

การหาปริมาณไนไตรท์และไนเตรทบนเส้นผมของผู้ยิงปืนโดยเทคนิคไอออนโครมาโทกราฟี*

Determination of nitrites and nitrates on the shooter's hair
by ion chromatography techniques

ร.ต.อ.หญิงวิจิตรดา คุณมา**

ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี***

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ศึกษาปริมาณไนไตรท์ (NO_2^-) และไนเตรท (NO_3^-) จากเขม่าปืนบนเส้นผมของผู้ยิงปืน โดยใช้เทคนิคไอออนโครมาโทกราฟี ผู้วิจัยใช้อาวุธปืน 2 ชนิดในการทดลองเนื่องจากพบว่าใช้บ่อยในการก่ออาชญากรรม คือปืนพกหรือลเวอ์ ยี่ห้อ Smith&Wesson ขนาด .38 Special กับกระสุนปืน ยี่ห้อ Royal Ammunition 158 gr. และปืนกึ่งอัตโนมัติยี่ห้อ Glock ขนาด 9 มม. กับกระสุนปืนยี่ห้อ Bullet Master 124 gr. ในการทดลองยิงครั้งละ 3 นัด เก็บเขม่าที่ระยะเวลาภายหลังยิงปืนทันที, 6,12 และ 24 ชั่วโมง โดยเก็บพื้นที่เส้นผมทั้งหมด 6 บริเวณ คือ บริเวณด้านหน้าขวา, ข้างขวา, กลางกระหม่อมขวา, ด้านหน้าซ้าย, ข้างซ้าย และกลางกระหม่อมซ้าย

จากผลการทดลองโดยเตรียมสารละลายมาตรฐานไนไตรท์และไนเตรทที่ความเข้มข้น 1-10 ppm. ได้กราฟเป็นเส้นตรง ด้วยค่า (R^2) = 0.996 ทั้งสองไอออน เมื่อเก็บตัวอย่างเส้นผมของผู้ยิงอาวุธปืนหรือลเวอ์และกึ่งอัตโนมัติมาวิเคราะห์ พบว่า ปริมาณไนไตรท์ที่พบมากที่สุด คือ บริเวณด้านหน้าซ้าย กับด้านหน้าขวา และพบน้อยที่สุดบริเวณกลางกระหม่อม ปริมาณไนไตรท์และไนเตรท ที่พบในเส้นผมที่เก็บจากด้านขวาและด้านซ้ายของผู้ยิงอาวุธปืนหรือลเวอ์จะมีปริมาณใกล้เคียงกัน แต่ในอาวุธปืนกึ่งอัตโนมัติบริเวณด้านขวาคือพบมากกว่าด้านซ้าย และเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นปริมาณไนไตรท์และไนเตรทจะลดลง แต่ก็สามารถตรวจพบได้แม้เวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง ผลจากการศึกษานี้จึงเป็นประโยชน์ในทางนิติวิทยาศาสตร์สำหรับการบ่งชี้ว่ามีการยิงปืนหรือไม่ และวิธีการที่พัฒนาขึ้นในครั้งนี้อาจนำไปใช้ยืนยันบุคคลที่อยู่ใกล้เหตุการณ์การใช้อาวุธปืนได้

* บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโทฉบับที่ เรื่อง การหาปริมาณไนไตรท์และไนเตรทบนเส้นผมของผู้ยิงโดยเทคนิคไอออนโครมาโทกราฟี โดยมี อาจารย์ ดร.ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง เป็นที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

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

*** อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

Abstract

The objective of this study is to determine nitrites and nitrates contents in gunshot residues (GSR) deposited on the hair of the shooter by using the technique of Ion Chromatography (IC). The weapons chosen for this study were the most frequently used firearms in crimes namely, a revolver Smith&Wesson, .38 Royal Ammunition and a semiautomatic Glock, .9 mm Bullet Master. In each experiment, three bullets were fired successively. The GSR samples were taken from the hair of the shooter immediately and after 6,12 and 24 hours after shooting. The samples were taken from the hairs on 6 different areas of the shooter's head namely the right front, the right side, the right top, the left front, the left side and the left top of the head.

The linear calibration curves for the two ions were obtained at a concentration range of 1-10 ppm with $R^2 = 0.996$ for both ions and the calibration equations were used to estimate the amounts of the two ions in GSR samples. For both guns, the highest amounts of the two ions were found in the samples collected from the hairs on the two sides of the head whereas the lowest NO_3^- and NO_2^- contents were found in the samples taken from the top of the head. For the revolver experiments, the amounts of the two ions detected in samples collected from both sides of the head were nearly equivalent but in the semiautomatic cases, the largest amounts of the two ions were found in samples taken from the right side of the head. As the samples collection time was increased, the NO_3^- and NO_2^- contents in all samples decreased. However, the two ions can be detected in all samples collected 24 hours after shooting. The results from this study have shown to be very useful in the investigation of firearm usages and the method developed in this work may be used to identify a person in the vicinity of gun firing.

บทนำ

การกระทำผิดทางอาชญากรรมโดยใช้อาวุธปืนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมาก เนื่องจากอาวุธปืนเป็นศาสตราวุธอันตรายแรงสามารถที่จะทำอันตรายต่อชีวิตและร่างกายแก่บุคคลได้โดยง่าย หากอยู่ในความครอบครองของบุคคลและนำไปใช้ในทางมิชอบแล้ว ย่อมจะก่อให้เกิดความเสียหายให้แก่ผู้อื่น และอาจทำให้บุคคลอื่นได้รับอันตรายถึงชีวิตได้ ระบบการอนุญาตครอบครองอาวุธปืนตามกฎหมายของประเทศไทยสามารถกระทำได้อย่างง่าย ซึ่งประชาชนทั่วไปสามารถมีและใช้อาวุธปืนได้โดยขออนุญาตต่อนายทะเบียน

หรือนายอำเภอท้องที่ และระบบการลงทะเบียนการพกพาและครอบครองอาวุธปืนโดยไม่ได้รับอนุญาตไม่รุนแรงนัก ทำให้อาวุธปืนกลายเป็นสิ่งที่พกพาได้สะดวกและก่อให้เกิดอาชญากรรมได้ง่ายเช่นกัน เมื่อเกิดเหตุอาชญากรรมขึ้นนิติวิทยาศาสตร์จึงเป็นศาสตร์ที่สำคัญในการพิสูจน์ข้อเท็จจริงในกระบวนการยุติธรรมสร้างความเชื่อมั่นได้เป็นอย่างดี เพราะหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้

ประเภทของเขม่าดินปืนนั้นจะมีอยู่ 2 ประเภท คือ Organic Residues ที่ได้จากการเผาไหม้ของดินส่งกระสุนปืน และ Inorganic Residues ที่ได้จากชนวนและกระสุนปืน ปัจจุบันทางกองพิสูจน์หลักฐานกลาง สำนักงานตำรวจแห่งชาติ ได้ใช้เทคนิค Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) และเทคนิค Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) ในการตรวจพิสูจน์เขม่าดินปืนที่มีอยู่ซึ่งเป็นการตรวจหา Inorganic Residues ซึ่งเป็นผลลัพธ์จากกระบวนการเผาไหม้ของชนวนท้ายกระสุนปืน เกิดเป็นการตกค้างของเขม่าที่ประกอบไปด้วยอนุภาคของโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว (pb), แอนติโมนี (sb) และแบเรียม (Ba) อันเป็นผลลัพธ์ซึ่งได้มาจาก Primer Mixture ที่ถูกเผาไหม้เมื่อได้รับความร้อนในระหว่างการจุดระเบิดของชนวนท้ายกระสุนปืนหรือ Primer

