การทดสอบประสิทธิภาพของสำลีก้านในการเก็บตัวอย่างเขม่าปืนชนิดอนินทรีย์

Evaluate of Efficiency of Cottons Swab in Sample Collection of Inorganic Gunshot Residue

คุณิตา อ่อนละออ (Kunita Onlaor)* พ.ต.ท.จิรวัชร ธนูรัตน์ (Pol.Lt.Col.Jirawach Thanurat)**
ดร.วรรณา ศิริแสงตระกูล (Dr.Wanna Sirisangtragul)***

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการเก็บตัวอย่างเขม่าปืนที่เกิดจากกระสุนปืนชนิด .38special จำนวน 1 นัด ด้วยวิธีการป้าย โดยการเปรียบเทียบปริมาณโลหะในเขม่าปืนที่ได้จากการเก็บตัวอย่างด้วยสาลีก้าน ชนิดก้านพลาสติกขนาดใหญ่และขนาดเล็ก และสาลีก้านชนิดก้านไม้ โดยวิเคราะห์โลหะด้วยเทคนิค Graphite Furnace Atomic Absorption Spectroscopy (GFAAS) จากการเก็บตัวอย่างด้วยสำลีก้านไม้มีแนวโน้มพบเขม่าปืนมีปริมาณเฉลี่ยมากที่สุด และบริเวณที่พบเขม่าปืนมากที่สุดคือบริเวณหลังมือขวาเมื่อทดสอบยิงปืนด้วยท่ามาตรฐาน แต่อย่างไรก็ตามผลการทดลองพบว่าปริมาณเขม่าปืนที่ตรวจพบไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการเก็บด้วยสำลีก้านชนิดก้านพลาสติกขนาดใหญ่และขนาดเล็ก และสำลีก้านชนิดก้านไม้ แต่จากผลการทดลองพบการปนเปื้อนของแบเรียมในตัวอย่างควบคุมจากการเก็บด้วยสำลีก้านไม้ปริมาณสูงถึง 124.87 µg/L และมีปริมาณมากกว่าตัวอย่างควบคุมที่เก็บด้วยสำลีก้านพลาสติกขนาดใหญ่และขนาดเล็กถึง 6.7 และ 8.4 เท่า ตามลำดับ ผลจากการศึกษาแสดงให้เห็นถึงผลบวกลวงที่อาจจะเกิดขึ้นได้จากการปนเปื้อนในอุปกรณ์การเก็บตัวอย่าง ซึ่งเป็นข้อควรระวัง

ABSTRAC

This study present the evaluation of the collection efficiency of gunshot residue (GSR), which was produced by .38 special (.38 SPL) ammunition with one shot of firing. The three differences types of cotton swab, plastic shaft type of large and small size of cotton bud and wooden shaft type were evaluated. The amount of antimony (Sb), barium (Ba) and lead (Pb) in GSR were quantified using Graphite Furnace Atomic Absorption Spectroscopy (GFAAS). The highest content of GSR was observed when collected with wooden shaft type of cotton swab and the most abundant of GSR has been observed on the back of right hand when firing with basic shooting position. However, the results showed no significant difference of GSR level among large and small size of plastic and wooden shaft types of cotton swab. Moreover, contamination of Ba was observed in control sample which was collected with wooden shaft of cotton swab. Barium was 124.87 µg/L and higher than 6.7 and 8.4 times when compared to control sample collected with large and small of cotton swap with plastic shaft types, respectively. These results indicated a false positive from contamination in cotton swap, therefore, precaution in tool of sample collection is should be aware.

