

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ภาคผนวก

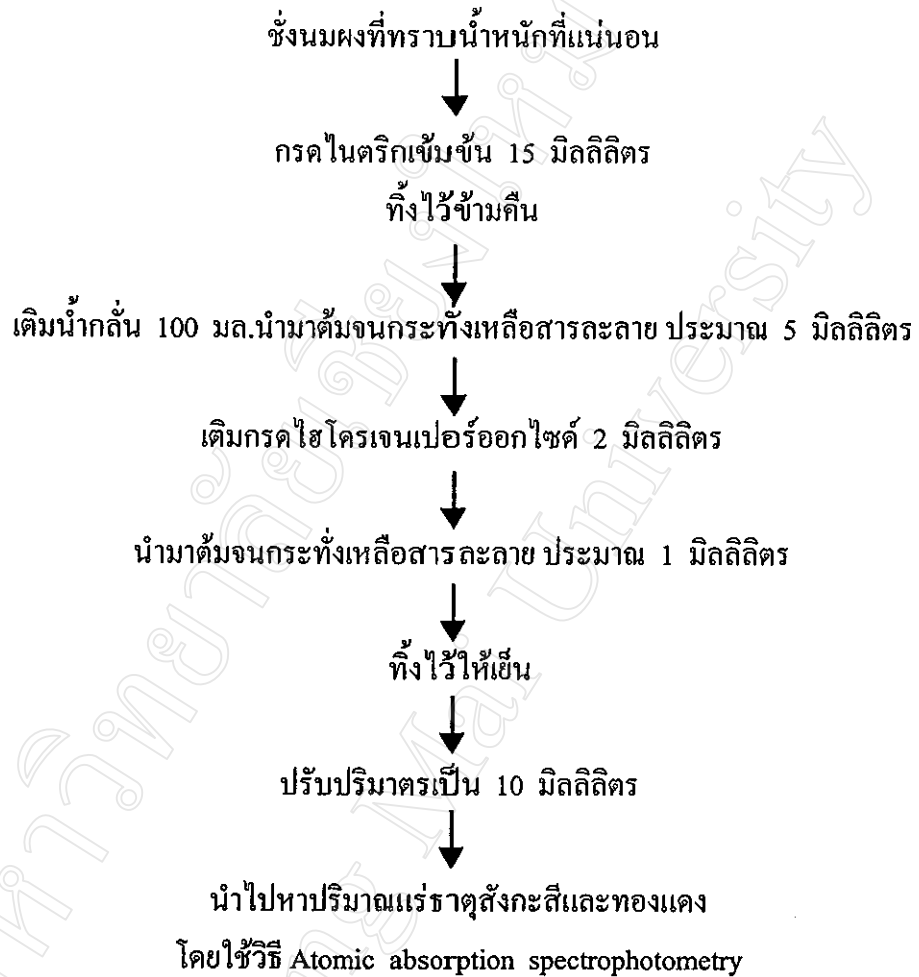
ภาคผนวก ก

การควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์

การควบคุมคุณภาพในการวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุสังกะสีและแร่ธาตุทองแดงในผักพื้นบ้าน ทำการวิเคราะห์โดยใช้หมงคุมเม็กซ์ (Dumex) ที่ทราบปริมาณแร่ธาตุสังกะสีและแร่ธาตุทองแดงที่แน่นอน โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

การย่อยสลายตัวอย่างหมง ด้วยกรดไนตริกเข้มข้น โดยเร่งปฏิกิริยาด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ได้สารละลายใส นำไปปรับปริมาตรสุดท้ายด้วยน้ำกลั่นตามความเหมาะสมก่อนนำไปวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุสังกะสีและแร่ธาตุทองแดง (Government Chemical Laboratory , 1994) ดังรายละเอียดแต่ละขั้นตอนต่อไปนี้

