

การหาปริมาณไนเตรทในเขม่าดินปืนภายในลำกล้องปืน โดยเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี

Spectrophotometric Determination of Nitrate in Gunshot Residues Obtained from the Gun Barrel

ภิญญา อันสนั่น (Pinyada Ansan) ^{1*} สุธา ภูสิทธิศักดิ์ (Suta Poosittisak) ^{**}
จิรวรร ธารรัตน์ (Jirawat Thanoorad) ^{***}

บทคัดย่อ

การวิจัยมีวัตถุประสงค์วิเคราะห์หาปริมาณไนเตรท (NO₃⁻) ในเขม่าดินปืนภายในลำกล้องปืนหลังการยิง (GSR) ด้วยเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรีการทดลองใช้ปืนพกวีลเวอร์ขนาด .38 SPECIAL ยี่ห้อ Smith & Wesson ด้วยกระสุนปืนแบบหัวตะกั่ว .38 SPECIAL (LRN) ยี่ห้อ ROYAL AMMUNITION โดยทำการทดลองด้วยจำนวนกระสุนปืนที่แตกต่างกันกระบอกที่ 1 สำหรับยิงกระสุนปืน 1 นัด กระบอกที่ 2 สำหรับยิงกระสุนปืน 2 นัด และกระบอกที่ 6 สำหรับยิงกระสุนปืน 6 นัด ตามลำดับ และเก็บเขม่าดินปืนภายหลังกินปืนทันทีหลังจากนั้นทำการล้างลำกล้องปืนและนำมาล้างใหม่และตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมงแล้วเก็บเขม่าดินปืน ทำเช่นนี้ซ้ำไปจนครบ 24 ชั่วโมง โดยตั้งเวลาห่างกันครั้งละ 1 ชั่วโมงพบว่าปริมาณไนเตรทที่มากที่สุดเมื่อทำการยิงกระสุนปืนจำนวน 5 นัด และพบปริมาณไนเตรทที่น้อยที่สุดเมื่อทำการยิงกระสุนปืนจำนวน 3 นัดและปริมาณไนเตรทที่มีปริมาณมากที่สุดเมื่อทำการเก็บตัวอย่างที่เวลา 22 ชั่วโมง และมีปริมาณน้อยที่สุดเมื่อเก็บตัวอย่างที่เวลา 14 ชั่วโมงภายหลังกินปืนปริมาณไนเตรทที่ตรวจพบจะแตกต่างกันไปในแต่ละช่วงเวลาอย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวสามารถตรวจพบไนเตรทในเขม่าดินปืนในลำกล้องปืนได้ การศึกษานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานทางนิติวิทยาศาสตร์ในการระบุ ตรวจพบเขม่าดินปืนภายในลำกล้องปืนของกลาง จึงเชื่อได้ว่าปืนของกลางได้ใช้ยิงมาแล้วภายหลังกินปืนครั้งสุดท้าย และปืนกระบอกนั้นผ่านการยิงมาแล้วนานเท่าใด ซึ่งผลการศึกษาที่ได้มาจะเป็นข้อมูลสนับสนุนในการสืบพยานหลักฐานในทางนิติวิทยาศาสตร์

ABSTRACT

The objective of this research is to determine the amounts of nitrate (NO₃⁻) in gunshot residues (GSR) collected from the gun barrel. The method to determine the GSR is by Spectrophotometry. The firearm used in this case study is a Revolver Smith & Wesson model .38 SPECIAL, and the bullets .38 SPECIAL (LRN) model ROYAL AMMUNITION. In a shooting experiment with different types bullet for cylinder one firing the

¹ Correspondent author: pinyada4405@yahoo.co.th

* นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** รองศาสตราจารย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

*** พันตำรวจโท หัวหน้ากลุ่มงานอาวุธปืน ศูนย์พิสูจน์หลักฐานภาค 4 จังหวัดขอนแก่น

firstshotsecondbarrelforfiringsixshots until the sixth barrelforfiringsixshots, and the GSR were collected from the gun barrel immediately after the shooting and the gun was cleaned before the next shooting run, this process is being carried out every hour for 24 hours. It was found that the highest amounts of sample residue collected (nitrate in GSR) were from the fifth shots and the lowest amount was from the thirdshots.The highest amounts of nitrate in GSR were from the samples collected at22hours andthelowest amount at 14 hoursafter thefirings. The amounts of nitrate in the samples willvarywith different sample-collection times. However,such methods can detectnitrate in gunshot residues (GSR) collected from the gun barrel.It is demonstrated that this technique used in the case study can be applied to identifyanddetect nitratein a gunshot residues (GSR) collected from the gun barrel. It is believedthat a final wipe after a gunshot,the gun is for alongshot. Evidence to support this experimental is obtained from forensic science.

คำสำคัญ : เขม่าดินปืน กระสุนปืนแบบหัวตะกั่วชนิด LRN แคดเมียมรีดักชันคอลัมน์

Key Words : Gunshot residues, Lead round nose ammunitions, Cadmium reduction column

บทนำ

ในปัจจุบันมีปัญหาด้านอาชญากรรมเกิดขึ้นมากมาย การที่จะเอาตัวผู้กระทำผิดที่แท้จริงมาลงโทษตามกระบวนการยุติธรรมนั้น เป็นเรื่องที่สำคัญอย่างยิ่ง โดยเฉพาะจะต้องมีการรวบรวมพยานหลักฐานมายืนยันให้สามารถพิสูจน์ความผิดได้อย่างชัดเจน

พยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ [1] เป็นพยานหลักฐานที่เกิดขึ้นด้วยการวิเคราะห์ หรือ วิจัย ซึ่งในทางกฎหมายถือว่าเป็นพยานหลักฐานอย่างหนึ่งที่จะนำเข้าสู่กระบวนการพิจารณาหรือนำเข้าสู่ความรู้ของศาลเพื่อให้ศาลวินิจฉัยว่าจำเลยมีความผิดหรือไม่โดยกำหนดวิธีการนำสืบไว้คือหากคู่ความมีความมีความประสงค์จะอ้างหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์เข้าสู่สำนวนเพื่อนำสืบข้อเท็จจริง [2] จะต้องมีการนำสืบโดยผู้เชี่ยวชาญซึ่งได้ทำการตรวจหรือว่าได้ตรวจ ได้วิเคราะห์ หรือได้วิจัยสังเกตเหตุการณ์หรือสรรพสิ่งของต่างๆที่เกี่ยวข้องกับในคดีนั้นมาแล้ว มาให้การเป็นความรู้ต่อศาล เป็นการนำสืบข้อเท็จจริงเข้าสู่สำนวนความอีกทางหนึ่ง เพื่อสนับสนุนคดีของโจทก์หรือจำเลย เพราะฉะนั้นเราจึงกล่าวได้

ว่าพยานหลักฐานทางวิทยาศาสตร์นี้ก็คือพยานความเห็นของผู้เชี่ยวชาญตามกฎหมายนั่นเอง [3] ประเด็นในการตรวจพิสูจน์เกี่ยวกับอาวุธปืนและเครื่องกระสุนปืนมีมากมายดังนี้

