

บทที่ 1

บทนำ



### 1.1 ความเป็นมาของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศที่อุดมสมบูรณ์ด้วยชายฝั่งทะเล ตั้งแต่อำเภอจันทบุรี ไล่ไปทางใต้ถึงภูเก็ต เป็นทรัพยากรที่มีค่าชนิดหนึ่งของประเทศ และเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญที่สุดแห่งหนึ่งของอาหารทะเลนานาชนิดจำพวก ปลา กุ้ง หอย เป็นอาหารที่ชาวไทยนิยมใช้บริโภคกัน จากการขยายตัวทางเศรษฐกิจและของแหล่งชุมชน รวมทั้งความเจริญทางด้านอุตสาหกรรม กำลังก้าวหน้าไปอย่างมากนั้น ทำให้ปัญหาความสกปรกตามบริเวณชายฝั่งและน้ำทะเลเน่าเสียเริ่มปรากฏขึ้นบ่อยครั้ง ในขณะที่เดียวกันน้ำจากแม่น้ำหลายสายที่ไหลลงสู่อ่าวไทย เริ่มเสีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูแล้งซึ่งมีน้ำเหนือไหลลงมาน้อย ความสกปรกจากแม่น้ำลำคลองจะไหลลงไปรวมกันที่อ่าวไทยในที่สุด ประกอบกับโรงงานอุตสาหกรรมที่ตั้งอยู่ใกล้บริเวณชายฝั่ง ยังเป็นตัวการสำคัญที่ปล่อยสารพิษลงสู่ทะเล ทำให้สารพิษไปสะสมอยู่ในสัตว์ทะเล ในบรรดาสารเหล่านั้นปรอทและซีดีเป็นอันตรายจัดถือว่าเป็นสารพิษที่ทำให้เกิดอันตรายมากประเภทหนึ่งถ้าเข้าไปสะสมอยู่ในร่างกายสัตว์และมนุษย์

ปรอท (Mercury) สัญลักษณ์  $Hg$  เป็นโลหะหนักสีเงิน มีน้ำหนักอะตอม 200.61 มีความถ่วงจำเพาะ 13.55 มีจุดหลอมเหลวที่  $-38.87^{\circ}C$  และมีจุดเดือดที่  $357.3^{\circ}C$  (1, 2) ในอุณหภูมิปกติปรอทจะอยู่ในสภาวะที่เป็นของเหลวสามารถทำให้เป็นของแข็งได้แต่เปราะ ในอุณหภูมิปกติจะระเหยเป็นไอได้ (2, 3) ซึ่งคุณสมบัตินี้ทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกายได้ง่าย เนื่องจากปรอทมีความเป็นพิษสูงเมื่อแปรสภาพเป็นไอ ฉะนั้นค่าความดันไอของปรอทจึงมีความสำคัญ ถ้าผ่านไอน้ำไปบนพื้นผิวของปรอท 10 ตารางเซนติเมตร ที่อุณหภูมิ  $25^{\circ}C$  ด้วยอัตราการความเร็ว 1 ลิตรต่อวินาที จะทำให้ปรอทอินทรีย์ร้อยละ 15

และโคไธโปรทประมาณ 3 มิลลิกรัมต่อลูกบาทกัเมตร (4) ความเข้มข้นสูงสุดของปรอท และสารประกอบอินทรีย์ของปรอท (organic mercury compounds) ที่ยอมให้มีได้ใน บรรยากาศมีค่าเท่ากับ 0.01 ส่วนในล้านส่วน (ppm) หรือ 0.1 มิลลิกรัมต่อลูกบาทกัเมตร และ 0.01 มิลลิกรัมต่อลูกบาทกัเมตรตามลำดับ (2, 3, 5)

ปรอทส่วนใหญ่เกิดปะปนอยู่ในแร่ซินนาบาร์ (Cinnabar,  $HgS$ ) (1,2) ซึ่งเป็น ต้นกำเนิดที่สำคัญที่สุดของปรอท (6) รองลงมาคือ คาลอเมล (Calomel,  $Hg_2Cl_2$ ) และแรไทแมนไนท์ (Tiemannite,  $HgSe$ ) นอกจากนี้ยังพบเป็นปรอทอิสระ (2,6) อยู่ในชั้นต่าง ๆ ของดิน ซึ่งพบมากในประเทศสเปน อิตาลี และอเมริกา (2) ในดินผุ่นละออง และน้ำ พบว่ามีปรอทกระจายปะปนอยู่ในลักษณะของธาตุจำนวนน้อย (trace element) และพบเจือปนอยู่ในอาหารแทบทุกชนิด ในปริมาณ 0.005 - 0.25 ส่วนในล้านส่วน (2)

ปรอทที่ปนเปื้อนอยู่ใน/บนอาหาร เกิดขึ้นจากน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม และ/หรือการใช้ยากำจัดศัตรูพืช อาทิเช่น การใช้ปรอทเมทิลไซยานาไมด์ (methyl mercury cyanamide) หรือปรอทเมทิล (methyl mercury) นีคเพนเมอิลอร์จินูพิซ เพื่อป้องกันเชื้อรา (2,3,7,8) ซึ่งทำให้เกิดสิ่งตกค้าง (residue) ปนอยู่ใน/บนเมล็ด ธัญพืชนั้น ๆ และสิ่งแวกลอนควาย เมื่อมนุษย์รับประทานอาหารดังกล่าวเข้าไปจะโดย ทางตรงและ/หรือทางอ้อม พิษของปรอทที่เจือปนอยู่จะก่อให้เกิดอันตรายขึ้น อาจทำให้เกิดโรคระบาดเฉพาะถิ่น ดังเช่น โรคมินามาตะ (Minamata disease) ซึ่งเกิดขึ้น ในปี 1956 ทำให้คนตายเป็นจำนวนถึง 41 คน (8-10) โรคดังกล่าวเกิดจากประชาชน บริโภคปลาที่จับจากอ่าวมินามาตะ ซึ่งมีปริมาณปรอทปนเปื้อน (contaminate) อยู่ใน เกณฑ์สูง ปรอทดังกล่าวพบวามมาจากน้ำทิ้งของโรงงานผลิตไวนิลคลอไรด์ (vinyl chloride) ในรูปของปรอทเมทิล และในปี 1964 - 1965 เกิดโรคมินามาตะระบาด เป็นครั้งที่สองในเมืองนิอิกาตา (Niigata) มีคนตาย 6 คน (9-12)

