

การศึกษาปริมาณไนไตรท์และไนเตรทบนหมวกนิรภัยของผู้ยิงโดยเทคนิคไอออนโครมาโทกราฟี*

Determination of nitrites and nitrates on the gunman's helmet by using Ion Chromatography Technique

สุนิษา สมศักดิ์ (Sunisa Somsak)**

สฤณี สืบพงษ์ศิริ (Sarit Suebongsiri)***

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปริมาณไนไตรท์และไนเตรทบนหมวกนิรภัยของผู้ยิงโดยเทคนิคไอออนโครมาโทกราฟี เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่การเก็บตัวอย่างและระยะเวลาการเก็บตัวอย่างบนหมวกนิรภัยแบบปิดเต็มหน้า แบบเต็มใบ และแบบครึ่งใบของผู้ยิงอาวุธปืนกับปริมาณไนไตรท์และไนเตรท

การทดลองนี้ผู้วิจัยใช้อาวุธปืนพกยาวขนาด .357 MAGNUM ยี่ห้อ COLT ความยาวลำกล้อง 6 นิ้ว และกระสุนปืนยาวขนาด .38 Special ยี่ห้อ THAI ARMS โดยให้ผู้ยิงสวมหมวกนิรภัยแบบปิดเต็มหน้า แบบเต็มใบ และแบบครึ่งใบ จากนั้นทำการยิงอาวุธปืนด้วยมือทั้งสองข้างครั้งละ 3 นัด และเก็บตัวอย่างเขม่าดินปืนบนหมวกนิรภัยที่ระยะเวลาภายหลังยิงปืนทันที 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง และ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยแบ่งพื้นที่การเก็บตัวอย่างออกเป็น 5 บริเวณ คือ ด้านซ้าย ด้านขวา ด้านหน้า ด้านหลัง และด้านบน ตามลำดับ

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงปริมาณไนไตรท์และไนเตรทจะแปรผกผันกับระยะเวลาการเก็บตัวอย่างของหมวกนิรภัยแบบปิดเต็มหน้า แบบเต็มใบ และแบบครึ่งใบ โดยจะอยู่ในช่วงระยะเวลาไม่เกิน 6 ชั่วโมง และพบว่าปริมาณไนไตรท์และไนเตรทจะลดลงภายหลัง 6 ชั่วโมง ซึ่งเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับผลการวิเคราะห์ทางสถิติ กล่าวคือพื้นที่การเก็บตัวอย่างไม่มีผลต่อปริมาณไนไตรท์และไนเตรท แต่ระยะเวลาการเก็บตัวอย่างมีผลต่อปริมาณไนไตรท์และไนเตรทอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และจากผลการทดลองพบว่าพื้นที่การเก็บตัวอย่างของหมวกนิรภัยแบบปิดเต็มหน้า หมวกนิรภัยแบบเต็มใบ และหมวกนิรภัยแบบครึ่งใบ พบมากที่สุดที่บริเวณด้านขวา ด้านหน้า และด้านบน ตามลำดับ

* เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ และงานยุติธรรม

** ร้อยตำรวจโทหญิง นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร (E-mail:s_sunisa24@hotmail.co.th)

Pol.Lt, M.Sc. Candidate in Forensic Science, Graduate School, Silpakorn University

*** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พันตำรวจโท คณะนิติวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ

(E-mail:saritsu2003@yahoo.com)

Asst.Prof.Pol.Lt.Col.Dr., Faculty of Forensic Science, Royal Police Cadet Academy, Royal Thai Police

Abstract

This research studies concentration level of nitrites and nitrates on the gunman's helmet by using Ion Chromatography Technique. The objective of this study was to determine the interaction of two different factors: the collecting area and timing after shooting on the amount of nitrites and nitrates.

This research conducted on three different types of helmet: full face helmet, open face helmet and half face helmet by using a COLT .357 MAGNUM revolver with 6-inch barrel and THAI ARMS .38 SPECIAL revolver bullets. The experiment was designed by asking the shooter to wear three different types of helmet then fired a bullet three times for each helmet. Afterwards, from each helmet, the researcher collected gunshot residue after 0, 3, 6 and 12 hours consecutively and from 5 different areas on helmet surface; left side, right side, front side, back side and the top side.

The experiment showed that time of sample collection had significant correlation with the level of nitrite and nitrate concentration. Nitrite and nitrate were found with higher concentration between 0 – 6 hours. However, nitrite and nitrate concentration decrease when time has passed and conclusion of statistic on the same pace. Form ANOVA test, the area of collecting sampling not affect to nitrite and nitrate because the time of sample collection affect to nitrite and nitrate of significant at the 0.05 level. In addition, the area of collecting sampling on helmet with the most nitrite and nitrate was right, front and top of helmet. Moreover, the area of the collecting no significant on the amount of nitrites and nitrate.

บทนำ

ปัจจุบันพยานหลักฐานทางวิทยาศาสตร์เป็นที่ยอมรับอย่างมากในกระบวนการยุติธรรม ซึ่งถือเป็นสิ่งที่สามารถพิสูจน์ได้ว่าบุคคลนั้นได้กระทำความผิดจริงหรือไม่ โดยจะเห็นได้ว่าปัญหาอาชญากรรมในปัจจุบันมีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น ส่วนใหญ่อาชญากรรมมักเลือกใช้อาวุธปืนประกอบกับอุปกรณ์ป้องกันต่างๆในการกระทำความผิด โดยจะเลือกอุปกรณ์ที่หาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด สามารถป้องกันตัวเองได้ ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวนิยมใช้อำพรางใบหน้า เพื่อป้องกันการจرحำใบหน้าจากประจักษ์พยาน และป้องกันการจับภาพลักษณะใบหน้าจากกล้องวงจรปิดได้ นั่นคือ “หมวกนิรภัย หรือ หมวกกันน็อก ”