1. ปลอกกระสุนปืนและลูกกระสุนปืนที่ได้จากสถานที่เกิดเหตุบาดเจ็บ หรือศพผู้ตาย เป็นชนิดอะไร ขนาดอะไร ใช้ยิงจากอาวุธปืนชนิดและขนาดใด ซึ่งอาจยืนยันถึงยี่ห้อปืนได้
2. การตรวจวิถีกระสุนปืนเพื่อให้ทราบวาตอนเกิดเหตุขึ้นยังกันอย่างไร เป็นการยืนยันลักษณะทิศทางและกลุ่มหรือตำแหน่งของผู้ยิง
3. อาวุธปืนยิงมาแล้วหรือไม่ โดยหาเขม่าในลำกล้องปืน เขม่าในที่นี้หมายถึงส่วนที่เหลือจากการเผาไหม้จากดินปืน ซึ่งเป็นสารประกอบพวกไนโตรทและไนเตรท
4. ตรวจหาเขม่าดินปืนจากผู้ต้องสงสัยว่ายิงปืนมาหรือไม่

เขม่าดินปืน (Gunshot Residue; GSR) คือสิ่งที่เกิดขึ้นภายหลังการยิงปืนอันเป็นผลมาจากส่วนที่เหลือตกค้างหลังการเผาไหม้ (Residues of

Combustion) ของชนวนท้ายกระสุนปืนและดินส่งกระสุนปืน

ดินปืนที่ใช้ในปัจจุบันส่วนมากเป็น ดินคั่นน้อย แบบ Double-based มีส่วนผสมของไนโตรเซลลูโลสและ ไนโตรกลีเซอรีน สารประกอบไนโตรนั้นจะเกิดขึ้นเมื่อส่วนประกอบสำคัญของดินปืน (ดินคั่นน้อย) เกิดการลุกไหม้ (Decomposition) แล้วสิ่งที่เหลือบางส่วนคือสารประกอบไนเตรทและไนไตรท์ (Nitrite-base compound) ดังภาพที่ 1 ซึ่งจะยังคงอยู่ที่ลำกล้องปืนและติดที่เสื้อผ้าของผู้เสียหายและผู้ต้องสงสัยที่ชนวนท้ายกระสุนปืน (Primer Cap) จะมีส่วนผสมของสารประกอบเคมีหลักสำคัญอยู่ 3 ส่วน ที่มีบทบาทสำคัญในการวิเคราะห์ในเรื่องคราบเขม่าที่มาจากการยิงปืนด้วยกัน ได้แก่ 1) ตัวกระตุ้น (Initiator) เป็นเชื้อปะทุที่สามารถระเบิดได้เองโดยไม่ต้องใช้ไฟจุด เป็นตัวเริ่มขบวนการเมื่อเข็มแทงชนวนกระทบกับตัวกระตุ้นที่ใช้กันมากในปัจจุบัน คือ เลดสเตปเนท ($\text{PbO}_2 \cdot \text{C}_6\text{H}(\text{NO}_2)_3$) 2) ตัวออกซิไดส์ (Oxidizer) เป็นตัวให้ออกซิเจนเพื่อช่วยในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง นิยมทำด้วยแบเรียมไนเตรท ($\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$) 3) เชื้อเพลิง (Fuel) เป็นตัวทำให้เกิดเปลวไฟเพียงพอที่จะจุดดินปืนต่อไป นิยมใช้แอนติโมนีซัลไฟด์ (Sb_2S_3) [4] นอกจากนี้ยังมีแคลเซียมซิลิไซด์และไนโตรเซลลูโลสและยังมีตัวสำคัญที่ขาดไม่ได้คือแบเรียมไนเตรท ทำหน้าที่เป็นตัวออกซิไดส์ให้ O_2 กับเชื้อเพลิง โดยแต่ละบริษัทที่ผลิตจะมีองค์ประกอบของสารดังกล่าวแตกต่างกันออกไปการตรวจพิสูจน์หาคราบเขม่าปืน [5] เริ่มแรกประมาณปี ค.ศ.1932 วงการตำรวจสากลทั่วไปได้ทำการตรวจหาคราบเขม่าที่เกิดจากการยิงปืนที่มีวิธีที่เรียกว่า Dermal Nitrate Test หรือ Paraffin Test เป็นการทดสอบทางเคมีโดยดูการเปลี่ยนแปลงสีที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาของสารประกอบจำพวกไนเตรทที่มาจากเขม่าดินปืนซึ่งเขม่าดินปืนนี้เกิดจากการเผาไหม้ของดินส่งกระสุนปืน (ดินปืน) โดยใช้สารละลายไดฟีนิลลามีน (Diphenylamine)

โดยปกติแล้วการตรวจพิสูจน์หาเขม่าดินปืนนั้น ส่วนมากจะให้ความสำคัญกับการตรวจบริเวณที่มีมือของผู้ต้องสงสัยเท่านั้น [6] การเก็บตัวอย่างสำหรับการตรวจพิสูจน์ว่าผ่านการยิงปืนมาหรือไม่มีข้อจำกัดที่ต้องทำการเก็บตัวอย่างสำหรับการตรวจเขม่าปืนจากบุคคลที่มีชีวิตอยู่ภายใน 6 ชั่วโมงหลังเกิดเหตุและภายใน 24 ชั่วโมงจากศพและโอกาสที่จะตรวจเขม่าปืนจากผู้ต้องสงสัยได้น้อยมาก เนื่องจากส่วนใหญ่ผู้ต้องสงสัยจะหลบหนี และใช้เวลานานกว่าจะติดตามจับกุมผู้ต้องสงสัยมาตรวจได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทจากเขม่าดินปืนภายในลำกล้องปืนหลังการยิง ที่ระยะเวลาและจำนวนกระสุนปืนที่แตกต่างกันด้วยเทคนิคแคดเมียมรีดักชันคอลัมน์ อาจจะเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่จะถูกนำมาใช้ในการศึกษาคำนวณปริมาณเขม่าดินปืนตกค้างในบริเวณลำกล้องของปืนขนาด .38 สเปเชียล เพื่อนำผลการศึกษาที่ได้มาเป็นข้อมูลสนับสนุนในการสืบพยานหลักฐานในทางนิติวิทยาศาสตร์ โดยจุดประสงค์อย่างหนึ่งในการตรวจพิสูจน์อาวุธปืนในงานพิสูจน์หลักฐานจะตรวจว่า ปืนของกลาง ใช้ยิงมาแล้วหรือไม่ นานเท่าใด ผลการตรวจพิสูจน์และความเห็นของผู้ชำนาญจะระบุว่า ตรวจพบเขม่าดินปืนภายในลำกล้องปืนของกลาง จึงเชื่อได้ว่าเป็นของกลางได้ใช้ยิงมาแล้วภายหลังการเช็ดล้างครั้งสุดท้าย แต่จะใช้ยิงมานานเท่าใดนั้นไม่อาจตรวจยืนยันให้ทราบได้ ซึ่งผลการวิจัยครั้งนี้จะสามารถตอบโจทย์ในส่วนนี้ได้ว่าเป็นกระบอกนั้นผ่านการยิงมาแล้วนานเท่าใด เมื่อนำไปประกอบกับพยานหลักฐานอื่นๆ ที่จะนำเข้าสู่กระบวนการพิจารณาของศาล เพื่อให้ศาลวินิจฉัยว่าจำเลยมีความผิดหรือบริสุทธิ์

