

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำต้นเรื่อง

ในปัจจุบันได้เกิดปัญหาทางด้านอาชญากรรมขึ้นมากมาย การที่จะนำตัวผู้กระทำผิดที่แท้จริงมาลงโทษตามกระบวนการยุติธรรมนั้นเป็นเรื่องที่สำคัญอย่างยิ่ง โดยเฉพาะจะต้องมีการรวบรวมพยานหลักฐานมายืนยันให้สามารถพิสูจน์ความผิดได้อย่างชัดเจน การพิสูจน์หลักฐานตระหนักถึงความจริงที่ว่า เมื่อมีการกระทำผิดเกิดขึ้นคนร้ายย่อมทิ้งร่องรอย และวัตถุตามธรรมชาติ ณ สถานที่เกิดเหตุ ปืนเป็นอาวุธที่ถูกใช้ในการประกอบอาชญากรรมอยู่บ่อย (ทัศนะและคณะ, 2544) ซึ่งสิ่งที่เหลืออยู่หลังจากการยิงปืนที่ใช้เป็นหลักฐานในการระบุตัวผู้ยิงปืน คือ เขม่าปืน (Gunshot residue หรือ firearms discharge residue หรือ cartridge discharge residue) ซึ่งสามารถเกิดได้จาก primer, propellant, lubricants และ metals ที่พบใน bullet, bullet jacket, cartridge casing และ gun barrel (Andrew and Julie, 2004)

โดยทั่วไปเมื่อทำให้แก๊ปปืน (primer) ระเบิด สภาพแวดล้อมจะมีอุณหภูมิ 1500 - 2000 °C และความดันจะเปลี่ยนจาก 14 psi เป็น 1400 psi และเมื่อดินสักระสุนระเบิด อุณหภูมิจะสูงขึ้นเป็น 3600 °C และมีความดันถึง 40,000 psi จากอุณหภูมินี้จะทำให้โลหะที่เป็นส่วนประกอบของแก๊ปปืนหลอมละลายกลายเป็นไอ สำหรับโลหะสำคัญที่มีในแก๊ปปืนดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงจุดหลอมเหลวและจุดเดือดของธาตุแอนติโมนี, แบเรียมและตะกั่ว

ธาตุโลหะ	จุดหลอมเหลว (mp) °C	จุดเดือด (bp) °C
ตะกั่ว (Pb)	327	1620
แบเรียม (Ba)	725	1130
แอนติโมนี (Sb)	630	1380

เมื่ออุณหภูมิลดลง ไอของแต่ละธาตุเปลี่ยนเป็นอนุภาคของแข็ง จากการที่มีความดันสูงขึ้นนั้น ในกรณีปืนพกหรือลเวออร์จะมีช่องว่าง (physical gap) ระหว่างผิวหน้าของรังเพลิงและส่วนท้ายของลำกล้อง (ไม่เช่นนั้นลูกโมปืนจะหมุนไม่สะดวก) ดังนั้นก็จะมีกรร้าวของ propellant gap ที่จุดนี้เมื่อมีการยิง ช่องว่างนี้จะแคบที่สุดถึง 0.0015 นิ้ว และกว้างที่สุดถึง 0.006 นิ้ว ส่วนในกรณีปืนพกอโตเมติก เขม่าปืนจะออกมาทาง ejection port และเมื่อเลื่อนถอยหลังก็จะนำเขม่าปืนมาด้วย ทำให้ติดบริเวณระหว่างนิ้วหัวแม่มือกับนิ้วชี้มาก ส่วนเขม่าปืนที่พ่นออกมาทางปากกระบอกปืนนั้น ก็มีผลที่จะปลิวไปติดที่มือได้อยู่แล้ว (กองกำกับการ 3 กองพิสูจน์หลักฐานสำนักงานตำรวจแห่งชาติ)

