

Trace Elemental and
Speciation Analysis in Food

Introduction to metal analysis in food

การตรวจสอบธาตุและโลหะหนักปนเปื้อนปริมาณน้อยในอาหาร รวมถึงการหาสารในรูปแบบต่างๆ (speciation) ได้รับความสนใจทั่วโลก โดยโลหะเป็นพิษที่ปะปนอยู่ในอาหารสามารถพบได้ง่ายในโลกแห่งความก้าวหน้าของอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว เนื่องจากในภาคอุตสาหกรรมมักใช้โลหะหนักเป็นส่วนประกอบ ได้แก่ พรอท ตะกั่ว สังกะสี โครเมียม แมงกานีส และแคดเมียม เป็นต้น นอกจากนี้โลหะปนเปื้อนแล้วยังมีแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกายที่ไม่สามารถสร้างเองได้ จำเป็นต้องได้รับจากอาหารและน้ำดื่มที่มาจากดิน ในปัจจุบันมีอาหารเสริมแร่ธาตุที่อาจมาในรูปแบบของเกลืออนินทรีย์หลายชนิดในหนึ่งเม็ด หรือแยกเป็นแร่ธาตุแต่ละชนิด ซึ่งการรับประทานแร่ธาตุในรูปแบบเกลืออนินทรีย์จะก่อให้เกิดผลข้างเคียง ดังนั้นการเลือกอาหารเสริมแร่ธาตุควรเลือกในรูปแบบคล้ายคลึงกับแร่ธาตุในธรรมชาติให้มากที่สุด

ธาตุบางธาตุมีทั้งในรูปแบบที่เป็นสารอนินทรีย์และสารอินทรีย์ โดยความเป็นพิษจะขึ้นกับรูปแบบของธาตุนั้นๆ เช่น สารหนูแบ่งออกเป็นอินทรีย์ของสารหนู (Organic arsenic compound) และสารประกอบอนินทรีย์ของสารหนู (Inorganic arsenic compound)

Elements typically analyzed in food samples

Essential, nutritional	Na, K, Mg, Ca, Cu, Fe, Zn
Essential, low level	Cr, Se, Mn, Co
Toxic, low level	As, Sb, Hg, Cd, Pb

ส่วนใหญ่สารหนูและสารประกอบของสารหนูนั้นมีความเป็นพิษร้ายแรง ก่อให้เกิดอาการต่อระบบร่างกายของมนุษย์แทบทุกระบบ เช่น ระบบทางเดินอาหาร ระบบประสาท ระบบผิวหนัง ระบบหัวใจ และระบบหลอดเลือด หากได้รับสารหนูในปริมาณสูงแบบเฉียบพลันสามารถทำให้เสียชีวิตได้ สารหนูปนเปื้อนได้ทั่วไปในสิ่งแวดล้อม เช่น ในดิน แหล่งน้ำ อาหาร ได้แก่ ข้าว อาหารทะเล ยาสูบกลอน บุหรี่ หรือสมุนไพรที่ไม่ได้มาตรฐาน สารประกอบอนินทรีย์ของสารหนูจะมีความเป็นพิษมากกว่าสารประกอบอินทรีย์ของสารหนู อะตอมของสารหนูพบได้อยู่ 2 Valencies คือ แบบ Trivalent หรือ As (III) ซึ่งจะเรียกสารประกอบสารหนูพวกนี้ว่าอาร์เซไนต์ (Arsenite) และ แบบ Pentavalent หรือ As (V) ซึ่งจะเรียกสารประกอบสารหนูพวกนี้ว่าอาร์เซเนต (Arsenate) สารประกอบของสารหนูในรูปแบบ As (III) มักจะพิษมากกว่าในรูปแบบ As (V) จะเห็นว่าสารหนูจัดว่าเป็นสารแปลกปลอมในร่างกาย ดังนั้นการตรวจระดับสารหนูในร่างกายสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพในการทำงานที่ต้องสัมผัสกับสารหนูได้