วัตถุประสงค์

เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทจากเขม่าดินปืนภายในลำกล้องปืนหลังการยิงที่ระยะเวลาต่าง ๆ และจำนวนกระสุนปืนที่แตกต่างกันด้วยวิธีแคดเมียม

รีดักชันคอลัมน์และสเปคโตรโฟโตมิเตอร์

วัสดุและวิธีการวิจัย

วัสดุอุปกรณ์

ปืนพกวีลเวอร์รี่หือ Smith & Wesson ขนาด .38 SPECIAL Model 1 3-4 กระสุนปืนแบบหัวตะกั่ว Lead Round Nose (LRN) ขนาด .38 SPECIAL ยี่ห้อ ROYAL AMMUNITION หลอดแก้วเก็บตัวอย่าง Cotton Swabs Sonicate สำหรับเขย่าตัวอย่างรีดักชันคอลัมน์และสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ยี่ห้อ SHIMADZU รุ่น UV – 160A

วิธีการทดลอง

การเตรียมคอลัมน์แคดเมียม

ล้างเม็ดแคดเมียมขนาด 40-60 meshหนัก 50 กรัมแช่ในกรด 6 N HCL จนท่วมและกวนด้วยแท่งแก้ว เทกรตทิ้ง จากนั้นจึงล้างด้วยน้ำกลั่นเทเม็ดแคดเมียมลงใน 2% CuSO₄ ประมาณ 200 ml กวนให้ทั่วจนกระทั่งสีน้ำเงินของสารละลายจางหายไป เทสารละลายทิ้งจนหมดแล้วเติม 2% CuSO₄ ใหม่อีก กวนจนกระทั่งมีผลึกคอลลอยด์สีน้ำตาลเกิดขึ้น จากนั้นจึงล้างเม็ดแคดเมียมด้วยน้ำกลั่น (อย่างน้อย 10 เท่าปริมาตรของแคดเมียม) จนกระทั่งไม่มีผลึกสีน้ำตาลติดอยู่เลยการเตรียมคอลัมน์ทำโดยนำใยแก้ว (glass wool) ใส่ลงไปกั้นคอลัมน์ และเติมน้ำกลั่นลงในคอลัมน์เปล่าที่จัดเตรียมไว้จนเต็มบรรจุเม็ดแคดเมียมที่เตรียมไว้ก่อนแล้วลงในคอลัมน์ให้ได้ความสูงประมาณ 18.5 เซนติเมตรรักษาระดับน้ำให้ท่วมเม็ดแคดเมียมเสมอเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดโพรงล้างเม็ดแคดเมียมด้วยสารละลาย NH₄Cl-EDTA เจือจางปริมาตร 200 ml ผ่านคอลัมน์ อย่างช้าๆปล่อยสารที่ชะได้ทิ้งไป แล้วนำสารละลายผสมระหว่างสารมาตรฐานไนเตรทเข้มข้น 1.0 mg/l ปริมาตร 25 ml กับสารละลาย NH₄Cl-EDTA เจือจาง ปริมาตร 75 ml แล้วเทสารละลายผสมที่เตรียมให้ไหลออกจากคอลัมน์ด้วย

อัตราประมาณ 8-12 ml/min เพื่อเป็นการกระตุ้นคอลัมน์ล้างคอลัมน์ด้วย NH₄Cl-EDTA เจือจางอีก 3-4 ครั้งเพื่อใช้กับสารละลายต่อไป

การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

ซิงโครเดียมไนไตรท์ (NaNO₂) อบแห้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง หนัก 1.500 กรัม แล้วเจือจางให้เป็น 100ml ด้วยน้ำกลั่นจะได้สารละลายสต็อกที่มีความเข้มข้น 10 ppm เตรียมสารละลายมาตรฐานไนไตรท์เข้มข้น 0.001, 0.005, 0.01, 0.05, 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 ppm จากสารละลายสต็อกเมื่อเตรียมสารละลายมาตรฐานไนไตรท์ที่มีความเข้มข้นต่างๆเสร็จแล้วทำการแบ่งเป็น 2 ส่วน คือส่วนหนึ่งนำไปผ่านคอลัมน์และอีกส่วนหนึ่งไม่ผ่านคอลัมน์ แล้วนำมาสร้างสีและวัดค่าการดูดกลืนแสงในลักษณะเดียวกันกับตัวอย่าง

นำค่าที่ได้ไปเขียนเส้นกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนไตรท์กับค่าการดูดกลืนแสง

การยิงปืนและการเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างจากกระบอกปืนก่อนการยิงโดยนำ Cotton Swabs ชุบน้ำกลั่นปริมาตร 1 ml แล้วเช็ดภายในลำกล้องปืนตามความยาวของลำกล้องปืนจนสุดนำ Cotton Swabs ที่เช็ดภายในลำกล้องปืนแล้ว ใส่ในหลอดแก้วเก็บตัวอย่างเก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำปืนกระบอกที่ 1 บรรจุกระสุนปืน 1 นัด แล้วยิง หลังจากยิงแล้วทำการเก็บตัวอย่างทันที โดยนำ Cotton Swabs ชุบน้ำกลั่นจำนวน 1 ml แล้วเช็ดภายในลำกล้องปืนนำ Cotton Swabs ที่เช็ดภายในลำกล้องปืนแล้ว ใส่ในหลอดแก้วเก็บตัวอย่างเก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำปืนที่ยิงเสร็จแล้วไปทำความสะอาดหลังจากทำความสะอาดแล้วนำปืนกระบอกเดิมมาทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง โดยทำการเก็บตัวอย่างภายหลังจากการยิงตั้งแต่ที่ 0 ชั่วโมง, 1 ชั่วโมง, 2 ชั่วโมง, 3 ชั่วโมง, ..., 24 ชั่วโมงทำการทดลองตามข้างต้นแต่เปลี่ยนปืนเป็นกระบอกที่ 2 สำหรับยิงกระสุนปืน 2 นัด กระบอก

ที่ 3 สำหรับยิงกระสุนปืน 3 นัดกระบอกที่ 4 สำหรับยิงกระสุนปืน 4 นัด กระบอกที่ 5 สำหรับยิงกระสุนปืน 5 นัด และกระบอกที่ 6 สำหรับยิงกระสุนปืน 6 นัด ตามลำดับ

