



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัยเรื่อง

การแยกและการเพิ่มความเข้มข้นด้วยการสกัดแบบเฟสของแข็งโดยใช้
แอมเบอร์ไลท์ไออาร์ 122 เป็นตัวดูดซับสำหรับหาปริมาณแคดเมียม
ในตัวอย่างน้ำดื่มและน้ำธรรมชาติก่อนตรวจวัดด้วย
เทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรเมตรี

โดย

ผศ. ดร. จินตนา กล่ำเทศและคณะ

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร

วันลงทะเบียน..... ๙ - เม.ย. ๒๕๕๘

เลขทะเบียน..... 1.674.1125

เลขเรียกหนังสือ..... ๖ ๐๐

มีนาคม 2557

๖1
3
จ 4825
2557

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัยเรื่อง

การแยกและการเพิ่มความเข้มข้นด้วยการสกัดแบบเฟสของแข็งโดยใช้แอมเบอร์ไลท์
ไออาร์ 122 เป็นตัวดูดซับสำหรับหาปริมาณแคดเมียมในตัวอย่งน้ำดื่มและน้ำ
ธรรมชาติก่อนตรวจวัดด้วยเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปคโตรเมตรี

คณะผู้วิจัย

1. ผศ.ดร.จินตนา กล่ำเทศ สังกัดภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
2. นางวิลาวัลย์ มั่นคง สังกัดภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
3. นายสมพร กล่ำเทศ สังกัดภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์

สนับสนุนโดยงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยนเรศวร

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยความสนับสนุนเงินทุนจากงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยนเรศวร
ประจำปี 2556

ขอขอบคุณ ภาควิชาเคมีที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือสำหรับการวิจัยครั้งนี้

ผศ. ดร. จินตนา กล่ำเทศและคณะ



บทคัดย่อ

การศึกษาวิธีการเพิ่มความเข้มข้นและหาปริมาณแคดเมียมในน้ำตัวอย่างโดยใช้อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรมิเตอร์ในการตรวจวัด ทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการเพิ่มความเข้มข้นแคดเมียมในตัวอย่างพบว่า สารละลายแคดเมียมปริมาตร 50 มิลลิลิตรถูกดูดซับบนเรซิน Amberlite IR 122 ที่พีเอช 6 จากนั้นทำการชะแคดเมียมไอออนออกด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 3 โมลต่อลิตร โดยใช้เวลาในการดูดซับและการชะเท่ากับ 15 นาที โดยมีร้อยละการกลับคืนแคดเมียมเท่ากับ 75.7% ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์น้อยกว่า 4% และขีดจำกัดในการตรวจวัดแคดเมียมเท่ากับ 0.103 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้นำวิธีวิเคราะห์นี้ไปประยุกต์ใช้ในการหาปริมาณแคดเมียมในตัวอย่างน้ำดื่มที่ผลิตในจังหวัดพิษณุโลกและตัวอย่างน้ำธรรมชาติบริเวณรอบมหาวิทยาลัยนเรศวร พบว่ามีปริมาณแคดเมียมในตัวอย่างน้ำไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตรและมีค่าฟริคอนเซนเทรชันแฟคเตอร์เท่ากับ 1.7

Abstract

A preconcentration method for the determination of Cd(II) in water samples by atomic absorption spectrometer was investigated. The 50 mL solution contained Cd(II) ions were sorbed on Amberlite IR 122 at the pH 6 whereas quantitative desorption occurs with 3 mol L⁻¹ HCl. The loading time values for sorption and desorption are found to be 15 min. The percentage of recovery of Cd(II) was found to be 75.7 %. The relative standard deviation (RSD) of the method was < 4 % and limit of detection of Cd(II) (3s, N=10) was found to be 0.103 mgL⁻¹. The proposed method was applied for the determination of Cd(II) in drinking water samples produced in Phitsanulok and natural water samples around Naresuan University. The results found that a concentration of Cd(II) in collected samples was no more than 0.05 mgL⁻¹ and preconcentration factor of 1.7.

สารบัญ

บทที่	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
บทคัดย่อ.....	ค
สารบัญ.....	จ
สารบัญภาพ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ซ
Executive Summary.....	ณ
1 บทนำ.....	1
ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
ความสำคัญของน้ำ.....	5
วัฏจักรของน้ำ.....	5
คุณภาพของน้ำธรรมชาติ.....	8
ข้อมูลคุณภาพของน้ำที่สำคัญ.....	11
แคดเมียม.....	13
การสกัดด้วยเฟสของแข็ง.....	15
การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในน้ำธรรมชาติ.....	16
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	17
อุปกรณ์และสารเคมี.....	17
การเตรียมสารละลายและวิธีการทดลอง.....	18
4 ผลการทดลอง.....	21
การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเพิ่มความเข้มข้น.....	21
การศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการคนเรซิน.....	21
การศึกษา pH ที่เหมาะสมของสารละลายบัฟเฟอร์.....	22
การศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของ PAR.....	23
การศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการชะสารละลายแคดเมียม.....	23
การศึกษาปริมาณเรซินที่ใช้ในการเพิ่มความเข้มข้น.....	24
การศึกษาชนิดของกรดที่ใช้เป็นตัวชะ.....	25
การศึกษาความเข้มข้นและปริมาตรของกรด HCl.....	25
การศึกษาปริมาตรที่เหมาะสมของสารละลายแคดเมียม.....	26

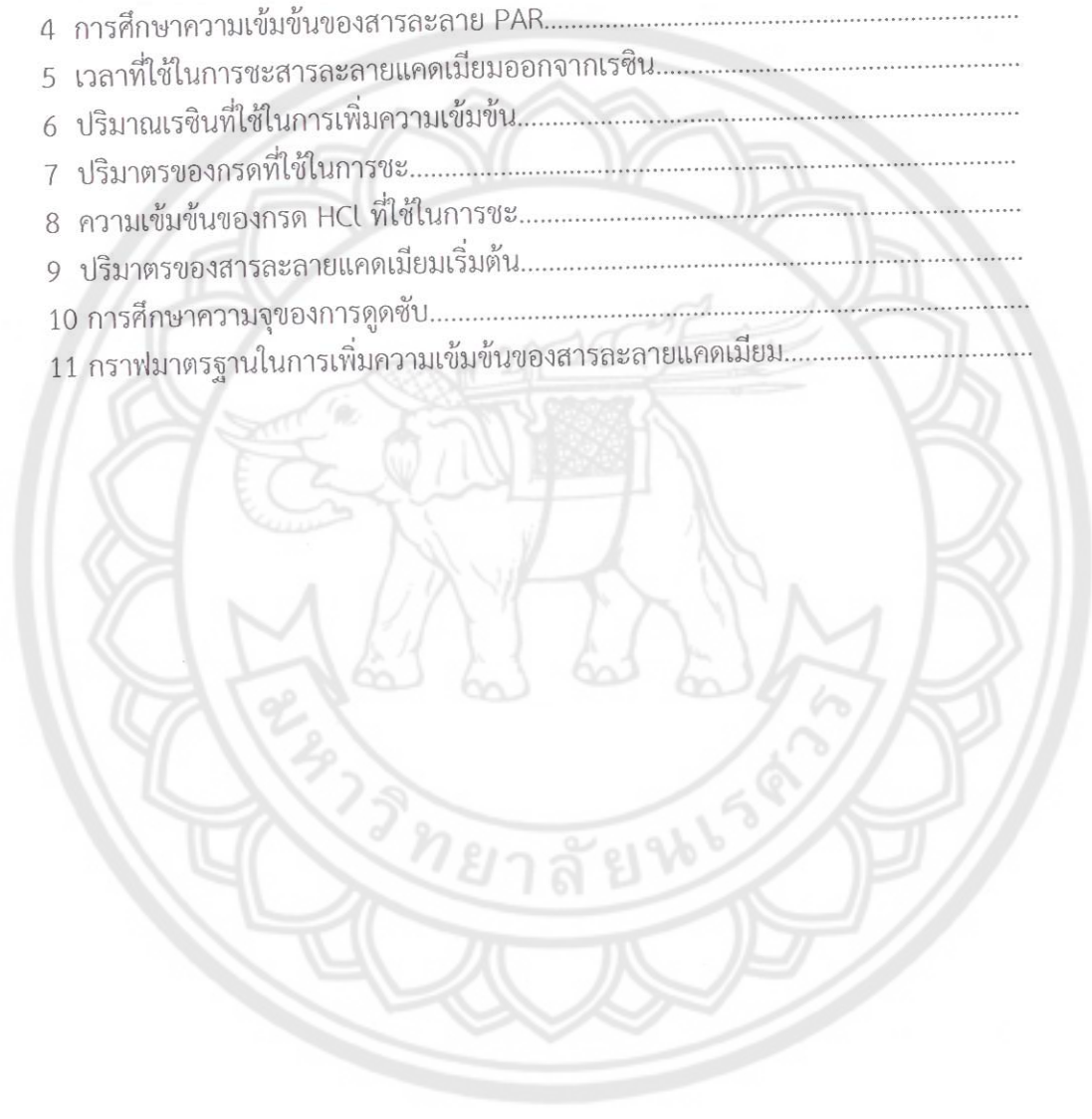
สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
สภาวะที่เหมาะสมในการเพิ่มความเข้มข้น.....	27
การศึกษาค่าความจุของการดูดซับ.....	27
กราฟมาตรฐานในการเพิ่มความเข้มข้น.....	28
การศึกษาความแม่นยำของวิธีการ.....	28
การศึกษาขีดจำกัดของการวิเคราะห์.....	29
การศึกษา Preconcentration factor.....	30
การศึกษาหาปริมาณแคดเมียมในน้ำตัวอย่าง.....	30
5 บทสรุป.....	32
บรรณานุกรม.....	33
Output ที่ได้จากโครงการ.....	36
ภาคผนวก.....	37



สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1 วัฏจักรของน้ำ.....	6
2 การศึกษาเวลาที่ใช้ในการคน.....	22
3 การศึกษา pH ที่เหมาะสมของสารละลายบัฟเฟอร์.....	22
4 การศึกษาความเข้มข้นของสารละลาย PAR.....	23
5 เวลาที่ใช้ในการชะสารละลายแคดเมียมออกจากเรซิน.....	24
6 ปริมาณเรซินที่ใช้ในการเพิ่มความเข้มข้น.....	24
7 ปริมาตรของกรดที่ใช้ในการชะ.....	25
8 ความเข้มข้นของกรด HCl ที่ใช้ในการชะ.....	26
9 ปริมาตรของสารละลายแคดเมียมเริ่มต้น.....	26
10 การศึกษาความจุของการดูดซับ.....	27
11 กราฟมาตรฐานในการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายแคดเมียม.....	28



สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 สภาวะที่เหมาะสมในการเพิ่มความเข้มข้นแคดเมียม.....	๗
2 สารพิษที่พบในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม.....	10
3 วิธีการเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์.....	19
4 สภาวะเริ่มต้นในการศึกษาการเพิ่มความเข้มข้น.....	21
5 การศึกษาชนิดของกรดที่ใช้เป็นตัวชะ.....	25
6 สภาวะที่เหมาะสมในการเพิ่มความเข้มข้นแคดเมียม.....	27
7 การศึกษาความแม่นยำของวิธี.....	29
8 การศึกษาขีดจำกัดของการวิเคราะห์.....	29
9 การศึกษาหาปริมาณแคดเมียมในตัวอย่างน้ำดื่ม.....	30
10 การศึกษาหาปริมาณแคดเมียมในตัวอย่างน้ำธรรมชาติ.....	31



Executive Summary

ทำการศึกษาการเพิ่มความเข้มข้นแคดเมียมโดยใช้ Amberlite IR 122 เป็นเฟสของแข็ง ก่อนวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรเมตรี ทำการศึกษาหาสภาวะต่าง ๆ ที่มีผลต่อการทดลอง โดยทำการเลือกค่าที่มีความเหมาะสมที่สุดซึ่งได้จากพิจารณาค่าร้อยละการกลับคืนของการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียม จากนั้นทำการศึกษาคุณลักษณะต่าง ๆ เช่น ความเป็นเส้นตรง ความแม่นยำของเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ ขีดจำกัดต่ำสุดของการวิเคราะห์และค่า preconcentration factor จากนั้นนำสภาวะต่าง ๆ ที่ได้ไปใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมในตัวอย่างจริง นั่นคือ ตัวอย่างน้ำดื่มที่เก็บภายในจังหวัดพิษณุโลกและตัวอย่างน้ำธรรมชาติที่เก็บรอบ ๆ มหาวิทยาลัยนเรศวร

จากการศึกษาพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่มีผลต่อการทดลองสามารถสรุปสภาวะที่เหมาะสมและคุณลักษณะของการวิเคราะห์ทั้งหมดได้ดังตาราง 1

ตาราง 1 สภาวะที่เหมาะสมในการเพิ่มความเข้มข้นแคดเมียม

ชื่อสภาวะ	สภาวะที่เหมาะสม
เวลาในการคน (นาที)	15
pH ของสารละลายบัฟเฟอร์	6
ความเข้มข้นของสารละลาย PAR (mM)	0.50
เวลาในการชะ (นาที)	15
การศึกษาชนิดของตัวชะ (M)	HCl
ปริมาณของเรซิน (g)	2.0
ปริมาตรของกรด HCl (mL)	10
ปริมาตรของสารละลายแคดเมียม (mL)	50
ความเข้มข้นของกรด HCl (M)	3

จากสภาวะที่เหมาะสมดังตาราง 1 พบว่าวิธีการสกัดโดยใช้ Amberlite IR 122 เป็นเฟสของแข็งสามารถใช้ในการเพิ่มความเข้มข้นแคดเมียมไอออนในตัวอย่างได้ วิธีนี้มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ต่ำและขีดจำกัดในการตรวจวัดแคดเมียม 0.18 มิลลิกรัมต่อลิตร วิธีการนี้สามารถเพิ่มความเข้มข้นแคดเมียมได้ 1.7 เท่า

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

โลกเราประกอบด้วยพื้นดินและพื้นน้ำ ส่วนที่เป็นพื้นน้ำมีอยู่ประมาณ 3 ส่วน (75%) และเป็นพื้นดิน 1 ส่วน (25%) ปัญหาสำคัญ ๆ ของทรัพยากรน้ำที่เกิดขึ้น คือ ปัญหาการมีน้ำน้อยเกินไป ปัญหาการมีน้ำมากเกินไป และปัญหาน้ำเสีย ซึ่งปัญหาน้ำเสียนี้จัดเป็นปัญหาใหม่ในปัจจุบัน สาเหตุที่ทำให้เกิดน้ำเสีย ได้แก่ น้ำทิ้งจากบ้านเรือน ขยะมูลฝอย และสิ่งปฏิกูลที่ถูกทิ้งสู่แม่น้ำลำคลอง น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม น้ำฝนพัดพาเอาสารพิษที่ตกค้างจากแหล่งเกษตรกรรมลงสู่แม่น้ำลำคลอง น้ำเสียที่เกิดขึ้นนี้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ และมนุษย์ ส่งกลิ่นเหม็น รบกวน ทำให้ไม่สามารถนำแหล่งน้ำนั้นมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งการอุปโภค บริโภค เกษตรกรรม และอุตสาหกรรม^[1] นอกจากนี้ในปัจจุบันยังมีการใช้สารเคมีกันอย่างแพร่หลาย ดังนั้นการศึกษาถึงปริมาณและอันตรายจากสารปนเปื้อนเหล่านี้จึงเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อจะได้เป็นแนวทางป้องกัน ควบคุม และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นดังนั้นน้ำจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งกับชีวิตของพืชและสัตว์บนโลกรวมทั้งมนุษย์ เราด้วย เนื่องจากในร่างกายมีน้ำเป็นส่วนประกอบอยู่ร้อยละ 50-75 ของน้ำหนักตัว และทุกเซลล์ต่างมีน้ำเป็นองค์ประกอบ น้ำทำหน้าที่ในกระบวนการหลายอย่างของร่างกาย เช่น ช่วยย่อยและดูดซึมอาหาร ช่วยให้ปฏิกิริยาเคมีและการเผาผลาญอาหารภายในร่างกายเป็นไปตามปกติ ช่วยให้ผิวพรรณสดชื่น ช่วยในการสะสมอาหารและควบคุมอุณหภูมิของร่างกายให้เหมาะสม ด้วยเหตุนี้น้ำที่ใช้บริโภคบริโภคจึงควรเป็นน้ำที่สะอาดปราศจากสารปนเปื้อน โลหะหนักจัดเป็นสารปนเปื้อนชนิดหนึ่งที่พบในน้ำ โดยโลหะหนักส่วนใหญ่มีคุณสมบัติทางกายภาพคล้ายคลึงกัน แต่จะมีคุณสมบัติทางเคมีแตกต่างกัน จึงมีผลทำให้ความเป็นพิษที่เกิดกับสิ่งมีชีวิตต่างกันโลหะหนักมีผลต่อพฤติกรรมในระดับเซลล์ 5 แบบ คือ ทำให้เซลล์ตาย เปลี่ยนแปลงโครงสร้างและการทำงานของเซลล์ เป็นสารก่อมะเร็ง ทำให้เกิดความผิดปกติแต่กำเนิด และทำความเสียหายต่อโครโมโซม^[2]

