

การตรวจสอบการปนเปื้อนโลหะหนักในยาสมุนไพรด้วยเทคนิคเอกซเรย์สเปกโตรสโคปีแบบกระจายพลังงาน

วาสิณี ธรรมสถิต* และ สุดใจ ผุดผาด

ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

*อีเมลผู้ประพันธ์บรรณกิจ: Wasinee.th@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นตรวจสอบหาโลหะหนักที่ปนเปื้อนในยาสมุนไพร กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาในครั้งนี้ คือ ยาสมุนไพร จำนวน 10 ตัวอย่าง ที่ได้จากเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร และจังหวัดปทุมธานี แบ่งตามการขึ้นทะเบียนตำรับยา มีตัวอย่างที่ขึ้นทะเบียนตำรับยา 6 ตัวอย่าง และไม่มีทะเบียนตำรับยา 4 ตัวอย่าง ทำการวิเคราะห์หาธาตุองค์ประกอบด้วยเทคนิคเอกซเรย์สเปกโตรสโคปีแบบกระจายพลังงาน (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy: EDS) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope: SEM) โดยทำการวิเคราะห์แบบแผนภาพการกระจายตัวของธาตุองค์ประกอบ (Elemental Mapping Analysis) เพื่อศึกษาชนิดธาตุองค์ประกอบในเชิงคุณภาพ ผลการวิจัยพบว่า มียาสมุนไพร 6 ตัวอย่าง ที่มีการปนเปื้อนโลหะหนักที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ซึ่งเป็นกลุ่มที่ไม่ได้ขึ้นทะเบียนยาทั้งหมด และกลุ่มที่ขึ้นทะเบียนยา 2 ตัวอย่าง สารโลหะหนักที่ปนเปื้อน ได้แก่ ตะกั่ว พบในตัวอย่างยาสมุนไพรมากถึง 5 ตัวอย่าง ปริมาณสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 0.03 ± 0.01 พบสารหนูในยาสมุนไพร 1 ตัวอย่าง ที่ปริมาณร้อยละ 0.01 ± 0.00 และยังพบปรอทในยาสมุนไพร 1 ตัวอย่าง ที่ปริมาณร้อยละ 0.01 ± 0.00 จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า เทคนิคเอกซเรย์สเปกโตรสโคปีแบบกระจายพลังงานนี้ เป็นวิธีการทดสอบอย่างหนึ่งที่เหมาะสมในการใช้คัดกรองตัวอย่างสมุนไพรที่มีการปนเปื้อนโลหะหนักเบื้องต้น เนื่องจากวิเคราะห์ได้รวดเร็ว ไม่ต้องผ่านกระบวนการย่อยสลายและการสกัดที่ใช้สารเคมีรุนแรง

คำสำคัญ: ยาแผนโบราณ; เอกซเรย์สเปกโตรสโคปีแบบกระจายพลังงาน; กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด; ปรอท; สารหนู

An investigation of heavy metal contamination in Herbal Medicines using energy dispersive X-ray spectroscopy (EDS)

Wasinee Thamsathit* and Sudjai Phutphat

Scientific Instrument Centre, School of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand

*Corresponding author's e-mail: Wasinee.th@kmitl.ac.th

Abstract

This research focuses on detecting heavy metal contamination in herbal medicines. The sample used in this study consists of 10 herbal medicine samples collected from Bangkok and Pathum Thani areas, categorized by their registration status. Six samples were registered, and four were unregistered. The elemental composition analysis was conducted using Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS) with a Scanning Electron Microscope (SEM). Elemental Mapping Analysis was performed to qualitatively examine the types of elements present. The research findings revealed that, six samples were contaminated with heavy metals: all the unregistered samples and two registered samples. The heavy metals found included lead, which was detected in five herbal medicine samples, with the highest concentration being $0.03 \pm 0.01\%$. Arsenic was found in one herbal medicine sample at a concentration of $0.01 \pm 0.00\%$ and mercury was found in one sample at a concentration of $0.01 \pm 0.00\%$. The study demonstrates that Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS) is an effective method for the preliminary screening of herbal medicine samples contaminated with heavy metals. This method is quick and does not require the use of harsh chemicals for digestion or extraction.

Keywords: Traditional Thai medicines; Energy Dispersive X-ray spectroscopy; Scanning electron microscope, Mercury, arsenic