เมื่อมีการใช้อาวุธปืนยังเกิดขึ้นอนภาคต่างๆจะปลิวกระจายเกาะบริเวณร่างกายของผู้ยิง เช่น มือ ใบหน้า แขน เสื้อผ้า เส้นผม และวัตถุแวดล้อมต่างๆที่อยู่ใกล้ตัวผู้ยิงได้ รวมถึงหมวกนิรภัยที่ผู้ยิงสวมใส่ขณะยิงอาวุธปืนด้วย ซึ่งถือได้ว่าเป็นอุปกรณ์สำคัญที่อาชญากรรมมักใช้ในการกระทำความผิด หากมีการปิดบัง อำพรางใบหน้า ในการตรวจเข้มที่เกิดจากการยิงอาวุธปืน สามารถตรวจเข้มว่าปิ่นที่มีผู้ต้องสงสัยหรือวัตถุอื่นที่ต้องสงสัยว่ามีเขม่าดินปืนติดอยู่หรือไม่ เขม่าปิ่นนั้นเราจะตรวจสอบหาธาตุที่มาจากกาการยิงอาวุธปืน ได้แก่ ธาตุแอนติโมนี ธาตุแบเรียม และธาตุตะกั่ว ส่วนเขม่าดินปิ่นนั้นเราจะตรวจสอบหาไอออนของไนโตรเจนและไนเตรท เนื่องจาก

ไอออนทั้งสองชนิดนี้เป็นส่วนประกอบที่มีอยู่ในดินปน เราจะสามารถตรวจพบไนโตรที่ใดเมื่อมีการเผาไหม้ของดินปนหรือเมื่อมีการยิงอาวุธปืนเท่านั้น ในธรรมชาติเราจะพบไนโตรที่ในปริมาณที่น้อยมาก แต่ในเตรทนั้นพบได้มาก เราจึงไม่ใช้ไนเตรทเพียงตัวเดียวในการยืนยันผลว่าวัตถุดังกล่าวมีเขม่าดินปนติดอยู่หรือไม่

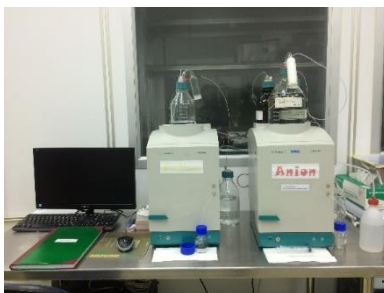
ในสภาพความเป็นจริงโอกาสที่เจ้าหน้าที่จะติดตามตัวอาชญากรเพื่อเก็บเขม่าดินปนที่คงอยู่ให้เร็วที่สุดภายใน 6 ชั่วโมงนับตั้งแต่การยิงอาวุธปืนนั้นค่อนข้างยาก อีกทั้งอนุภาคเขม่าดินปนที่คงอยู่บนมือที่ยิงอาวุธปืนจะมีการสูญเสียอย่างต่อเนื่อง เพราะมือเป็นอวัยวะสำคัญต่อการใช้งาน อันเนื่องมาจากการดำเนินกิจกรรมประจำวันตามปกติ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะหาเขม่าดินปนของ ผู้ยิงที่หมวกนิรภัยแทน เมื่อมีการสวมใส่ในการกระทำความผิดนั้นด้วย เพื่อป้องกันตัวผู้กระทำความผิดในการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ อีกทั้งยังสามารถเป็นวัตถุพยานที่สำคัญในการดำเนินคดีต่อไป ผู้วิจัยจึงสนใจทำการศึกษาเขม่าที่เกิดจากการเผาไหม้ของดินปนส่งกระสุนปืน (Residues) โดยศึกษาหาปริมาณไนโตรที่และไนเตรทจากเขม่าดินปนบนหมวกนิรภัยของผู้ยิง โดยใช้เทคนิคไอออนโครมาโทกราฟี ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการวิเคราะห์การมีอยู่ของเขม่า ดินปนว่าสะสมอยู่บนหมวกนิรภัยภายในระยะเวลาที่แตกต่างกัน ผลที่ได้จากการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ในการเชื่อมโยงผู้กระทำความผิดในคดีอาญาที่อาชญากรใช้อาวุธปืนและสวมใส่หมวกนิรภัยในการกระทำความผิดต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณสารไนโตรที่และไนเตรทในเขม่าดินปนบนหมวกนิรภัยแบบปิดเต็มหน้า แบบเต็มใบ และแบบครึ่งใบของผู้ยิงอาวุธปืนโดยเทคนิคไอออนโครมาโทกราฟี
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสารไนโตรที่และไนเตรทในเขม่าดินปนบนหมวกนิรภัยแบบปิดเต็มหน้า แบบเต็มใบ และแบบครึ่งใบของผู้ยิงอาวุธปืนกับระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง

วิธีการวิจัย

1. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง
 - 1.1 เครื่อง Ion Chromatograph ; IC ยี่ห้อ Metrohm รุ่น 761 compact IC ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงเครื่อง Ion Chromatograph ; IC ยี่ห้อ Metrohm รุ่น 761 compact IC

1.2 อาวุธปืนพกมือ .357 MAGNUM ยี่ห้อ COLT ความยาวลำกล้อง 6 นิ้ว ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงอาวุธปืนพกมือ .357 MAGNUM ยี่ห้อ COLT ความยาวลำกล้อง 6 นิ้ว

1.3 กระสุนปืนมือ ขนาด .38 Special ยี่ห้อ THAI ARMS ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงกระสุนปืนมือ ขนาด .38 Special ยี่ห้อ THAI ARMS

1.4 หมวกนิรภัยแบบปิดเต็มหน้า ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงหมวกนิรภัยแบบปิดเต็มหน้า

1.5 หมวกนิรภัยแบบเต็มใบ ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แสดงหมวกนิรภัยแบบเต็มใบ

