







บทที่ 3

การทดลอง

3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

หัวข้อการศึกษา คือ “การหาเขม่าปืน” ทดลองในสมาคมยิงปืน โดยใช้คน จำนวน 6 คน, ปืนพก จำนวน 6 ชนิด โดยใช้ลูกกระสุนปืนที่เหมาะสม (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 แสดงอาวุธปืนพกและกระสุนปืนที่เหมาะสม ในการหาเขม่าปืน

อาวุธปืนพก (Pistol)	ลูกกระสุนปืน (Ammunition)	สัญลักษณ์แสดงตัวอย่างของ GSR (Notation of GSR sample)
 Browning 1906	 Browning 6.35 mm	A
 P-64, P-83	 Makarov 9 mm	B
 Browning 1900	 Browning 7.65 mm	C

 <p>Beretta</p>	 <p>Luger 9 mm</p>	<p>D</p>
 <p>Margolin</p>	 <p>Sporting 5.6 mm</p>	<p>E</p>
 <p>TT-33</p>	 <p>Tokarev 7.62 mm</p>	<p>F</p>

หมายเหตุ

กระสุนปืน ตัวอย่าง A,C และ E ผลิตโดย Sellier and Bellot Joint Stock Company, Vlasim Czech Republic

กระสุนปืน ตัวอย่าง B และ D ผลิตโดย “Mesko” Metal Works Skarzysko-Kamienna Poland

กระสุนปืน ตัวอย่าง F ผลิตโดย Tula Cartridge Works Tula Russia

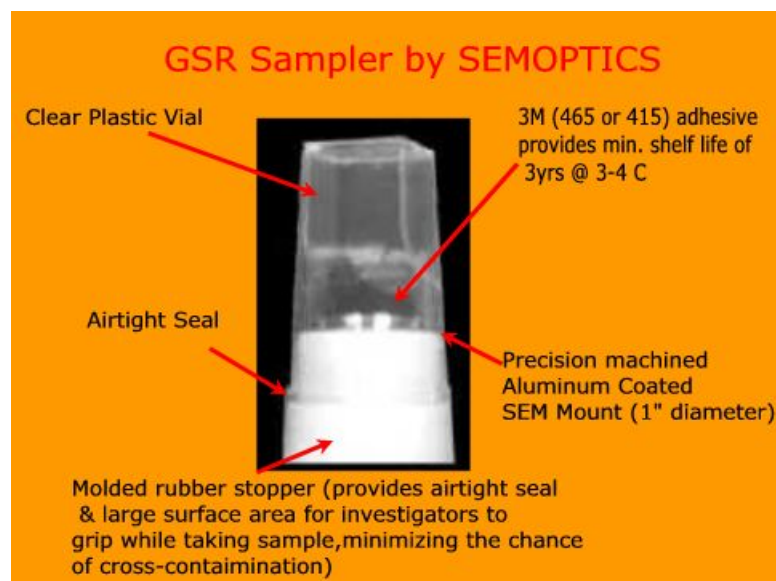
แต่ละคนจะยิงปืน จำนวน 3 นัด แล้วเก็บตัวอย่างเขม่าปืนทันที ภายหลังจากการยิงปืน โดยการใส่ stub ที่เป็นอลูมิเนียมด้านบนติดด้วยเทปกาวสองหน้า มาแตะที่บริเวณผิวหนังของมือทั้งสองข้าง และนิ้วหัวแม่มือ อย่างน้อย 100 ครั้ง (เก็บตัวอย่างแยกมือซ้ายและมือขวา) แล้วทำสัญลักษณ์ไว้ว่าเป็นตัวอย่างที่เท่าไร เพื่อจะได้ไม่เกิดการปนเปื้อนของเขม่าปืน (GSR) ผู้ที่ทำการทดลองจะต้องไม่เคยสัมผัสอาวุธปืนมาก่อนทำการทดลอง ทำการควบคุมตัวอย่าง โดยการเก็บตัวอย่างที่มือทั้งสองข้างก่อนการยิงปืน จากนั้นทำการวิเคราะห์ตัวอย่างในสถานะเดียวกัน



ภาพแสดงการเก็บตัวอย่างที่บริเวณผิวหนังของมือทั้งสองข้าง

3.2 วิธีการทดลอง

นำตัวอย่างทั้งหมดไปเคลือบคาร์บอน ด้วยเครื่อง SCD 059 BAL-TECH vacuum spitter และวิเคราะห์ผลด้วยเครื่อง scanning electron microscope JSM-5800 Jeol และเครื่อง X-ray Spectrometer LINK ISIS 300 Oxford Instruments Great Britain