คำสำคัญ: เขม่าปืน การเก็บตัวอย่างด้วยการป้าย สำลีก้าน

Key Words: Gunshot residue, Swabbing, Cotton swab

** นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*

*** พันตำรวจโท ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 4 จังหวัดขอนแก่น*

**** อาจารย์ สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*

บทนำ

เขม่าปืน (gunshot residue) จัดเป็นหลักฐานสำคัญในเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับอาวุธปืน เนื่องจากหลังการยิงปืนจะมีอนุภาคของเขม่าปืนเกิดขึ้นเสมอ และจากการเปลี่ยนแปลงความดันที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วภายหลังการเผาไหม้ของดินปืน จึงพบมีการฟุ้งกระจายของเขม่าปืนออกตามช่องว่างของปืนได้ทุกทิศทาง (Dalby et al., 2010) ทำให้เกิดการสะสมของอนุภาคเขม่าปืนในสภาพแวดล้อมและบุคคลที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ได้ โดยพบมีการสะสมของอนุภาคของเขม่าปืนที่ผิวหนังบริเวณ มือ หน้า และคอของผู้ที่ใช้อาวุธปืน เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบการสะสมที่เสื้อผ้า สิ่งของ และสภาพแวดล้อมโดยรอบ (Chang et al, 2012) ชนิดเขม่าปืนที่ได้รับการยอมรับ และสามารถใช้เป็นหลักฐานประกอบในการดำเนินคดีทั้งในประเทศและระดับสากล คือเขม่าปืนที่เกิดจากการเผาไหม้ในส่วนของชนวนท้ายกระสุนปืน (primer mixture) โดยการตรวจวิเคราะห์ธาตุโลหะที่เป็นส่วนประกอบของชนวนท้ายกระสุนปืนจะพบธาตุตะกั่ว (Pb) แอนติโมนี (Sb) และ แบเรียม (Ba) เป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดทุกครั้งที่มีการยิงปืน ซึ่งหากตรวจพบธาตุเหล่านี้จะสามารถยืนยันได้ว่าเป็นเขม่าปืน จึงได้รับการยอมรับและใช้เป็นหลักฐานที่สำคัญในการสืบสวนเกี่ยวกับคดีอาวุธปืน (Meng, Lee, 2007; Jalanti, Henchoz, 1997) และข้อมูลที่ได้จัดเป็นหลักฐานสำคัญในทางนิติวิทยาศาสตร์ในคดีที่เกี่ยวข้องกับอาวุธปืนที่แสดงให้เห็นว่าบุคคลนั้นผ่านการยิงปืนหรือสัมผัสกับอาวุธปืนหรือไม่ รวมทั้งสามารถเชื่อมโยงผู้ต้องสงสัย กับ อาวุธปืน เหยื่อ และสถานที่เกิดเหตุ ซึ่งมีประโยชน์ต่อรูปคดีและการสืบสวน (Romolo, Margot, 2000) นอกจากนี้การตรวจพบเขม่าปืนยังให้ข้อมูลของประเภทอาวุธปืน ชนิดกระสุนปืน และในเวลาเดียวกันสามารถประมาณระยะยิงและทิศทางการยิงจากวัตถุพยานที่เกิดขึ้นได้ (Biederman, Taroni, 2006; Mucha, 2011) การเก็บวัตถุพยานต่างๆในสถานที่เกิดเหตุเพื่อตรวจหาเขม่าปืนถือเป็นสิ่งที่จำเป็นและเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการพิสูจน์ข้อเท็จจริง ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการเก็บตัวอย่างเขม่าปืนในคดีอาชญากรรมจึงควรมีความเข้าใจถึงคุณค่าและความสำคัญของเขม่าปืน กลไกการเกิดขึ้นของเขม่าปืน ตำแหน่งที่สามารถตรวจพบเขม่าปืน และวิธีการเก็บตัวอย่าง เพื่อให้การเก็บพยานวัตถุมีประสิทธิภาพมากที่สุด (Schwoeble, David, 2000) ซึ่งพยานวัตถุแต่ละประเภทจะมีลักษณะของพื้นผิวแตกต่างกัน อาทิเช่น มือ พื้นผิวยานพาหนะ พื้นที่บริเวณรอบๆที่เกิดเหตุ เสื้อผ้า และบริเวณใกล้เคียงกับสถานที่เกิดเหตุยิงปืน ดังนั้นการเลือกวิธีเก็บตัวอย่างที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการเก็บตัวอย่างสูงสุดจึงสำคัญยิ่ง (Dalby et al., 2010)

สำหรับการเก็บตัวอย่างเขม่าปืนบนมือผู้ต้องสงสัย หรือผู้ที่เกี่ยวข้องกับคดีอาวุธปืนเพื่อประกอบการพิจารณาว่าบุคคลนั้นเกี่ยวข้องกับการยิงปืนในสถานที่เกิดเหตุหรือไม่นั้น วิธีการป้าย (swabbing) เป็นวิธีที่นิยม และเป็นวิธีมาตรฐานที่ใช้ในปัจจุบัน โดยวิธีเก็บตัวอย่างจะใช้สำลีก้าน (cotton swab) เป็นวัสดุหลักในการเก็บเขม่าปืน ซึ่งมีทั้งแบบแห้งและแบบเปียก (Schwoeble, David, 2000) การเก็บเขม่าปืนด้วยสำลีก้านแบบแห้งนั้นเหมาะกับการนำตัวอย่างมาใช้ในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM ส่วนการเก็บเขม่าปืนด้วยวิธีการป้ายแบบเปียก คือการชุบสำลีก้านด้วยสารละลายที่เหมาะสม อาทิเช่น สารละลายกรดไนตริก (HNO_3) ความเข้มข้น 5% (Schwoeble, David, 2000) น้ำปราศจากไอออน (deionized water, DI) (Reis et al, 2003) และสารละลาย EDTA ความเข้มข้น 2% (Reis et al, 2003; Sakis et al, 2007) เป็นต้น แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคที่เหมาะสม เช่น Atomic Absorption(AA), Inductively Coupled Plasma(ICP) หรือ Neutron Activation Analysis (NAA) (Schwoeble, David, 2000) แต่จากปัญหาที่ไม่มีการกำหนดมาตรฐานของชนิด และขนาด รวมทั้งรูปแบบของสำลีก้าน ซึ่งเป็น

วัสดุสำคัญที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างอย่างชัดเจน ก่อให้เกิดปัญหาการใช้สำลีก้านที่หลากหลายรูปแบบและขนาด ซึ่งอาจส่งผลต่อปริมาณโลหะหนักในเขม่าปืนทั้งสามชนิดที่ตรวจพบได้ และปัญหาดังกล่าวมาอาจส่งผลกระทบต่อความน่าเชื่อถือของพยานหลักฐานและพยานวัตถุ การศึกษาในครั้งนี้จึงสนใจที่จะศึกษาเปรียบเทียบผลของประเภทสำลีก้านและขนาดที่แตกต่างกันที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างด้วยวิธีการป้าย ว่ามีผลต่อกระทบต่อประสิทธิภาพในการเก็บและปริมาณเขม่าปืนหรือไม่ โดยการวิเคราะห์ธาตุแอนติโมนี(Sb) แบเรียม (Ba) และตะกั่ว (Pb) ด้วยเทคนิค Graphite Furnace Atomic Absorption Spectroscopy (GFAAS) ในเขม่าปืนที่เกิดจากกระสุนปืนขนาด .38special (.38 SPL) ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ จะสามารถใช้เป็นข้อกำหนดวัสดุที่เป็นมาตรฐานในการเก็บตัวอย่างเขม่าปืน เพื่อเพิ่มคุณค่าของพยานหลักฐานและพยานวัตถุ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์และเกิดคุณค่าในการสืบสวนสอบสวนในคดีที่เกี่ยวข้องกับอาวุธปืนได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