1.6 หมวกนิรภัยแบบครึ่งใบ ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แสดงหมวกนิรภัยแบบครึ่งใบ

2. สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

2.1 Sodium Carbonate (Na_2CO_3)

2.2 Sodium Hydrogen Carbonate (NaHCO_3)

2.3 95% Sulfuric acid (95% H_2SO_4)

2.4 Nitrite Standard for IC (NO_2)

2.5 Nitrate Standard for IC (NO_3)

3. วิธีการทดลอง การเก็บตัวอย่าง และสถานะที่ใช้ในการทดลอง

ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างเขม่าดินปืนบนหมวกนิรภัยของผู้ยิง มีดังนี้

3.1 ให้ผู้ทำการทดลองยิงอาวุธปืนรีวอลเวอร์ ขนาด .357 MAGNUM ยี่ห้อ COLT ความยาวลำกล้อง 6 นิ้ว โดยใช้กระสุนปืนรีวอลเวอร์ ขนาด .38 Special ยี่ห้อ THAI ARMS ก่อนทำการยิงทุกครั้ง ผู้ทำการทดลองยิงอาวุธปืนจะต้องสวมหมวกนิรภัยที่ใช้พลาสติกยึดห่อหุ้มอาหารคลุมปิดมิดชิดทั้งใบในแต่ละประเภทของหมวกนิรภัยเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของเขม่าดินปืน ผู้ยิงยืนอยู่ห่างจากเป้าหมายประมาณ 7 เมตร ลักษณะ

ท่าทางในการจับอาวุธปืนในการยิงจะจับด้วยมือทั้งสองข้าง และให้อาวุธปืนอยู่ในระดับสายตาของผู้ยิงเสมอ และให้ผู้ทำการยิงอาวุธปืนในการวิจัยครั้งนี้เพียงผู้เดียวตลอดการทดลองโดยทำการยิงอาวุธปืนด้วยมือขวา ครั้งละ 3 นัด/ ประเภทของหมวกนิรภัย ซึ่งในขั้นตอนการยิงอาวุธปืนทุกครั้งจะต้องทำภายในห้องทดสอบชีปนวิธีที่ปิดมิดชิดไม่มีลมพัดผ่านของกลุ่มงานตรวจอาวุธปืนและเครื่องกระสุนกองพิสูจน์หลักฐานกลาง

3.2 ก่อนทำการเก็บตัวอย่างเขม่าดินปืนบนหมวกนิรภัยผู้ยิง ผู้วิจัยจะต้องทำการเก็บตัวอย่าง Blank ก่อนทุกครั้งเสมอ และหลังจากทำการยิงปืนแล้วนั้น จะทำการเก็บเขม่าดินปืนบนหมวกนิรภัย จำนวน 5 บริเวณ ได้แก่ บริเวณด้านซ้าย บริเวณด้านขวา บริเวณด้านหน้า บริเวณด้านหลัง และบริเวณด้านบนของหมวกนิรภัยของผู้ยิงทุกประเภท โดยระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง ได้แก่ ทันที , 3 , 6 , 12 ชม .ตามลำดับ

3.3 ในขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง ผู้วิจัยทำการเก็บตัวอย่างโดยใช้สำลีก้านจุ่ม DI water เช็ดบริเวณที่ต้องการเก็บตัวอย่างเขม่าดินปืน (ตามข้อ 3.2) โดยลักษณะของการเก็บตัวอย่าง จะทำการเก็บจากด้านบน ด้านล่างเสมอ เริ่มจากด้านซ้ายไปด้านขวา จะไม่เช็ดสลับกลับไปมา พร้อมหมุนสำลีก้านเพื่อให้เขม่าดินปืนติดโดยรอบ แล้วบรรจุใส่ซองพลาสติกใสมีซิปป พร้อมเขียนชื่อตัวอย่างกำกับไว้หน้าซอง แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคไอออนโครมาโทกราฟี (IC) ต่อไป

4. การเตรียมตัวอย่าง

4.1 นำสำลีก้านที่เก็บตัวอย่างเขม่าดินปืนในซองพลาสติกใสมีซิปปมาตัดเพื่อทำการแช่สำลีก้านตัวอย่างในหลอดทดลองขนาด 20 ml แล้วเติม DI water 10 ml

4.2 จากนั้นนำไป Sonicate เป็นเวลา 30 นาที ที่เครื่อง Ultrasonic water bath เพื่อสกัดเขม่าดินปืน

4.3 นำสารละลายตัวอย่างที่ได้ผ่านการ Sonicate แล้ว กรองผ่าน Filter Membrane ขนาดรูพรุน 0.45 µm

