

4.1 การย่อยสลายสารตัวอย่างก่อนทำการวิเคราะห์

การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในสารตัวอย่างที่เป็นสารอินทรีย์ โดยวิธีอะตอมมิกแอสซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตเมตรี จำเป็นต้องทำการย่อยสลายสารตัวอย่างก่อนทำการวิเคราะห์ ทั้งนี้เพื่อเพิ่ม sensitivity ทำให้สะดวกต่อการนำไปวิเคราะห์เช่น สามารถทำให้เจือจางได้ง่าย กำจัด interference ได้ง่าย และนอกจากนี้ยังปรับสภาวะของการทดลองให้เหมาะสมได้ง่าย การย่อยสลายวิธี wet oxidation นั้นจะต้องย่อยสลายสารตัวอย่างด้วยสารเคมีที่เป็น oxidant เมื่อทำการ oxidize สารอินทรีย์ให้กลายเป็นก๊าซซึ่งได้แก่ ก๊าซ NO_2 , SO_2 และ SO_3 เป็นต้น สารเคมีที่เป็น oxidant ได้แก่ HNO_3 , HCl , H_2SO_4 , HClO_4 , HF , NaOH และ H_2O_2 เป็นต้น นิยมใช้สารผสมในการย่อยสลายสารตัวอย่าง ทั้งนี้เนื่องจากจะมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายได้สมบูรณ์มากกว่า HNO_3 เมื่อย่อยสลายแล้วจะให้ก๊าซ NO_2 ซึ่งมีสีน้ำตาลแดง ส่วน H_2SO_4 จะให้ก๊าซ SO_2 และ SO_3 ซึ่งเป็นควันสีขาว ดังนั้นขณะทำการย่อยสลายจึงต้องระมัดระวังควรกระทำการย่อยสลายในตู้ควัน การย่อยสลายสารตัวอย่างทุกครั้งจะทำการ predigest หึ่งไว้อย่างน้อย 1 คืน จะช่วยสลายสารอินทรีย์เป็นบางส่วนลดลดความรุนแรงของปฏิกิริยา redox ระหว่าง organic matter กับ oxidant การย่อยสลายจะต้องใช้ความร้อนช่วยนั้นจะต้องเป็นช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม เพราะการใช้ความร้อนสูงเกินไปจะทำให้ปฏิกิริยาการย่อยสลายรุนแรง อุณหภูมิที่เหมาะสมนั้นจะต้องควบคุมให้อยู่ในช่วง $75-85^\circ\text{C}$ และขณะเพิ่ม oxidant จะต้องลดอุณหภูมิลง ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิสูงจะทำให้สารละลายในภาชนะล้นออกภายนอกได้ และอาจทำให้ธาตุที่จะวิเคราะห์ระเหยไปไ้บางส่วนทำให้การทดลองผิดพลาดได้ ทำการย่อยสลายจนได้สาร

ละลายใส่โดยเติม oxidant ลงไปที่ละ 5 ml แล้วทำให้สารละลายนั้นเกือบแห้ง อาจเติม 1 % HNO_3 ลงไปเล็กน้อยแล้วนำไปกรอง ซึ่งจะทำให้กรองได้ง่ายขึ้น และทำให้สารละลายกรดเจือจางลงไม่ให้กระคายกรองขาดได้ ปรับปริมาตรแล้วนำไปวัดด้วยเครื่อง AAS ทันที ถ้าเก็บไว้นานโลหะอาจถูกดูดซับโดยวัสดุที่ใช้ทำภาชนะที่บรรจุ ปกติจะเก็บไว้ในขวดโพลีเอทิลีนแล้วเก็บไว้ในตู้เย็นจะช่วยให้บางก่อนนำไปวัดด้วยเครื่อง AAS ในกรณีที่ไม้ได้วัดทันที

4.2 การเลือกสารเคมีที่เป็น oxidant ที่เหมาะสมในการย่อยสลายตัวอย่าง

การย่อยสลายสารตัวอย่างก่อนวิเคราะห์โลหะอื่นต่าง ๆ โดยวิธี AAS นั้นจำเป็นจะต้องเลือกใช้ oxidant ที่เหมาะสมโดยเฉพาะอย่างยิ่งวิธี wet oxidation เพื่อจะได้ทำลายสารอินทรีย์ในตัวอย่างได้อย่างสมบูรณ์

จากรายงานการค้นคว้าแบบอิสระเชิงวิทยานิพนธ์ของกุศล หอมระรื่น (31) ในการวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่ว แคดเมียม และสังกะสี ในกัญชาโดยวิธี AAS ได้ศึกษาสารเคมีที่เป็น oxidant ที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ โดยเปรียบเทียบกันหลายชนิดได้แก่ $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$, $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$, $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$ ในอัตราส่วนต่าง ๆ พบว่าสารผสม $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ อัตราส่วน 1:2 โดยปริมาตร เป็น oxidant ที่เหมาะสมเพื่อย่อยสลายสารตัวอย่างก่อนนำไปวิเคราะห์ นอกจากนี้ บุญกล้า พรหมบุรี (32) ก็ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่ว แคดเมียม และสังกะสีในชาวดาร์ ถ้านำสารเคมีที่เป็น oxidant ที่เหมาะสมโดยเปรียบเทียบกันหลายชนิดได้แก่ $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$, $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ และ $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$ ในอัตราส่วนต่าง ๆ พบว่าสารผสม $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ อัตราส่วน 1:2 โดยปริมาตร เป็น oxidant ที่เหมาะสมเพื่อย่อยสลายสารตัวอย่างก่อนนำไป