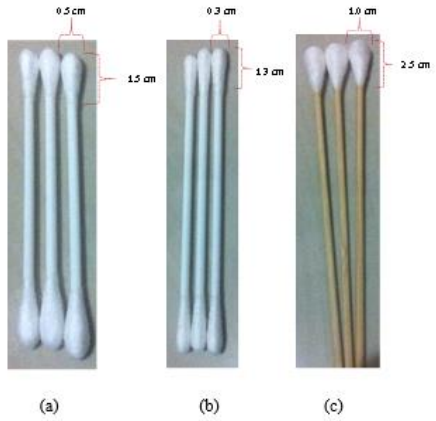
เพื่อเปรียบเทียบผลของประเภทและขนาดของสำลีก้านที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างเขม่าปืนบนมือด้วยวิธี Swabbing ต่อปริมาณของโลหะ แอนติโมนี (Sb) ตะกั่ว (Pb) และแบเรียม (Ba) ในเขม่าปืนที่ได้จากการเก็บ

วิธีการดำเนินงานวิจัย

อุปกรณ์และสารเคมี

สารมาตรฐานแอนติโมนี(Sb) แบเรียม (Ba) และตะกั่ว (Pb) เป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท High-Purity Standards (USA) กรดไนตริก (HNO_3) เป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท Cact-okfrlo Erba reagent (France) ethylenediaminetetraacetic (EDTA; $C_{10}H_{16}N_2O_8$) เป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท Amresco®(USA) สำลีก้านชนิดก้านพลาสติกขนาดเล็กและขนาดใหญ่ และสำลีก้านชนิดก้านไม้ แสดงในภาพที่ 1

อาวุธปืน Revolver.38 (Smith & Wesson) ลูกกระสุนปืนขนาด .38special (.38 SPL) ได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 4 จังหวัดขอนแก่น



ภาพที่ 1 ลักษณะของสำลีก้าน (a) สำลีก้านพลาสติกขนาดใหญ่ น้ำหนักสำลีพันก้าน = 0.0322 g (b) สำลีก้านพลาสติกขนาดเล็ก น้ำหนักสำลีพันก้าน = 0.0185 g (c) สำลีก้านไม้ น้ำหนักสำลีพันก้าน = 0.1030 g

การทดสอบยิงปืน

งานวิจัยนี้ได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เลขที่ HE 582040

สถานที่ทดสอบยิงปืน ห้องทดสอบยิงปืนของศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 4 จังหวัดขอนแก่น

การเตรียมอาสาสมัครก่อนการทดสอบยิงปืน อาสาสมัคร (6 คน/กลุ่มการทดลอง) ทำการล้างมือด้วยสบู่และน้ำปราศจากไอออน (deionized water, DI) ให้สะอาด แล้วเช็ดมือด้วยกระดาษซับน้ำ ทิ้งให้มือแห้งสนิทก่อนทำการทดลองยิงปืน หลังจากนั้นทำการยิงปืนโดยใช้อาวุธปืนลูกโม่ ขนาด .38 และใช้กระสุนขนาด .38 special โดยใช้ท่ามาตรฐาน ทำการยิงโดยจับอาวุธปืนด้วยมือทั้งสองข้าง ใช้ฝ่ามือขวากำด้ามปืน ฝ่า

มือซ้ายกุมประคอง (ภาพที่ 2) อาสาสมัครแต่ละคนทำการยิงจำนวน 1 นัด หลังจากนั้นให้ทำการวางปืนเป็นเวลา 5 นาที เมื่อครบเวลา ผู้วิจัยเก็บตัวอย่างเขม่าปืนด้วยวิธีการป้าย โดยใช้สารละลายกรดไนตริก 5% (v/v) (5% HNO_3) อ้างอิงตามวิธีมาตรฐานของงานอาวุธปืน ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 4 จังหวัดขอนแก่น ด้วยการป้าย โดยหยดสารละลาย กรดไนตริก 5% ประมาณ 4-5 หยด บนสำลีก้านชนิดก้านพลาสติกขนาดใหญ่

ก้านที่ 1 บรรจุใส่ซองพลาสติกใสที่มีซิปรูดซองที่ 1 เพื่อเก็บเป็นตัวอย่างควบคุม (control sample)

ก้านที่ 2 เก็บตัวอย่างบริเวณหลังมือขวา

ก้านที่ 3 เก็บตัวอย่างบริเวณฝ่ามือขวา

ก้านที่ 4 เก็บตัวอย่างบริเวณหลังมือซ้าย

ก้านที่ 5 เก็บตัวอย่างบริเวณฝ่ามือซ้าย

โดยเช็ดตั้งแต่ข้อมือไปจนปลายนิ้วมือ หรือปลายนิ้วมือถึงข้อมือ เช็ดไปทางเดียวกัน พร้อมกับหมุนสำลี ตัวอย่างที่เก็บได้บรรจุใส่ซองพลาสติกที่มีซิปรูดซองที่ 2, 3, 4, และ 5 ตามลำดับ พร้อมติดฉลากระบุชนิดตัวอย่าง วันเวลาที่เก็บตัวอย่าง เก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิห้องเพื่อใช้ในการวิธีวิเคราะห์ต่อไป