เทคนิค Ion Chromatography เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการตรวจวิเคราะห์เขม่าดินปืนประเภท Organic Residues ซึ่งมีที่มาจากดินส่งกระสุนปืนโดยตรง แตกต่างจากการวิเคราะห์โลหะหนักในแก๊สปืนด้วยวิธี SEM, AAS และ ICP-MS ซึ่งต้องใช้เวลาในการเตรียมตัวอย่างเพื่อตรวจวิเคราะห์นานกว่า ซึ่งข้อดีของเทคนิค Ion Chromatography นั้นใช้เวลาในการเตรียมตัวอย่างไม่นาน ประหยัดเวลาและสามารถทราบผลได้รวดเร็ว ซึ่งเป็นประโยชน์มากในกรณีที่ผลตรวจผู้ตรวจสงสัยเป็น Negative เจ้าหน้าที่ก็สามารถติดตามตัวคนร้ายที่กระทำความผิดจริงได้ภายในระยะเวลาอันรวดเร็ว อีกทั้งราคาเครื่องมือแพง สามารถทำได้ง่ายและไม่ยุ่งยาก เทคนิค Ion Chromatography สามารถวิเคราะห์ไนโตรทและไนเตรทซึ่งเป็นไอออนที่มีเป็นส่วนประกอบสำคัญในดินส่งกระสุนปืน ไนเตรทอาจพบได้ตามธรรมชาติ แต่ไนโตรทจะเกิดขึ้นเมื่อมีการเผาไหม้หรือเมื่อมีการยิงปืนเท่านั้น เมื่อนำสารอินทรีย์ทั้งสองมาวิเคราะห์ควบคู่กันเพื่อประยุกต์ใช้ในงานทางนิติวิทยาศาสตร์จะเป็นประโยชน์ในการบ่งชี้ได้ว่าการยิงปืนเกิดขึ้น

เมื่อมีการยิงปืนเกิดขึ้นอนุภาคต่าง ๆ จะปลิวกระจายเกาะบริเวณร่างกายของผู้ยิง เช่น มือ แขน เส้นผม เสื้อผ้า รวมถึงเส้นผมของผู้ยิงด้วย ดังนั้นการพิสูจน์เขม่าดินปืนบนมือผู้ต้องสงสัยจึงไม่ใช่ทางเลือกเดียวที่จะตอบโจทย์ได้ว่าผู้ต้องสงสัยได้ยิงปืนหรือไม่ และในยุคสังคมออนไลน์ความรู้ทางด้านนี้เผยแพร่จนเป็นที่รู้โดยทั่วไป บ่อยครั้งผู้ต้องหาหรือผู้ต้องสงสัยมักล้างมือทำความสะอาดเรียบร้อยซึ่งอาจทำให้เกิดผล False negative ได้จากงานวิจัยของ Hans Ditrich (2012) แสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ที่จะตรวจเขม่าดินปืนที่มีอยู่ของผู้ต้องหาหรือผู้ต้องสงสัยไม่พบอนุภาค GSR เนื่องจากยิงปืนโดยสวมถุงมือ ล้างหรือทำความสะอาดมือไปแล้ว และจากงานวิจัยของ Arie Zeichner และ Nadav Levin (1993) ศึกษาการเก็บอนุภาค GSR จากผมและมือ โดยใช้ Double Side Adhesive ติดลงบน aluminium stub ในการวิเคราะห์พบว่าอนุภาค GSR สามารถตรวจพบจากผมภายหลัง 24 ชั่วโมง ถ้ายังไม่ได้ทำความสะอาด

ผม ซึ่งบางกรณีตรวจพบอนุภาค GSR บนผมแต่ไม่พบบนมือ และจากงานวิจัยของ Shigetoshi Kage และคณะ (2001) ศึกษาการเก็บอนุภาค GSR จากมือ, เส้นผม, ใบหน้า และเสื้อผ้า โดยใช้วิธี SEM/WDX ตรวจพบอนุภาค GSR บนมือมากกว่า 3 ชั่วโมงหลังจากการยิงเป็นอย่างต่ำ แต่อย่างไรก็ตามพบว่า อนุภาค GSR ที่พบบนเส้นผมและเสื้อผ้าจะติดทนนานกว่า

ในสภาพความเป็นจริงโอกาสที่เจ้าหน้าที่จะติดตามตัวคนร้ายเพื่อเก็บเขม่าดินปืนให้เร็วที่สุด ภายใน 6 ชั่วโมงนับตั้งแต่การยิงปืนนั้นค่อนข้างยาก อีกทั้งอนุภาคเขม่าปืนที่คงอยู่บนมือที่ยิงปืนจะมีการสูญหายไปอย่างต่อเนื่อง เพราะมือเป็นอวัยวะสำคัญต่อการใช้งานอันเนื่องมาจากการดำเนินกิจกรรมประจำวันตามปกติ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการศึกษาร่องรอยสาร หรือ Organic Residues ที่เกิดจากการเผาไหม้ของดินสักระสุนปืน โดยศึกษาหา Nitrites และ Nitrates จากเขม่าปืนบนเส้นผมของผู้ยิงปืน โดยใช้เทคนิค Ion Chromatography ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการวิเคราะห์การมีอยู่ของเขม่าปืนว่า สะสมอยู่บนเส้นผมภายในระยะเวลาที่ชั่วโมง โดยทำการศึกษาอาวุธปืนที่ใช้บ่อยในประเทศไทย ได้แก่ อาวุธปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติและอาวุธปืนรีวอลเวอร์ ผลที่ได้จากการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ในงานนิติวิทยาศาสตร์ ในการเชื่อมโยงกับผู้ต้องสงสัยกรณีสวมถุงมือหรือล้างทำความสะอาดมือไปแล้วหรือกรณีที่ ไม่สามารถตรวจพบอนุภาคบนมือ หากตรวจพบอนุภาคเหล่านี้บนเส้นผมจะเป็นเบาะแสในการสืบหาตัวผู้กระทำความผิดทางอาชญากรรมและเชื่อมโยงเหตุการณ์ว่ามีการยิงปืนภายในระยะเวลาที่ตรวจพบหรือไม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนไตรท์และไนเตรท บนเส้นผมของผู้ยิงจากการยิงด้วยอาวุธปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติและอาวุธปืนรีวอลเวอร์กับระยะเวลาภายหลังการยิงปืนว่าสามารถตรวจพบได้ภายในระยะเวลาเท่าใด
2. เพื่อศึกษาปริมาณไนไตรท์และไนเตรท บริเวณพื้นที่เก็บเขม่าปืนบนเส้นผม 6 ตำแหน่ง คือ บริเวณด้านหน้าขวา, บริเวณด้านข้างขวา, บริเวณกลางกระหม่อมขวา, บริเวณด้านหน้าซ้าย, บริเวณด้านข้างซ้ายและบริเวณกลางกระหม่อมซ้าย จากการยิงด้วยอาวุธปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติและอาวุธปืนรีวอลเวอร์

วิธีการวิจัย

1. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

- 1.1 เครื่อง Ion Chromatography (IC) รุ่น DIONEX MODEL ICS-1000
- 1.2 เครื่อง Ultrasonic water bath ยี่ห้อ Cavitator
- 1.3 ปืนพกรีวอลเวอร์ ยี่ห้อ Smith&Wesson ขนาด .38 Special
- 1.4 กระสุนปืนรีวอลเวอร์ ยี่ห้อ Royal Ammunition 158 gr.
- 1.5 ปืนพกกึ่งอัตโนมัติ ยี่ห้อ Glock ขนาด 9 mm.