บทนำ

ยาสมุนไพรเป็นที่นิยมและใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย เนื่องจากสมุนไพรมีประโยชน์ทางการแพทย์และการดูแลสุขภาพมาอย่างยาวนาน ได้รับการยอมรับและใช้งานกันในกลุ่มคนไทยมาตั้งแต่โบราณ ยาสมุนไพรไม่ได้เป็นเพียงทางเลือกในการรักษาโรค แต่ยังเป็นส่วนสำคัญในการดูแลสุขภาพของผู้คนในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการบำบัดโรคเบื้องต้นและรักษาอาการไม่รุนแรง หนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ทำให้ยาสมุนไพรเป็นที่นิยมในหมู่คนไทย คือ ความสะดวกในการเข้าถึงและการใช้ประโยชน์จากสมุนไพรต่าง ๆ ในการรักษาโรคหรือบำรุงสุขภาพ ด้วยความหลากหลายของสมุนไพรที่มีอยู่ในธรรมชาติของประเทศไทย ทำให้คนไทยสามารถเข้าถึงยาสมุนไพรได้ง่ายและสะดวก ไม่ว่าจะในรูปแบบของสมุนไพรสดหรือผลิตภัณฑ์สมุนไพรที่พร้อมใช้งาน นอกจากนี้การเพาะปลูกสมุนไพรยังเป็นกิจกรรมที่สามารถทำได้เองที่บ้านหรือพื้นที่เกษตรกรรม ทำให้คนไทยสามารถปลูกสมุนไพรใช้เองได้ง่าย ลดค่าใช้จ่ายในการซื้อผลิตภัณฑ์สมุนไพรจากภายนอก และยังสามารถควบคุมคุณภาพมาตรฐานของสมุนไพรที่ใช้ได้ ด้วยเหตุนี้ยาสมุนไพรจึงไม่เพียงแต่เป็นที่นิยมในวงกว้างในประเทศไทย แต่ยังเป็นทรัพยากรที่สามารถเข้าถึงและใช้งานได้ง่าย ทำให้ผู้คนมีทางเลือกในการดูแลสุขภาพที่เหมาะสมและปลอดภัย แต่ในปัจจุบันผู้คนทำงานเร่งรีบ ทำให้มีการหาซื้อสมุนไพรมาใช้ในการดูแลสุขภาพ ซึ่งยาสมุนไพรตามท้องตลาดมีทั้งที่ได้มาตรฐานและไม่ได้มาตรฐาน อาจมีการปนเปื้อนทั้งเชื้อจุลินทรีย์ ปุ๋ยเคมี สารเคมี และปนเปื้อนโลหะหนัก (สุภัทรา กลางประพันธ์ และคณะ, 2564) โดยเฉพาะโลหะหนักที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย เช่น สารหนู ตะกั่ว หรือปรอท ที่เป็นพิษร้ายแรงกับร่างกาย ตั้งแต่ส่วนผิวหนัง ระบบประสาท กล้ามเนื้ออ่อนแรง เกิดโลหิตจาง สะสมในอวัยวะต่าง ๆ ทั้งหัวใจ ตับ ไต ม้าม ลำไส้ และทำให้เกิดมะเร็งได้ (สุภาณี ดวงธีรปริษา และคณะ, 2558) จากปัญหาดังกล่าวทางผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญที่จะทำการตรวจสอบการปนเปื้อนโลหะหนักในตัวอย่างสมุนไพร

การวิเคราะห์หาการปนเปื้อนของโลหะหนักในสมุนไพรมีเครื่องมือที่ใช้อยู่หลายรูปแบบ งานวิจัยของกุลฉัตร ยินดีมาก และคณะ (2567) ได้ใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) วิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในยาสมุนไพร 10 ตำรับ งานวิจัยของณพัชร บัวฉวน และ ปิยะพัฒน์ สุนทรศาสตร์ (2558) ใช้เครื่อง Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometer (ICP-OES) วิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในยาแผนโบราณ 27 ตัวอย่าง จากจังหวัดปทุมธานี เครื่องมือทั้งสองเป็นที่นิยมในการหาปริมาณโลหะหนัก แต่การวิเคราะห์นั้นใช้ระยะเวลาในการเตรียมตัวอย่าง ทั้งกระบวนการย่อยสลายและการสกัดที่ต้องใช้กรดเข้มข้น ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้วิเคราะห์ ทางผู้วิจัยจึงได้ค้นหาเครื่องมือวิเคราะห์ที่ไม่จำเป็นต้องมีกระบวนการเตรียมตัวอย่างที่ยุ่งยาก อย่างเช่นเทคนิคสเปกโตรสโคปีรังสีเอกซ์แบบกระจายพลังงาน ซึ่ง Kim et al. (2022) ได้กล่าวไว้ว่าเทคนิคสเปกโตรสโคปีรังสีเอกซ์แบบกระจายพลังงานนั้นเป็นวิธีการที่ไม่ทำลายตัวอย่าง ซึ่งสามารถวิเคราะห์อนุภาคในหน่วยธาตุได้ และไม่ต้องใช้กระบวนการสกัดหรือย่อยสลาย ซึ่งเทคนิคนี้สามารถวิเคราะห์ได้จากชุดตรวจวัดสัญญาณของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope: SEM) เพื่อใช้คัดกรองตัวอย่างสมุนไพรที่มีการปนเปื้อนโลหะหนักแบบเบื้องต้น เนื่องจากวิเคราะห์ได้รวดเร็ว ไม่ต้องผ่านกระบวนการย่อยสลายและการสกัดที่ใช้สารเคมีรุนแรง เทคนิคนี้ Bantho et al. (2022) ได้ใช้ในการตรวจหาธาตุองค์ประกอบรวมถึงโลหะหนักของใบและเนื้อเยื่อต้นพุ้มร Coulibaly et al. (2021) ยังใช้เทคนิคนี้ในการตรวจสอบโลหะหนักที่ปนเปื้อนในสารสกัดจากหญ้ากินนีสีม่วงที่เพาะปลูกบนดินอีกด้วย การใช้เทคนิคสเปกโตรสโคปีรังสีเอกซ์แบบกระจายพลังงานในการวิเคราะห์หาโลหะหนักที่ปนเปื้อนมากับสมุนไพรนั้น ยังถือเป็นการเพิ่มกลุ่มผู้ใช้บริการและเพิ่มรายได้ของศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในการให้บริการวิเคราะห์ทดสอบตัวอย่างยาสมุนไพรหรือผลิตภัณฑ์สมุนไพรชนิดต่าง ๆ อีกด้วย