วิเคราะห์เช่นเดียวกับของบุญกล้า พรหมบุรี (32) การเลือกสารเคมีที่เป็น oxidant ที่เหมาะสมในการย่อยสลายสารตัวอย่างนั้นพิจารณาจากค่า percentage recovery ของโลหะไอออนที่เติมลงไปในการตัวอย่าง เมื่อเปรียบเทียบค่า percentage recovery ของโลหะไอออนเมื่อใช้ oxidant ทั้ง 3 ชนิดดังที่กล่าวมาข้างต้น พบว่าค่า percentage recovery ของโลหะไอออนเมื่อใช้สารผสมกรดไนตริกกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์อัตราส่วน 1:2 โดยปริมาตรมีค่าสูงที่สุด นอกจากนี้ยังใช้ปริมาณสารผสมน้อยอีกด้วย การใช้สารผสม $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$ จะให้ percentage recovery ต่ำกว่า ทั้ง ๆ ที่สารละลายผสมดังกล่าวเป็น oxidant ที่ดีมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าทำการทดลองภายใต้สภาวะที่ยังไม่เหมาะสมนัก เป็นต้นว่าอุณหภูมิที่ใช้และจำนวนครั้งของการย่อยสลายซ้ำ ๆ กัน ทำให้สารผสมมีโอกาสทำปฏิกิริยากับสารตัวอย่างไม่เพียงพอ กล่าวคือ ขณะเติม oxidant ลงไปในแต่ละครั้งเมื่อย่อยสลายสารผสมอาจจะเหวเร็วเกินไปก็ได้ และยังต้องทำการย่อยสลายนานหลาย ๆ ครั้ง ทำให้โลหะไอออนเกิดการสูญหายไปได้ การใช้ H_2SO_4 เติมลงไป สารละลายผสมของกรดชนิดอื่นทำให้ oxidant มีโอกาสทำปฏิกิริยากับสารตัวอย่างที่จะวิเคราะห์ได้นานขึ้น เพราะ H_2SO_4 ช่วยให้อxidant ที่ใช้ระเหยช้า ทั้งนี้เพราะไปเพิ่มจุดเดือดของ oxidant ที่ใช้ แต่จากการทดลองพบว่าเมื่อใช้ H_2SO_4 เติมลงไปจะให้ค่า percentage recovery ต่ำกว่า ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากสภาวะที่ใช้ในการย่อยสลายยังไม่เหมาะสม นอกจากนี้เมื่อ H_2SO_4 มากเกินไปจะระเหยออกไปไม่หมด ในขณะที่ทำการย่อยสลาย ซึ่งอนุมูลซิลเฟตที่มีอยู่ในสารละลายตัวอย่างมากเกินไป จะมีผลต่อค่า absorbance จากอะตอมอิสระของธาตุส่วนมากลดลง ทั้งนี้เนื่องจากมีการเกิดสารประกอบซิลเฟต ซึ่งจะสลายตัวเป็นอะตอมอิสระในเปลวไฟได้ยาก ซึ่งเปลวไฟชนิด air-acetylene ที่ใช้วิเคราะห์อาจมีอุณหภูมิไม่สูงพอที่จะทำให้

สารประกอบซัลเฟตของโลหะไอออนละลายตัวเป็นอิสระได้อย่างสมบูรณ์ ตะกั่วซัลเฟตเมื่อเข้าไปอยู่ในเปลวไฟจะละลายตัวเป็นอะตอมอิสระได้ยาก ทำให้เกิดเป็น solid aerosol กระจายอยู่ในเปลวไฟอาจเป็นผลทำให้เกิดการกระเจิงของแสง (light scattering) ได้ จึงมีผลต่อค่า absorbance ลดลงกว่าปกติ นอกจากนี้การที่ค่า absorbance ลดลงอาจเนื่องมาจาก occlusion ของธาตุที่จะวิเคราะห์ในสารประกอบที่ละลายตัวยาก

จากรายงานของ Roschnik (36) ได้วิเคราะห์ตะกั่วในอาหารพบว่าจะได้ผลที่เลวมากถ้าใช้ HCl ในการย่อยสลาย ทั้งนี้คลอไรด์ไอออนจะเกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่เสถียรมากคือ PbCl_4^{2-} ดังนั้นเมื่อเข้าไปอยู่ในเปลวไฟก็จะกลายเป็นอะตอมอิสระได้ยากจะมีผลต่อค่า absorbance เช่นเดียวกัน

จากรายงานการวิเคราะห์พวกโลหะหนักโดยทั่วไปในสารตัวอย่างที่เป็น biological samples, plant materials, foods และสารอินทรีย์อื่น ๆ (16-30) มักใช้ HNO_3 เป็น oxidant ในการย่อยสลาย หรือสารผสม $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าทั้ง HNO_3 และ H_2O_2 เป็นสารที่เมื่อให้ความร้อนจะทำการย่อยสลาย เมื่อสลายตัวจะให้ก๊าซที่ระเหยง่าย

ดังนั้น โอกาสที่ HNO_3 และ H_2O_2 จะตกค้างอยู่ในสารละลายตัวอย่างนั้นน้อยมาก ซึ่งทำให้ค่า percentage recovery มีค่าสูง ($\sim 98\%$) ซึ่งสามารถสังเกตได้ว่า HNO_3 ในสารละลายตัวอย่างยังมีอยู่หรือไม่ โดยสังเกตจากก๊าซสีน้ำตาลแดงที่เกิดขึ้นเมื่อให้ความร้อน ถ้ายังมีอยู่จะปรากฏเป็นก๊าซสีน้ำตาลแดงของ NO_2 นอกจากนี้การใช้ H_2O_2 ผสมลงไปนั้นจะช่วยในการย่อยสลายโดยที่ไม่ต้องใช้อุณหภูมิสูงมาก อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ ช่วง $75-85^\circ\text{C}$ ถ้าสูงมากเกินไปจะทำให้ H_2O_2 ระเหยไปเร็วเกินไป ดังนั้นงานวิจัยในครั้งนี้น่าสนใจ