อาสาสมัครเว้นระยะการยิงปืนเป็นเวลา 3 วัน เมื่อครบเวลาทำการทดลองยิงปืนซ้ำตามวิธีที่กล่าวในข้างต้นแล้วเก็บตัวอย่างตามวิธีมาตรฐานที่ระบุ โดยเปลี่ยนชนิดสำลีก้านเป็นชนิดก้านพลาสติกขนาดเล็กและชนิดก้านไม้ ตามลำดับ

ขนาดพื้นที่ของมือคำนวณจากสูตร

พื้นที่สี่เหลี่ยมคางหมู (cm^2) = ½ × (a + b) × h

เมื่อ a และ b แทน ความยาวด้านคู่ขนาน และ h แทน ความสูง

ภาพที่ 2 ท่ามาตรฐานในการจับอาวุธปืน

การวิเคราะห์ปริมาณเขม่าปืน

การเตรียมสารมาตรฐาน

เตรียมสารละลายกรดไนตริก 5% (v/v) (5% HNO_3) โดยตวงกรดไนตริกเข้มข้น 65% ลงในขวดวัดปริมาตร ปรับปริมาตรด้วย DI water (Deionized water) ให้ครบปริมาตร

เตรียมสารละลายมาตรฐานแอนติโมนี เข้มข้น 100 µg/L แบเรียม 250 µg/L และ ตะกั่ว 300 µg/L จากสารมาตรฐานเข้มข้น 1,000 mg/L ปรับปริมาตรด้วยกรดไนตริก 5% ให้ครบปริมาตร

การสกัดตัวอย่างเขม่าปืน

ทำการสกัดโดยนำสำลีก้านที่ได้จากการเก็บตัวอย่างเขม่าปืนแต่ละบริเวณมาทำการตัดก้าน เพื่อบรรจุก้อนสำลีลงบนหลอดทดลองขนาด 16 x 100 เติมกรดไนตริก 5% ปริมาตร 1 mL ปิดปากหลอดทดลองด้วยแผ่นพาราฟิล์ม แช่ตัวอย่างทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชม. เมื่อครบเวลา นำก้อนสำลีที่แช่ออก นำตัวอย่างที่ได้จากการสกัดมาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง graphite furnace Atomic Absorption Spectroscopy (GFAAS) รุ่น ZEEnit 650P ของบริษัท ZEEnit ประเทศเยอรมนี อ้างอิงตามวิธีมาตรฐานของงานอาวุธปืน ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 4 จังหวัดขอนแก่น ผลการทดลองที่ได้แสดงค่าเป็น mean ± SD และใช้สภาวะในการวิเคราะห์ดังนี้

ธาตุ	Wavelength (nm)	Atomize : Temperature (°c)
Sb	217	1950
Ba	553	2650
Pb	283	2200

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษานำมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS โดยใช้สถิติ One-Way ANOVA เพื่อทดสอบความแตกต่างของกลุ่มข้อมูล โดยกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ *p*-value น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05

ผลการวิจัย

จากการยิงด้วยกระสุนปืนขนาด .38special (.38 SPL) จำนวน 1 นัด และเก็บตัวอย่างเขม่าปืนด้วยวิธีการป้าย ด้วยสำลีก้านพลาสติกขนาดใหญ่ ขนาดเล็ก และสำลีก้านไม้ โดยใช้สารละลายกรดไนตริกความเข้มข้น 5% (v/v) ในการเก็บตัวอย่างเขม่าปืนบนมือในแต่ละบริเวณ ได้แก่ หลังมือขวา (RB) ฝ่ามือขวา(RP) หลังมือซ้าย(LB) และฝ่ามือซ้าย (LP) เมื่อวิเคราะห์ด้วย GFAAS ตรวจพบธาตุ แอนติโมนี แบเรียม และ ตะกั่ว ที่เป็นธาตุสำคัญในเขม่าปืนในทุกๆบริเวณ โดยปริมาณแอนติโมนี (Sb) พบปริมาณเฉลี่ยสูงสุด พบในตัวอย่างที่เก็บด้วยสำลีก้านไม้ มีค่าเป็น 94.80 µg/L คิดเป็นปริมาณต่อพื้นที่เท่ากับ 1.07 µg/L/cm^2 เมื่อพิจารณาจากแต่ละบริเวณของมือในการเก็บตัวอย่างจากการเก็บด้วยสำลีก้านไม้ พบแอนติโมนีปริมาณสูงสุดที่บริเวณฝ่ามือซ้าย ซึ่งใช้กุมประคองฝ่ามือขวาที่ใช้จับด้ามปืน คิดเป็น 131.45 µg/L หรือคิดเป็นปริมาณต่อพื้นที่เท่ากับ 1.53 µg/L/cm^2 รองลงมาคือบริเวณหลังมือขวาที่พบ 120.89 µg/L หรือคิดเป็นปริมาณต่อพื้นที่เท่ากับ 1.37 µg/L/cm^2 ในขณะที่ปริมาณแอนติโมนีจากการเก็บตัวอย่างด้วยสำลีก้านพลาสติกขนาดเล็กและขนาดใหญ่พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันคือ พบค่าเฉลี่ยเท่ากับ 83.9 µg/L และ 80.45 µg/L ตามลำดับ หรือคิดเป็นปริมาณต่อพื้นที่เท่ากับ 0.91 µg/L/cm^2 และ 0.90 µg/L/cm^2 ตามลำดับ ในขณะที่ตัวอย่างควบคุมที่เก็บด้วยสำลีก้านทั้งสามชนิด ไม่มีผลต่อปริมาณของโลหะแอนติโมนีที่พบ ดังแสดงในตารางที่ 1 และ ภาพที่ 3 (A)