4.4 เตรียมสถานะของเครื่องไอออนโครมาโทกราฟี (IC) ดังตารางที่ 1

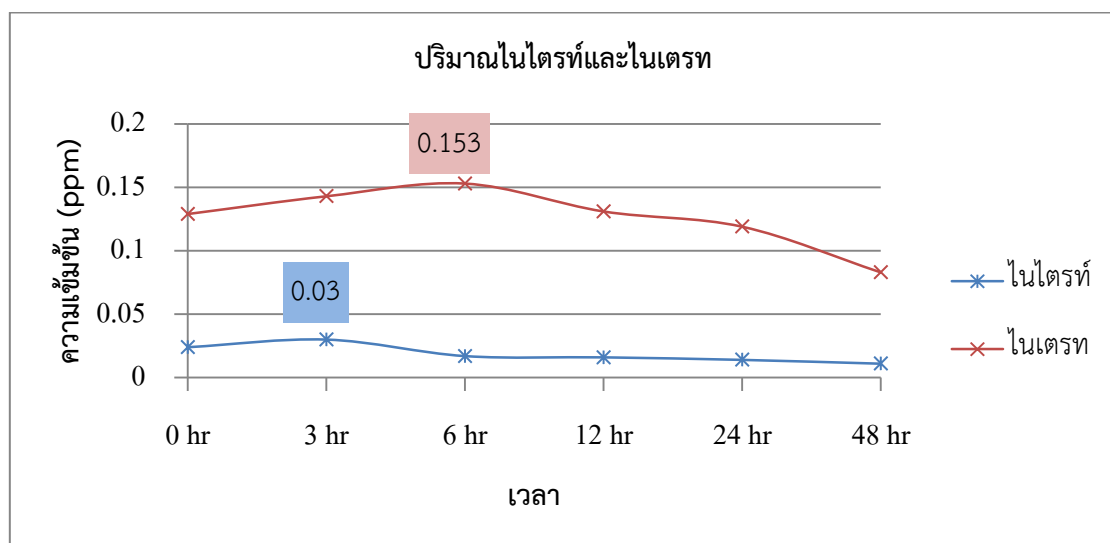
ตารางที่ 1 แสดงสถานะเครื่องไอออนโครมาโทกราฟี (IC)

Ion Chromatograph ; IC ยี่ห้อ Metrohm รุ่น 761 compact IC	
Item	Specifications
Eluent	3.2 mM Na ₂ CO ₃ + 1.0 mM NaHCO ₃
Flow rate	0.7 ml / min
Detector (ID)	Suppressed CD (J002)
Temperature	Ambient (ca. 25 °C)
Sample size	20 µl
Sample	1. F ⁻ (2ppm) / 3. NO ₂ ⁻ (5ppm) / 5. NO ₃ ⁻ (10ppm)
Pressure	10.8 MPa

5. หลังจากได้โครมาโทแกรมของปริมาณไนโตรเจนและไนเตรต นำข้อมูลที่ได้มาหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาและพื้นที่การเก็บตัวอย่าง โดยการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Two – Way ANOVA

ผลการวิจัย

1. การศึกษาปริมาณไนโตรเจนและไนเตรตในเขม่าดินปืนบนหมวกนิรภัยของผู้ยิง ณ เวลาต่างๆ จากการศึกษพบว่าปริมาณไนโตรเจนและไนเตรตจากการเก็บตัวอย่างเขม่าดินปืนบนหมวกนิรภัยของผู้ยิงที่เวลา 0, 3, 6, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 7

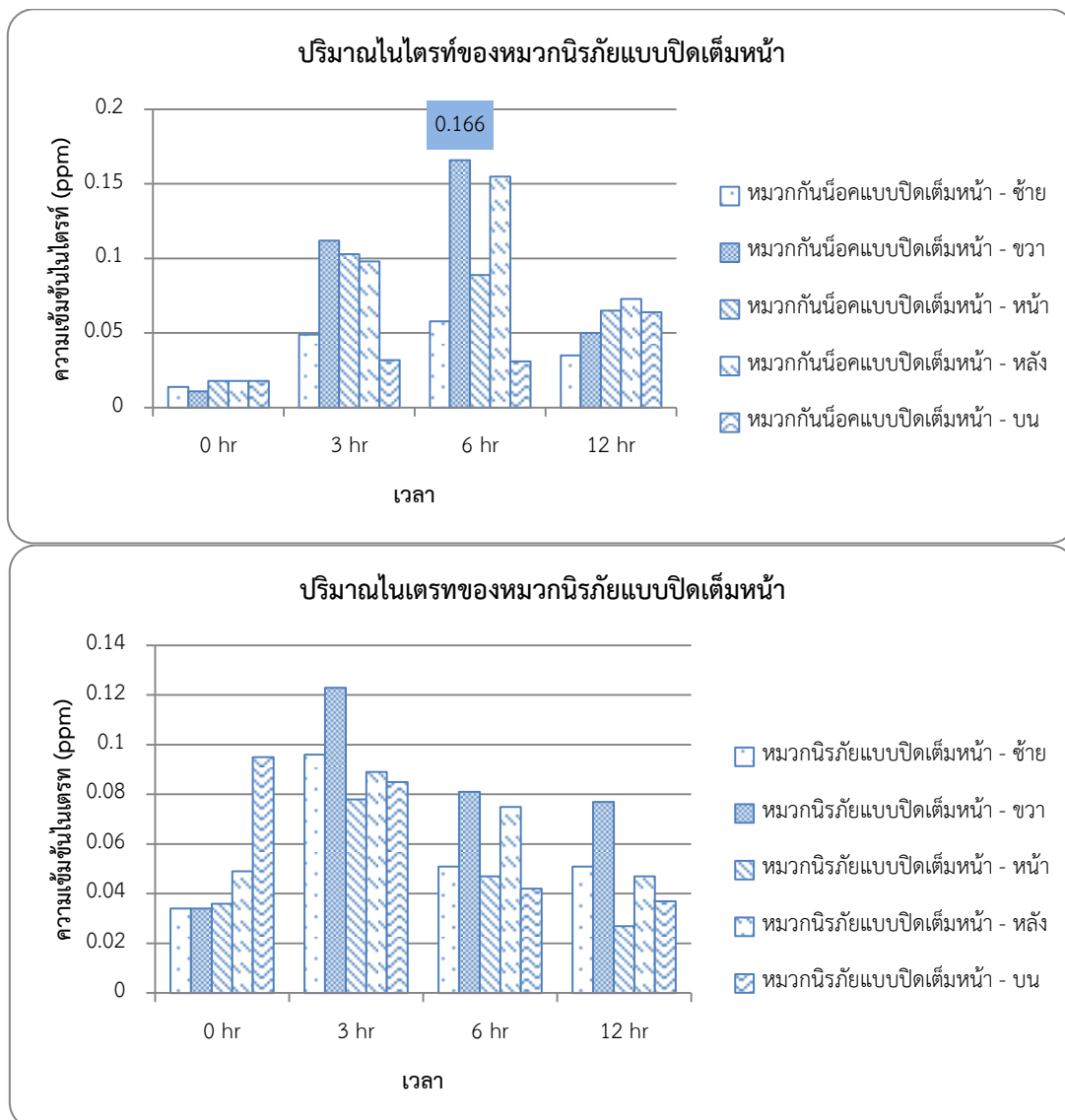


ภาพที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความเข้มข้นของไนโตรเจนและไนเตรต