สารผสม $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ เป็น oxidant ในการย่อยสลายสารตัวอย่าง ได้ทำการศึกษาโดยเปลี่ยนแปลงปริมาตรของสารผสมเพื่อหาอัตราส่วนของสารผสมที่เหมาะสม พบว่าอัตราส่วนของ $\text{HNO}_3 : \text{H}_2\text{O}_2$ โดยปริมาตรเป็น 1:2, 1:2, 1:2, 1:3 และ 1:2 เป็น oxidant ที่เหมาะสมสำหรับย่อยสลายผักตัวอย่าง เมื่อวิเคราะห์ตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี ทองแดง และแมงกานีส ตามลำดับ สารผสมใดที่เป็น oxidant ที่ให้ค่า percentage recovery สูงสุดก็จะให้ค่าที่ถูกต้องในการวิเคราะห์ที่เหมาะสมในการย่อยสลายผักตัวอย่างนั่นเอง ผลการหาสารเคมีที่เป็น oxidant ที่เหมาะสมในการย่อยสลายผักตัวอย่างแสดงไว้ในตาราง 82

ตาราง 82 สารเคมีที่เป็น oxidant ที่เหมาะสมในการย่อยสลายผักตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี ทองแดง และแมงกานีส

ชนิดโลหะ	อัตราส่วนโดยปริมาตร ของสารผสม $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$	percentage recovery
ตะกั่ว	1:2	100.33
แคดเมียม	1:2	99.98
สังกะสี	1:2	95.63
ทองแดง	1:3	101.10
แมงกานีส	1:2	103.24

จากตาราง 82 จะเห็นว่าสารผสม $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ อัตราส่วน 1:2 โดยปริมาตร เหมาะสมในการย่อยสลายผักตบชวาอย่างเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และแมงกานีส และอัตราส่วน 1:3 โดยปริมาตร เหมาะสม ในการย่อยสลายผักตบชวาอย่างเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณทองแดงโดยให้ percentage recovery สูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับเมื่อใช้สารผสมอัตราส่วนอื่น ๆ เมื่อ พิจารณา percentage recovery ของการวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่ว, แคด- เมียม, ทองแดง และแมงกานีส แล้วพบว่ามีความสูง ($\approx 100\%$) ส่วน percentage recovery ของการวิเคราะห์สังกะสีพบว่ามีค่าเท่ากับ 95.63 เท่านั้น ซึ่งมีค่า ต่ำ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการใช้ผักตบชวามากเกินไป ในการทดลองนี้ใช้ผัก ตบชวา ≈ 1.00 กรัม ทำให้มีอิออนชนิดอื่น ๆ ในสารละลายอยู่มากซึ่งจะมีผลต่อ การวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสี อิออนที่พบว่ามีผลต่อการวิเคราะห์สังกะสีคือ PO_4^{3-} (32) เมื่อมีความเข้มข้น $\text{M}^{2+} : \text{PO}_4^{3-}$ เพียง 1:1 ก็จะเริ่มรบกวนการ วิเคราะห์หาปริมาณสังกะสี ในการย่อยสลายเพื่อหาปริมาณแคดเมียมที่มีอยู่ปริมาณ น้อยในผักตบชวาชนิดนั้นจำเป็นต้องใช้ผักตบชวาปริมาณมาก (≈ 4.00 กรัม) และการ ย่อยสลายก็ต้องใช้ oxidant ปริมาณมากด้วยเวลาที่ใช้ในการย่อยสลายนานมาก ดังนั้น ปริมาณแคดเมียมบางส่วนอาจหายไปทำให้ percentage recovery ของ การวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมมีค่าต่ำกว่าตะกั่ว, ทองแดง และแมงกานีส เล็ก น้อย

4.3 ผลของการย่อยสลายต่อการวิเคราะห์ตะกั่ว, แคดเมียม, สังกะสี, ทองแดง และแมงกานีส ในสารละลายมาตรฐาน

ได้กล่าวมาแล้วว่าการย่อยสลายสารตัวอย่างโดยวิธี wet oxidation อาจมีผลกระทบต่อการวิเคราะห์โลหะไอออนในสารตัวอย่างได้ ผลกระทบ

นี้อาจเกิดจากสารเคมีที่เติมลงไปเป็น oxidant และอาจมีการสูญเสียเนื่องจากใช้ความร้อนในขณะทำการย่อยสลายสารตัวอย่างก็ได้

ตาราง 51 แสดงค่า absorbance ของสารละลายมาตรฐานของตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี ทองแดง และแมงกานีส เมื่อผ่านการย่อยสลายด้วย oxidant ที่เหมาะสมตามตาราง 82 และไม่ได้ย่อยสลาย พบว่าเมื่อนำสารละลายมาตรฐานของโลหะมาทำการย่อยสลายด้วยวิธีเดียวกันกับการย่อยสลายตัวอย่าง ค่า absorbance จะลดลงเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากขณะทำการย่อยสลายอาจมีบางส่วนติดภาชนะที่ทำการย่อยสลาย และนอกจากนี้เมื่อทำการย่อยสลายแล้วต้องนำมารองแบบเดียวกันกับการย่อยสลายตัวอย่าง สารเคมีที่นำมาเป็น oxidant อาจมีผลต่อค่า absorbance ด้วยก็ได้ ทั้งนี้ถ้าเป็นสารเคมีที่ไม่บริสุทธิ์พอ การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะในตัวอย่างเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องมากขึ้น จึงพยายามปรับสภาวะการทดลองทุกอย่างของสารละลายมาตรฐานและตัวอย่างให้เหมือนกัน ดังนั้น ข้อมูลที่ได้จากการนำเอาสารละลายมาตรฐานมาทำการย่อยสลายก่อนนำไปวัดด้วยเครื่อง AAS น่าจะเป็นวิธีการที่เหมาะสมมากกว่า แต่จะอย่างไรก็ตามเพื่อความสะดวกและประหยัดสารเคมี เราอาจจะไม่ย่อยสลายสารละลายมาตรฐานก็ได้ เพราะค่า absorbance ที่ลดลง จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของโลหะน้อยมาก กล่าวคือ มีการสูญเสีย 8.26, 3.87, 1.74, 3.51 และ 4.96 % โดยเฉลี่ยสำหรับ Pb, Cd, Zn, Cu และ Mn ตามลำดับ

ในการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะในตัวอย่างในงานวิจัยนี้ ใช้ค่า absorbance ของสารละลายมาตรฐานที่ผ่านการย่อยสลายด้วย oxidant ที่เหมาะสมเพื่อจะได้ข้อมูลที่ถูกต้อง

4.4 การหาความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์ตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี ทองแดงและแมงกานีส

ความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์หาได้จากค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ โดยคำนวณจากข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ซ้ำกัน 11 ครั้ง ได้ผลดังตาราง 83

ตาราง 83 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, S.D.) และเปอร์เซ็นต์ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (percentage relative standard deviation, % R.S.D.) ของวิธีการวิเคราะห์ตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี ทองแดงและแมงกานีส

ชนิดโลหะ	S.D.	% R.S.D.
ตะกั่ว	0.50	11.06
แคดเมียม	0.02	4.44
สังกะสี	0.52	0.61
ทองแดง	0.14	3.70
แมงกานีส	2.01	5.07

จะเห็นได้ว่าการวิเคราะห์โลหะในผักตัวอย่างมีความแม่นยำสูง โดยดูจากค่า S.D. และ % R.S.D. การวิเคราะห์แคดเมียม สังกะสี ทองแดง และแมงกานีส มีค่า % R.S.D. เท่ากับ 4.44, 0.61, 3.70, 5.07 ตามลำดับ ส่วนการวิเคราะห์ตะกั่วมีค่า % R.S.D. เท่ากับ 11.06 ถือว่ามีค่าสูงแต่จะอย่างไรก็ตามยังเป็นค่าที่ให้ความแม่นยำพอสมควร ทั้งนี้

มีค่า S.D. เท่ากับ 0.50 ความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์ตะกั่วที่มีความแม่นยำต่ำกว่าการวิเคราะห์โลหะชนิดอื่น ทั้งนี้เนื่องจากหลอกระกั่วที่ใช้มีอายุการใช้งานนานแล้ว ก่อนทำการวิเคราะห์จำเป็นต้องอุ่นให้หลอมพร้อมที่จะใช้งานได้ต้องใช้เวลานานมาก ดังนั้น ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์โดยใช้หลอกระกั่วดังกล่าวจึงลดลงบ้างแต่ก็นับว่ายังให้ความแม่นยำพอสมควร

4.5 การวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี ทองแดง และแมงกานีส ในผักตัวอย่าง

ได้รับผักตัวอย่าง 4 ชนิดจากโครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่ คือ แครกิช ปวยเล้ง เซลารี และสลัด นอกจากนี้ยังได้สุ่มตัวอย่างผักสลัดจากตลาดต้นลำไย (สลัดตลาด) รวม 5 ตัวอย่าง ในการวิเคราะห์หาปริมาณนั้นทำการย่อยสลายผักตัวอย่างด้วย oxidant ที่เหมาะสมก่อนโดยหาปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และแมงกานีส ทำการย่อยสลายด้วยสารผสม $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ อัตราส่วน 1:2 โดยปริมาตร และหาปริมาณทองแดง ทำการย่อยสลายด้วยสารผสม $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ อัตราส่วน 1:3 โดยปริมาตร ในการทดลองนี้ทำการย่อยสลายรวมโดยซึ่งผักตัวอย่างที่แห้งและละเอียดมา 16.00 กรัม ย่อยสลายจนได้สารละลายใสแล้วนำไปกรองหลังจากนั้นปรับปริมาตรด้วย 1 % HNO_3 เป็น stock solution ของสารละลายผักตัวอย่าง ดังนั้น จะวิเคราะห์หาปริมาณโลหะตัวใดก็ดูค่าสารละลายจาก stock solution ของสารละลายผักตัวอย่างมาเจือจางให้เหมาะสมวิเคราะห์โดยวิธี standard addition โดยใช้เครื่อง Shimadzu Atomic Absorption Flame spectrophotometer model AA-670 เมื่อได้ผลการทดลองโดยวิธี standard addition สามารถหาปริมาณโดยวิธี conventional method ได้โดยนำค่า absorbance ของสารละลายผักตัวอย่างไปเปรียบเทียบกับ

calibration curve ที่ทำการย่อยสลายด้วย oxidant ที่เหมาะสมเช่นเดียวกับผักตัวอย่าง การวิเคราะห์แต่ละตัวอย่างก็ทำการทดลองซ้ำกัน 3 ครั้ง เปรียบผลการวิเคราะห์หาปริมาณ และ percentage recovery แสดงไว้ในตาราง 84 และตาราง 85

ตาราง 04 เปรียบผลการหาปริมาณและ percentage recovery ในผักตัวอย่างต่าง ๆ เก็บตัวอย่าง 3 ครั้ง และเป็นผักที่ไม่ฉ่ำ