- (1) ชั่งหมงที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน แล้วเทใส่ digestion tube
- (2) เติมกรดไนตริกเข้มข้น 15 มิลลิลิตร เติมเม็ดแก้ว 4 เม็ด แล้วปิดปาก tube ด้วยพาราฟิล์ม ทั้งสารละลายหมงไว้ข้ามคืน
- (3) เติมน้ำกลั่นประมาณ 100 มิลลิลิตร นำสารละลายหมงมาใส่ใน digestion block heater เริ่มต้นที่อุณหภูมิประมาณ 95°C แล้วค่อยๆ เพิ่มอุณหภูมิไปจนถึงประมาณ 160°C คัมสารละลายหมงจนกระทั่งเหลือประมาณ 5 มิลลิลิตร แล้วยกออกจาก digestion block heater
- (4) ทั้งสารละลายหมงให้เย็น แล้วเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 2 มิลลิลิตร
- (5) นำสารละลายหมงมาคัมบน digestion block heater จนกระทั่งเหลือสารละลายใส
- (6) คัมสารละลายหมงใสจนกระทั่งเหลือสารละลายประมาณ 1 มิลลิลิตร (ระวังอย่าให้สารละลายแห้ง) แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็น
- (7) ดูดสารละลายหมงใส่ใน graduated tube แล้วปรับปริมาตรสารละลายด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรเป็น 10 มิลลิลิตร
- (8) วิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุสังกะสีโดยใช้วิธี Atomic absorption spectrophotometry โดยนำสารละลายในข้อ (7) มาทำการเจือจาง 6 เท่า
- (9) วิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุทองแดงโดยใช้วิธี Atomic absorption spectrophotometry สามารถสรุปเป็นแผนผังขั้นตอนการวิเคราะห์ได้ดังนี้

แผนภูมิที่ 1 ขั้นตอนการวิเคราะห์การควบคุมคุณภาพนมผง

การควบคุมคุณภาพ ทำการวิเคราะห์โดยใช้นมผงดูเม็กซ์ (Dumex)

การหาปริมาณแร่ธาตุสังกะสี

ซึ่งระบุปริมาณแร่ธาตุสังกะสี เท่ากับ 3.5 มิลลิกรัม (3500 ไมโครกรัม) ต่อ 100 กรัม
ตารางที่ 1 ปริมาณแร่ธาตุสังกะสีในนมผงดูเม็กซ์

ตัวอย่าง	น้ำหนักนมผง (กรัม)	ความเข้มข้นของสารละลาย ลบ Blank (% ug)	Dilution factor	ปริมาณแร่ธาตุ สังกะสี (% ug)
นมผงดูเม็กซ์ 1	0.9962	0.6245	6	3761.29
นมผงดูเม็กซ์ 2	0.9979	0.6505	6	3370.01
นมผงดูเม็กซ์ 3	0.9928	0.5495	6	3320.91
นมผงดูเม็กซ์ 4	0.9947	0.6215	6	3748.87
เฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน				3550.27±237.40

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง} = (3.55 / 3.50) * 100 = 101.43 \%$$

$$\% \text{ CV} = (237.40 / 3550.27) * 100 = 6.69$$

การหาปริมาณแร่ธาตุทองแดง

ซึ่งระบุปริมาณแร่ธาตุทองแดง เท่ากับ 330 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม
ตารางที่ 2 ปริมาณแร่ธาตุทองแดงในนมผงดูเม็กซ์

ตัวอย่าง	น้ำหนักนมผง (กรัม)	ความเข้มข้นของสารละลาย ลบ Blank (% ug)	ปริมาณแร่ธาตุทองแดง (% ug)
นมผงดูเม็กซ์ 1	0.9962	0.334	335.27
นมผงดูเม็กซ์ 2	0.9979	0.331	331.70
นมผงดูเม็กซ์ 3	0.9928	0.325	327.36
นมผงดูเม็กซ์ 4	0.9947	0.347	348.85
เฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน			335.80±9.28

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง} = (335.80 / 330) * 100 = 101.76 \%$$

$$\% \text{ CV} = (9.28 / 335.80) * 100 = 2.76$$

ภาคผนวก ข

สารเคมี อุปกรณ์ การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

สารเคมี อุปกรณ์ การเตรียมสารละลายมาตรฐานสังกะสี และทองแดง ในการวิเคราะห์ ปริมาณธาตุสังกะสีและทองแดงในผักตัวอย่าง

สารเคมี

กรดไนตริกเข้มข้น 65 %

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 30 %

สารละลายมาตรฐานสังกะสี เข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร

(stock solution standard Zn)

สารละลายมาตรฐานทองแดง เข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร

(stock solution standard Cu)

น้ำกลั่นปราศจากอิออน (DDW)

อุปกรณ์

ขวดทดลอง ขนาด 250 มิลลิลิตร

เตาย่อยสลายสารละลาย

ปิเปต

หลอดทดลอง ขนาด 10 มิลลิลิตร

การเตรียมสารละลายมาตรฐานสังกะสี

สารละลาย Intermediate standard สังกะสี เข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปิเปต stock solution standard Zn 1.0 มิลลิลิตร แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่น ให้มีปริมาตรสุดท้ายเป็น 100 มิลลิลิตร