แคดเมียมจัดเป็นโลหะหนักชนิดหนึ่งที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สัตว์และมนุษย์ เนื่องจากแคดเมียมเป็นธาตุที่ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในกรดไนตริก(HNO_3) และกรดไฮโดรคลอริก(HCl) เจือจางซึ่งจะทำให้เป็นอันตรายต่อคนแบบเฉียบพลันเมื่อกินเข้าไป โดยทั่วไปจะไม่ค่อยพบแคดเมียมในรูปของแคดเมียมบริสุทธิ์ แต่มักจะพบในรูปของสารประกอบของเกลือ เช่น cadmium sulfate (CdSO_4) cadmium nitrate(CdNO_3) cadmium chloride(CdCl_2) ซึ่งเป็นสารประกอบที่ไม่มีสี และละลายได้ดีในน้ำและแคดเมียมยังสามารถรวมตัวกับสารอื่นๆเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ละลายน้ำได้ โดยเฉพาะเมื่อรวมกับ cyanides และ amines^[3] นอกจากนี้แคดเมียมยังใช้ผสมกับโลหะอื่นเป็นโลหะอัลลอยด์ เช่น ผสมกับโลหะทองแดงจะช่วยเพิ่มความเหนียวและความทนทานต่อการสึกหรอให้กับทองแดงและยังทนอุณหภูมิสูงด้วย นำไปใช้ผลิตอุปกรณ์ต่างๆ ที่ต้องทนความร้อน เช่น ทำหม้อน้ำรถยนต์ หรืออุปกรณ์เครื่องเย็บต่างๆ ที่ต้องระบายความร้อนมากๆ ถ้านำแคดเมียมไปผสมกับโลหะ

เงินจะได้โลหะอัลลอยด์ที่ใช้งาน ใช้ในการผลิตเครื่องประดับอัญมณีต่างๆ แคดเมียมยังนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่ขนาดเล็กที่เรียกว่า แคดเมียมนิเกิล แบตเตอรี่ (CdNi batteries) สำหรับการใช้อุปกรณ์ขนาดเล็ก เช่น นาฬิกา เครื่องคิดเลข กล้องถ่ายรูป และวิทยุเล็กๆ เป็นต้น สารประกอบแคดเมียมประเภท แคดเมียมโบรไมด์ แคดเมียมไอโอไดต์ใช้บ้างในการถ่ายรูป นอกจากนี้ยังพบว่าโลหะแคดเมียมใช้ใน Photoelectric cells ผสมในสารฆ่าเชื้อราที่ใช้ในกิจการเกษตร และปัจจุบันยังใช้ในเตาปฏิกรณ์ปรมาณูด้วย จากการใช้อย่างกว้างขวางดังกล่าวนี้ จึงทำให้สามารถพบโลหะแคดเมียมปะปนอยู่ในสิ่งแวดล้อม บรรยากาศ และในอาหารที่คนเรากินโดยทั่วไป ดังนั้นมนุษย์เราจึงได้รับแคดเมียมเข้าไปในร่างกายได้หลายทางโดยไม่รู้ตัว เช่น คนงานที่ทำงานใช้โลหะแคดเมียมจะได้รับทางหายใจเป็นส่วนใหญ่ คนทั่วไปจะได้รับจากอาหารที่กินเข้าไปเป็นหลัก และได้รับจากอากาศเล็กน้อย ขึ้นกับความสะอาดของอากาศ แต่คนที่สูบบุหรี่จะได้รับโลหะแคดเมียมจากบุหรี่ สำหรับแคดเมียมในอาหารนั้นจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับแหล่งผลิตอาหาร และการปนเปื้อนของแคดเมียมในสิ่งแวดล้อมซึ่งเข้าไปปนอยู่ในน้ำ และในดิน บริเวณใดที่มีโลหะแคดเมียมในดินสูงและมีการปลูกพืชบริเวณนั้น จะมีปริมาณแคดเมียมในพืชนั้นสูงตามไปด้วย เพราะฉะนั้นน้ำจึงเป็นตัวพาแคดเมียมไปสะสมในที่ต่างๆ ถ้าใช้น้ำฝนที่เป็นกรดด้วยก็จะเพิ่มปริมาณการสะสมแคดเมียมในดิน พืชจึงดูดไปสะสมได้มากขึ้น^[4] อย่างไรก็ตามองค์การอนามัยโลก (FAO/WHO) กำหนดเกณฑ์มาตรฐานปลอดภัยว่าคนปกติไม่ควรได้รับแคดเมียมเกินวันละ 1.0-1.2 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม และ EPA (United states Environmental Protection Agency) ได้กำหนดไว้ว่าปริมาณแคดเมียมในน้ำดื่มไม่เกิน 5 ไมโครกรัมต่อลิตร^[5] หากได้รับแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายในปริมาณมากก็จะทำให้เกิดความผิดปกติขึ้นกับร่างกาย การอยู่ในแหล่งที่มีการปนเปื้อนของแคดเมียมในอากาศนาน ๆ จะทำให้แคดเมียมซึมผ่านผิวหนังเข้าสู่ร่างกายเราได้ด้วย ปริมาณแคดเมียมทั้งหมดในร่างกายครึ่งหนึ่งจะไปสะสมอยู่ที่ตับและไต ทำให้เกิดพิษสะสมได้ในคน แคดเมียมมีความเป็นพิษต่อระบบทางเดินอาหาร อาการที่ปรากฏเริ่มแรกคือ รู้สึกคลื่นเหียนอย่างรุนแรง อาเจียน ท้องร่วง เป็นตะคริว และน้ำลายฟูมปาก ในรายที่เป็นมากอาจเกิดอาการช็อก เนื่องจากร่างกายสูญเสียน้ำมาก ระบบการทำงานของไตล้มเหลวและอาจตายได้ การหายใจสูดหายใจเอาไอของแคดเมียมเข้าไปทำให้เกิดอาการระคายเคืองที่หลอดลม ปอด จมูก ลำคอ และยังทำให้เกิดอาการไอ เวียนศีรษะ อ่อนเพลีย หนาวสั่น มีไข้ เจ็บหน้าอก จะทำให้เกิดการบวมหรือพองของเนื้อเยื่อปอด ประสิทธิภาพในการระบายลมของปอดจะลดลง ทำให้อากาศอยู่ภายในปอดนานกว่าปกติ มีอาการหายใจขัดหรือหายใจไม่ออก ผู้ที่ได้รับแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายนานติดต่อกันจะพบความเป็นพิษที่ไตก่อนที่ปอด จะเกิดแผลที่ไต โดยผู้ป่วยมีอาการของโปรตีนยูเรีย คือ ไตจะมีการขับปัสสาวะที่มีโปรตีนมากกว่าปกติ ซึ่งโปรตีนที่ขับออกมาส่วนใหญ่มักจะเป็นโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เช่น microglobin lysozyme ribonuclease retinol binding protein และ immunoglobulin chains โดยชนิดของโปรตีนที่ถูกขับออกมาจะเป็นตัวบ่งชี้ให้รู้ว่าไตส่วนใดถูกทำลาย ความเป็นพิษที่กระดูกจะทำให้เกิดโรคเกิดโรค อีไตอิตี มีผลให้กระดูกเปราะและปวดอย่างรุนแรง ถ้าได้รับสารในปริมาณน้อยแต่เป็นเวลานาน จะก่อให้เกิดโรคความดันโลหิตสูง ไตทำงานผิดปกติ ภาวะกระดูกพรุน ขาดสมาธิ ความจำเสื่อม บางครั้งซึมเศร้า บางครั้งร่าเริง (Manic Depressive Behaviour) ถ้ามีอาการอ่อนเพลียอาจหมดสติและตายได้ นอกจากนี้พบว่า แคดเมียม

เป็นสารก่อมะเร็ง โดยทำให้เกิดมะเร็งของเนื้อเยื่อที่อยู่ลึก(sarcomar) เช่น กล้ามเนื้อกระดูกในหนูทดลอง เป็นต้น^[6]

ดังนั้นวิธีการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมที่มีปริมาณน้อยที่ถูกต้อง แม่นยำและเชื่อถือได้จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เทคนิคการวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมมีรายงานไว้หลายวิธี เช่น เพลมอะตอมมิกแอ็บซอร์พชันสเปกโตรเมตรี^[7] (FAAS) อินดักทีฟพลาสมาออพติคัลสเปกโตรเมตรี^[8] (ICP-OES) อินดักทีฟพลาสมาแมสสเปกโตรเมตรี (ICP-MS)^[9] และไอออนโครมาโทกราฟี^[10] เป็นต้น จากเทคนิคที่กล่าวมา เทคนิค FAAS ได้มีการนำมาใช้อย่างกว้างขวาง เนื่องจาก ราคาไม่สูง ใช้งานง่าย และสามารถวิเคราะห์สารได้ในปริมาณมาก แต่เทคนิค FAAS มีข้อจำกัดในเรื่องขีดจำกัดของการวิเคราะห์โลหะที่มีปริมาณน้อย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการแยกและเตรียมสารตัวอย่างให้มีความเข้มข้นมากขึ้นก่อนนำไปวิเคราะห์ ซึ่งเทคนิคการเตรียมสารตัวอย่างมีอยู่หลายวิธี เช่น เทคนิค liquid liquid extraction^[11], cloud point extraction^[12], solid phase extraction^[7,8,13] และ solid phase microextraction^[14] เป็นต้น เทคนิคการเตรียมสารตัวอย่างต่าง ๆ เหล่านี้มีความสำคัญเพราะช่วยกำจัดหรือลดปริมาณไอออนชนิดที่เป็นตัวรบกวนในการวิเคราะห์ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาวิธีการแยกและการเพิ่มความเข้มข้นแคดเมียมที่ปนเปื้อนในน้ำดื่มและน้ำธรรมชาติโดยใช้เทคนิค solid phase extraction เนื่องจากเทคนิค solid phase extraction เป็นวิธีที่ง่าย สามารถเลือกใช้เฟสของแข็งและสารที่เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับโลหะได้หลายชนิด ทำให้สามารถเลือกตัวดูดซับที่เหมาะสมกับโลหะที่ต้องการได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. ศึกษาปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแคดเมียมกับรีเอเจนต์ เช่น TAR หรือ PAR เป็นต้น
2. ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการเพิ่มความเข้มข้นแคดเมียมโดยใช้ Amberlite IR 122 เป็นเฟสของแข็ง เช่น ปริมาณของเฟสของแข็ง ความเป็นกรด-เบส ปริมาตรของสารตัวอย่างที่ใช้ เป็นต้น
3. ศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ Amberlite IR 122 ในการเพิ่มความเข้มข้นแคดเมียม
4. ศึกษาการเพิ่มความเข้มข้นแคดเมียมในสารตัวอย่างน้ำดื่มและตัวอย่างน้ำธรรมชาติ และทำการเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐาน

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. ศึกษาปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแคดเมียมกับรีเอเจนต์ เช่น PAR
2. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการเพิ่มความเข้มข้นแคดเมียมโดยใช้ Amberlite IR 122 เป็นเฟสของแข็ง
3. ตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์
4. ทำการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมในสารตัวอย่างน้ำดื่มและตัวอย่างน้ำธรรมชาติ

5. เปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้จากการเพิ่มความเข้มข้นระหว่าง Amberlite IR 122 เป็นเฟสของแข็ง กับวิธีมาตรฐานโดยใช้วิธีทางสถิติ

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

1. กระบวนการเพิ่มความเข้มข้น (Preconcentration) หมายถึง การทำให้สารตัวอย่างมีความเข้มข้นมากขึ้นก่อนนำไปวิเคราะห์ เช่น การใช้การสกัด หรือการต้อคอลัมน์โครมาโทกราฟี^[13]
2. อะตอมมิคแอบซอร์พชันสเปกโตรเมตรี หมายถึง กระบวนการที่เกิดจากอะตอมอิสระของธาตุดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นเฉพาะเพื่อทำให้อะตอมอิสระที่อยู่ในสถานะพื้นขึ้นไปอยู่ในสถานะเร้าซึ่งปริมาณแสงที่ดูดกลืนเข้าไปจะแปรตามความเข้มข้นของสาร^[13]
3. แคดเมียม เป็นโลหะอ่อน มีสีเงิน ดัดงอได้ง่ายและทนต่อการกัดกร่อน มีจุดหลอมตัว $320.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ จุดเดือด $767\text{ }^{\circ}\text{C}$ และมีความถ่วงจำเพาะ 8.65 (ที่ $20\text{ }^{\circ}\text{C}$) เป็นธาตุที่ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีใน nitric acid และละลายได้ใน hydrochloric acid อย่างช้า ๆ^[14]



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความสำคัญของน้ำ

น้ำเป็นปัจจัยสำคัญอันขาดเสียมิได้ในการดำรงชีวิตของมนุษย์และชาวไทยอาจกล่าวได้ว่า ความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและสังคมโดยเฉพาะอย่างยิ่งวิวัฒนาการ ทางขนบธรรมเนียมของไทย ผูกพันมากกับน้ำโดยตลอด

แหล่งน้ำผิวดินเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญของไทย ก็คือ แม่น้ำสายหลักๆอันได้แก่ แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำป่าสักและแม่น้ำบางปะกง นอกจากนี้ประเทศยังมีแหล่งน้ำที่เป็นทรัพยากรของชาติอีกที่อยู่ในลักษณะของทะเลสาบ ได้แก่ ทะเลสาบสงขลา บึงบรทัด หนองหานและกว๊านพะเยา และลักษณะของทรัพยากรชายฝั่งทะเลที่เป็นแหล่งทรัพยากรน้ำแร่ธาตุและเป็นแหล่งท่องเที่ยวอันสำคัญของประเทศ

น้ำที่มีอยู่ในโลกนี้ประมาณร้อยละ 97 จะอยู่ในมหาสมุทรน้ำส่วนที่เป็นแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำใต้ดินที่สามารถนำมาใช้นั้นเพียงร้อยละ 0.63 เท่านั้นนอกนั้นเป็นน้ำที่กลายเป็นน้ำแข็งอยู่ที่ขั้วโลกน้ำที่พบในแหล่งน้ำในธรรมชาตินั้นเป็นน้ำที่ได้จากฝนที่ตกลงมาสู่พื้นโลกในขณะที่ฝนตกผ่านบรรยากาศของโลกนั้นจะละลายเอาก๊าซและสารต่างๆ ไว้ด้วยฉะนั้นน้ำฝนจะมีก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ละลายอยู่เสมอ น้ำฝนที่ตกลงมาจะเป็นแหล่งน้ำผิวดิน ได้แก่ แม่น้ำ ลำคลอง บึง หนองและแหล่งน้ำใต้ดิน คือ น้ำบาดาล

ในขณะที่น้ำฝนไหลผ่านผิวโลกนั้น ก็จะละลายสิ่งเจือปนต่างๆ บนพื้นโลกซึ่งมีทั้งสารอินทรีย์และอนินทรีย์ สิ่งเจือปนต่างๆ เป็นทั้งของแข็งของเหลว และก๊าซซึ่งทำให้น้ำไม่บริสุทธิ์ก่อให้เกิดปัญหาเมื่อนำน้ำไปใช้ในการอุปโภคบริโภค และทางอุตสาหกรรม

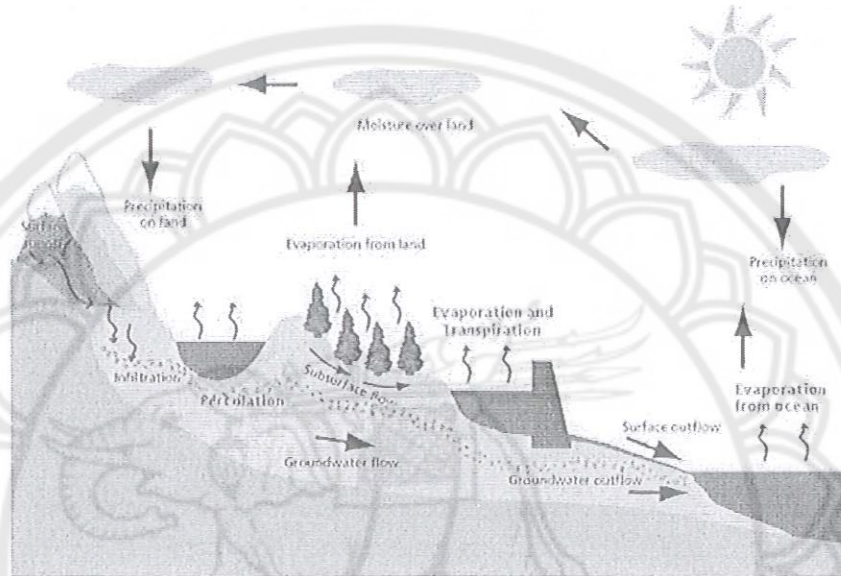
แหล่งน้ำผิวดินสัมผัสกับอากาศตลอดเวลาจึงมีก๊าซออกซิเจนละลายอยู่จนอิ่มตัวและมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ละลายอยู่บ้าง เพราะในอากาศจะมีก๊าซออกซิเจนอยู่ร้อยละ 20.99 และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 0.03 โดยปริมาตรก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อละลายน้ำเกิดเป็นกรดคาร์บอนิกซึ่งมีคุณสมบัติละลายสารบนพื้นโลกได้ชนิดและปริมาณของสารต่างๆที่ละลายในน้ำ จะบ่งถึงสภาพธรณีวิทยาของพื้นโลกของพื้นที่ที่ไหลผ่าน