ตารางที่ 1 ปริมาณแอนติโมนีในเขม่าปืน (mean±SD) เก็บด้วยวิธีการ swab ที่จำนวน n=6

พื้นที่เก็บ	สำลีก้านพลาสติกขนาดใหญ่	
	µg/L	µg/L/cm^2
ตัวอย่างควบคุม	0.02	0.00
หลังมือขวา	87.00 ± 69.32	0.94 ± 0.81
ฝ่ามือขวา	80.17 ± 56.32	0.90 ± 0.71
หลังมือซ้าย	65.70 ± 38.09	0.74 ± 0.50
ฝ่ามือซ้าย	88.91 ± 91.49	1.00 ± 1.14
ปริมาณเฉลี่ย	80.45 ± 62.89	0.90 ± 0.77
พื้นที่เก็บ	สำลีก้านพลาสติกขนาดเล็ก	
	µg/L	µg/L/cm^2
ตัวอย่างควบคุม	0.86	0.01
หลังมือขวา	120.22 ± 89.92	1.23 ± 0.72
ฝ่ามือขวา	108.65 ± 128.34	1.23 ± 1.41
หลังมือซ้าย	43.71 ± 23.83	0.49 ± 0.28
ฝ่ามือซ้าย	63.26 ± 39.26	0.69 ± 0.47
ปริมาณเฉลี่ย	83.96 ± 82.66	0.91 ± 0.85
พื้นที่เก็บ	สำลีก้านไม้	
	µg/L	µg/L/cm^2
ตัวอย่างควบคุม	1.96	0.02
หลังมือขวา	120.89 ± 56.34	1.37 ± 0.61
ฝ่ามือขวา	73.86 ± 32.26	0.81 ± 0.36
หลังมือซ้าย	53.00 ± 23.05	0.58 ± 0.25
ฝ่ามือซ้าย	131.45 ± 159.15	1.53 ± 2.08
ปริมาณเฉลี่ย	94.80 ± 87.38	1.07 ± 1.10

ตารางที่ 2 ปริมาณแบเรียมในเขม่าปืน (mean±SD) เก็บด้วยวิธีการ swab จำนวน n=6

พื้นที่	สำลีก้านพลาสติกขนาดใหญ่	
	μg/L	μg/L/cm^2
ตัวอย่างควบคุม	18.60	0.21
หลังมือขวา	190.10 ± 138.78	2.08 ± 1.65
ฝ่ามือขวา	215.20 ± 103.17	2.40 ± 1.35
หลังมือซ้าย	226.87 ± 134.31	2.57 ± 1.73
ฝ่ามือซ้าย	206.21 ± 188.9	2.31 ± 0.56
ปริมาณเฉลี่ย	209.59 ± 135.53	2.34 ± 1.70
พื้นที่	สำลีก้านพลาสติกขนาดเล็ก	
	μg/L	μg/L/cm^2
ตัวอย่างควบคุม	14.93	0.16
หลังมือขวา	117.79 ± 85.56	1.49 ± 0.72
ฝ่ามือขวา	145.61 ± 142.17	1.68 ± 1.64
หลังมือซ้าย	88.67 ± 67.35	1.01 ± 0.79
ฝ่ามือซ้าย	88.32 ± 46.93	0.95 ± 0.56
ปริมาณเฉลี่ย	110.08 ± 89.66	1.27 ± 1.01
พื้นที่	สำลีก้านไม้	
	μg/L	μg/L/cm^2
ตัวอย่างควบคุม	124.87	1.40
หลังมือขวา	284.28 ± 166.59	3.19 ± 1.82
ฝ่ามือขวา	221.22 ± 169.59	2.36 ± 1.86
หลังมือซ้าย	190.72 ± 111.70	2.13 ± 1.32
ฝ่ามือซ้าย	210.04 ± 90.32	2.28 ± 1.27
ปริมาณเฉลี่ย	226.57 ± 132.42	2.49 ± 1.52