กลไกการเกิดเขม่าปืนเริ่มต้นเมื่อมีการลั่นไกทำให้เข็มแทงชนวน (firing pin) ติลงบนแก๊ปปืนอย่างแรง แรงกระตุ้นนี้ทำให้เกิดความร้อนส่งไปยังดินส่งกระสุน (propellant) แล้วเกิดการเผาไหม้ (Heard, 1997) ซึ่งการลุกไหม้ของดินส่งกระสุนทำให้เกิดการสลายตัวและเปลี่ยนรูปร่างไปเป็นแก๊ส (Meng and Caddy, 1997) ซึ่งประกอบด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide), คาร์บอนมอนอกไซด์ (carbon monoxide), ไอน้ำและกลุ่มของธาตุไนโตรเจน (Heard, 1997) ในขณะเดียวกันความร้อนมหาศาลนี้ทำให้เกิดกำลังดันในการขับเคลื่อนแก๊สจาก cartridge casing ไปยังลำกล้องและออกไปทางปากกระบอกปืน ส่วนที่เหลือจากการเผาไหม้แก๊ปปืนจะออกจากบริเวณนี้ในปริมาณน้อย ธาตุที่เป็นส่วนประกอบหลักของแก๊ปปืน คือ ตะกั่ว, แอนติโมนีและแบเรียม ส่วนธาตุอื่น ๆ ที่ตรวจพบ เช่น ทองแดง, สังกะสี, เหล็ก, อลูมิเนียม, ซิลิกอน, กำมะถัน, โพแทสเซียมและแคลเซียมนี้สามารถเกิดได้จาก etched bullets, cartridge casing และ barrel (Meng and Caddy, 1997) โดยภายใต้สภาวะสมมุติถือเอาส่วนประกอบทั้งหมดของแก๊ปปืนที่เกิดกระบวนการเผาไหม้ และถูกเปลี่ยนแปลงกลายเป็นแก๊สเรียกว่าเขม่าปืน แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถเป็นเช่นนั้นได้ เพราะไม่สามารถแบ่งดินปืนทั้งหมดที่บรรจุในกระสุนได้ คือ เมื่อยิงปืนดินปืนบางส่วนของแก๊ปปืนและดินส่งกระสุนที่เกิดการเผาไหม้และไม่เผาไหม้ทั้ง 2 ส่วนจะถูกขับเคลื่อนออกมาทางปากกระบอกปืนร่วมกับ bullet ที่ยิงไปยังเป้าหมาย ทำให้เขม่าปืนประกอบด้วย สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ (Meng and Caddy, 1997) โดยสารอนินทรีย์นั้นใช้ในการตรวจหาตะกั่ว, แอนติโมนีและแบเรียมซึ่งได้มาจากแก๊ปปืน ธาตุทั้ง 3 นี้มีลักษณะที่พบได้เฉพาะในสิ่งใดสิ่งหนึ่งเพียงอย่างเดียว เป็นธาตุที่ไม่ให้มีการเปิดใช้ได้อย่างอิสระต้องมีการขออนุญาต หรือปนเปื้อนอยู่ในสิ่งแวดล้อมทั่วไปและได้จากการประกอบอาชีพหรือการยิงปืน เช่น ตะกั่วสามารถพบได้ในควันท่อไอเสียรถยนต์หรือขี้เถ้าเตาเป็นต้น แอนติโมนีสามารถพบได้บนเส้นใยที่มีการเคลือบเงาและแบเรียมสามารถพบได้จากแป้งแต่งหน้าหรือเครื่องอัดกระดาษ เป็นต้น (Heard, 1997)

ในการวิเคราะห์เขม่าปืน เริ่มต้นตั้งแต่ปี 1959 โดยใช้สารละลายเคมีเป็นตัวทดสอบทำให้เกิดสีแล้วนำไปแปลผล จากนั้นได้มีการใช้ dermal nitrate test แต่ผลที่ได้มีการผิดพลาด (false positive) ต่อมาในปี 1966 ใช้เครื่อง neutron activation analysis (NAA) มีข้อเสียคือไม่เหมาะที่จะใช้กับการวิเคราะห์ตะกั่ว ในปี 1972 จึงมีการพัฒนามาใช้ flameless atomic absorption spectroscopy (FAAS) ที่สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ได้ที่ละธาตุ และยังได้มีการใช้เครื่อง inductively coupled plasma (ICP), scanning electron microscopy (SEM) ควบคู่ไปกับเครื่องมืออื่น ๆ

อย่างไรก็ตาม เมื่อตรวจพบเขม่าปืนที่หลังมือผู้ใดในปริมาณที่เหมาะสมสามารถสรุปได้ว่าผู้นั้นได้ใช้อาวุธปืนยิง ส่วนปริมาณขั้นต่ำ (threshold level) ของธาตุแอนติโมนี, แบเรียม และตะกั่วจากการเก็บด้วยวิธีเช็ด (cotton swab) โดยแยกเก็บหลังมือกับฝ่ามือนั้น ห้องปฏิบัติการแต่ละแห่งตรวจพบปริมาณของแอนติโมนี, แบเรียมและตะกั่วไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผลการวิจัยและสิ่งแวดล้อม (กองกำกับการ 3 กองพิสูจน์หลักฐานสำนักงานตำรวจแห่งชาติ)

กองพิสูจน์หลักฐาน สำนักงานตำรวจแห่งชาติ ตรวจพบเขม่าปืนจากธาตุสำคัญ 3 ธาตุที่เป็นองค์ประกอบทั่วไปของแก๊ปปืนซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มที่เรียกว่า “ประเภทที่แน่นอน” หรือ unique categories ซึ่งหมายถึง ถ้าตรวจพบพร้อมกันทั้ง 3 ธาตุสามารถบอกได้แน่นอนว่าเป็นเขม่าปืน (absolutely indicative of firearms residue) ในขณะที่บางประเทศตรวจหาเฉพาะธาตุแอนติโมนีและธาตุแบเรียม สำหรับกองพิสูจน์หลักฐานนั้นเดิมเป็นการตรวจเฉพาะธาตุแอนติโมนีและธาตุแบเรียมเช่นเดียวกัน ภายหลังจึงมีการตรวจหาปริมาณธาตุตะกั่วเพิ่มเติม ทั้งนี้เพื่อเป็นการยืนยันผลให้ถูกต้องแน่นอน แต่แม้ว่าการตรวจหาธาตุสำคัญที่มาจากการยิงปืนที่มีอิมพัลส์ FAAS ซึ่งเป็นการตรวจหาปริมาณธาตุตะกั่ว, แบเรียมและแอนติโมนีของกองพิสูจน์หลักฐานจะเป็นที่ยอมรับของกระบวนการยุติธรรมก็ตาม แต่จากข้อมูลทางเอกสารงานวิจัย ตำราที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ตลอดจนข้อมูลจากผู้ชำนาญและผู้ตรวจพิสูจน์ พบว่า มีหลายคดีที่มีข้อมูลแน่ชัดว่าบุคคลผู้ต้องสงสัยเป็นผู้ใช้อาวุธปืน แต่ตรวจไม่พบธาตุแอนติโมนี และการตรวจพบธาตุแบเรียมก็อยู่ในปริมาณที่ยากแก่การสรุปผล ทั้งนี้เนื่องจากมีตัวแปรหลายประการดังเช่น ชนิดประเภทอาวุธปืน ชนิดประเภทหรือขนาดกระสุนปืน อาชีพหรือแม้แต่การดำเนินชีวิตประจำวันภายหลังที่ผ่านการยิงปืนมาแล้ว เป็นต้น (กองกำกับการ 3 กองพิสูจน์หลักฐานสำนักงานตำรวจแห่งชาติ)

