : 247-251.
- Edgard o’N. Espinoza, Dr.P.H. and John I. Thornton, D.Crim. "Gunpowder stabilizers in soviet 5.45×39 mm (AK-47) and 7.63×39 mm (AK-47) ammunition." AFTE Journal, 21, 1, (January 1989) : 42-44.
- Edward E.Hueske. Practical Analysis and Reconstruction of Shooting Incidents.
- Jame Hsu and others. "Nitrate and Nitrite quantification from cured meat and vegetables and their estimated dietary intake in Australians." Journal of Food Chemistry, 115 (2009) : 334-339.
- Julians Hatcher. Firearms investigation, identification, and evidence. Stackpole company, Harrisburg, (1935).
- Lucien C Haag. Shooting incident reconstruction. Academic press. (2006) : 45-56.
- Michael D. Cole, Ph.D and others. "Gunshot Residue And Bullet Wipe Detection Using A Single Lift Technique." AFTE Journal, 24, 3, (July 1992) : 254-251.
- Morison and Boyd. "Laboratories of Gunshot residue." 4th edition. (2007).
- Peter E. Jackson. "Ion Chromatography in Environmental Analysis." Encyclopedia of Analytical Chemistry, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, (2000), 2779-2801.
- William A. MacCrehan and others. "Hair combing to collect organic gunshot residues (OGSR)." Journal of Forensic Science, 135 (2003) : 167-173.
- William A. MacCrehan and Mary Bedner. "Development of a smokeless powder reference material for propellant and explosives analysis." Journal of Forensic Science, 163 (2006) : 119-124.

ภาคผนวก

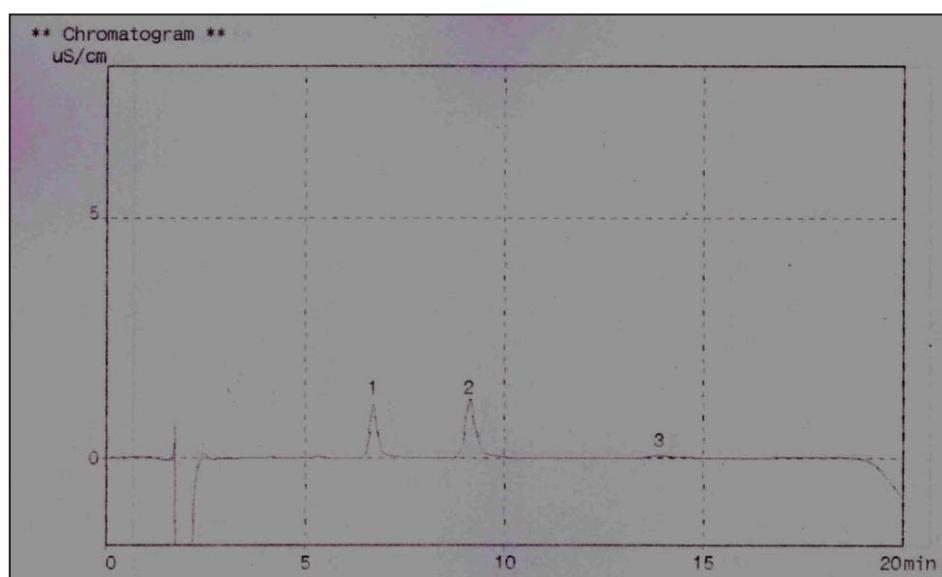
Chromatogram ของสารละลายมาตรฐานผสมไนไตรท์และไนเตรท ด้วย IC



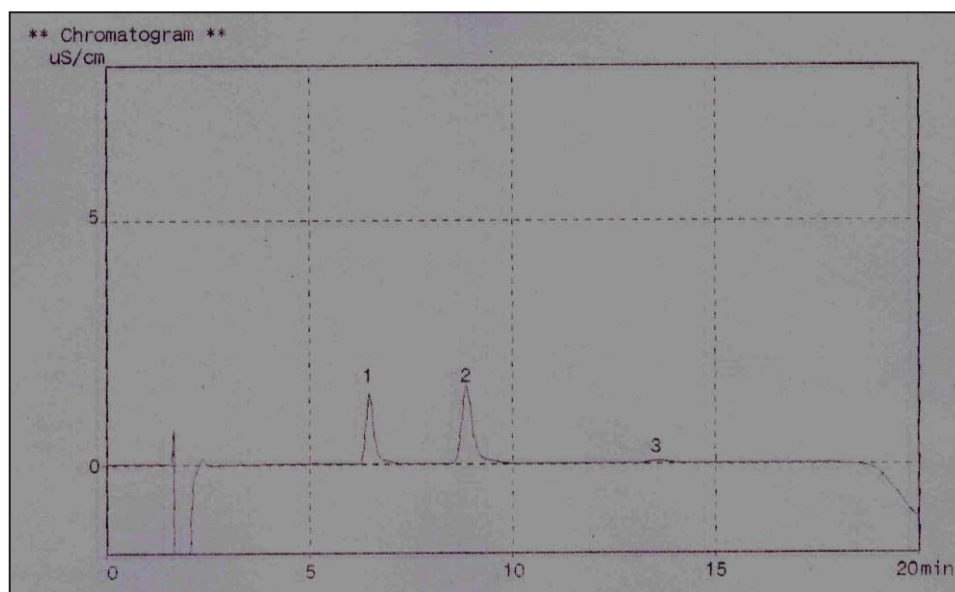
ภาพที่ 47 Chromatogram ของสารละลายมาตรฐานผสมไนไตรท์และไนเตรท ที่ความเข้มข้น 1.5 : 3 mg/l (peak no.2 nitrite, peak no.3 nitrate)