ชนิดโลหะ	ชนิดผักตัวอย่าง	ปริมาณโลหะ (µg/g)				Z recovery
		conventional method		standard addition		
		µg/g ผักแห้ง	µg/g ผักสด	µg/g ผักแห้ง	µg/g ผักสด	
Pb	แครอท	4.09	0.20	4.16	0.20	100.44
	ปวยเล้ง	4.74	0.38	4.99	0.40	100.38
	เซเลอรี่	44.93	4.01	47.40	4.23	103.24
	สลัด	3.18	0.18	3.52	0.20	100.16
Cd	แครอท	0.27	0.01	0.29	0.01	103.21
	ปวยเล้ง	0.42	0.03	0.52	0.04	104.57
	เซเลอรี่	1.85	0.17	2.16	0.19	104.74
	สลัด	0.26	0.02	0.30	0.02	102.66
Zn	แครอท	52.83	2.59	57.64	2.82	95.10
	ปวยเล้ง	86.62	6.86	93.09	7.38	95.33
	เซเลอรี่	52.63	4.70	56.31	5.03	96.12
	สลัด	51.15	2.95	55.04	3.17	95.84
Cu	แครอท	3.62	0.18	4.76	0.23	98.91
	ปวยเล้ง	12.91	1.02	15.10	1.19	100.09
	เซเลอรี่	22.65	2.02	25.42	2.30	99.72
	สลัด	9.92	0.57	11.07	0.64	99.16
Mn	แครอท	41.25	2.02	43.80	2.15	99.22
	ปวยเล้ง	186.51	14.78	199.98	15.85	98.75
	เซเลอรี่	172.08	15.36	182.22	16.27	99.29
	สลัด	120.67	6.96	129.56	7.48	99.08

ตาราง 85 ปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี ทองแดง และแมงกานีส ในสลัก
ตลาด เมื่อใช้ oxidant ที่เหมาะสม

ชนิดโลหะ	ปริมาณโลหะ ($\mu\text{g/g}$)			
	conventional method		standard addition	
	$\mu\text{g/g}$ ผักแห้ง	$\mu\text{g/g}$ ผักสด	$\mu\text{g/g}$ ผักแห้ง	$\mu\text{g/g}$ ผักสด
Pb	10.00	0.58	10.58	0.61
Cd	1.25	0.07	1.25	0.07
Zn	47.00	2.71	50.00	2.89
Cu	26.50	1.59	31.50	1.82
Mn	162.50	9.38	162.50	9.38

การวิเคราะห์ผักตัวอย่างทั้ง 4 ชนิด จากโครงการหลวง โดยได้
ทำการสุ่มตัวอย่างผักมา 3 ครั้ง คือ วันที่ 12, 19 และ 29 กันยายน 2529 ส่วนผัก
สลัดจากตลาดใช้ในการหาสถานะที่เหมาะสมเท่านั้น เนื่องจากผักตัวอย่างจาก
โครงการหลวงมีปริมาณจำกัด ผลการวิเคราะห์หาปริมาณ และ percentage
recovery ในตาราง 53, 54 และ 55 มีค่าใกล้เคียงกันมาก แสดงว่าการ
ปลูกให้ผักตัวอย่างอยู่บนดินนานวันขึ้น ปริมาณโลหะอาจจะเพิ่มขึ้น หรือลดลงก็ได้
ส่วนตาราง 56 เป็นค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ทั้ง 3 ครั้ง ซึ่งเป็นผักที่ไม่ล้างเช่น
เดียวกับตาราง 84 ตาราง 56 และตาราง 57 เป็นการเปรียบเทียบปริมาณ

โลหะที่อยู่ในผักตัวอย่างที่เก็บในวันเดียวกัน แต่แยกเป็นผักที่ล้างและผักที่ไม่ล้าง จะเห็นว่าปริมาณโลหะในผักที่ล้างจะลดลงไปแต่ไม่มากประมาณ 1-10 % แสดงให้เห็นว่าพวกโลหะเหล่านี้ถูกดูดซึมเข้าไปในลำต้น, ใบ หรือส่วนต่าง ๆ ของพืช (37) ดังนั้น ผักที่นำมาวิเคราะห์ถึงแม้จะล้างด้วยน้ำก็ตาม ปริมาณโลหะจะลดลงไปเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ถือว่าค่าที่ได้แทบไม่แตกต่างกันเลย ในการรายงานผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะในผักตัวอย่างได้คำนวณในรูปของไมโครกรัมต่อกรัม ($\mu\text{g/g}$) เปรียบเทียบผักสดและผักแห้งโดยมีหน่วยเป็นไมโครกรัมต่อกรัมผักแห้ง ($\mu\text{g/g}$ ผักแห้ง) และไมโครกรัมต่อกรัมผักสด ($\mu\text{g/g}$ ผักสด) และจากการทดลองพบว่าผักแต่ละชนิดมีปริมาณน้ำคือน้ำเป็นเปอร์เซ็นต์แตกต่างกันคือ แครอท 95.10, 92.08, 91.07, 94.23 และ 93.54 ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี ทองแดง และแมงกานีส ในผักตัวอย่างต่าง ๆ พบว่าปริมาณโลหะต่าง ๆ อยู่ในระดับแตกต่างกันแล้วแตชนิดของผักตัวอย่าง พิจารณาจากตาราง 84 และตาราง 85 พบว่าแครอทจะมีปริมาณตะกั่วและแคดเมียม อยู่มากกว่าผักชนิดอื่น ปวยเล้งมีปริมาณสังกะสี และแมงกานีส อยู่มากกว่าผักชนิดอื่น และสลัดกลาจะมีปริมาณทองแดงมากกว่าผักชนิดอื่น

ตาราง 86 ปริมาณของธาตุโลหะบางตัวที่มีอยู่ในดิน พืชและน้ำธรรมชาติ (6)

ชนิดโลหะ	ดิน ($\mu\text{g/g}$)	พืช ($\mu\text{g/g}$)	น้ำธรรมชาติ ($\mu\text{g/g}$)
ตะกั่ว	2-20	0.05-3	2-20
แคดเมียม	0.03-0.30	0.01-0.03	1-50
สังกะสี	1-40	15-100	5-500
ทองแดง	5-100	2.5-25	2-5
ปรอท	0.1-1	0.005-1	0.3-3
แมงกานีส*	-	-	-

แมงกานีส* ไม่ได้รายงานไว้

ตาราง 87 ปริมาณโลหะต่าง ๆ ในร่างกายเท่าที่จะทนได้โดยไม่เกิดอันตราย (7)