ปัจจัยอื่น ๆ ที่เป็นอุปสรรคในการวิเคราะห์เขม่าปืน เช่น ระยะเวลาที่เก็บตัวอย่างหลังจากการยิงปืน ในประเทศไทยกรณีผู้ต้องสงสัยมีชีวิตต้องเก็บตัวอย่างไม่เกิน 6 ชั่วโมงหลังจากการยิงปืน (พงศกรณ, 2531), อายุความทนในการเก็บรักษา, สภาพอากาศที่ร่อนถ่ายต่อการแห้งออกหรือการล้างมือ และที่สำคัญคือ วิธีการในการเก็บตัวอย่างทำให้ได้ปริมาณธาตุน้อยหรือบางกรณีไม่สามารถตรวจพบได้เลย ในการสกัดตัวอย่างออกจาก cotton bud

นั้นใช้วิธีการแช่ในสารละลาย HNO_3 ทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งทำให้เกิดความล่าช้าในการออกผลการตรวจวิเคราะห์ ซึ่งมีผลในทางกฎหมายด้วย คือความสามารถในการควบคุมตัวผู้ต้องสงสัยเพื่อสอบปากคำนั้นกระทำไม่ได้ไม่เกิน 24 ชั่วโมง หากสามารถลดระยะเวลาในการสกัดตัวอย่างได้ก็จะช่วยลดปัญหาการรอผลการวิเคราะห์เพื่อนำไปสู่การจับกุมผู้กระทำผิด

1.2 การตรวจเอกสาร

1.2.1 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Harrison และ Gilroy (1959) และ Heard (1997) ได้ศึกษาวิธีพัฒนาการวิเคราะห์ที่สามารถแสดงได้ว่าเป็นตะกั่ว, แบริียมและแอนติโมนี ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของเขม่าแก๊ปปีน ทดลองโดยใช้สารละลายไฮโดรคลอริกเจือจางของกรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid) เช็ดบริเวณหน้ามือและหลังมือทั้งมือซ้ายและมือขวา เมื่อสารละลายไฮโดรคลอริกแห้ง ทดสอบด้วยสารละลายไตรฟีนิลเมทิลอาโซเนียมไอโอไดด์ (triphenyl methylarsonium iodide) ถ้ามีแอนติโมนีจะเกิดปฏิกิริยาเป็นจุดสีส้มขึ้น หลังจากนั้นทดสอบด้วยสารละลายโซเดียมโรดิโซเนต (sodium rhodizonate) ถ้ามีแบริียมจะเกิดปฏิกิริยาเป็นจุดสีแดงเกิดขึ้น และหลังจากนั้นทดสอบด้วยสารละลายเจือจางของกรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid) ถ้ามีตะกั่วจะเกิดปฏิกิริยาเป็นสีม่วง ข้อดีของวิธีนี้คือเกิด false positive น้อยแต่มีข้อเสียคือ ความไว (sensitivity) ต่ำและทดสอบได้ที่ละธาตุ ต่อมาในปี 1996 ได้พัฒนามาใช้วิธี neutron activation analysis (NAA) สำหรับวิเคราะห์เขม่าปีน ข้อดีของวิธีนี้คือมีความไวสูงมาก สามารถวิเคราะห์ธาตุทั้งหมดได้ แต่ไม่เหมาะสมกับตะกั่ว ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักในเขม่าปีน

Goleb และ คณะ (1975) ทำการศึกษาเทคนิคในการเก็บตัวอย่างจากผู้ยิงปืน โดยเปรียบเทียบในวัสดุ 3 ชนิด คือ tap lift, cotton bud และ film lift วัดปริมาณแบริียมและแอนติโมนีโดยใช้เครื่องมือ flameless atomic absorption spectroscopy (FAAS) โดยทำการเผา (ashing) ตัวอย่าง พบว่า tap lift ให้ผลในการวัดปริมาณที่ดีที่สุดคิดเป็น 90% รองลงมาคือ cotton bud และ film lift วัดปริมาณได้ 80% และ 50% ตามลำดับ