โดยโปรแกรมจะทำการค้นหาและกำหนดขอบเขตในการวิเคราะห์โดยอัตโนมัติ โดยจะแบ่งพื้นที่ในการวิเคราะห์ออกเป็นส่วนเล็กๆ การตั้งค่าการเพิ่มขนาดขึ้นอยู่กัผลรวมและขนาดของพื้นที่ผิว ซึ่งจะทำการหลัง โปรแกรมต้องการคนเป็นผู้ตั้งค่าขนาดของพื้นที่ผิวบน stub เช่นเดียวกับ Mn-Pd Standard (เพื่อหาช่วงการกระจายของของสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องตรวจวัดสัญญาณของ SEM) จำเป็นต้องให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเคมีเป็นผู้กำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กที่สุด และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ที่สุดในบริเวณพื้นที่วิเคราะห์ โดยใช้สภาวะ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เครื่องมือและสภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์

Scanning electron microscope	JSM-5800, Jeol, Japan
EDX spectrometer	Link ISIS 300, Oxford Instruments Ltd.
Automatic search	Gunshot, Oxford Instruments Ltd.
Magnification (time)	200
Accelerating voltage (kV)	20
Working distance (mm)	10
Acquisition time for single particle (s)	5
Size of the scanned frame	
Height (μm)	514
Width (μm)	658
Area (mm^2)	0.338

สำหรับแต่ละตัวอย่างที่จะนำเข้ามาทำการวิเคราะห์ จำนวนอนุภาคของเขม่าจะเปลี่ยนแปลงจาก 100 ถึง 4000 ต่อ stub ความถูกต้องแม่นยำ ขององค์ประกอบทางเคมีที่ใช้จำแนกแต่ละอนุภาคนั้น เป็นการตรวจสอบจากการวัดโดยใช้เครื่องมือจริง

3.3 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

เลือกวิธีการทางสถิติเพื่อประยุกต์ใช้ในการประเมินค่า และความสำคัญของการสังเกตความแตกต่างขององค์ประกอบทางเคมีของเขม่าป็นตัวอย่าง (ต้นกำเนิด) จากกระสุนปืนหลายๆชนิด ในการทดลองที่ 1 แสดงถึงการศึกษากระสุนปืนแต่ละชนิด โดยเลือกวิธีการทางสถิติแบบนอนพารามेटริก เช่น Wilcoxon rank sum test และ R-spearman และ T-Kendall rank correlation coefficients. เพื่อเปรียบเทียบและหาความสัมพันธ์ของตัวอย่างที่มีความคล้ายคลึงกัน

3.3.1 การทดสอบวิลคอกซอน (Wilcoxon test)

ตั้งสมมติฐาน H_0 ว่า “แต่ละตัวอย่าง ไม่แตกต่างกัน ”

ทดสอบค่าพารามิเตอร์ T_{cal}

ถ้า Value $T_{\text{cal}} >$ ค่าตามทฤษฎี ($T_{r,\alpha}$) ยอมรับสมมติฐาน , H_0

ในทางตรงกันข้าม

ถ้า Value $T_{\text{cal}} \leq$ ค่าตามทฤษฎี ($T_{r,\alpha}$) ไม่ยอมรับสมมติฐาน , H_1

คำนวณค่า T_{cal} ตามตารางสนับสนุน :

เปรียบเทียบ % ความแตกต่าง ของแต่ละตัวอย่าง กับ อนุภาคที่จำแนกไว้ (d) (โดยไม่ต้องนำเครื่องหมายมาคิด) เรียงช่วงลำดับที่มีความแตกต่างของอนุภาคจากเล็กที่สุด ไปจนถึงใหญ่ที่สุด ให้เป็นจำนวนเต็ม (N) ถ้าตัวอย่างที่จะระบุตำแหน่ง มีปริมาณค่า $d \geq 2$ ตัวอย่าง การระบุตำแหน่ง จะขึ้นอยู่กับ การคำนวณค่าเฉลี่ยความแตกต่างของ องค์ประกอบสารที่บรรจุอยู่ภายในลูกกระสุนปืน(โดยไม่ต้องนำเครื่องหมายมาคิด) ช่วง ความของตำแหน่ง ค่า positive (+) และค่า Negative (-) เป็นค่าที่เชื่อถือได้ มีเหตุผล ไม่ ขึ้นอยู่กับค่าใดๆ ไม่ว่าค่าใดก็ตามอยู่นอกปริมาณผลรวมของช่วง ทั้ง ค่า positive (+) และ ค่า Negative (-) ควรพิจารณาปริมาณของ T_{cal} เปรียบเทียบกับปริมาณของ $T_{r,\alpha}$