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อวิเคราะห์หาชนิดธาตุโลหะหนักด้วยการใช้เทคนิคสเปกโตรสโคปีรังสีเอกซ์แบบกระจายพลังงานที่ปนเปื้อนในตัวอย่างยาสมุนไพรจากแหล่งจำหน่ายต่าง ๆ ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร และจังหวัดปทุมธานี

ระเบียบวิธีวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยครั้งนี้ คือ ยาสมุนไพรจำนวน 10 ตัวอย่าง ที่เก็บรวบรวมมาจากแหล่งจำหน่ายประเภทหาบเร่แผงลอยในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร และจังหวัดปทุมธานี เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรสูงและมีการเข้าถึงผลิตภัณฑ์สมุนไพรได้ง่าย โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างลักษณะยาแบบต่าง ๆ ทั้งที่ขึ้นทะเบียนตำรับยาไว้กับกองผลิตภัณฑ์สมุนไพร สำนักงาน

คณะกรรมการอาหารและยา (อย.) และที่ไม่ได้ขึ้นทะเบียนตำรับยา ในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคม 2567 มาตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนโลหะหนัก

2. การตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนโลหะหนักด้วยเทคนิคเอกซเรย์สเปกโตรสโคปีแบบกระจายพลังงาน

วิเคราะห์การปนเปื้อนโลหะหนักในตัวอย่างยาสมุนไพรทั้ง 10 ตัวอย่าง ด้วยการickl่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

2.1 การเตรียมตัวอย่าง ซึ่งตัวอย่างยาสมุนไพรปริมาณ 0.5 กรัม บดด้วยโกร่งบดยาหินโมรา ในกรณีเป็นยาลูกกลอนให้อบแห้งอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1-2 วัน นำยาสมุนไพรที่บดละเอียดแล้วมาติดลงบนแท่นติดตัวอย่าง (Al stub) ด้วยเทปกาวยาคาร์บอน (Carbon tape)

2.2 การวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบ นำยาสมุนไพรมาวิเคราะห์ด้วยickl่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Quanta250, FEI) โดยใช้ชุดตรวจวัดสัญญาณอิเล็กตรอนทุติยภูมิ (Secondary electrons detector : SED) ใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ 15 กิโลโวลต์ แล้วถ่ายภาพที่กำลังขยาย 5,000 เท่า และ 10,000 เท่า ในการถ่ายภาพดูลักษณะทางกายภาพรูปร่างลักษณะของยาสมุนไพร และใช้ชุดตรวจวัดสัญญาณรังสีเอกซ์แบบกระจายพลังงาน (Energy Dispersive x-ray Spectrometry: EDS) ซึ่งเป็นเทคนิคเอกซเรย์สเปกโตรสโคปีแบบกระจายพลังงาน (X-max50, Oxford) ทำการวิเคราะห์แบบแผนภาพการกระจายตัวของธาตุองค์ประกอบ (Elemental Mapping Analysis) เพื่อศึกษาชนิดธาตุองค์ประกอบในเชิงคุณภาพ ใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ 25 กิโลโวลต์ แล้ววิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบที่กำลังขยาย 1,000 เท่า โดยมีการสอบเทียบสเปกตรัมชุดตรวจวัดกับธาตุตัวอย่างมาตรฐาน (X-Checker extra) เป็นประจำทุก 3 เดือน เพื่อความถูกต้องและแม่นยำของผลการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบในตัวอย่างทดสอบ

3. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับธาตุองค์ประกอบของตัวอย่างยาสมุนไพร โดยการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยหลักการพิจารณาจากการเป็นที่นิยมของผู้บริโภค มียอดขายสูงสุด จากแหล่งจำหน่ายประเภทหาบเร่แผงลอย ทำการสุ่มจำนวน 10 ชนิด ทดลองซ้ำ 3 ครั้ง โดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) ใช้เพื่อหาค่ากลางของการปนเปื้อนโลหะหนักในแต่ละตัวอย่างยาสมุนไพรจากการทดลอง 3 ซ้ำ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้เพื่อวัดการกระจายของค่าผลการทดลองจากค่าเฉลี่ยในการทดสอบซ้ำ