จากภาพที่ 7 (กราฟด้านบน) พบว่าปริมาณไนเตรตจะพบมากที่สุดในช่วงเวลา 0 – 6 ชั่วโมง มีความเข้มข้น 0.153 ppm แล้วจะลดลงเรื่อยๆ และพบว่าปริมาณไนโตรเจน (กราฟด้านล่าง) จะพบมากที่สุดในช่วงเวลา 0 – 3 ชั่วโมง มีความเข้มข้น 0.03 ppm แล้วจะลดลงเรื่อยๆ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าปริมาณไนโตรเจนและไนเตรตจะลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น

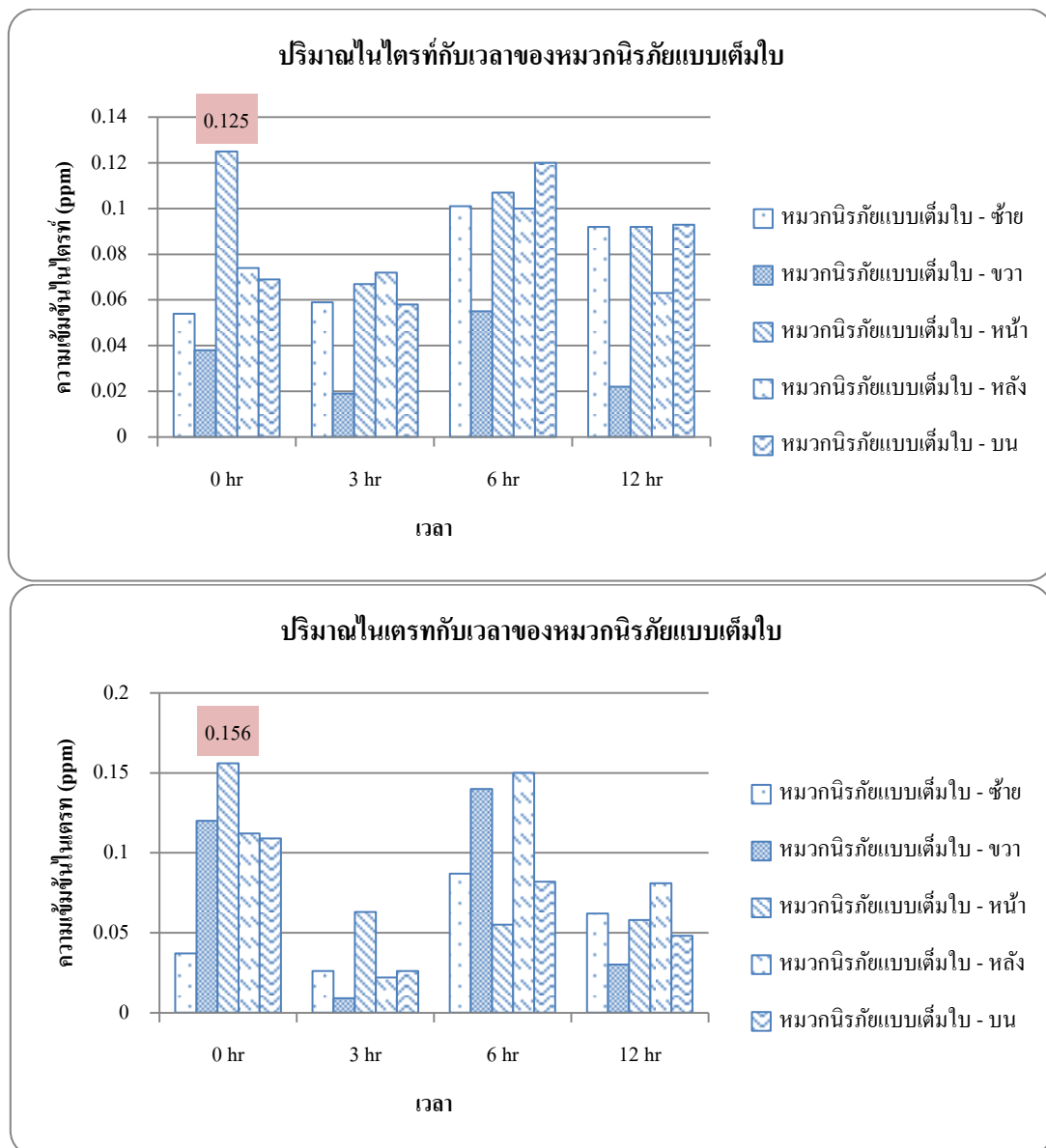
2. การศึกษาปริมาณไนโตรเจนและไนเตรตบนพื้นที่การเก็บตัวอย่าง ณ เวลาต่างๆ

จากการศึกษาปริมาณไนโตรเจนและไนเตรตบนหมวกนิรภัยแบบปิดเต็มหน้า หมวกนิรภัยแบบเต็มใบ และหมวกนิรภัยแบบครึ่งใบ โดยแบ่งพื้นที่การเก็บตัวอย่างออกเป็น ด้านหน้า ด้านซ้าย ด้านขวา ด้านหลัง และด้านบน ดังภาพที่ 8