3.3.2 ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของตำแหน่ง (Coefficients of rank correlation)

การทดลองนี้ ได้เปรียบเทียบความสัมพันธ์ลูกของกระสุนปืนแต่ละชนิดที่ใช้ในการ ทดลองตั้งสมมติฐาน โดยใช้สถิติแบบ R-spearman และ T-Kendall เพื่อประยุกต์ใช้หา ความสัมพันธ์ ซึ่งปกติจะมีค่าความสัมพันธ์ อยู่ระหว่าง -1 ถึง 1

- ถ้าค่า เป็นบวก หมายความว่า ตัวอย่างของลูกกระสุนปืนมีความสัมพันธ์กัน
- ถ้าค่า เป็นศูนย์ หมายความว่า ตัวอย่างของลูกกระสุนปืนไม่มีความสัมพันธ์กัน
- ถ้าค่า เป็นลบ หมายความว่า ตัวอย่างของลูกกระสุนปืนมีความสัมพันธ์ในทิศทาง ตรงกันข้าม

การคำนวณหาความสัมพันธ์ มีความสำคัญในการหาความสัมพันธ์ของตัวอย่างทั้งสอง สมมติฐานจะไม่มีค่าถ้าไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างตัวอย่าง C และ D ($H_0: R = 0; H_0: T = 0$) ค่าสมมติฐานจะถูกเมื่อ $R < R_{r,\alpha}$ หรือ $T < T_{r,\alpha}$

เพื่อคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบทางเคมี แต่ละ ชนิดที่พบในเขม่าปืนตัวอย่างโดยวิธีของ Spearman เริ่มเรียงจากลำดับเล็กที่สุด แล้ว กำหนดให้เป็นจำนวนเต็ม ถ้ามีตัวอย่าง ≥ 2 ที่อยู่ในลำดับเดียวกัน เราจะคำนวณให้ช่วงที่ เกิดขึ้น เท่ากับค่ากึ่งกลางของช่วง ถ้าแปลค่าออกมาแล้วอยู่ในช่วง แสดงว่า มีความแตกต่าง กัน หลังจากนั้น คำนวณค่าเปรียบเทียบแต่ละตัวอย่าง (d) ระหว่างช่วงตัวแปร (องค์ประกอบทางเคมีที่จำแนกไว้ในอนุภาค)

นำผลรวมของค่าความแตกต่างมายกกำลังสอง มาใส่ไว้ในสมการที่ 1 กำหนดให้ เป็นค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของ spearman

$$R = 1 - \frac{6 \sum d^2}{N(N^2 - 1)} \quad (1)$$

N ในที่นี้คือตัวแปร เช่น อนุภาคของสารเคมีที่ใช้จำแนก

เพื่อคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของ Kendall มีลักษณะการหาค่าความสัมพันธ์เหมือนกับ Spearman แต่ยากกว่า ต้องกำหนดตัวแปรในตัวอย่างและเปรียบเทียบช่วงที่ต้องการกำหนดข้อมูลลงไปให้ถูกต้อง ดังนั้น การกำหนดช่วงของตัวแปรจะต้องทำการเปรียบเทียบตัวอย่าง ให้มีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเริ่มจากปริมาณเล็กที่สุด ในแถว (ในแนวตั้ง) ให้จำนวนที่มีปริมาณใหญ่ที่สุดอยู่แถวแรก ส่วนจำนวนที่มีปริมาณเล็กกว่าให้อยู่แถวต่ำลงมา เช่น k_1 เมื่อคำนวณแล้วมีค่ามากกว่า k_2 ค่า k_1 ก็ต้องอยู่แถว (ในแนวตั้ง) แรก ส่วน k_2 ให้อยู่แถวถัดลงมา ดังนั้น ผลของการดำเนินการที่ได้ คือ $S = \sum k_i$

ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของ kendall สามารถแสดงดัง สมการที่ 2

$$\tau = \frac{2S}{\sqrt{(1/2)N(N-1) - T_x} \sqrt{(1/2)N(N-1) - T_y}} - 1, \quad (2)$$

เมื่อ

$$T_x = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^1 t_i(t_i - 1); \quad T_y = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^1 t_j(t_j - 1),$$

ในที่นี้ t_i, t เป็นช่วงของกลุ่มในการเปรียบเทียบของแต่ละตัวอย่าง