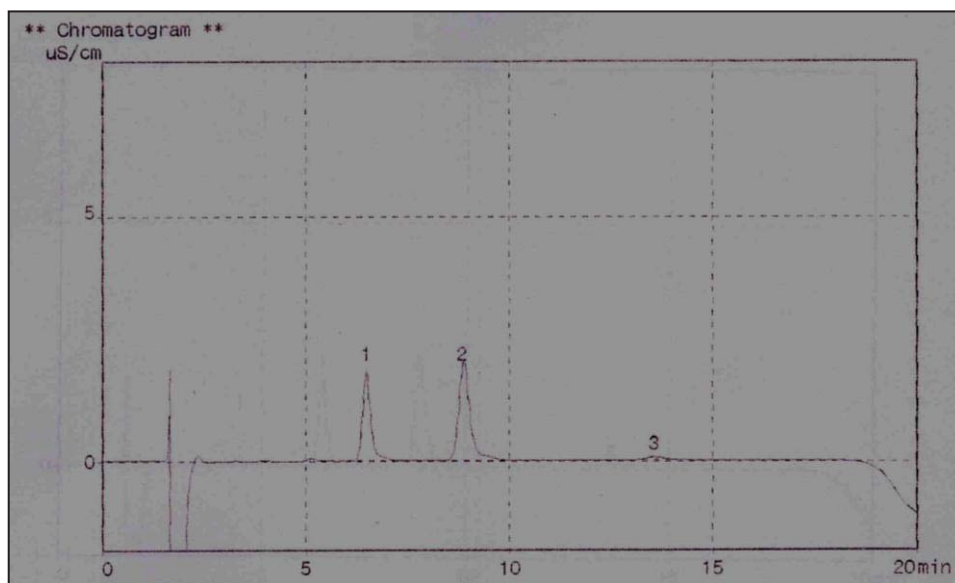
ภาพที่ 48 Chromatogram ของสารละลายมาตรฐานผสมไนไตรท์และไนเตรท ที่ความเข้มข้น 3 : 6 mg/l (peak no.1 nitrite, peak no.2 nitrate)



ภาพที่ 49 Chromatogram ของสารละลายมาตรฐานผสมไนไตรท์และไนเตรท ที่ความเข้มข้น 4.5 : 9 mg/l (peak no.1 nitrite, peak no.2 nitrate)