การเตรียมสารละลายมาตรฐานทองแดง

สารละลาย Intermediate standard ทองแดง เข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปิเปต stock solution standard Cu 1.0 มิลลิลิตร แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่น ให้มีปริมาตรสุดท้ายเป็น 100 มิลลิลิตร

ภาคผนวก ก

เทคนิคการวิเคราะห์ธาตุโดยใช้ AAS

เทคนิคทาง Atomic Absorption Spectroscopy , AAS เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ธาตุอย่างหนึ่ง ซึ่งสามารถทำได้ทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณวิเคราะห์ที่ได้รับความนิยมมากวิธีหนึ่ง เพราะเป็นเทคนิคที่ให้ความเที่ยง ความแม่นยำ มีสภาพไวสูงและเป็นเทคนิคที่เฉพาะดีมาก ประกอบกับค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ก็ไม่สูงนัก ดังนั้น ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ที่ทันสมัย โดยทั่วไปจะมีเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชัน สเปกโทรโฟโตมิเตอร์อยู่ด้วยเสมอ ความสามารถของเทคนิคนี้มีสูงมาก เพราะสามารถใช้วิเคราะห์ธาตุ ต่าง ๆ ได้ถึง 67 ธาตุ ซึ่งนับว่ามากพอควรสำหรับเครื่องมือเพียงอย่างเดียว ทำให้การใช้งานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

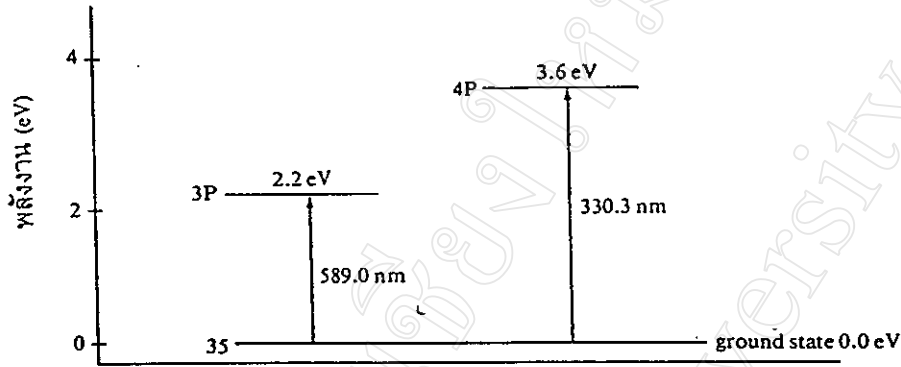
ปี ค.ศ. 1953 Walsh ได้สร้างความสนใจและแสดงให้เห็นถึงประโยชน์และข้อดีต่าง ๆ ของการใช้อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปีเพื่อการวิเคราะห์ทางเคมี ซึ่งในขณะนั้นเทคนิคที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ธาตุทางสเปกโทรสโกปี ได้แก่ เทคนิคคัลเลอร์ิเมตรี (colorimetry) และเทคนิคทางอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี (Atomic Absorption Spectroscopy , AAS) และในปี ค.ศ. 1955 Walsh ได้พัฒนาเทคนิคทางอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปีขึ้นมาใช้ในการวิเคราะห์ธาตุได้อย่างกว้างขวาง ช่วยทำให้การวิเคราะห์รวดเร็วขึ้น และได้เปรียบกว่าการใช้ทางอะตอมมิกอิมิสชัน ซึ่งต้องขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้อย่างมาก

หลักการของอะตอมมิกแอบซอร์พชัน (Principles of Atomic Absorption)