ชนิดโลหะ	ระดับที่ร่างกายจะทนได้ (mg/70 Kg)
ตะกั่ว	120
ปรอท	trace
แคดเมียม	30
สังกะสี	23,000
ทองแดง	100
แมงกานีส	20

พิจารณาตาราง 84, 85, 86 และ 87 พบว่าผักตัวอย่างมีตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี ทองแดง และแมงกานีส อยู่ในช่วง $0.20-0.61 \mu\text{g/g}$, $0.01-0.19 \mu\text{g/g}$, $2.59-7.38 \mu\text{g/g}$, $0.18-2.30 \mu\text{g/g}$ และ $2.02-16.27 \mu\text{g/g}$ ตามลำดับ ($\mu\text{g/g}$ ผักสด) และให้ค่า percentage recovery ในช่วง 100.16-103.24, 102.66-104.73, 95.10-96.12, 98.91-100.09 และ 98.75-99.22 ตามลำดับ ซึ่งปริมาณโลหะต่าง ๆ เหล่านี้อยู่ในระดับปกติที่พบในพืช ดังตาราง 86 และยังอยู่ในระดับต่ำกว่าที่ร่างกายจะทนได้ ดังตาราง 87

ปริมาณแมงกานีสในผักตัวอย่างพบว่ามีปริมาณมาก เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณโลหะชนิดอื่นที่ได้ทำการวิเคราะห์ ทั้งนี้เนื่องจากผักตัวอย่างที่ได้จากโครงการหลวง ได้ทำการปลูกในที่สูง อากาศหนาวเย็นเหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของพวกเขือรา จากการสอบถามจากเจ้าหน้าที่โครงการหลวง พบว่ามีการใช้ยาฆ่าเขือราจริงในการฆ่าพวกเขือรา ซึ่งยาฆ่าเขือราเหล่านี้จะมีแมงกานีสเป็นองค์ประกอบเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้อาจมีพวกทองแดงและปรอทปนอยู่ด้วย แล้วแตชนิดของยา (3) ดังนั้น จึงควรระมัดระวังเป็นอย่างยิ่งถึงแม้จะมีปริมาณต่ำกว่าระดับที่ร่างกายจะทนได้ แต่โลหะต่าง ๆ เมื่อเข้าสู่ร่างกายแล้วจะสะสมอยู่ในร่างกายจนถึงระดับหนึ่งเท่านั้นที่ร่างกายจะทนได้ ดังตาราง 87 แต่อย่างไรก็ตามควรพยายามหลีกเลี่ยงไว้ม่าง

อรุณรณ ศิริรัตนพิริยะ (5) ได้วิเคราะห์โลหะหนักในพืชเศรษฐกิจ ดังนี้

ตะกั่ว พบว่ามีปริมาณความเข้มข้นต่ำสุด (9.5 ppm) ในกระเทียม จากจังหวัดขอนแก่น และมะเขือพวง จากคำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี สูงสุด (47.4 ppm) ในแตงกวา จากหันก้อง จังหวัดสระบุรี

สังกะสี พบว่ามีปริมาณความเข้มข้นต่ำสุด (24.7 ppm) ในมะเขือพวง จากค่าเนื้สะควก จังหวัดราชบุรี สูงสุด (193.6 ppm) ในคอกหอม จากจังหวัดเชียงใหม่

แคดเมียม พบว่ามีปริมาณความเข้มข้นต่ำสุด (0.31 ppm) ในมะเขือพวง จากค่าเนื้สะควก จังหวัดราชบุรี สูงสุด (13.6 ppm) ในพริกชี้หนู จากวังลิต

ทองแดง พบว่ามีปริมาณความเข้มข้นต่ำสุด (0.12 ppm) ในมะเขือพวง จากค่าเนื้สะควก จังหวัดราชบุรี สูงสุด (42.5 ppm) ในมะเขือขาว จากค่าเนื้สะควก จังหวัดราชบุรี

ปรอท ส่วนใหญ่ตรวจไม่พบ เท่าที่ตรวจพบมีมากในหัวผักกาด (0.02 ppm) จากค่าเนื้สะควก จังหวัดราชบุรี

นอกจากนี้ จากการศึกษาโลหะหนัก (ตะกั่ว, แคดเมียม, สังกะสี, ทองแดง) ในผักคะน้าโดยแยกลำต้นและใบ พบว่าลำต้นมีการสะสมตะกั่ว, แคดเมียมมาก แต่ใบมีการสะสมสังกะสีและทองแดงมาก ดังตาราง 88

ตาราง 88 เปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะหนักในใบและลำต้นของผักคะน้า

ความเข้มข้น (ppm) ส่วนของผักคะน้า	ตะกั่ว	แคดเมียม	สังกะสี	ทองแดง
ลำต้น	25.6	0.95	48.4	0.32
ใบ	14.8	0.54	64.1	5.90

จากรายงานยังสรุปได้ว่าปริมาณของโลหะหนักที่พบในพืชเศรษฐกิจ ไม่มีความสัมพันธ์กับสถานที่เก็บอย่างเป็นนัยสำคัญ ปริมาณแคดเมียมและปรอท พบในปริมาณค่อนข้างต่ำ ส่วนสังกะสี ตะกั่ว และทองแดง พบว่ามีปริมาณค่อนข้างสูง