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์หาชนิดโลหะหนักที่ปนเปื้อนในยาสมุนไพร โดยทำการรวบรวมยาสมุนไพรที่ได้จากแหล่งจำหน่ายต่าง ๆ ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร และจังหวัดปทุมธานี

1. ผลการเก็บรวบรวมยาสมุนไพร

จากการเก็บรวบรวมยาสมุนไพรจำนวน 10 ตัวอย่าง แบบเฉพาะเจาะจงจากแหล่งจำหน่ายประเภทหาบเร่แผงลอยต่าง ๆ โดยคัดเลือกยาสมุนไพรที่เป็นที่นิยมของผู้บริโภค มียอดขายสูงสุดในแต่ละร้าน ลักษณะของยาสมุนไพรที่เก็บรวบรวมมีหลายรูปแบบ ได้แก่ ชนิดผง ลูกกลอน อัดเม็ด และแคปซูล ซึ่งแบ่งตามสรรพคุณทางยาออกเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มแก้ปวดเมื่อย จำนวน 3 ตัวอย่าง กลุ่มแก้ท้องผูก ริดสีดวงทวาร จำนวน 2 ตัวอย่าง กลุ่มยาบำรุงเลือด 2 ตัวอย่าง กลุ่มแก้โรคอัมพฤกษ์ อัมพาต จำนวน 2 ตัวอย่าง และแก้วิงเวียนอีกจำนวน 1 ตัวอย่าง จากแหล่งจำหน่ายในพื้นที่กรุงเทพมหานคร 4 ตัวอย่าง และจังหวัดปทุมธานี 6 ตัวอย่าง เมื่อแบ่งตามการขึ้นทะเบียนตำรับยา มีตัวอย่างที่ขึ้นทะเบียนตำรับยา 6 ตัวอย่าง และไม่มีทะเบียนตำรับยา 4 ตัวอย่าง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างยาสมุนไพร จำแนกตามลักษณะยา สรรพคุณ แหล่งที่มา และการขึ้นทะเบียนตำรับยา

ตัวอย่างที่	ลักษณะยา	สรรพคุณ	แหล่งที่มา	การขึ้นทะเบียน
1	แคปซูล	แก้ปวดเมื่อย	กรุงเทพมหานคร	มีทะเบียนตำรับยา
2	ลูกกลอน	แก้ท้องผูก ริดสีดวงทวาร	ปทุมธานี	มีทะเบียนตำรับยา
3	ลูกกลอน	แก้ท้องผูก ริดสีดวงทวาร	ปทุมธานี	ไม่มีทะเบียนตำรับยา
4	ผง	ยาบำรุงเลือด	ปทุมธานี	มีทะเบียนตำรับยา
5	แคปซูล	ยาบำรุงเลือด	กรุงเทพมหานคร	มีทะเบียนตำรับยา
6	เม็ด	แก้โรคอัมพฤกษ์ อัมพาต	ปทุมธานี	ไม่มีทะเบียนตำรับยา
7	เม็ด	แก้โรคอัมพฤกษ์ อัมพาต	ปทุมธานี	ไม่มีทะเบียนตำรับยา
8	ลูกกลอน	แก้ปวดเมื่อย	ปทุมธานี	ไม่มีทะเบียนตำรับยา
9	แคปซูล	แก้ปวดเมื่อย	กรุงเทพมหานคร	มีทะเบียนตำรับยา
10	ผง	แก้วิงเวียน	กรุงเทพมหานคร	มีทะเบียนตำรับยา

2. ผลการวิเคราะห์การปนเปื้อนโลหะหนักด้วยเทคนิคเอกซเรย์สเปกโตรสโคปีแบบกระจายพลังงาน

จากการวิเคราะห์โลหะหนักในตัวอย่างยาสมุนไพรทั้ง 10 ตัวอย่าง ด้วยเทคนิคเอกซเรย์สเปกโตรสโคปีแบบกระจายพลังงาน โดยการวิเคราะห์หาชนิดธาตุองค์ประกอบทั้งหมดในตัวยาสมุนไพร พบว่าตัวอย่างยาสมุนไพรโดยรวมมีธาตุองค์ประกอบทั้งสิ้น 18 ธาตุ คือ คาร์บอน (C) ออกซิเจน (O) โซเดียม (Na) แมกนีเซียม (Mg) อลูมิเนียม (Al) ซิลิกอน (Si) ฟอสฟอรัส (P) ซัลเฟอร์ (S) คลอรีน (Cl) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) ไทเทเนียม (Ti) เหล็ก (Fe) ทองแดง (Cu) สารหนู (As) โมลิบดีนัม (Mo)ปรอท (Hg) และตะกั่ว (Pb) องค์ประกอบหลักของยาสมุนไพรทุกชนิดจะพบคาร์บอนมากที่สุด ตามด้วยออกซิเจน และธาตุอื่น ๆ รวมอยู่ด้วยเล็กน้อย ดังตารางที่ 2 แต่ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่ธาตุโลหะหนักที่เป็นพิษต่อร่างกายในขณะนี้ คือ สารหนู ปรอท และตะกั่ว พบว่าตัวอย่างที่ 3 เป็นยาลูกกลอน ไม่มีทะเบียนตำรับยา พบตะกั่วอยู่ที่ปริมาณค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.02 ± 0.01 ตัวอย่างที่ 4 เป็นยารูปแบบผง มีทะเบียนตำรับยา พบตะกั่วอยู่ที่ปริมาณค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.02 ± 0.01 ตัวอย่างที่ 5 เป็นยารูปแบบแคปซูล มีทะเบียนตำรับยา พบสารหนูอยู่ที่ปริมาณค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.01 ± 0.00 ตัวอย่างที่ 6 และ 7 เป็นยารูปแบบอัดเม็ด ไม่มีทะเบียนตำรับยา พบตะกั่วอยู่ที่ปริมาณ