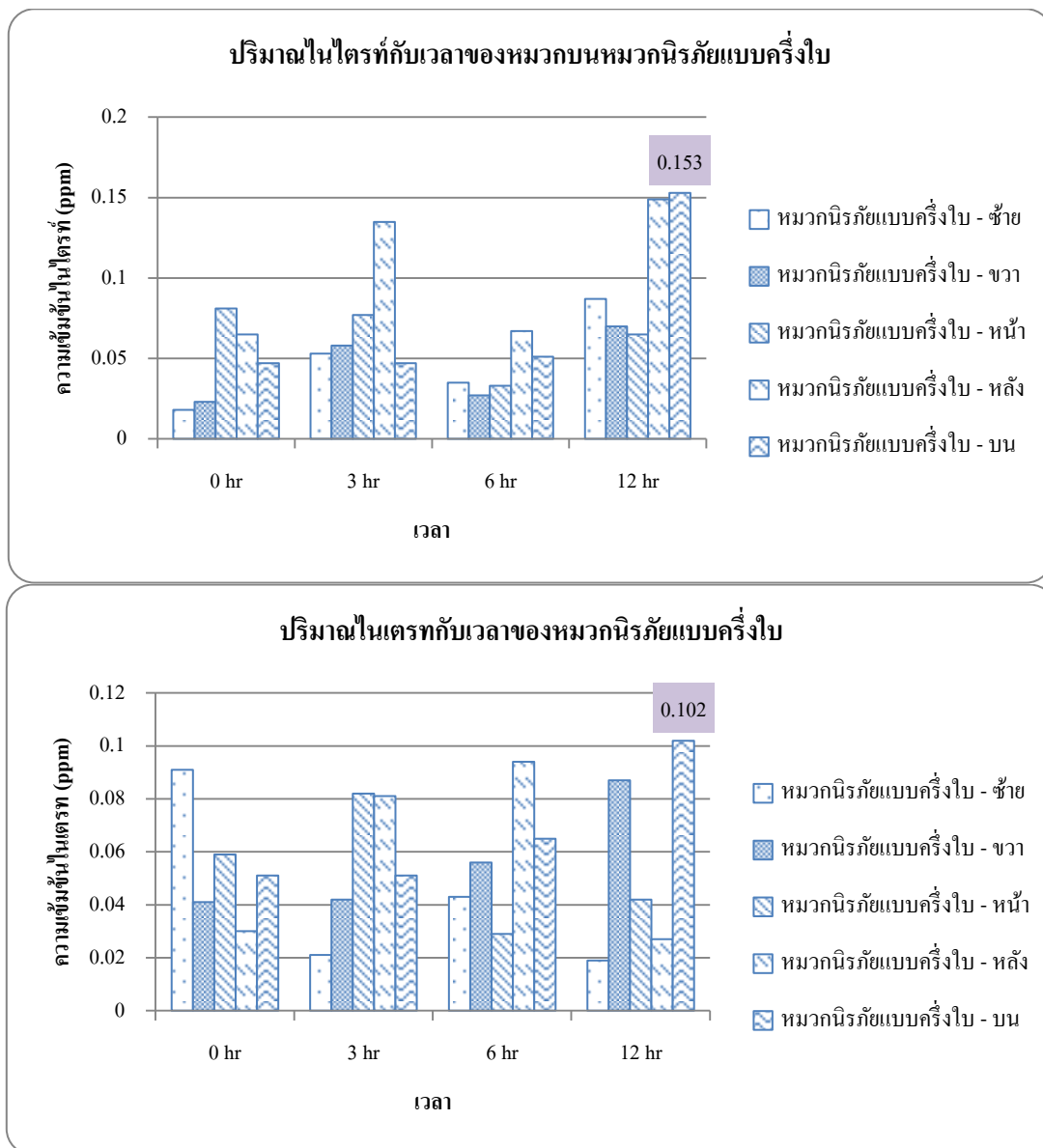
ภาพที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่การเก็บตัวอย่างกับระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง
ของความเข้มข้นไนโตรเจน (ภาพบน) และไนเตรท (ภาพล่าง) บนหมวกนิรภัยแบบปิดเต็มหน้า

จากภาพที่ 8 (ภาพบน) พบว่าปริมาณไนโตรเจนที่พบมากที่สุด คือบริเวณด้านขวาของหมวกนิรภัยแบบปิดเต็มหน้า เก็บตัวอย่างเมื่อเวลาผ่านไปแล้ว 6 ชั่วโมงหลังยิงปืน ความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้คือ 0.166 ppm และจากภาพที่ 8 (ภาพล่าง) พบว่าปริมาณไนเตรทที่พบมากที่สุด คือบริเวณด้านขวาของหมวกนิรภัยแบบปิดเต็มหน้า เก็บตัวอย่างเมื่อเวลาผ่านไปแล้ว 3 ชั่วโมงหลังยิงปืน ความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้คือ 0.123 ppm



ภาพที่ 9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่การเก็บตัวอย่างกับระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง
ของความเข้มข้นไนโตรเจน (ภาพบน) และไนโตรเจน (ภาพล่าง) บนหมวกนิรภัยแบบเต็มใบ

จากภาพที่ 9 (ภาพบน) พบว่าปริมาณไนโตรเจนที่พบมากที่สุด คือบริเวณด้านหน้าของหมวกนิรภัยแบบเต็มใบ เก็บตัวอย่างทันทีหลังยิงปืน ความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้คือ 0.125 ppm และจากภาพที่ 9 (ภาพล่าง) พบว่าปริมาณไนโตรเจนที่พบมากที่สุด คือบริเวณด้านหน้าของหมวกนิรภัยแบบเต็มใบ เก็บตัวอย่างทันทีหลังยิงปืน ความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้คือ 0.156 ppm



ภาพที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่การเก็บตัวอย่างกับระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง
ของความเข้มข้นไนโตรเจน (ภาพบน) และไนโตรเจน (ภาพล่าง) บนหมวกนิรภัยแบบครึ่งใบ