แหล่งน้ำใต้ดินเกิดจากน้ำฝนที่ตกลงมาพื้นโลกจะมีส่วนหนึ่งซึมลงไปอยู่ใต้ดิน เรียกว่าน้ำใต้ดิน น้ำใต้ดินจะมีสารแขวนลอยน้อย เพราะไหลผ่านชั้นหินและดินซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกรอง^[15]

2.2 วัฏจักรของน้ำ^[16]

วัฏจักรของน้ำ คือ การเกิดและการหมุนเวียนของน้ำที่อยู่ในโลกนั่นเอง การหมุนเวียนของน้ำเป็น Cycle อาจเริ่มนับได้จากมหาสมุทร เมื่อน้ำระเหยจาก มหาสมุทรไปสู่บรรยากาศเป็นไอน้ำแล้ว ความแปรปรวนของลมฟ้าอากาศจะทำให้เกิดฝนตกลงสู่ผิวโลก ในทะเลบ้าง บนผิวดินบ้าง น้ำฝนที่ตกบนดินก็จะเกิดการสูญเสียจุดซึมลงดินเสียเป็นส่วนใหญ่ และด้วยเหตุอื่นบ้างเล็กน้อย เช่น ระเหย ชั่งในที่ลุ่ม พืชดูดไปใช้ ส่วนที่เหลือก็จะไหลเป็นน้ำท่าลงแม่น้ำลำธารออกทะเล ส่วนที่ซึมลงดินนั้นก็

ค่อยๆ ซึมออกสู่แม่น้ำลำธาร และไหลออกทะเลไปเช่นกัน แต่อาจช้ากว่ามากซึ่งจะเห็นได้ว่าสุดท้ายน้ำจะระเหยกลายเป็นไอสู่บรรยากาศ (ดังภาพ 1) วัฏจักรของน้ำจึงไม่มีเริ่มต้นไม่มีที่สิ้นสุด หมุนเวียนอยู่เช่นนี้ตลอดเวลา ปริมาณในชั้นตอนต่างๆ นั้นอาจผันแปรมากน้อยได้เสมอ ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ที่ควบคุมในชั้นตอนเหล่านั้น



ภาพ 1 วัฏจักรของน้ำ [16]

2.2.1 ความชื้นในบรรยากาศ (Atmospheric Moisture)

ความชื้นทุกชนิดที่มนุษย์เกี่ยวข้องอยู่โดยทางปฏิบัติสันนิษฐานว่าเริ่มต้นมาจากความชื้นในบรรยากาศที่เป็นจุดเริ่มต้นที่จะสะดวกในการตามหาเส้นทางวัฏจักรของน้ำให้ครบวงจร ความชื้นในบรรยากาศ เพราะกระบวนการระเหยจากดินหรือผิวดิน เมฆและหมอกเกิดขึ้นโดยการกลั่นตัวของไอน้ำที่เกาะตัวบนอนุภาคเล็กๆ ในบรรยากาศ เช่น อนุภาคของเกลือหรือฝุ่น

2.2.2 หยาดน้ำฟ้า (Precipitation)

เมื่อไอน้ำในอากาศถูกความเย็นทำให้เกิดการกลั่นตัวกลายเป็นหยดน้ำเล็ก ๆ เมื่อรวมตัวกันจนมีขนาดใหญ่ พวกมัน ก็จะตกลงมาในรูปของ "ฝน" ถ้าเม็ดฝนนั้นตกผ่านโชน ต่างๆ ของอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง ก็จะกลายเป็นลูกเห็บ ถ้าการกลั่นตัวนั้นเกิดขึ้นในที่ซึ่งอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งมันก็จะก่อตัวเป็นหิมะ ถ้าการกลั่นตัวของน้ำ เกิดขึ้นโดยตรงบนผิวน้ำที่เย็นกว่าอากาศ ก็จะเกิดเป็นได้ทั้งน้ำค้างแข็ง ขึ้นอยู่กับว่าอุณหภูมิจากผิวน้ำนั้นสูงหรือต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง หยาดน้ำฟ้าที่ไม่ได้ตกถึงพื้นดินบางส่วนจะระเหยไปในระหว่างที่ตกลงมา บางส่วนก็ถูกดูดยึดไว้โดยต้นพืชและจะระเหยขึ้นสู่บรรยากาศในภายหลัง กระบวนการดังกล่าวนี้เรียกว่า กระบวนการน้ำพืชยึด (Interception) ซึ่งในส่วนนี้อาจจะเป็นปริมาณหยาดน้ำฟ้าทั้งหมดก็ได้

2.2.3 หยาดน้ำฟ้าที่ตกลงถึงพื้น (Net Precipitation)

ส่วนของน้ำที่ตกลงถึงพื้นจะมีบางส่วนไหลซึมลงสู่พื้นดิน ส่วนหนึ่งไหลไปบนพื้นดิน และบางส่วนระเหยไปหรือถูกพืชคายกลับคืนสู่บรรยากาศ

2.2.4 การซึมลงดิน (Infiltration)

ฝนหรือหิมะที่ละลายในตอนแรกมีแนวโน้มที่จะเพิ่มความชื้นให้กับผิวดินก่อน จากนั้นก็จะเคลื่อนเข้าสู่ช่องว่างที่มีอยู่ในเนื้อดิน กระบวนการนี้เรียกว่าการซึมน้ำผ่านผิวดิน (Infiltration) สัดส่วนต่าง ๆ ของน้ำก็จะถูกจัดการต่างกันไปตามลักษณะช่องเปิดของผิวดิน อุณหภูมิ รวมถึงปริมาณน้ำที่มีอยู่ในดินก่อนหน้านั้นแล้ว ถ้าหากผิวดินจับตัวแข็ง หรืออิ่มน้ำอยู่ก่อนแล้ว มันก็จะรับน้ำใหม่เข้าไปเพิ่มได้เพียงเล็กน้อย น้ำทั้งหมดก็จะถูกดูดซึม บางส่วนจะไหลซึมลงไปเป็นส่วนของน้ำใต้ดิน บางส่วนถูกพืชดูดไปใช้ประโยชน์แล้วคายระเหย คืนสู่บรรยากาศ บางส่วนถูกบังคับให้ระเหยไปด้วยแรงยึดเหนี่ยว (Capillary) ของช่องว่างในดิน ในภูมิประเทศที่มีความลาดเทและชันผิวดินบาง น้ำที่ถูกดูดซึมอาจไหลย้อนสู่ผิวดินได้ โดยการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า เรียกว่าน้ำไหลใต้ผิวดิน (Sub-surface runoff)

2.2.5 การไหลของน้ำบนผิวดิน (Surface Runoff)

เมื่อน้ำฝนที่ตกลงมามีมากเกินไปจนกว่าจะไหลซึมลงดินได้หมดก็จะกลายเป็นน้ำป่า หนองน้ำ หรือน้ำท่า เมื่อมันไหลไปเติมพื้นที่ที่เป็นแอ่งลุ่มต่ำจนเต็มแล้วมันก็จะไหลไปบนผิวดินต่อไป จนไปบรรจบกับระบบร่องน้ำในที่สุด แล้วก็ไหลตามเส้นทางของลำน้ำจนกระทั่งลงสู่มหาสมุทรหรือแหล่งน้ำ ในแผ่นดินบางแห่งในระหว่างทางนี้มันก็จะสูญเสียไปด้วยการระเหยสู่บรรยากาศและการไหลซึมลงตามของตลิ่งและท้องน้ำ ซึ่งในส่วนนี้อาจจะเป็นไปได้ ตั้งแต่ 0 ไปจนถึง 100 % ของจำนวนทั้งหมด

2.2.6 การระเหยบนผิวดิน (Ground Evaporation)

บางส่วนของน้ำฝนจะถูกเก็บกักไว้บนผิวดินในลักษณะของความชื้นในดิน หรือแอ่งน้ำขังตามทีลุ่มน้ำ ความชื้นนี้มักจะระเหยตามหลังการตกของฝน ส่วนน้ำที่ขังตามแอ่งส่วนหนึ่งอาจจะระเหยส่วนหนึ่งซึมลงดิน

2.2.7 การระเหย (Evaporation)

น้ำในสถานะของเหลว เมื่อถูกความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์หรือแหล่งอื่นจะเปลี่ยนไปสู่สถานะก๊าซหรือ เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า "การระเหย" การระเหยจากน้ำและจากผิวดินจากจำนวนหยาดน้ำฟ้าทั้งหมดที่ตกลงมา ส่วนใหญ่จะตกลงโดยตรงสู่พื้นมหาสมุทร ทะเลสาบขนาดใหญ่ในแผ่นดินแหล่งน้ำบนดินอื่น ๆ เช่น แม่น้ำ ลำคลอง หนองบึง ส่วนที่ตกลงในมหาสมุทรเมื่อรวมกับน้ำท่าที่ไหลกลับคืนมาจะทำให้เกิดความสมดุลของน้ำที่มั่นคง และแสดงหลักฐานโดยระดับน้ำทะเลคงที่น้ำหลายส่วนก็ระเหยจากผิวน้ำกลับสู่บรรยากาศและกลายเป็นส่วนหนึ่งของความชื้นในบรรยากาศในทะเลและพื้นที่ตอนเหนือของเขตอบอุ่น การระเหยจากน้ำและจากผิวดินมีความถี่น้อยกว่าหยาดน้ำฟ้าแต่ว่าส่วนเกินของมันก็จะไหลกลับคืนสู่มหาสมุทรที่มันระเหยออกมาเช่นเดิม ในเขตอื่นๆ นั้นการระเหยจากผิวน้ำมักจะเท่ากับหรือมากกว่าน้ำฟ้าที่ตกลงบนแหล่งน้ำนั้น

2.2.8 การคายน้ำของพืช (Transpiration)

หน้าที่พื้นฐานอย่างหนึ่งในกระบวนการดำเนินชีวิตของพืช ก็คือการนำเอาน้ำจากในดินผ่านเข้ามาทางระบบราก ใช้ประโยชน์ในการสร้างเนื้อเยื่อและโครงสร้างพืช น้ำจะถูกปล่อยคืนสู่บรรยากาศทางรูพรุนที่ปากใบในรูปของไอน้ำ กระบวนการคืนความชื้นของดินให้แก่บรรยากาศนี้

เรียกว่า การคายน้ำ (transpiration) ปริมาณของหยดน้ำฟ้าที่กลับคืนสู่บรรยากาศนี้จะมากน้อยต่างกันไปตามลักษณะของพืชและความชื้นที่มีอยู่บริเวณระบบรากของมัน

2.2.9 น้ำใต้ดิน (Ground water)

ส่วนของหยาดน้ำฟ้าที่ไหลซึมผ่านผิวดินลงไปถ้าไม่ถูกดูดซับเอาไว้ทดแทนความชื้นที่ขาดไปของชั้นดินหรือโดยชั้นหินที่มีรูพรุน น้ำจำนวนนี้ก็จะซึมลึกลงไปจนถึงระดับอิมิตัวอย่างสมบูรณ์ เรียกว่าระดับน้ำใต้ดิน (ground water table) ความลาดเอียงและโครงสร้างที่จำกัดขอบเขตของน้ำใต้ดินอาจช่วยป้องกันไม่ให้น้ำถูกปล่อยออกมาอย่างทันทีทันใดหรือบางครั้งแหล่งน้ำใต้ดิน อาจมีส่วนที่เชื่อมต่อกับท้องแม่น้ำทำให้มีบางส่วนของน้ำไหลคืนสู่แหล่งน้ำบนดินอีกครั้ง น้ำใต้ดินอาจจะไหลผ่านไปในชั้นหินที่มีรูพรุนและลงไปถึงระดับที่ถูกบีบล้อมด้วยดินที่แน่นกว่ากลายเป็นถูกอัดด้วยแรงดัน ถ้าบ่อเจาะลงไปถึงระดับนี้ก็อาจเป็นบ่อน้ำบาดาลเช่นกัน ในชั้นที่มีความกดดันเดียวกันนี้อาจมีส่วนติดต่อกับบริเวณท้องมหาสมุทรและปล่อยน้ำออกสู่ทะเลตลิ่งนั้นจากความชื้นในบรรยากาศ ดังที่อธิบายถึง การเริ่มต้นของวัฏจักรก็จะดำเนินไปตามวิถีทางที่มีความยาวนานและความสลับซับซ้อนต่างๆ กันไปก่อนที่มันบรรจบครบวงจร

2.3 คุณภาพของน้ำธรรมชาติ^[17]

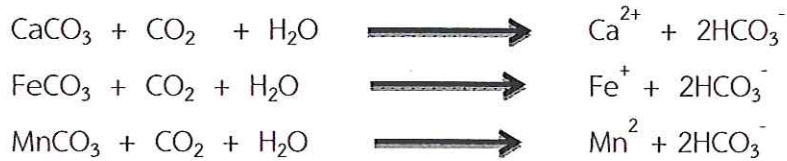
ถ้าต้องการเข้าใจถึงลักษณะหรือคุณภาพของน้ำในธรรมชาติต้องดูการหมุนเวียนในวัฏจักรของน้ำ น้ำฝนเปรียบเสมือนน้ำที่มีความบริสุทธิ์มาก น้ำฝนเกิดจากการกลั่นตัวของไอน้ำจึงมีความบริสุทธิ์ที่สุด เมื่อน้ำฝนถึงพื้นดินก็มีการไหลนองและไหลลงที่ต่ำกลายเป็นแม่น้ำลำธาร ในระหว่างการเคลื่อนที่ไปลงทะเลและมหาสมุทร การระเหยของน้ำตลอดเวลาของทะเลและมหาสมุทร ทำให้น้ำทะเลมีความเข้มข้นสูงสุดของน้ำธรรมชาติ น้ำจะสัมผัสกับสิ่งต่างๆ ลึเป็นที่รองรับน้ำใช้จากชุมชนต่างๆ ทำให้น้ำมีลักษณะเปลี่ยนแปลง (สกปรกเพิ่มขึ้นนั่นเอง)

2.3.1 ลักษณะของน้ำฝน

น้ำฝนซึ่งอาจมีฟ็อกต่ำกว่า 7 และมีไอออนต่างๆ ละลายอยู่เล็กน้อย เนื่องจากในระหว่างที่ฝนตก น้ำฝนอาจละลายคาร์บอนไดออกไซด์กลายเป็นกรดคาร์บอนิกซึ่งเป็นกรดอ่อน และปนเปื้อนจากฝุ่นละอองต่างๆ ในอากาศ ไอออนเกิดจากการละลายของอนุภาคโลหะด้วยกรดอ่อนในน้ำฝน ลักษณะของน้ำจากลำธารที่ไหลลงมาจากภูเขาซึ่งถือว่าเป็นต้นน้ำจะเห็นได้ว่าน้ำมีลักษณะดีมากและคล้ายกับน้ำฝน ต้นกำเนิดของลำธารเหล่านี้จะเป็นไปตามน้ำหรือน้ำบาดาลที่ไหลตลอดทั้งปี น้ำฝนที่ไหลมารวมกันเป็นอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่อาจมีลักษณะเดียวกับน้ำฝน

2.3.2 ลักษณะของน้ำบาดาล

น้ำฝนบางส่วนซึมลงใต้ดิน และเก็บกักไว้ในแอ่งน้ำใต้ดิน เริ่มแรกน้ำใต้ดินก็มีลักษณะเดียวกับน้ำฝน แต่เมื่อเวลาผ่านไปอาจเป็นหลายร้อยปีหรือนานกว่าถ้ามีการย่อยสลายทางชีวภาพในบริเวณแอ่งน้ำใต้ดิน ออกซิเจนถูกใช้ไปจนหมด บรรยากาศของน้ำใต้ดินจะมี CO₂ อยู่ในปริมาณสูง ทำให้มี CO₂ ละลายอยู่ใต้ดินและมีพีเอชต่ำจนสามารถละลายแร่ธาตุใต้ดินใกล้เคียงกัน



นี้เป็นสาเหตุที่ทำให้พบแร่ธาตุต่างๆ ละลายอยู่ในน้ำใต้ดิน แสดงลักษณะของน้ำใต้ดินจากแหล่งต่างๆ จะเห็นได้ลักษณะของน้ำใต้ดินเป็นไปตามสิ่งแวดล้อมของน้ำ

- 1) อาจมีพีเอชต่ำเนื่องจากมี CO_2 ละลายสูง
- 2) มักไม่มีออกซิเจนถูกละลายเพราะถูกใช้ไปจนหมดแล้ว
- 3) อาจพบไอออนต่างๆ ได้ในปริมาณสูงหรือต่ำก็ได้
- 4) น้ำใสและไม่มีสารอินทรีย์เนื่องจากไม่ได้รับผลกระทบจากน้ำไหลนองบนพื้นดิน (ไม่ได้เป็นที่รองรับน้ำฝนไหลนอง)