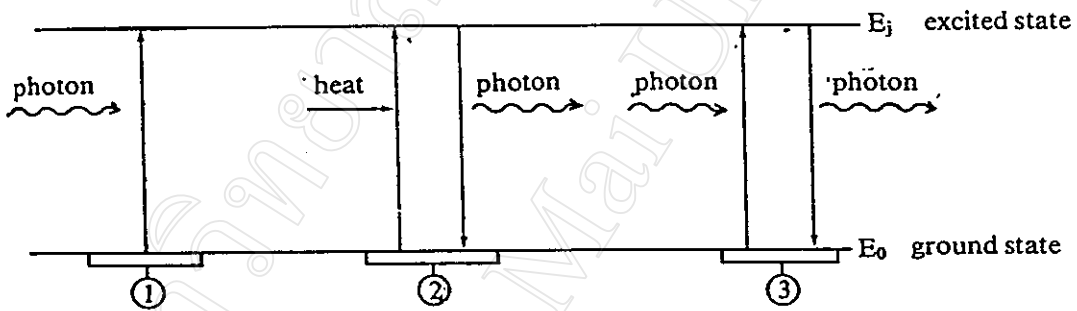
อะตอมมิกแอบซอร์พชันเป็นกระบวนการเกิดจากอะตอมเสรีของธาตุดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นอันหนึ่งโดยเฉพาะ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุ ธาตุแต่ละชนิดจะมีระดับของพลังงานแตกต่างกัน จึงมีการดูดกลืนแตกต่างกัน เช่น อะตอมของโซเดียมจะดูดกลืนแสงได้ดีที่มีความยาวคลื่น 589 นาโนเมตร เพราะแสงที่มีความยาวคลื่นนี้เป็นแสงที่มีพลังงานพอดีที่จะทำให้อิเล็กตรอนของโซเดียมอะตอมเกิดการเปลี่ยนสถานะจากสถานะพื้นไปสู่สถานะกระตุ้น ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งจะเห็นว่าความยาวคลื่นเหล่านี้จัดเป็น spectroscopic line ของอะตอมมิกสเปกตรัม ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวของธาตุแต่ละชนิด

ในการทำให้อะตอมของธาตุในสารประกอบเกิดเป็นอะตอมเสรีได้นั้น ต้องมีการดูดกลืนพลังงานเข้าไป ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปต่าง ๆ กัน เช่น พลังงานความร้อนจากเปลวไฟ หรือความร้อนจากไฟฟ้า เป็นต้น ความร้อนจะทำให้เกิดกระบวนการแตกตัว (dissociation) หรือเปลี่ยนเป็นไอ

(vaporization) หรืออาจแตกตัวเป็นอะตอม หรือทำให้อะตอมอยู่ในสถานะกระตุ้น หรืออาจกลายเป็นไอออนก็ได้



รูปที่ 1 แสดงระดับของพลังงานของอะตอมโซเดียม (${}_{11}\text{Na}^{23}$) ($1s^2, 2s^2 2p^6, 3s^1$)



รูปที่ 2 แสดง transition diagram สำหรับ

1. อะตอมมิกแอบซอร์พชัน
2. อะตอมมิกอิมิสชัน
3. อะตอมมิกฟลูออเรสเซนซ์

การเกิดอะตอมมิกแอบซอร์พชันอิมิสชันและฟลูออเรสเซนซ์นั้นมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งเป็นการเกิดแตรนซิชันจากสถานะพื้นไปยังสถานะกระตุ้นระดับแรก (first excited state) มีด้วยกัน 3 แบบคือ

แบบที่ 1 เมื่ออิเล็กตรอนเปลี่ยนระดับพลังงานจากสถานะพื้นไปยังสถานะกระตุ้นระดับแรก โดยการดูดกลืนพลังงานจากโฟตอนเป็นอะตอมมิกแอบซอร์พชัน

แบบที่ 2 เมื่ออิเล็กตรอนได้รับพลังงานจากความร้อน ทำให้อิเล็กตรอนเปลี่ยนระดับพลังงานไปยังสถานะกระตุ้นระดับแรก แล้วปล่อยพลังงานออกมา เมื่อกลับสู่สถานะพื้นจะให้ โฟตอนออกมาเรียกว่า อะตอมมิกอิมิสชัน

แบบที่ 3 เมื่ออิเล็กตรอนได้รับพลังงานจากโฟตอนที่มาจากสเปกตรัมทำให้เปลี่ยนระดับพลังงานไปยังสถานะกระตุ้น เมื่อกลับมาสู่สถานะพื้นจะให้โฟตอนออกมาเรียกว่าเป็นการเกิดอะตอมมิกลูออเรสเซนซ์

เทคนิคต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยวิธี AAS

เทคนิคต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุนั้นสามารถทำได้หลายวิธี คือ

1. ใช้ Flame Atomization Technique เทคนิคที่ใช้กระบวนการทำให้สารตัวอย่างแตกตัวเป็นอะตอมด้วยเปลวไฟ (Flame) ที่เหมาะสม