Jauhari และคณะ (1985) ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์เขม่าปีนจากวัสดุที่ใช้เช็ดโดยเครื่องมือ neutron activation analysis (NAA) และ anodic stripping voltammetry (ASV) ซึ่งทำการทดลองโดยใช้วัสดุ 6 ชนิดในการเก็บตัวอย่าง คือ เสื้อผ้าฝ้าย, Johnson's bud, cellophane tape, paraffin wax, Whatman filter paper No.1 และกระดาษทิชชู เพื่อหาตะกั่ว, แอนติโมนี, แบริียม, ทองแดงและปรอท โดยเครื่องมือ neutron activation analysis (NAA) วิเคราะห์หาแอนติโมนี, แบริียม, ทองแดงและปรอท ส่วนเครื่องมือ anodic stripping voltammetry (ASV) วิเคราะห์หาตะกั่ว ผลการทดลองที่ได้พบว่า ระดับแอนติโมนีและปรอทพบน้อยในทุกวัสดุ

ระดับแบเรียมพบน้อยใน Whatman filter paper No.1 และกระดาษทิชชู ปริมาณตะกั่วมีน้อยใน Whatman filter paper No.1, เสื้อผ้าฝ้ายและกระดาษทิชชู ปริมาณทองแดงพบน้อยที่สุดใน paraffin wax เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุอื่น ๆ ที่ทำการศึกษาด้วยสารละลายมาตรฐานและมีการเช็ดมือก่อนการยิงปืนเพื่อใช้เป็น blank ผลปรากฏว่า Whatman filter paper No.1 มีความสามารถในการเช็ดธาตุได้มากที่สุดภายใต้สภาพอากาศของประเทศอินเดีย

Koons และคณะ (1987) ศึกษาการวิเคราะห์เขม่าป็นจากวัสดุเก็บสะสมตัวอย่าง โดยใช้เครื่องมือ flameless atomic absorption spectrophotometry: พิจารณาเกี่ยวกับวิธีการสกัดและเครื่องมือ ซึ่งวัสดุที่ใช้คือ plastic shafted swabs (Johnson & Johnson) ผลการทดลอง การเก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง (20°C) เป็นเวลา 3 สัปดาห์ก่อนนำไปสกัด พบว่าหลอดทดลองที่ปิดฝาไม่สนิทนั้นมีเปอร์เซ็นต์การสูญหายของสารมากกว่าหลอดทดลองที่ปิดฝาสนิท ดังนั้นการหาปริมาณความเข้มข้นของธาตุในวัสดุที่เก็บเขม่าป็นต้องทำให้วัสดุแห้งก่อนการวิเคราะห์ อิทธิพลของระยะเวลาที่ทำให้วัสดุแห้งพบว่า เปอร์เซ็นต์การคืนกลับของธาตุแอนติโมนีที่สกัดจากวัสดุซึ่งทำให้แห้งอย่างรวดเร็วให้เปอร์เซ็นต์การคืนกลับมากกว่าการทำให้แห้งอย่างช้าๆ ที่อุณหภูมิต่ำกว่า และการทดลองเปอร์เซ็นต์การคืนกลับของ cotton ที่ตัดด้ามจับพลาสติกออกและไม่ตัดด้ามจับพลาสติกออกนั้น พบว่าปริมาณที่วิเคราะห์ได้มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนสารสกัดกรดไนตริกที่ความเข้มข้น 10% มีความเหมาะสมสำหรับเขม่าป็น เนื่องจากให้เปอร์เซ็นต์การคืนกลับของแอนติโมนีสูง การสกัดตัวอย่างที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เป็นอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมที่ให้เปอร์เซ็นต์การคืนกลับดีที่สุด ดังนั้นวิธีการสกัดที่ได้จากการทดลอง คือ การนำตัวอย่างเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลาข้ามคืนหรือมากกว่าตัวอย่างแห้ง แล้วเติม 2.00 ml. ของ 10% HNO_3 นำมา vortex ประมาณ 30 วินาที แล้วนำเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำมา vortex ประมาณ 30 วินาทีอีกครั้ง รอจนเย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วจึงนำไป centrifuge เป็นเวลา 5 นาทีเพื่อแยกสารละลายและวัสดุเก็บสะสม

Koons และคณะ (1988) ทำการศึกษาหาปริมาณของแบเรียมในเขม่าป็นจากวัสดุเก็บสะสมตัวอย่าง โดยใช้เครื่องมือ inductively coupled plasma - atomic emission spectrometry (ICP-AES) ศึกษาในตัวอย่างมาตรฐานที่ระดับ 0, 0.05 และ 0.25 μg . ของแบเรียมและตัวอย่างที่มีการปนเปื้อนจากโลชั่นทาผิว โดยใช้ cotton bud เช็ดและสกัดด้วย 2.00 ml. ของ 10% HNO_3 ให้ความร้อนที่ 80°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และได้ทำการเปรียบเทียบกับเครื่องมือ atomic absorption spectroscopy (AAS) ผลการทดลองพบว่าปริมาณของแบเรียมที่ทราบจำนวนทั้งในตัวอย่างมาตรฐานและตัวอย่างที่มีการปนเปื้อน ไม่มีความแตกต่างกันในปริมาณที่สกัดออกมาได้ จึงถือว่าเครื่องมือ ICP-AES มีความเที่ยงและแม่นยำในการวิเคราะห์เมื่อเทียบกับ AAS ที่ให้ค่าผลการวิเคราะห์ในช่วงกว้าง แสดงว่ามีความคลาดเคลื่อนในการวัดสูงกว่า ICP-AES