- 1.6 กระสุนปืนกึ่งอัตโนมัติ ยี่ห้อ Bullet Master 124 gr.
- 1.7 เป้ามาตรฐานสากล
- 1.8 ขวดเก็บตัวอย่าง (Vial) ขนาด 3 ml.
- 1.9 สำลีสรรพยาบาล
- 1.10 Volumetric pipette 1,2,5 และ 10 ml. ยี่ห้อ Witeg
- 1.11 Beaker ขนาด 50 และ 100 ml. ยี่ห้อ Bomex
- 1.12 Volumetric flask 50 และ 100 ml. ยี่ห้อ Herkans 12.5/21 Duran
- 1.13 กระบอกฉีดยา (Syringe) 3 cc/ml. ยี่ห้อ Terumo
- 1.14 Nylon membrane filter 0.45 μ m ยี่ห้อ Vetriclean
- 1.15 กรรไกร ยี่ห้อ horse
- 1.16 ถุงมือ ยี่ห้อ K.S.Glove
- 1.17 Label ยี่ห้อ Elephant
- 1.18 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง เช่น Deionized water, Sodium Nitrites และ Sodium trates

2. วิธีทดลอง การเก็บตัวอย่าง และสภาวะที่ใช้ในการทดลอง

ขั้นตอนการดำเนินการเก็บตัวอย่างเข้ามาเป็นจากเส้นผมผู้ยิง มีดังนี้

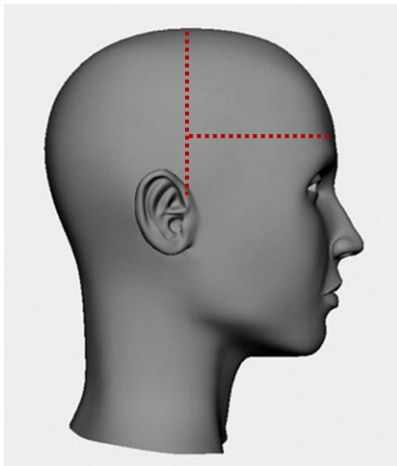
2.1 ผู้ยิงยิงด้วยอาวุธปืนรีโวลเวอร์ยี่ห้อ Smith&Wesson ขนาด .38 Special กับกระสุนปืน ยี่ห้อ Royal Ammunition 158 gr. ยิงครั้งละ 3 นัด ที่ระยะห่างจากเป้ายิง 10 เมตร โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

2.2 ผู้ยิงยิงด้วยอาวุธกึ่งอัตโนมัติ ยี่ห้อ Glock ขนาด 9 มม.กับกระสุนปืนยี่ห้อ Bullet Master 124 gr. ยิงครั้งละ 3 นัด ที่ระยะห่างจากเป้ายิง 10 เมตร โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

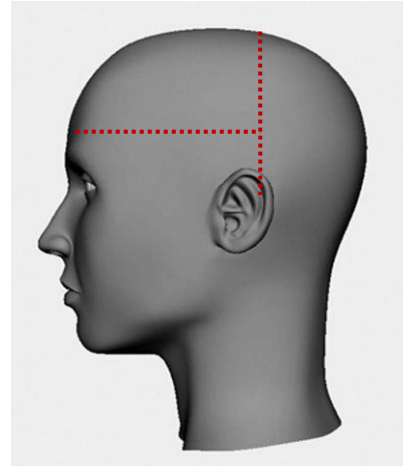
หลังจากยิงปืนแล้ว ให้ผู้ยิงทำกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันตามปกติ จนถึงเวลาที่กำหนด จึงทำการเก็บตัวอย่างบนเส้นผมของผู้ยิง โดยระยะเวลาที่จะทำการเก็บตัวอย่าง 4 ครั้ง คือ เก็บตัวอย่างทันทีหลังยิง, 6, 12 และ 24 ชั่วโมง

วิธีการเก็บตัวอย่างบนเส้นผมผู้ยิงในแต่ละครั้ง เตรียมขวดเก็บตัวอย่าง (Vial) 6 ขวด และสำลีสำนวน 18 ก้าน เก็บพื้นที่เส้นผมทั้งหมด 6 บริเวณ ๆ ละ 3 ก้าน คือ บริเวณด้านหน้าขา, ด้านข้างขา, กลางกระหม่อมขา, ด้านหน้าซ้าย, ด้านข้างซ้าย และกลางกระหม่อมซ้าย โดยใช้ก้านสำลิจับด้วย Deionize Water เก็บไล่จากหนังศีรษะถึงส่วนบนของพื้นที่ทำการเก็บ ดังภาพที่ 1

ด้านขวา



ด้านซ้าย



ภาพที่ 1 แสดงบริเวณพื้นที่การเก็บเขม่าป็นบนเส้นผม 6 ตำแหน่ง

ตำแหน่งที่ 1 บริเวณด้านหน้าขวา

ตำแหน่งที่ 2 บริเวณด้านข้างขวา

ตำแหน่งที่ 3 บริเวณกลางกระหม่อมขวา

ตำแหน่งที่ 4 บริเวณด้านหน้าซ้าย

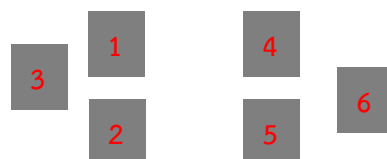
ตำแหน่งที่ 5 บริเวณด้านข้างซ้าย

ตำแหน่งที่ 6 บริเวณกลางกระหม่อมซ้าย

3. การเตรียมตัวอย่าง

3.1 ใช้ pipette ขนาด 2 ml. ดูดน้ำ Deionize Water ใส่ในขวดเก็บตัวอย่าง และนำขวดเก็บตัวอย่างใส่ใน Ultrasonic water bath เพื่อสกัดเขม่าป็น 1 ชั่วโมง

3.2 เติมน้ำจากขวดตัวอย่างที่ผ่านการ Sonicate ใส่ในบีกเกอร์ แล้วนำมากรองผ่าน membrane filtered



3.3 วิเคราะห์โดยใช้เครื่องไอออนโครมาโทกราฟี ซึ่งมีสภาวะในการทดลอง คือ

Program : Dionex CM Dongle Chromeleon 680 SPI build 2238

Reagent-free controller : RFC-30 Dionex

Guard column : Ion pac AG18 Guard column (4x50mm)

Analytical column : Ion pac AS18 Analytical column (4x250mm)