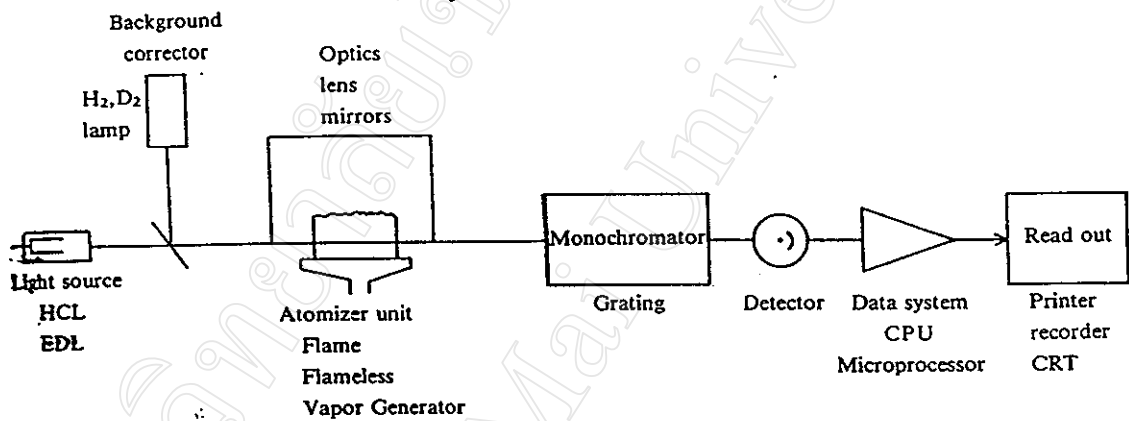
2. ใช้ Flame Technique หรือ Non - Flame Atomization Technique ซึ่งเทคนิคนี้ใช้กระบวนการทำให้สารตัวอย่างสลายตัวเป็นอะตอมได้ด้วยความร้อนจากกระแสไฟฟ้า (alactrothermal atomizer หรือ graphite furnace) โดยสามารถโปรแกรมให้อุณหภูมิของเผามีค่าต่าง ๆ กัน และใช้เวลาต่าง ๆ กันได้

3. ใช้ Hydride Generation Technique เนื่องจากมีธาตุบางชนิดจะเปลี่ยนให้เป็นอะตอมโดยตรงด้วยเทคนิค 1 และ 2 ไม่ได้ แต่จำเป็นต้องใช้วิธีทำให้แตกตัวในบรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจนเพื่อป้องกันการรวมตัวกับออกซิเจนของธาตุเหล่านี้ ดังนั้น จึงต้องใช้วิธีทำให้ธาตุเหล่านี้กลายเป็นสารที่เป็นไอได้ง่าย ๆ ที่อุณหภูมิห้องด้วยการรีดิวซ์ให้เป็นไฮไดรด์ แล้วให้ ไฮไดรด์นั้นผ่านเข้าไปในเปลวไฟไฮโดรเจน ความร้อนจากเปลวไฟไฮโดรเจนจะทำให้ธาตุกลายเป็นอะตอมเสรีได้ เทคนิคนี้ใช้ในการวิเคราะห์ของธาตุ As, Se, Te, Ge, Bi และ Sb

4. ใช้ Cold Vapor Generation Technique สำหรับเทคนิคนี้เหมาะที่จะใช้เป็นวิธีวิเคราะห์ธาตุบางชนิดที่สามารถเปลี่ยนให้เป็นไอได้ง่าย ๆ ซึ่งได้แก่ การวิเคราะห์ปรอทที่มีปริมาณน้อยโดยเฉพาะ

องค์ประกอบที่สำคัญต่าง ๆ ของเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโคปีโคมิเตอร์ มี 5 ส่วนด้วยกัน คือ

1. แหล่งกำเนิดแสง (light source)
2. ส่วนที่ทำให้ธาตุดูดกลืนเป็นอะตอมเสรี (atomizer)
3. โมโนโครเมเตอร์ (monochromator) ซึ่งใช้แยกแสงให้ได้ความยาวคลื่นของแสงที่ต้องการ
4. ดีเทกเตอร์ (detector)
5. เครื่องประมวลผลและอ่านผล (data system and read-out units)