เป็นที่ทราบแล้วว่าโลหะหนักจะสะสมในพืช เมื่อพืชนั้นได้รับโลหะเข้าไป ส่วนใหญ่ได้จากการใช้ปุ๋ยสสารเคมีพวกยาฆ่าเชื้อรา ยากำจัดวัชพืช ยาฆ่าแมลงที่เรื้อรัง สำหรับยากำจัดวัชพืชจะเคลื่อนย้ายเข้าสู่ลำต้นพืชโดยผ่านทางท่อน้ำและท่ออาหาร (37) นอกจากนี้ยังมีรายงานของ Lagerwerf (39) ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของอากาศที่มีต่อการเจริญเติบโตและการดูดซึมโลหะของต้นแรดคิชโดยปลูกในห้องและนอกห้องซึ่งควบคุมสภาวะต่าง ๆ กัน เช่น ความเข้มของแสง อุณหภูมิ ปริมาณโลหะใน และความเป็นกรด-เบส พบว่าปริมาณโลหะตะกั่ว แคดเมียม และสังกะสี ในส่วนยอดที่ปลูกภายนอกห้องจะมีปริมาณสูงกว่าที่ปลูกในห้อง ส่วนบริเวณราก ปริมาณโลหะทั้งสามไม่แตกต่างกัน ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นถึงการดูดซึมโลหะจากอากาศลงสู่ใบ โลหะบางส่วนจะถูกดูดซึมเข้าไปภายในใบได้ โดยมีการลำเลียงของโลหะทั้งสามชนิดนี้ต่างกัน

4.6 การวิเคราะห์หาปริมาณปรอทในผักตัวอย่าง

การวิเคราะห์ปรอทในผักตัวอย่างทั้ง 5 ใช้วิธีเฉพาะคือ cold vapour techniques โดยทำการย่อยสลายด้วย H_2SO_4 เข้มข้น แล้วออกซิไดซ์ด้วย 6 % W/V KMnO_4 (34) ทำให้ปรอททุกรูปแบบที่มีในผักตัวอย่างกลายเป็น Hg^{2+} แล้ว MnO_4^- ที่มากเกินไปจะถูกรีดิวซ์ด้วย 20 % $\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$ สุดท้ายจะได้สารละลายใส ปริมาณปรอทด้วย 1 % HNO_3 สารละลายตัวอย่างที่เตรียมได้นำไปรีดิวซ์ด้วย 10 % SnCl_2 เพื่อให้ Hg^{2+} กลายเป็น Hg^0 แล้ววัดการดูด

กลืนแสงของ Hg^0 โดย Cold vapour AAS ถึงแม้ว่าเทคนิคจะใช้เวลานานมากกว่า flame AAS ก็ตาม แต่ flame AAS มี sensitivity ไม่ดีสำหรับการวิเคราะห์ปรอทที่มีปริมาณน้อย ๆ ในสารละลายตัวอย่าง วิธีวิเคราะห์โดย cold vapour AAS จะไม่มีการรบกวน (interfere) ที่เกิดจากสารอินทรีย์และไอของสารอื่นที่มีในสารตัวอย่าง (38) ในการทดลองจัดทำ calibration curve ในช่วง 0.1-1.20 μg พบว่าได้ calibration curve เป็นเส้นตรงเป็นไปตาม Beer's law ปริมาณปรอทในผักตัวอย่างวิเคราะห์โดยวิธี conventional method และ standard addition แสดงในตาราง 89

ตาราง 89 ปริมาณปรอทในผักตัวอย่าง เก็บวันที่ 12, 19 และ 29 กันยายน 2529

ผักตัวอย่าง	ปริมาณปรอทที่พบ (µg/g)				% recovery
	conventional method		standard addition		
	µg/g ผักแห้ง	µg/g ผักสด	µg/g ผักแห้ง	µg/g ผักสด	
แครอท	0.89	0.04	0.89	0.04	97.43
ปวยเล้ง	0.33	0.03	0.35	0.03	104.57
เซลารี	0.52	0.05	0.54	0.04	99.10
สลัด	0.27	0.02	0.27	0.02	97.43
สลัดตลาด	0.31	0.02	0.31	0.02	100.00

การวิเคราะห์ปรอทในผักตัวอย่างใช้วิธีแบบเฉลี่ย เนื่องจากปริมาณปรอทในผักตัวอย่างมีปริมาณน้อย จำเป็นต้องใช้ผักตัวอย่างปริมาณมาก จึงใช้วิธีการเฉลี่ยหลังจากการย่อยสลายแล้วนำสารละลายมารวมกัน แล้วนำไปวิเคราะห์

วิธีการวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธี คือ conventional method และ standard addition ให้ผลใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่า interference มีผลต่อการวิเคราะห์ปรอทน้อยมากจนอาจจะถือว่าไม่มีผลต่อการวิเคราะห์เลย แรคดิซ มีปริมาณปรอทสูงที่สุด รองลงมาคือ เซลารี ส่วนปวยเล้ง สลัด และสลัดกลางมีปริมาณปรอทใกล้เคียงกัน ปริมาณปรอทที่พบจะอยู่ในช่วง 0.02-0.05 $\mu\text{g/g}$ ผักสด อยู่ในระดับปกติที่พืชจะมีอยู่ นับว่าปริมาณปรอทในผักตัวอย่างมีปริมาณน้อย ยังนับว่าผักตัวอย่างแต่ละชนิดที่นำมาวิเคราะห์ยังรับประทานได้

Percentage recovery ของการวิเคราะห์ปรอทพบว่ามีความสูงอยู่ในช่วง 97.43-104.57 โดยเติมปริมาณปรอทมาตรฐานในช่วง 0.1-0.5 μg

4.7 การเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์โดย conventional method และ standard addition

เมื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกันโดยเตรียมสารละลายตัวอย่างจากสารละลายมาตรฐาน ซึ่งวิเคราะห์โดย conventional method กับ standard addition แสดงผลดังตาราง 90

ตาราง 90 ความเข้มข้นของสารละลายโลหะเปรียบเทียบกัน 2 วิธี

ชนิดโลหะ	ความเข้มข้นของโลหะไอออน (ppm)				
	ที่เตรียม จริง	conventional method		standard addition	
		(ppm)	% error	(ppm)	% error
ตะกั่ว	0.50	0.42	16.00	0.50	0.00
แคดเมียม	0.26	0.24	7.69	0.25	3.85
สังกะสี	0.06	0.04	33.33	0.05	16.67
ทองแดง	0.36	0.20	44.44	0.30	16.67
แมงกานีส	0.14	0.12	14.29	0.13	7.14