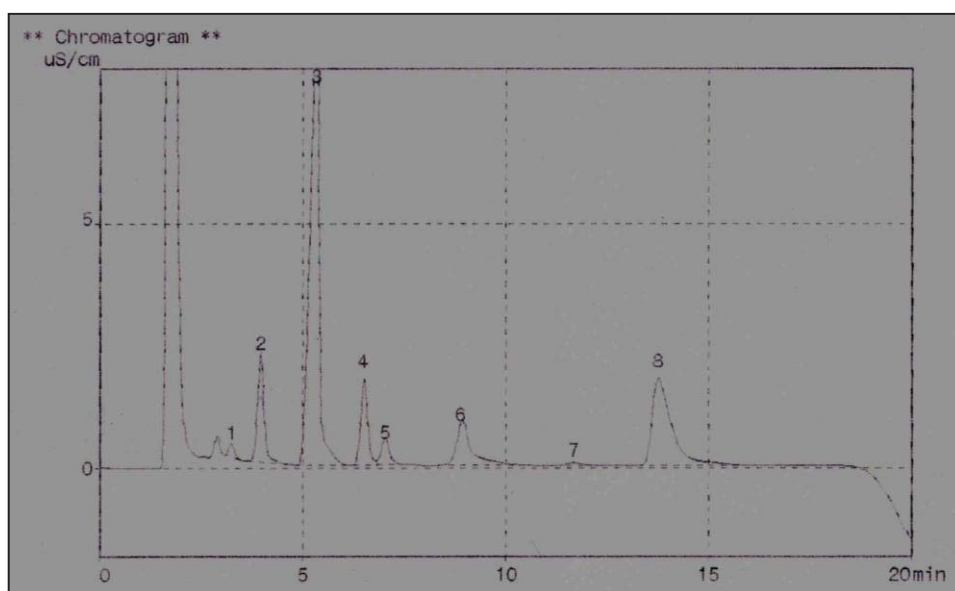


ภาพที่ 50 Chromatogram ของสารละลายมาตรฐานผสมไนไตรท์และไนเตรท ที่ความเข้มข้น 6 : 12 mg/l (peak no.1 nitrite, peak no.2 nitrate)

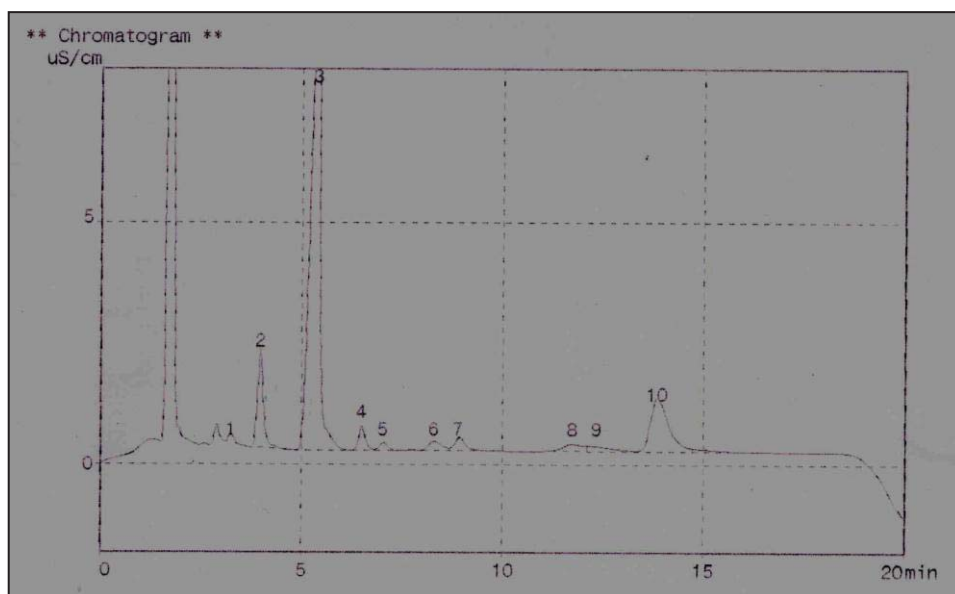


ภาพที่ 51 Chromatogram ของสารละลายมาตรฐานผสมไนไตรท์และไนเตรท ที่ความเข้มข้น 7.5 : 15 mg/l (peak no.1 nitrite, peak no.2 nitrate)

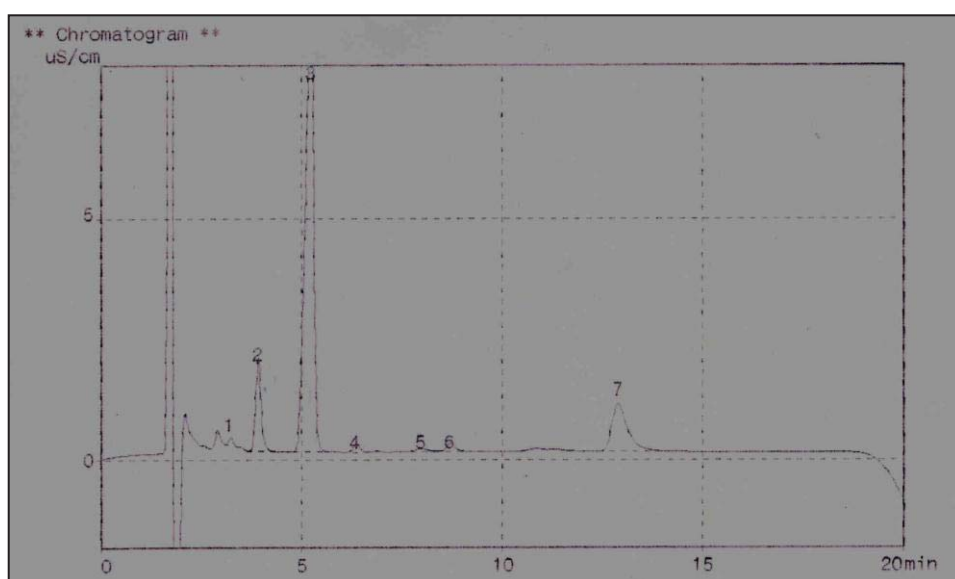
Chromatogram ของไนไตรท์และไนเตรทในขมิ้นดินปืน ด้วย IC