อาหารเป็นหนึ่งในปัจจัยสี่ที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ การบริโภคอาหารที่มีประโยชน์ มีคุณค่าทางโภชนาการครบถ้วนเป็นสิ่งจำเป็น นอกจากนี้อาหารต้องมีความปลอดภัย ปราศจากสารปนเปื้อนของสารที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย ดังนั้นผู้ประกอบการต้องให้ความสำคัญต่อกระบวนการผลิตและการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์อาหารก่อนส่งไปยังผู้บริโภค การตรวจวิเคราะห์สารปนเปื้อนปริมาณน้อยเป็นขั้นตอนหนึ่งของการควบคุมคุณภาพอาหาร ซึ่งจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์เชิงวิเคราะห์ที่มีความละเอียดสูง โดยธาตุและโลหะปนเปื้อนปริมาณน้อยในตัวอย่างจะถูกตรวจวัดด้วยเทคนิค atomic absorption spectroscopy (AAS) หรือ inductively coupled plasma optical emission spectroscopy (ICP-OES) หรือ inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) สำหรับการศึกษารูปแบบของธาตุ มักจะใช้เป็นเทคนิคคู่ควบ (hyphenated technique) ซึ่งจะเป็นการนำเอาเทคนิคการแยก และการตรวจวัดรวมเข้าด้วยกัน การใช้เทคนิคทางโครมาโตกราฟี (Chromatography) เชื่อมต่อกับ Inductively coupled plasma - mass spectrometry (ICP-MS) ซึ่งเป็นเทคนิคที่มีความไวและความถูกต้องแม่นยำสูง

Metal analysis in food - ICP-OES

Thermo Scientific iCAP™ 7000 plus series ICP-OES เป็นเครื่องมือวิเคราะห์ธาตุได้หลายธาตุพร้อมกัน (Simultaneous) โดยอาศัยการวัดการคายแสงของธาตุเมื่อได้รับพลังงานความร้อนจากพลาสมา ให้การทดสอบที่รวดเร็ว และมีความถูกต้องแม่นยำสูง เหมาะกับงานวิเคราะห์ที่หลากหลายทั้งโลหะที่เป็นพิษ ในสิ่งแวดล้อม น้ำดื่ม อาหาร และในอุตสาหกรรมต่างๆ

เครื่อง iCAP 7000 Plus Série ICP-OES สามารถวัดการคายแสงของธาตุได้ 2 มุมมอง คือตามแนวแกนพลาสมา (axial view) ซึ่งเหมาะกับการหาปริมาณโลหะหนักปนเปื้อนปริมาณน้อย และแนวตั้งฉากกับพลาสมา (radial view) เหมาะกับการหาปริมาณแร่ธาตุในอาหาร การออกแบบของระบบแสง (optic) ที่มีขนาดเล็กทำให้การวิเคราะห์ทำได้อย่างรวดเร็วและประหยัดแก๊ส ในส่วนของระบบตรวจวัดชนิด CID เช่นเดียวกับกับในกล้องดิจิทัลชั้นสูง สามารถรับปริมาณแสงที่เปล่งจากธาตุครอบคลุมความยาวคลื่น 166 ถึง 847 นาโนเมตร



Analysis of Elemental Contaminants in Beverages using the Thermo Scientific iCAP7200 ICP-OES



Robust Single Method Determination of Major and Trace Elements in Foodstuffs using the iCAP7400 ICP-OES



Ultra-Fast Agricultural Soil Analysis using the iCAP7600 ICPOES



Analysis of Trace Elements and Major Components in Wine with the iCAP7400 ICP-OES



Metal analysis in food – ICP-MS

Thermo Scientific™ iCAP™ RQ ICP-MS และ iCAP TQ ICP-MS เป็นเครื่องมือประสิทธิภาพสูงสำหรับวิเคราะห์หาปริมาณธาตุทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ที่มีความรวดเร็วและมีความเที่ยงตรงสูง สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างได้ในระดับต่ำ (ppm ถึง ppt) โดยอาศัยการวิเคราะห์มวลต่อประจุ (m/z) สามารถเชื่อมต่อกับเทคนิคอื่นในลักษณะ Hyphenated Technique ได้ เช่น HPLC-ICPMS, GC-ICPMS สำหรับงาน Speciation หรือ Laser ablation ICPMS, FFF-ICPMS