การล้างลำกล้องปืน

นำเส้นล่อน ใช้ก้านเส้นที่เป็นวัสดุอ่อนกว่าลำกล้องก็คืออลูมิเนียมมาพันด้วยเศษผ้าบริเวณก้นยาวๆ นำเส้นล่อนบริเวณที่พันด้วยเศษผ้า จุ่มลงในส่วนผสมของน้ำมันเบนซิน ผสมกับโซล่าโซลแลนท์จากปากลำกล้องปืนลงไปในลักษณะหมุนวนจากซ้ายไปขวา ไล่ลงไปเรื่อย ๆ จนสุดลำกล้องปืน แล้วดึงให้เส้นวิ่งจากท้ายรังเพลิงขึ้นมาที่ปลายลำกล้องทำซ้ำทุกขั้นตอนจำนวน 5 ครั้ง จนสะอาด

การเตรียมตัวอย่าง

เติมน้ำกลั่น 25 ml ลงในหลอดแก้วเก็บตัวอย่างนำไปเขย่าด้วยเครื่อง Sonicate 30 นาที กรองด้วยกระดาษกรอง ปรับปริมาตรให้เป็น 100 ml ด้วย $\text{NH}_4\text{Cl-EDTA}$ เจือจาง

นำตัวอย่างปริมาตร 5 ml เติมน้ำยาซัลฟานิลาไมด์ 2 ml ทิ้งไว้ 3 นาทีจากนั้นจึงเติม N-(1-naphtyl)-ethylenediaminedihydrochloride 2 ml เขย่าตัวอย่างให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 20 นาที นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 543 nm โดยใช้ น้ำกลั่นเป็นแบลนด์ค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้จากตัวอย่างไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน ก็จะทราบความเข้มข้นของไนโตรที่ (ไม่ต้องผ่านคอลัมน์) ในตัวอย่าง

นำตัวอย่างปริมาตร 95 ml. เทตัวอย่างจากลงในคอลัมน์ ปล่อยให้ตัวอย่างน้ำไหลผ่านคอลัมน์ในอัตรา 8-12 ml/min ปล่อยให้สารละลายแรกทิ้งให้ได้ปริมาตร 50 ml แล้วเติมน้ำยา ซัลฟานิลาไมด์ 2 ml ทิ้งไว้ 3 นาทีจากนั้นจึงเติม N-(1-naphtyl)-ethylenediaminedihydrochloride 2 ml เขย่าตัวอย่างให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 20 นาที นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่

ความยาวคลื่น 543 nm โดยใช้ น้ำกลั่นเป็นแบลนด์ค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้จากตัวอย่างไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน ก็จะทราบความเข้มข้นของไนโตรที่ (ผ่านคอลัมน์) ในตัวอย่าง

การหาปริมาณไนโตรที่ในตัวอย่าง เนื่องจากสารละลายตัวอย่างที่เตรียมได้มีทั้งไนโตรที่และไนโตรที่ผสมกัน เมื่อนำมาผ่านคอลัมน์ไนโตรที่จะถูกรีดิวซ์ด้วยแคดเมียมได้เป็นไนโตรที่ ดังนั้นการหาความเข้มข้นของไนโตรที่ในตัวอย่าง ทำโดยนำความเข้มข้นของไนโตรที่ในตัวอย่างที่ผ่านคอลัมน์ทั้งหมด หักลบด้วยความเข้มข้นของไนโตรที่ในตัวอย่าง (ของเดิม) ที่ไม่ผ่านคอลัมน์

ผลการวิจัย

การสร้างกราฟมาตรฐานปริมาณไนโตรที่เมื่อไม่ผ่านรีดักชันคอลัมน์

เมื่อนำข้อมูลระหว่างการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของไนโตรที่เข้มข้น 0.001 ถึง 1 ppm พล็อตกราฟได้ผลดังภาพที่ 2 พบว่ามีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง มีสมการแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง $y = 0.250x + 0.016$ ความชัน (Slope) เท่ากับ 0.250 จุดตัดบนแกน y (Intercept) เท่ากับ 0.016 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation of Determination (R^2)) เท่ากับ 0.999 มีค่าเข้าใกล้ 1 มาก หมายถึงว่ากราฟที่สร้างขึ้นมานี้สามารถใช้อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่าง y และ x ว่าเป็นแบบเชิงเส้นมากสามารถใช้ สมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟเส้นตรงนี้ทำนายตัวแปรตาม y ได้ หากเราทราบตัวแปรอิสระ x

การหาปริมาณไนโตรที่ในลำกล้องปืนภายหลังการยิงเมื่อไม่ผ่านรีดักชันคอลัมน์

จากการหาปริมาณไนโตรที่ในลำกล้องปืน ภายหลังจากการยิงปืนที่ไม่ผ่านคอลัมน์ที่ระยะเวลาต่างๆ กันตั้งแต่ 0 ชั่วโมง, 1 ชั่วโมง, 2 ชั่วโมง, 3 ชั่วโมง,, ไปจนถึง 24 ชั่วโมง และจำนวนกระสุนปืนในการยิงปืนแต่ละกระบอกที่แตกต่างกันตั้งแต่ 1 นัด 2

นัด 3 นัด 4 นัด 5 นัด และ 6 นัดได้ผลดังตารางที่ 1

การสร้างกราฟมาตรฐานปริมาณไนโตรทเมื่อผ่านรีดักชันคอลัมน์

เมื่อนำข้อมูลระหว่างการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของไนโตรทเข้มข้น 0.001 ถึง 1 ppm ได้ผลดังภาพที่ 3 พบว่าได้ความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง มีสมการแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง $y = 0.298x + 0.038$ ความชัน (Slope) เท่ากับ 0.298 จุดตัดบนแกน y (Intercept) เท่ากับ 0.038 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation of Determination (R^2)) เท่ากับ 0.992 มีค่าเข้าใกล้ 1 มาก หมายถึงว่ากราฟที่สร้างขึ้นมานี้สามารถใช้อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่าง y และ x ว่าเป็นแบบเชิงเส้นมากสามารถใช้สมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟเส้นตรงนี้ทำนายตัวแปรตาม y ได้ หากเราทราบตัวแปรอิสระ x

การหาปริมาณไนโตรทในลากล่องปืนภายหลังการยิงเมื่อผ่านรีดักชันคอลัมน์

จากการหาปริมาณไนโตรทในลากล่องปืนภายหลังการยิงปืนที่ผ่านคอลัมน์ที่ระยะเวลาต่าง ๆ กันตั้งแต่ 0 ชั่วโมง, 1 ชั่วโมง, 2 ชั่วโมง, 3 ชั่วโมง,....., ไปจนถึง 24 ชั่วโมง และจำนวนกระสุนปืนในการยิงปืนแต่ละกระบอกที่แตกต่างกันตั้งแต่ 1 นัด 2 นัด 3 นัด 4 นัด 5 นัด และ 6 นัดได้ผลดังตารางที่ 2