ซีลีเนียม (Selenium) สัญลักษณ์  $Se$  เป็นอโลหะ (2) มีคุณสมบัติทางฟิสิกส์ และทางเคมีคล้ายคลึงกับกำมะถัน (Sulphur) มาก (2,13,14) ซีลีเนียมละลายได้

ในกรดและคาร์บอนไดซัลไฟด์ (carbon disulphide) (2) มีน้ำหนักอะตอม 78.96 มีความกว้างจำเพาะ 4.81 มีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 220° ซ และจุดเดือดที่ 2600° ซ (2) ค่าความเข้มข้นสูงสุดของซีลีเนียมและสารประกอบซีลีเนียมที่ขอมให้ใหม่ได้ในบรรยากาศเท่ากับ 0.1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (15)

ซีลีเนียมส่วนมากพบในหินพวกครีตาเชียส (Cretaceous) ซึ่งมีมากในสหรัฐอเมริกาและในเม็กซิโก พบในแร่ธาตุบริเวณภูเขาไฟ ในแหล่งใต้พื้นทะเลบางแห่ง และพบในรูปของโลหะซีลีไนด์ (metallic selenides) ในธารน้ำแข็งของประเทศแคนาดา และมลรัฐคาลิฟอร์เนีย (2) เช่น เบอริลเซียไนต์ (Berzelianite,  $Cu_2Se$ ) ; เลอ์บาไคท์ (Lerbachite,  $PbSe$ ) ไทแมนไนต์ (Tiemannite,  $HgSe$ ) และพบปะปนอยู่กับแร่ซัลไฟด์ (sulphide ores) ของตะกั่ว, พรอท, เงิน, บิสมัท (15) และแร่ทองแดงไพไรต์ (copper pyrites) (2, 13) ดังนั้นจึงพบซีลีเนียมปะปนอยู่ในซีลีไนด์ของแร่ไพไรต์หลังจากการเผาแล้วในอุตสาหกรรมผลิตกรดกำมะถัน (2, 13)

นอกจากนี้ยังพบซีลีเนียมในดิน (seleniferous soil) (2, 16) ในรูปของเหล็กซีลีไนต์ (ferric selenite;  $Fe_2(OH)SeO_3$ ) แคลเซียมซีลีเนต (calcium selenate;  $CaSeO_4$ ) ในรูปของธาตุซีลีเนียมและสารประกอบอินทรีย์ (organic compounds) ซึ่งได้จากซากพืชที่เน่าเปื่อย (2, 17) เนื่องจากความเป็นพิษของซีลีเนียมจึงทำให้อุตสาหกรรมการเลี้ยงปศุสัตว์ได้รับความเสียหายจากโรคที่เรียกว่า "alkali disease" และ "blind staggers" (2, 13, 16, 18) ดังเช่นในพื้นที่ของมลรัฐคาลิฟอร์เนีย (South Dakota) ปริมาณที่พบในดินอยู่ในระดับน้อยมากจนถึง 30 ส่วนในล้านส่วน (2, 19)

ซีลีเนียมพบว่ามีความเป็นพิษมากกว่าสารหนู ประกอบกับซีลีเนียมระเหยได้มากและกระจัดกระจายไปในอากาศได้ง่าย ดังนั้นการนำซีลีเนียมมาใช้ประโยชน์จึงมีจำกัดเนื่องจากความเป็นพิษของซีลีเนียมมีมาก เจ้าหน้าที่งานอนามัยของสหรัฐ (United States) สูงสุดของซีลีเนียมใน

น้ำคั้นเป็น 0.01 ส่วนในล้านส่วน (20) Copeland และคณะ (21) รายงานว่าปริมาณของซีลีเนียมที่พบในซูแพลค์ตัน (zooplankton) ในทะเลสาบมิชิแกนมีค่าถึง 1.2 ส่วนในล้านส่วน Tucker (22) ได้เสนอค่าความปลอดภัยที่แท้จริงของซีลีเนียมในปลา กวจะเป็น 0.25 ส่วนในล้านส่วน (น้ำหนักสด) Mollor (23) และ Trelease และคณะ (16) กล่าวว่า เป็นที่เชื่อกันว่าถ้ามีซีลีเนียมปะปนอยู่ในอาหารทั่ว ๆ ไปในปริมาณ 5 ส่วนในล้านส่วน หรือ  $\frac{1}{10}$  ของความเข้มข้นที่มีอยู่ในนมหรือน้ำ จะสามารถทำให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ได้ อาการอันเกิดจากพิษของซีลีเนียมที่สังเกตเห็นในระยะแรก ๆ ไม่ค่อยแน่นอน ส่วนใหญ่มีอาการอ่อนเพลียมาก และระบบทางเดินอาหารผิดปกติ

เนื่องจากปรอท สารประกอบของปรอท ซีลีเนียม และสารประกอบของซีลีเนียม อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ได้ ถ้าสะสมอยู่ในร่างกายในปริมาณที่มากพอทางหนึ่งที่สารพิษดังกล่าวจะเข้าสู่ร่างกายได้คือ ทางอาหาร กล่าวคือมนุษย์รับประทานอาหารที่มีสารพิษนั้นปนเปื้อนอยู่เข้าไป อันเป็นที่ทราบกันดีว่ามีการนำปรอท สารประกอบของปรอท ซีลีเนียม และสารประกอบของซีลีเนียม มาใช้ในกิจการเกษตรและอุตสาหกรรมภายในประเทศ ดังนั้นจึงมีทางที่เป็นไปได้ว่าน่าจะมีสารพิษของธาตุและสารประกอบนั้นเจือปนอยู่ในสารตัวอย่างต่าง ๆ ในสถานะแวดล้อม ซึ่งอาจเป็นทางผ่าน (pathway) ของสารพิษเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ในทางวัฏจักรอาหาร (food cycle)

การศึกษาวินิจฉัยวัตถุที่มีพิษจำนวนมากน้อยดังกล่าว ที่ปะปนอยู่ในสิ่งแวดล้อมภายในประเทศ ยังไม่กว้างขวางเท่าที่ควรนัก ทั้งนี้อาจเนื่องจากวิธีเคมีวิเคราะห์ธรรมดาทั่ว ๆ ไป (conventional chemical analysis) ไม่สามารถนำมาใช้วิเคราะห์วัตถุที่มีพิษจำนวนมากน้อยดังกล่าวได้ เนื่องจากมีความไว (sensitivity) ของการวิเคราะห์ไม่สูงพอ วิธีวิเคราะห์นิวตรอนแอกติเวชัน (neutron activation analysis) เป็นวิธีวิเคราะห์แบบหนึ่งที่มีความไวในการวิเคราะห์อยู่ในเกณฑ์สูง และสามารถนำมาใช้กับสารตัวอย่างใดหลายประเภท ประกอบกับสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ (พ.ป.) มีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู ซึ่งเป็นเครื่องกำเนิดนิวตรอนชนิดหนึ่ง อันเป็นสิ่งจำเป็นในการ