Koons และคณะ (1989) ยังได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์ในการเก็บสะสมเขม่าป็นด้วยการเซ็ดจากมือโดยใช้เครื่อง flameless atomic absorption spectroscopy (FAAS) และ inductively coupled plasma - atomic emission spectrometry (ICP-AES) เกี่ยวกับผลกระทบของการสกัดและการเก็บสะสมที่ได้มาตรฐาน โดยทำการเก็บตัวอย่างที่ทราบปริมาณของธาตุแบเรียม, แอนติโมนีและตะกั่วด้วย cotton bud ซึ่งมีปริมาณของแอนติโมนี 0.02 และ 0.2 μg . ส่วนแบเรียมและตะกั่วมีปริมาณ 0.1 และ 1.0 μg . ตามลำดับ และทำการวิเคราะห์แอนติโมนีและตะกั่วด้วยเครื่องมือ FAAS ส่วนแบเรียมวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ ICP-AES ทำการสกัดตัวอย่างหลังจากเก็บตัวอย่างได้ 3, 7, 15, 22, 30, 45, 59, 92 และ 120 วันแล้วนำมาวัดปริมาณธาตุทั้ง 3 ชนิด พบว่า แบเรียม, แอนติโมนีและตะกั่วสามารถวัดค่าได้ใกล้เคียงกับปริมาณตั้งต้น แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาตัวอย่างและระดับความชื้นที่ลดลงไม่มีผลในการสกัด แต่ทั้งนี้ตัวอย่างที่เก็บสะสมจะต้องไม่ได้รับการปนเปื้อนหรือสูญเสียตัวอย่าง

Koons และคณะ (1998) วิเคราะห์เขม่าป็นที่เก็บจากมือโดยเครื่องมือ inductively coupled plasma - mass spectrometry ซึ่งใช้วิธีสกัดโดยเติม 10% HNO_3 แล้วให้ความร้อนที่ 80°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำไป centrifuge ผลการทดลองพบว่า เครื่องมือ inductively coupled plasma - mass spectrometry มีขอบเขตในการตรวจวัดที่ต่ำ มีช่วง linear dynamic ที่กว้าง ใช้เวลาในการวิเคราะห์น้อย มีความเที่ยงและแม่นยำในการวิเคราะห์ผลทั้ง hand blank และตัวอย่างจากมือผู้ยิงปืนโดยการวัดปริมาณธาตุตะกั่ว, แอนติโมนีและแบเรียม จากการสกัดเขม่าป็น

Romolo และ Margot (2001) ได้ทำการศึกษาเขม่าป็นโดยศึกษาส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ในเขม่าป็น โดยทำการวิเคราะห์อนุภาคที่สามารถตรวจวัดปริมาณและสิ่งที่แสดงลักษณะของเขม่าป็น ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (SEM) เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพมากสำหรับงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ ซึ่งสามารถอธิบายลำดับเหตุการณ์ที่มีการยิงอาวุธปืน หรือสัมผัสกับบริเวณที่มีส่วนประกอบคล้ายเขม่าป็น การวิเคราะห์อนุภาคสามารถวิเคราะห์ในแต่ละอนุภาคโดยวิเคราะห์ทั้งลักษณะภายนอกและลักษณะของแต่ละธาตุ และได้กล่าวว่าในงานการตรวจเขม่าป็นในทางนิติวิทยาศาสตร์ไม่มีวิธีที่วิเคราะห์เฉพาะเจาะจง แต่ผลการวิเคราะห์ถ้าเป็นเขม่าป็นจะตรวจพบธาตุ 3 ธาตุ คือ ธาตุแบเรียม, แอนติโมนีและตะกั่ว ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะที่พบในเขม่าป็นเท่านั้น

กองกำกับการ 3 กองพิสูจน์หลักฐานสำนักงานตำรวจแห่งชาติ มีขั้นตอนของการตรวจและวัดปริมาณของธาตุตะกั่ว, แอนติโมนีและแบเรียมของผู้ยิงปืนมาแล้วใหม่ ๆ แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นแรกเป็นการเก็บเขม่าป็นจากมือของผู้ยิงปืน โดยใช้แท่งพลาสติกปลายพันสำลี ซึ่งผ่านกรดไนตริกเจือจาง 5% (HNO_3 5%) มาแล้วพอมาด ๆ โดยแยกแต่ละแห่งใช้สำหรับเซ็ดหลังมือขวา (right back; RB) ฝ่ามือขวา (right palm; RP) หลังมือซ้าย (left back; LB)

ฝ่ามือซ้าย (left palm; LP) และซุบกรดตัวอย่างเป็น blank control อีก 1 แห่ง รวมเป็น 5 แห่ง
 ชั้นที่สองเป็นการแยกธาตุตะกั่ว (lead; Pb), แบเรียม (barium; Ba) และพลวง (antimony; Sb)
 จากสำลี โดยใช้กรดไนตริก 5% จำนวน 1 ml เป็นตัวทำละลาย ชั้นที่สามเป็นการตรวจวิเคราะห์
 โดยใช้เครื่อง atomic absorption spectrophotometer

