บทที่ 1

บทนำ

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

คัดเมียมมีน้ำหนักอะตอม 112.41 จุดหลอมเหลว 321 องศาเซลเซียส จุดเดือด 767 องศาเซลเซียส ส่วนใหญ่พบในสินแร่ greenockite หรือที่เรียกกันว่า cadmium blende (CdS) ซึ่งมีคัดเมียมประมาณร้อยละ 77.6 นอกจากนี้ยังพบคัดเมียมในแร่สังกะสีและแร่ตะกั่วด้วย แต่มีปริมาณค่อนข้างต่ำ

ในปัจจุบัน มีการใช้คัดเมียมกันอย่างกว้างขวาง อาทิ ในกิจการ-อุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น การผลิตแบตเตอรี่ การชุบโลหะด้วยไฟฟ้าโดยใช้คัดเมียมเป็นตัวป้องกัน (protective coating) สำหรับโลหะเหล็ก เหล็กกล้า และทองแดง ใช้ผสมกับโลหะต่าง ๆ เช่น ทองแดง ตะกั่ว บิสมัท เงิน นิเกิล ฯลฯ ในการทำโลหะผสม (alloy) ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง เช่น การเคลือบสายโทรศัพท์ การทำรางรถไฟ เป็นต้น ในอุตสาหกรรมทำแก้วใช้สารประกอบพวกคัดเมียมซัลไฟด์ และซัลโฟ-ซิลิไนด์เป็นเม็ดสี (pigments) ในการผสมแก้ว เนื่องจากสามารถทนความร้อนได้สูงมาก นอกจากนี้ยังใช้คัดเมียมในการทำแท่งควบคุม (control rod) เพื่อเป็นตัวดูดนิวตรอน (neutron absorber) ในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู (1) ด้วย ในทางเกษตรกรรมมีการใช้สารประกอบออกไซด์และไฮดรอกไซด์ของคัดเมียมเป็นส่วนผสมในการผลิตยาฆ่าแมลงเช่นกัน และพบว่าสามารถใช้ได้ผลดีเทียบเท่ากับการใช้ตะกั่วอาซิเนท (2)

คัดเมียมสามารถเข้าสู่ร่างกายได้สามทางคือ ทางปาก ทางจมูก และทางผิวหนัง อันตรายของคัดเมียมส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากที่มนุษย์หายใจไอออกไซด์

ของคัดเมียมในอากาศเข้าไปซึ่งจะมีผลในการทำลายระบบทางเดินหายใจทำให้เกิดการระคายคอ จมูกอักเสบ หายใจขัด ไอ คลื่นไส้อาเจียร อ่อนเพลีย ปวดเมื่อยตามกล้ามเนื้อ เป็นไข้หนาวสั่น ปอดบวม ปอดผิดปกติ เพราะเยื่อปอดถูกทำลาย และพบว่าอาจทำให้เกิดมะเร็งได้ด้วย เนื่องจากคัดเมียมสามารถสะสมได้ในปอด ตับ ไต ตับอ่อน ซึ่งไอคัดเมียมนี้อาจมาจากการถลุง และหลอมคัดเมียมหรือสาร-ประกอบของคัดเมียมในรูปคัดเมียมออกไซด์และสารประกอบรูปอื่น ๆ จากธรรมชาติหรืออุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้คัดเมียม ส่วนอันตรายอันเกิดจากการรับประทานคัดเมียมเข้าไปนั้นอาจมีบ้างโดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์ เช่น การใช้ภาชนะที่มีคัดเมียมเป็นองค์ประกอบบรรจุเครื่องดื่มหรืออาหารที่มีสภาพเป็นกรด ซึ่งสามารถชะคัดเมียมให้ออกมาปนกับอาหารที่รับประทานได้ ในกรณีนี้ถ้าร่างกายได้รับเป็นประจำและสะสมไว้ในปริมาณที่มากพอ ย่อมเกิดอันตรายได้โดยจะทำให้ร่างกายไม่เจริญเติบโตเท่าที่ควร ประสิทธิภาพในการย่อยโปรตีนและไขมันลดลง ทำให้โปรตีนและไกลโคเจนถูกขับออกมาปนกับปัสสาวะ ทำให้ปัสสาวะกระปริบกระปรอย เกิดอาการของโรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจ นอกจากนั้นแล้วคัดเมียมสามารถเข้าแทนที่โลหะสังกะสี และคัลเซียมในร่างกายได้อีกด้วย (3) สำหรับอันตรายเมื่อคัดเมียมสัมผัสกับผิวหนังนั้น ถ้าผิวหนังไม่มีบาดแผลอยู่ก่อนแล้วพบว่าจะไม่มีอันตรายแต่ประการใด