ขั้นตอนของการทำวิเคราะห์ด้วยเทคนิค AAS

1. เตรียมสารตัวอย่างให้อยู่ในรูปสารละลายที่เหมาะสมและพร้อมที่จะใช้กับเครื่อง AAS
2. ตัดสินใจว่าจะทำการวิเคราะห์เพื่อหาอะไร และเลือกวิธีการที่เหมาะสม ทั้งในเชิงคุณภาพวิเคราะห์และปริมาณวิเคราะห์
3. จัดเครื่องมือให้พร้อมที่จะทำงานได้ ซึ่งถ้าเป็นเครื่องสมัยใหม่ที่ใช้คอมพิวเตอร์หรือไม่โครโพรเซสเซอร์ควบคุม จะมี software ที่เก็บข้อมูลของธาตุแต่ละชนิดไว้แล้ว เป็นเสมือน cook book ให้ผู้วิเคราะห์เลือกใช้ได้ ซึ่งมี

ก. เลือก HCL ของธาตุที่จะทำการวิเคราะห์ใส่เข้าไปในเครื่อง และเลือกกระแสไฟฟ้าที่ต้องใช้

ข. จัดเครื่องให้มีสภาพที่เหมาะสมกับเทคนิคที่ใช้ เช่น ใช้ flame หรือ flameless atomization การปรับอัตราการไหลของออกซิเจน แอวกาศ และเชื้อเพลิง เป็นต้น

ค. จัดความกว้างของช่องแสงเข้าออกจากโมโนโครเมเตอร์ (slit width) ให้เหมาะสม

4. เลือกโปรแกรมการวัดผล การคำนวณ ตลอดจนการรายงานผลวิเคราะห์

ประโยชน์ของ AAS ที่ใช้งานวิเคราะห์ทางเคมี (Applications of AAS)

เนื่องจากเทคนิคทาง AAS นั้น เป็นที่นิยมกันมากในการวิเคราะห์ธาตุในแทบทุกชนิดของสารตัวอย่างไม่ว่าจะเป็นของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส ซึ่งอาจสรุปได้ดังนี้

1. ใช้ในงานวิเคราะห์เพื่อการเกษตร (agricultural analysis) เช่น การวิเคราะห์ดิน ฟืช และปุย เป็นต้น
2. ใช้ในงานวิเคราะห์เพื่อการแพทย์และชีวเคมี (clinical and biochemistry) เช่น การหาปริมาณของธาตุ Ca, Mg, Cu, Pb, Na, K, Fe, Zn, As และอื่น ๆ ในเลือด ปัสสาวะ และเนื้อเยื่อ เป็นต้น
3. ใช้ในงานวิเคราะห์เพื่อการโลหวิทยา (metallurgy) เช่น การวิเคราะห์โลหะผสมต่าง ๆ หาปริมาณของสารเจือปนต่าง ๆ ในโลหะบริสุทธิ์ เป็นต้น
4. ใช้ในงานวิเคราะห์พวกน้ำมันและเพื่อการปิโตรเลียม (oils and petroleum) เช่น การหาองค์ประกอบที่เป็นโลหะของน้ำมันหล่อลื่นและน้ำมันเครื่อง น้ำมันปิโตรเลียม น้ำมันเชื้อเพลิง เป็นต้น
5. ใช้ในงานวิเคราะห์พวกแร่และวัสดุต่าง ๆ (minerals and materials)
6. ใช้ในงานวิเคราะห์จากแหล่งต่าง ๆ เช่น น้ำบาดาล น้ำเสีย น้ำทิ้ง น้ำแร่ หรือน้ำจากแหล่งธรรมชาติ เป็นต้น
7. ใช้ในงานวิเคราะห์ทางสิ่งแวดล้อม
8. ใช้ในงานวิเคราะห์ทางอาหารและยา (foods and drugs)
9. ใช้ในงานวิเคราะห์ธาตุในสารอื่น ๆ

ที่มา : แม้น อมรสิทธิ์ และอมร เพชรสม, 2535

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างการคำนวณ

การหาความชื้นของผักขงโค

$$\text{โดยคำนวณจาก อาหารแห้ง (กรัม \%)} = \frac{W_1 \times W_4 \times 100}{W_2 \times W_3}$$

$$\begin{aligned} \text{โดยที่ } W_1 &= \text{น้ำหนักผักสดทั้งหมดรวมกับน้ำหนักของน้ำกลั่นที่เติม (กรัม)} = V + W_2 &&= 440 \text{ กรัม} \\ V &= \text{น้ำหนักของน้ำกลั่นที่เติม} &&= 200 \text{ กรัม} \\ W_2 &= \text{น้ำหนักผักสดทั้งหมดก่อนปั่น} &&= 240 \text{ กรัม} \\ W_3 &= \text{น้ำหนักผักสดหลังปั่นก่อนเข้าเครื่อง Lyophilizer} &&= 82.61 \text{ กรัม} \\ W_4 &= \text{น้ำหนักผักแห้งหลังออกจากเครื่อง Lyophilizer} &&= 5.41 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{อาหารแห้ง (กรัม \%)} &= \frac{440 \times 5.41 \times 100}{82.61 \times 240} \\ &= 12.01 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ความชื้น (กรัม \%)} &= 100 - \text{อาหารแห้ง (กรัม \%)} \\ &= 100 - 12.01 \\ &= 87.99 \end{aligned}$$