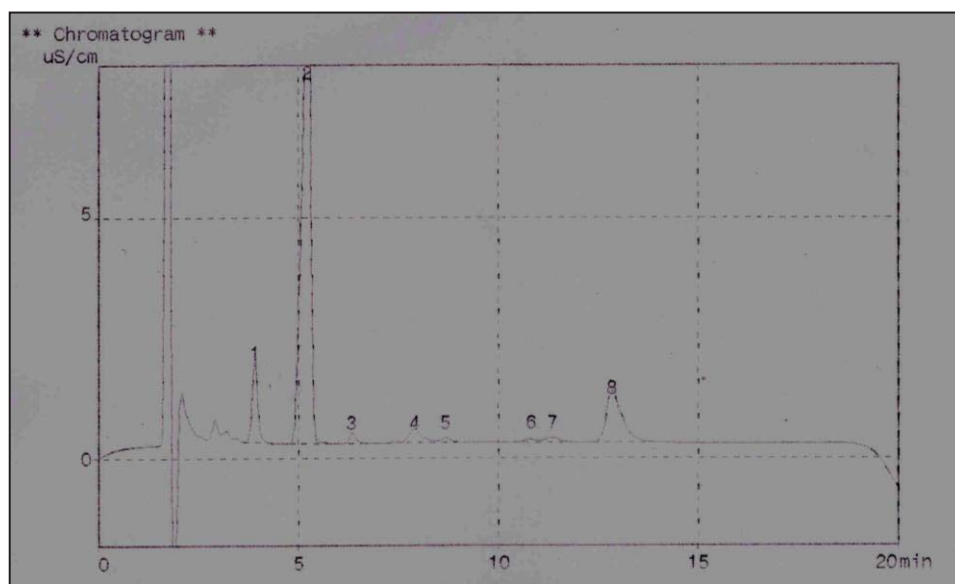
ภาพที่ 52 Chromatogram ของตัวอย่างผ้าที่ใช้เป็นเป้ายิง ที่ระยะยิง 2 นิ้ว เก็บตัวอย่างทันที (peak no.4 nitrite, peak no.6 nitrate)



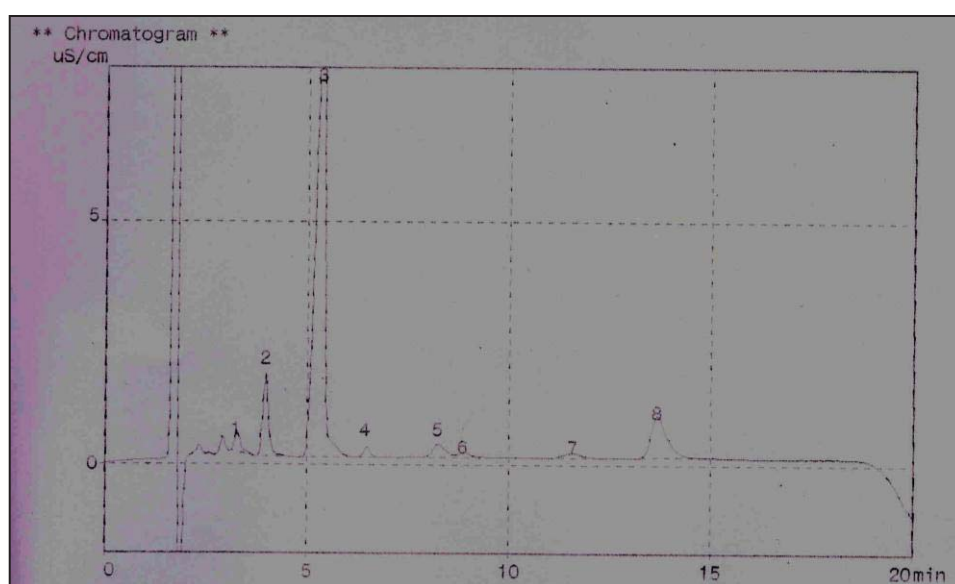
ภาพที่ 53 Chromatogram ของตัวอย่างผ้าที่ใช้เป็นเป้ายิง ที่ระยะยิง 15 นิ้ว เก็บตัวอย่างทันที (peak no.4 nitrite, peak no.6 nitrate)