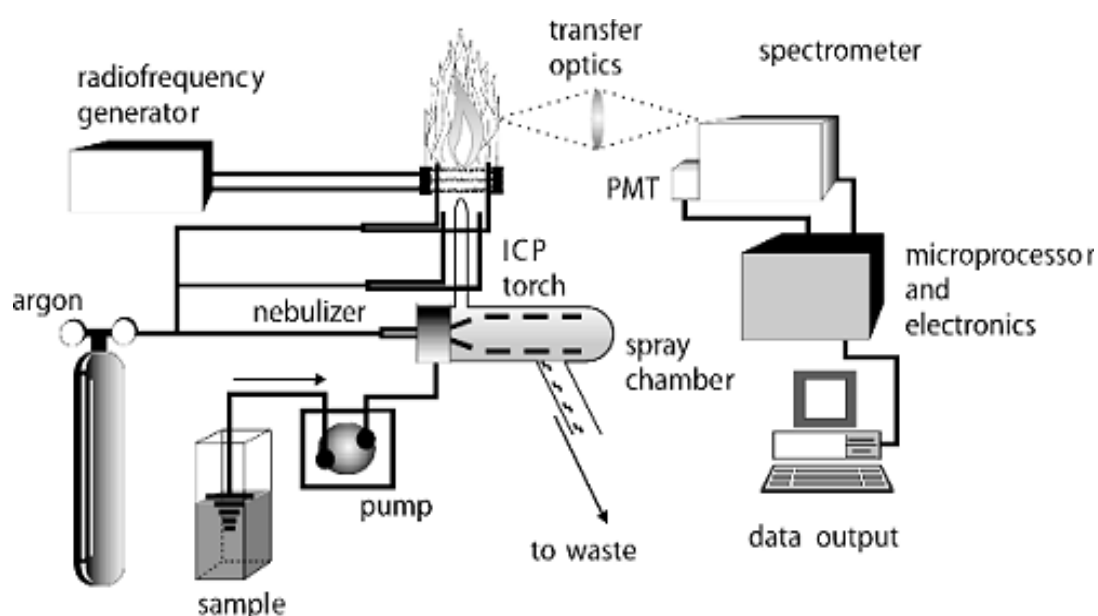
เทคนิคไฮโดรด์เจนเนอเรชันมีการเชื่อมต่อกับเครื่อง ICP-OES สำหรับ
 ตรวจหาธาตุที่มีปริมาณน้อยของ As, Sb, Bi, Ge, Se, and Te ตั้งแต่ปี 1978 (Davidowski,
 1997)

Davidowski (1997) ศึกษาวิธี Continuous Flow Hydride Generator สำหรับ
 เครื่อง ICP-OES ในธาตุ As, Sb, Bi, Se และ Te ผลการทดลองพบว่า Continuous Flow
 Hydride Generator เป็นวิธีการที่ง่าย และประยุกต์ใช้กับการหาปริมาณธาตุที่ระเหยง่ายที่ระดับ
 ความเข้มข้นต่ำ โดยมีขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัดต่ำ และสามารถให้เปอร์เซ็นต์การคืนกลับ
 ที่ดี

1.2.2 เครื่องมืออินดักทีฟลีคอปเปิลพลาสมาออฟติคอลิมิสซ์สเปคโตรเมทรี (ICP-OES)

เครื่องมืออินดักทีฟลีคอปเปิลพลาสมาออฟติคอลิมิสซ์สเปคโตรเมทรี (ICP-
 OES) เป็นเทคนิคที่ใช้พลาสมาโดยไม่ต้องมีขั้วไฟฟ้า แหล่งของ ICP ประกอบด้วยการปล่อยให้
 แก๊สอาร์กอนผ่านเข้าไปในคอบ (torch) ซึ่งประกอบด้วยหลอดที่ทำด้วยควอร์ตซ์ (quartz tube)
 ซ้อนกัน 3 ชั้นที่ปลายคอบด้านในจะมีท่อกลวงทำด้วยทองแดงล้อมรอบอยู่เรียกว่า "load coil"
 coil นี้ต่อเข้ากับเครื่องส่งความถี่ (radio frequency, RF generator) เมื่อให้ RF power ปล่อยให้
 เข้าไปใน load coil จะทำให้เกิดการสั่นด้วยอัตราเร็วเท่ากับความถี่ของเครื่องส่ง (RF
 generator) ในเครื่อง ICP ส่วนมากจะใช้ความถี่ที่ 40 เมกะเฮิร์ตซ์ (MHz) จากการผ่าน RF เข้า
 ไปในหลอดทองแดงทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นที่บริเวณปลายคอบ แล้วทำให้เกิดการชักนำให้มี
 กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำ แล้วทำให้ตัวนำมีความร้อนเกิดขึ้น แก๊สอาร์กอนที่ผ่านเข้าไปใน
 แนวตั้งฉากเพื่อให้เกิดการหมุนไปรอบหลอด ควอร์ตซ์นั้นไม่เป็นตัวนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิห้อง จึง
 จำเป็นจะต้องทำให้เป็นตัวนำด้วยการทำให้เกิด สปาร์ค หรือปล่อยประจุไฟฟ้าจากเทสลา (tesla
 discharge) ให้ผ่านแก๊สอาร์กอนเสียก่อน เพื่อทำให้แก๊สอาร์กอนเกิดไอออไนส์ได้อิเล็กตรอน
 เกิดขึ้น สนามแม่เหล็กจะทำหน้าที่ช่วยเร่งให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่เร็วขึ้น ประกอบกับมีหลอด
 ทองแดงทำหน้าที่เป็นขดลวด ทำให้อิเล็กตรอนมีพลังงานเพิ่มขึ้น เรียกว่าเกิด Inductive
 Coupling อิเล็กตรอนที่มีพลังงานนี้จะชนกับอะตอมของแก๊สอาร์กอนต่อไป ทำให้เกิด
 อิเล็กตรอนมากขึ้นไปอีกเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ กลายเป็นพลาสมา จึงเรียกว่า Inductively Coupled
 Plasma (ICP) การปล่อยประจุจากพลาสมานี้จะให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 1,000-10,000 K
 และมีความเสถียรดีเมื่อใช้กำลังไฟ 1-2 kW