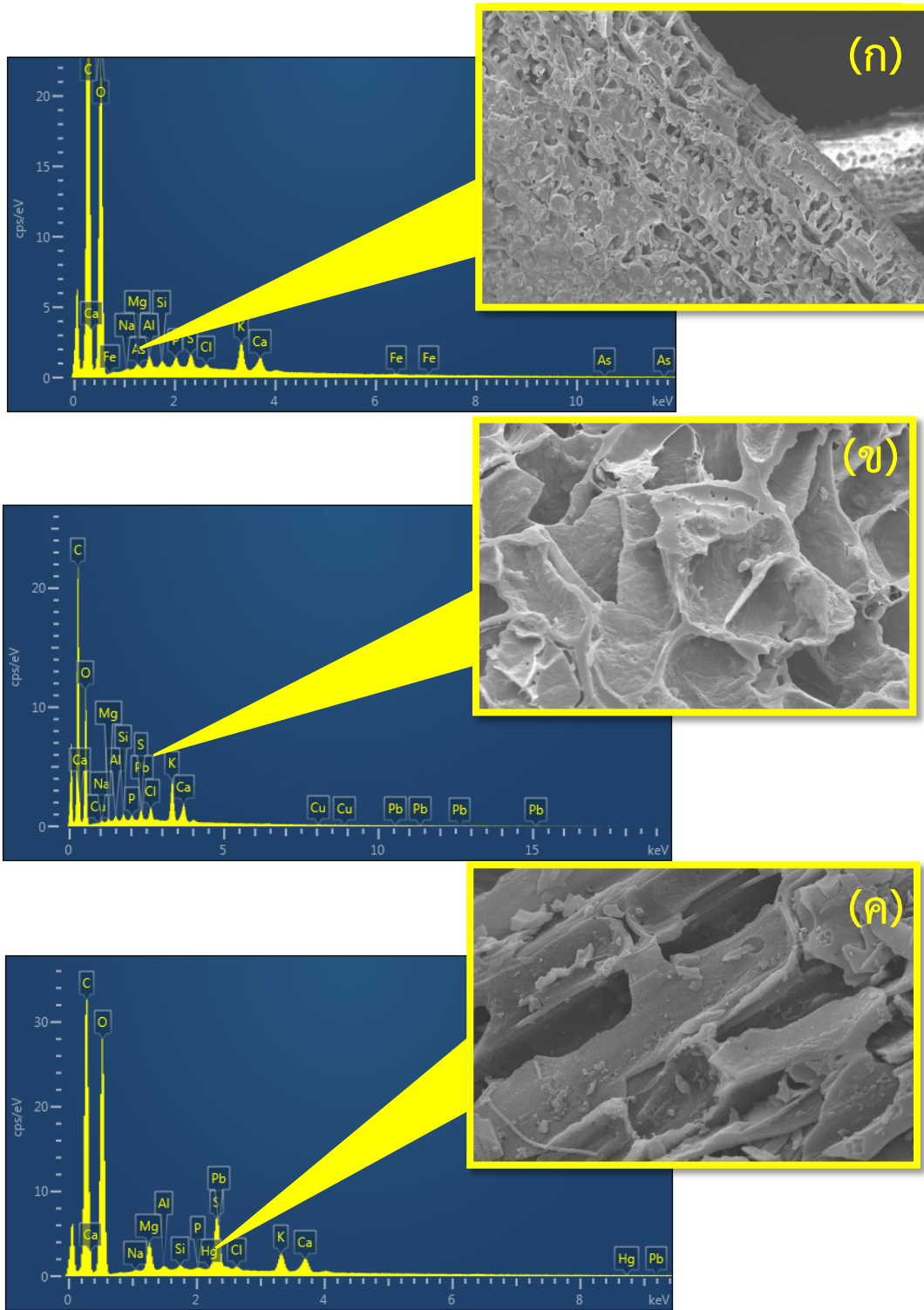
ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.03 ± 0.01 และ 0.01 ± 0.00 ตามลำดับ และตัวอย่างที่พบโลหะหนักที่เป็นพิษต่อร่างกายมากที่สุด คือ ตัวอย่างที่ 8 เป็นยาลูกกลอน ไม่มีทะเบียนตำรับยา พบทั้งปรอทและตะกั่วอยู่ที่ปริมาณค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.01 ± 0.00 ทั้งสองธาตุ พบในบริเวณการทดสอบดังภาพที่ 1