การหาปริมาณไนโตรทในลากล่องปืนภายหลังการยิง

การหาปริมาณไนโตรทในลากล่องปืนภายหลังการยิงปืนที่ระยะเวลาต่าง ๆ กันตั้งแต่ 0 ชั่วโมง, 1 ชั่วโมง, 2 ชั่วโมง, 3 ชั่วโมง,....., ไปจนถึง 24 ชั่วโมง และจำนวนกระสุนปืนในการยิงปืนแต่ละกระบอกที่แตกต่างกันตั้งแต่ 1 นัด 2 นัด 3 นัด 4 นัด 5 นัด และ 6 นัดสามารถหาได้โดยนำความเข้มข้นของไนโตรทในตัวอย่างที่ผ่านคอลัมน์ หักออกจากความเข้มข้นของไนโตรทในตัวอย่างที่ไม่ผ่านคอลัมน์ ได้ผลดังตารางที่ 3

เมื่อนำปริมาณไนโตรทในลากล่องปืนภายหลังการยิงปืนที่ระยะเวลาต่าง ๆ กันตั้งแต่ 0 ชั่วโมง, 1 ชั่วโมง, 2 ชั่วโมง, 3 ชั่วโมง,....., ไปจนถึง

24 ชั่วโมงจากตารางที่ 6 และจำนวนกระสุนปืนในการยิงปืนแต่ละกระบอกที่แตกต่างกันตั้งแต่ 1 นัด 2 นัด 3 นัด 4 นัด 5 นัด และ 6 นัดไปพล็อตกราฟ จะได้ผลดังภาพที่ 4

สรุปและอภิปรายผล

จากการทดลองสามารถหาปริมาณไนโตรทได้ในปริมาณที่ต่างกัน โดยจะพบสิ่งที่คล้ายกันในปีนแต่ละกระบอก คือ

ชั่วโมงที่ 0 จนถึงชั่วโมงที่ 5 ความเข้มข้นของปริมาณไนโตรทจะเพิ่มขึ้น

ชั่วโมงที่ 6 จนถึงชั่วโมงที่ 10 ความเข้มข้นของปริมาณไนโตรทจะลดลง

ชั่วโมงที่ 11 จนถึงชั่วโมงที่ 13 ความเข้มข้นของปริมาณไนโตรทจะลดลง

ชั่วโมงที่ 14 จนถึงชั่วโมงที่ 21 ความเข้มข้นของปริมาณไนโตรทจะเพิ่มขึ้น

ชั่วโมงที่ 22 จนถึงชั่วโมงที่ 24 ความเข้มข้นของปริมาณไนโตรทจะลดลง

ซึ่งเมื่อดูโดยเฉลี่ยแล้วพบว่าเมื่อระยะเวลามากขึ้นปริมาณไนโตรทเพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากก๊าซไนโตรเจนจะถูกออกซิไดซ์ด้วยก๊าซออกซิเจนจนเกิดสารประกอบไนโตรทและไนเตรทได้

จากการศึกษาเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรทในเขม่าดินปืนภายในลากล่องปืนภายหลังการยิง เพื่อหาปริมาณและความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของไนโตรทกับจำนวนนัดที่ยิงและระยะเวลาการเก็บตัวอย่างโดยใช้อาวุธปืนพกมือเวสเลอร์ยี่ห้อ Smith & Wesson ขนาด .38 SPECIAL Model 13-4 ด้วยกระสุนปืน แบบหัวตะกั่ว Lead Round Nose (LRN) ขนาด .38 SPECIAL ยี่ห้อ ROYAL AMMUNITION สามารถสรุปผลได้ดังนี้

ผลจากการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรทในเขม่าดินปืนในลากล่องปืนภายหลังการยิง พบว่าปริมาณไนโตรทไม่ได้แปรผันตรงกับจำนวนนัดที่ทำการยิงกล่าวคือเมื่อยิงในจำนวนนัดที่เพิ่มขึ้น ก็ได้พบ

ไนเตรทในปริมาณที่มากขึ้นด้วยโดยเมื่อดูที่ระยะเวลาการเก็บตัวอย่างที่ชั่วโมงเดียวกัน จะพบปริมาณไนเตรทที่มากที่สุดเมื่อทำการยิงกระสุนปืนจำนวน 5 นัด และพบปริมาณไนเตรทที่น้อยที่สุดเมื่อทำการยิงกระสุนปืนจำนวน 3 นัด

และจากการศึกษาระยะเวลาการเก็บตัวอย่างภายหลังการยิงปืนพบว่าปริมาณไนเตรทไม่ได้แปรผันตรงกับจำนวนชั่วโมงที่ตั้งทิ้งไว้ก่อนทำการเก็บตัวอย่าง กล่าวคือเมื่อระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ก็ไม่ได้พบไนเตรทในปริมาณที่มากขึ้นด้วยโดยเมื่อดูที่ปืนกระบอกเดียวกัน จะพบปริมาณไนเตรทที่ปริมาณมากที่สุดเมื่อทำการเก็บตัวอย่างที่เวลา 22 ชั่วโมง และมีปริมาณน้อยที่สุดเมื่อเก็บตัวอย่างที่เวลา 14 ชั่วโมงภายหลังการยิงปืนแต่พบว่าปริมาณไนเตรทที่ตรวจพบจะแตกต่างกันไปในแต่ละช่วงเวลาอย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวสามารถตรวจพบไนเตรทในเขม่าดินปืนในลำกล้องปืนได้ การศึกษานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานทางนิติวิทยาศาสตร์ในการระบุว่ามีกระสุนยิงปืนได้

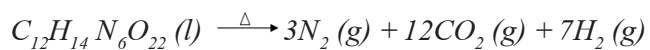
ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการศึกษาในอาวุธปืนชนิดขนาดต่าง ๆ เพื่อจะได้ทราบถึงปริมาณของเขม่าดินปืนในอาวุธปืนแต่ละชนิดขนาด
2. ควรทำการศึกษาโดยใช้ปืนกระบอกเดียวตลอดการทดลองทั้งปืนที่ยิง 1 นัด 2 นัด จนถึง 6 นัด เพื่อดูว่ามีผลต่อปริมาณไนเตรทในตัวอย่างหรือไม่
3. ควรทำการศึกษาที่มีการควบคุมอุณหภูมิในการเก็บตัวอย่างว่ามีผลต่อปริมาณไนเตรทในตัวอย่างหรือไม่
4. ควรทำการศึกษาที่ระยะเวลาที่ยาวนาน เพื่อดูจนกว่าเขม่าดินปืนจะหมดไป
5. ควรศึกษาหาปริมาณโลหะ Pb, Ba และ Sb ในเขม่าดินปืนด้วย

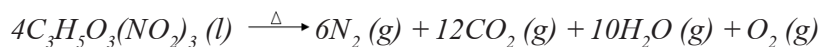
เอกสารอ้างอิง

1. Benchakun S. Forensic evidence and justice. Fair criticism Journal. 2007 Sep. Thai.
2. Suwansiri P. Scientific evidence. Graduate Law Journal. 1968; 25(1): 31-39. Thai.
3. Charuchinda A. Identification evidence. 2nd ed. Bangkok; 1976. Thai.
4. Thanoorad J. Handbook of Detection of gun powder gunshot residue lead and copper of bullet. 2008. Thai.
5. Brian J. Handbook of Firearms and Ballistics. John Wiley & Sons Ltd. 1997; 167-169.
6. Chuwet P. Criminalistic. 2nd ed. Bangkok; 1988. 96-104 p. Thai.