พิจารณาจากตาราง 90 พบว่าความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง
ที่วิเคราะห์โดยวิธี standard addition จะสูงกว่า conventional method
นอกจากนี้ percentage error ของวิธี standard addition จะมีค่าต่ำ
กว่า conventional method ด้วย ดังนั้นวิธี standard addition จึงน่า
จะมีความถูกต้องมากกว่าวิธี conventional method นอกจากนี้ conven-
tional method จะมีความถูกต้องมากเพียงใดขึ้นอยู่กับ calibration curve
ส่วนวิธี standard addition ทำได้โดยเติมสารละลายมาตรฐานความเข้มข้น
ต่าง ๆ ลงไปในสารละลายตัวอย่าง signal ที่เพิ่มขึ้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับ
ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานที่เติมลงไป เมื่อ plot ค่า absorbance
ที่อ่านได้กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานที่เติมลงไปจะได้เป็นเส้นตรงนี้
ไปตัดกับแกนความเข้มข้น จุด intercept จะเป็นความเข้มข้นของสารละลาย
ตัวอย่าง

4.8 อิทธิพลของ interference บางตัวที่มีผลต่อการวิเคราะห์

จากการศึกษา interference บางตัวที่มีผลต่อโลหะไอออนที่วิเคราะห์ของบุญกล้า พรหมบุรี (32) พบว่า Mg^{2+} , Ca^{2+} และ PO_4^{3-} มีผลต่อการวิเคราะห์แคดเมียม ตะกั่ว และสังกะสีน้อยมาก

ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะอื่น ๆ ในผักตัวอย่าง ได้แก่ แคดเซียม แมงกนีเซียม โพแทสเซียม และโซเดียม ดังตาราง 90

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

ตาราง 91 ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และโซเดียม ในผักตัวอย่างโดย conventional method

ชนิดผักตัวอย่าง	Ca		Mg		K		Na	
	mg/g ผักแห้ง	mg/g ผักสด	mg/g ผักแห้ง	mg/g ผักสด	mg/g ผักแห้ง	mg/g ผักสด	mg/g ผักแห้ง	mg/g ผักสด
แครอท	9.49	0.47	3.19	0.16	68.83	3.37	6.00	0.29
ปวยเล้ง	7.23	0.57	8.45	0.67	93.04	7.37	17.38	1.38
เขลารี่	26.21	2.34	4.73	0.42	69.54	6.21	10.25	0.92
สลัด	11.08	0.64	3.43	0.20	56.25	3.25	4.69	0.27
สลัดตลาด	18.91	1.22	5.44	0.35	42.40	2.74	14.50	0.94

ไอออนที่มีผลต่อการวิเคราะห์ ได้แก่ Mg^{2+} , Ca^{2+} และ PO_4^{3-}

ดังนี้ (32)

$M^{2+} : Mg^{2+}$, $M^{2+} : Ca^{2+}$ เริ่มมีผลต่อการวิเคราะห์แคดเมียม
เมื่อมีอัตราส่วนเป็น 1:300 $M^{2+} : Mg^{2+}$ ไม่มีผลต่อการวิเคราะห์ตะกั่ว แต่
 $M^{2+} : Ca^{2+}$ เริ่มมีผลต่อการวิเคราะห์ตะกั่วเมื่อมีอัตราส่วน 1:300 คือ ทำให้
ค่า absorbance ลดลง

$M^{2+} : Mg^{2+}$, $M^{2+} : Ca^{2+}$ ไม่มีผลต่อการวิเคราะห์สังกะสี

$M^{2+} : PO_4^{3-}$ มีผลต่อการวิเคราะห์เมื่อมีอัตราส่วนเป็น 1:1

อัตราส่วน $M^{2+} : Ca^{2+}$ และ $M^{2+} : Mg^{2+}$ ในยัักตัวอย่าง แสดง

ในตาราง 92

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

ตาราง 92 อัตราส่วน $M^{2+} : Ca^{2+}$ และ $M^{2+} : Mg^{2+}$ ในผักตัวอย่าง

การวิเคราะห์	ผักตัวอย่าง	$M^{2+} : Ca^{2+}$	$M^{2+} : Mg^{2+}$
Cd	แรคดิซ	1 : 47,000	1 : 16,000
	ปวยเล้ง	1 : 19,000	1 : 22,333
	เขลารี่	1 : 13,765	1 : 2,471
	สลัก	1 : 32,000	1 : 10,000
	สลักทลาค	1 : 17,429	1 : 5,000
Pb	แรคดิซ	1 : 2,350	1 : 800
	ปวยเล้ง	1 : 1,500	1 : 1,763
	เขลารี่	1 : 584	1 : 105
	สลัก	1 : 3,556	1 : 1,111
	สลักทลาค	1 : 2,103	1 : 603

จากตาราง 92 พบว่าปริมาณ Ca^{2+} และ Mg^{2+} มีอยู่ปริมาณมากในสารละลายผักตัวอย่างในระดับมิลลิกรัม ดังนั้น จึงมีผลต่อการวิเคราะห์แคดเมียมและตะกั่วได้ นอกจากนี้ไอออนชนิดอื่น ๆ อาจจะรบกวนการวิเคราะห์โลหะที่วิเคราะห์ได้เช่น PO_4^{3-} แต่ไม่ได้ศึกษา ดังนั้นถ้าจะให้ผลการทดลองมีค่าถูกต้องมากขึ้น จำต้องกำจัดไอออนที่จะรบกวนเหล่านี้โดยใช้ reagent ในการกำจัดอิทธิพลของ Ca^{2+} และ Mg^{2+} กระทำได้โดยเติมสารละลาย EDTA ที่เข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร (32) อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์โลหะไอออนที่สนใจดังกล่าวโดยวิธี standard addition เพื่อลด matrix effects ดังกล่าว