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุองค์ประกอบในตัวอย่างยาสมุนไพร

ตัวอย่าง ที่	ธาตุองค์ประกอบ (Atomic%)																	
	C	O	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	Fe	Cu	As	Mo	Hg	Pb
1	67.71±2.30	31.63±2.15	ND	0.06±0.02	0.05±0.01	0.13±0.03	0.01±0.01	0.02±0.01	0.02±0.01	0.15±0.03	0.20±0.09	ND	0.01±0.00	ND	ND	ND	ND	ND
2	58.31±0.35	39.97±0.68	0.10±0.01	0.10±0.05	0.21±0.14	0.20±0.14	0.04±0.02	0.07±0.01	0.09±0.06	0.30±0.14	0.37±0.18	ND	0.02±0.00	0.02±0.00	ND	ND	ND	ND
3	59.76±1.05	38.25±1.12	0.05±0.01	0.66±0.06	0.07±0.01	0.09±0.04	0.03±0.01	0.66±0.07	0.04±0.01	0.19±0.03	0.15±0.03	ND	ND	ND	ND	0.01±0.00	ND	0.02±0.01
4	62.57±4.17	35.31±3.58	0.11±0.02	0.07±0.04	0.12±0.03	0.12±0.03	0.11±0.06	0.18±0.06	0.22±0.06	0.75±0.19	0.31±0.05	ND	0.01±0.00	0.01±0.00	ND	0.01±0.00	ND	0.02±0.01
5	61.89±0.15	37.34±0.04	0.05±0.01	0.07±0.01	0.10±0.07	0.04±0.01	0.06±0.02	0.10±0.02	0.04±0.01	0.20±0.04	0.09±0.02	ND	0.01±0.00	ND	0.01±0.00	ND	ND	ND
6	62.88±4.10	36.09±3.80	0.17±0.05	0.06±0.03	0.09±0.04	0.08±0.02	0.11±0.08	0.08±0.04	0.23±0.08	0.04±0.02	0.13±0.09	0.01±0.00	ND	ND	ND	ND	ND	0.03±0.01
7	64.07±2.60	34.56±2.33	1.24±1.71	0.07±0.02	0.10±0.01	0.09±0.02	0.17±0.11	0.09±0.03	0.31±0.08	0.06±0.03	0.23±0.15	0.02±0.01	ND	ND	ND	ND	ND	0.01±0.00
8	60.62±0.81	38.61±0.09	ND	0.13±0.04	0.16±0.02	0.10±0.03	0.03±0.00	0.03±0.01	0.04±0.00	0.19±0.00	0.08±0.01	ND	0.01±0.00	ND	ND	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00
9	69.96±2.25	29.25±2.00	0.05±0.04	0.05±0.01	0.17±0.03	0.05±0.02	0.01±0.01	0.01±0.01	0.10±0.04	0.10±0.05	0.24±0.09	ND	0.01±0.00	ND	ND	ND	ND	ND
10	65.88±2.65	31.98±0.67	0.01±0.02	0.06±0.00	0.06±0.02	0.03±0.01	0.05±0.01	0.09±0.05	0.02±0.00	0.19±0.02	0.28±0.11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

หมายเหตุ: C คือ คาร์บอน, O คือ ออกซิเจน, Na คือ โซเดียม, Mg คือ แมกนีเซียม, Al คือ อะลูมิเนียม, Si คือ ซิลิกอน, P คือ ฟอสฟอรัส, S คือ ซัลเฟอร์, Cl คือ คลอรีน, K คือ โพแทสเซียม, Ca คือ แคลเซียม,

Ti คือ ไททาเนียม, Fe คือ เหล็ก, Cu คือ ทองแดง, As คือ สารหนู, Mo คือ โมลิบดีนัม, Hg คือ ปรอท, Pb คือ ตะกั่ว และ ND คือ ตรวจไม่พบ



ภาพที่ 1 สเปกตรัมชนิดธาตุองค์ประกอบของยาสมุนไพรและภาพถ่ายตัวอย่างยาสมุนไพรบริเวณที่พบโลหะหนักที่เป็นพิษต่อร่างกาย (ก) บริเวณที่พบสารหนู (ข) บริเวณที่พบตะกั่ว และ (ค) บริเวณที่พบปรอท