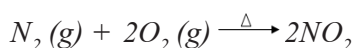
Nitrocellulose



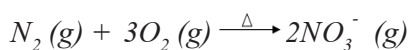
Nitroglycerine



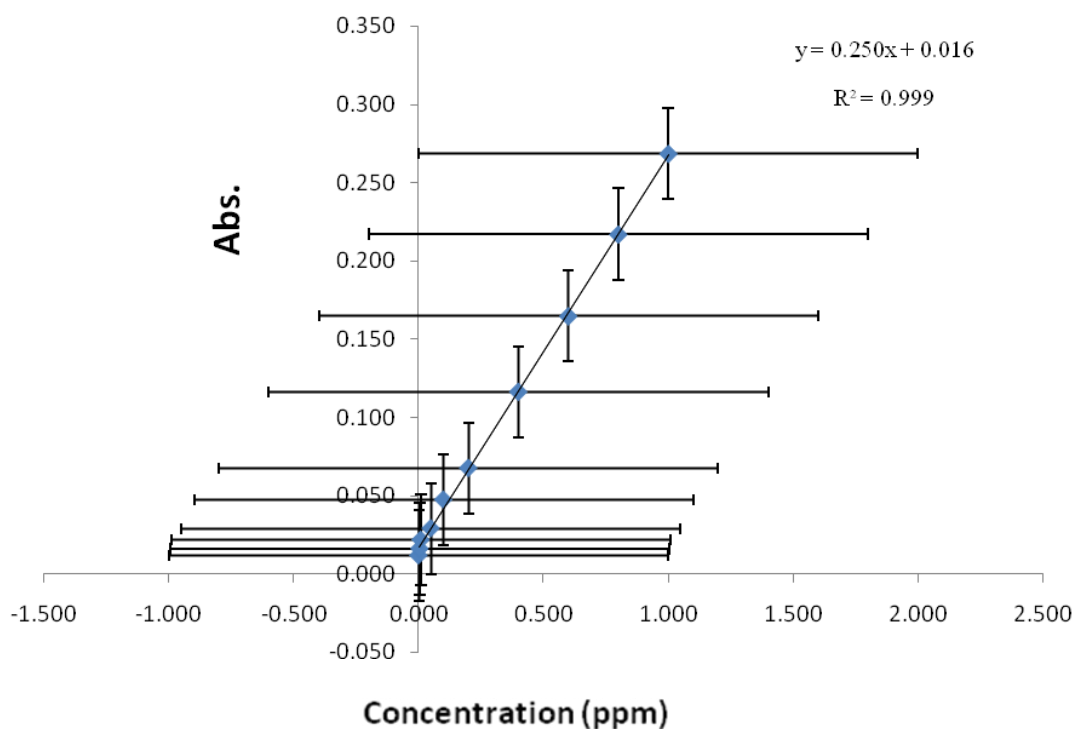
การเกิดสารประกอบไนไตรท์



การเกิดสารประกอบไนเตรท



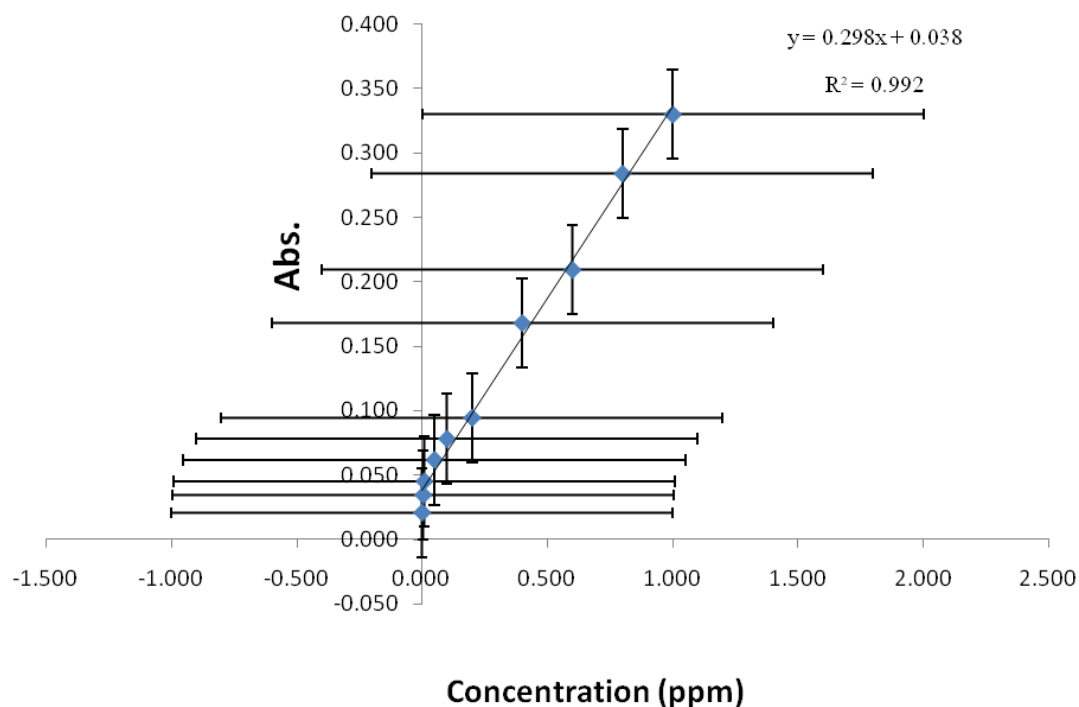
ภาพที่ 1 แผนภาพแสดงการเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ของไนโตรเซลลูโลสและไนโตรกลีเซอรีน และการเกิดสารประกอบไนไตรท์



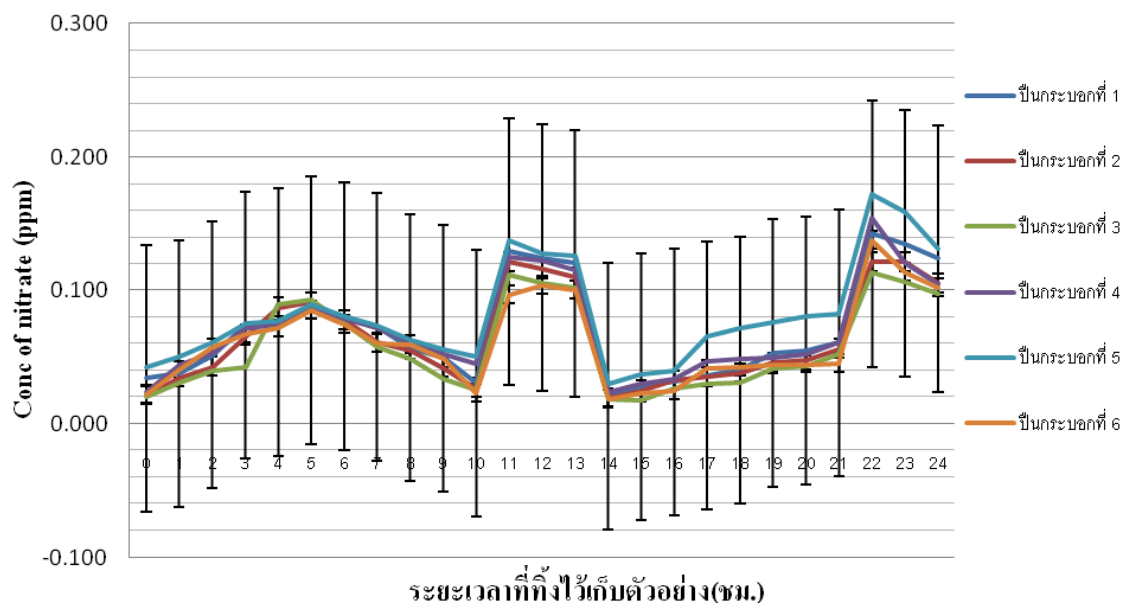
ภาพที่ 2 กราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของไนไตรท์เข้มข้น 0.001-1 ppm เมื่อไม่ผ่านรีดักชันคอลัมน์