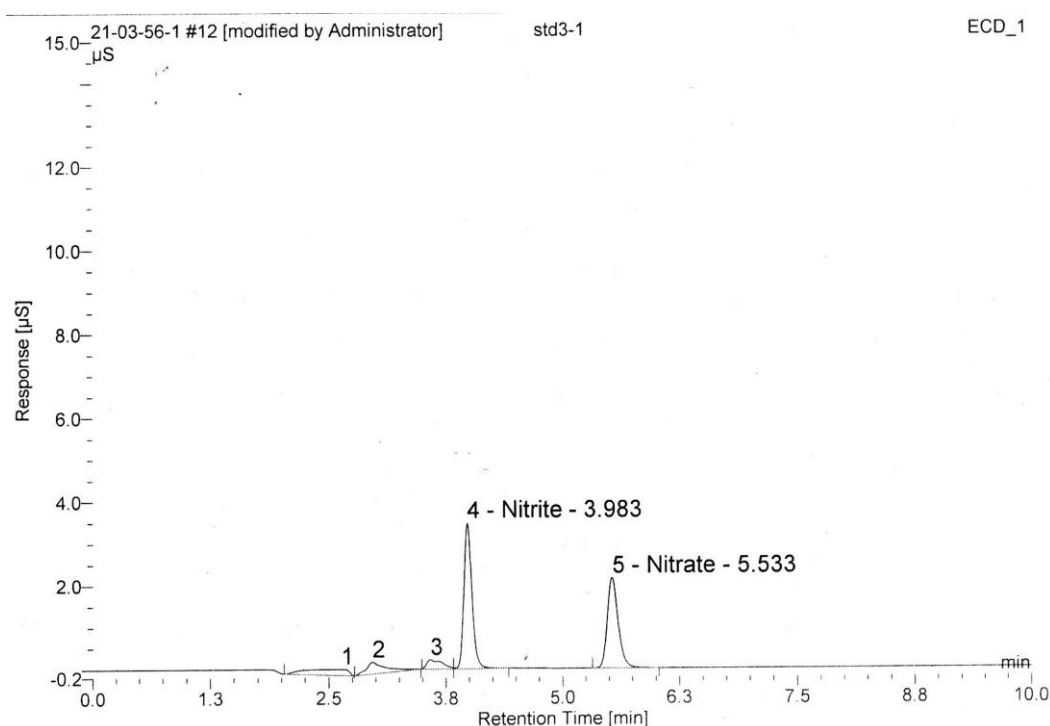
Eluent: Potassium Hydroxide

Detector: Conductivity

3.4 เตรียมสารละลายมาตรฐาน คือ Sodium Nitrates และ Sodium Nitrites หลังจากได้กราฟสารละลายมาตรฐานแล้ว เริ่มฉีด Sample เข้าเครื่อง IC ตั้งเวลา Run ตัวอย่างและบันทึกผล

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการทดลอง

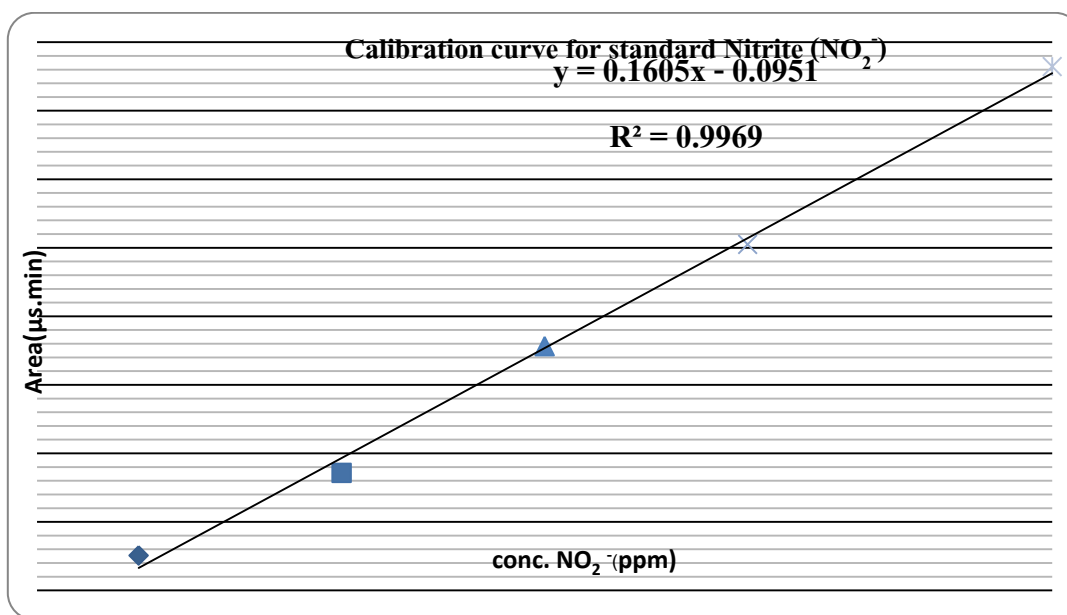
จากการศึกษากราฟมาตรฐานของไนเตรทและไนไตรท์ด้วยเครื่อง Ion Chromatography (IC) เมื่อนำสารละลายมาตรฐานผสมไนไตรท์และไนเตรทที่ความเข้มข้น 1,3,5,7 และ 10 ppm. พบว่าได้โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานผสม ดังภาพที่ 2



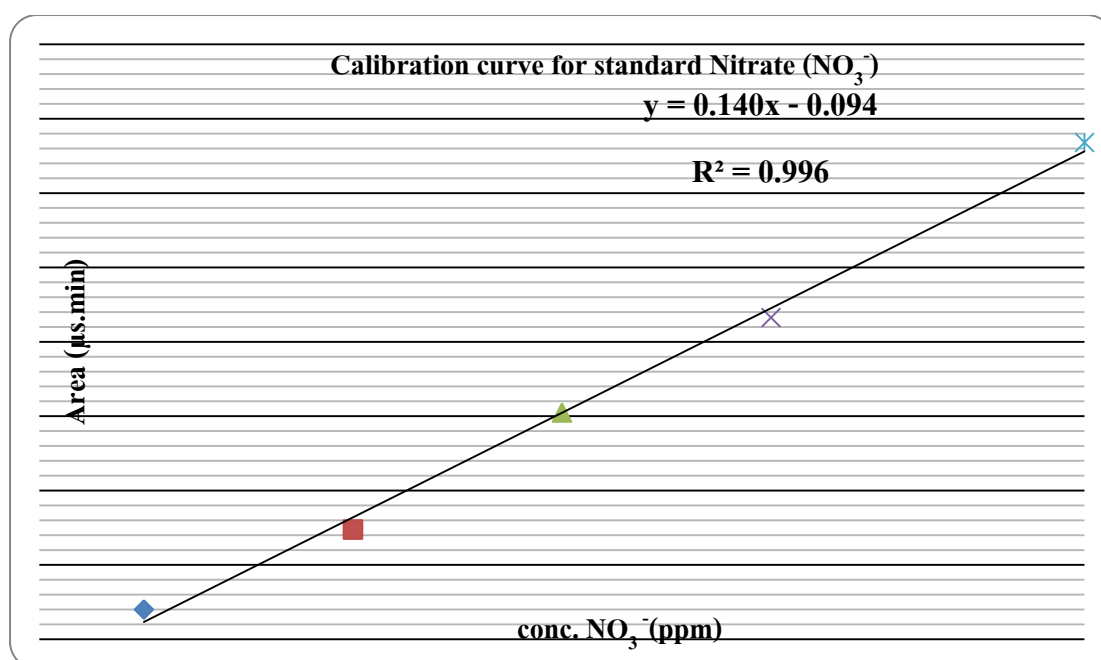
ภาพที่ 2 โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานผสม

จากโครมาโทแกรมพบว่าพีคของไนไตรท์และไนเตรทอยู่ที่ Retention time ที่ 3.983 นาที และ 5.533 นาที ตามลำดับ และพีคทั้งสองสามารถแยกกันได้ชัดเจน

เมื่อนำข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างค่าพื้นที่ใต้พีคเฉลี่ยกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนไตรท์และไนเตรท (mg/l) มาพลอตกราฟ พบว่าได้ความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง มีสมการแสดงความสัมพันธ์คือ $y = 0.160x - 0.095$ และ $y = 0.140x - 0.094$ ตามลำดับ และค่า Correlation coefficient (R^2) เท่ากับ 0.996 ทั้งสองไอออน ดังแสดงในภาพที่ 3 และ 4



ภาพที่ 3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้พีคกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนไตรท์ 1, 3, 5, 7 และ 10 ppm



ภาพที่ 4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้พีคกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนเตรท 1, 3, 5, 7 และ 10 ppm