การหาปริมาณแร่ธาตุสังกะสีในผักขงโคสด (ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัม)

ปริมาณแร่ธาตุสังกะสีและทองแดงในผักสด (ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัม)

$$= \frac{10 \times X \times D \times (100 - \% M)}{W}$$

โดยที่ X = ความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร) = 0.5125

D = dilution factor = 25

$$W = \text{น้ำหนักผักแห้งที่ใช้ในการย่อย} = 1.9940 \text{ กรัม}$$

$$\% M = \text{ความชื้นเฉลี่ยของตัวอย่างผักพื้นบ้าน (\%)} = 87.94 \%$$

ปริมาณแร่ธาตุสังกะสีในผักขงโคแห้ง (ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัม)

$$= \frac{100 \times 0.5125 \times 25 \times (100 - 87.94)}{1.9940}$$

$$= 774.92 \text{ ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัม}$$

การหาปริมาณแร่ธาตุสังกะสีในผักขงโคแห้ง (ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัม)

ปริมาณแร่ธาตุสังกะสีในผักขงโคแห้ง (ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัม)

$$= \frac{1000 \times X \times D}{W}$$

โดยที่ X = ความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร) = 0.5125

D = dilution factor = 25

W = น้ำหนักผักแห้งที่ใช้ในการย่อย (กรัม) = 1.9940 กรัม

ปริมาณแร่ธาตุสังกะสีในผักขงโคแห้ง (ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัม)

$$= \frac{1000 \times X \times D}{W}$$

$$= \frac{1000 \times 0.5125 \times 25}{1.9940}$$

$$= 6425.53 \text{ ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัม}$$

สำหรับการคำนวณในการหาปริมาณแร่ธาตุทองแดงในผักพื้นบ้าน ก็ทำเช่นเดียวกัน ยกเว้นแต่ว่า ค่า D (dilution factor) มีค่า = 5

ตารางที่ 1 ปริมาณความชื้นในผักพื้นบ้าน

	ผักสด + น้ำ (กรัม) W1	นน.ผักสดก่อนปั่น (กรัม) W2	นน.ผักสด (กรัม) W3	นน.ผักแห้ง (กรัม) W4	% อาหารแห้ง	% ความชื้น	% ความชื้น เฉลี่ย (% M)
ผักขงโต	no.1 no.2	240	82.61 76.46	5.41 5.05	12.01 12.11	87.99 87.89	87.94
ผักกูดขาว	no.1 no.2	240	54.86 65.82	2.41 2.76	8.05 7.69	91.95 92.31	92.13
ตะไคร้	no.1 no.2	240	88.04 84.79	6.77 6.53	15.70 15.72	84.30 84.28	84.29
ผักกะหล่ำ	no.1 no.2	240	87.88 91.55	7.02 6.86	16.31 15.28	83.69 84.72	84.20
ยอดผักทอง	no.1 no.2	240	82.09 83.60	4.05 4.65	8.02 9.04	91.98 90.96	91.47
ผักปลั่ง	no.1 no.2	240	64.75 65.99	3.29 3.39	8.26 8.35	91.74 91.65	91.70
ผักขี้หนู	no.1 no.2	240	97.77 108.23	5.13 5.50	7.43 7.20	92.57 92.80	92.68
ผักโงม	no.1 no.2	100	66.14 83.68	2.84 3.60	8.59 8.60	91.41 91.40	91.40
ผักเชียงดา	no.1 no.2	240	72.84 100.43	5.86 8.08	13.07 13.07	86.93 86.93	86.93
มะระขี้นก	no.1 no.2	240	100.44 100.02	6.85 6.82	11.08 11.08	88.92 88.92	88.92