ตารางที่ 1 ปริมาณไนโตรเจน (ppm) เมื่อไม่ผ่านรีดักชันคอลัมน์ (n=3)

ระยะเวลาที่ ทิ้งไว้เก็บ ตัวอย่าง (ชม.)	ปริมาณไนโตรเจน (ppm)					
	ปีนกระบอกที่ 1 (จำนวนกระตุนเป็นท ใช้ยิง 1 นัด)	ปีนกระบอกที่ 2 (จำนวนกระตุนเป็นท ใช้ยิง 2 นัด)	ปีนกระบอกที่ 3 (จำนวนกระตุนเป็นท ใช้ยิง 3 นัด)	ปีนกระบอกที่ 4 (จำนวนกระตุนเป็นท ใช้ยิง 4 นัด)	ปีนกระบอกที่ 5 (จำนวนกระตุนเป็นท ใช้ยิง 5 นัด)	ปีนกระบอกที่ 6 (จำนวนกระตุนเป็นท ใช้ยิง 6 นัด)
0	0.016±0.004	0.014±0.003	0.011±0.003	0.017±0.001	0.019±0.002	0.015±0.001
1	0.018±0.004	0.017±0.005	0.012±0.005	0.016±0.002	0.020±0.002	0.014±0.003
2	0.021±0.003	0.019±0.004	0.014±0.005	0.020±0.003	0.026±0.002	0.016±0.001
3	0.027±0.002	0.022±0.001	0.019±0.001	0.025±0.002	0.030±0.002	0.020±0.001
4	0.033±0.003	0.030±0.004	0.022±0.004	0.035±0.002	0.044±0.001	0.027±0.005
5	0.042±0.002	0.038±0.005	0.025±0.003	0.040±0.003	0.050±0.002	0.033±0.005
6	0.038±0.003	0.032±0.005	0.029±0.001	0.034±0.002	0.040±0.005	0.020±0.004
7	0.034±0.003	0.030±0.002	0.026±0.001	0.032±0.001	0.038±0.001	0.018±0.002
8	0.029±0.003	0.025±0.002	0.020±0.005	0.028±0.004	0.035±0.003	0.018±0.006
9	0.026±0.001	0.019±0.005	0.016±0.003	0.024±0.004	0.029±0.004	0.015±0.005
10	0.021±0.004	0.014±0.005	0.012±0.002	0.022±0.002	0.027±0.003	0.013±0.005
11	0.154±0.002	0.149±0.003	0.132±0.001	0.150±0.004	0.160±0.004	0.083±0.005
12	0.144±0.006	0.136±0.001	0.127±0.001	0.141±0.005	0.149±0.002	0.075±0.004
13	0.124±0.003	0.110±0.002	0.095±0.005	0.116±0.001	0.134±0.003	0.067±0.003
14	0.007±0.001	0.005±0.002	0.003±0.004	0.009±0.003	0.011±0.002	0.008±0.006
15	0.008±0.001	0.007±0.003	0.004±0.004	0.010±0.003	0.015±0.004	0.009±0.002
16	0.010±0.002	0.008±0.003	0.007±0.003	0.012±0.001	0.016±0.005	0.011±0.003
17	0.011±0.004	0.009±0.001	0.006±0.002	0.016±0.005	0.019±0.003	0.013±0.004
18	0.015±0.005	0.013±0.002	0.009±0.005	0.018±0.002	0.022±0.005	0.015±0.001
19	0.018±0.003	0.015±0.001	0.010±0.003	0.020±0.005	0.024±0.006	0.018±0.003
20	0.023±0.002	0.016±0.005	0.012±0.002	0.021±0.002	0.028±0.001	0.020±0.001
21	0.026±0.002	0.019±0.003	0.015±0.004	0.024±0.004	0.030±0.002	0.023±0.003
22	0.076±0.004	0.065±0.001	0.058±0.001	0.078±0.005	0.080±0.003	0.066±0.004
23	0.055±0.004	0.050±0.005	0.048±0.001	0.054±0.003	0.059±0.004	0.045±0.001
24	0.048±0.002	0.043±0.003	0.040±0.005	0.046±0.001	0.050±0.003	0.038±0.002



ภาพที่ 3 กราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของไนไตรท์เข้มข้น 0.001-1 ppm เมื่อผ่านรีดักชันคอลลิมน์



ภาพที่ 4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนเตรทในลำกล้องป็นภายหลังจากการยิงปืนที่ระยะเวลาแตกต่างกัน ตั้งแต่ 0 ชั่วโมง, 1 ชั่วโมง, 2 ชั่วโมง,....., ไปจนถึง 24 ชั่วโมง และจำนวนกระสุนปืนในการยิงปืน แต่ละกระบอกที่ต่างกันตั้งแต่ 1 นัด 2 นัด 3 นัด 4 นัด 5 นัด และ 6 นัด

ตารางที่ 2 ปริมาณไนโตรเจน (ppm) เมื่อผ่านรีดักชันคอลัมน์ (n=3)