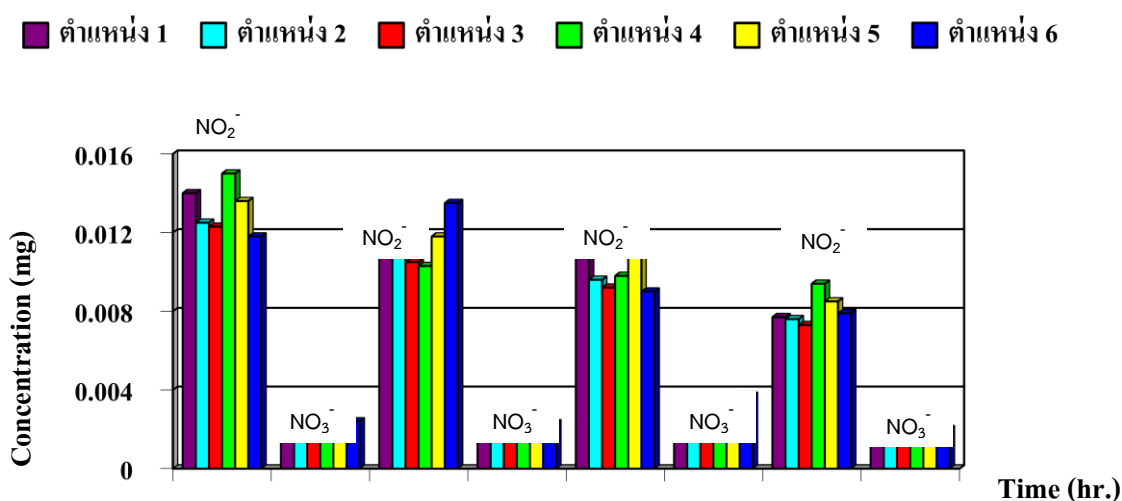
การศึกษาหาปริมาณไนโตรเจนและไนเตรทบนเส้นผมผู้ยิงด้วยอาวุธปืนรีวอลเวอร์

จากการทดลองหาปริมาณไนเตรทและไนโตรเจนบนเส้นผมของผู้ยิง โดยทำการยิงด้วยอาวุธปืนรีวอลเวอร์กับกระสุนยี่ห้อ Royal Ammunition 158 gr. แสดงผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 1 และภาพที่ 5

ตารางที่ 1 ปริมาณไนโตรเจนและไนเตรทจากการเก็บเขม่าปืน 6 ตำแหน่งของอาวุธปืนรีวอลเวอร์

บริเวณเก็บ เขม่าปืน	ทันที		6 ชั่วโมง		12 ชั่วโมง		24 ชั่วโมง	
	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻
ตำแหน่งที่ 1	0.0140	0.0025	0.0119	0.0027	0.0115	0.0024	0.0077	0.0020
Std.	0.0003	0.0002	0.0019	0.0006	0.0006	0.0001	0.0015	0.0003
ตำแหน่งที่ 2	0.0125	0.0024	0.0117	0.0025	0.0096	0.0021	0.0076	0.0020
Std.	0.0007	0.0001	0.0014	0.0003	0.0008	0.0002	0.0012	0.0002
ตำแหน่งที่ 3	0.0123	0.0023	0.0105	0.0024	0.0092	0.0020	0.0073	0.0019
Std.	0.0010	0.0001	0.0017	0.0001	0.0009	0.0001	0.0012	0.0003
ตำแหน่งที่ 4	0.0150	0.0028	0.0103	0.0024	0.0098	0.0026	0.0094	0.0025
Std.	0.0003	0.0005	0.0008	0.0002	0.0006	0.0004	0.0015	0.0005
ตำแหน่งที่ 5	0.0136	0.0026	0.0118	0.0027	0.0112	0.0021	0.0085	0.0023
Std.	0.0013	0.0004	0.0011	0.0001	0.0016	0.0001	0.0016	0.0004
ตำแหน่งที่ 6	0.0118	0.0024	0.0135	0.0023	0.0090	0.0037	0.0079	0.0020
Std.	0.0005	0.0002	0.0065	0.0001	0.0004	0.0023	0.0014	0.0002

เมื่อนำข้อมูลในตารางมาสร้างแผนภูมิแท่งเพื่อแสดงการเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนและไนเตรทบนเส้นผมของผู้ยิงอาวุธปืนรีวอลเวอร์ทั้ง 6 บริเวณที่เก็บตัวอย่าง ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แผนภูมิเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนและไนเตรทบนเส้นผม 6 ตำแหน่งของปืนรีวอลเวอร์

0 hr.

6 hr.

12 hr.

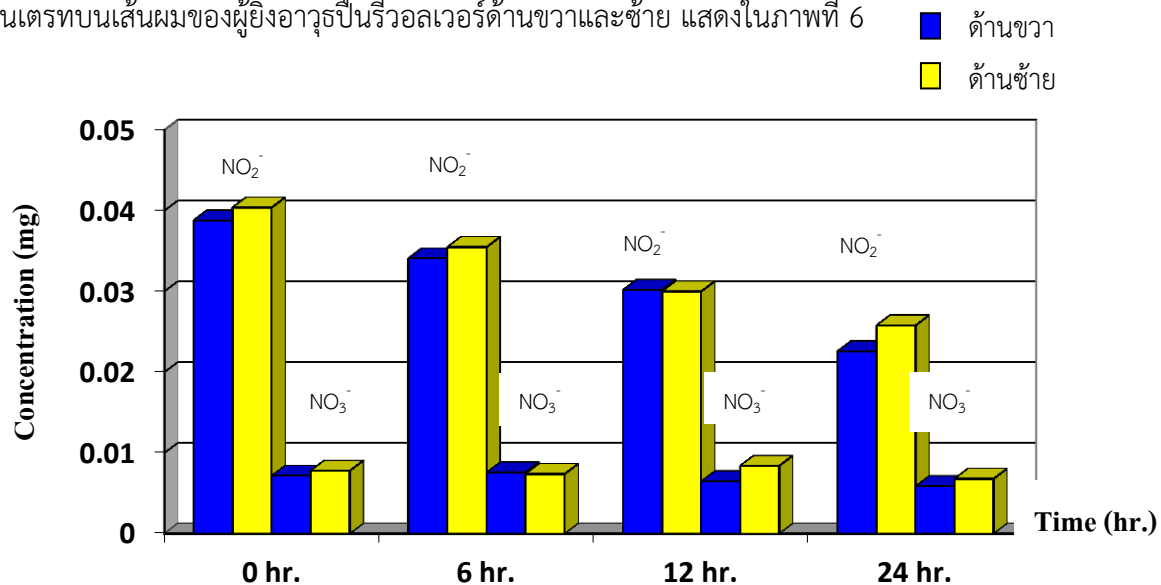
24 hr.