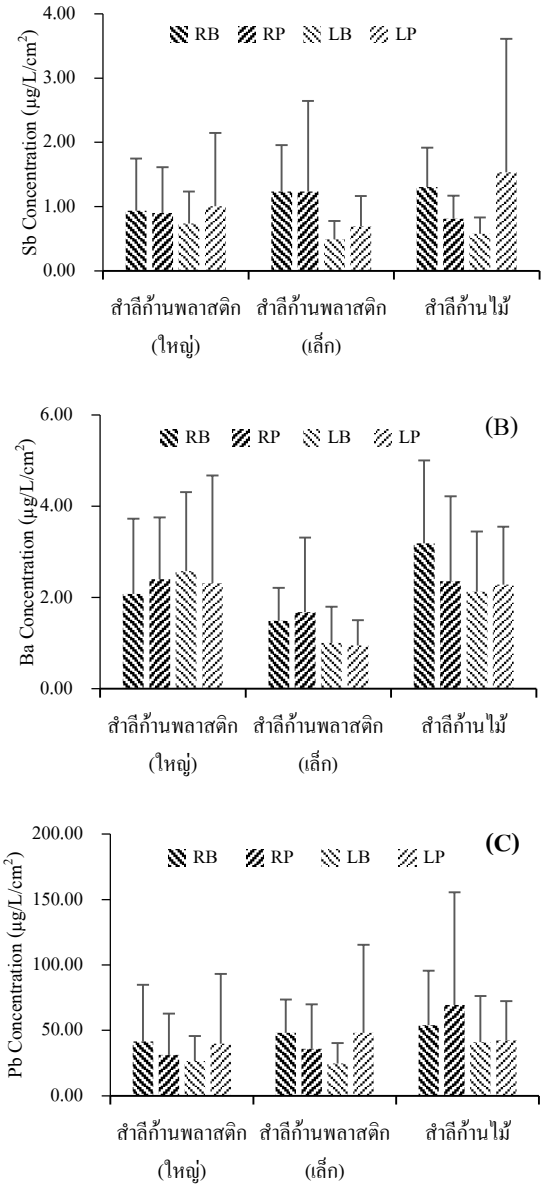
ตารางที่ 3 ปริมาณตะกั่วในเขม่าปืน (mean±SD) เก็บด้วยวิธีการ swab จำนวน n=6

พื้นที่	สำลีก้านพลาสติกขนาดใหญ่	
	μg/L	μg/L/cm^2
ตัวอย่างควบคุม	16.82	0.16
หลังมือขวา	3773.95 ± 3574.40	41.45 ± 43.29
ฝ่ามือขวา	2750.55 ± 2517.42	31.18 ± 31.55
หลังมือซ้าย	2335.46 ± 1491.67	26.49 ± 19.07
ฝ่ามือซ้าย	3440.80 ± 4251.24	39.89 ± 53.16
ปริมาณเฉลี่ย	3075.19 ± 2983.33	34.75 ± 36.84
พื้นที่	สำลีก้านพลาสติกขนาดเล็ก	
	μg/L	μg/L/cm^2
ตัวอย่างควบคุม	24.48	0.23
หลังมือขวา	4589.68 ± 2608.51	48.23 ± 25.22
ฝ่ามือขวา	3150.30 ± 3046.72	35.82 ± 34.08
หลังมือซ้าย	2198.65 ± 1213.79	24.63 ± 15.62
ฝ่ามือซ้าย	4584.32 ± 6722.06	48.16 ± 67.22
ปริมาณเฉลี่ย	3630.74 ± 3835.73	39.21 ± 39.07
พื้นที่	สำลีก้านไม้	
	μg/L	μg/L/cm^2
ตัวอย่างควบคุม	15.66	0.17
หลังมือขวา	5245.63 ± 4412.17	54.09 ± 41.51
ฝ่ามือขวา	6434.83 ± 7890.14	69.39 ± 86.08
หลังมือซ้าย	4142.21 ± 4422.50	40.99 ± 35.32
ฝ่ามือซ้าย	3925.11 ± 2766.22	42.39 ± 29.91
ปริมาณเฉลี่ย	4936.94 ± 4972.21	51.71 ± 50.86

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแบเรียมจากการเก็บด้วยสำลีก้านที่มีประเภทและขนาดที่แตกต่างกัน ปริมาณแบเรียมในตัวอย่างเขม่าปืนที่พบมีค่าเฉลี่ยสูงสุดจากการเก็บด้วยสำลีก้านไม้ รองลงมาคือการเก็บด้วยสำลีก้านพลาสติกขนาดใหญ่และขนาดเล็ก ตามลำดับ คือ 226.57 μg/L 209.59 μg/L และ 110.08 μg/L ตามลำดับ หรือคิดเป็นปริมาณต่อพื้นที่ เท่ากับ 2.49 μg/L/cm^2 2.34 μg/L/cm^2 และ 1.27 μg/L/cm^2 ตามลำดับ โดยบริเวณที่พบแบเรียมปริมาณสูงสุดคือบริเวณหลังมือขวาจากการเก็บด้วยสำลีก้านไม้เท่ากับ 284.28 μg/L หรือเมื่อคิดเป็นปริมาณต่อพื้นที่เป็น 3.19 μg/L/cm^2 และปริมาณต่ำสุดที่พบ คือ 88.32 μg/L เมื่อคิดเป็นปริมาณต่อพื้นที่เท่ากับ 0.95 μg/L/cm^2 บริเวณฝ่ามือซ้ายจากการเก็บด้วยสำลีก้านพลาสติกขนาดเล็ก ดังแสดงในตารางที่ 2 และ ภาพที่ 3 (B) แต่เมื่อพิจารณาปริมาณแบเรียมในตัวอย่างควบคุม (control

sample) พบแบเรียมในตัวอย่างควบคุมชนิดก้านสำลีไม้สูงถึง 124.87 μg/L หรือคิดเป็นปริมาณต่อพื้นที่เท่ากับ 1.40 μg/L/cm^2 ในขณะที่ตัวอย่างควบคุมจากสำลีก้านพลาสติกขนาดใหญ่ และขนาดเล็กพบเพียง 18.60 μg/L และ 14.93 μg/L ตามลำดับ คิดเป็นปริมาณต่อพื้นที่เท่ากับ 0.21 μg/L/cm^2 และ 0.16 μg/L/cm^2 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งปริมาณของแบเรียมที่พบปนเปื้อนในตัวอย่างควบคุมที่เก็บโดยใช้ก้านสำลีไม้อาจส่งผลต่อปริมาณแบเรียมที่ตรวจพบในเขม่าปืนได้