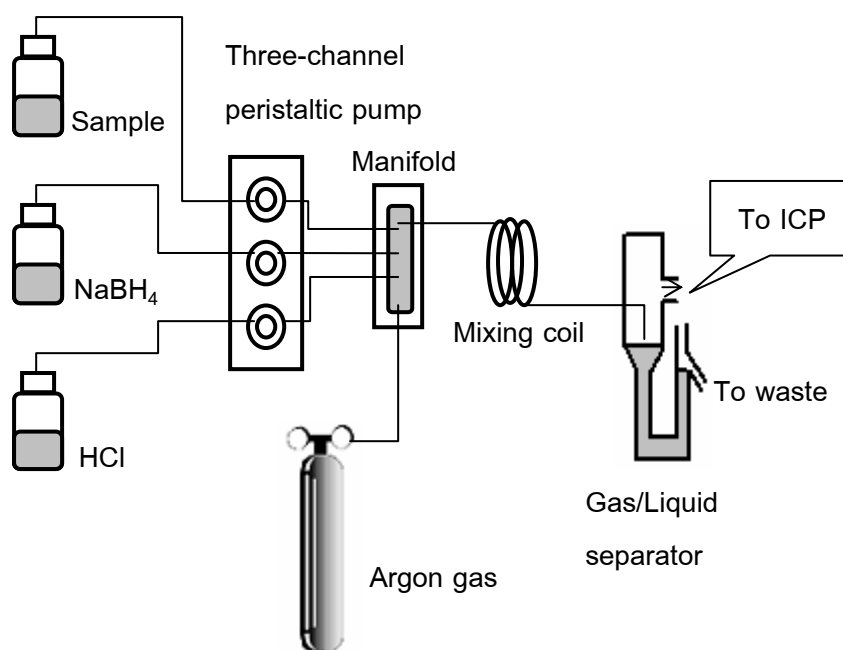
การทำงานของ ICP โดยสารละลายที่ทำการวิเคราะห์ถูกส่งเข้าเครื่อง เมื่อสารละลายถูกเปลี่ยนให้เป็นละอองลอยโดยกระบวนการ nebulization แล้วสารละลายตัวอย่างที่เป็นละอองนี้จะถูกพาเข้าพลาสมาของ ICP torch ซึ่งจะทำให้ตัวอย่างแห้งกลายเป็นไอกลายเป็นอะตอมแล้วเกิดการกระตุ้นหรือไอออไนส์ อะตอมหรือไอออนที่ถูกกระตุ้นจะเปล่งแสง ซึ่งมีลักษณะเฉพาะออกมา แสงที่เกิดขึ้นนี้จะผ่านเข้าไปในเครื่องสเปกโตรมิเตอร์เพื่อแยกเอาเฉพาะแสงที่ต้องการวัดที่ความยาวคลื่นต้องการ แล้วให้แสงดังกล่าวตกลงบนดีเทคเตอร์ เพื่อวัดออกมาเป็นสัญญาณ ซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นความเข้มข้นได้ ในการควบคุมแต่ละขั้นตอนตลอดจนข้อมูลที่ได้จะถูกพิมพ์หรือเก็บไว้ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ (แมนและอมร, 2535)



ภาพประกอบที่ 1 แสดงส่วนประกอบและการทำงานของเครื่องมือ Inductively Coupled Plasma Spectrometer (ที่มา: Boss and Fredeen, 1997)

1.2.3 เทคนิคไฮไดรด์เจเนอเรชัน (Continuous flow hydride generation)

เทคนิคไฮไดรด์เจเนอเรชันเป็นเทคนิคที่เพิ่มความไวในการวิเคราะห์สูง เนื่องจากไฮไดรด์เจเนอเรชันจะทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ที่พาเฉพาะแก๊สของสารตัวอย่างที่ต้องการมาวิเคราะห์เพียงชนิดเดียวเข้าเครื่องมืออินดักทีฟลี คับเบิลพลาสมา ออฟติคอล อิมิสชัน สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ แทนอุปกรณ์ฉีดสารละลายหรือนิวบูล์เซอร์ โดยไฮไดรด์เจเนอเรชันจะถูกต่อเข้ากับคัปหรือทอร์ช (torch) ของเครื่องมืออินดักทีฟลี คับเบิลพลาสมา ออฟติคอล อิมิสชัน สเปกโตรโฟโตมิเตอร์โดยตรง ไฮไดรด์เจเนอเรชันเป็นระบบที่สร้างขึ้นจากการใช้ปั๊มเพอริสโตลติคชนิด 3 ทาง ดูดสารละลายตัวอย่าง สารละลายโซเดียมโบโรไฮไดรด์ที่ใช้เป็นตัวรีดิวซ์ และสารละลายกรดไฮโดรคลอริกมาผสมกันในท่อขนาดเล็ก โดยทั่วไปจะควบคุมอัตราการไหลและความเข้มข้นของสารละลายทั้งสามชนิดให้เหมาะสม (Boss and Fredeen, 1997)