ปริมาณสารละลาย (TDS) อาจสูงหรือต่ำก็ได้ ทั้งนี้แล้วแต่ว่าน้ำสัมผัสกับแหล่งเกลือแร่หรือไม่ แหล่งบาดาลบางแห่งมีปริมาณสารละลายต่ำมาก แต่อาจสูงมากในแหล่งอื่น น้ำบาดาลมักไม่มีออกซิเจนละลายน้ำ แต่อาจมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงมาก ทั้งนี้เนื่องจากเกิดออกซิเดชันใต้ดินทำให้มีการใช้ออกซิเจนและผลิตคาร์บอนไดออกไซด์เหล็กและแมงกานีสพบได้ง่ายในน้ำใต้ดินซึ่งอิมตัวด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อสูบน้ำบาดาลขึ้นมาชนมาข้างบนและสัมผัสอากาศ เหล็กและแมงกานีสจะทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจนในอากาศทำให้ตกผลึกสีแดงเหลืองหรือสีคล้ำ การตกผลึกอาจเกิดขึ้นรวดเร็วมาก ถ้าพีเอชของน้ำสูงเพียงพอ ทำให้น้ำบาดาลที่ใสมากในภาคอีสาน น้ำที่มีเหล็กและแมงกานีสสูงมักมีกลิ่นคาวที่ดื่มสังเกตได้ไม่ยาก น้ำที่มีคาร์บอนไดออกไซด์สูงจะมีพีเอชต่ำ

น้ำจากภูเขาต่างๆ อาจถือได้ว่าเป็นน้ำใต้ดินที่ซึมออกมาบนผิวดินและไหลนองลงมาสู่ที่ต่ำน้ำชนิดนี้มีเกลือแร่ต่ำจึงเป็นน้ำที่บริสุทธิ์ ตัวอย่างน้ำภูเขาได้แก่ น้ำตกธารทอง อย่างไรก็ตาม คุณภาพน้ำอาจเปลี่ยนแปลงได้เมื่อไหลผ่านชั้นแร่ธาตุและละลายเอาเกลือแร่ต่างๆ ดินมากับน้ำด้วย

การแปรปรวนคุณภาพน้ำบาดาลไม่มากเท่าของน้ำผิวดิน แหล่งน้ำบาดาลบางแห่งมีคุณภาพเสถียรเรื่อยๆ เนื่องจากการซึมของน้ำเค็มเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาล หรือสาเหตุอื่นๆ ซึ่งเป็นผลจากการสูบน้ำบาดาลไปใช้มากและเร็วเกินไป

2.3.3 ลักษณะของน้ำผิวดิน

น้ำผิวดิน หมายถึง น้ำจากแม่น้ำลำคลอง ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำ หนองและบึง เนื่องจากน้ำผิวดินมักมีแหล่งกำเนิดมาจากน้ำใต้ดิน ดังนั้นคุณสมบัติของน้ำจึงขึ้นอยู่กับแหล่งเดิมไม่มากนักน้อย การไหลนองบนพื้นดินทำให้น้ำผิวดินได้รับความสกปรกจากสิ่งแวดล้อมในรูปแบบต่างๆ ดังนั้นจึงไม่น่าประหลาดใจว่า น้ำผิวดินอาจมีความขุ่นและสารอินทรีย์ (ทำให้เกิดสีสูงมาก) ปริมาณเกลือแร่ในน้ำอาจสูงหรือต่ำก็ได้ นอกจากนี้ยังมีสารพิษต่างๆ จากบริเวณเกษตรกรรม สารพิษเหล่านี้ ได้แก่ โลหะหนัก ไนเตรต ฟอสเฟต ยาฆ่าแมลง มาให้กับน้ำผิวดิน (ตาราง 1)

ตาราง 2 สารพิษที่พบในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม^[17]

สารพิษ	แหล่งที่มาจากน้ำเสียอุตสาหกรรม	ผลเสีย
สารหนู	ฟอกหนัง ผลิตผงซักฟอก	เป็นพิษอย่างแรงต่อสิ่งมีชีวิต
แคดเมียม	ถลุงโลหะ ผลิตปุ๋ย ชุบโลหะ	เป็นพิษอย่างแรงต่อสิ่งมีชีวิต
โครเมียม	ชุบโลหะ ฟอกหนัง	เป็นพิษอย่างแรงต่อสิ่งมีชีวิต
ทองแดง	ชุบโลหะ ถลุงโลหะ ผลิตเส้นใย	เป็นพิษอย่างแรงต่อสิ่งมีชีวิต
ตะกั่ว	สังเคราะห์	เป็นพิษอย่างแรงต่อคนและสัตว์เลี้ยง
ปรอท	ทำสี แบตเตอรี่	เป็นพิษอย่างแรงต่อคนและสัตว์เลี้ยง
นิเกิล	ผลิตยาปราบศัตรูพืช แก้วและคลอรีน	ชลอกการเติบโตของแบคทีเรีย
เงิน	กระดาษเปโตรเคมีคอล	เป็นอันตรายต่อปลา
สังกะสี	ผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้า ทำอาหาร	เป็นอันตรายต่อปลา
ไซยาไนด์	ผลิตน้ำยาถ่ายรูป	เป็นอันตรายต่อสัตว์ต่างๆ
ฟอร์มาลดีไฮด์	ชุบโลหะ ทำยาง	เป็นพิษต่อสัตว์หลายชนิดและต่อ
ฟีนอล	ผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้า ชุบโลหะ	แบคทีเรีย และทำให้ระคายผิวหนัง
	ผลิตเม็ดพลาสติก ฟอกหนัง	เป็นพิษต่อพืชและสัตว์ เชื่อว่าทำให้
สารซักฟอก	ผลิตเม็ดพลาสติก ผลิตยางมะตอย สี	เกิดมะเร็ง
	สารเคมีซักฟอก น้ำอัดลม	ยูโทรฟิเคชัน

อ่างเก็บน้ำหรือทะเลสาบมักตั้งอยู่ในบริเวณที่ต่ำซึ่งกลายเป็นที่สะสมน้ำผิวดิน การที่น้ำถูกขังอยู่นิ่งเป็นเวลานานๆ จึงมีปฏิกิริยาต่างๆ ทั้งทางกายภาพเคมีและชีวเคมีเกิดขึ้นตลอดทั้งชั้นน้ำ ตะกอนแขวนลอย เกิดการตกตะกอนและจมลงสู่ก้นอ่าง สาหร่ายเซลล์เดียว หรือ จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ เนื่องจากมักมีอาหารสมบูรณ์อยู่ในน้ำ การหมักแบบไร้ออกซิเจนเกิดขึ้นที่ก้นอ่างและอาจก่อผลเสียต่างๆ เช่นทำให้เหล็กและแมงกานีสละลายกลับคืนสู่น้ำ นอกจากนี้ความลึกของอ่างเก็บน้ำทำให้เกิดการแบ่งชั้นน้ำตามระดับอุณหภูมิซึ่งแตกต่างกัน และทำให้เกิดการพลิกตัว (Turnover) ของน้ำ เป็นผลให้น้ำชั้นล่างเคลื่อนที่ขึ้นข้างบนและน้ำชั้นบนจมตัวลงข้างล่าง สิ่งต่างๆ ที่เกิดกับอ่างเก็บน้ำดังกล่าว เป็นปัจจัยที่กำหนดคุณภาพของน้ำในอ่างเก็บน้ำ

ข้อแตกต่างอีกประการหนึ่งระหว่างน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน คือคุณภาพของน้ำผิวดินจะแปรปรวนไปตามฤดูกาลมากกว่าน้ำใต้ดิน โดยปรกติน้ำผิวดินจะมีคุณภาพต่ำในฤดูร้อนและฤดูฝน เช่น น้ำฝนชะพาฝุ่นละอองบนพื้นดินไปลงในลำธารต่างๆ ทำให้น้ำในแม่น้ำลำคลองมีความขุ่นสูงมากในฤดูฝน

2.4 ข้อมูลคุณภาพของน้ำที่สำคัญ ^[15]

2.4.1 ข้อมูลทางกายภาพ

1) ความขุ่นเกิดจากสารที่ไม่ละลายน้ำขนาดเล็กแขวนลอยในน้ำมีผลต่อสุขภาพอนามัยน้อย แต่ทำให้น้ำไม่ชวนดื่ม น้ำรังเกียจมีผลต่อการกรองทำให้เครื่องกรองอุดตันเร็วลดประสิทธิภาพของคลอรีนต่อการฆ่าเชื้อโรคในน้ำ เนื่องจากสารแขวนลอยจะห่อหุ้มจุลินทรีย์ไว้

2) สี สีของน้ำมักเกิดจากสารที่ละลายในน้ำตามธรรมชาติ เช่นน้ำที่มีปริมาณเหล็กสูงมักมีสีเหลืองอ่อน

3) รสเกิดจากสารละลายในน้ำ เช่น ถ้ามีความกระด้าง น้ำจะมีรสฝืดถ้ามีคลอไรด์ น้ำจะมีรสกร่อยหรือเค็ม

2.4.2 คุณภาพน้ำทางเคมี

1) ความเป็นกรดต่าง(พีเอช) เกิดจากสารที่แตกตัวให้อิออนกรด-ด่างมีค่าตั้งแต่ 0-14

2) ออกซิเจนออกซิเจนมีความสำคัญต่อแหล่งน้ำมากออกซิเจนเป็นตัวควบคุมขบวนการใช้พลังงานของแหล่งน้ำไม่ว่าพืชหรือสัตว์ต้องการออกซิเจนในการหายใจนอกจากนี้ปริมาณการละลายของออกซิเจนยังเป็นเครื่องชี้คุณภาพของน้ำได้อีกด้วยปริมาณการละลายของออกซิเจนในห้วงเวลาใดเวลาหนึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำความกดอากาศ และความเค็มปริมาณการละลายของออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิของน้ำลดลง ยกตัวอย่างเช่นออกซิเจนจะมีความสามารถในการละลายเพิ่มขึ้น 40% เมื่ออุณหภูมิของน้ำจาก 25°C. ลดลงไปจนกระทั่งเกือบ 0°C.ความกดอากาศที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความสามารถในการละลายของออกซิเจนในน้ำมากขึ้น

3) บีโอดี (BOD, Biochemical Oxygen Demand) และซีโอดี (COD, Chemical Oxygen Demand) ตัวแปรที่สำคัญในเรื่องคุณภาพน้ำ คือปริมาณของสารอินทรีย์ต่างๆที่มีอยู่ในแหล่งน้ำ สารอินทรีย์เหล่านี้มีผลกระทบโดยตรงกับสิ่งมีชีวิตในน้ำและออกซิเจนละลาย

บีโอดี หมายถึง ปริมาณของออกซิเจนที่ต้องการโดยจุลชีพ (Microorganism) ในขณะที่สลายสารอินทรีย์ หรือใช้สารอินทรีย์เป็นอาหารภายใต้ภาวะที่มีอากาศ (Aerobic) Condition

ซีโอดี(COD, Chemical Oxygen Demand) หมายถึง ปริมาณของออกซิเจนที่ต้องการทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ภายใต้ภาวะสาร strong oxidizing และกรดเข้มข้น

4) ไนโตรเจนและสารประกอบไนโตรเจน ไนโตรเจนมีความสำคัญต่อระบบนิเวศของแหล่งน้ำ เพราะเป็นส่วนประกอบของอินทรีย์สารหลายชนิดที่มีความสำคัญต่อความเป็นอยู่ของพืชและสัตว์ เช่น เป็นส่วนประกอบของโปรตีน ไขมันบางชนิด ฯลฯ ฉะนั้นสารประกอบไนโตรเจนจึงเป็นสิ่งจำกัดอย่างหนึ่งของความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ

5) ฟอสฟอรัส ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่มีความสำคัญมากในระบบนิเวศวิทยา ทั้งนี้เพราะฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการแปรรูปของพลังงาน เช่น เป็นส่วนประกอบของ deoxyribonucleic acid (DNA) และ ribonucleic acid (RNA) ตามปกติแล้วจะมีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่เป็นจำนวนน้อยในแหล่งน้ำ

6) ความกระด้าง เกิดจากเกลือแคลเซียม และแมกนีเซียม ความกระด้างแบ่งออกเป็น 2 ชนิด

- ความกระด้างชั่วคราว เกิดจากเกลือไบคาร์บอเนตของธาตุแคลเซียม และ แมกนีเซียม

- ความกระด้างถาวร เกิดจากเกลือคลอไรด์ ซัลเฟตของธาตุแคลเซียม และ แมกนีเซียม

7) ออกซิเจน เกิดจากการละลายของออกซิเจนในบรรยากาศ ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ เป็นองค์ประกอบที่สำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ

8) เหล็กและแมกนีเซียม ธาตุทั้งสองถ้ามีในน้ำมากเกินไปทำให้เกิดปัญหาในการใช้เพื่อการซักล้าง และทำให้เกิดกลิ่น รสที่ไม่พึงประสงค์ในอาหารและเครื่องดื่ม ดังนั้นปริมาณเหล็กและแมกนีเซียมจึงกำหนดไว้เป็น 0.5 และ 0.3 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

9) ทองแดงและสังกะสี ธาตุทั้งสองไม่มีโทษต่อร่างกายแต่มีประโยชน์ต่อมนุษย์ในทางโภชนาการ แต่ถ้ามีอาจทำให้รสไม่ชวนดื่ม จึงได้มีการกำหนดค่าทองแดงและสังกะสีไว้เป็น 1.0 และ 5.0 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับ

10) คลอไรด์และซัลเฟต เกลือคลอไรด์ถ้าละลายอยู่ในน้ำมากจะทำให้เกิดรสเค็มไม่ชวนดื่ม เกลือซัลเฟตถ้าละลายอยู่ในน้ำมากจะทำให้เกิดอาการท้องร่วง โดยเฉพาะหากมีแมกนีเซียมรวมอยู่ด้วย โดยทั่วไปซัลเฟตมีผลทำให้เกิดรสได้น้อยกว่าคลอไรด์ ฉะนั้นการกำหนดมาตรฐานน้ำบริโภคจึงกำหนดให้ในน้ำบริโภคมีปริมาณคลอไรด์และซัลเฟตอยู่ไม่เกิน 250 และ 400 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับ

11) ไนเตรท ไนเตรทมีพิษต่อร่างกายหากมีอยู่ในปริมาณที่สูงในน้ำบริโภคโดยเฉพาะในเด็กทารกซึ่งจะทำให้ร่างกายเกิดการขาดออกซิเจน เกิดอาการตัวเขียว และอาจทำให้เด็กถึงแก่ความตายได้ จึงกำหนดค่าไนเตรท(ในรูปของไนโตรเจน) มีค่าไม่เกิน 10 มิลลิกรัม/ลิตร

12) ฟลูออไรด์ โดยธรรมชาติฟลูออไรด์จะมีอยู่ในน้ำและอาหารบางชนิดในปริมาณเล็กน้อย ฟลูออไรด์ถ้ามีอยู่ในน้ำบริโภคในระดับเกินกว่า 1.5 มิลลิกรัม/ลิตร อาจมีผลทำให้ฟันผุผิดปกติและหากมีอยู่ในระดับ 3.0-8.0 มิลลิกรัม/ลิตร จะมีผลทำให้กระดูกผิดปกติเพราะฉะนั้นค่ามาตรฐานจึงกำหนดค่าฟลูออไรด์ไม่เกินกว่า 1.5 มิลลิกรัม/ลิตร

13) ปริมาณสารละลายทั้งหมดที่เหลือจากการระเหย สารทั้งหมดที่ละลายอยู่ในน้ำ ได้แก่ พวกสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม ในรูปของสารประกอบไบคาร์บอเนต คาร์บอเนต คอโรด์ และซัลเฟต เป็นการจัดมลพิษรวมจึงกำหนดค่าปริมาณสารละลายทั้งหมดที่เหลือจากการระเหยเป็น 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร

14) คลอรีนอิสระตกค้าง สำหรับน้ำบริโภคที่มีการปรับปรุงคุณภาพโดยใช้คลอรีนในการฆ่าเชื้อโรค ควรที่จะให้มีปริมาณคลอรีนอิสระตกค้างอยู่ในระหว่าง 0.2-0.5 มิลลิกรัม/ลิตร หรือตามที่หน่วยงานที่รับผิดชอบกำหนดไว้เป็นอย่างอื่น เช่น น้ำประปาที่มีท่อส่งยาวอาจต้องเติมคลอรีนให้มีคลอรีนเหลืออยู่ในท่อต้นทางประมาณ 1 มิลลิกรัม/ลิตร เพื่อให้ปลายท่อมีคลอรีนไม่น้อยกว่า 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร หรือในกรณีที่เกิดโรคระบาดอาจเติมคลอรีนเป็น 2 เท่าของปกติก็ได้