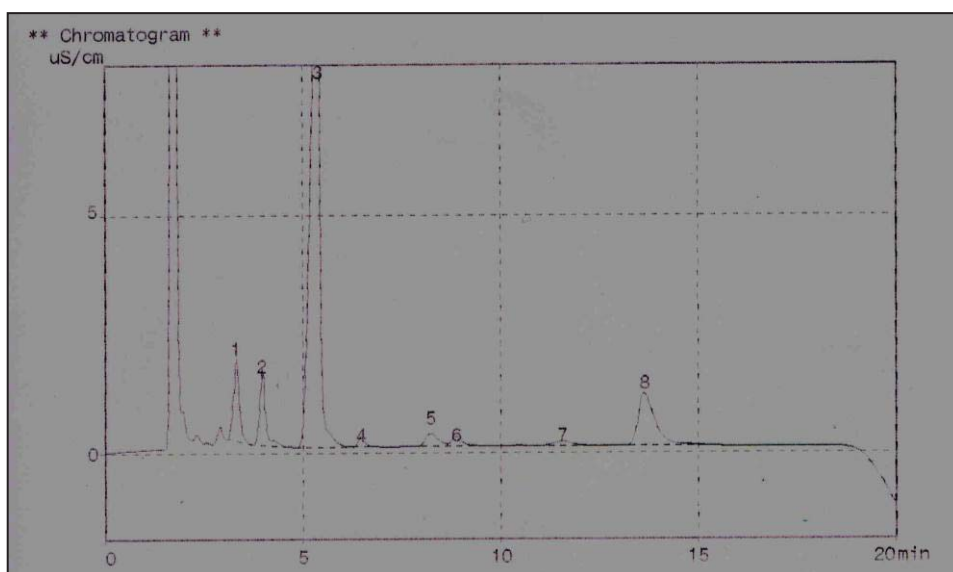
ภาพที่ 54 Chromatogram ของตัวอย่างผ้าที่ใช้เป็นเป้ายิง ที่ระยะยิง 25 นิ้ว เก็บตัวอย่างทันที (peak no.4 nitrite, peak no.6 nitrate)



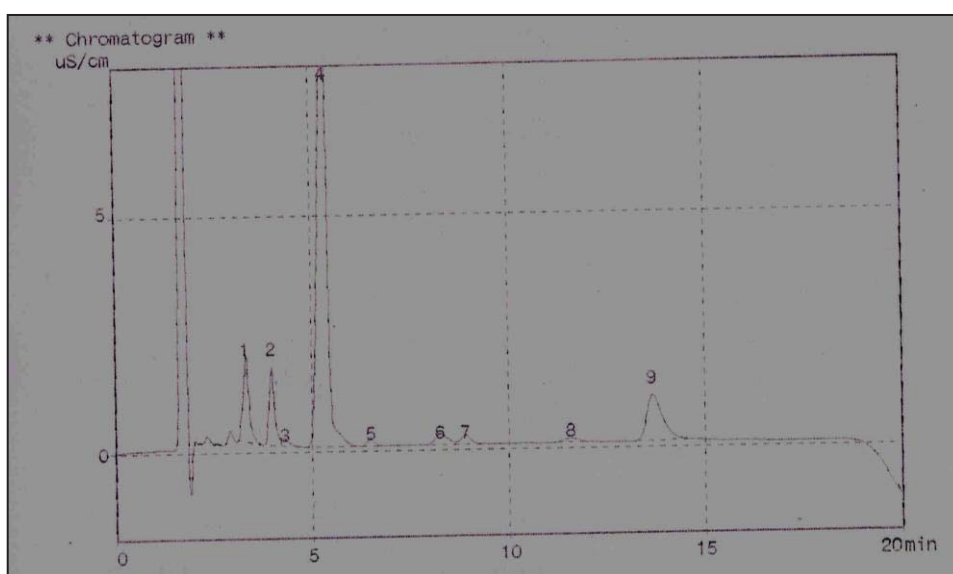
ภาพที่ 55 Chromatogram ของตัวอย่างผ้าที่ใช้เป็นเป้ายิง ที่ระยะยิง 40 นิ้ว เก็บตัวอย่างทันที (peak no.3 nitrite, peak no.5 nitrate)