Total elemental analysis of food samples using the Thermo Scientific iCAP TQ ICP-MS with auto-dilution



Total elemental analysis of food samples for routine and research laboratories using the Thermo Scientific iCAP RQ ICP-MS



Fully automated, intelligent, high-throughput elemental analysis of drinking waters using SQ-ICP-MS



เครื่อง iCAP RQ ICP-MS แบบ Single Quadrupole เหมาะสำหรับตรวจวัดโลหะปนเปื้อนและแร่ธาตุในอาหาร เครื่องนี้ ด้วยโปรแกรมรองรับการตรวจวัดระบบคุณภาพ (Quality control) และโปรแกรม Reaction finder ช่วยเพิ่มความสะดวกและความถูกต้องแก่ผู้ใช้งาน ในการหาสภาวะที่เหมาะสมของเครื่องมือ เครื่อง iCAP RQ ICP-MS สามารถเชื่อมต่อกับเทคนิค **Ion Chromatography (IC)** ในการวิเคราะห์รูปแบบของธาตุ (Speciation) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เครื่อง iCAP TQ ICP-MS แบบ Triple Quadrupole เหมาะสำหรับการตรวจวัดโลหะปนเปื้อนที่มีปริมาณต่ำมาก เช่น สารหนู (As) หรือ เซเรเนียม (Se) ในเมทริกซ์อาหารและเครื่องดื่ม เนื่องจากสามารถกำจัดตัวรบกวน (Interference) ได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยการเพิ่ม Quadrupole mass filter และการเลือกใช้ Reactive gas เช่น Oxygen และ Hydrogen ในการเพิ่มความจำเพาะ (Selectivity) โดยสามารถสลับโหมดการทำงานหรือเปลี่ยนชนิดของแก๊สใน Collision/Reaction Cell (CRC) ได้อย่างรวดเร็ว และให้ Low detection limits ทั้งในโหมด SQ, TQ On mass หรือ TQ Mass shift

Qtegra™ Intelligent Scientific Data Solution™ Software



Speciation

การศึกษารูปแบบทางเคมีของธาตุ ได้แก่ สารหนู (As) โบรเมท (Br) โครเมียม (Cr), ปรอท (Hg) และ เซลีเนียม (Se) มักจะใช้เทคนิคคู่ควบ (Hyphenated technique) อย่างเทคนิคการแยก และการตรวจวัดรวมเข้าด้วยกัน การใช้เทคนิคทางโครมาโตกราฟี (Chromatography) เชื่อมต่อกับ Inductively coupled plasma - mass spectrometry (ICP-MS) นิยมใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์รูปแบบของธาตุได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากให้ผลที่มีความถูกต้อง เที่ยงตรง สะดวก และน่าเชื่อถือ โดยเทคนิคการแยกสารแบบโครมาโตกราฟี นั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องใช้ระบบที่ปราศจากไอออนรบกวน เพื่อประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ธาตุที่มีลักษณะเป็นทั้งธาตุบริสุทธิ์และอยู่ในรูปสารประกอบอนินทรีย์ โดยเทคนิคทางด้านลิควิดโครมาโตกราฟี (Liquid Chromatography) ที่ถูกนำมาใช้จำเป็นต้องปรับเปลี่ยนวัสดุส่วนที่สัมผัสกับของเหลวให้ปราศจากโลหะหรือแก้วทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นในส่วนของปั๊ม เข็มดูดจ่ายสาร ระบบวาล์ว ระบบฉีดสารอัตโนมัติ มิใช่เพียงแค่การเปลี่ยนท่อนำของเหลวเป็นพลาสติกชนิด PEEK เท่านั้น เพื่อให้ระบบปราศจากการรบกวนของไอออน ซึ่งจะส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการแยกที่ รวดเร็ว และสามารถทนซ้ำได้ เครื่อง Chromatography ในลักษณะนี้ เรียกว่า Ion Chromatography (IC) โดยเทคนิค IC เมื่อเทียบกับ LC จะให้ความจำเพาะของปฏิกิริยาที่มากกว่า นอกจากนี้เทคนิค IC สามารถแยกสารออกเป็น Anion และ Cation ซึ่งทำให้ Anion ที่เป็นเมทริกซ์รบกวนไม่สามารถเข้าสู่ Mass spectrometer ได้