ระยะเวลา ที่ทิ้งไว้ เก็บ ตัวอย่าง (ชม.)	ปริมาณไนโตรเจน (ppm)					
	ปีนกระบอกลูกที่ 1 (จำนวนกระบอกลูกปีนที่ ใช้ถึง 1 นัด)	ปีนกระบอกลูกที่ 2 (จำนวนกระบอกลูกปีนที่ ใช้ถึง 2 นัด)	ปีนกระบอกลูกที่ 3 (จำนวนกระบอกลูกปีนที่ ใช้ถึง 3 นัด)	ปีนกระบอกลูกที่ 4 (จำนวนกระบอกลูกปีนที่ ใช้ถึง 4 นัด)	ปีนกระบอกลูกที่ 5 (จำนวนกระบอกลูกปีนที่ ใช้ถึง 5 นัด)	ปีนกระบอกลูกที่ 6 (จำนวนกระบอกลูกปีนที่ ใช้ถึง 6 นัด)
0	0.049±0.004	0.033±0.002	0.028±0.006	0.038±0.003	0.061±0.002	0.035±0.004
1	0.055±0.004	0.051±0.003	0.041±0.005	0.060±0.002	0.071±0.003	0.054±0.001
2	0.073±0.001	0.062±0.002	0.053±0.004	0.073±0.003	0.089±0.005	0.075±0.002
3	0.104±0.003	0.090±0.001	0.061±0.005	0.100±0.001	0.109±0.002	0.090±0.003
4	0.113±0.002	0.122±0.005	0.116±0.004	0.113±0.003	0.125±0.004	0.102±0.003
5	0.132±0.002	0.135±0.006	0.124±0.001	0.133±0.004	0.145±0.003	0.123±0.002
6	0.123±0.005	0.114±0.002	0.108±0.004	0.117±0.003	0.125±0.001	0.098±0.005
7	0.110±0.003	0.093±0.003	0.085±0.003	0.107±0.005	0.115±0.003	0.080±0.004
8	0.087±0.002	0.082±0.004	0.069±0.003	0.091±0.005	0.100±0.001	0.079±0.002
9	0.076±0.001	0.061±0.004	0.048±0.002	0.077±0.005	0.086±0.006	0.064±0.001
10	0.050±0.004	0.039±0.004	0.035±0.002	0.0667±0.006	0.078±0.004	0.034±0.003
11	0.296±0.002	0.282±0.005	0.254±0.003	0.287±0.006	0.311±0.002	0.187±0.003
12	0.280±0.001	0.263±0.001	0.242±0.004	0.275±0.002	0.289±0.005	0.187±0.003
13	0.255±0.002	0.229±0.003	0.205±0.001	0.241±0.002	0.272±0.005	0.175±0.005
14	0.025±0.005	0.022±0.003	0.0177±0.002	0.030±0.001	0.039±0.004	0.024±0.003
15	0.034±0.001	0.030±0.004	0.018±0.004	0.037±0.003	0.051±0.003	0.030±0.005
16	0.040±0.002	0.039±0.002	0.031±0.004	0.043±0.003	0.055±0.001	0.034±0.002
17	0.046±0.004	0.043±0.002	0.034±0.003	0.063±0.001	0.087±0.004	0.054±0.003
18	0.055±0.004	0.051±0.004	0.038±0.003	0.067±0.005	0.096±0.001	0.057±0.001
19	0.072±0.001	0.061±0.003	0.050±0.004	0.070±0.005	0.104±0.003	0.062±0.004
20	0.079±0.005	0.064±0.005	0.055±0.004	0.074±0.003	0.113±0.001	0.065±0.002
21	0.089±0.002	0.077±0.001	0.068±0.002	0.086±0.004	0.117±0.005	0.069±0.003
22	0.231±0.003	0.196±0.006	0.180±0.003	0.246±0.004	0.268±0.001	0.215±0.003
23	0.201±0.002	0.180±0.004	0.162±0.001	0.183±0.002	0.232±0.002	0.167±0.002
24	0.181±0.004	0.156±0.004	0.144±0.003	0.158±0.004	0.192±0.003	0.147±0.002

ตารางที่ 3 ปริมาณไนเตรท (ppm) (n=3)

ระยะเวลาที่ ทิ้งไว้กับ ตัวอย่าง (ชม.)	ปริมาณไนเตรท (ppm)					
	ปีนกระบอกที่ 1 (จำนวนกระตุนเป็น ใช้ถึง 1 น้ด)	ปีนกระบอกที่ 2 (จำนวนกระตุนเป็น ใช้ถึง 2 น้ด)	ปีนกระบอกที่ 3 (จำนวนกระตุนเป็น ใช้ถึง 3 น้ด)	ปีนกระบอกที่ 4 (จำนวนกระตุนเป็น ใช้ถึง 4 น้ด)	ปีนกระบอกที่ 5 (จำนวนกระตุนเป็น ใช้ถึง 5 น้ด)	ปีนกระบอกที่ 6 (จำนวนกระตุนเป็น ใช้ถึง 6 น้ด)
0	0.033±0.001	0.019±0.004	0.017±0.003	0.021±0.001	0.042±0.002	0.020±0.002
1	0.037±0.003	0.034±0.001	0.029±0.002	0.044±0.001	0.051±0.004	0.040±0.004
2	0.052±0.005	0.043±0.001	0.039±0.003	0.053±0.004	0.063±0.001	0.059±0.001
3	0.077±0.001	0.068±0.001	0.042±0.002	0.075±0.003	0.079±0.003	0.070±0.001
4	0.080±0.005	0.092±0.003	0.094±0.001	0.078±0.001	0.081±0.002	0.075±0.003
5	0.090±0.002	0.097±0.002	0.099±0.005	0.093±0.002	0.095±0.004	0.090±0.005
6	0.085±0.003	0.082±0.004	0.079±0.005	0.083±0.006	0.085±0.006	0.078±0.001
7	0.076±0.001	0.063±0.001	0.059±0.002	0.075±0.004	0.077±0.001	0.062±0.003
8	0.058±0.003	0.057±0.001	0.049±0.002	0.063±0.005	0.065±0.007	0.061±0.002
9	0.050±0.002	0.042±0.005	0.032±0.002	0.053±0.001	0.057±0.002	0.049±0.001
10	0.029±0.003	0.025±0.003	0.023±0.005	0.045±0.001	0.051±0.002	0.021±0.006
11	0.142±0.002	0.133±0.001	0.122±0.002	0.137±0.006	0.151±0.004	0.104±0.005
12	0.136±0.002	0.127±0.002	0.115±0.001	0.134±0.005	0.140±0.003	0.112±0.004
13	0.131±0.001	0.119±0.004	0.110±0.003	0.125±0.001	0.138±0.005	0.108±0.003
14	0.018±0.001	0.017±0.003	0.015±0.006	0.021±0.004	0.028±0.003	0.016±0.005
15	0.026±0.002	0.023±0.006	0.014±0.001	0.028±0.003	0.036±0.004	0.021±0.004
16	0.030±0.001	0.031±0.002	0.024±0.004	0.031±0.001	0.039±0.002	0.023±0.003
17	0.035±0.001	0.034±0.002	0.028±0.003	0.047±0.004	0.068±0.005	0.041±0.006
18	0.040±0.006	0.038±0.005	0.029±0.004	0.049±0.003	0.074±0.002	0.042±0.001
19	0.054±0.002	0.046±0.001	0.040±0.002	0.050±0.003	0.080±0.002	0.044±0.003
20	0.056±0.001	0.048±0.004	0.043±0.005	0.053±0.002	0.085±0.003	0.045±0.005
21	0.063±0.001	0.058±0.005	0.053±0.003	0.062±0.002	0.087±0.006	0.046±0.004
22	0.155±0.002	0.131±0.004	0.122±0.006	0.168±0.001	0.188±0.003	0.149±0.002
23	0.146±0.005	0.130±0.005	0.114±0.006	0.129±0.006	0.173±0.002	0.122±0.004
24	0.133±0.001	0.113±0.004	0.104±0.002	0.112±0.006	0.142±0.005	0.109±0.003