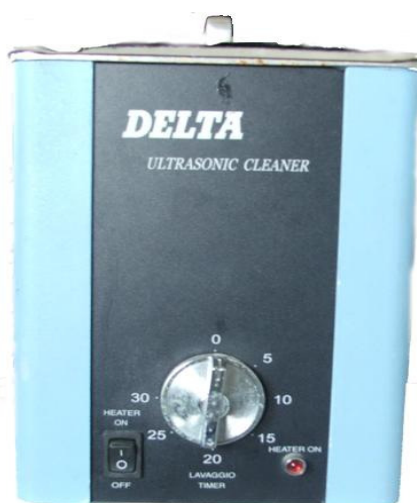


ภาพประกอบที่ 2 แสดงส่วนประกอบและการทำงานของเทคนิคไฮไดรด์เจเนอเรชัน
(ที่มา: Boss and Fredeen, 1997)

1.2.4 เครื่องทำความสะอาดด้วยคลื่นความถี่สูง (Ultrasonic cleaner)

Ultrasonic cleaner เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้การทำความสะอาดอุปกรณ์ที่มีความละเอียดอ่อนมากๆ ซึ่งอาจเกิดความเสียหาย หากทำความสะอาดด้วยการขัดถูโดยตรง สามารถทำได้สะดวกและรวดเร็ว อีกทั้งสามารถควบคุมอุณหภูมิได้อีกด้วย โดยทั่วไปแล้วคลื่นเสียงความถี่ที่มนุษย์ได้ยินจะอยู่ในช่วง 20 Hz ถึง 20 kHz แต่เครื่องทำความสะอาดด้วยคลื่นอัลตราโซนิกนั้นใช้คลื่นเสียงความถี่สูงเกินกว่าช่วงที่มนุษย์จะได้ยินคือมากกว่า 20 kHz จึงไม่ได้ยินเสียงที่เกิดจากการทำงาน เครื่องทำความสะอาดด้วยคลื่นความถี่สูงนี้ประกอบด้วย อ่างที่บรรจุน้ำหรือสารทำความสะอาดสำหรับชิ้นงานและตัวกำเนิดคลื่นอัลตราโซนิก

หลักการการทำงานของเครื่องทำความสะอาดด้วยคลื่นความถี่สูง เกิดจากการเคลื่อนไหวหรือการสั่นอย่างรวดเร็ว เรียกระบวนการนี้ว่า การเดือดแบบเย็น (Cold boiled) การผุดขึ้นของฟองอากาศในการเดือดเย็นนี้ โพรงอากาศหรือช่องว่างที่เป็นฟองของไอน้ำเล็กๆ จำนวนมากจะถูกควบแน่นโดยการแทนที่ของโมเลกุลน้ำรอบๆ ซึ่งเติมเข้าไปในช่องว่างอยู่เสมอ โมเลกุลเหล่านี้เมื่อเข้าไปถึงใจกลางของช่องว่างจะเกิดการปะทะด้วยแรงกระทำจำนวนมากจากสภาวะโพรงอากาศ (cavitation) ทำให้โมเลกุลสะท้อนกลับเกิดเป็นคลื่น shock wave ซึ่งพุ่งออกสู่ภายนอก ฟองอากาศที่แตกออกในลักษณะที่คล้ายกับระลอกคลื่นในอ่างน้ำเมื่อโยนก้อนหินลงไป บริเวณที่คลื่น shock wave เข้าไปปะทะกับผิวหน้าของชิ้นงาน สิ่งที่ติดอยู่ที่ผิวหน้าของชิ้นงานจะค่อยๆ ถูกกัดกร่อนทำให้สิ่งสกปรกหลุดออกมา (ศิริพันธ์, 2548)



ภาพประกอบที่ 3 แสดงเครื่องทำความสะอาดด้วยคลื่นความถี่สูง (Ultrasonic cleaner) ยี่ห้อ Delta ที่ใช้ในการทดลอง

1.3 วัตถุประสงค์

1.3.1 ศึกษาระยะเวลาในการสกัดเปรียบเทียบ saturate 24 h กับ sonicate ที่เวลา 10 min และ sonicate ที่เวลา 20 min

1.3.2 ศึกษาวัสดุที่มีประสิทธิภาพและเหมาะในการเก็บตัวอย่างให้ได้ปริมาณมากที่สุดจากมือผู้ต้องสงสัย

1.3.3 ศึกษาระยะเวลาที่สามารถตรวจพบเขม่าป็นที่มือ ด้วยวัสดุที่มีประสิทธิภาพและเหมาะในการเก็บตัวอย่าง