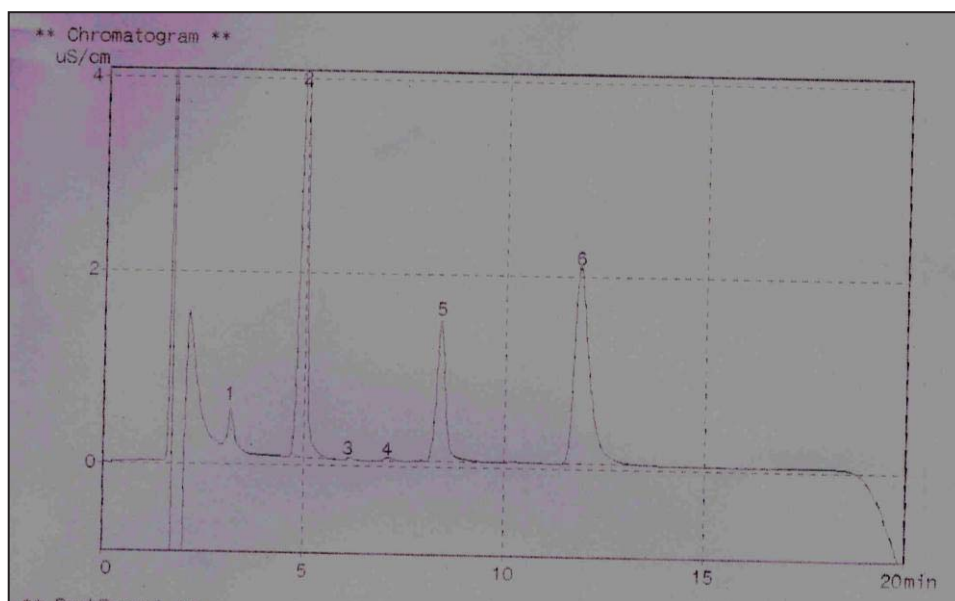
ภาพที่ 56 Chromatogram ของตัวอย่างเสื้อผ้าผู้ยิง เก็บตัวอย่างทันที ที่หน้าอกของผู้ยิงปืน (peak no.4 nitrite, peak no.5 nitrate)



ภาพที่ 57 Chromatogram ของตัวอย่างเสื้อผ้าผู้ยิง เก็บตัวอย่างทันที ที่แขนเสื้อข้างขวาของผู้ยิงปืน
(peak no.4 nitrite, peak no.5 nitrate)

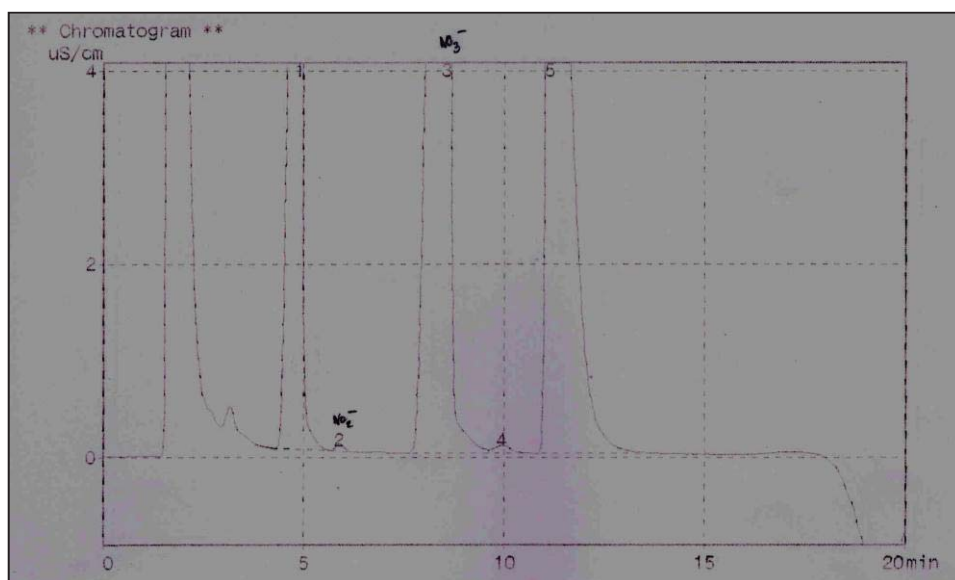


ภาพที่ 58 Chromatogram ของตัวอย่างเสื้อผ้าผู้ยิง เก็บตัวอย่างทันที ที่แขนเสื้อข้างซ้ายของผู้ยิงปืน
(peak no.5 nitrite, peak no.6 nitrate)