จากตารางที่ 1 เมื่อนำปริมาณไนไตรท์ NO_2^- และไนเตรท NO_3^- ทั้ง 3 ตำแหน่ง คือ บริเวณด้านหน้า, บริเวณด้านข้าง และบริเวณกลางกระหม่อมของแต่ละด้านมารวมกัน จะได้เป็นปริมาณด้านขวาและด้านซ้าย ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 2 และภาพที่ 6 และปริมาณโดยรวมดังตารางที่ 3 และภาพที่ 7

ตารางที่ 2 ปริมาณไนไตรท์และไนเตรทบนเส้นผมด้านขวาและซ้ายของอาวุธปืนรีวอลเวอร์

ระยะเวลา	ปริมาณไนไตรท์ (NO_2^-/mg)				ปริมาณไนเตรท (NO_3^-/mg)			
	ด้านขวา	Std.	ด้านซ้าย	Std.	ด้านขวา	Std.	ด้านซ้าย	Std.
ทันที	0.0388	0.0020	0.0404	0.0016	0.0072	0.0002	0.0078	0.0010
6 ชม.	0.0341	0.0050	0.0355	0.0083	0.0076	0.0008	0.0074	0.0001
12 ชม.	0.0302	0.0022	0.0300	0.0023	0.0065	0.0002	0.0084	0.0023
24 ชม.	0.0226	0.0039	0.0258	0.0043	0.0059	0.0007	0.0068	0.0009

เมื่อนำข้อมูลในตารางที่ 2 มาสร้างแผนภูมิแท่งเพื่อแสดงการเปรียบเทียบปริมาณไนไตรท์และไนเตรทบนเส้นผมของผู้ยิงอาวุธปืนรีวอลเวอร์ด้านขวาและซ้าย แสดงในภาพที่ 6

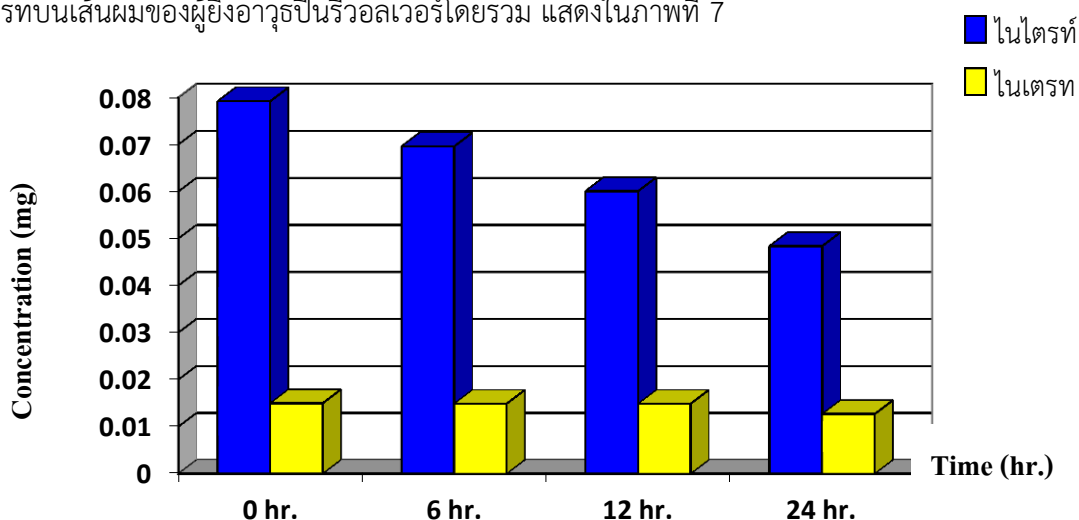


ภาพที่ 6 แผนภูมิเปรียบเทียบปริมาณไนไตรท์และไนเตรทด้านขวาและซ้ายของอาวุธปืนรีวอลเวอร์

ตารางที่ 3 ปริมาณไนไตรท์และไนเตรทบนเส้นผมที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของอาวุธปืนรีวอลเวอร์

ระยะเวลา	ปริมาณไนไตรท์ (NO_2^-/mg)	Std.	ปริมาณไนเตรท (NO_3^-/mg)	Std.
ทันที	0.0792	0.0019	0.0150	0.0009
6 ชม.	0.0696	0.0123	0.0149	0.0007
12 ชม.	0.0601	0.0041	0.0149	0.0026
24 ชม.	0.0484	0.0083	0.0127	0.0015

เมื่อนำข้อมูลในตารางที่ 3 มาสร้างแผนภูมิแท่งเพื่อแสดงการเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนและไนเตรทบนเส้นผมของผู้ยิงอาวุธปืนรีวอลเวอร์โดยรวม แสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 แผนภูมิเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนและไนเตรทที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของปืนรีวอลเวอร์

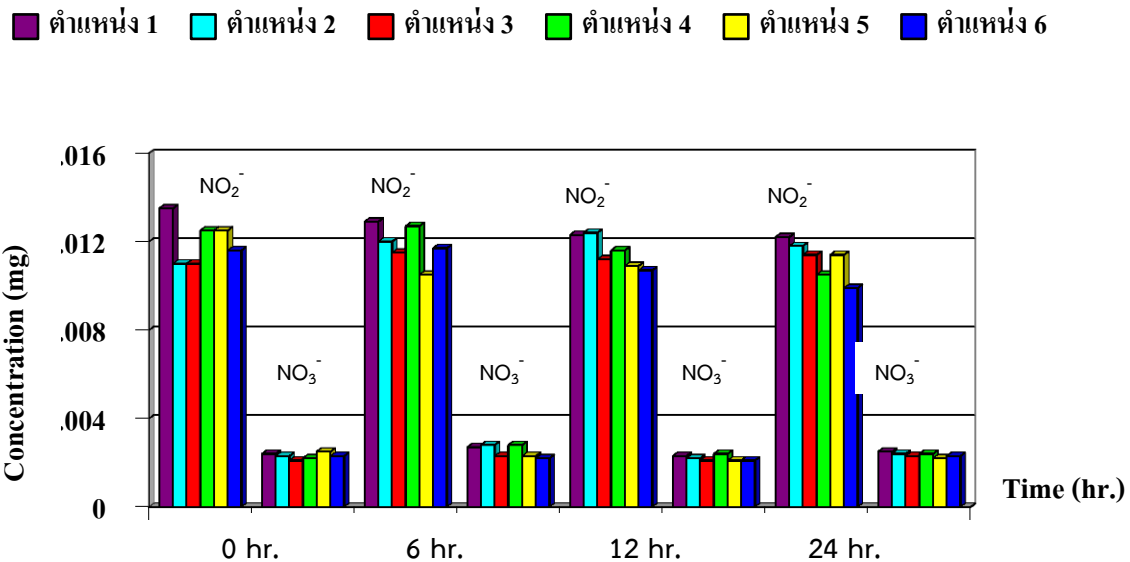
การศึกษาหาปริมาณไนโตรเจนและไนเตรทบนเส้นผมผู้ยิงด้วยอาวุธปืนกึ่งอัตโนมัติ

จากการทดลองหาปริมาณไนเตรทและไนโตรเจนบนเส้นผมของผู้ยิง โดยทำการยิงด้วยอาวุธปืนกึ่งอัตโนมัติ กับกระสุนยี่ห้อ Bullet Master 124 gr. แสดงผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4 และภาพที่ 8

ตารางที่ 4 ปริมาณไนโตรเจนและไนเตรทจากการเก็บเขม่าปืน 6 ตำแหน่งของอาวุธปืนกึ่งอัตโนมัติ

บริเวณเก็บ เขม่าปืน	ทันที		6 ชั่วโมง		12 ชั่วโมง		24 ชั่วโมง	
	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻
ตำแหน่งที่ 1	0.0135	0.0024	0.0129	0.0027	0.0123	0.0023	0.0122	0.0025
Std.	0.0014	0.0001	0.0027	0.0004	0.0016	0.0003	0.0015	0.0003
ตำแหน่งที่ 2	0.0110	0.0023	0.0120	0.0028	0.0124	0.0022	0.0118	0.0024
Std.	0.0016	0.0001	0.0008	0.0004	0.0010	0.0001	0.0008	0.0003
ตำแหน่งที่ 3	0.0110	0.0021	0.0115	0.0023	0.0112	0.0021	0.0114	0.0023
Std.	0.0014	0.0001	0.0010	0.0002	0.0004	0.0001	0.0014	0.0004
ตำแหน่งที่ 4	0.0125	0.0022	0.0127	0.0028	0.0116	0.0024	0.0105	0.0024
Std.	0.0009	0.0001	0.0044	0.0007	0.0011	0.0006	0.0014	0.0004
ตำแหน่งที่ 5	0.0125	0.0025	0.0105	0.0023	0.0109	0.0021	0.0114	0.0022
Std.	0.0019	0.0005	0.0020	0.0002	0.0008	0.0002	0.0004	0.0000
ตำแหน่งที่ 6	0.0116	0.0023	0.0117	0.0022	0.0107	0.0021	0.0099	0.0023
Std.	0.0006	0.0002	0.0019	0.0001	0.0005	0.0001	0.0022	0.0001