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์หาชนิดธาตุโลหะหนักที่ปนเปื้อนในตัวอย่างยาสมุนไพร จากแหล่งจำหน่ายต่าง ๆ ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร และจังหวัดปทุมธานี แบ่งตามการขึ้นทะเบียนตำรับยา มีตัวอย่างที่ขึ้นทะเบียนตำรับยา 6 ตัวอย่าง และไม่มีทะเบียนตำรับยา 4 ตัวอย่าง การวิเคราะห์หาธาตุองค์ประกอบด้วยเทคนิคเอกซเรย์สเปกโตรสโคปีแบบกระจายพลังงาน ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด โดยทำการวิเคราะห์แบบแผนภาพการกระจายตัวของธาตุองค์ประกอบ เพื่อศึกษาชนิดธาตุองค์ประกอบในเชิงคุณภาพ พบว่าตัวอย่างยาสมุนไพรโดยรวมมีธาตุองค์ประกอบทั้งสิ้น 18 ธาตุ คือ คาร์บอน ออกซิเจน โซเดียม แมกนีเซียม อลูมิเนียม ซิลิกอน ฟอสฟอรัส ซัลเฟอร์ คลอรีน โพแทสเซียม แคลเซียม ไทเทเนียม เหล็ก ทองแดง สารหนู โมลิบดีนัม พรอท และตะกั่ว องค์ประกอบหลักของยาสมุนไพรทุกชนิดจะพบคาร์บอนมากที่สุด ตามด้วยออกซิเจน และธาตุอื่น ๆ เมื่อเลือกผลตรวจสอบเฉพาะโลหะหนักที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ พบว่ามียาสมุนไพรถึง 6 ตัวอย่าง ที่มีการปนเปื้อนโลหะหนักดังกล่าว ซึ่งเป็นกลุ่มที่ไม่ได้ขึ้นทะเบียนยาทั้งหมด และกลุ่มที่ขึ้นทะเบียนยาอีก 2 ตัวอย่าง ธาตุโลหะหนักที่ปนเปื้อนมาได้แก่ ตะกั่ว พบในตัวอย่างยาสมุนไพรมากถึง 5 ตัวอย่าง คือ ในตัวอย่างที่ 3 4 6 7 และ 8 ปริมาณที่ตรวจวัดได้อยู่ที่ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.02 ± 0.01 0.02 ± 0.01 0.03 ± 0.01 0.01 ± 0.00 และ 0.01 ± 0.00 ตามลำดับ พบสารหนูในยาสมุนไพรจำนวน 1 ตัวอย่าง คือ ตัวอย่างที่ 5 ที่ปริมาณค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.01 ± 0.00 และยังพบปรอทในยาสมุนไพรจำนวน 1 ตัวอย่าง คือ ตัวอย่างที่ 8 ที่ปริมาณค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.01 ± 0.00

อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยครั้งนี้จะเห็นว่าเทคนิคเอกซเรย์สเปกโตรสโคปีแบบกระจายพลังงาน สามารถตรวจสอบหาโลหะหนักที่ปนเปื้อนในยาสมุนไพรได้จริง รวดเร็ว ขึ้นตอนไม่ยุ่งยาก และยังได้ชนิดธาตุองค์ประกอบอื่น ๆ ของยาสมุนไพรเป็นข้อมูลเพิ่มเติมด้วย ผลการทดลองพบว่าสมุนไพรที่ไม่ได้ขึ้นทะเบียนยามีความอันตรายเป็นอย่างยิ่ง ไม่ควรนำมารับประทาน เพราะพบการปนเปื้อนโลหะหนักในทุกตัวอย่าง หรือแม้แต่วิทยาสมุนไพรที่ขึ้นทะเบียนยาแล้ว ยังพบบางตัวอย่างที่มีการปนเปื้อนโลหะหนักอยู่ ดังนั้นควรเลือกรับประทานยาสมุนไพรที่มีการขึ้นทะเบียนยา มีมาตรฐานในการผลิต ใช้วัตถุดิบจากแหล่งที่เชื่อถือได้ เพราะจากการที่พบสารหนูในตัวอย่างสมุนไพรที่ขึ้นทะเบียนยาแล้วนั้น อาจเกิดมาจากวัตถุดิบที่ปนเปื้อนสารหนูจากการเพาะปลูก ตกค้างจากสารกำจัดวัชพืช สารกำจัดแมลง ตามที่พรชก มนแก้ว (2562) ได้รายงานเกี่ยวกับการปนเปื้อนของสารหนูในสิ่งแวดล้อมที่เกิดพิษเรื้อรังจากสารหนู จากผลการทดลองโลหะหนักที่พบมากที่สุด คือ ตะกั่ว พบในตัวอย่างสมุนไพร 5 ตัวอย่าง จากสมุนไพรที่ทำการวิเคราะห์ทั้งหมด 10 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 50 ใกล้เคียงกับงานวิจัยของพัชราภรณ์ ภูไพบูลย์ และคณะ (2553) ที่พบการปนเปื้อนตะกั่วในตัวอย่างยาสมุนไพรและผลิตภัณฑ์สมุนไพรจำนวน 42 ตัวอย่าง จากสมุนไพร 86 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 48.8 นอกจากนี้ยังพบสารหนูและปรอทปนเปื้อนในตัวอย่างสมุนไพร ที่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Luo et al. (2020) ที่ตรวจหาการปนเปื้อนโลหะหนักของยาเม็ดสมุนไพรในประเทศจีน 25 ชนิด แล้วตรวจพบตะกั่ว แคดเมียม สารหนู และปรอท

ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะว่าการวิเคราะห์หาโลหะหนักที่ปนเปื้อนในยาสมุนไพรด้วยเทคนิคเอกซเรย์สเปกโตรสโคปีแบบกระจายพลังงานจะวิเคราะห์ตัวอย่างได้รวดเร็วก็จริง แต่ยังไม่เหมาะกับการคัดกรองตัวอย่างสมุนไพรในเบื้องต้น เนื่องจากใช้ตัวอย่างในการวิเคราะห์ปริมาณน้อยมาก และไม่สามารถวิเคราะห์หาเชิงปริมาณได้ จึงทำให้ไม่สามารถทราบได้ว่าการปนเปื้อนตะกั่ว สารหนู และปรอท ที่ตรวจพบมีปริมาณเท่าใด เกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนดหรือไม่ ดังนั้น ตัวอย่างสมุนไพรที่ตรวจพบโลหะหนักปนเปื้อนอยู่นั้นควรใช้เทคนิคอื่น ๆ เช่น AAS หรือ ICP-OES มาวิเคราะห์เพิ่มเติม เพื่อหาปริมาณที่แน่นอนเทียบกับสารมาตรฐานในงานวิจัยครั้งถัดไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี จากความกรุณาของคุณณัฐพร มานะประดิษฐ์ ที่กรุณาให้ตัวอย่างสมุนไพรบางส่วน และขอขอบพระคุณ คุณวราเศรษฐ์ พันธุ์หิรัญ ที่กรุณาตรวจทานส่วนบทคัดย่อในการวิจัยครั้งนี้ ทางผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- กุลฉัตร ยินดีมาก, อนุสรฯ ชมภู, จริญญา ขุนทะวาด, วรินทร์ โอนอ่อน, ยลดา ศรีเศรษฐ์, ภัทรานิษฐ์ คำแผ่นจิโรจน์, ศิริณทิพย์ พรหมเสนา, ฉัตรชนก นุกุลกิจ, และ ทัดติกา แก้วสูงเนิน. (2567). การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในยาสมุนไพร 10 ตำรับของโรงพยาบาลการแพทย์แผนไทยสกลนคร หลวงปู่เพ็ญ สุภัทโท. *วารสารหมอยาไทยวิจัย*, 10(1), 109-116.
- ณพัทธ์อร บัวฉุน, และ ปิยะพัฒน์ สุนทรศาสตร์. (2558). การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักและการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในยาแผนโบราณ. *วารสารวิจัยและพัฒนาวิจัยในพระบรมราชูปถัมภ์*, 10(1), 79-96.
- พรชนก มนแก้ว. (2562). กรณีศึกษาภาวะพิษจากสารหนู. *วารสารเภสัชกรรมโรงพยาบาล*, 29(2), 103-117.
- พัชรภรณ์ ภูโพนุญ, ศิริวัลย์ สร้อยกล่อม, และ พินิจ ไพรสนธิ์. (2553). การปนเปื้อนโลหะหนักในยาสมุนไพรไทย. *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*, 48, 355-363.
- สุภัทรา กลางประพันธ์, ศรีัญญา สุทธิสา, ไอลดา บุญเย็น, และ นฤมล ตาลพันธ์. (2564). การตรวจสอบการปลอมปนของสารสเตียรอยด์ในยาแผนโบราณในเขตจังหวัดอุบลราชธานี. *วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี*, 10(1), 92-100.
- สุภาณี ดวงธีรปรีชา, จิราณุช แจ่มทวีกุล, ประภาพรรณ สุขพรรณ, และ ปรัชญาพร อินทองแก้ว. (2558). การพัฒนาและตรวจสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ สารหนู ตะกั่ว และแคดเมียมในยาจากสมุนไพรโดยวิธี Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrophotometry. *วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ฉบับพิเศษ*(1), 20-33.
- Bantho, S., Naidoo, Y., Dewir, Y. H., Bantho, A., & Murthy, H. N. (2022). Chemical composition of *Combretum erythrophyllum* leaf and stem bark extracts. *Horticulturae*, 8(8), 755.
- Coulibaly, H., Ouattara, P. J.-M., Messou, A., & Coulibaly, L. (2021). Phytoextraction of trace metals (Cd, Ni, and Pb) by *Panicum maximum* grown on natural soil. *Open Journal of Applied Sciences*, 11, 929-945.
- Kim, T. H., Choi, B. H., Yoon, C. S., Ko, Y. K., Kang, M. S., & Kook, J. (2022). Automated SEM-EDS analysis of transition metals and other metallic compounds emitted from incinerating agricultural waste plastic films. *Atmosphere*, 13(2), 260.
- Luo, L., Wang, B., Jiang, J., Fitzgerald, M., Huang, Q., Yu, Z., Li, H., Zhang, J., Wei, J., Yang, C., Zhang, H., Dong, L., & Chen, S. (2021). Heavy metal contaminations in herbal medicines: Determination, comprehensive risk assessments, and solutions. *Frontiers in Pharmacology*, 11, 595335.