Speciation Applications Summary Ion Chromatography - Trace Elemental Species Separation and Detection



IC-ICP-MS speciation analysis of As in apple juice using the Thermo Scientific iCAP Q ICP-MS



Speciation of Bromine Compounds in Ozonated Drinking Water using Ion Chromatography and Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry



Speciation analysis of Cr (III) and Cr (VI) in drinking waters using anion exchange chromatography coupled to the Thermo Scientific iCAP Q ICP-MS



iCAP™ TQ ICP-MS



Dionex™ Aquion™ Ion Chromatography (IC) System



Dionex™ Integriion™ HPLC System



Dionex™ ICS-6000 HPLC System

Sample Preparation

การเตรียมตัวอย่าง ถือว่าเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมากที่สุด เนื่องจากโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดที่อาจเกิดจากการสุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน การปนเปื้อน การระเหยเป็นไอ หรือการเปลี่ยนแปลงของธาตุที่มีสูงมากกว่าขั้นตอนอื่น ๆ การเตรียมตัวอย่างควรเลือกวิธีในการเตรียมตัวอย่างที่มีประสิทธิภาพ สามารถกำจัดสารอินทรีย์ และสามารถคงสภาพของธาตุหรือรูปฟอร์มดั้งเดิมของธาตุไว้ได้ ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะนิยมใช้กรดไนตริก (HNO_3) เพราะไม่ทำให้เกิดเกลือของโลหะที่ไม่ละลายน้ำ และสามารถใช้ร่วมกับกรดชนิดอื่น เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ไฮโดรคลอริก (HCl) เพื่อเพิ่มความสามารถในการย่อยสารอินทรีย์ ซึ่งการเลือกชนิดของกรดจะขึ้นกับเมทริกซ์ของตัวอย่าง สำหรับการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาจเกิดขึ้นได้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของค่า electro-potential หรือ ค่า pH วิธีการสกัดตัวอย่างที่นิยมใช้ ได้แก่ เทคนิคการเตรียมแบบเปียกด้วยกรด (Wet digestion) เทคนิคการเปลี่ยนตัวอย่างให้เป็นเถ้า (Dry ashing) เทคนิค Block digestion และเทคนิค Microwave digestion ซึ่งวิธีการสกัดอาจไม่สามารถใช้ได้ครอบคลุมในตัวอย่างทุกเมทริกซ์ เช่น หากมีการใช้ trifluoroacetic acid (TFA)/alkaline solubilization ในการสกัด รีเอเจนต์ตัวนี้จะส่งผลต่อการเปลี่ยน oxidation state ของสารหนูอินทรีย์ที่สกัดออกมาได้ โดย As(V) ถูกรีดิวซ์เป็น As(III) ทั้งนี้เทคนิคในการเตรียมตัวอย่างอาหารสามารถอ้างอิงได้จากวิธีมาตรฐาน อาทิ AOAC, ISO, APHA และ EPA นอกเหนือจากวิธีการย่อยและเตรียมตัวอย่างอย่างที่เหมาะสมแล้ว ในการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักจำเป็นต้องมีการทำ Quality Control เพื่อประกันคุณภาพของวิธีการวิเคราะห์ ซึ่งรวมถึง Contamination Control, การทำ Method blank, การทำ Spiked test การทำซ้ำ และการใช้ CRM หรือ SRM ที่เหมาะสมด้วย