วิเคราะห์แบบนิวตรอนแอคติเวชันโดยพร้อม รวมทั้งอุปกรณ์เครื่องวัดรังสีชนิดต่าง ๆ นอกจากนั้นแล้ว เป็นที่ทราบและยอมรับกันว่าสัตว์น้ำทะเลประเภทปลา เป็นอาหารที่สำคัญของมนุษย์โดยเฉพาะประชาชนชาวไทย จึงสมควรอย่างยิ่งที่จะประยุกต์วิธีวิเคราะห์นิวตรอนแอคติเวชันเพื่อที่จะศึกษาธาตุปรอทและซีดีเนียมในปลาทะเลดังกล่าว

## 1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาวิเคราะห์ปริมาณของปรอทและซีดีเนียมในปลาทะเลสาบใหญ่ที่ประชาชนส่วนใหญ่นิยมใช้รับประทาน อาทิ ปลาทู (ดิ่ง) ปลาตาโต ปลาทรายแดง ปลาข้างเหลือง ปลาหมึก ฯลฯ ในน่านน้ำไทย โดยวิธีวิเคราะห์นิวตรอนแอคติเวชันแบบใช้การแยกทางเคมี (radiochemical neutron activation analysis)

1.2.2 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบถึงปริมาณของธาตุทั้งสองในปลาทะเลต่าง ๆ ดังกล่าวที่จับจากเขตที่กำหนดไว้แน่นอน และจากทุก peak period ของฤดูกาล

1.2.3 เพื่อหาข้อมูลสำหรับใช้เป็นแนวทางนำไปสู่การประเมินค่าระดับมูลฐานของธาตุทั้งสองในปลาทะเลในประเทศไทย

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ปลาตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองนี้จะเป็นปลาทะเลชนิดสามัญ ซึ่งประชาชนทั่ว ๆ ไปนิยมใช้รับประทานและราคาถูกร้อยก้นในท้องตลาดไม่สูงมากนัก คือ ปลาทรายแดง ปลาตาโต ปลาหมึกกล้วย-กระดอง ปลาแป้น ปลาข้างเหลือง (ปลาสีกุน) ปลาทู ปลาทุกประเภทจะเก็บในบริเวณและสถานีต่าง ๆ ที่กำหนดไว้แน่นอนในน่านน้ำไทย แต่ละบริเวณจะเก็บเป็นจำนวน 4 ครั้งในรอบปี ตาม peak period ของฤดูกาล (ม.ค. เม.ย. ก.ค. และ ต.ค./พ.ย.)

1.3.2 ปลาตัวอย่างจะนำมาชำแหละ เลือกเอาเฉพาะก้ามเพื่อส่วนหลังเป็นตัวแทนของปลาทั้งหมดในส่วนที่รับประทานได้ และนำมาทำให้แห้งโดยเทคนิคการเยือกแข็ง



1.3.3 การวิเคราะห์จะกระทำโดยประยุกต์เทคนิคของนิวตรอนแอคทีเวชันแบบใช้วิธีแยกทางเคมี ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนดังนี้

1.3.3.1 ตรวจสอบความแน่นอนของกรรมวิธีวิเคราะห์ (reliability test) โดยวิเคราะห์สารมาตรฐาน (standard reference material) Bovine Liver ของ National Bureau of Standard (NBS) ตามขั้นตอนตาม 1.3.3.2-

1.3.3.6

1.3.3.2 การฉายรังสีนิวตรอน (neutron irradiation)

1.3.3.3 การทำลายสารตัวอย่าง

1.3.3.4 ขบวนการแยกทางเคมี

1.3.3.5 การวัดปริมาณรังสี

1.3.3.6 การคำนวณและรายงานผล

1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัยนี้

1.4.1 ข้อมูลที่ได้รับจากการศึกษาวิจัยนี้ สามารถนำมาใช้ประกอบการพิจารณาประเมินการระดับมาตรฐานของปรอทและซีลีเนียมในปลาทะเลในประเทศไทยได้

1.4.2 ข้อมูลที่ได้รับนี้ อาจนำไปสู่การพิจารณาถึงความเปราะเเป็นของธาตุทั้งสองในปลาน้ำจืดในประเทศไทย

1.4.3 ข้อมูลที่ได้รับนี้ อาจใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางโครงการวิจัยเรื่องสถานะแวดล้อมเป็นพิษในปลาน้ำจืดของสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติต่อไปในอนาคต

1.5 การสำรวจงานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งได้กระทำมาแล้ว

1.5.1 การใช้งานของปรอทและซีลีเนียม

ในปัจจุบันได้มีการนำปรอท สารประกอบของปรอท ซีลีเนียม และสารประกอบซีลีเนียม มาใช้ประโยชน์กันอย่างกว้างขวางในการกลีกรรมและอุตสาหกรรมหลายประเภทดังต่อไปนี้

### 1.5.1.1 ปрутและสารประกอบของปрут

มีการนำปрутมาใช้ในการทำเครื่องมือวิทยาศาสตร์ และเครื่องมือแพทย์ เช่น เทอร์โมมิเตอร์ บาร์มิเตอร์ บั้มพ์ชนิดต่าง ๆ เช่น ดีฟิวชันปั้มพ์ (mercury diffusion pumps) แอร์ปั้มพ์ (mercury air pumps) เป็นต้น เครื่องมือใช้ในการคำนวณปริมาตรของไปเปต และเครื่องมือวัดความดันโลหิต (blood pressure) (2,9,24) นำไปใช้เกี่ยวกับอุปกรณ์ทางไฟฟ้า เช่น ไซท์ฮาสิวิคไฟ แคมเคอร์ ตะเกียง (mercury vapour lamps) หลอดไฟชนิดมีไส้ (incandescent electric lamps) เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (mercury arc rectifiers) หลอดคาโทดที่เคลือบด้วยปрут (mercury-pool cathode tubes) (2,8,24,25,26,27) และอื่น ๆ ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตสารเคมี เช่น โซดาไฟ กรดน้ำส้มเข้มข้น (2,9) และคลอรีน (8) และยังมีที่ใช้อื่น ๆ อีก อาทิเช่น ใช้ผสมกับตะกั่วและดีบุก เป็นน้ำยาประสานในงานเชื่อมโลหะ (2,24) ใช้ทำโลหะอำมกัมคือเป็นโลหะผสม เช่น ผสมกับดีบุกใช้ในการทำกระจกเงา ผสมกับเงิน-ดีบุกใช้เป็นวัสดุในการอุดฟัน ผสมกับโซเดียม-สังกะสีเป็นตัวลดออกซิเจน (reducing agents) ในการวิเคราะห์ทางเคมีและสังเคราะห์สารอินทรีย์ (organic syntheses) (2,9,24) และใช้ในอุตสาหกรรมผลิตเครื่องเพชรพลอยเทียม (28)