ตารางที่ 2 ปริมาณแร่ธาตุสังกะสีในผักพื้นบ้าน

	น้ำหนักผักแห้ง ที่ใช้ในการย่อย (กรัม) (W)	ความเข้มข้นของสารละลาย หัวของขงลบ Blank (mg/L) (X)	dilution factor (D)	ปริมาณสังกะสี µg % (สด)	ปริมาณสังกะสีเฉลี่ย µg % (สด)	ปริมาณสังกะสี µg % (แห้ง)	ปริมาณสังกะสีเฉลี่ย µg % (แห้ง)
ผักขงโต no.1	1.9940	0.5125	25	774.92	791.94	6425.53	6566.64
no.2	1.9921	0.5345	25	808.95		6707.75	
ผักกูดขาว no.1	1.9904	0.4925	25	486.83	496.16	6185.94	6304.45
no.2	1.9948	0.5125	25	505.49		6422.95	
สะแล no.1	2.0178	0.3815	25	742.56	721.84	4726.68	4594.79
no.2	1.9186	0.3425	25	701.12		4462.89	
ผักขอม no.1	1.9562	0.3825	25	772.35	773.04	4888.30	4892.63
no.2	1.9119	0.3745	25	773.72		4896.96	
ยอดฟักทอง no.1	1.9065	0.4905	25	548.64	525.08	6431.94	6155.69
no.2	2.0729	0.4875	25	501.52		5879.44	
ผักปลั่ง no.1	1.9578	0.2755	25	291.99	288.30	3517.97	3473.45
no.2	1.9649	0.2695	25	284.60		3428.93	
ผักขี้หนู no.1	1.9880	0.2565	25	236.11	236.98	3225.60	3237.40
no.2	2.0582	0.2675	25	237.84		3249.20	
ผักโงม no.1	1.9682	0.5025	25	548.92	538.13	6382.73	6257.24
no.2	1.9713	0.4835	25	527.33		6131.74	
ผักเขียงดา no.1	2.0368	0.3625	25	581.53	560.76	4449.38	4290.42
no.2	2.0241	0.3345	25	539.98		4131.46	
มะระขี้นก no.1	1.9357	0.2705	25	387.09	380.83	3493.57	3437.03
no.2	2.0744	0.2805	25	374.56		3380.49	

ตารางที่ 3 ปริมาณแร่ธาตุทองแดงในผักพื้นบ้าน

	น้ำหนักผักแห้ง ที่ใช้ในการชั่ง (กรัม) (W)	ความเข้มข้นของสารละลาย ตัวอย่าง Blank (mg/L) (X)	dilution factor (D)	ปริมาณทองแดง ug % (แห้ง)	ปริมาณทองแดงเฉลี่ย ug % (แห้ง)	ปริมาณทองแดง ug % (สด)	ปริมาณทองแดงเฉลี่ย ug % (สด)
ผักขง ไลค์ no.1	1.9940	0.7370	5	1848.04	1867.75	222.87	225.25
no.2	1.9921	0.7520	5	1887.46		227.63	
ผักกูดขาว no.1	1.9904	0.9820	5	2466.84	2499.21	194.14	196.69
no.2	1.9948	1.0100	5	2531.58		199.24	
สะเดา no.1	2.0178	0.5140	5	1273.66	1279.23	200.09	200.97
no.2	1.9186	0.4930	5	1284.79		201.84	
ผักชะอม no.1	1.9562	0.2400	5	613.43	585.24	96.92	92.47
no.2	1.9119	0.2130	5	557.04		88.01	
ขอตี๋กทอง no.1	1.9065	0.4910	5	1287.70	1301.14	109.84	110.99
no.2	2.0729	0.5450	5	1314.58		112.13	
ผักปลัง no.1	1.9578	0.3590	5	916.85	912.65	76.10	75.75
no.2	1.9649	0.3570	5	908.44		75.40	
ผักชีทูต no.1	1.9880	0.1350	5	339.54	355.61	24.85	26.03
no.2	2.0582	0.1530	5	371.68		27.21	
ผักโขม no.1	1.9682	0.8940	5	2271.11	2188.16	195.31	188.18
no.2	1.9713	0.8300	5	2105.21		181.05	
ผักเชียงดา no.1	2.0368	0.5230	5	1283.88	1238.50	167.80	161.87
no.2	2.0241	0.4830	5	1193.12		155.94	
มะระขี้นก no.1	1.9357	0.2780	5	718.09	704.93	79.56	78.11
no.2	2.0744	0.2870	5	691.77		76.65	

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวนงลรรคน์ สุทร
วัน เดือน ปี เกิด	15 พฤศจิกายน 2519
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสตรีศรีน่าน จังหวัดน่าน ปีการศึกษา 2538 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการพัฒนา ผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2543