15) คุณภาพน้ำทางด้านสารพิษ

-สารหนู จากข้อมูลทางด้านสุขภาพอนามัย พบว่า ปริมาณสารหนูขนาด 0.05 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นเกณฑ์ที่ปลอดภัยจึงกำหนดค่าสารหนูในน้ำบริโภคไม่ควรเกิน 0.05 มิลลิกรัม/ลิตร

CdS มีสมบัติวาแวแสง(fluorescence) จึงใช้ทำจอโทรทัศน์

2.3 Cadmium hydroxide ($\text{Cd}(\text{OH})_2$) มีลักษณะเป็นวุ้นสีขาว เตรียมได้โดยใส่ NaOH เข้มข้นกับสารละลาย Cd^{+2}



2.4 Cadmium chloride (CdCl_2) เตรียมได้จากปฏิกิริยาของออกไซด์ ไฮดรอกไซด์หรือคาร์บอเนตที่เหมาะสมกับกรดเกลือเจือจาง แล้วนำสารละลายที่ได้ไปทำให้ตกผลึกจะได้ผลึกสีขาวของเกลือโครไรด์ที่มีน้ำผลึกอยู่ด้วย สำหรับ CdCl_2 ที่ไม่มีน้ำตกผลึก อาจเตรียมผ่านแก๊ส ครอรีนไปบนโลหะที่เผาร้อนจัด

3. ประโยชน์ของแคดเมียม ^[19]

3.1 ในกิจการน้ำมันในรูปไดเอทิล แคดเมียม (Diethyl Cadmium) ในขบวนการผลิตเตตราเอทิลเลด (Tetraethyl Lead) ซึ่งเป็นตัวป้องกันการชกกระตุก (Antiknock) ในเครื่องยนต์

3.2 สามารถนำแคดเมียมมาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตปุ๋ยฟอสเฟต ใช้เป็นองค์ประกอบของยาปราบศัตรูพืช ยาปราบเชื้อรา

3.3 ใช้เป็นส่วนประกอบของสีทา บ้าน สีชุบโลหะ สีย้อมในเซรามิก หมึกพิมพ์

3.4 ใช้ในการทำโลหะผสม เช่น บัดกรี เป้าหลอม ปืน เครื่องป้องกันไฟ ส่วนประกอบของรถยนต์และเป็นส่วนประกอบในการทำแบตเตอรี่

3.5 ใช้เคลือบเหล็ก และเหล็กกล้า เช่น ส่วนประกอบทางไฟฟ้าและวิทยุ

3.6 ใช้ทำ cadmium - nickel alkaline storage battery ซึ่งใช้ในรถบัส และรถดีเซล

3.7 ใช้ทำโลหะผสม เช่น ผสมกับทองแดงโดยมีแคดเมียม 1 % จะช่วยให้ทองแดงแข็งแรง และเหนียวกว่าทองแดงบริสุทธิ์ นอกจากนี้ ยังใช้ทำโลหะผสมที่มีชื่อว่า Wood's metal ซึ่งหลอมเหลวที่ 65.5°C ประกอบด้วย Bi 50 % Pb 25 % Sn 12.5 % และ Cd 12.5 %

3.8 แคดเมียมดูดนิวตรอนได้ดี จึงนิยมใช้ทำแท่งควบคุมในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ [9]

4. ผลกระทบของแคดเมียมต่อสิ่งแวดล้อม ^[20]

แคดเมียมเป็นโลหะหนักที่มีประโยชน์ในด้านการเกษตรและด้านอุตสาหกรรมซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเพราะแคดเมียมที่ใช้ในอุตสาหกรรมแล้วกระจายอยู่ในบรรยากาศ แคดเมียมรั่วไหลจากการทำเหมือง แคดเมียมจากปุ๋ยเคมีหรือของเสียที่นำมาทำปุ๋ยหมักต่างก็ปนเปื้อนลงสู่ดิน น้ำถูกดูดซึมโดยพืชที่เป็นอาหารทั้งของคนและสัตว์ หรือเข้าสู่สัตว์ที่เป็นอาหารโดยตรง อาหารที่มีแคดเมียมปนเปื้อนอยู่มากได้แก่ หอย ปู ปลาหมึก เครื่องในสัตว์โดยเฉพาะตับ ไต ส่วนพืชที่มีแคดเมียมสูงได้แก่ ธัญพืชเช่น ข้าว ข้าวสาลี โดยเฉพาะส่วนของรำข้าว ผักใบเขียว มันฝรั่งและผักประเภทหัว เช่น แครอท แคดเมียมจากน้ำดื่มและอากาศเป็นนับเป็นเปอร์เซ็นต์ที่น้อยมากสำหรับแคดเมียมที่คนได้รับเข้าไปทั้งหมด

5. ผลกระทบต่อสุขภาพ^[21]

แคดเมียมเป็นโลหะหนักอีกชนิดหนึ่งที่เป็นพาต่อร่างกายและสิ่งแวดล้อม โดยสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 2 ทาง คือ การหายใจเอาไอของสารแคดเมียมที่ปนเปื้อนมากับฝุ่นละอองและอีกทางหนึ่งที่แคดเมียมเข้าสู่ร่างกายคือทางอาหารที่เรารับประทานเข้าไป อาหารที่มักมีการปนเปื้อนของสารเคมี ได้แก่ ข้าว ผัก ผลไม้ อาหารทะเลต่างๆ ซึ่งระบบความเข้มข้นเข้าสู่ร่างกายขึ้นอยู่กับปริมาณแคดเมียมที่สะสมในอากาศและแหล่งน้ำและแหล่งดินที่ปลูกพืชทางการเกษตร เมื่อแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายจะถูกดูดซึมในระบบทางเดินอาหารและลำเลียงไปตามกระแสเลือดพร้อมกับเม็ดเลือดแดงและจะจับกับโปรตีนที่ชื่อว่า Metallothionein สร้างเป็นสารประกอบเชิงซ้อนส่งไปที่ไต ทำให้เกิดโรคพิษเรื้อรังที่ไต หรือที่รู้จักกันอีกชื่อหนึ่งว่า “อิตไต อิตไต” เป็นภาษาญี่ปุ่น แปลว่า “ไอ้ยอ้ย” ปรากฏขึ้นครั้งแรกที่ญี่ปุ่น แถบแม่น้ำสุ ซึ่งจะมีอาการของโรคดังนี้ เจ็บปวดบริเวณหลังและเอวอย่างรุนแรงมาก กระดูกผุ โรคที่เกิดอาจแบ่งเป็นกลุ่มได้ดังนี้

5.1 โรคปอดเรื้อรัง การได้รับแคดเมียมนานๆ และในปริมาณมากโดยเฉพาะจากการหายใจ จะทำให้เกิดการอุดตันภายในปอด ซึ่งเป็นเพราะมีการอักเสบของหลอดลม มีพังผืดจับในทางเดินหายใจส่วนล่าง และมีการทำลายของถุงลมซึ่งจะกลายเป็นโรคถุงลมโป่งพองในที่สุด ผู้ที่มีความเสี่ยงมากคือคนทำงานกับผงแคดเมียมโดยตรง เช่น โรงงานแบตเตอรี่ขนาดเล็ก

5.2 โรคไตอักเสบ จะแสดงออกโดยมีการอักเสบของไต โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ท่อในไต ซึ่งจะพบแคดเมียมในปัสสาวะสูง มีโปรตีน กลูโคสสูงในปัสสาวะ การทำงานทางท่อในไตเสียการทำงาน พบว่ามีการสะสมของแคดเมียมที่หมวกไตก่อให้เกิดการอักเสบและเป็นอันตรายต่อไป และอาจเป็นไตวายได้ในที่สุดการเกิดโรคไตอักเสบนี้จะเป็นแบบถาวร

2.6 การสกัดด้วยเฟสของแข็ง (Solid-Phase Extraction, SPE)

เป็นเทคนิคการแยกสารที่สนใจออกจากสารละลายผสมโดยอาศัยสมบัติทางกายภาพและทางเคมี เทคนิคนี้นิยมนำไปใช้กำจัดสารรบกวนออกจากสารที่ต้องการและเพิ่มความเข้มข้นของสารที่ต้องการโดยใช้ตัวทำละลายที่มีปริมาตรน้อยๆ^[22] เทคนิค SPE ทำได้โดยการผ่านตัวถูกละลายที่สนใจลงไปบนเฟสของแข็ง จากนั้นเติมตัวทำละลายที่เหมาะสมลงไปเพื่อดึงเอาสารที่สนใจที่เกาะกับเฟสของแข็งออกเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป เทคนิคนี้เป็นเทคนิคการเตรียมตัวอย่างที่ทำได้ง่าย สะดวก และรวดเร็ว มีขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างน้อย ไม่สิ้นเปลืองสารละลาย ลดการสูญเสียสารตัวอย่าง^[23] นอกจากนี้เฟสของแข็งที่ใช้ในการแยกยังมีหลายชนิดให้เลือกใช้เพื่อให้สามารถแยกสารที่มีคุณสมบัติทางเคมีที่แตกต่างกันออกไป เช่น เฟสของแข็งที่มีหมู่ฟังก์ชันที่เฉพาะกับสารที่สนใจเกาะอยู่บนซิลิกา เป็นสายโซ่ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีหมู่อะมิโน หรือ หมู่ซัลโฟนิค เกาะอยู่^[24]

2.7 การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในน้ำธรรมชาติ

ได้มีผู้ทำการศึกษาวิธีการเตรียมสารตัวอย่างและเพิ่มความเข้มข้นของโลหะหนัก โดยใช้เทคนิค solid phase extraction ดังนี้

ปี 2009 Duran และคณะ^[25] ทำการวิเคราะห์หาปริมาณ Co(II), Ni(II), Cu(II) และ Cd(II) ในน้ำและหีตตัวอย่าง โดยใช้เฟลมอะตอมมิคแอบซอร์พชันสเปคโตรโฟโตมิเตอร์เป็นเครื่องตรวจวัด โดยทำให้ไอออนโลหะเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับ Ammonium Pyrrolidine dithiocarbamate (APDC) แล้วผ่านลงคอลัมน์ขนาดเล็กซึ่งบรรจุด้วย Amberlite XAD-2000 ไอออนโลหะจะถูกดูดซับอยู่ที่ sorbent ก่อนจะทำการชะออกเพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณ จากผลการทดลองพบว่าค่า Preconcentration factor เท่ากับ 200 และค่าขีดจำกัดของการตรวจวัดอยู่ในช่วง 0.07-0.23 $\mu\text{g L}^{-1}$ วิธีที่พัฒนาขึ้นสำหรับการวิเคราะห์โลหะที่มีปริมาณน้อยในตัวอย่างน้ำและหีตเป็นวิธีการที่ง่ายให้ความถูกต้องของการวิเคราะห์สูง และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการหาปริมาณโลหะที่มีปริมาณน้อยในแหล่งน้ำตัวอย่างจากธรรมชาติได้ โดยเรซิน Amberlite XAD-2000 สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำในการทดลองได้ 200 ครั้ง โดยคุณสมบัติของการดูดซับของเรซินเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

ปี 2009 Li และคณะ^[26] ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณ Cr(III), Fe(III), Hg(II) และ Pb(II) ที่ทำให้มีความเข้มข้นมากขึ้นด้วย activated carbon ซึ่งถูกปรับปรุงให้เชื่อมต่อกับ ethylenediamine (AC-EDA) ในสารตัวอย่างจากแม่น้ำและน้ำประปา ก่อนตรวจวัดด้วยเทคนิคอินดักทีฟลีคท์เพิลลาสมา ออฟดิคัลเปคโตรเมตรี การทดลองนี้พบว่าตัวดูดซับที่เตรียมขึ้น มีความเร็วในการดูดซับและมีค่าความจุในการดูดซับสูง การเตรียมตัวดูดซับทำได้ง่ายและรวดเร็ว สามารถวิเคราะห์ไอออนโลหะที่มีปริมาณน้อยได้ดี โดยขีดจำกัดของการตรวจวัดอยู่ในช่วง 0.09-0.28 ng mL^{-1} และให้ค่า preconcentration factor เท่ากับ 133.3

ปี 2010 Ciftci และคณะ^[27] ทำการศึกษาหาปริมาณแคดเมียมในน้ำธรรมชาติ โดยอาศัยการดูดซับสารประกอบเชิงซ้อนของแคดเมียมกับ 4-(2-pyridylazo) resorcinol บน Duolite XAD-761 จากนั้นทำการวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมที่แยกออกมาได้โดยใช้เฟลมอะตอมมิคแอบซอร์พชันสเปคโตรมิเตอร์ ได้ทำการหาสภาวะที่เหมาะสมของการทดลองสำหรับหาปริมาณแคดเมียม จากการศึกษาพบว่า pH ที่เหมาะสมในการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนอยู่ระหว่าง 3.5-5.5 โดยมีสารละลายผสมระหว่างเอทานอลกับกรดไนตริกเข้มข้น 2 mol L^{-1} ในอัตราส่วน 1:3 เป็นตัวชะ มีค่า preconcentration factor เท่ากับ 160 และมีขีดจำกัดต่ำสุดของการวิเคราะห์เท่ากับ 0.38 $\mu\text{g L}^{-1}$ วิธีการนี้นำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมในน้ำตัวอย่างได้

จากการศึกษางานวิจัยดังกล่าวข้างต้นพบว่า การนำเทคนิค solid phase extraction มาใช้ในการเตรียมสารตัวอย่างให้ความเข้มข้นขึ้น มีการใช้ตัวดูดซับต่างชนิดกัน เช่น เรซิน และ activated carbon ควบคู่กับรีเอเจนต์ชนิดต่าง ๆ เพื่อปรับปรุงให้มีความสามารถในการเพิ่มความเข้มข้นไอออนของโลหะที่มีปริมาณน้อยให้มากขึ้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะศึกษาการเพิ่มความเข้มข้นของแคดเมียมโดยใช้ตัวดูดซับเป็น Amberlite IR 122 โดยการให้แคดเมียมเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับรีเอเจนต์ เช่น PAR ก่อนการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอะตอมมิคแอบซอร์พชัน

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

การเพิ่มความเข้มข้นและการวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมในน้ำโดยใช้ Amberlite IR 122 เป็นเฟสของแข็งก่อนวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโทรเมตรี มีอุปกรณ์ สารเคมีและขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยดังนี้

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

3.1.1 อุปกรณ์

1. Fisher stirrer บริษัท Fisher Scientific, U.S.A
2. กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 บริษัท Whatman International, England
3. ขวดโพลีเอทิลีน
4. Flame Atomic Absorption Spectroscopy รุ่น SpectraAA 220 บริษัท Varian, U.S.A.
5. เครื่องชั่งแบบละเอียด (4 ตำแหน่ง) รุ่น Analytical AC 210S บริษัท ไฮแอนติฟิค โพรโมชัน

3.1.2 สารเคมี

1. Sodium hydroxide (NaOH) M.W. = 39.997 g/mol Analytical reagent Assay 99% บริษัท LAB – SCAN, Germany
2. Sodium chloride (NaCl) M.W. = 58.44 g/mol Analytical reagent UNIVAR Assay 99% บริษัท Ajax Finechem, New Zealand
3. Hydrochloric acid (HCl) M.W. = 36.46 g/mol Analytical reagent A.C.S Assay 38% บริษัท J.T. Baker, U.S.A
4. Amberlite Strongly Acidic Cation Exchanger, Sodium form Analytical reagent IR 122 บริษัท SIGMA, Switzerland
5. Cadmium standard Solution (Cd) 1000 mg/L Analytical reagent Traceable to NIST บริษัท Laboratory Reagents & Fine Chemicals, Australia
6. Sodium Tetraborate($B_4Na_2O_7 \cdot 10H_2O$) M.W. = 381.37 g/mol Analytical reagent UNIVAR บริษัท Ajax Finechem, New Zealand
7. Sodium Carbonate(Na_2CO_3) M.W. = 106.0 g/mol Analytical reagent UNIVAR บริษัท Ajax Finechem, New Zealand
8. Citric Acid ($HOC(COOH)(CH_2COOH)_2 \cdot H_2O$) M.W. = 60.05 g mol⁻¹ Analytical reagent UNIVAR บริษัท Ajax Finechem, Australia

9. Nitric acid (HNO_3) M.W. = 63.012 g/mol Analytical reagent A.R. บริษัท RCI Labscan, Thailand
10. 4-(2-Pyridylazo)resorcinol monosodium salt hydrate ($\text{C}_{11}\text{H}_8\text{N}_3\text{NaO}_2 \cdot \text{XH}_2\text{O}$) หรือ PAR M.W. = 237.19 บริษัท SIGMA – ALDRICH, Switzerland
11. Deionized Water
12. Lead Standard solution (Pb) M.W. = 207.2 g/mol 1000mg/L บริษัท MERCK, Germany
13. Calcium chloride (CaCl_2) M.W. = 107.02 g/mol Analytical reagent A.R. บริษัท Lab-SCAN, Germany
14. Zinc Nitrate Hexahydrate ($\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) M.W. = 297.4840 g/mol Analytical reagent บริษัท HAZARDUS, England
15. Magnesium Sulphate Trihydrate ($\text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) M.W. = 174.41 g/mol
16. Manganese Standard solution (Mn) M.W. = 54.94 g/mol 1000mg/L บริษัท MERCK, Germany
17. Iron Standard solution (Fe) M.W. = 55.85 g/mol 1000mg/L บริษัท MERCK, Germany
18. Di-sodium hydrogen orthophosphate dodecahydrate ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) M.W. = 358.15 g/mol Assay 101.0 % Analytical reagent UNIVAR บริษัท Ajax Finechem, Australia