สารประกอบของปрутสามารถนำไปใช้ทำวัตถุระเบิด (2) ใช้ในอุตสาหกรรมทำหมวกสักหลาด (felt-hat) ใช้เป็นสารเร่งปฏิกิริยา (catalyst) ในการผลิตไวนิลคลอไรด์ (2,8) ใช้ปрутซัลไฟด์ (mercuric sulphides) เพื่อช่วยป้องกันไม่ให้สีเสียหายในอุตสาหกรรมผลิตสีและใช้ในการผลิตสีย้อมโดยเจพ่าะสีแดง (2,8) ในด้านการเกษตร ใช้สารประกอบของปрутเมทิลในการตกแคงเมล็ดพืช (seed dressing) เป็นยาฆ่าเชื้อรา (fungicides) ยาฆ่ากำจัดศัตรูพืช (pesticides) (7-9) ใช้ปрутฟีนิล (phenyl mercury) ในอุตสาหกรรมทำกระดาษ โดยผสมลงไป ในระหว่างการผลิตกระดาษ เพื่อป้องกันการเกิดเมือก (slime) ใช้เป็นยาชักเครื่อง เซอร์นิเจอร์ให้เงา (8,9,24) ในกิจการแพทย์มีการนำสารประกอบของปрутหลายชนิด

มาใช้ผลิตภัณฑ์ยาโรค เช่น ยาโรคผิวหนังบางชนิด ยาฆ่าเชื้อสำหรับอุปกรณ์ทางแพทย์ (disinfectants) ยาฆ่าเชื้อโรค (antiseptics) ยาโรคซิฟิลิส (antisyphilitis) ยาถ่าย (cathartics) ยาขับปัสสาวะ (diuretics) เป็นต้น (8,9,24)

#### 1.5.1.2 ซีลีเนียมและสารประกอบของซีลีเนียม

ได้มีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น ในอุตสาหกรรมผลิตเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า เพื่อเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าสลับเป็นกระแสไฟฟ้าตรง (28) ผลิตโฟโตอิเล็กทริกเซลล์ (photoelectric cells) ใช้เป็นตัวฟอกสีเหล็ก (decolorizer) และเป็นตัวเติมสีแดงในอุตสาหกรรมการผลิตแก้ว ใช้ชุบเหล็กโรสทิน (stainless steel) และทองแดง เพื่อเพิ่มความต้านทานการเกิดสนิม ใช้ในอุตสาหกรรมทำกระเบื้องเคลือบ ใช้นผสมกับแคดเมียมซัลไฟด์ ในอุตสาหกรรมผลิตสีทาและสีย้อม ใช้นผสมกับกำมะถันไปโรงงานผลิตยาง ใช้นผสมกับน้ำมันซีดี (grease) สำหรับทาพื้นหรือเป็นยาขัดเครื่องเฟอร์นิเจอร์ ไม้เงา ใช้ซีลีเนียมออกซิคลอไรด์ (selenium oxychloride) เป็นส่วนผสมในการผลิตพลาสติก (2,30) ใช้นผสมในยาฆ่าแมลง (31) ยาฆ่าเชื้อราและยาขับไล่มด (32) นอกจากนี้ยังใช้นผลิตเครื่องวัดแสงสำหรับการถ่ายภาพ (photographic exposure meters) เครื่องเทียบแสง (photometers) และเครื่องมือที่ใช้เปลี่ยนแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า (14) ในด้านการแพทย์ใช้ซีลีเนียมซัลไฟด์ผสมในยา เพื่อเป็นตัวกำจัดรังแค (antidandruff) (15)

#### 1.5.2 การเปราะเปื้อนของปรอทและซีลีเนียมต่อสิ่งแวดล้อม

จากการนำปรอท สารประกอบของปรอท ซีลีเนียม และสารประกอบของซีลีเนียม มาใช้ในกิจการต่าง ๆ ดังกล่าวแล้วข้างต้น จึงทำให้มีสารพิษซึ่งเป็นสิ่งตกค้างของธาตุและสารประกอบดังกล่าวอยู่ในสิ่งแวดล้อม และทำให้เกิดมลภาวะขึ้น ในประเทศอิรัก ประชาชนนำข้าวที่เก็บไว้ทำพันธุ์ซึ่งจะพบปรอทเมทิลไว้เพื่อป้องกันเชื้อรา มาทำขนมปังเพื่อรับประทาน ทำให้เกิดอาการเป็นพิษขึ้น (33) และในปี 1969 ที่ประเทศนิวเม็กซิโก ชาวเกษตรไรเกิดมีอาการเป็นพิษ สาเหตุจากการใช้สารปรอทบนเมล็ดพืช แล้วนำเอาเมล็ดที่ขึ้นไปใช้เลี้ยงสัตว์ ทำให้ปรอทเข้าไปสะสมในสัตว์ เมื่อประชาชน



รับประทานเนื้อสัตว์เข้าไปจึงเกิดเป็นพิษ (34)

ในปี 1969 Johnels และ Westermarck (35) รายงานว่าชาวนาและเจ้าหน้าที่รักษาพันธุ์สัตว์ชาวสวีเดน ดังเคยเห็นนกจำนวนมากได้หายไปจากรังและถิ่นกำเนิดเดิม และพบการตายของนกป่าที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ทั้งนี้เนื่องมาจากนกเหล่านั้นกินเมล็ดข้าวที่ฉีกปนด้วยยาฆ่าเชื้อราเข้าไป