ปริมาณตะกั่วในเขม่าปืนจากการยิงปืนจำนวน 1 นัด พบเป็นธาตุที่มีปริมาณมากที่สุดเมื่อเทียบกับธาตุแอนติโมนีและแบเรียม ที่เป็นองค์ประกอบหลักในเขม่าปืน และผลจากการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วพบปริมาณเฉลี่ยสูงสุดจากการเก็บด้วยสำลีก้านไม้คือ 4936.94 μg/L คิดเป็นปริมาณต่อพื้นที่เท่ากับ 51.71 μg/L/cm^2 จากการเก็บตัวอย่างด้วยสำลีก้านพลาสติกขนาดเล็กและขนาดใหญ่พบปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 3630.74 μg/L และ 3075.19 μg/L ตามลำดับ หรือคิดเป็นปริมาณต่อพื้นที่เท่ากับ 39.21 μg/L/cm^2 และ 34.75 μg/L/cm^2 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากบริเวณการเก็บตัวอย่างพบปริมาณตะกั่วสูงสุด คือ 6434.83 μg/L เมื่อคิดเป็นปริมาณต่อพื้นที่เท่ากับ 69.39 μg/L/cm^2 บริเวณฝ่ามือขวาจากการเก็บด้วยสำลีก้านไม้ รองลงมาคือบริเวณหลังมือขวาเป็น 5245.63 μg/L คิดเป็นปริมาณต่อพื้นที่เท่ากับ 54.09 μg/L/cm^2 จากการเก็บด้วยสำลีก้านไม้เช่นกัน และพบปริมาณต่ำสุดจากการเก็บด้วยสำลีก้านพลาสติกขนาดเล็กบริเวณหลังมือซ้าย คือ 2198.65 μg/L หรือคิดเป็นปริมาณต่อพื้นที่เท่ากับ 24.63 μg/L/cm^2 ดังแสดงในตารางที่ 3 และภาพที่ 3 (C)



ภาพที่ 3 ปริมาณความเข้มข้นต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (μg/L/cm^2) ของธาตุแอนติโมนี (A) แบเรียม (B) และตะกั่ว (C) ในเขม่าปืนจากการยิงปืนจำนวน 1 นัด โดยใช้สำลีก้านพลาสติกขนาดใหญ่ สำลีก้านพลาสติกขนาดเล็ก และ สำลีก้านไม้ เก็บเขม่าปืนด้วยวิธีการป้ายที่บริเวณ หลังมือขวา (RB) ฝ่ามือขวา(RP) หลังมือซ้าย(LB) และฝ่ามือซ้าย (LP)

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

การศึกษาประสิทธิภาพการเก็บตัวอย่างเขม่าปืนบนมือหลังการยิงปืนจำนวน 1 นัด ด้วยวิธีการป้าย โดยการใช้สำลีก้านที่มีประเภทและขนาดที่ต่างกันชุบกับสารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 5% เมื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) สามารถตรวจพบธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลักในเขม่าปืน คือ แอนติโมนี แบเรียม และ ตะกั่ว โดยพบธาตุตะกั่วมีปริมาณมากที่สุดเมื่อเทียบกับปริมาณของแอนติโมนีและแบเรียม และจากการยิงปืนด้วยท่ามาตรฐาน (ภาพที่ 2) บริเวณที่มีแนวโน้มการกระจายตัวของเขม่าปืนปริมาณมากที่สุดคือ บริเวณหลังมือขวา รองลงมาคือฝ่ามือซ้ายและขวา เมื่อยิงด้วยท่ายิงมาตรฐานฝ่ามือขวากุมด้ามปืน และฝ่ามือซ้ายกุมประคอง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Vanini et al. (2014) ที่ได้ทำการวิเคราะห์หาเขม่าปืนด้วยเทคนิค inductively coupled plasma-optical emission spectrometry โดยทดสอบการยิงปืนด้วย Taurus® .38 caliber handgun จำนวน 1, 3 และ 5 นัด ตามลำดับ โดยบริเวณที่พบมากที่สุดคือหลังมือขวา รองลงมาคือฝ่ามือซ้าย ซึ่งเป็นจุดที่มีโอกาสสัมผัสกับอนุภาคเขม่าปืนมากที่สุด และเช่นเดียวกัน Reis et al. (2003) ทำการทดสอบยิงปืนด้วย .38 handguns เพื่อเปรียบเทียบการเก็บตัวอย่างเขม่าปืนด้วยวิธีการการ swab แบบเปียกโดยชุบกับสารละลายที่แตกต่างกัน (2% EDTA, กรดไนตริก 2% และ น้ำปราศจากไอออน) โดยการเก็บตัวอย่างบนมือ 4 บริเวณ คือ หลังมือ ฝ่ามือ ฝ่ามือระหว่างนิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้ และหลังมือระหว่างนิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้ และวิเคราะห์ด้วย sector-field inductively coupled plasma mass spectrometry (HRICP-MS) พบเขม่าปืนปริมาณมากที่สุดบริเวณ ฝ่ามือระหว่างนิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้ และหลังมือระหว่างนิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้ โดยพบธาตุตะกั่วปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือ แบเรียม และแอนติโมนี ตามลำดับ จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าบริเวณในการเก็บตัวอย่างมีผลต่อปริมาณเขม่าปืน