Hardy และ Shinner พบว่าคนงาน 5 คนในโรงงานถลุงคัดเมียมในรัฐแมสซาจูเซท สหรัฐอเมริกา มีอาการของคัดเมียมเป็นพิษ กล่าวคือ มีอาการไอ กระเพาะอาหารพิการ เหนื่อยอ่อน โลหิตจาง (4)

Friberg รายงานว่า คนงานจำนวน 58 คน ในโรงงานแบตเตอรี่ในประเทศสวีเดนมีอาการของปอดอักเสบ ฟันเหลือง ระบบทางเดินหายใจเสื่อม และมีโปรตีนปนมาในปัสสาวะ (5, 6)

Baader ศึกษาโรคที่เกิดขึ้นกับคนงานในโรงงานแบตเตอรี่ในประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน พบว่าส่วนใหญ่เป็นโรคริดสีดวงจมูก ปอดอักเสบ มีโปรตีนปนมากับปัสสาวะ และฟันเหลือง (7)

ในชีวิตประจำวันของมนุษย์ คัดเมียมอาจเข้าสู่ร่างกายได้ทางอากาศที่หายใจเข้าไปโดยผลจากการเปรอะเปื้อน (contamination) ของคัดเมียมจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่ใช้คัดเมียมในขบวนการทางเคมีและ/หรือจากไอเสียของยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์ โดยเฉพาะในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่าในเขตที่มีการจราจรหนาแน่น จะมีปริมาณคัดเมียมในอากาศสูงถึง 4.9 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และในย่านโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้คัดเมียมพบว่าในอากาศที่หายใจเข้าไปมีคัดเมียมอยู่ในช่วง 7.3-135.4 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (3) ซึ่งสูงกว่าค่าระดับคัดเมียมที่พบในอากาศที่หายใจในประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีค่าสูงสุด 0.062 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (8) และในสหรัฐอเมริกาพบว่าคนไข้ 117 ราย ที่ตายด้วยอุบัติเหตุมีคัดเมียมในอวัยวะและเนื้อเยื่อต่าง ๆ สูงถึง 2940 ±120 ไมโครกรัมต่อกรัมของเนื้อเยื่อแห้ง (dry) และคนไข้ 17 ราย ที่ตายด้วยโรคความดันโลหิตสูง พบคัดเมียมในอวัยวะและเนื้อเยื่อต่าง ๆ ถึง 4220 ± 390 ไมโครกรัมต่อกรัมของเนื้อเยื่อที่เผาแห้งแล้ว (9)

นอกจากโรงงานอุตสาหกรรมดังกล่าวจะปล่อยคัดเมียมกระจายออกสู่บรรยากาศแล้ว บางครั้งอาจปล่อยน้ำทิ้งซึ่งมีคัดเมียมหลงเหลืออยู่ลงสู่แม่น้ำลำคลองโดยมิได้ดำเนินการขจัดคัดเมียมออกเสียก่อน ซึ่งทำให้เกิดความเปรอะเปื้อนในสิ่งแวดล้อมได้อีกประการหนึ่งด้วย คัดเมียมที่มีปะปนอยู่ในน้ำทิ้งนั้นอาจสะสมอยู่ใน/บนดิน ที่ใช้ในการกสิกรรม ในปลาหรือสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้น ฉะนั้นจึงทำให้มีการหมุนเวียนของคัดเมียมจากสัตว์สู่มนุษย์ในสภาพวัฏจักรทางอาหาร (food chain) ขึ้น ซึ่งในลักษณะนี้จะทำให้มนุษย์ได้รับคัดเมียมโดยทางอ้อมได้อีกด้วย

ตัวอย่างที่แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนคือในประเทศญี่ปุ่นซึ่งมีโรงงานหนาแน่น และปล่อยคัดเมียมออกปะปนในน้ำทิ้ง อาทิเช่น โรงถลุงทองแดง ตะกั่ว และ สังกะสี ทำให้คนงานและประชาชนซึ่งอยู่โดยรอบได้รับอันตรายจากโรคคัดเมียมเป็นพิษ ซึ่งมีชื่อเรียกว่า Itai-itai กล่าวคือ ผู้ป่วยจะมีอาการขาดไวตามินดี และคัดเมียมเข้าแทนที่คัลเซียมในกระดูก โดยเฉพาะในกระดูกหน้าแข้งและซี่โครง ทำให้ผู้ป่วยมีอาการเป็นง่อย และมีท่าทางการเดินเหมือนเป็ด (ducklike gait) (10)

คัดเมียมเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะโดยทางตรงหรือทางอ้อม จะเข้าไปอยู่ในกระแสโลหิต ตับ ไต หัวใจ สมอง บางส่วนเข้าไปที่กระดูกและฟัน อันตรายจะมีมากหรือน้อยขึ้นกับปริมาณที่ร่างกายได้รับเข้าไป ถ้าได้รับมากอาจทำให้ตายในทันที น้อยลงมาอาจทำให้เกิดการอาเจียรทำให้กระเพาะลำไส้เป็นผื่นแดงคล้ายถูกไฟลวก Schwarze และ Aisberg (11) พบว่าปริมาณคัดเมียมที่มากที่สุดที่ไม่ทำให้เกิดการอาเจียรคือ 22.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของอาหาร แต่อาจทำให้เกิดอาการท้องร่วง ถ้าได้รับปริมาณน้อย ๆ จะทำให้น้ำหนักตัวลดลง ปริมาณเม็ดเลือดแดงจะลดลงและจำนวนเม็ดเลือดขาวเพิ่มมากขึ้น อันจะทำให้เกิดโรคโลหิตจาง Elkins (12) ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับปริมาณคัดเมียมที่ทำให้เกิดอาการของโรคเหน็บชา พบว่าอยู่ในระดับ 0.01-0.02 มิลลิกรัมต่อลิตรของโลหิต

U.S. Public Health Science (13) รายงานว่าสารที่มีส่วนผสมของคัดเมียมมีอันตรายมากเมื่อเข้าไปในร่างกายของมนุษย์และสัตว์ อาจถึงตายได้เมื่อได้รับปริมาณมากพอหรืออาจเกิดอาการเรื้อรังถ้าได้รับปริมาณน้อย ๆ Schroeder และคณะ (14) พบว่าระดับคัดเมียมที่ทำให้เกิดพิษมีค่าประมาณ 3 พี.พี.เอ็ม และถ้ามีปริมาณของคัดเมียมในระดับ 4000 พี.พี.เอ็ม จะทำให้เกิดอาการอย่างรุนแรง

ในปัจจุบัน มีโรงงานที่ใช้คัดเมียมเป็นองค์ประกอบอยู่เป็นจำนวนมาก และเนื่องจากเป็นที่ทราบกันทั่วไปอย่างแน่ชัดแล้วว่า คัดเมียมและสารประกอบของคัดเมียม

ก่อให้เกิดปัญหามากต่อสิ่งแวดล้อม แม้จะมีอยู่ในปริมาณที่ค่อนข้างน้อยก็ตาม แต่การศึกษาความสัมพันธ์ของคัดเมียมในสิ่งแวดล้อมในประเทศไทยยังไม่กว้างขวางเท่าที่ควรนัก สาเหตุหนึ่งอาจเนื่องมาจากการวิเคราะห์ทางเคมีทั่ว ๆ ไปไม่สามารถนำมาใช้วิเคราะห์คัดเมียมที่มีปริมาณน้อยได้ ประกอบทั้งวิธีที่อาจนำมาวิเคราะห์ได้กล่าวคือ การวิเคราะห์แบบนิวตรอนแอคติเวชั่น (neutron activation analysis) และอะตอมมิคแอบซอพชั่นสเปคโตรโฟโตมิตรี (atomic absorption spectrophotometry) ซึ่งทั้งสองวิธีดังกล่าวเป็นวิธีที่มีความไว (sensitivity) และความเชื่อถือได้ (reliability) ในการวิเคราะห์อยู่ในเกณฑ์สูง จำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่มีราคาค่อนข้างสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิธีวิเคราะห์แบบนิวตรอน-แอคติเวชั่นไม่สามารถกระทำได้สะดวกเนื่องจากต้องใช้เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู ซึ่งมีที่สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ (พปส.) เพียงแห่งเดียวเท่านั้น