3.2 การเตรียมสารละลายและวิธีการทดลอง

1. การเตรียมสารละลาย

- 1.1) เตรียมสารละลายกรด HCl เข้มข้น 1 M ปริมาตร 250 mL โดยเปิดสารละลาย HCl เข้มข้นปริมาตร 21 mL ลงในน้ำปราศจากไอออนแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 250 mL
- 1.2) เตรียมสารละลาย NaOH เข้มข้น 1 M ปริมาตร 250 mL โดยชั่ง NaOH 10.10 g ละลายด้วยน้ำปราศจากไอออนและปรับปริมาตรเป็น 250 mL
- 1.3) เตรียมสารละลาย NaCl เข้มข้น 1 M ปริมาตร 250 mL โดยชั่ง NaCl 14.68 g ละลายด้วยน้ำปราศจากไอออนและปรับปริมาตรเป็น 250 mL
- 1.4) เตรียมสารละลายแคดเมียม เข้มข้น 10 mg/L จากสารละลายแคดเมียม 1000 mg/L โดยเปิดสารละลายแคดเมียม 2.5 mL ปรับปริมาตรเป็น 250 mL ด้วยน้ำปราศจากไอออน
- 1.5) เตรียมสารละลาย 4-(2-Pyridylazo) resorcinol monosodium salt hydrate PAR ความเข้มข้น 0.1×10^{-3} M โดยชั่ง PAR 0.0059 g และปรับปริมาตรให้เป็น 250 mL
- 1.6) เตรียมสารละลายกรดไนตริก HNO_3 1 M เปิดสารละลาย HNO_3 17 mL และปรับปริมาตรเป็น 250 mL

1.7) เตรียมสารละลายบัฟเฟอร์

a. เตรียมสารละลาย Sodium Tetraborate โดยชั่ง Sodium Tetraborate 19.07g ปรับปริมาตรเป็น 1 L ด้วยน้ำปราศจากไอออน

b. เตรียมสารละลาย Sodium Carbonate โดยชั่ง Sodium Carbonate 5.30g ปรับปริมาตรเป็น 1 L ด้วยน้ำปราศจากไอออน

c. เตรียมสารละลาย โดยชั่ง Citric Acid 21.0 g ปรับปริมาตรเป็น 1 L โดยน้ำปราศจากไอออน

d. เตรียมสารละลาย โดยชั่ง Di-sodium hydrogen orthophosphate dodecahydrate 17.90 g ปรับปริมาตรเป็น 250 mL โดยน้ำปราศจากไอออน

e. เตรียมสารละลาย โดยชั่ง Di-potassium hydrogen phosphate 43.55 g ปรับปริมาตรเป็น 250 mL โดยน้ำปราศจากไอออน

f. เตรียมสารละลาย โดยชั่ง Potassium di-hydrogen phosphate 34.02 g ปรับปริมาตรเป็น 250 mL โดยน้ำปราศจากไอออน

g. นำสารละลายที่ได้มาผสมกันเพื่อเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ที่ pH ต่างๆ ดังตาราง 3 ตาราง 3 วิธีการเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ pH

pH	สารละลาย Sodium Tetraborate (mL)	สารละลาย Sodium Carbonate (mL)	สารละลาย Citric Acid (mL)	สารละลาย Di-sodium hydrogen orthophosphate dodecahydrate (mL)	สารละลาย Di-potassium hydrogen phosphate (mL)	สารละลาย Potassium di-hydrogen phosphate (mL)
6	-	-	100.00	250.00	-	-
7	-	-	-	-	61.50	38.50
8	-	-	-	-	94.00	6.00
9	50.00	-	-	-	-	-
10	50.00	200.00	-	-	-	-

2. วิธีการล้างเรซิน

2.1) นำเรซิน Amberlite IR 122 มาแช่น้ำปราศจากไอออน แล้วล้างด้วย 1 M HCl 2 ครั้ง

2.2) นำเรซินมาล้างด้วย NaOH เข้มข้น 1 M 2 ครั้ง แล้วล้างด้วยน้ำปราศจากไอออนจนสารละลายเป็นกลาง

2.3) เติมสารละลาย NaCl เข้มข้น 1 M ลงในเรซินทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที จึงเทสารละลายออก

3. วิธีการเพิ่มความเข้มข้นและการวิเคราะห์หาแคดเมียม

3.1) เตรียมสารประกอบเชิงซ้อนของแคดเมียมเข้มข้น 2 mg/L โดยปิเปตสารละลายแคดเมียมเข้มข้น 10 mg/L ปริมาตร 10 mL เติมบัฟเฟอร์ pH9 ลงไป 2 mL สารละลาย PAR ความเข้มข้น 0.1×10^{-3} M ลงไป 2 mL แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนให้มีปริมาตร 50 mL

3.2) ชั่งเรซินที่ล้างแล้ว 0.5 กรัม เทสารละลายที่เตรียมไว้ในข้อ 3.1 ลงไป แล้วคนเป็นเวลา 5, 10, 15, 25, 30, 45, 60 นาที ตามลำดับ

3.3) กรองเรซินออก นำเรซินที่ได้มาเติม HNO_3 1 M ปริมาตร 10 mL คนอีกเป็นเวลา 10 นาที กรองเรซินออก นำสารละลายที่ได้ไปปรับปริมาตรเป็น 25 mL

3.5) ทำซ้ำอีก 1 ครั้ง แล้วนำไปตรวจวัดด้วย Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

3.6) ศึกษาต่างๆในวิเคราะห์หาแคดเมียม

3.6.1 pH ของสารละลายบัฟเฟอร์ pH 6, 7, 8, 9, 10

3.6.2 ความเข้มข้นของสารละลาย PAR 0.05, 0.1, 0.5, 1.0, 1.5 mM

3.6.3 เวลาในการชะ 5, 10, 15, 30, 45, 60 นาที ตามลำดับ

3.6.4 การศึกษาชนิดของตัวชะ HCl, HNO_3

3.6.5 ปริมาณของเรซิน 0.5, 1.0, 2.0, 3.0 g

3.6.6 ปริมาตรของกรด 10, 15, 20, 22 mL

3.6.7 ปริมาตรของสารละลายแคดเมียม 50, 100, 250, 500 mL

3.7.8 ความเข้มข้นของกรดที่ได้จากข้อ 4 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0 M

3.7.9 ค่าความจุของการดูดซับ โดยค่อยๆ เพิ่มความเข้มข้นของสารละลายแคดเมียม $0.20 - 20.00 \text{ mg L}^{-1}$

4. วิเคราะห์หาความแม่นยำของวิธีการและตัวอย่าง

4.1) ความแม่นยำของวิธีการ โดยการเตรียมสารละลายแคดเมียม ที่ความเข้มข้น 0.5 และ 2 mg/L โดยเตรียมความเข้มข้นละ 7 ขวด

4.2) ความแม่นยำของเครื่องมือ โดยเตรียมสารละลายแคดเมียม ที่ความเข้มข้น 0.5 และ 2 mg/L นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงความเข้มข้นละ 7 ครั้ง

4.3) ศึกษาขีดจำกัดของการตรวจวัด โดยการเตรียมสารละลายแคดเมียม ที่มีความเข้มข้นต่ำๆ แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง 10 ครั้ง

4.4) ศึกษาผลของตัวรบกวน Pb, Ca, Na, Zn, Mn, Mg, Fe

4.5) เก็บตัวอย่างน้ำดื่ม 3 ตัวอย่าง น้ำธรรมชาติ 3 ตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่างตามวิธีที่ได้

4.7) ศึกษาร้อยละการกลับคืน โดยนำตัวอย่างมาแล้วทำการเตรียมสารละลายมาตรฐาน แคดเมียมที่ความเข้มข้นต่างๆ กัน

บทที่ 4

ผลการทดลอง

1. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเพิ่มความเข้มข้น

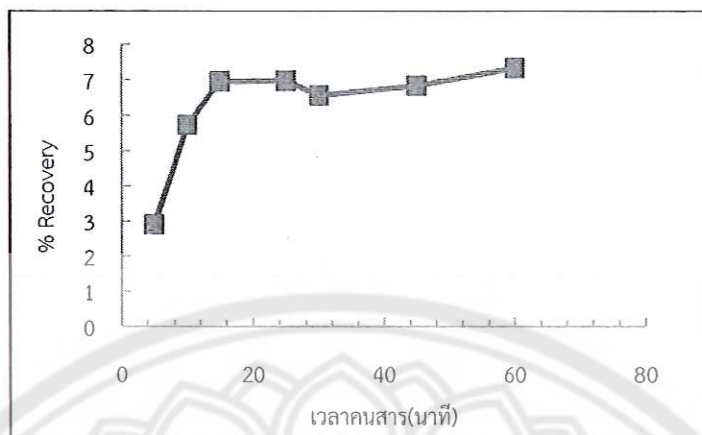
ศึกษาการเพิ่มความเข้มข้นและการหาปริมาณแคดเมียม โดยเริ่มต้นหาสภาวะที่เหมาะสมต่อสารละลายแคดเมียมที่ต้องศึกษาโดยการเปลี่ยนแปลงสภาวะที่ศึกษาครั้งละ 1 สภาวะ ซึ่งสภาวะเริ่มต้นของการทดลองแสดงดังตาราง 4

ตาราง 4 สภาวะเริ่มต้นในการศึกษาการเพิ่มความเข้มข้นแคดเมียม

ลักษณะสภาวะ	สภาวะที่ใช้
ชนิดกรดที่ใช้เป็นตัวชะ	HNO ₃
ความเข้มข้นของกรดไนตริก (HNO ₃) (mol/L)	1.00
ปริมาตรกรดไนตริก (ตัวชะ) (mL)	10.00
สารละลายบัฟเฟอร์	pH 9
ความเข้มข้นของสารละลาย PAR (mM)	0.10
ความเข้มข้นของสารละลายแคดเมียม (mg L ⁻¹)	2.00
ปริมาตรของสารละลายแคดเมียม (mL)	50.00
ปริมาณของเรซิน (g)	0.50
เวลาในการชะ (นาที)	10

1.1 การศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการคนเรซิน

ทำการศึกษาเวลาที่ใช้ในการคนเรซิน Amberlite IR 122 กับสารละลายแคดเมียมในช่วงเวลา 5-45 นาทีเพื่อให้ได้เวลาที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ซึ่งผลการทดลองแสดงดังภาพ 2

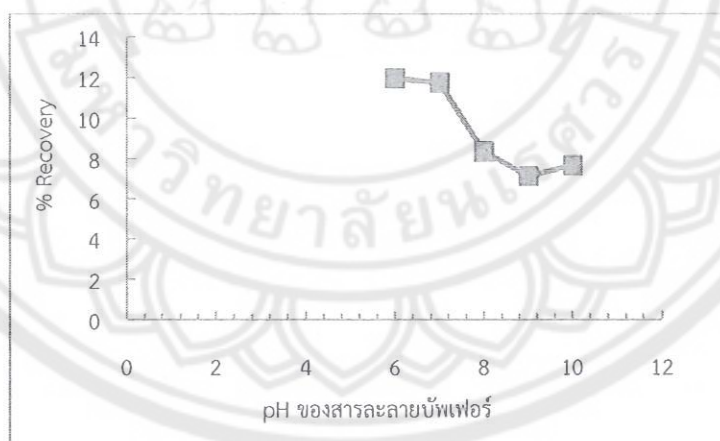


ภาพ 2 เวลาที่ใช้ในการคนสารละลายแคดเมียมกับ เรซิน Amberlite IR 122

จากกราฟในภาพ 2 พบว่าเมื่อเพิ่มเวลาในการคน ค่าร้อยละการกลับคืนจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจาก 5 จนถึงเวลา 15 นาที จากนั้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นอีกค่าร้อยละการกลับคืนจะเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ดังนั้นในการศึกษาต่อไปจะเลือกใช้เวลาในการคนสารละลายเท่ากับ 15 นาที

1.2 การศึกษา pH ของสารละลายบัฟเฟอร์

ทำการศึกษาค่าความเป็นกรด-เบสของสารละลายบัฟเฟอร์ที่ใช้ เพื่อให้การเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารละลายแคดเมียมกับสารละลาย PAR ในช่วง 6-10 ได้ผลการทดลองดังภาพ 3

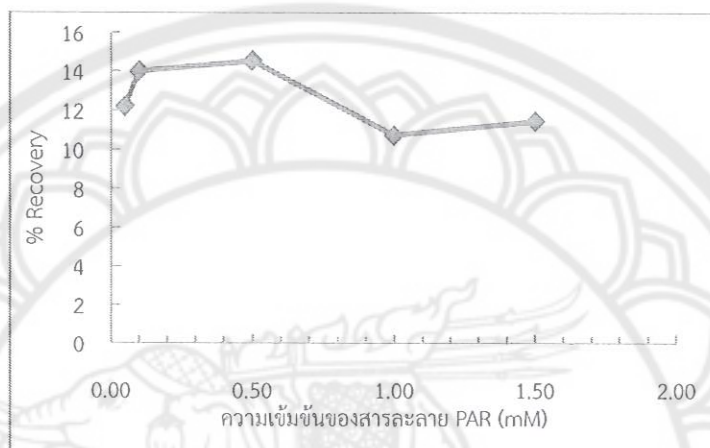


ภาพ 3 การศึกษา pH ที่เหมาะสมของสารละลายบัฟเฟอร์สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียม

จากกราฟพบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่ทำให้สารละลายแคดเมียมและสารละลาย PAR เกิดสารประกอบเชิงซ้อนได้ดีที่สุดคือที่ pH 6 ดังนั้นจึงเลือกใช้สารละลายบัฟเฟอร์ pH 6 ในการทดลองต่อไป

1.3 การศึกษาความเข้มข้นของสารละลาย PAR ที่ใช้ในการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับสารละลายแคดเมียม

ทำการศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลาย PAR ที่ใช้ในการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับแคดเมียม ที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กันคือ 0.05, 0.1, 0.5, 1.0 และ 1.5 mM ได้ผลการทดลองดังภาพ 4



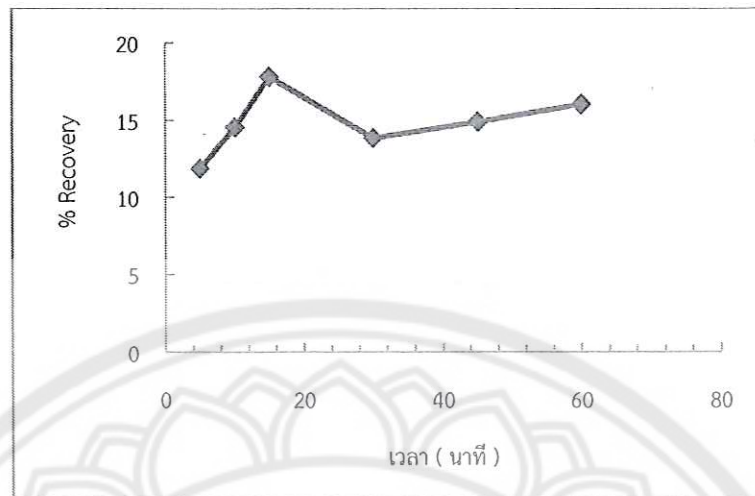
ภาพ 4 การศึกษาความเข้มข้นของสารละลาย PAR ที่ใช้ในการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับสารละลายแคดเมียม

จากภาพ 4 พบว่าความเข้มข้นของสารละลาย PAR ที่เหมาะสมต่อสารละลายแคดเมียมคือ 0.5 mM ทำให้สารละลายแคดเมียมและสารละลาย PAR เกิดสารประกอบเชิงซ้อนได้ดีที่สุด ดังนั้นจึงเลือกใช้สารละลาย PAR เข้มข้น 0.5 M ในการทดลองต่อไป

1.4 การศึกษาเวลาที่ใช้ในการชะสารละลายแคดเมียมออกจากเรซิน Amberlite IR 122

ทำการศึกษาเวลาที่ใช้ในการชะสารละลายแคดเมียมในช่วงเวลา 5-60 นาทีเพื่อให้ได้เวลาที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ซึ่งผลการทดลองแสดงดังภาพ 5