ในปี 1966 มีผู้รายงานว่า แหล่งน้ำหลายแห่งของประเทศสวีเดนมีการสะสมของปรอทในปริมาณค่อนข้างสูง และตรวจพบปรอทในปลาทะเลทั่วไปในบริเวณชายฝั่งที่มีปริมาณมากกว่า 0.2 ส่วนในล้านส่วน สำหรับปลาน้ำจืดในทะเลสาปและแม่น้ำที่เปราะ-เปื้อน พบว่ามีปริมาณปรอทอยู่ในระดับ 0.4 - 1.0 ส่วนในล้านส่วน ยิ่งไปกว่านั้น ในปี 1969 มีรายงานว่าปริมาณปรอทที่พบในปลาไหล (pike) ซึ่งจับในแหล่งน้ำบริเวณโรงงานผลิตกระดาษมีค่าสูงถึง 9.8 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งเป็นระดับสูงที่สุด (36-39)

ในปี 1917 นายแพทย์ชื่อ Hamilton ค้นพบว่าการเปราะเปื้อนของซีดีเนียมในโรงงานอุตสาหกรรม โดยพบว่าคนซึ่งทำงานในโรงกลึงโลหะทองแดงมีอาการพิษเรื้อรัง (chronic) ของซีดีเนียม และ Hamilton ได้บันทึกรายละเอียดไว้ในปี 1924 (40) ต่อมา Buchan (41) รายงานว่าพบซีดีเนียมที่ฟุ้งกระจายปะปนอยู่ในอากาศในโรงงานอุตสาหกรรมการพิมพ์ ซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างการทำแม่พิมพ์ โดยหมึกพิมพ์ที่ใช้มีซีดีเนียมในรูปของกรกอบู 52 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยทั่ว ๆ ไปปริมาณของซีดีเนียมที่พบในอากาศมีความเข้มข้นน้อยกว่า 0.2 ส่วนในล้านส่วน หรือ 0.000662 มิลลิกรัมต่อลิตร และในบางครั้งในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ อาจพบปริมาณของซีดีเนียมขึ้นสูงถึง 0.001 หรือ 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร

Smith และ Westfall (42) รายงานถึงปริมาณของซีดีเนียมในน้ำธรรมชาติโดยทั่ว ๆ ไปว่า มีอยู่ในระดับไมโครกรัมต่อลิตร และในบางพื้นที่ที่มีซีดีเนียมปะปนอยู่ในดิน อาจมีปริมาณซีดีเนียมถึง 50 - 300 ไมโครกรัมต่อลิตร และในปี 1964 Rosenfeld และ Beath (43) กล่าวว่า ซีดีเนียมจำนวนน้อยในปริมาณที่มากกว่า 2,000 ไมโครกรัม-

คอลิตร อาจทำให้เกิดผลร้ายต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมได้ เช่น ครอบครวหนึ่งในประเทศอินเดีย ได้นำน้ำนมที่มีปริมาณของซีดีเนี่ยมสูงถึง 9,000 ไมโครกรัมคอลิตรมาใช้ดื่มโดยบังเอิญ ทำให้เกิดเป็นอาการพิษขึ้น

### 1.5.3 ความเป็นพิษของปรอท สารประกอบของปรอท ซีดีเนี่ยม และสารประกอบของซีดีเนี่ยม

สารประกอบของปรอท และซีดีเนี่ยมส่วนมากมีความเป็นพิษสูง แต่ที่เป็นอันตรายร้ายแรงที่สุดคือ สารประกอบของปรอทเมทิล (44) ซึ่งถูกดูดซึมผ่านปอดและผิวหนังได้ การดูดซึมของสารพิษเข้าสู่ร่างกายมีได้ 3 ทาง คือ ทางการหายใจ ทางผิวหนัง และระบบทางเดินอาหาร (32)

สารประกอบอินทรีย์ของปรอท เมื่อเข้าสู่ร่างกายแล้วไม่ว่าจะโดยทางอาหารหายใจหรือทางผิวหนังก็ตาม ประมาณร้อยละ 50 จะถูกดูดซึมเข้าในเส้นโลหิตและถูกขับออกทางปัสสาวะในรูปของสารเดิมอย่างรวดเร็ว การเก็บสะสมจะมียอยู่ใน ไต ตับ สมอง ม้าม และบริเวณทางเดินอาหาร อาการเป็นพิษที่แสดงออกคือ เหงือกอักเสบ เมื่อมีช่องปากอักเสบ มีจุดสีน้ำตาลดำที่เหงือก ตอมน้ำลายอักเสบมีน้ำลายไหล ถ้าเป็นมากซึ่งอาจหลุดได้ ถ้ารับประทานปรอทกลอไรด์เข้าไปจะทำให้เกิดอาการคันของกล้ามเนื้อที่มือ หน้าและอื่น ถ้าเป็นมาก มีผื่น แขน และขาอาจแข็งเกร็ง ไตอักเสบและอาจมีเลือดจากไตปนออกมากทางปัสสาวะ เกิดอาการทางจิต ทำให้อนอนหลับกระสับกระส่าย ความจำเสื่อม ประสาทหลอน (2,3,9,45)

อาการพิษจากสารประกอบอินทรีย์ของปรอทรุนแรงกว่าสารประกอบอินทรีย์ของปรอท ความเป็นพิษส่วนใหญ่มีต่อระบบประสาทส่วนกลาง มีอาการคันของกล้ามเนื้อ มือสั่น ตัวสั่น เหนื่อยเซื่องซึมไม่คอยได้ หูไม่ชัด เป็นแผลฟกช้ำที่กระจกตา ทำให้สายตา มองเห็นได้แคบ ถ้าเป็นนาน ๆ อาจบอดได้ และเกิดการอักเสบที่ไต (2,12,32,45,46) ในปี 1969 Suzuki ได้รายงานถึงปริมาณปรอทเมทิลและปรอทเอทิลว่า จะต้องมีค่ามากกว่า 50 ส่วนในล้านส่วน และ 15 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ จึงทำให้เป็นพิษถึงตายได้ (47)