เมื่อนำข้อมูลในตารางมาสร้างแผนภูมิแท่งเพื่อแสดงการเปรียบเทียบปริมาณไนไตรท์และไนเตรทบนเส้นผมของผู้ยิงอาวุธปืนรีวอลเวอร์ทั้ง 6 บริเวณที่เก็บตัวอย่าง ดังแสดงในภาพที่ 8



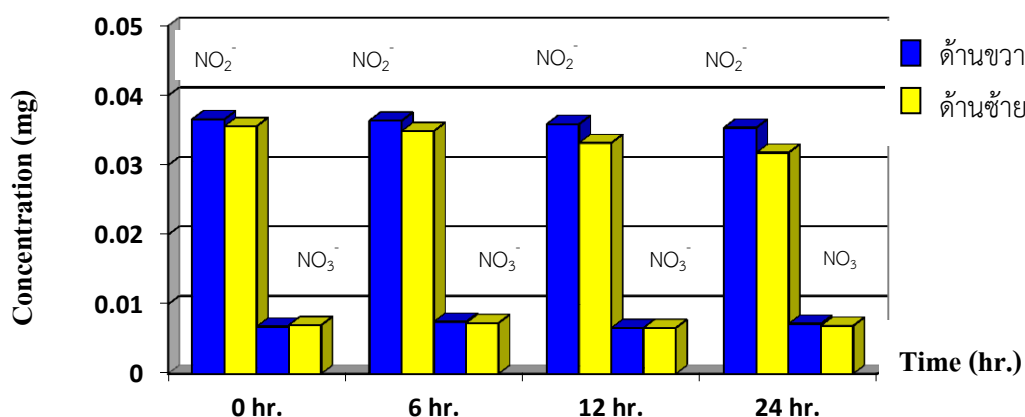
ภาพที่ 8 แผนภูมิเปรียบเทียบปริมาณไนไตรท์และไนเตรทบนเส้นผม 6 ตำแหน่งของปืนกึ่งอัตโนมัติ

จากตารางที่ 4 เมื่อนำปริมาณไนไตรท์ NO_2^- และไนเตรท NO_3^- ทั้ง 3 ตำแหน่ง คือ บริเวณด้านหน้า, บริเวณด้านข้าง และบริเวณกลางกระหม่อมของแต่ละด้านมารวมกัน จะได้เป็นปริมาณด้านขวาและด้านซ้าย ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 5 และภาพที่ 9

ตารางที่ 5 ปริมาณไนไตรท์และไนเตรทบนเส้นผมหาด้านขวาและซ้ายของอาวุธปืนกึ่งอัตโนมัติ

ระยะเวลา	ปริมาณไนไตรท์ (NO_2^-/mg)				ปริมาณไนเตรท (NO_3^-/mg)			
	ด้านขวา	Std.	ด้านซ้าย	Std.	ด้านขวา	Std.	ด้านซ้าย	Std.
ทันที	0.0366	0.0032	0.0356	0.0019	0.0068	0.0003	0.0070	0.0007
6 ชม.	0.0364	0.0037	0.0349	0.0082	0.0075	0.0007	0.0073	0.0009
12 ชม.	0.0359	0.0013	0.0332	0.0014	0.0066	0.0003	0.0066	0.0008
24 ชม.	0.0354	0.0008	0.0318	0.0036	0.0072	0.0007	0.0069	0.0003

เมื่อนำข้อมูลในตารางที่ 5 มาสร้างแผนภูมิแท่งเพื่อแสดงการเปรียบเทียบปริมาณไนไตรท์และไนเตรทบนเส้นผมของผู้ยิงอาวุธปืนรีวอลเวอร์ด้านขวาและซ้าย ดังแสดงในภาพที่ 9



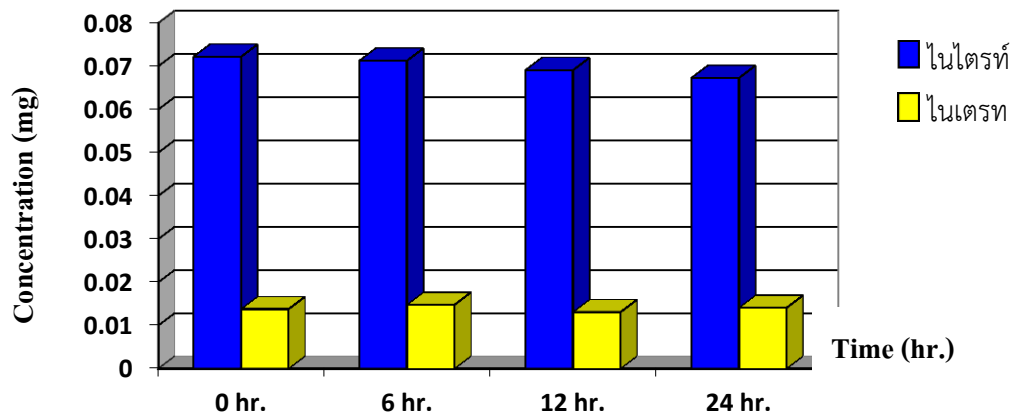
ภาพที่ 9 แผนภูมิเปรียบเทียบปริมาณไนไตรท์และไนเตรทด้านขวาและซ้ายของอวัยวะปิ้งอัสโนมัต

จากตารางที่ 5 เมื่อนำปริมาณไนไตรท์ NO_2^- และไนเตรท NO_3^- ด้านขวาและซ้ายมารวมกัน จะได้เป็นปริมาณโดยรวม ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 6 และภาพที่ 10

ตารางที่ 6 ปริมาณไนไตรท์และไนเตรทบนเส้นผมที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของอวัยวะปิ้งอัสโนมัต

ระยะเวลา	ปริมาณไนไตรท์ (NO_2^-/mg)	Std.	ปริมาณไนเตรท (NO_3^-/mg)	Std.
ทันที	0.0722	0.0051	0.0138	0.0008
6 ชม.	0.0713	0.0118	0.0148	0.0014
12 ชม.	0.0691	0.0026	0.0131	0.0011
24 ชม.	0.0673	0.0038	0.0141	0.0004

เมื่อนำข้อมูลในตารางที่ 6 มาสร้างแผนภูมิแท่งเพื่อแสดงการเปรียบเทียบปริมาณไนไตรท์และไนเตรทบนเส้นผมของผู้ยิงอวัยวะปิ้งอัสโนมัตโดยรวม ดังแสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 10 แผนภูมิเปรียบเทียบปริมาณไนไตรท์และไนเตรทที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของปิ่นกิ้งอติโนมัต

จากการวิเคราะห์ค่าขีดจำกัดต่ำสุดของการทดสอบเชิงคุณภาพ (LOD) และขีดจำกัดต่ำสุดของการทดสอบเชิงปริมาณ (LOQ) ได้ค่า LOD = 0.6502 ppm, LOQ = 0.6593 ppm สำหรับไนไตรท์ (NO_2^-) และ LOD = 0.7442 ppm, LOQ = 0.7638 ppm สำหรับไนเตรท (NO_3^-) ซึ่งทุกตัวอย่างที่วิเคราะห์อยู่ในช่วงค่า LOD และ LOQ และจากการวิเคราะห์ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน หรือค่า Std. โดยวัดการกระจายค่า Concentration พบว่าข้อมูลทั้งหมดมีค่า Std. ต่ำ แสดงว่าข้อมูลมีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของกลุ่ม

จากการวิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์และไนเตรทบนเส้นผมของผู้ยิงปืนทั้ง 6 ตำแหน่ง เมื่อเก็บตัวอย่างเส้นผมของผู้ยิงอาวุธปืนรีวอลเวอร์ พบว่า ปริมาณไนไตรท์มากที่สุดบริเวณด้านหน้าซ้ายเท่ากับ 0.0150 mg น้อยที่สุดบริเวณกลางกระหม่อมเท่ากับ 0.0073 mg ปริมาณไนเตรทมากที่สุดบริเวณด้านหน้าซ้ายเท่ากับ 0.0028 mg น้อยที่สุดบริเวณกลางกระหม่อมเท่ากับ 0.0019 mg และจากผลการทดลองเมื่อเก็บตัวอย่างเส้นผมของผู้ยิงอาวุธปืนกึ่งอติโนมัต พบว่าปริมาณไนไตรท์มากที่สุดบริเวณด้านหน้าขวาเท่ากับ 0.0135 mg น้อยที่สุดบริเวณกลางกระหม่อมเท่ากับ 0.0099 mg ปริมาณไนเตรทมากที่สุดบริเวณด้านหน้าขวาเท่ากับ 0.0028 mg น้อยที่สุดบริเวณกลางกระหม่อมเท่ากับ 0.0021 mg สรุปได้ว่าสามารถตรวจพบปริมาณไนไตรท์ในช่วง 0.0150 - 0.0073 mg ส่วนปริมาณไนเตรทอยู่ในช่วง 0.0028 - 0.0019 mg

เมื่อนำปริมาณไนไตรท์และไนเตรททั้ง 3 ตำแหน่ง คือ บริเวณด้านหน้า, บริเวณด้านข้าง และบริเวณกลางกระหม่อมของแต่ละด้านมารวมกัน จะได้เป็นปริมาณด้านขวาและด้านซ้าย จากผลการทดลองพบว่าปริมาณไนไตรท์และไนเตรททั้งสองด้านที่พบบนเส้นผมของผู้ยิงอาวุธปืนรีวอลเวอร์จะมีปริมาณใกล้เคียงกัน แต่ปริมาณไนไตรท์และไนเตรททั้งสองด้านที่พบบนเส้นผมของผู้ยิงอาวุธปืนกึ่งอติโนมัตนั้นบริเวณด้านขวาจะมากกว่าด้านซ้าย เมื่อรวมปริมาณไนไตรท์และไนเตรทที่เก็บได้ทั้ง

ด้านขวาและซ้ายมารวมกัน เห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจนว่าพบไนโตรเจนมากที่สุด และเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นปริมาณไนโตรเจนและไนเตรทจะลดลง แต่ก็สามารถตรวจพบได้แม้เวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง ซึ่งบริเวณเส้นผมจะมีเขม่าป็นติดอยู่นานกว่าที่มือเพราะเขม่าป็นที่มีโอกาสสูญหายไปได้ง่ายเนื่องจากการดำเนินกิจกรรมประจำวันปกติ

จากการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างป็นร็วอลเวอร์และป็นกึ่งอัตโนมัติ พบว่าเมื่อเก็บตัวอย่างทันทีชนิดของป็นที่ตรวจพบไนโตรเจนและไนเตรทมากกว่าคือป็นร็วอลเวอร์ ซึ่งไนโตรเจนจะเกิดขึ้นเมื่อมีการเผาไหม้หรือเมื่อมีการยิงป็นเท่านั้น จึงเป็นประโยชน์ในทางนิติวิทยาศาสตร์สำหรับการบ่งชี้ว่ามีการยิงป็นหรือไม่และวิธีการที่พัฒนาขึ้นในครั้งนี้อาจนำไปใช้ยืนยันบุคคลที่อยู่ใกล้เหตุการณ์การใช้อาวุธป็นได้

ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการทดลองหลังผู้ยิงได้ทำความสะอาดหรือสระผมไปแล้วด้วยว่ายังสามารถตรวจพบเขม่าป็นหรือไม่ ในปริมาณมากน้อยเพียงใด

2. ควรทำการศึกษาชนิดของผมที่เกาะติดอนุภาคไนโตรเจนและไนเตรทหลายๆ รูปแบบ เช่น ศึกษาของผมหยิก, ผมดัด, ผมใส่เจล หรือสเปรย์ ซึ่งอาจเป็นปัจจัยสำคัญในการเกาะติดอนุภาคไนโตรเจนและไนเตรทมากกว่าผมธรรมดา

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

ชัยยศ ชินกุล. (2543). “ป็นสันความรู้เบื้องต้น.” เอกสารประกอบการฝึกอบรมครูฝึกยิงป็นโรงเรียน

นายร้อยตำรวจ.

นาวาเอก ศุภย์ป็น ไสกริ. (2555). “ทำความเข้าใจกับประเภทของดินป็นกัน.” นาวีกาศาสตร์ 95, (ตุลาคม) : 67-68.

พุทธรักษา วรานุสุภากุล. (2556). “การแยกโดยโครมาโทกราฟี.” เอกสารประกอบการสอนรายวิชา

2302244 เคมีวิเคราะห์ มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์. เข้าถึงเมื่อ 9 มีนาคม 2556. เข้าถึงได้

จาก [http:// mis.sc.chula.ac.th/ChemII11.ppt](http://mis.sc.chula.ac.th/ChemII11.ppt)

อรรถพล แซ่มสุวรรณวงศ์. (2544). “นิติวิทยาศาสตร์ 2 เพื่อการสืบสวนสอบสวน.” พิมพ์ครั้งที่ 1.

กรุงเทพฯ : บริษัท ดาวฤกษ์ จำกัด.

อัษฎายุทธ ผลภาค. (2551). “เขม่าป็น-หลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์.” สัมมนาพนธ์ปริญญา

มหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ภาษาต่างประเทศ

- Arie Zeichner., Ph.D. and Nadav Levin, M.Sc. (1993). "Collection Efficiency of Gunshot Residue (GSR) Particles from Hair and Hands Using Double-Side Adhesive Tape." **Journal of forensic science international**, Vol. 38, No.3, (May) : 571-173.
- Bryan R.Bunnett. (2009). "Under-Scale Deposition fo Gunshot Residue in Head Hair." **Journal of forensic science international**, (March) : 1-21.
- C. Cruces-Bianco, L. Gamiz-Gracia, and A.M. Garcia-Campana, (2007). "Applications of Capillary Electrophoresis in Forensic Analytical Chemistry." **Trend in Analytical Chemisty** 26, 3 : 217.
- Shigetoshi Kage, Ph.D.; Keiko Kudo., and others. (2001). "A Simple Method for Detection of Gunshot Residue Particles from Hands, Hair, Face and Clothing Using Scanning Electron Microscopy/ Wavelength Dispersive X-Ray (SEM/WDX)." **Journal of forensic science international**, 46 (April) : 830-834.
- William A. MacCrehan., Malinda J. Layman, and Janelle D.Secl. (2003). "Hair combing to collect organic gunshot residue (OGSR)." **Journal of forensic science international**, 135 (May) : 167-173.
- Vincent J.M. Di Maio. (1999). "Gunshot Wounds." **Pratical Aspects of Firearms, Ballisitics, and Forensic Techniques**, Boca Raton London New York Washington, D.C. : CRC Press.