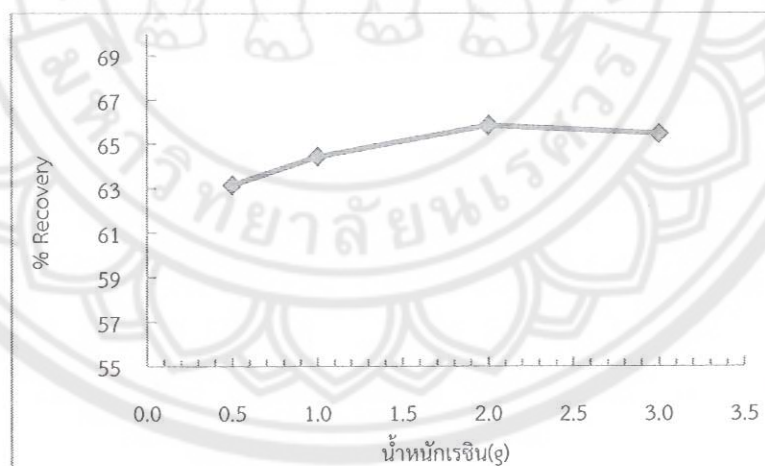
จากกราฟพบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่ใช้ในการชะสารละลายแคดเมียมออกจากเรซิน Amberlite IR 122 ได้ดีที่สุดคือ 15 นาที ดังนั้นจึงเลือกใช้เวลาในการชะสารละลายแคดเมียม 15 นาที ในการทดลองต่อไป



ภาพ 5 เวลาที่ใช้ในการชะสารละลายแคดเมียมออกจากเรซิน Amberlite IR 122

1.5 การศึกษาปริมาณเรซินที่ใช้ในการเพิ่มความเข้มข้นสารละลายแคดเมียม

ทำการศึกษาหาปริมาณของเรซินที่ใช้ในการเพิ่มความเข้มข้นแคดเมียม โดยใช้เรซินที่มีน้ำหนักต่าง ๆ กัน ได้ผลการทดลองดังภาพ 6



ภาพ 6 ปริมาณเรซินที่ใช้ในการเพิ่มความเข้มข้นสารละลายแคดเมียม

จากภาพ 6 เมื่อเพิ่มน้ำหนักของเรซินจาก 0.5 เป็น 2.0 กรัมจะทำให้ค่าร้อยละการกลับคืนมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีปริมาณเรซินมากพอที่จะจับกับแคดเมียม แต่เมื่อเพิ่มน้ำหนักเรซินเป็น 3.0 กรัมพบว่าค่าที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ดังนั้นจึงเลือกใช้เรซินหนัก 2.0 กรัม ในการทดลองต่อไป



1.6 การศึกษาชนิดของกรดที่ใช้เป็นตัวชะ

1. ๖๖๔๑๑ ๒๕

ทำการศึกษาค้นหาชนิดของกรดที่เหมาะสมที่จะใช้ในการชะแคดเมียมออกจากเรซิน โดยทำการศึกษากรด 2 ชนิด คือ HNO_3 และ HCl ได้ผลการทดลองดังตาราง 5

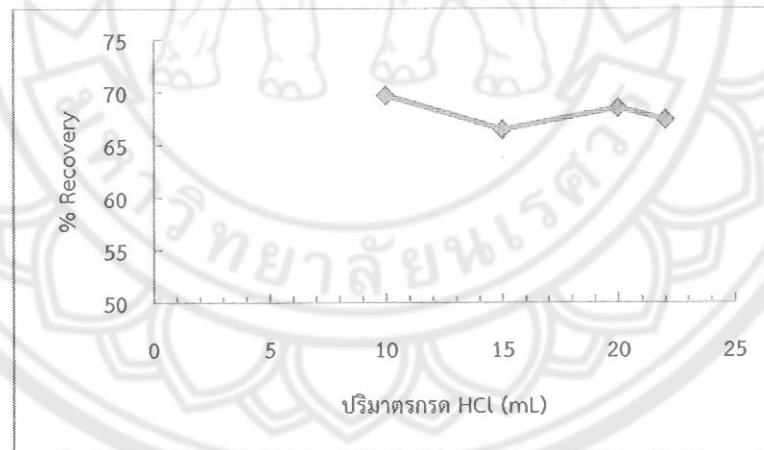
ตาราง 5 การศึกษาชนิดของกรดที่ใช้ในการชะแคดเมียมออกจากเรซิน Amberlite IR 122

ชนิดของกรด	ร้อยละการกลับคืน
HNO_3	15.9
HCl	32.7

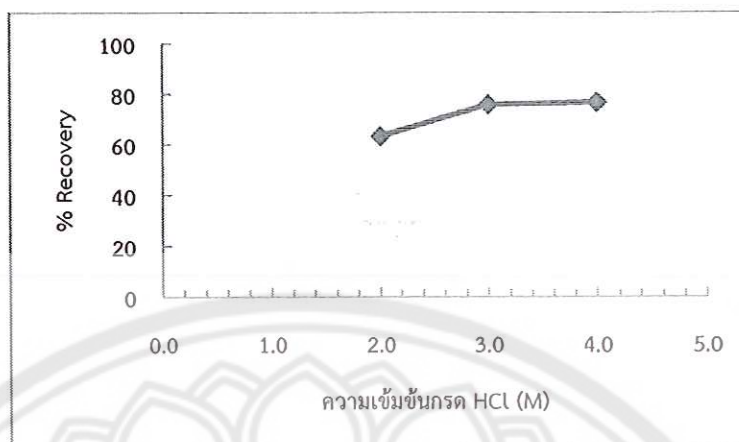
จากตารางพบว่าการใช้กรด HCl สามารถชะแคดเมียมออกมาได้ดีกว่ากรด HNO_3 อาจเนื่องจากการเกิดเป็นกรด HCl สามารถเกิดคลอโรคอมเพล็กซ์กับแคดเมียมได้ ดังนั้นจึงสามารถชะเอาแคดเมียมออกจากเรซินได้ดี

1.7 การศึกษาความเข้มข้นและปริมาตรของกรด HCl

ทำการศึกษาค้นหาความเข้มข้นและปริมาตรของกรด HCl มีใช้ในการชะแคดเมียมออกจากเรซิน ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กันได้ผลการทดลองดังภาพ 7 และ 8



ภาพ 7 ปริมาตรของกรด HCl ที่ใช้ในการชะสารละลายแคดเมียมออกจากเรซิน Amberlite IR 122

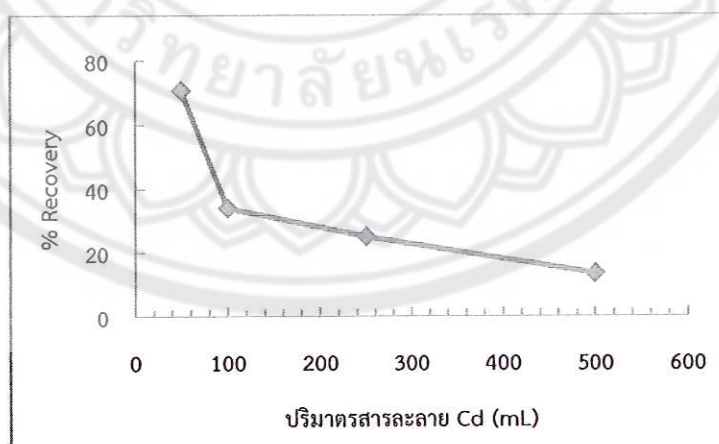


ภาพ 8 ความเข้มข้นของกรด HCl ที่ใช้ในการชะสารละลายแคดเมียมออกจากเรซิน Amberlite IR 122

จากภาพ 6 พบว่าปริมาตรกรด HCl ที่ใช้ในการชะสารละลายแคดเมียมออกจากเรซิน Amberlite IR 122 ได้ดีที่สุดคือ 10 mL ส่วนในภาพ 8 พบว่าความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรด HCl ที่ใช้ในการชะสารละลายแคดเมียมออกจากเรซิน Amberlite IR 122 ได้ดีที่สุดคือ 3 M ดังนั้นจึงเลือกใช้ปริมาตรกรด HCl 10 mL ที่ความเข้มข้น 3 M ในการทดลองต่อไป

1.8 การศึกษาปริมาตรของสารละลายแคดเมียมเริ่มต้น

ทำการศึกษหาปริมาตรของสารละลายแคดเมียมที่ปริมาตรต่าง ๆ กัน คือ 50, 100, 250 และ 500 mL ตามลำดับ ได้ผลการทดลองดังภาพ 9



ภาพ 9 ปริมาตรของสารละลายแคดเมียมเริ่มต้นที่ใช้ในการเพิ่มความเข้มข้น

จากกราฟพบว่าปริมาตรของสารละลายแคดเมียมเริ่มต้นที่ใช้ในการเพิ่มความเข้มข้นได้ดีที่สุดคือ 50 mL ดังนั้นจึงเลือกใช้สารละลายแคดเมียมเริ่มต้นที่ 50 mL ในการทดลองต่อไป

2. สภาวะที่เหมาะสมในการเพิ่มความเข้มข้นแคดเมียม

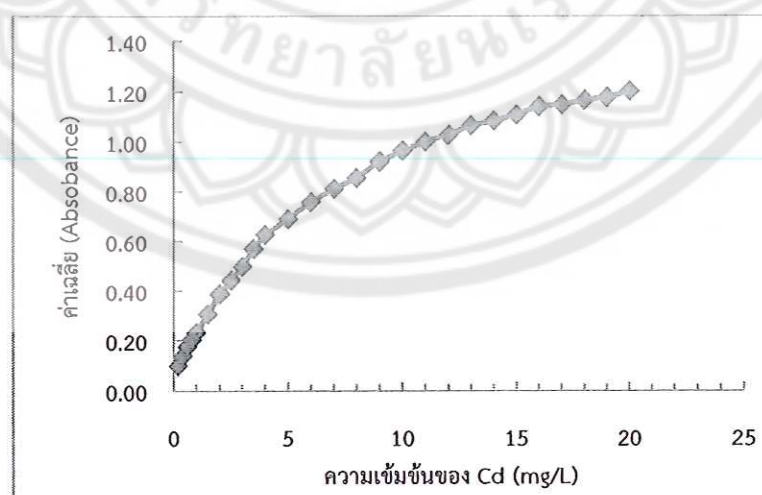
จากการทดลองดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปสภาวะที่เหมาะสมในการเพิ่มความเข้มข้นแคดเมียมด้วย Amberlite IR 122 ได้ดังตาราง 6

ตาราง 6 สภาวะที่เหมาะสมในการเพิ่มความเข้มข้นแคดเมียม

ชื่อสภาวะ	สภาวะที่เหมาะสม
เวลาในการคน (นาที)	15
pH ของสารละลายบัฟเฟอร์	6
ความเข้มข้นของสารละลาย PAR (mM)	0.50
เวลาในการชะ (นาที)	15
การศึกษาชนิดของตัวชะ (M)	HCl
ปริมาณของเรซิน (g)	2.0
ปริมาตรของกรด HCl (mL)	10
ปริมาตรของสารละลายแคดเมียม (mL)	50
ความเข้มข้นของกรด HCl (M)	3

3. การศึกษาค่าความจุของการดูดซับ

จากสภาวะที่เหมาะสมดังตาราง 6 ทำการศึกษาหาค่าความจุของการดูดซับ โดยค่อยๆ เพิ่มความเข้มข้นของสารละลายแคดเมียมจาก 0.20 – 20.00 mgL⁻¹ ผลการทดลองแสดงดังภาพ 10

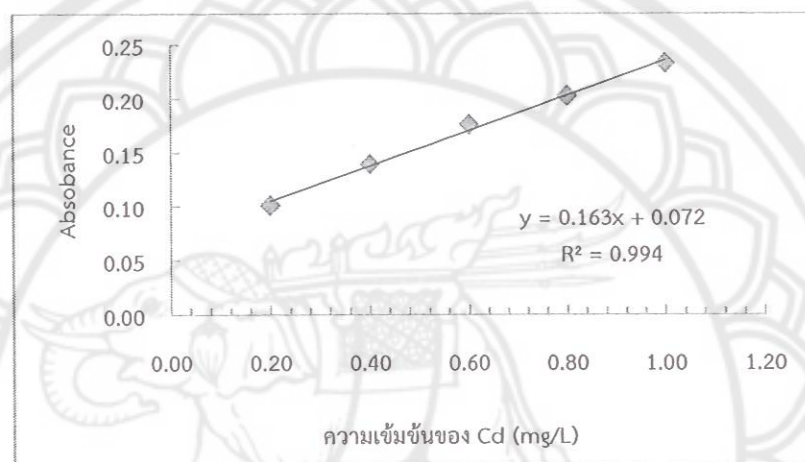


ภาพ 10 การศึกษาความจุการดูดซับของเรซิน Amberlite IR122 ที่ใช้ในการเพิ่มความเข้มข้นสารละลายแคดเมียม

จากการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายแคดเมียมค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายจะเพิ่มขึ้นจนถึงที่ความเข้มข้นของแคดเมียมเท่ากับ 20.00 mg L^{-1} ดังนั้นเมื่อใช้เรซินหนัก 2.0 g จะมีค่าความจุการดูดซับของเรซิน Amberlite IR122 สูงสุดที่ 20.00 mg L^{-1}

4. กราฟมาตรฐานในการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายแคดเมียม

จากสภาวะที่เหมาะสมดังตาราง 6 ได้ทำการศึกษาช่วงความเป็นเส้นตรง ได้กราฟมาตรฐานในการเพิ่มความเข้มข้นแคดเมียมดังภาพ 11



ภาพ 11 กราฟมาตรฐานในการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายแคดเมียม

จากภาพพบว่ากราฟมาตรฐานในการเพิ่มความเข้มข้นแคดเมียมอยู่ในช่วง $0.20 - 1.00 \text{ mg L}^{-1}$ โดยมีสมการเส้นตรงคือ $y = 0.1635x + 0.0725$ และมีค่า correlation coefficient เท่ากับ 0.9946

5. การศึกษาความแม่นยำของวิธีการ

ทำการศึกษาความแม่นยำของวิธีโดยการเตรียมสารละลายแคดเมียมที่ความเข้มข้น 0.5 และ 2.0 mg/L ทั้งหมด 7 ขวด แล้วนำไปผ่านเรซินโดยใช้สภาวะการทดลองดังตาราง 6 ได้ผลการทดลอง ดังตาราง 7

จากตาราง 6 พบว่าที่สารละลายแคดเมียมเข้มข้น 0.5 และ 2.0 mg/L ได้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย 0.1601 และ 0.3789 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.0057 และ 0.0123 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ 3.56 และ 3.25% ตามลำดับ จากการศึกษพบว่าวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์ที่มีความแม่นยำ เนื่องจากมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ค่อนข้างน้อย

ตาราง 7 การศึกษาความแม่นยำของวิธี

ขวดที่	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความเข้มข้น ของสารละลายแคดเมียม	
	0.5 mg L ⁻¹	2.0 mg L ⁻¹
1	0.1654	0.3955
2	0.1651	0.3633
3	0.1531	0.3639
4	0.1531	0.3843
5	0.1666	0.3938
6	0.1530	0.3707
7	0.1550	0.3807
ค่าเฉลี่ย	0.1601	0.3789
S.D	0.0057	0.0123
% RSD	3.56	3.25

6. การศึกษาขีดจำกัดของการวิเคราะห์

ทำการศึกษาขีดจำกัดของการวิเคราะห์โดยเตรียมสารละลายแคดเมียมที่ความเข้มข้น 0.2 mg/L ทำการวิเคราะห์ทั้งหมด 10 ครั้งได้ผลการทดลองดังตาราง 8

ตาราง 8 การศึกษาขีดจำกัดของการวิเคราะห์

ครั้งที่	ค่าการดูดกลืน
1	0.0775
2	0.0908
3	0.0764
4	0.0742
5	0.0780
6	0.0816
7	0.0757
8	0.0728
9	0.0717
10	0.0806
ค่าเฉลี่ย	0.0779
S.D	0.0052
S _m	0.0936
C _m	0.1783

จากการศึกษาพบว่าค่าขีดจำกัดในการวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมเท่ากับ 0.18 mg/L

7. การศึกษา Preconcentration factor

ทำการศึกษาค่า Preconcentration factor เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการเพิ่มความเข้มข้นในการวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมที่ผ่านการเพิ่มความเข้มข้นแล้วกับสารละลายแคดเมียมที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการเพิ่มความเข้มข้น จากการศึกษพบว่าปริมาณแคดเมียมที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการเพิ่มความเข้มข้น กราฟมาตรฐาน คือ $y = 0.098x - 0.003$, $R^2 = 0.999$ ส่วนการวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมที่ผ่านการเพิ่มความเข้มข้นกราฟมาตรฐาน คือ $y = 0.1635x + 0.0725$, $R^2 = 0.994$ ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการเพิ่มความเข้มข้นแคดเมียมพบว่ามีค่า Preconcentration factor 1.7 แสดงให้เห็นว่าเทคนิคนี้สามารถเพิ่มความเข้มข้นของแคดเมียมได้

8. การศึกษาหาปริมาณแคดเมียมในน้ำตัวอย่างจากน้ำดื่มและน้ำธรรมชาติ

จากสภาวะที่เหมาะสมที่ได้ตั้งตาราง 6 นำมาศึกษาหาปริมาณแคดเมียมที่มีอยู่ในตัวอย่างน้ำดื่มและน้ำธรรมชาติได้ผลการทดลองดังตาราง 9 และ 10