จากภาพที่ 10 (ภาพบน) พบว่าปริมาณไนโตรเจนที่พบมากที่สุด คือบริเวณด้านบนของหมวกนิรภัยแบบครึ่งใบ เก็บตัวอย่างเมื่อเวลาผ่านไปแล้ว 12 ชั่วโมงหลังยิงปืน ความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้คือ 0.153 ppm และจากภาพที่ 10 (ภาพล่าง) พบว่าปริมาณไนโตรเจนที่พบมากที่สุด คือบริเวณด้านบนของหมวกนิรภัยแบบครึ่งใบ เก็บตัวอย่างเมื่อเวลาผ่านไปแล้ว 12 ชั่วโมงหลังยิงปืน ความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้คือ 0.102 ppm

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Two – Way ANOVA

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณไนโตรเจนบนหมวกนิรภัยทั้ง 3 ประเภท

Tests of Between-Subjects Effects														
Dependent Variable: ความเข้มข้นไนโตรเจน														
Source	Type III Sum of Squares			df			Mean Square			F			Sig.	
	แบบเปิดเต็มหน้า	แบบเต็มใบ	แบบครึ่งใบ	แบบเปิดเต็มหน้า	แบบเต็มใบ	แบบครึ่งใบ	แบบเปิดเต็มหน้า	แบบเต็มใบ	แบบครึ่งใบ	แบบเปิดเต็มหน้า	แบบเต็มใบ	แบบครึ่งใบ	แบบเปิดเต็มหน้า	แบบครึ่งใบ
Corrected Model	0.119	0.053	0.095	19	19	19	0.006	0.003	0.005	2.341	1.070	1.276	0.012*	0.414
Intercept	0.166	0.321	0.275	1	1	1	0.166	0.321	0.275	61.955	123.216	70.477	0.000*	0.000*
พื้นที่การเก็บตัวอย่าง	0.028	0.028	0.028	4	4	4	0.007	0.007	0.007	2.572	2.665	1.811	0.052	0.046*
ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง	0.052	0.013	0.040	3	3	3	0.017	0.004	0.013	6.422	1.724	3.453	0.001*	0.025*
Area * Hour	0.040	0.012	0.026	12	12	12	0.003	0.001	0.002	1.244	0.375	0.553	0.289	0.965
Error	0.107	0.104	0.156	40	40	40	0.003	0.003	0.004					
Total	0.392	0.478	0.526	60	60	60								
Corrected Total	0.226	0.157	0.251	59	59	59								

*p < .05

ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณไนโตรเจนบนหมวกนิรภัยทั้ง 3 ประเภท

Tests of Between-Subjects Effects														
Dependent Variable: ความเข้มข้นไนโตรเจน														
Source	Type III Sum of Squares			df			Mean Square			F			Sig.	
	แบบเปิดเต็มหน้า	แบบเต็มใบ	แบบครึ่งใบ	แบบเปิดเต็มหน้า	แบบเต็มใบ	แบบครึ่งใบ	แบบเปิดเต็มหน้า	แบบเต็มใบ	แบบครึ่งใบ	แบบเปิดเต็มหน้า	แบบเต็มใบ	แบบครึ่งใบ	แบบเปิดเต็มหน้า	แบบครึ่งใบ
Corrected Model	0.060	0.081	0.037	19	19	19	0.003	0.004	0.002	1.280	1.240	0.975	0.250	0.506
Intercept	0.163	0.189	0.136	1	1	1	0.163	0.189	0.136	66.369	55.269	67.662	0.000*	0.000*
พื้นที่การเก็บตัวอย่าง	0.007	0.014	0.003	4	4	4	0.002	0.004	0.001	0.754	1.039	0.403	0.562	0.399
ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง	0.026	0.038	0.001	3	3	3	0.009	0.013	0.000	3.463	3.728	0.244	0.025*	0.865
Area * Hour	0.027	0.028	0.033	12	12	12	0.002	0.002	0.003	0.909	0.686	1.349	0.546	0.755
Error	0.098	0.137	0.081	40	40	40	0.002	0.003	0.002					
Total	0.321	0.406	0.254	60	60	60								
Corrected Total	0.158	0.217	0.118	59	59	59								

* p < .05

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อหาปริมาณไนโตรเจนและไนเตรทบนหมวกนิรภัยของผู้ยิงโดยเทคนิคไอออนโครมาโทกราฟี เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่การเก็บตัวอย่างและระยะเวลาการเก็บตัวอย่างบนหมวกนิรภัยแต่ละประเภทกับปริมาณไนโตรเจนและไนเตรท สามารถสรุปผลได้ดังนี้

ผลจากการศึกษาปริมาณไนโตรเจนและไนเตรทในเขม่าดินปืนบนหมวกนิรภัยของผู้ยิง ที่ระยะเวลา 0 , 3, 6 ,12, 24 และ 48 ชั่วโมง พบว่าปริมาณของไนโตรเจนและไนเตรทมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการเก็บตัวอย่างภายหลังการยิง

ผลจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่เก็บตัวอย่างและระยะเวลาการเก็บตัวอย่างบนหมวกนิรภัยของผู้ยิงกับปริมาณไนโตรเจนและไนเตรท ซึ่งหมวกนิรภัยที่ใช้ในการวิจัยมี 3 ประเภท ได้แก่ หมวกนิรภัยแบบปิดเต็มหน้า หมวกนิรภัยแบบเต็มใบ และหมวกนิรภัยแบบครึ่งใบนั้น พบว่าพื้นที่การเก็บตัวอย่างไม่มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนและไนเตรท แต่ระยะเวลาการเก็บตัวอย่างมีผลต่อปริมาณไนโตรเจนและไนเตรท