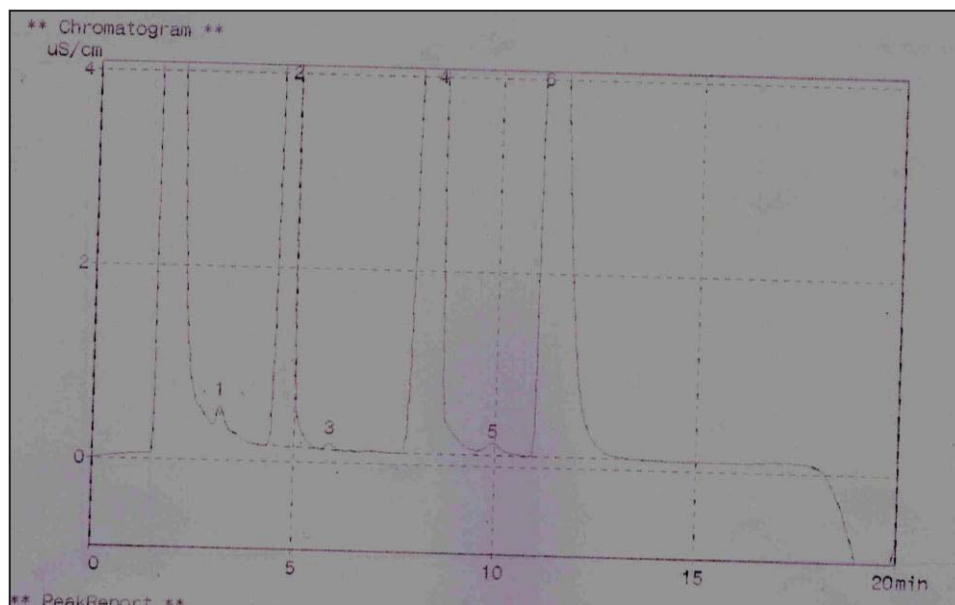


ภาพที่ 59 Chromatogram ของตัวอย่างประจุรถยนต์ที่ยังเป็นผ่าน ยิง 3 นัด เก็บตัวอย่างทันที (peak no.3 nitrite, peak no.5 nitrate)

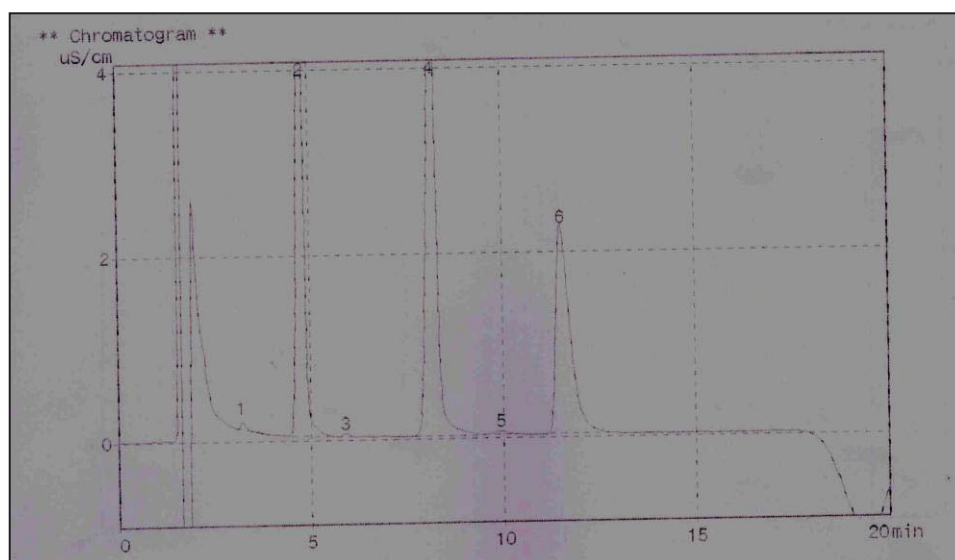
Chromatogram ของไนไตรท์และไนเตรทในเขม่าดินปืนจากกรณีศึกษา ด้วย IC



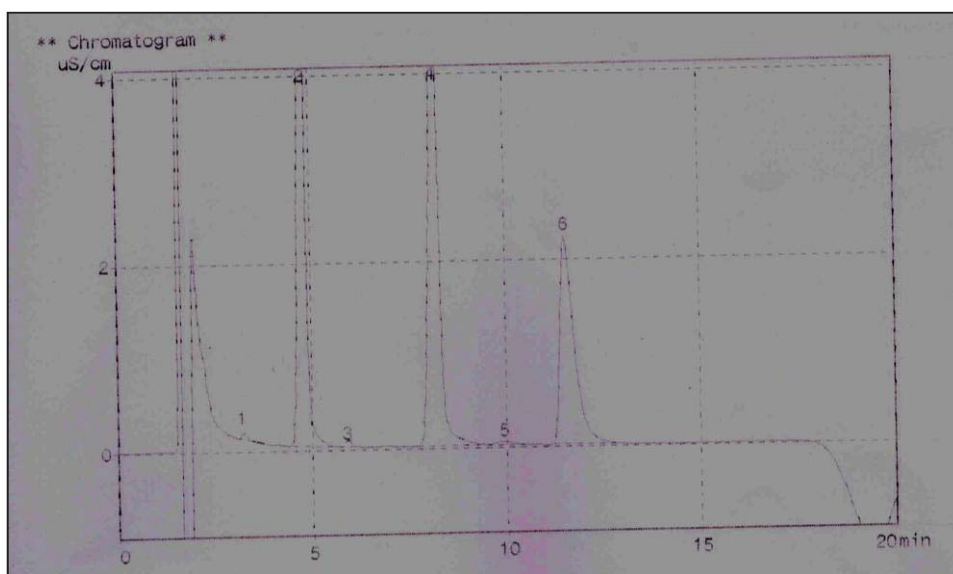
ภาพที่ 60 Chromatogram ของตัวอย่างกรณีศึกษาที่ 1 บริเวณกระบอกประตุน้ำข้างขวา (peak no.2 nitrite, peak no.3 nitrate)