ตาราง 9 การศึกษาหาปริมาณแคดเมียมในน้ำตัวอย่างน้ำดื่ม

ตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg/L)	ค่าการดูดกลืนแสง			ความเข้มข้นที่ตรวจพบ (mg/L)	%Recovery
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย		
น้ำดื่ม 1	0.0	0.0013	0.0017	0.0015	0.0283	-
	0.4	0.0112	0.0109	0.0111	0.3286	82.15
	0.6	0.0171	0.0164	0.0168	0.5079	84.64
	1.0	0.0332	0.0320	0.0287	1.0063	100.63
น้ำดื่ม 2	0.0	0.0008	0.0005	0.0007	0.0015	-
	0.2	0.0067	0.0060	0.0064	0.1727	86.34
	0.4	0.0123	0.0155	0.0139	0.3994	99.85
	1.0	0.0354	0.0394	0.0374	1.1051	110.51
น้ำดื่ม 3	0.0	0.0020	0.0020	0.0020	ND	-
	0.2	0.0088	0.0096	0.0092	0.2206	110.32
	0.4	0.0149	0.0140	0.0145	0.4075	101.87
	0.6	0.0198	0.0226	0.0212	0.6477	107.92

ตาราง 10 การศึกษาหาปริมาณแคดเมียมในตัวอย่างน้ำธรรมชาติ

ตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg/L)	ค่าการดูดกลืนแสง			ความเข้มข้นที่ ตรวจพบ (mg/L)	%Recovery
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย		
สระน้ำหอน	0.0	0.0019	0.0017	0.0018	ND	-
	0.2	0.0084	0.0078	0.0081	0.2143	107.14
	0.8	0.0252	0.0246	0.0249	0.8148	101.79
	1.0	0.0287	0.0308	0.0298	0.9875	98.75
สระน้ำข้างตึก คณิตศาสตร์	0.0	0.0010	0.0090	0.0050	0.0500	-
	0.6	0.0191	0.0186	0.0189	0.5827	97.12
	0.8	0.0258	0.0247	0.0253	0.8288	103.61
	1.0	0.0302	0.0298	0.0300	1.0115	96.15
สระน้ำประตู 4	0.0	0.0010	0.0013	0.0012	0.0017	-
	0.2	0.0077	0.0076	0.0077	0.2213	110.64
	0.8	0.0244	0.0252	0.0248	0.8007	100.08
	1.0	0.0321	0.0303	0.0312	1.0169	101.69

จากการศึกษาหาปริมาณน้ำตัวอย่างในตาราง 9 และ 10 พบว่าวิธีการนี้มีความถูกต้องในการวิเคราะห์สูงนั่นคือค่า %Recovery ในทุกตัวอย่างอยู่ในช่วง 82-110 % และปริมาณของแคดเมียมในตัวอย่างมีค่าน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่มและน้ำอุปโภคบริโภค

บทที่ 5

บทสรุป

วิธีการที่ศึกษานี้สามารถเพิ่มความเข้มข้นและหาปริมาณแคดเมียมในตัวอย่างน้ำดื่มและน้ำธรรมชาติโดยการสกัดด้วยเฟสของแข็ง และใช้อะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโตรมิเตอร์เป็นเครื่องตรวจวัด โดยในการเพิ่มความเข้มข้นและการหาปริมาณแคดเมียมโดยการสกัดด้วยเฟสของแข็งต้องทำการศึกษาสภาวะต่าง ๆ ที่เหมาะสม และทำการศึกษาค่าความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์ กราฟมาตรฐาน และค่าร้อยละการกลับคืน แล้วจึงนำวิธีการวิเคราะห์นี้ไปใช้วิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมในน้ำดื่มและน้ำธรรมชาติบริเวณรอบ ๆ มหาวิทยาลัยนเรศวร

การวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมโดยใช้เทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรสโกปี

วิธีการที่ศึกษานี้สามารถเพิ่มความเข้มข้นและหาปริมาณแคดเมียมในตัวอย่างน้ำดื่มและน้ำธรรมชาติโดยการสกัดด้วยเฟสของแข็ง โดยมีค่าร้อยละการกลับคืนในการวิเคราะห์หาแคดเมียมไอออนในน้ำตัวอย่างอยู่ในช่วง 82-110 % โดยใช้สภาวะที่เหมาะสมดังนี้ ใช้ปริมาตรของสารละลายแคดเมียม 50 mL เวลาคนสารละลาย 15 นาที สารละลายบัฟเฟอร์ pH6 ความเข้มข้นของสารละลาย PAR 0.5 mM เวลาในการชะ 15 นาที โดยใช้ HCl เข้มข้น 3 M ปริมาตร 10 mL เป็นตัวชะแคดเมียมออกจากเรซินที่หนัก 2.0 g จากการทดลองพบว่าวิธีการสกัดด้วยเฟสของแข็งสามารถใช้ในการเพิ่มความเข้มข้นแคดเมียมไอออนในตัวอย่างได้ วิธีนี้มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ต่ำและขีดจำกัดในการตรวจวัดแคดเมียม 0.18 มิลลิกรัมต่อลิตร วิธีการนี้สามารถเพิ่มความเข้มข้นแคดเมียมได้ 1.7 เท่า

บรรณานุกรม

- 1) ทรัพยากรน้ำ (2011) สืบค้นข้อมูลเมื่อ 16 กันยายน 2011 จาก
<http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet6/envi2/subwater/subwater.htm>
- 2) อันตรายจากสารปนเปื้อนในน้ำ (2010) สืบค้นข้อมูลเมื่อ 16 กันยายน 2011 จาก
http://www.dwr.go.th/contents/content/files/001002/0012762_1.pdf
- 3) ประโยชน์และความเป็นพิษของโลหะหนักแคดเมียม (2008) สืบค้นข้อมูลเมื่อ 16 กันยายน 2011 จาก
http://www.dss.go.th/dssweb/st-articles/files/cp_4_2551_Cadmium.pdf
- 4) ฐานความรู้เรื่องความปลอดภัยในสารเคมี, แคดเมียมคืออะไร ใช้ทำอะไร (2009) สืบค้นข้อมูลเมื่อ 16 กันยายน 2011 จาก
<http://www.chemtrack.org/News-Detail.asp?TID=7&ID=347>
- 5) Mahpishanian, S. and Shemirani, F. (2010). Preconcentration procedure using in situ solvent formation microextraction in the presence of ionic liquid for cadmium determination in saline samples by flame atomic absorption spectrometry, *Talanta*. 82, 471-476.
- 6) เขมชาติ ธนาภิชาตญเจริญ, นงนาถ เมฆรังสิมันต์และสุรัชย์ ศิลาภรณ์โชติ. (2551). ประโยชน์และความเป็นพิษของโลหะหนักแคดเมียม. *โครงการเคมีกรมวิทยาศาสตร์บริการ*.
- 7) Ghaedi, M., Niknam, K., Shokrollahi, A., Niknam, E., Rajabi H.R., and Soylak, M. (2008). Flame atomic absorption spectrometric determination of trace amounts of heavy metal ions after solid phase extraction using modified sodium dodecyl sulfate coated on alumina., *J. Hazard. Mater.* 155, 121-127
- 8) Suvardhan, K., Suresh Kumar, K., Rekha, D., Kiran, K., Jaya Raj, B. and Chiranjeevi, P. Novel. (2007). Solid-Phase Extraction and Preconcentration Technique Coupled with ICP-AES for the Determination of Cr(III), Ni(II), and Zn(II) in Various Water Samples., *J. Anal. Chem.* 62(4), 336-341.
- 9) Qun He, Xijun Chang, Xiping Huang and Zheng Hu (2008). Determination of trace elements in food samples by ICP-AES after preconcentration with p-toluenesulfonylamide immobilized on silica gel and nanometer SiO₂., *Microchimica Acta*. 160, 147-152.
- 10) Henderson, I.K., Saari-Norhaus, R., Anderson Jr., J. M. (1991). Sample preparation for ion chromatography by solid-phase extraction., *J. Chromatography A.*, 546, 61-71.
- 11) Lee, Jin-young, Kumar, J.R., Kim, Joon-Soo, Park, Hyung-Kyu and Yoon, Ho-sung. (2009). Liquid-liquid extraction/separation of platinum(IV) and Phodium(II) from acidic chloride solutions using tri-iso-octylamine., *J. Hazard. Mater.*, 169, 424-429.
- 12) Ghaedi, M., Niknam, K., Niknam, E. and Soylak, M. (2009). Application of Cloud

- Point Extraction for Copper, Nickel, Zinc and Iron Ions in Environmental Samples., *J. Chin. Chem. Soc.*, 56, 981-986
- 13) Ensafi, Ali A. and Zendegi Shiraz, A. (2008). On-line separation and preconcentration of lead(II) by solid phase extraction using activated carbon loaded with xylenol orange and its determination by flame atomic absorption spectrometry, *J. Hazard Materials*. 150, 554-559.
- 14) สมคิด ปราบภัย .(2542) . การวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วและแคดเมียมในผักต่างๆโดยเครื่องอะตอมมิก แอบซอร์บชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์. คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- 15) ประดิษฐ์ บุญตันตราภวัฒน์และคณะ. (2537). คู่มือตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี. กรุงเทพฯ ฯ: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- 16) วัฏจักรน้ำ. (ม.ป.ป.). เข้าถึงได้จาก:
<http://www.sarakhamrid.com/main/images/stories/files/watercycle.pdf>.
(วันที่ค้นข้อมูล : 3 กันยายน 2556).
- 17) มั่นสิน ตันตุลเวศมีและมันรักษ์ ตันตุลเวศมี. (2545). เคมีวิทยาของน้ำและน้ำเสีย. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ ฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- 18) สุภาพ รมณีย์พิกุล. (2550). ธาตุทรานซิชัน Transition Elements. (พิมพ์ครั้งที่ 1). ไม่ปรากฏสถานที่พิมพ์.
- 19) วิจิตร บุญยะโทตระ. (ม.ป.ป.) ประโยชน์ของแคดเมียม. เข้าถึงได้จาก:
<http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet6/envi3/cadmium/cadmn.htm>.
(วันที่ค้นข้อมูล : 3 กันยายน 2556).
- 20) รจนา ชุนทบัณฑิต. (ม.ป.ป.). แคดเมียมปัญหาจากสิ่งแวดล้อมกับการเกิดมะเร็ง. เข้าถึงได้จาก:
<http://www.thaitox.org/knowledge/detail.php?section=8&category=7&id=9>.
(วันที่ค้นข้อมูล : 3 กันยายน 2556).
- 21) พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์และเกียรติคุณ ดร.นิธิยา รัตนานนท์. (ม.ป.ป.). แคดเมียม. เข้าถึงได้จาก: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2121/cadmium-แคดเมียม>. (วันที่ค้นข้อมูล : 3 กันยายน 2556).
- 22) เทคนิคการแยก. (2009). สืบค้นข้อมูลเมื่อ 16 กันยายน 2011 จาก
<http://mis.sc.chula.ac.th/Chemll10.ppt>
- 23) การเตรียมและการทำความสะอาดตัวอย่างด้วยวิธี solid phase extraction. (2011) สืบค้นข้อมูลเมื่อ 19 กันยายน 2011 จาก
<http://www.fortunesci.com/knowledge/Solid%20Phase%20Extraction%20Selection.pdf>
- 24) Guide to Solid Phase Extraction (1998) สืบค้นข้อมูลเมื่อ 19 กันยายน 2011
<http://www.sigmaaldrich.com/Graphics/Supelco/objects/4600/4538.pdf>
- 25) Uran, C., Senturk, H. B., Elci, L., Soylakc, M., and Tufekci, M. (2009). Simultaneous preconcentration of Co(II), Ni(II), Cu(II), and Cd(II) from environmental samples

on Amberlite XAD-2000 column and determination by FAAS., *J. Hazard. Mater.* 162, 292 – 299.

26) Li, Z., Chang, X., Zou, X., Zhu, X., Nie, R., Hua, Z., and Li, R. (2009). Chemically-modified activated carbon with ethylenediamine for selective solid-phase extraction and preconcentration of metal ions., *Anal. Chim. Acta.* 632, 272 – 277.

27) Ciftci H. (2010). Separation and solid phase extraction method for the determination of cadmium in environmental samples., *Desalination.* 263, 18-22.



Output ที่ได้จากโครงการ

1. ได้สภาวะที่เหมาะสมในการเพิ่มความเข้มข้นแคดเมียมโดยใช้ Amberlite IR 122 เป็นเฟสของแข็ง โดยมีกรด HCl เข้มข้น 3 M เป็นตัวชะ
2. ได้วิธีการที่เพิ่มความเข้มข้นแคดเมียมที่ง่าย และมีความแม่นยำในการวิเคราะห์
3. สามารถนำวิธีการเพิ่มความเข้มข้นที่ศึกษาไปวิเคราะห์กับตัวอย่างจริงได้





C1_C0029: SEPARATION AND PRECONCENTRATION BY SOLID PHASE EXTRACTION USING AMBERLITE IR 122 AS ADSORBENT FOR DETERMINATION OF CADMIUM IN DRINKING WATER AND NATURAL WATER SAMPLES BEFORE FLAME ATOMIC ABSORPTION SPECTROMETRIC DETECTION

Jintana Klamtet,^{1,*} Wilawan Mankong,¹ Somporn Klamtet²

¹Department of chemistry, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand

²Department of Mathematics, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand

*e-mail: jintanakl@nu.ac.th

Abstract: A preconcentration method for the determination of Cd(II) in water samples by atomic absorption spectrometer was investigated. The 50 mL solution contained Cd(II) ions were sorbed on Amberlite IR122 at the pH 6 whereas quantitative desorption occurs with 3 molL⁻¹ HCl. The loading time values for sorption and desorption are found to be 15 min. The percentage of recovery of Cd(II) was found to be 76 %. The relative standard deviation (RSD) of the method was < 4 % and limit of detection of Cd(II) (3s, N=10) was found to be 0.103 mgL⁻¹. The proposed method was applied for the determination of Cd(II) in drinking water samples produced in Phitsanulok and natural water samples around Naresuan University. The results found that a concentration of Cd(II) in collected samples was lower than the limit of detection and preconcentration factor of 2.

Introduction: Cadmium is an extremely toxic element and persistent pollutant even at very low concentration. Its toxicity is hazardous for aquatic, animal and plant life because it can be contaminated in food and accumulated in several organs with long biological half life.¹⁻³ One of the pathways that cadmium enters human body is through daily intake of food and water.² It is, therefore, very important to develop sensitive methods for quantitative determination of trace element of cadmium. Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS)² and electrothermal atomic absorption spectrometry¹ have enough sensitivity to allow determination of cadmium at low level but these techniques required more skill and also more expensive than flame atomic absorption spectrometry. On the other hand, flame atomic absorption spectrometry has a limited sensitivity for cadmium determination, so a preconcentration step is required to improve the detection limit. Amberlite IR122 was a high capacity cation exchange resin of the sulfonated polystyrene type, high level of crosslinkage and it more chemical resistant. Moreover, there was no report using this resin for preconcentration of cadmium. Therefore, in the present work, the Amberlite IR122 was used as an adsorbent for enhancement the cadmium which was complexation with 4-(2-pyridylazo) resorcinol before flame atomic absorption determination.

Methodology: All the reagents used were of analytical grade, and the solutions were prepared in deionized water. Cd(II) stock solution containing 1000 mg L⁻¹ (BDH Prolabo) was used as purchased. The analytical solutions containing 0.20-1.00 mg L⁻¹ of Cd(II) were prepared daily by successive dilution from the stock solution. A buffer solution pH 6 containing 2.10 g in 100 mL of citric acid (Ajax Finchem) and 17.9 g in 250 mL of di-sodium hydrogen orthophosphate dodecahydrate (Ajax Finchem) was prepared by dissolving these solution in water. A stock solution of 4-(2-Pyridylazo) resorcinol (PAR) containing 0.5×10⁻³ mol L⁻¹ was obtained by dissolving 0.0059 g of 4-(2-Pyridylazo) resorcinol monosodium salt monohydrated (Sigma-Aldrich) in 250 mL deionized water.

Preconcentration step: Batch Method: Sample solution (50 mL) containing 2 mg L⁻¹ Cd(II), 2 mL buffer solution pH 6 and 2 mL 0.1×10⁻³ mol L⁻¹ 4-(2-Pyridylazo) resorcinol was taken in a beaker. Then, 2.0 g of Amberlite IR122 was added to a beaker and the mixture was stirred

Conclusion: The proposed method was successfully used for the preconcentration of trace amount of cadmium in drinking and natural water samples. The recoveries of analyte ion in these samples were in the range 90-105 % at the optimal working conditions which demonstrates that this method is well operation for solid phase extraction of cadmium ion in these matrices. The relative standard deviation and detection limit was satisfactory. The preconcentration factor of this method was 2.

References:

1. Santos LMG, Araujo RGO, Welz B, Jacob SC, Vale MGR, Becker-Ross H. *Talanta* 2009;78:577-583.
2. Pourreza N, Ghanemi K. *J Hazardous Materials* 2010;178:566-571.
3. Promsawad A, Kongsakphaisal A, Laoharojanaphand S. *KMITL Sci J (Section B)* 2008;8:12-17.

Acknowledgements: The author would like to thanks National Research of Thailand year 2012 for financial support.

Keywords: cadmium, amberlite IR122, FAAS, solid phase extraction