Thermo Scientific™ Block Heater



PORTFOLIO

ELEMENTAL ANALYSIS

Thermo Scientific™ iCE3000 series Atomic Absorption Spectrometer

Atomic absorption spectrometer (AAs) คือเครื่องมือวิเคราะห์ธาตุเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ โดยอาศัยการดูดกลืนแสงของอะตอมอิสระของธาตุเมื่อถูกกระตุ้นด้วยพลังงานความร้อนจากเปลวไฟ (Flame) หรือกระแสไฟฟ้า (Graphite Furnace) สามารถใช้วิเคราะห์หาปริมาณโลหะได้มากถึง 70 ธาตุ มีความถูกต้อง แม่นยำ จำเพาะเจาะจง และมีความไวสูง (sensitivity)

iCE3300 Flame AAs



iCE3500 Flame AAs



- ใช้ระบบทางเดินแสงคู่ (Stockdale Double Beam)
- สามารถเลือกใส่หลอดกำเนิดแสงได้สูงสุดถึง 6 หลอด
- burner ขนาด 5 cm สามารถใช้ได้กับทั้งเปลวไฟ Air-Acetylene และ Nitrous-Acetylene ได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนหัว burner ทำให้สะดวกต่อการวิเคราะห์
- ระบบล๊อคประตูหน้า ป้องกันอันตรายจากไฟบน Burner รวมถึงระบบ Interlock ที่ดับไฟอย่างทันที
- มีระบบการตัดสัญญาณรบกวนทั้งแบบ Deuterium Background Correction และ Zeeman Background Correction
- เปลี่ยนระบบการวิเคราะห์จากเทคนิค Flame atomizer เป็น Graphite atomizer ได้โดยอัตโนมัติจากซอฟต์แวร์ โดยไม่ต้องปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ของตัวเครื่อง



Cadmium Determination in Crab Meat using Graphite Furnace Atomic Absorption Spectroscopy



Accurate analysis of low levels of mercury in fish by vapor generation atomic absorption spectrometry



Accurate analysis of low levels of mercury in fish by vapor generation atomic absorption spectrometry

FlashSmart เป็นเครื่องมือวิเคราะห์ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ ได้แก่ C H N S และ O ในตัวอย่างทั้งของแข็งและของเหลว โดยอาศัยหลักการเผาไหม้ตัวอย่างภายใต้บรรยากาศของฮีเลียม ให้ผลการวิเคราะห์ที่มีความรวดเร็ว ถูกต้อง และแม่นยำ สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างต่อเนื่องได้โดยการเพิ่มเครื่องป้อนตัวอย่างอัตโนมัติ (Autosampler) เพื่อรองรับปริมาณตัวอย่างที่มากขึ้น ซอฟต์แวร์ในการควบคุมเครื่องมือและการประมวลผลใช้งานง่าย รองรับการทำงานในด้านต่างๆ เช่น ปิโตรเคมี สิ่งแวดล้อม อาหาร อาหารสัตว์ และ เครื่องดื่ม ตัวเครื่องสามารถปรับเปลี่ยนเพื่อให้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน

- FlashSmart CHN
- FlashSmart CHNS
- FlashSmart CHN/O
- FlashSmart CHNS/O
- FlashSmart N/Protein
- FlashSmart NC Soil



thermo
scientific

Discrete Photometric Analyzer (DIA)

เครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ในตัวอย่าง อาทิ การหาปริมาณกรดอินทรีย์ในผัก ผลไม้ การหาปริมาณน้ำตาล แอลกอฮอล์ หรือการวิเคราะห์หาปริมาณ sulfite ในกระบวนการผลิตไวน์ เป็นต้น ด้วยระบบการจัดการที่ชาญฉลาดของเครื่อง จึงช่วยลดขั้นตอนการจัดลำดับการวิเคราะห์ที่หลากหลายพารามิเตอร์ได้อย่างง่ายดาย เพียงแค่ใส่ตัวอย่าง เลือกรหัสวิเคราะห์ และสั่งให้เครื่องทำงานใน 3 ขั้นตอนเท่านั้น

เครื่อง Discrete Photometric Analyzer ได้รับการรับรองด้วยวิธีมาตรฐาน ISO15923-1 รวมทั้งสามารถมาตรฐานได้รับการรับรองจาก NIST ทำให้เครื่องรองรับการเข้าระบบ ISO 17025 และสามารถสืบย้อนกลับตามหลักของระบบมาตรฐานได้ทุกกระบวนการ



YOUR

"SCIENTIFIC SPECIALIST"



www.scispec.co.th

thermo
scientific