อาการพิษเนื่องจากซีลีเนียม และสารประกอบของซีลีเนียมนั้น Filatova (48) รายงานไว้ว่า ถ้าผู้ปฏิบัติงานหายใจเอาซีลีเนียมแอนไฮไดรด์หรือไฮโดรเจนซีลีไนด์ ( $\text{SeH}_2$ ) ในโรงงานอุตสาหกรรมเข้าไปอยู่ตลอดเวลาในปริมาณ 0.01 - 0.03 มิลลิกรัม ต่อลิตร จะทำให้เกิดอาการต่าง ๆ เป็นต้นว่า คลื่นเหียน อ่อนเพลีย เบื่ออาหารและง่วงอึกเสบ เวียงวิม น้ำหนักลด ไอหืดจาง และทำให้ลมหายใจมีกลิ่นเหม็น Middleton (49) กล่าวถึงอาการที่เกิดขึ้นจากอุบัติเหตุของนักเคมีคนหนึ่ง ซึ่งโดยซีลีเนียมไดออกไซด์ปนเข้าที่เห็นว่า มีอาการอึกเสบของเยื่อหุ้มตาและมีอาการคล้ายเป็นหูดหินที่เยื่อหุ้มตาขาว ภายหลังจากอุบัติเหตุ 7-8 ชั่วโมง และอีก 16 ชั่วโมงต่อมา มีอาการเจ็บปวดรุนแรงที่ตา ตำรวจหาซีลีเนียม อาจเข้ารวมกับโปรตีนของเนื้อเยื่อ (tissue protein) ทำให้ยากแก่การรักษา Pringle (50) ยังอธิบายถึงโรคผิวหนังที่เกิดจากซีลีเนียมไดออกไซด์และกรดซีลีนิคว่า เมื่อเกิดการเปราะเปื้อนเกิดขึ้นบนผิวหนัง จะทำให้เกิดเป็นแผลฟกช้ำ มีรอยไหม้ รอยรุกรุมขุ่น และเป็นแผลพองนี้หนอง Duvoir และคณะ (51) อธิบายเพิ่มเติมว่า อาการที่เกิดนี้เป็นผลโดยตรงจากหินของซีลีไนต์ไดออกไซด์ (selenite ion) ในปี 1947 Clinton (52) รายงานว่า ถ้าหายใจเอาควันของซีลีเนียมเข้าไปจะทำให้เกิดอาการระคายเคืองที่ตา ง่วงอึกเสบ และปวดหัวอย่างรุนแรงด้วย

พิษของซีลีเนียมที่ได้รับอย่างเฉียบพลัน (acute) จะมีผลต่อระบบประสาท ส่วนกลางซึ่งทำให้มีอาการเหมือนเป็นโรคเส้นประสาท ประสาทอ่อน เวียงวิม บางทีมีอาการคันและอึกเสบ พิษเรื้อรังที่ได้รับโดยการหายใจเข้าไปมีอาการดังนี้ คือ อึกเสบเป็นฝ้า โรคประสาท ถ้าใส่หน้ากากอึกเสบ ลมหายใจมีกลิ่นเหม็น ต้มบละน้ามถูกทำลาย ไอหืดจาง และเจ็บกระดูกตามส่วนเอว (2,32) Dudley (53) ได้กล่าวถึงพิษเรื้อรังของซีลีเนียมที่ได้รับจากการรับประทานอาหารที่ปลูกบนดินที่มีซีลีเนียมเข้าไปเพียงจำนวนน้อยว่า ทำให้กระเพาะและตับทำงานผิดปกติ อาการที่ตามมาคือ เวียงวิม หน้ามืด อ่อนเพลีย ใจหวนเวียน อารมณ์ไม่ปกติ และเมื่อยล้ามาก

การเก็บสะสมซีลีเนียมและสารประกอบของซีลีเนียมพบว่ามีปริมาณสูงสุดในไต, ตับ, นม, ตับอ่อน, หัวใจ และปอด รองลงมาคือผิวหนัง และร่างกายจะสะสมสารอินทรีย์ของซีลีเนียมมากกว่าสารอนินทรีย์ (2) โดยทั่วไปค่าเฉลี่ยของซีลีเนียมในร่างกายมนุษย์มีค่าประมาณ 14.6 มิลลิกรัม ปริมาณที่พบในตับมีค่าประมาณครึ่งหนึ่งของที่พบในไต อัตราส่วนความเข้มข้นของซีลีเนียมในเม็ดโลหิตต่อพลาสมา มีค่าประมาณ 3 : 1 นอกจากนี้ยังพบซีลีเนียมในน้ำนม เส้นผม และในทารกด้วย แกะระดับของซีลีเนียมในคนไม่ได้เพิ่มขึ้นตามอายุ (31)

การดูดซึมและการเก็บสะสมของซีลีเนียม และสารประกอบในร่างกายมีผลไม่แตกต่างกัน ซีลีเนียมส่วนมากจะถูกขับออกจากร่างกายในระยะ 15 - 20 วันแรก แต่สารอนินทรีย์และอินทรีย์ของซีลีเนียมจำนวนมาก สามารถตรวจพบได้แม้สัปดาห์ ภายหลังจากระยะเวลา 1 เดือน และ 6 เดือน ตามลำดับ โดยทั่ว ๆ ไปซีลีเนียมจะถูกขับออกมาทางปัสสาวะมีค่าประมาณ 2 เท่าของทางอุจจาระ (54)

ถ้ามีปริมาณของซีลีเนียมสะสมอยู่ในสัตว์มากเกินไปจะเกิดพิษขึ้น ทำให้เกิดเป็นโรคที่เรียกว่า "blind staggers" และ "alkali disease" ยังผลให้เกิดความผิดปกติอย่างรุนแรงต่อระบบหายใจ ตับและการทำงานของต่อมไร้ท่อ อาการที่แสดงออกของโรค blind staggers คือเดินโซเซ ปวดท้อง เป็นอัมพาตและภายในที่สุดเนื่องจากระบบหายใจหยุดทำงาน ส่วนโรค alkali disease จะมีอาการชูกบวม ชา ความกระปรี้กระเปร่า เกิดการร่วงของขนที่คอและหาง และเกิดการแยกออกของกิมที่เท้า (2)

#### 1.5.4 กรรณวิธีวิเคราะห์ ปริมาณของปรอทและซีลีเนียม

1.5.4.1 การวิเคราะห์แบบนิวตรอนแอกติเวชัน โดยใช้เฉพาะเครื่องมือนิวตรังดี (Instrumental neutron activation analysis) ในปี 1972 Guinn (55) รายงานการวิเคราะห์ปริมาณของปรอทในปลาและเมล็ดพืช โดยนำตัวอย่างไปอบรังสีนิวตรอน (thermal neutron) ที่มีความเข้มข้นของนิวตรอน (neutron flux) สูง