ผลจากการศึกษาการเก็บตัวอย่างด้วยสำลีก้านแต่ละประเภท ตรวจพบปริมาณ แอนติโมนี แบเรียม และตะกั่ว ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยจากการเก็บตัวอย่างด้วยสำลีก้านไม้ พบปริมาณเฉลี่ยของแอนติโมนี แบเรียม และ ตะกั่ว ในเขม่าปืนมีแนวโน้มสูงสุด เมื่อเทียบกับสำลีก้านชนิดพลาสติกขนาดใหญ่และขนาดเล็ก คือ 94.80 μg/L 226.57 μg/L และ 4936.94 μg/L ตามลำดับ หรือคิดเป็นปริมาณต่อพื้นที่เท่ากับ 1.07 $\mu g/L/cm^2$ 2.49 $\mu g/L/cm^2$ 51.71 $\mu g/L/cm^2$ ตามลำดับ ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากสำลีก้านไม้มีลักษณะพื้นที่ผิวและความหนาแน่นของหัวสำลีมากกว่า ชนิดสำลีก้านพลาสติกทั้งขนาดใหญ่และขนาดเล็ก (ภาพที่ 1) จึงสามารถดูดซับตัวอย่างเขม่าปืนบนมือได้ในปริมาณที่มากกว่า ในขณะที่ธาตุแอนติโมนี แบเรียม และตะกั่วจากการเก็บด้วยสำลีก้านพลาสติกขนาดใหญ่และขนาดเล็กมีปริมาณใกล้เคียงกัน จึงอาจถือได้ว่ามีประสิทธิภาพในการเก็บตัวอย่างเขม่าปืนบนมือใกล้เคียงกัน แต่ปัญหาที่พบในตัวอย่างควบคุมจากตัวอย่างสำลีก้านชนิดก้านไม้คือ ตรวจพบแบเรียมมีปริมาณสูงถึง 124.87 μg/L โดยมีปริมาณมากกว่าสำลีก้านพลาสติกขนาดใหญ่และขนาดเล็กถึง 6.7 และ 8.4 เท่า ตามลำดับ ซึ่งอาจเป็นผลจากการปนเปื้อนจากวัสดุที่ใช้ทำสำลีก้าน จึงเป็นข้อควรระวังในการใช้สำลีก้านไม้ในการเก็บตัวอย่างเขม่าปืน เพราะอาจจะส่งผลถึงความผิดพลาดของปริมาณในการวิเคราะห์แบบผลบวกลวง ซึ่งปัญหาดังกล่าวมาอาจส่งผลกระทบต่อความน่าเชื่อถือของพยานหลักฐานและพยานวัตถุได้ จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการเลือกวัสดุในการเก็บตัวอย่างเขม่าปืนที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมเป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึง เพื่อให้เกิดการเก็บตัวอย่างพยานวัตถุที่เป็นมาตรฐานและมีประสิทธิภาพมากที่สุด เพื่อเป็นประโยชน์และเกิดคุณค่าในการสืบสวน สอบสวนคดีต่อไป แต่อย่างไรก็ตามผลการศึกษาที่ได้เป็นเพียงการศึกษาในสำลีก้านไม้เพียงยี่ห้อเดียว ยังต้องการการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่มากขึ้นต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารอ้างอิง

Biedermann A, Taroni F. A probabilistic approach to the joint evaluation of firearm evidence and gunshot residues. Forensic Sci Int 2006; 163: 18-33.

Chang KH, Jayaprakash PT, Yew CH, Abdullah AFL. Gunshot residue analysis and its evidential values: a review. Aust J Forensic Sci 2012; 45: 2-23.

Dalby O, Butler D, Birkett JW. Analysis of Gunshot Residue and AssociatedMaterials-A Review. J Forensic Sci 2010; 55(4): 1556-4029.

Jalanti T, Henchoz P. The persistence of gunshot residue on shooters' hands. Information Processing 1977.

Meng HH, Lee HC. Elemental analysis of primer mixture and gunshot residue from handgun cartridges commonly encountered in Taiwan. J Forensic Sci 2007; 6(1):39-54.

Mucha ZB. Variation of the chemical contents and morphology of gunshot residue in the surroundings of the shooting pistol as potential contribution to a shooting incidence reconstruction. Forensic Sci Int 2011; 210: 31-41.

Reis ELT, Sarkis JES, Neto ON, Rodrigues C, Kakazu MH, Viebig S. A new method for collection and identification of gunshot residues from hands of shooters. J Forensic Sci 2003; 48(6): 1–6.

Romolo FS, Margot P. Identification of gunshot residue: a critical review. Forensic Sci Int 2000; 119: 195–211.

Sarkis JES, Neto ON, Viebig S, Durrant SF. Measurement of gunshot residues by sectorfield inductively coupled plasma mass spectrometry – further studies with pistols. J Forensic Sci 2007; 172: 63–66.

Schwoeble, A.J., and David L. Exline. Current Methods in Forensic Gunshot Residue Analysis. Florida 2000: CRC Press LLC.

Vanini G, Souza RM, Destefani CA, Merlo BB, Piorotti TM, Eustáquio VR de Castro , Tereza M W.D. Carneiro , Romão W. Analysis of gunshot residues produced by .38 caliber handguns usinginductively coupled plasma-optical spectroscopy (ICP OES). Microchem J 2014; 115: 106-112.