เนื่องจากการวิเคราะห์แบบซับสตอยคิโอเมตริคไอโซโทปไดลูชั่น (substoichiometric isotope dilution) เป็นวิธีวิเคราะห์ชนิดหนึ่งที่มีความไวและความแม่นยำในการวิเคราะห์อยู่ในเกณฑ์สูง แต่ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ประกอบการวิเคราะห์ที่มีราคาสูงมากนัก และเทคนิคดังกล่าวยังไม่มีผู้ใดเข้าใจมากพอ จึงมีความคิดที่จะพัฒนาวิธีวิเคราะห์คัดเมียมโดยใช้เทคนิคนี้ขึ้น วิธีที่จะพัฒนานี้นอกจากจะนำมาใช้ในการศึกษาวิจัยเรื่องของคัดเมียมในสิ่งแวดล้อมในประเทศไทยได้แล้วยังอำนวยประโยชน์ให้แก่ผู้ที่สนใจที่จะนำวิธีดังกล่าวไปประยุกต์เพื่อการศึกษาวิจัยได้อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาพัฒนาวิธีวิเคราะห์คัดเมียมโดยเทคนิคของซับสตอยคิโอเมตริค-ไอโซโทปไดลูชั่น

1.2.2 วิธีวิเคราะห์ที่พัฒนาแล้วจะนำมาทดสอบความแน่นอน (accuracy) ของวิธีวิเคราะห์โดยใช้คัดเมียม-109 เป็นสารติดตาม (tracer) รวมทั้งจะตรวจสอบความเชื่อถือได้ของเทคนิคดังกล่าวโดยวิเคราะห์สารตัวอย่างมาตรฐานซึ่งทราบปริมาณคัดเมียมแน่นอนแล้ว (certified value) ของ Professor H.J.M. Bowen*, Bovine Liver และ Orchard Leaves ของ National Bureau of Standards (NBS.)

1.2.3 เพื่อแนะนำเทคนิคการวิเคราะห์คัดเมียมปริมาณน้อยอีกวิธีที่มีความไวและความเชื่อถือได้สูงแก่ผู้ศึกษาวิจัยเรื่องคัดเมียมในสิ่งแวดล้อม

1.3 <u>ขอบเขตของการวิจัย</u>

จะศึกษาพัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์นี้โดยใช้คัดเมียม-109 เป็นสารติดตามตามขั้นการทดลอง ดังนี้

1.3.1 การใช้เทคนิคการสกัด (solvent extraction) แยกคัดเมียมออกจากสารตัวอย่างให้มีความบริสุทธิ์สูงโดยปราศจากตัวรบกวน (interfering substance) และมีเคมิคัลยิลด์ (chemical yield) ใกล้เคียงร้อยละ 100 โดยจะทดสอบตามแฟคเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้คือ

1.3.1.1 ความเข้มข้นและปริมาณของไดไธโซนที่พอเหมาะสมเพื่อใช้ในการสกัด

---

* เป็นสารตัวอย่างซึ่งจัดเตรียมโดย Professor Bowen แผนกเคมีของมหาวิทยาลัย Reading แห่งสหราชอาณาจักร และจัดส่งโดยทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ

1.3.1.2 เวลาที่พอเหมาะเพื่อใช้ในการสกัด

1.3.1.3 ความเข้มข้น และปริมาณของตัวกัน (masking agent) สารที่มารบกวน

1.3.2 การทำสกัดกลับด้วยกรด (back extraction) จะทดสอบ

1.3.2.1 ความเข้มข้นและปริมาณของกรดที่พอเหมาะเพื่อใช้ในการสกัด

1.3.2.2 เวลาที่พอเหมาะเพื่อใช้ในการสกัด

1.3.3 การใช้เทคนิคของซับสตอยคิโอเมตริคไอโซโทปไดลูชั่นโดยศึกษาตามแฟคเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้

1.3.3.1 ความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสม

1.3.3.2 ความเข้มข้นและปริมาณของไดไธโซนที่พอเหมาะเพื่อใช้ในการสกัด

1.3.3.3 เวลาที่พอเหมาะเพื่อใช้ในการสกัด

1.3.4 จะทดสอบความแน่นอนของเทคนิค โดยใช้คัดเมียม-109 และจะทดสอบความเชื่อถือได้ของเทคนิคการวิเคราะห์นี้กับ

1.3.4.1 สารมาตรฐาน Kale ของ Professor H.J.M. Bowen แห่งสหราชอาณาจักร

1.3.4.2 สารมาตรฐาน Bovine liver และ Orchard leaves ของ National Bureau of Standard, Washington, D.C.