จากการศึกษาปริมาณไนโตรเจนและไนเตรทบนหมวกนิรภัยของผู้ยิงโดยเทคนิคไอออนโครมาโทกราฟี เมื่อนำข้อมูลจากผลการทดลองเปรียบเทียบกับผลข้อมูลทางสถิติ พบว่าปริมาณไนโตรเจนและไนเตรทจะลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บตัวอย่างเพิ่มขึ้น โดยปริมาณไนโตรเจนและไนเตรทที่พบมากที่สุดที่ระยะเวลาการเก็บตัวอย่างไม่เกิน 6 ชั่วโมง และผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าปริมาณไนโตรเจนและไนเตรทที่พื้นที่การเก็บตัวอย่างต่างๆ ของหมวกนิรภัยทั้ง 3 ประเภทไม่มีความแตกต่างกัน แต่ระยะเวลาในการ เก็บตัวอย่างมีผลต่อปริมาณไนโตรเจนและไนเตรทที่ตรวจพบ ทำให้สรุปได้ว่าผลจากการทดลองสอดคล้องกับผลทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

ข้อเสนอแนะ

1. จากการทดลองพบว่าปริมาณไนโตรเจนและไนเตรทที่ตรวจพบมากที่สุดอยู่ในระยะการเก็บตัวอย่างไม่เกิน 6 ชั่วโมง และจะมีปริมาณลดลงเรื่อยๆ อีกทั้งที่ระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง 48 ชั่วโมงยังสามารถตรวจพบปริมาณไนโตรเจนและไนเตรทได้ ดังนั้นผู้ปฏิบัติจึงควรทำการศึกษาระยะเวลาการเก็บตัวอย่างที่ไม่สามารถตรวจพบปริมาณไนโตรเจนและไนเตรทได้

2. จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าชนิดหมวกนิรภัยที่ตรวจพบปริมาณไนโตรเจนและไนเตรทมากที่สุด คือหมวกนิรภัยแบบปิดเต็มหน้า และพื้นที่การเก็บตัวอย่างบนหมวกนิรภัยควรทำการเก็บตัวอย่างบริเวณด้านซ้าย หรือ ด้านขวา เพื่อเป็นการสนับสนุนข้อมูลที่ถนัดของผู้ยิงอาวุธปืน

3. ควรทำการทดลองในระบบเปิด เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพความเป็นจริงในการก่ออาชญากรรม

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

เชิดพงศ์ ชูกลิ่น. (2554). “ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของเขม่าป็นบนมือผู้ยิงปืนและระยะเวลาภายหลังการยิงปืนที่วิเคราะห์โดยเทคนิค Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry (ICP-MS).”วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2554

ธีรเดช ฉายอรุณ. การแปลความหมายผลการวิเคราะห์ทางสถิติ 2, 7 เมษายน 2560.

http://rlc.nrct.go.th/ewtadmin/ewt/nrct_museum/ewt_dl.php?nid=725

นำชัย ศุภฤกษ์ชัยสกุล. การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยใน ANOVA, 10 เมษายน 2560.

http://rlc.nrct.go.th/ewtadmin/ewt/nrct_museum/ewt_dl.php?nid

เบญจ พุฒินิล. (2555). การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนและไนเตรทในเขม่าดินปืนด้วยไอออนโครมาโทกราฟี.

วารสารวิชาการ Veridian E-Journal 5, 2 (พฤษภาคม-สิงหาคม):730-741

ผ่องอำไพ แสนแสง. การวิเคราะห์ความแปรปรวน, 18 มีนาคม 2560.

<http://www.norththonburi.com/attachments/article/77/>

แมน อมรสิทธิ์ และคณะ. “หลักการและเทคนิควิเคราะห์เชิงเครื่องมือ” กรุงเทพฯ:บริษัทখনการพิมพ์ 50 จำกัด, 2552.

วรเทพ พรประเสริฐ. (2557) การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนและไนเตรทในเขม่าดินปืนที่ติดบนเสื้อผ้าโดยเทคนิคไอออนโครมาโทกราฟี. วารสารวิชาการ Veridian E-Journal 1, 3 (พฤษภาคม-มิถุนายน): 43-52

วิจิตรา คุณมา. (2556). การหาปริมาณไนโตรเจนและไนเตรทบนเส้นผมของผู้ยิงปืนโดยเทคนิคไอออนโครมาโทกราฟี. วารสารวิชาการ Veridian E-Journal 6, 2 (พฤษภาคม-สิงหาคม):937-952

อัมพร จารุจินดา. “การตรวจอาวุธปืนและเครื่องกระสุน.” เอกสารความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอาวุธปืนและกระสุนปืนสำหรับผู้เข้าอบรม กองพิสูจน์หลักฐาน สำนักงานวิทยาการตำรวจ, 2542. (อัดสำเนา)

ภาษาต่างประเทศ

Field, A.P. (2013). Discovering statistics using IBM SPSS Statistics: And sex and drugs and rock'n roll (4th ed). London: Sage.

Gilchrist, E., Jongekrijg, F., Harvey, L., Smith, N., & Barron, L. (2012). Characterisation of gunshot residue from three ammunition types using suppressed anion exchange chromatography. Forensic Science International, 221(1-3), 50-56.

Johns, C., R. A. Shellie, O. G. Potter, J. W. O'Reilly, J. P. Hutchinson, R. M. Guijt, M. C. Breadmore, E. F. Hilder, G. W. Dicoski, and P. R. Haddad. 2008. Identification of Homemade Inorganic Explosives by Ion Chromatographic Analysis of Post-blast Residues. J. Chromatogr A. 1182 (2): 205-214.

- Molugararam, K., & Rao, S. (2017). Chapter 11 – ANOVA (Analysis of variance). Statistical Techniques Transportation Engineering, 451-462
- Singh, Gurdeep, Bipul Kumar, P.K. Sen, and J. Majumdar. 1999. Removal of Fluoride from Spent Pot Linear Leachate Using Ion Exchange. Water Environment Research. 71 (1):36-42.