และทำให้การวัดปรอท-197 ซึ่งมีความไวสูงสุด มีครึ่งชีวิต 65 ชั่วโมง สามารถวิเคราะห์ระดับปรอทได้ต่ำสุดถึง 0.01 ส่วนในล้านส่วน และต่อมา Giann และ Kishore (56) ได้รายงานผลการวิเคราะห์ปรอท ซีลีเนียม และสังกะสีในตัวอย่างต่าง ๆ จากทะเล เช่น สหราชอาณาจักร ปลาฉลาม ปลาโลมา ปลาวาฬ และปลาอาคาบาคอร์ (albacore) โดยนำไปอาบรังสีนิวตรอนและใช้หัววัดรังสีเจอร์เมเนียม-ลิเทียม Ge(Li) สามารถวัดความเข้มข้นของปรอท ซีลีเนียมและสังกะสีได้ต่ำถึง 0.01 ส่วนในล้านส่วน, 0.02 ส่วนในล้านส่วน และ 0.2 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ

Robertson และ Carpenter (57) รายงานการวิเคราะห์โลหะจำนวนน้อยที่เป็นพิษคือ ปรอท ทองแดง เงิน สารหนู พลวง โครเมียม ซีลีเนียม และสังกะสี ในสิ่งแวดล้อม 5 ชนิด ได้แก่ น้ำจืด (fresh water), น้ำทะเล (seawater), สิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ ในทะเล (marine organism), ตะกอน (sediments) และอากาศเหนือทะเล และในปีเดียวกันนี้ Dutov และคณะ (58) ทำการวิเคราะห์ปริมาณของซีลีเนียมในตะกอนดิน โดยใช้เทคนิคโพโลเนียม-เบริลเลียม (Po-Be source) เป็นต้นกำเนิดรังสีนิวตรอน ซึ่งตั้งอยู่ที่กึ่งกลางของสารพาราฟิน (paraffin) ปริมาณ 60 x 60 x 60 ลูกบาศก์เซนติเมตร และมีช่องกว้าง 20 เซนติเมตร สำหรับนำตัวอย่างไปอาบรังสี หลังจากอาบรังสีนาน 55 วินาทีในความเข้มข้นของนิวตรอน  $2 \times 10^4$  นิวตรอน/ลูกบาศก์เซนติเมตร/วินาที แล้วนำสารตัวอย่างไปวัดรังสีแกมมา โดยวัดซีลีเนียม-77 m ผลปรากฏว่า สามารถวิเคราะห์ซีลีเนียมได้โดยมีความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 1.5

1.5.4.2 การวิเคราะห์แบบนิวตรอนแอคติเวชัน โดยใช้วิธีแยกทางเคมี เนื่องจากในการวิเคราะห์แบบ 1.5.4.1 ไม่อาจนำมาใช้วิเคราะห์ปรอทและซีลีเนียมที่มีปริมาณน้อย ๆ ได้ หรือถ้าโดยขอมจะกองไว้ระยะเวลาอันยาวนาน จึงไม่สะดวก ดังนั้นหลังจากการอาบรังสีนิวตรอนแล้วจึงนิยมแยกปรอทและซีลีเนียมในสารตัวอย่างให้เป็นสารประกอบบริสุทธิ์เสียก่อน โดยกรรมวิธีทางเคมีแล้วจึงนำไปวัดรังสี กรรมวิธีดังกล่าวมีคุณท้าวการศึกษาไว้หลายวิธี อาทิเช่น De Goeij และคณะ (59) ชาวเนเธอร์แลนด์



รายงานว่ นับตั้งแต่ปี 1967 ได้มีการนำเอาวิธีวิเคราะห์นิวตรอนแอคทีเวชันมาใช้ในประเทศในการสำรวจการกระจายของปรอทในน้ำ พืช ปลา นก เนื้อเยื่อของสัตว์เลี้ยง-ลูกด้วยนม ของเส้นทางชีววิทยา เครื่องบริโกลด ผลผลิตทางอุตสาหกรรมและทางคามเภสัชกรรม ดังนั้นจึงได้มีการประดิษฐ์เครื่องมืออัตโนมัติ เพื่อที่จะนำมาใช้วิเคราะห์ปรอทที่มีค่าสูงกว่า 0.1 ส่วนในล้าน ๆ ส่วน (ppb) ในการปฏิบัติประจำ (Routine) และความสามารถวิเคราะห์สารตัวอย่างได้ 90 ตัวอย่างต่อหนึ่งสัปดาห์

Bader และ Hedrich (60) ได้ศึกษาหาปริมาณของปรอทจำนวนน้อยในตัวอย่างสิ่งมีชีวิตโดยอาศัยเทคนิคการสกัด (solvent extraction) กล่าวคือ ภายหลังจากนำสารตัวอย่างไปอาบรังสีนิวตรอนแล้ว นำมาละลายด้วยกรดในเครื่องมือที่เรียกว่า Bethge (Bethge apparatus) แล้วสกัดแยกปรอทออกโดยใช้สารละลายไตรโทลในคาร์บอนเตตระคลอไรด์สกัดกลับ (back extract) ปรอทในชั้นอินทรีย์ด้วยกรดเกลือแล้วนำชั้นกรดเกลือมาวัดรังสีแกมมาของปรอท -197 โดยใช้หัววัดเจอร์เมเนียม-ดีเทียมวิธีนี้สามารถวิเคราะห์ปรอทได้ต่ำสุด 0.05 ส่วนในล้านส่วน และใช้ได้กับตัวอย่างทางชีววิทยาหลายชนิด คือ ผม โคลน น้ำมันกับปลา และมันฝรั่ง

ในปี 1973 wimmer และ Haunold (61) ได้ค้นคว้าหาวิธีวิเคราะห์ดินประเทศออสเตรีย โดยนำดิน 0.5 กรัม บรรจุในหลอดซิลิกา (silica ampoule) และเผิกให้สนิทมาอาบรังสีนิวตรอนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่ความเข้มของนิวตรอนประมาณ  $3 \times 10^{13}$  นิวตรอนต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที และทิ้งไว้ 5 วัน นำดินที่อาบรังสีแล้วมาเผากับปรอทอาซิเตด 50 มิลลิลิตร นำสารละลายที่กรองแล้วไปทำปฏิกิริยากับกรดทริคลอโรอะซิติกและแคลเซียมไนเตรต  $\text{La}(\text{NO}_3)_3$  เพื่อลดการกวนของธาตุนั้น ปรับ pH ให้มีค่าเท่ากับ 8-9 ด้วยสารละลายอิมโมเนีย เปลี่ยนปรอท +2 เป็นไอโอดปรอท ด้วยกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) หลังจากนั้น 2 ชั่วโมง เติมกรดไนตริกเพื่อละลายไฮดรอกไซด์ที่ตกตะกอนปนมาด้วย กรองตะกอนด้วยเยื่อบาง ๆ (membrane-filter) แล้วนำมาละลายในกรดไนตริกเพื่อที่จะวัดปรอท -197 โดยมีกัลยี่ดที่ไครมมีค่าเท่ากับร้อยละ 75 - 90

Van der Sloot และ Das (62) ทำการวิเคราะห์ปริมาณของปรอทในน้ำทะเล และน้ำผิวพื้น (surface water) โดยการทำให้ระเหยเป็นไอ (Volatilization) แล้วปล่อยให้ดูดซับบนคอลัมน์ของถ่าน (charcoal column) วิธีการนี้มีขีดจำกัดของการวิเคราะห์เท่ากับ 1 นาโนกรัมต่อลิตร (ng/l)

ในปี 1972 Montoloy และคณะ (63) ได้ใช้วิธีง่าย ๆ ในการวิเคราะห์ปริมาณของปรอทในปลาโดยอาศัยเทคนิคของการแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange) กล่าวคือ หลังจากอามรังสีนิวตรอนและปล่อยทิ้งไว้สักระยะเวลาหนึ่ง แล้วนำตัวอย่างมาละลายในสารผสมของกรดกำมะถัน - กรดไนตริกและเกลือเมตาวาเนเตต (metavanadate salt) เป็นเวลา 20 นาที นำสารละลายมาทำให้เป็นกลางแล้วนำไปผ่านไอโอไดเนเตรซิน ซึ่งจะจับไว้เฉพาะปรอทรังสี วัตปรอท -197 ด้วยเครื่องวัดรังสีแกมมา โดยใช้หัววัดรังสีโซเดียมไอโอไดด์ - แคลเซียม NaI(Tl) ชนิดบาง ขีดจำกัดความไวที่ได้มีค่าเท่ากับ 2.5 ส่วนในล้าน ๆ ส่วน และความเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (relative standard deviation) ของวิธีการวิเคราะห์นี้มีค่าร้อยละ 6.7 และต่อมา Lukowitz และคณะ (64) ได้นำวิธีเดียวกันนี้ไปใช้หาปริมาณของปรอทในปลาทุกกระป๋องในประเทศเวเนซุเอลา และพบว่าขีดจำกัดของการวัดมีค่า 2.3 นาโนกรัมต่อกรัม ความเข้มข้นของปริมาณปรอทที่วิเคราะห์ได้เท่ากับ 0.071 - 1.33 ส่วนในล้านส่วน

Guinn และคณะ (65) ได้รายงานเพิ่มเติมในปี 1973 เกี่ยวกับการหาธาตุจำนวนน้อยในตัวอย่างสิ่งมีชีวิตทางทะเล โดยอาศัยการกลั่นแยกปรอท ซีลีเนียม สารหนู และพลวง ในรูปของสารประกอบโบรไมด์ สำหรับส่วนที่เหลือจากการกลั่น นำมาผ่านใน HAP (hydrated antimony pentoxide) เพื่อลดโซเดียม-24 ซึ่งจะรบกวนอย่างมากกับการวัดรังสีแกมมา นำสารละลายหลังจากผ่าน HAP แล้วมาผ่านคอลัมน์ โดยประยุกต์เทคนิคของการแลกเปลี่ยนไอออน แล้วนำไปวัดด้วยเครื่องวัดรังสีแกมมา โดยใช้หัววัดเจอร์เมเนียม-ลิเทียม วิธีที่พัฒนาแล้วนี้ ให้ความแน่นอนและแม่นยำ ในการหาธาตุจำนวนน้อยในตัวอย่างสัตว์ปลา

006501

ในปี 1974 Byrne และ Kosta (66) วิเคราะห์หาปริมาณซีลีเนียมและปรอท  
 รวม ๆ กันในตัวอย่างสิ่งมีชีวิต โดยการทำให้กลายเป็นไอ แล้วจับปรอทและซีลีเนียม  
 ไว้บนกระดาษที่ชุบด้วยซีลีเนียม สำหรับสิ่งอื่น ๆ ที่ปะปนมาด้วย จะกำจัดออกโดยกรอง  
 ผ่านชุดเครื่องกรองที่เหมาะสมสำหรับสารนั้น ๆ นำกระดาษที่ดูดซับปรอทและซีลีเนียม  
 มาวัดปริมาณรังสีของปรอท-197 และซีลีเนียม-75 ด้วยเครื่องวัดรังสีแกมมา และห่าวัด  
 โซเดียมไอโอไดค์-เทลเลียมชนิดหลุม (well-type) วิธีที่พัฒนาแล้วนี้ได้นำมาทดสอบ  
 เพื่อหาความเชื่อมั่น โดยวิเคราะห์สารตัวอย่างมาตรฐานทางชีววิทยา (standard  
 biological materials) ปรากฏว่าได้รับผลเป็นที่น่าพอใจ

Rook และคณะ (67) ใช้วิธีเผาทำลายสารตัวอย่างในบรรยากาศของออก-  
 ซิเจนแล้วควบแน่น (condense) ไอของโลหะปรอทลงในไนโตรเจนเหลวละลายปรอท  
 ที่จับไว้ด้วยกรวดไนตริก แล้วนำไปวัดด้วยเครื่องวัดรังสีแกมมา โดยใช้หัววัดเจอร์เมเนียม-  
 ซีลีเนียม วัดปรอท-197 และในปีเดียวกัน Rook ได้นำวิธีเดียวกันนี้มาใช้วิเคราะห์หา  
 ปริมาณของซีลีเนียมด้วย (68)

ในปี 1975 นายปฐม แหยมเกตุ (69) ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณของ  
 ปรอทในปลาทะเลจามมี 5 ชนิดในอ่าวไทย ซึ่งเป็นวิธีที่พัฒนามาจากวิธีของ Sjöstrand  
 (70) โดยเลือกเฉพาะเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อส่วนหลังของตัวปลา ทำให้แห้งโดยเทคนิคการ  
 เยือกแข็ง แล้วจึงนำเข้าอานรังสีนิวตรอน หลังจากนั้นใช้วิธีแยกทางเคมี โดยการก่อกัน  
 สารตัวอย่างให้ได้อาหารประกอบปรอทที่บริสุทธิ์ แล้วตรวจนับปริมาณรังสีแกมมาของปรอท-203  
 ซึ่งจำกัดของวิธีวิเคราะห์นี้ สำหรับปรอทมีค่า 0.0001 ไมโครกรัม