ภาพที่ 61 Chromatogram ของตัวอย่างกรณีศึกษาที่ 1 บริเวณกระจกประตูหน้าข้างซ้าย
(peak no.3 nitrite, peak no.4 nitrate)

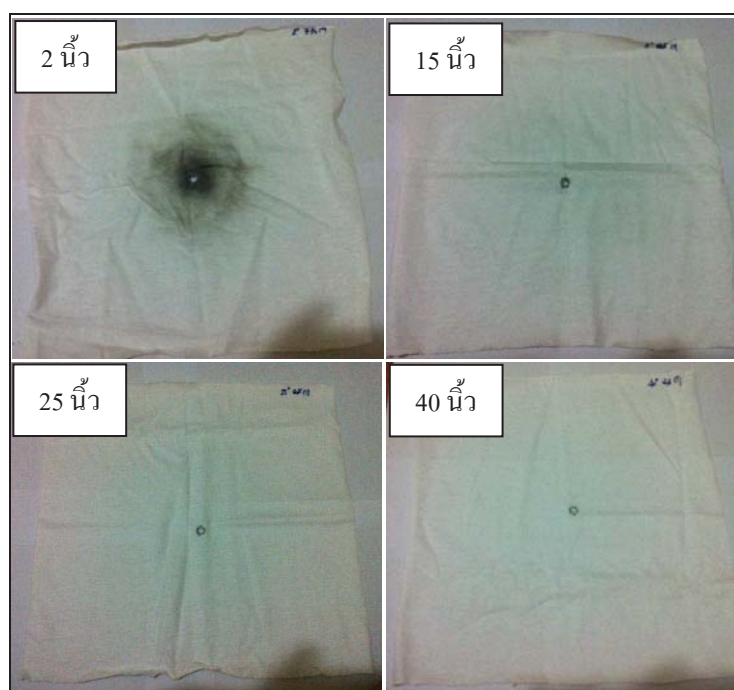


ภาพที่ 62 Chromatogram ของตัวอย่างกรณีศึกษาที่ 1 บริเวณกระจกมองข้างขวา
(peak no.3 nitrite, peak no.4 nitrate)



ภาพที่ 63 Chromatogram ของตัวอย่างกรณีศึกษาที่ 1 บริเวณกระจกมองข้างซ้าย (peak no.3 nitrite, peak no.4 nitrate)

แสดงภาพผ้าที่เป็นเป้ายิงระยะต่างๆ เพื่อดูลักษณะเขม่าที่กระจายตัวปรากฏที่เป่าผ้า



ภาพที่ 64 การกระจายตัวของเขม่าดินปืนที่ไปกระทบเป้ายิงที่ระยะ 2, 15, 25 และ 40 นิ้ว

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – สกุล

ร้อยตำรวจเอกหญิงเบญจ พุฒินิล

ที่ทำงาน

กลุ่มงานตรวจอาวุธปืนและเครื่องกระสุน

อาคาร 9 กองพิสูจน์หลักฐานกลาง

สำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจ ถนนอังรีดูนังค์

แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

โทรศัพท์ 0 – 2205 – 2640

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2547

ปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมี)

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

พ.ศ. 2552 – ปัจจุบัน

ศึกษาต่อระดับปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2549 - 2552

นักวิทยาศาสตร์ (สบ 1) กลุ่มงานตรวจอาวุธปืนและเครื่องกระสุน

กองพิสูจน์หลักฐาน สำนักงานนิติวิทยาศาสตร์ตำรวจ

พ.ศ. 2552 - ปัจจุบัน

นักวิทยาศาสตร์ (สบ 1) กลุ่มงานตรวจอาวุธปืนและเครื่องกระสุน

กองพิสูจน์หลักฐานกลาง สำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจ