

อภิธาน์นทาการ

รายงานการวิจัย



สำนักหอสมุด

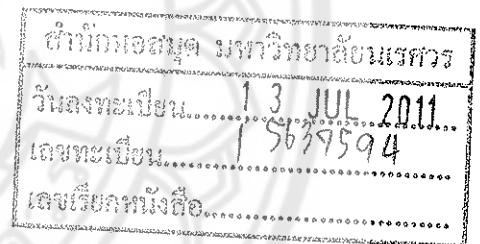
เรื่อง

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในระบบโฟลอินเจคชันสำหรับ
เพิ่มความเข้มข้นสังกะสีในตัวอย่างทางสิ่งแวดล้อมโดยใช้
เรซินแอมไบไลท์เอ็กซ์เอดี-4

The optimization of the flow injection parameters for the
preconcentration of zinc in environmental samples using
Amberlite XAD-4

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จินตนา กล้าเทศ



ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

ทุนงบประมาณรายได้คณะวิทยาศาสตร์

ประจำปีงบประมาณ 2552

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายได้ของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปี 2552 ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณภาคีวิชาเคมีคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้ความอนุเคราะห์ สถานที่และเครื่องมือต่าง ๆ ในการทำวิจัยครั้งนี้

ผศ. ดร. จินตนา กล้าเทศ
หัวหน้าโครงการวิจัย



ชื่อเรื่อง : การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในระบบโพลีอินเจคชันสำหรับ
เพิ่มความเข้มข้นสังกะสีในตัวอย่างทางสิ่งแวดล้อมโดยใช้
เรซินแอมไบไลท์เอ็กเอดี-4

หัวหน้าโครงการวิจัย : ผศ.ดร. จินตนา กล้าเทศ

บทคัดย่อ

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเพิ่มความเข้มข้นสังกะสีโดยใช้แอมเบอร์ไลท์เอ็กเอดี-4 ที่บรรจุในคอลัมน์ขนาดเล็กแบบออนไลน์ด้วยระบบโพลีอินเจคชันอะนาลิซิส (เอฟไอเอ) ที่มียูวี-วิดิเบิล สเปคโตรโฟโตมิเตอร์เป็นเครื่องตรวจวัด สังกะสีจะถูกชะออกจากเรซินด้วยกรดไฮโดรคลอริก 0.01 โมลต่อลิตร ก่อนจะทำปฏิกิริยากับสารละลาย 4-(2-ไพริดีลอะโซ)รีซอซินอลในสารละลายบัฟเฟอร์พีเอช 11 โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 492 นาโนเมตร วิธีนี้ให้กราฟมาตรฐานเป็นเส้นตรงในช่วง 0.10-0.90 มิลลิกรัมต่อลิตร มีขีดจำกัดในการวิเคราะห์เท่ากับ 0.04 มิลลิกรัมต่อลิตร (3s) วิธีการนี้มีความถูกต้องแม่นยำโดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ และอัตราเร็วในการวิเคราะห์ตัวอย่าง 19 ตัวอย่างต่อชั่วโมง วิธีนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์สังกะสีในน้ำตัวอย่างได้

Title : The optimization of the flow injection parameters for the
preconcentration of zinc in environmental samples using Amberlite
XAD-4

Researcher : Assist. Prof. Dr. Jintana Klamtet

Abstract

The optimum parameters of flow injection method for the determination of zinc(II) in environmental samples have been studied based on on-line preconcentration onto a 0.2x1.3 cm (i.d. x length) column containing Amberlite XAD-4 resin. The zinc(II) are subsequently eluted from the resin into a flow system with a 0.01 mol L⁻¹ HCl. The analytes were then quantified spectrophotometrically as the product reaction with 4-(2-pyridylazo)resorcinol (PAR) in buffer pH 11 through the flow-cell detector. The proposed method has linear calibration curves with a range of 0.10-0.90 mg L⁻¹ with a detection limit of 0.04 mg L⁻¹ (3s) and sample throughput of 19 h⁻¹. The relative standard deviation is 3.27% for 0.05 mgL⁻¹ of analyte. The procedure was applied successfully to the determination of zinc(II) in water samples.

สารบัญ

บทที่	หน้า
1.บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของแหล่งน้ำ	1
1.2 คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำ	2
1.3 คุณสมบัติทางเคมี	3
1.4 ความสำคัญของแหล่งน้ำ	4
1.5 ความสำคัญของน้ำต่อมนุษย์	4
1.6 ความสำคัญของน้ำต่อสุขภาพ	4
1.7 บทบาทสำคัญของน้ำในร่างกาย	4
1.8 ความสำคัญของน้ำต่อพืช	4
1.9 ประโยชน์ของน้ำ	6
1.10 สังกะสี (Zinc)	7
1.11 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสังกะสี	7
1.12 สมบัติทั่วไปของสังกะสี	7
1.13 ประโยชน์ของสังกะสีต่อร่างกายมนุษย์	8
1.14 ผลของสังกะสีต่อสิ่งแวดล้อม	9
1.15 ผลต่อสุขภาพ	9
1.16 พิษของสังกะสี	11
1.17 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์หาปริมาณของโลหะหนักในน้ำ	12
1.18 หลักการ และทฤษฎีของเทคนิคโฟลอินเจกชันอะนาลิซิส (FIA)	13
1.19 โดยสรุปหลักการสำคัญของระบบโฟลอินเจกชันอะนาลิซิส มี 3 ประการ คือ	15
1.20 ชนิดของเรซินที่ใช้ในการวิเคราะห์ แอมเบอร์ไลต์เอ็กซ์เอดี 4 (Amberlite XAD-4)	16
1.21 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	17
1.22 ขอบเขตของการศึกษา	17
2. วิธีดำเนินการวิจัย	18
2.1 อุปกรณ์และสารเคมี	18
2.2 การเตรียมสารละลาย	19
2.3 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของระบบ FIA	20
2.4 ศึกษาความถูกต้องของวิธีการที่พัฒนาขึ้น	20

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
3. ผลการทดลอง	21
3.1 การศึกษาเวลาที่ใช้ในการผ่านสารตัวอย่างเข้าสู่ระบบ FIA	22
3.2 การศึกษาหาอัตราเร็วในการไหลของสารละลายสังกะสี (II)	23
3.3 การศึกษาอัตราเร็วในการไหลของสารละลายรีเอเจนต์ (PAR)	24
3.4 การศึกษาอัตราเร็วในการไหลของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก	24
3.5 การศึกษาหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลาย PAR	25
3.6 การศึกษาหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดไฮโดรคลอริก	26
3.7 การศึกษาขนาดและความยาวของ reaction coil	27
3.8 การศึกษาหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เหมาะสมของ reaction coil	27
3.9 สภาวะที่เหมาะสมของระบบ FIA ที่พัฒนาขึ้นสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสี (II) ที่ผ่านกระบวนการเพิ่มความเข้มข้น	28
3.10 การศึกษาช่วงความเป็นเส้นตรง	29
3.11 การทำกราฟมาตรฐาน	29
3.12 การศึกษาค่าความถูกต้องของวิธีที่พัฒนาขึ้น	30
3.13 การศึกษาความแม่นยำของเครื่องมือ	31
3.14 การศึกษาความแม่นยำของเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์	32
3.15 การศึกษาขีดจำกัดในการวิเคราะห์	33
3.16 การศึกษา Preconcentration factor	33
3.17 การศึกษาอัตราเร็วในการวิเคราะห์ (sample throughput)	34
3.18 การวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีในน้ำตัวอย่าง	34
5. บทสรุป	36
บรรณานุกรม	37
ภาคผนวก	39

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 การกระจายของปริมาณน้ำในแหล่งต่าง ๆ บนโลก	1
2 ปริมาณสังกะสีในอาหารแต่ละชนิด	10
3 ปริมาณความต้องการสังกะสีในแต่ละวัน	11
4 สภาวะเริ่มต้นในระบบ FIA แบบออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นสำหรับการหาปริมาณสังกะสี (II)	22
5 สภาวะที่เหมาะสมของระบบ FIA ที่ใช้ในการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานสังกะสี (II)	28
6 การศึกษาค่าความถูกต้องของวิธีที่พัฒนาขึ้น	30
7 การศึกษาความแม่นยำของเครื่องมือที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีในระบบ FIA	31
8 การศึกษาความแม่นยำของเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีในระบบ FIA	32
9 การศึกษาขีดจำกัดในการวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีในระบบ FIA	33
10 ศึกษาอัตราเร็วในการวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีในระบบ FIA	34
11 การวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีในน้ำตัวอย่างที่เก็บจากแหล่งต่าง ๆ โดยเทคนิค FIA และ FAAS	34
12 ค่าการดูดกลืนแสงของสังกะสีที่ความเข้มข้นต่าง ๆ	42
13 ค่าต่าง ๆ ที่คำนวณได้	44
14 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของสังกะสีที่ตรวจวัดได้จากเทคนิค FIA และ FAAS	46
15 ค่า t ที่ลิมิตความเชื่อมั่นต่าง ๆ	47

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1 แสดง manifold ของระบบ FIA	14
2 โครงสร้างของ Amberlite XAD-4 resin	17
3 Manifold ของระบบ FIA สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสี (II) แบบออนไลน์	21
4 ศึกษาเวลาที่ใช้ในการผ่านสารตัวอย่างเข้าสู่ระบบ FIA	23
5 อัตราเร็วในการไหลของสังกะสีที่ผ่านเข้าสู่คอลัมน์	23
6 ศึกษาอัตราเร็วในการไหลของสารละลายรีเอเจนต์ (PAR)	24
7 ศึกษาอัตราเร็วในการไหลของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก	25
8 ศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลาย PAR	25
9 ศึกษาหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดไฮโดรคลอริก	26
10 ศึกษาความยาวของ reaction coil	27
11 ศึกษาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เหมาะสม	28
12 การศึกษาช่วงความเป็นเส้นตรง	29
13 กราฟมาตรฐานของสารละลายสังกะสี	30
15 แผนที่สถานที่เก็บน้ำตัวอย่างรอบมหาวิทยาลัยนครสวรรค์	40

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

น้ำหมายถึงของเหลวซึ่งเกิดจากการรวมตัวกันของก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซออกซิเจนในภาวะที่เหมาะสม น้ำในมหาสมุทรปกคลุมโลกกว่าร้อยละ 80 น้ำมีความสำคัญมากต่อสิ่งมีชีวิตหรืออีกความหมายในลักษณะเป็นทรัพยากรธรรมชาติ หมายถึง สิ่งที่น่ามาใช้อุปโภค บริโภค คนเราต้องดื่มน้ำ อย่างน้อยวันละ 2.5 ลิตร ชำระล้างร่างกาย ใช้ในการเพาะปลูก การเกษตรกรรม อุตสาหกรรม การคมนาคมทางน้ำ การผลิตพลังงาน ทรัพยากรน้ำยังเป็นทรัพยากรประเภทหนึ่งที่สามารถเกิดขึ้นทดแทนอยู่ตลอดเวลาเป็นวัฏจักร ซึ่งเกิดจากการที่พลังงานจากดวงอาทิตย์คือแสงแดด เมื่อส่องกระทบผิวน้ำในทะเลจะทำให้น้ำร้อนเกิดการระเหยแปรสภาพจากน้ำทะเลกลายเป็นไอ เหมือนไอน้ำ ไอน้ำจะลอยตัวขึ้นไปรวมกันเป็นก้อนเมฆ เมื่อกระทบอากาศเย็นจะควบแน่นเป็นหยดน้ำเล็กๆ แล้วตกลงมาเป็นฝนหรือหิมะ ส่วนที่ตกบนแผ่นดินก็จะไหลไปรวมในแม่น้ำลำธารและ บ่อน้ำเป็นแหล่งน้ำให้มนุษย์และสัตว์ต่างๆ ได้ใช้ พืชจะใช้น้ำฝนที่ชุ่มฉ่ำในดินโดยดูดผ่านทางราก¹

ตาราง 1 การกระจายของปริมาณน้ำในแหล่งต่าง ๆ บนโลก²

ประเภทของแหล่งน้ำ	แหล่งน้ำ	ปริมาณน้ำ	
		10^{16} ลิตร	%
1. น้ำผิวดิน	ทะเลสาบน้ำจืด	125	0.0090
	แม่น้ำ, ลำธาร	1	0.0001
	รวม	126	0.0091
2. น้ำในบรรยากาศ		13	0.0010
3. น้ำใต้ดิน	บ่อตื้น	4,237	0.3200
	บ่อบาดาล	4,170	0.3100
	รวม	8,407	0.6300

ตาราง 1 การกระจายของปริมาณน้ำในแหล่งต่าง ๆ บนโลก² (ต่อ)

ประเภทของแหล่งน้ำ	แหล่งน้ำ	ปริมาณน้ำ	
		10 ¹⁵ ลิตร	%
4. น้ำเค็ม	ภูเขาและธารน้ำแข็ง	29,000	2.1500
	มหาสมุทรทะเล	1,320,000	97.0000
	ทะเลสาบน้ำเค็ม	104	0.0800
	รวม	1,349.104	99.3580
รวมทั้งหมด		1.36 × 10 ²¹	100%

1.2 คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำ

น้ำเป็นของเหลวที่อุณหภูมิปกติ น้ำบริสุทธิ์ ใส ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส และมีคุณสมบัติต่อไปนี้

1. จุดเยือกแข็ง ของน้ำมีค่าเท่ากับ 0 องศาเซลเซียส ดังนั้นถ้าน้ำที่อุณหภูมิต่ำกว่านี้ ยังคงเป็นของเหลวต่อไปเรื่อย ๆ จนกว่าอุณหภูมิจะถึง 0 องศาเซลเซียส จึงจะกลายเป็นน้ำแข็ง จุดเยือกแข็งนี้เป็นอุณหภูมิเดียวกันกับจุดหลอมละลาย

2. จุดเดือด คืออุณหภูมิที่สารกลายเป็นไอหมดทั้งก้อน จุดเดือดของน้ำมีค่าเท่ากับ 100 องศาเซลเซียส

3. การระเหย น้ำอาจจะเหวเป็นไอได้ทุกอุณหภูมิ ดังนั้นถ้าให้น้ำใส่จานตื้น ๆ ตั้งทิ้งไว้ชั่วเวลาไม่นานน้ำในจานก็จะแห้งหายไปหมดเป็นเพราะน้ำระเหยเป็นไอลอยขึ้นไปในอากาศ

4. การขยายตัวและการหดตัวของน้ำ เมื่อได้รับความร้อนน้ำจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นและจะขยายตัว น้ำที่ผิวหน้าระเหยเป็นไอ ถ้าได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นต่อไปอีก น้ำจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อย ๆ ที่อุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อย ๆ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส น้ำจะเดือด

ในทางตรงกันข้าม น้ำที่อุณหภูมิต่ำ เมื่ออุณหภูมิลดต่ำลงน้ำจะหดตัว ถ้าอุณหภูมิลดต่ำลงไปเรื่อย ๆ น้ำจะหดตัวลงทุกที แต่เมื่ออุณหภูมิลดลงถึง 4 องศาเซลเซียส น้ำจะกลับขยายตัว และจะขยายตัวเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ จนกลายเป็นน้ำแข็งที่ 0 องศาเซลเซียส ดังนั้นน้ำก่อนเดียวกันเมื่อกลายเป็นน้ำแข็งจึงมีปริมาตรมากกว่าเมื่อน้ำเป็นของเหลว

5. ความหนาแน่น คือตัวเลขที่บอกให้รู้ว่าสารนั้นหนึ่งหน่วยปริมาตรหนักเท่าใด น้ำ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร หนัก 1 กรัม ดังนั้นค่าความหนาแน่นของน้ำจึงเป็น 1 กรัมต่อหนึ่งลูกบาศก์เซนติเมตร

6. ความตึงผิว ความตึงผิวเป็นสมบัติอย่างหนึ่งของของเหลว ความตึงผิวทำให้ผิวหน้าของน้ำเป็นเสมือนผิวหนังบางคลุมน้ำข้างใต้ไว้ แมลงบางชนิดเดินได้บนผิวน้ำ แมลงยีนหรือเดิน

บนผิวน้ำได้เพราะน้ำมีความตึงผิว ทำให้น้ำหยดจากก๊อกน้ำมีรูปทรงกลมทำให้น้ำกลิ้งได้บนใบบัว

1.3 คุณสมบัติทางเคมี³

1. น้ำเป็นสารประกอบ มีสูตรเคมี H_2O หมายความว่าหนึ่งโมเลกุลของน้ำประกอบด้วยไฮโดรเจน 2 อะตอมและออกซิเจน 1 อะตอม

2. พีเอช (pH) เป็นค่าที่แสดงปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจน (H^+) ในน้ำ

3. สภาพกรด(Acidity) หรือความเป็นกรดของน้ำเกิดจากน้ำนั้นมีค่า H^+ สูง ค่าความเป็นกรดจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับปริมาณสารต่าง ๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำ

4. สภาพด่าง(Alkalinity) หรือความเป็นด่างของน้ำหรือความสามารถของน้ำในการรับโปรตอน H^+

5. ความกระด้างของน้ำ(Hardness) ความกระด้างของน้ำเกิดจากแหล่งน้ำมีไอออนของธาตุที่มีประจุ +2 ละลายอยู่ในน้ำ

6. สารละลายออกซิเจนในน้ำ (Dissolved oxygen, DO) คือการวัดปริมาณของออกซิเจน (O_2) ที่ละลายในน้ำ ซึ่งปริมาณจะลดลงเมื่อน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น DO ในน้ำตัวอย่างต่ำกว่า 3 mgL^{-1} ถือว่าเป็นน้ำเสีย

7. BOD(Biochemical Oxygen demand) คือปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการสลายสารอินทรีย์ในน้ำ ถ้า BOD มีค่าสูงแสดงว่าน้ำมีสารอินทรีย์เจือปนอยู่ในน้ำมาก น้ำที่มีค่า BOD ต่ำ แสดงว่ามีสารอินทรีย์เจือปนในน้ำมากกว่า 100 mgL^{-1} ถือว่าเป็นน้ำเสีย

8. COD(Chemical Oxygen demand) คือปริมาณออกซิเจนที่สารเคมี ($Cr_2O_7^{2-}$) ใช้ในการออกซิไดซ์สารในน้ำทิ้ง ถ้า COD มีค่าสูงแสดงว่าน้ำนั้นมีคุณภาพไม่ดี เนื่องจากจุลินทรีย์ไม่สามารถใช้ O_2 ย่อยสลายสารอินทรีย์พวกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนและไพรีนในน้ำได้ ดังนั้นจึงวัดค่า BOD ได้ต่ำกว่า COD เสมอ

น้ำเป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุด กล่าวคือ น้ำสามารถละลายสารได้เกือบทุกชนิดทั้งก๊าซของเหลว และของแข็ง เราจึงพบว่าในน้ำทั่ว ๆ ไป มีก๊าซหลายชนิด เกลือหลายชนิด และสารมลพิษละลายปนอยู่ด้วยก๊าซที่พบบ่อยในน้ำคือ ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เกลือที่พบบ่อยคือเกลือแกงหรือโซเดียมคลอไรด์ โพแทสเซียมคลอไรด์ สารมลพิษ เช่น ยาฆ่าแมลง ยากำจัดศัตรูพืช

1.4 ความสำคัญของแหล่งน้ำ⁴

น้ำจืดเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของร่างกายมนุษย์ นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งกำเนิดของสิ่งมีชีวิต เช่น พืช สัตว์ ก่อให้เกิดความอุดมสมบูรณ์และรักษาสมดุลของระบบนิเวศน้ำเป็นสารประกอบที่พบมากถึง 3 ใน 4 ส่วนของพื้นโลก โดยส่วนใหญ่อยู่ในสภาพน้ำเค็มในทะเลและมหาสมุทรประมาณ 97 เปอร์เซ็นต์ เป็นน้ำแข็งตามขั้วโลกประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ และเป็นน้ำจืดตามแม่น้ำลำคลองต่าง ๆ ประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ ถ้าโลกเราปราศจากน้ำสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ บนโลกก็จะไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้เลย

1.5 ความสำคัญของน้ำต่อมนุษย์⁵

1. เป็นส่วนประกอบที่มีมากที่สุดในร่างกาย มีอยู่ 2 ใน 3 ของน้ำหนักตัว โดยส่วนประกอบของส่วนต่าง ๆ ในร่างกาย เช่น เลือด น้ำเหลือง ตับ ไต เนื้อ
2. ช่วยควบคุมอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่
3. เป็นสารที่ช่วยให้กระบวนการทางเคมีในร่างกายดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง เช่น การย่อยอาหาร ทั้งประเภทคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน ได้อาหารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กลงที่ร่างกายสามารถดูดซึมไปใช้ได้
4. ช่วยในการลำเลียงสารต่าง ๆ ในร่างกาย เช่น การลำเลียงอาหาร การไหลเวียนของเลือด และยังช่วยขับของเสียออกจากร่างกาย เช่น บัคสภาวะ เหงื่อ ดังนั้นร่างกายจึงจำเป็นต้องหาน้ำมาทดแทนให้กับน้ำที่ร่างกายเสียไป โดยการดื่มน้ำโดยตรงหรือรับประทานอาหารที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบอาหาร
5. นอกจากน้ำจะมีประโยชน์ต่อร่างกายเราโดยตรงแล้วยังมีประโยชน์ต่อเราในด้านต่าง ๆ อีก เช่น
 - 5.1 ใช้ในด้านอุตสาหกรรมทุกประเภท โดยถูกใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิต เป็นตัวระบายความร้อนจากเครื่องจักรต่าง ๆ ตลอดจนใช้เป็นตัวทำความสะอาดวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ด้วย
 - 5.2 ใช้เป็นแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ
 - 5.3 ใช้ในการเกษตรกรรมทั้งการเพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์
 - 5.4 ใช้เป็นเส้นทางคมนาคมขนส่งทั้งภายในประเทศและระหว่างประเทศ
 - 5.5 ใช้เป็นแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ เป็นสถานที่ท่องเที่ยวและสถานที่เล่นกีฬาทางน้ำ
 - 5.6 ใช้ปรุงอาหาร ทำความสะอาด และซักผ้า

1.6 ความสำคัญของน้ำต่อสุขภาพ⁶

น้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในร่างกาย ซึ่งช่วยควบคุมการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ ใน เป็นไปอย่างปกติ นอกจากนี้น้ำยังช่วยละลายวิตามินและแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ รวมไปถึงการ นำพาสารอาหารให้ไหลเวียนไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกายระบบการจัดสรรปันส่วนน้ำอย่าง เหมาะสมของร่างกาย จะช่วยให้มั่นใจได้ว่าน้ำและสารเคมีต่าง ๆ เช่น ฮอริโมนและเอนไซม์ที่ถูก นำพาไปนั้นจะไปถึงอวัยวะที่สำคัญอันดับแรก เช่น สมอง หัวใจ ไต และปอด นอกจากนี้น้ำยังมี ส่วนในการนำพาสารเคมีที่ผลิตและหลั่งออกจากอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกายแล้วปล่อยออกมาทาง ของเหลว (น้ำ) ที่อยู่รอบ ๆ ไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย และสารเคมีเหล่านี้ก็จะมีผลต่อ การทำงานของอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกาย

1.7 บทบาทสำคัญของน้ำในร่างกาย⁶

1. น้ำช่วยให้ทารกในครรภ์มีพัฒนาการที่สมบูรณ์แบบ และเติบโตขึ้นเป็นผู้ใหญ่ที่แข็งแรง
2. น้ำช่วยสร้างพลังงาน และพลังงานนี้จะถูกสะสมอยู่ในร่างกายร่วมกับสารเคมีอื่น ๆ ที่ เป็นแหล่งพลังงานในร่างกาย
3. พลังงานที่ถูกสร้างขึ้นจากน้ำในเซลล์จะช่วยส่งกระแสกระตุ้นเซลล์ประสาท
4. น้ำช่วยสร้างสารที่มีลักษณะคล้ายกาว ซึ่งจะช่วยให้เยื่อประสานผนังเซลล์ให้ยึดติดกัน
5. น้ำช่วยรักษาความชุ่มชื้นของผนังอวัยวะภายในร่างกาย
6. น้ำช่วยรักษาปริมาณและระดับความเข้มข้นของของเหลวในร่างกาย เช่น เลือดและ น้ำเหลืองให้เป็นปกติ
7. น้ำช่วยควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย ขับถ่ายสารพิษและสารอันตรายออกจากร่างกาย ผ่านทางปัสสาวะ เหงื่อ และการหายใจ
8. น้ำเป็นสิ่งจำเป็นต่อโครงสร้างและการทำงานของผิวหนัง
9. น้ำช่วยขนส่งสารเคมีที่ผลิตขึ้นจากสมองไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย
10. ปริมาณน้ำในร่างกายจะมีผลต่อการทำงานของโปรตีนและเอนไซม์ต่าง ๆ
11. ร่างกายของเราเสียน้ำไปวันละ 4 ลิตร เราจึงจำเป็นต้องหาทางชดเชยน้ำที่เสียไป โดยการดื่มน้ำในปริมาณเท่ากับปริมาณที่สูญเสียไปทุกวัน

1.8 ความสำคัญของน้ำต่อพืช⁵

1. น้ำเป็นวัตถุดิบสำคัญต่อการสังเคราะห์แสงของพืช
2. น้ำ เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการงอกของเมล็ดพืช เพราะน้ำจะช่วยทำให้เปลือก หุ้ม เมล็ดอ่อนนุ่ม ต้นอ่อนสามารถแทงรากงอกออกมาจากเมล็ดได้ง่าย

3. น้ำเป็นตัวทำละลายสารอาหารและเกลือแร่ต่าง ๆ ที่มีอยู่ในดิน เพื่อช่วยให้รากดูดซึม และลำเลียงไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ลำต้น กิ่ง ก้าน และใบ

4. ช่วยในการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื้อเยื่อที่กำลังเจริญเติบโต ถ้าขาดน้ำก็จะทำให้เซลล์ยึดตัวไม่เต็มที่ต้นจะแคระแกร็น และถ้าขาดน้ำหนักมาก ๆ พืชจะเหี่ยวและเฉาตายไปในที่สุด

5. เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของพืช โดยพืชบกจะมีน้ำเป็นส่วนประกอบประมาณ 60 – 90 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพืชน้ำจะมีน้ำอยู่ประมาณ 95 – 99 เปอร์เซ็นต์

1.9 ประโยชน์ของน้ำ⁷

น้ำเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับชีวิตทุกชีวิต ไม่ว่าจะเป็นมนุษย์ สัตว์เล็กหรือสัตว์ใหญ่ ตลอดจนพืชถ้าขาดน้ำก็ต้องแห้งเหี่ยวและเฉาตายในที่สุด มนุษย์ต้องใช้น้ำสัมผัสอยู่กับชีวิตประจำวันอย่างเห็นได้ชัด เช่น ใช้น้ำสำหรับดื่ม ใช้หุงต้มอาหาร ใช้ชะล้างสิ่งสกปรกต่าง ๆ ใช้ซักเสื้อผ้า ใช้ในเครื่องทำความร้อน เครื่องลดความร้อน เช่นในโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท และใช้กับเครื่องปรับอากาศ เป็นต้น

ในการเกษตรกรรม การทำเรือกลสวนไร่นา ทำสวนครัว เลี้ยงสัตว์ ก็ต้องใช้เป็นองค์ประกอบที่สำคัญทั้งสิ้น

ในการอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น ในการหล่อเย็น ในพลังไอน้ำ พลังงานไฟฟ้า การกำจัดน้ำทิ้งและขยะ ตลอดจนถึงการดับไฟเมื่อเกิดไฟไหม้ น้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญทั้งนั้น

สรุปแล้วน้ำจึงมีอิทธิพลต่อความเป็นอยู่ของมนุษย์มาก เป็นองค์ประกอบที่สำคัญสำหรับชีวิตอันดับที่สองรองจากออกซิเจน มนุษย์สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้เมื่อขาดอาหารเป็นเดือน ๆ (จากสถิติโลกครั้งสุดท้ายมนุษย์สามารถอดอาหารได้นานถึง 64 วัน จึงตาย) แต่ถ้าขาดน้ำเพียง 2-3 วัน มนุษย์อาจจะตายทันที ทั้งนี้เพราะน้ำเป็นตัวที่มีบทบาทสำคัญต่อร่างกายมนุษย์มาก ถึงแม้ว่าจะมีประโยชน์แก่มนุษย์อย่างมหาศาล แต่ก็มีโทษอยู่หลายประการด้วยกัน ตัวอย่างเช่น

1. ในฤดูน้ำหลาก ท่วมไร่นา ชุมชน ถนนหนทาง และบ้านเรือนเสียหายอยู่บ่อย ๆ

2. น้ำยังเป็นพาหนะนำโรคต่าง ๆ เช่น อหิวาตกโรค (Cholera) ไข้รากสาด

(Typhoid fever) ไข้รากสาดเทียม (Para-typhoid fever) โรคบิด (Dysentery) และโรคท้องร่วง (Diarrhia) ฯลฯ มาด้วย ซึ่งเราเรียกโรคพวกนี้ว่าโรคที่เกิดจากน้ำเป็นสื่อได้

ฉะนั้นจึงควรแสวงหาแหล่งน้ำที่สะอาดไม่มีสารพิษไม่มีเชื้อโรคไว้สำหรับอุปโภค บริโภค จึงเกิดระบบการปรับปรุงคุณภาพน้ำ หรือระบบการประปาเกิดขึ้น ปัจจุบันปัญหาเรื่องน้ำประปาของชุมชน โดยเฉพาะอย่างยิ่งชุมชนในชนบทกำลังเป็นปัญหาที่รุนแรงมาก ดังนั้นการสุขาภิบาล

น้ำดื่ม น้ำใช้ การปรับปรุงคุณภาพน้ำทั้งทางด้านฟิสิกส์ ทางด้านเคมี และทางด้านบักเตรีของน้ำดื่ม
ให้มาเป็นน้ำที่ดื่มได้จึงจำเป็นมาก

1.10 สังกะสี (Zinc)⁸

สังกะสี จัดเป็นแร่ธาตุในกลุ่มแร่ธาตุปริมาณน้อย (Trace Minerals) จัดเป็นเกลือแร่ส่วน
น้อยที่มีความจำเป็นต่อร่างกาย ในบรรดาเกลือแร่ส่วนน้อยด้วยกัน ประมาณร้อยละ 90 ของ
สังกะสีในร่างกายอยู่ที่กระดูกและกล้ามเนื้ออีกร้อยละ 10 อยู่ที่ตับอ่อน ตับ เลือด โดยส่วนที่อยู่ใน
เม็ดเลือดนั้นร้อยละ 80 อยู่ในเม็ดเลือดแดง และร้อยละ 20 อยู่ในน้ำเลือดส่วนใหญ่ของสังกะสีที่
รับประทานเข้าไปจะถูกขับถ่ายออกทางอุจจาระ ซึ่งเป็นผลรวมของสังกะสีที่บริโภคเข้าไปแล้วไม่
ถูกดูดซึมจากน้ำย่อยของลำไส้เล็ก

นอกจากนี้ร่างกายยังขับถ่ายสังกะสีออกทางปัสสาวะโดยจับกับกรดอะมิโนได้อีกด้วยซึ่ง
ในคนปกติจะขับถ่าย สังกะสี ออกประมาณวันละ 300-600 ไมโครกรัม 9 สังกะสีจะพบในร่างกาย
มากเป็นอันดับสองรองจากเหล็กเป็นธาตุประเภทโลหะที่มีความไวต่อปฏิกิริยาเคมีพอสมควรกับ
ออกซิเจนและแร่ที่ไม่ใช่โลหะ สังกะสีเมื่อทำปฏิกิริยากับกรดเจือจางจะปล่อยก๊าซไฮโดรเจน
ออกมา สังกะสีในน้ำต้องมีค่าไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าบริโภคสังกะสีซัลเฟต (Zinc sulfate)
ประมาณ 2 กรัมหรือมากกว่า อาจทำให้เกิดพิษอย่างเฉียบพลัน มีอาการผิดปกติในระบบทางเดิน
อาหาร อาเจียน ถ้าได้รับวันละ 18.5 - 25 มิลลิกรัม ผลของการขาดสังกะสีคือทำให้เสื่อม
สมรรถภาพทางเพศ ลีนขาดการรับรู้รสอาหาร ต่อมลูกหมากโต มีจุดขาว ๆ ที่เล็บ เชื้องซึม เหนื่อยง่าย
ผมร่วง กระดูกพรุน และเด็กมีร่างกายเตี้ย แคระ

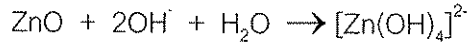
1.11 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสังกะสี⁹

สังกะสี มีชื่ออีกอย่างว่า ซิงค์ (Zinc) สัญลักษณ์ทางเคมี คือ Zn คือธาตุที่มีเลขอะตอม
เท่ากับ 30 อยู่ในตารางธาตุหมู่ IIB ของตารางธาตุเป็นธาตุประเภทโลหะหนัก มีมวลอะตอม
65.37 กรัม/โมล จุดเดือด 907 องศาเซลเซียส มีความไวในการเกิดปฏิกิริยาเคมีพอสมควรกับ
ออกซิเจนและธาตุที่ไม่ใช่โลหะ สังกะสีเมื่อทำปฏิกิริยากับกรดเจือจางจะปล่อยไฮโดรเจนออกมาใช้
สำหรับเคลือบผิวเหล็กกล้าและเป็นตัวออกซิไดซ์แทนเหล็กกล้าทำให้คงที่ต่อการทำปฏิกิริยากับ
ความชื้นในอากาศ มีเลขออกซิเดชันเท่ากับ +2

1.12 สมบัติทั่วไปของสังกะสี¹⁰

1. Zn เป็นโลหะสีเงิน แต่สีจะหมองคล้ำเมื่อถูกกับอากาศ เพราะเกิดเป็นออกไซด์เคลือบ
บาง ๆ ที่ผิว

2. Zn เมื่อเผาให้ร้อนในอากาศ จะเป็น ZnO ซึ่งมีสีขาว และสีไม่หมองคล้ำ ZnO ละลายน้ำได้น้อย แต่ละลายได้ดีในกรดแก่และเบสแก่



3. Zn ทำปฏิกิริยากับโลหะอื่นๆ ได้สารประกอบต่างๆ เช่น ZnS (สีขาว) ZnCl_2 , ZnBr_2

1.13 ประโยชน์ของสังกะสีต่อร่างกายมนุษย์

ในขณะที่ถ้าร่างกายได้รับปริมาณสังกะสีที่เหมาะสม เพียงพอต่อความต้องการตามแต่ละสถานะของแต่ละคนแล้ว นอกจากไม่ต้องเผชิญกับอาการขาดธาตุสังกะสีดังกล่าวแล้ว กลับเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของเราอย่างมากมาย ซึ่งสามารถสรุปประโยชน์จากแร่ธาตุสังกะสีได้ดังนี้

1. ช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย ช่วยต่อสู้กับโรคภัยไข้เจ็บของร่างกายคนเรา ถ้าร่างกายได้รับสังกะสีปริมาณเพียงพอแก่ความต้องการแล้ว จะมีผลต่อระบบคุ้มกันของเราในสภาพที่สมบูรณ์

2. ป้องกันโรคมะเร็ง สังกะสีสามารถยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งต่อมลูกหมากได้

3. ป้องกันไม่ให้ตาบอดในผู้สูงอายุ การสูญเสียการมองเห็นในผู้สูงอายุที่เรียกว่า macular degeneration พบว่าเกิดจากการขาดสังกะสี

4. ป้องกันและรักษาโรคหัวใจ เมื่อเริ่มเป็นหัวใจถ้ารับประทานธาตุสังกะสีทันทีจะช่วยให้อาการหัวใจหายเร็วขึ้น

5. ช่วยคงสภาพการรับรู้รส กลิ่น และสายตา คนเราเมื่ออายุมากขึ้นการรับรู้รสชาติอาหารมักจะเปลี่ยนไป อาการแบบนี้อาจเพราะขาดธาตุสังกะสีก็ได้

6. กระตุ้นให้แผลหายเร็วขึ้น บาดแผลต่างๆ หรือเป็นแผลในกระเพาะอาหาร การให้ธาตุสังกะสีจะทำให้แผลหายเร็วขึ้น

7. เพิ่มความรู้สึกทางเพศในผู้ชาย เนื่องจากในต่อมลูกหมากเป็นอวัยวะที่มีสังกะสีอยู่มาก การสร้างฮอร์โมนเพศชายก็ต้องการธาตุสังกะสีเช่นกัน

8. ช่วยรักษาและป้องกันการเป็นหมันในผู้ชาย สังกะสีมีส่วนสำคัญในการสร้างสเปิร์มและฮอร์โมนในเพศชาย การให้ธาตุสังกะสีวันละ 50 มก. จะทำให้ปริมาณน้ำเชื้อเพิ่มมากขึ้น

ป้องกันต่อมลูกหมากโต แพทย์จะให้สังกะสีในการรักษา

10. รักษาผิว ฝ้า มีการให้ธาตุสังกะสีแก่คนที่ขาดธาตุสังกะสีและเป็นผิว ปรากฏว่าผิวหาย

11. ป้องกันผมร่วงสังกะสีมีส่วนเกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ของเส้นผม ช่วยให้เส้นผมใหม่งอกขึ้นได้อย่างเร็วขึ้น

12. ผู้ป่วยเบาหวานมักเป็นแผลหรือติดเชื้อง่าย สังกะสีจะช่วยให้แผลที่เป็นนั้นหายเร็วขึ้นและช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันต้านทานโรคด้วย

13. ลดอาการอักเสบและช่วยรักษาโรคภูมิแพ้ผิวหนังที่ผิวหนัง พบว่าโรคนี้จะมีปริมาณสังกะสีในเลือดน้อยกว่าคนทั่วไปจากการทดลองให้ธาตุสังกะสี ไปพบว่า อาการดีขึ้นมากในเรื่องข้อต่อต่างๆ ที่บวม ข้อแข็งหรือยึดติด

1.14 ผลของสังกะสีต่อสิ่งแวดล้อม¹¹

สังกะสีสามารถแพร่กระจายออกสู่สิ่งแวดล้อมได้ดีมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลกระทบต่อระบบนิเวศน์แหล่งน้ำ ซึ่งมาจากน้ำทิ้งโรงงานถลุงแร่สังกะสีและจากการใช้ยาปราบศัตรูพืชจากการใช้ยาปราบศัตรูพืชจากการเกษตร

1.15 ผลต่อสุขภาพ¹²

สังกะสีเป็นส่วนประกอบสำคัญของเอนไซม์มากกว่า 200 ชนิด รวมทั้งการสร้างอินซูลิน การเจริญเติบโตของเด็กนั้นไม่ได้อาศัยเฉพาะแคลเซียมซึ่งเป็นส่วนสำคัญของกระดูกเท่านั้น แต่ยังมีสังกะสีที่ทำหน้าที่ร่วมกับวิตามินซีในการสร้างคอลลาเจน ทำให้กระดูกและผนังหลอดเลือดแข็งแรง

การสร้างเซลล์ใหม่จำเป็นต้องใช้สังกะสี วิธีการสร้างเซลล์ใหม่นั้น ยีนส์จะถูกถ่ายแบบและมีปฏิกิริยาทางเคมีหลายอย่าง มีการสร้างโปรตีนซึ่งต้องอาศัยเอนไซม์ที่มีสังกะสีเป็นองค์ประกอบ ถ้าสังกะสีไม่พอ การแบ่งเซลล์จะไม่คืบหน้า ในวัยที่เป็นเด็กก็จะมีพัฒนาการช้า ร่างกายไม่เจริญเติบโต ในผู้ใหญ่จะมีผลต่อเมตาบอลิซึมของอวัยวะต่าง ๆ ผิวหนังมีตุ่มแผล ผอมร่วง เล็บเป็นดอกขาว บาดแผลหายช้าสังกะสีนั้นเป็นแร่ธาตุที่ทำให้รู้สึกมีชีวิตชีวา การรับรู้รสและกลิ่นอาหารหรือสิ่งอื่น ๆ เป็นไปตามปกติ ในผู้ชายช่วยพัฒนาระบบสืบพันธุ์

ถ้าขาดสังกะสีอารมณ์จะไม่ปกติ ความสามารถในการรับรู้รสและกลิ่นเสียไป มีผื่นแดงที่หน้า เมื่ออาหาร แผลหายช้า ผอมร่วง ความไวในสัมผัสต่าง ๆ ลดลง สังกะสียังช่วยทำให้แผลหายเร็ว (wound healing) ช่วยในการทำงานของภูมิคุ้มกันต้านทาน ฉะนั้นในระบบภูมิคุ้มกันหรือภูมิคุ้มกันต้านทานของร่างกายต้องอาศัยสังกะสี ถ้ามีสังกะสีไม่พอจะติดเชื้อง่าย หรือเป็นหวัดง่าย การที่สังกะสีมีส่วนช่วยในการสร้างอินซูลินนั้น ทำให้เป็นประโยชน์ในการรักษาโรคเบาหวานด้วย

ร่างกายของคนเราต้องการสารอาหาร 5 หมู่ คือ พวกแป้งน้ำตาล, เนื้อสัตว์, ไขมัน, ผัก ผลไม้วิตามินและเกลือแร่ ในสัดส่วนที่เหมาะสม จึงจะทำให้มีสุขภาพแข็งแรง บางคนรับประทานครบทั้ง 5 หมู่ แต่ในสัดส่วนที่ไม่เหมาะสม ร่างกายก็จะไม่แข็งแรง บางครั้งอาจเกิดโรคต่าง ๆ โดยที่เราไม่เข้าใจ เช่น การขาด สารอาหารเกลือแร่ เกลือแร่ที่ร่างกายต้องการมีตั้งแต่ แคลเซียม,

แมกนีเซียม, ฟอสฟอรัส, โซเดียม, โปแตสเซียม, ซัลเฟอร์, คลอรีน ร่างกายต้องการวันละมากกว่า 100 มก./วัน เรียกว่า "mineral" ส่วนเกลือแร่อีกกลุ่มหนึ่ง ซึ่งร่างกายต้องการน้อยกว่าวันละ 100 มก. เรียกว่า "trace element" นั้นได้แก่ เหล็ก, ไอโอดีน, ทองแดง, แมงกานีส, สังกะสี, โมลิบดีนัม, ซีลีเนียม และโครเมียม ก็มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตอย่างสมบูรณ์เช่นกัน กล่าวคือถ้าขาดสารอาหารพวกนี้ไปร่างกายก็จะผิดปกติไปทั้ง ๆ ที่ ปริมาณที่จำเป็นต่อสุขภาพต่อวันมีจำนวนเล็กน้อยเท่านั้นเอง

ธาตุสังกะสี คนส่วนมากซื้อหามารับประทานกันในรูปของยาเม็ดเสริมสุขภาพว่า มีประโยชน์ต่อร่างกายอย่างไรบ้าง บางคนอาจจะขาดธาตุสังกะสี เช่น นักกีฬาที่ออกกำลังกายมาก, คนที่อดอาหารเพื่อลดน้ำหนัก, คนสูงอายุ, คนที่รับประทานเฉพาะผักที่เรียกว่า มังสวิรัต, คนที่เป็นโรคเบาหวาน, คนที่ดื่มสุรามาก ก็อาจต้อง ขวนขวายซื้อหามารับประทาน แต่บางคนที่ไม่มีความเสี่ยง ในการขาดธาตุสังกะสี ก็ไม่มีความจำเป็นในการไปซื้อหามาให้เปลืองเงิน

จะเห็นได้ว่าประโยชน์ของธาตุสังกะสีมีมากมาย แต่ไม่ใช่ทุกคนจะไปซื้อหามารับประทานกัน เพราะการบริโภคสังกะสีมากเกินไป ก็มีผลเสียเช่นกัน เช่น ถ้าบริโภคมากกว่าวันละ 100 มก. เป็นเวลานานจะทำให้ระดับไขมัน HDL ลดลง(เป็นไขมันชั้นดี) การบริโภคสังกะสีจะทำให้ปริมาณธาตุทองแดงลดน้อยลง ซึ่งมีความสำคัญต่อร่างกายเช่นกัน ซึ่งมักจะพบว่าควรรับประทานทองแดงเข้าไปด้วยในสัดส่วน สังกะสีต่อทองแดงเท่ากับ 10 ต่อ 1 เช่น รับประทานสังกะสีวันละ 30 มก. ก็ควรได้รับทองแดงวันละ 3 มก. เป็นต้น ถ้าจะให้ดีควรบริโภควิตามินและเกลือแร่ที่มีธาตุสังกะสีอยู่ในเม็ดเดียวกันจะได้ไม่ขาดสารใดสารหนึ่งไป ขนาดรับประทานผู้ใหญ่บริโภคสังกะสี 15-30 มก. ต่อวันพร้อมอาหารเด็กบริโภคสังกะสี 10 มก. ต่อวันพร้อมอาหาร

ตาราง 2 แสดงปริมาณสังกะสีในอาหารแต่ละชนิด¹²

อาหาร	ปริมาณสังกะสี(มิลลิกรัม/100 กรัม)
หอยนางรม	60 - 75
จมูกข้าวสาลี	17
ตับ	4 - 7
เนื้อสัตว์ อาหารทะเล	1.5 - 4
ไข่แดง	1.5
ถั่วต่าง ๆ	0.6 - 3
ธัญพืช	0.4 - 1
น้ำมันวัว	0.4
น้ำมันแม่	0.1 - 0.4

สังกะสีเป็นแร่ธาตุที่สำคัญอย่างยิ่งต่อร่างกายตั้งแต่เด็กจนถึงวัยชรา พบในร่างกายมากเป็นอันดับสองรองจากธาตุเหล็ก ไม่ค่อยพบการขาดสังกะสีในร่างกายมนุษย์ยกเว้นคนติดสุราหรือผู้ที่มีปัญหาในการดูดซึมอาหาร สังกะสีพบมากในเนื้อสัตว์ ตับ อาหารทะเล (โดยเฉพาะในหอยนางรมมีมากที่สุด) ไข่ ถั่ว และธัญพืช

สังกะสีสังกะสีนั้นเป็นแร่ธาตุที่ทำให้รู้สึกมีชีวิตชีวา การรับรู้รสและกลิ่นอาหารหรือสิ่งอื่น ๆ เป็นไป ตามปกติ ในผู้ชายช่วยพัฒนาระบบสืบพันธุ์ ถ้าขาดสังกะสี อารมณ์จะไม่ปกติ ความสามารถในการรับรสและกลิ่นเสียไป มีผื่นแดงที่หน้า เมื่ออาหาร แผลหายช้า ผสมร่วง ความไวในสัมผัสต่าง ๆ ลดลง สังกะสียังช่วยทำให้แผลหายเร็ว (wound healing) ถ้ามีสังกะสีไม่พอจะติดเชื้อง่าย หรือเป็นหวัดง่าย การที่สังกะสีมีส่วนช่วยในการสร้างอินซูลินนั้น ทำให้เป็นประโยชน์ในการรักษาโรคเบาหวานด้วย

ตาราง 3 แสดงปริมาณความต้องการสังกะสีในแต่ละวัน¹²

	ปริมาณที่แนะนำในแต่ละวัน (มิลลิกรัม)
เด็ก 3 - 5 เดือน	3
6 - 11 เดือน	5
1 - 9 ปี	10
10 ปีขึ้นไป	15
หญิงตั้งครรภ์	20
หญิงให้นมบุตร	25

การที่เราจะทราบว่าในอาหารและผลิตภัณฑ์อาหารมีปริมาณสังกะสีมากน้อยเพียงใดสามารถทดสอบได้โดยใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพสูง และบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถและประสบการณ์ กรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นหน่วยงานของรัฐที่มีความพร้อมในการให้บริการทดสอบดังกล่าว

1.16 พิษของสังกะสี¹³

เกิดจากร่างกายได้รับสังกะสีมากเกินไป โดยได้รับสังกะสีจากเครื่องดื่มหรืออาหารที่ใส่ภาชนะสังกะสี หรือโลหะอาบสังกะสี ซึ่งทำให้สังกะสีละลายออกมาปะปน และเมื่อถูกกับกรดก็จะละลายได้มากขึ้น อาการที่พบคือ ปวดท้อง อาเจียน และท้องเดิน

สำหรับคนงานในเมืองแร่ที่มีสังกะสีออกไซด์อยู่ในอากาศมาก หรือสูดควันที่เกิดจากการเผาสังกะสีออกไซด์ (ZnO) เข้าไปจะมีอาการผิดปกติเกิดขึ้นได้ภายใน 2-3 ชั่วโมง คือ มีอาการหนาวสั่น มีไข้ ไอ ปวดศีรษะ อ่อนเพลีย และมีน้ำลายไหล ทั้งนี้ต้องรีบนำส่งโรงพยาบาลทันที สังกะสีเป็นสารที่สามารถทำให้เกิดการหักของโครโมโซมทั้งคนและสัตว์ได้และก่อให้เกิดการแบ่งเซลล์ผิดปกติด้วย สำหรับพืชก็เช่นกันพบว่าถ้าได้รับสังกะสีมากเกินไปก็ทำให้พืชตายได้

ดังนั้นการวิเคราะห์ โลหะระดับปริมาณน้อยมาก เช่น สังกะสี ตะกั่ว และอื่น มีความสำคัญมาก เนื่องจากปัญหาของโลหะที่ตกค้างในสิ่งแวดล้อม โลหะบางชนิด มีประโยชน์ต่อกระบวนการเมตาบอลิซึม (metabolism) ของร่างกาย หากได้รับในปริมาณที่เหมาะสม แต่โลหะบางชนิดมีความเป็นพิษต่อร่างกาย ดังนั้นความต้องการในการวิเคราะห์โลหะเพื่อให้ทราบปริมาณที่ถูกต้องแม่นยำ จึงจำเป็นมาก นอกจากนี้การศึกษาถึงความเฉพาะ เป็นงานเกี่ยวกับการวิเคราะห์โลหะอีกลักษณะหนึ่งที่ได้รับความสนใจมากเช่นกันเนื่องจากปริมาณสังกะสีที่ปะปนในสิ่งแวดล้อมมีอยู่ปริมาณน้อยและความเข้มข้นต่ำทำให้วิเคราะห์และตรวจวัดได้ยากดังนั้นจึงเพิ่มความเข้มข้น

1.17 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์หาปริมาณของโลหะหนักในน้ำ

จากการศึกษาหาปริมาณของโลหะหนักที่มีความเข้มข้นมากขึ้นในน้ำธรรมชาติมีรายงานพบว่า

ในปี 1999 Hirata และคณะ¹⁴ ศึกษาการทำให้ไอออนโลหะมีความเข้มข้นมากขึ้นด้วยวิธีการ Flow Injection Analysis ซึ่งมี chemiluminescence เป็น Detector โดยใช้ Amberlite XAD-4 ในกระบวนการเพิ่มความเข้มข้นของ Fe(II) และเหล็กทั้งหมดที่อยู่ในน้ำโดยได้พัฒนาให้มี sensitivity ที่สูงขึ้น ซึ่งมี brilliant sulflavine และ hydrogen peroxide เป็นรีเอเจนต์ ตัวรวบวงที่ เกิดขึ้นสามารถกำจัดได้โดยการเติมสารละลาย deferoxamine B วิธีนี้มีขีดจำกัดของการตรวจวัดของ Fe(II) และเหล็กทั้งหมดที่อยู่ในน้ำจากสิ่งแวดล้อม คือ 0.80 และ 0.86 mmol ตามลำดับ ค่า RSD ของสารตัวอย่างทั้ง 2 ชนิดมีค่าน้อยกว่า $\pm 4\%$

ในปี 2000 ปานไพลิน สีหาราช และคณะ¹⁵ ได้ศึกษาการนำเทคนิคการไทเทรตนิเกิล-อดีทีเอ เพื่อวิเคราะห์ปริมาณนิเกิลในสารละลายอย่างต่อเนื่อง โดยอาศัยหลักการทำปฏิกิริยาของนิเกิลกับอดีทีเอและนิเกิลกับเมอเรกไซด์ร่วมกับเทคนิคการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารประกอบมาประยุกต์ในระบบการวิเคราะห์แบบแบท และการวิเคราะห์ระบบโฟลอินเจกชันอะนาลิซิส (FIA) เนื่องจากสารละลายเมอเรกไซด์ในสถานะเบสนั้นไม่เสถียร เป็นผลให้การวิเคราะห์แบบแบทได้ผลการทดลองที่ไม่ดีนัก จึงทำการปรับปรุงระบบการวิเคราะห์ด้วยค่าการดูดกลืนแสงของสารประกอบนิเกิล-อดีทีเอ ที่ความยาวคลื่น 370 นาโนเมตร และสารประกอบ นิเกิล-เมอเรกไซด์ ที่ความยาวคลื่น 435 นาโนเมตร ร่วมกับที่ความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร ในระบบ FIA

สองระบบด้วยกัน พบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการวิเคราะห์คือ สารละลายเมอแรกไซด์เข้มข้น 3×10^{-4} โมลาร์ สารละลายแอมโมเนีย-แอมโมเนียมคลอไรด์ บัฟเฟอร์ pH 10 และให้ค่าการวิเคราะห์สารละลายนิกเกิลที่เป็นเส้นตรงในช่วง 1.0×10^{-5} โมลาร์ ถึง 2.0×10^{-4} โมลาร์ และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.90 %

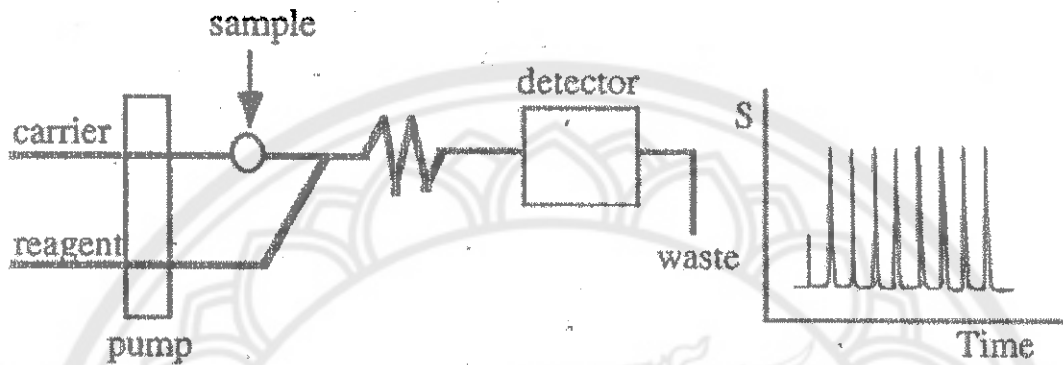
ในปี 2001 Tewari และคณะ¹⁶ ศึกษาการทำให้ไอออนโลหะเข้มข้นมากขึ้น โดยใช้ pyrocatechal (dihydroxybenzene) เชื่อมต่อกับ Amberlite XAD-2 และใช้เครื่องเฟลมอะตอมมิคแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (FAAS) เป็นเครื่องตรวจวัดในการวิเคราะห์ไอออนโลหะ Cd(II), Co(II), Fe(II), Ni(II) และ Zn(II) พบว่าค่าความจุของการดูดซับอยู่ในช่วงระหว่าง 0.023 – 0.092 mmol g^{-1} ของเรซิน ตามลำดับ enrichment factors คือ 200 ยกเว้นเหล็ก และทองแดงที่มีค่า 80 และ 100 ตามลำดับ

จากการศึกษางานวิจัยดังกล่าวข้างต้นพบว่า การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักชนิดต่าง ๆ อาจเกิดการเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับสารละลายรีเอเจนต์ก่อนและใช้ชนิดของตัวดูดซับที่แตกต่างกันในการเพิ่มความเข้มข้นของโลหะ ก่อนการทำการตรวจวิเคราะห์โดยใช้เครื่องอะตอมมิคแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์เป็นดีเทคเตอร์ ซึ่งเทคนิคเหล่านี้มักใช้เวลาในการวิเคราะห์นั้น ดีนเปลืองรีเอเจนต์ เครื่องมือที่ใช้เป็นดีเทคเตอร์ที่มีราคาแพงจะต้องอาศัยทักษะในการใช้มากกว่า การใช้เครื่องมือวิธีบีลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ดังนั้นโครงการนี้จึงได้ทำการศึกษาการเพิ่มความเข้มข้นของสังกะสี(II) ในน้ำด้วยระบบโพลีอินเจคชันอะนาลิซิสแบบออนไลด์ เพื่อให้ประหยัดทั้งเวลาในการวิเคราะห์และสารละลายรีเอเจนต์ โดยอาศัยการเพิ่มความเข้มข้นของสังกะสี(II) ในคอลัมน์ขนาดเล็กที่บรรจุด้วยแอมเบอร์ไลท์เอ็กซ์เอดี-4 ก่อนการเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับสารละลายรีเอเจนต์แล้วจึงทำการตรวจด้วยเครื่องมือวิธีบีลสเปกโทรมิเตอร์

1.18 หลักการ และทฤษฎีของเทคนิคโพลีอินเจคชันอะนาลิซิส (FIA)¹⁷

เทคนิคโพลีอินเจคชันอะนาลิซิส (Flow Injection analysis หรือเรียกโดยทั่วไปว่า FIA) เป็นการวิเคราะห์เคมีอย่างต่อเนื่องแบบอัตโนมัติวิธีการหนึ่ง ซึ่งอาศัยหลักการฉีดสารตัวอย่างปริมาณน้อย ๆ เข้าไปทาง injection valve หรือ injection port ของเครื่อง เข้าสู่กระแสตัวพาซึ่งสารตัวอย่างจะเกิดการแพร่กระจายในกระแสตัวพา ซึ่งอาจเป็นรีเอเจนต์หรือตัวทำละลายที่ไหลอย่างต่อเนื่องภายในท่อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็ก (0.3 – 1.0 mm) ต้องมีการควบคุมอัตราการไหลให้เหมาะสมด้วย Peristaltic pump สารละลายตัวอย่างจะเข้าผสมกับกระแสของต่าง ๆ ตามท่อที่กำหนดไว้ผ่าน Mixing coil จนเกิดการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ เช่น การเกิดสารเชิงซ้อนที่มีค่า pH เปลี่ยนแปลง และกระแสไฟฟ้า เป็นต้น หลังจากการเกิดปฏิกิริยาแล้วกระแสตัวพาจะนำสารตัวอย่างหรือผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างสารที่จะวิเคราะห์กับกระแสตัวพาซึ่งเรียกว่า

Sample zone สารตัวอย่างที่เกิดการเปลี่ยนแปลงจะเข้าสู่เครื่องตรวจวัด เช่น UV-VIS Spectrometer, pH, conductometer โดยต้องเลือกให้เหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ยังต้องมีการควบคุมค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่มีผลต่อการวิเคราะห์ เช่น ขนาดและความยาวของท่อที่ใช้ อัตราการไหล ปริมาณสารตัวอย่าง ความยาวของ mixing coil ความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้ และค่า Interference ต่าง ๆ เป็นต้น



ภาพ 1 แสดง manifold ของระบบ FIA¹⁶

ระยะทางจากจุดฉีดสารจนกระทั่ง sample ถูกพาเข้าเครื่องตรวจวัดนั้น sample จะผสมกับสารตัวพา หรือรีเอเจนต์แล้วเกิดการกระจายตัว (Dispersion) และการแพร่บางส่วนและการเกิดปฏิกิริยาที่เป็นไปได้ระหว่างสารตัวอย่างกับกระแสตัวพา การแพร่จะเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอัตราการไหล เส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ ความยาวท่อ และสัมประสิทธิ์แห่งการแพร่ของ Species ที่มีอยู่ ดังนั้นการกระจายตัวหรือการเจือจางของ sample สามารถควบคุมได้และปรับให้เหมาะสมตามความต้องการของการวิเคราะห์นั้น ๆ โดยเลือกปริมาตรของการฉีดสารอย่างเหมาะสม อัตราการไหลของกระแสตัวพา ความยาวของ Reaction coil และขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อที่ใช้ให้เหมาะสม สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างสารที่จะวิเคราะห์กับรีเอเจนต์ได้โดยให้รีเอเจนต์ไหลผ่านท่อเล็ก ๆ อย่างต่อเนื่องการเปลี่ยนแปลงสัญญาณของความเข้มข้นของ sample ในกระแสตัวพาที่กำลังไหลเป็นฟังก์ชัน (function) ของเวลาและรูปแบบต่าง ๆ ของสัญญาณจากการวิเคราะห์ จะเห็นได้ว่าทันทีหลังการฉีดสารละลายตัวอย่างเข้าสู่ระบบ FIA นั้น sample ในเครื่อง FIA จะมี Concentration profile เป็นระบบสี่เหลี่ยมมุมฉาก ขณะที่ sample เคลื่อนที่ไปภายในท่อจะเกิดการแพร่กระจายตัวขึ้น รูปร่างของ sample นี้เกิดได้ 2 ปรากฏการณ์คือ

1. เกิดจากการนำพา (Convection) เกิดจากการไหลแบบลามินาร์ (Laminar) เนื่องจากของเหลวไหลผ่านท่อ ความเร็วที่ผนังท่อจะมีค่าเป็นศูนย์และที่จุดศูนย์กลางของท่อจะมีความเร็ว

เป็นสองเท่าของความเร็วเฉลี่ย ดังนั้นเมื่อมี sample อยู่ในกระแสตัวพา sample นั้นจะมีลักษณะเป็นพาราโบลา (Parabola)

2. เกิดจากการแพร่ (Diffusion) ซึ่งมี 2 แบบ คือ Radial diffusion ซึ่งมีทิศตั้งฉากกับทางการไหลของสารละลายและ Longitudinal diffusion ซึ่งมีทิศทางการไหลขนานกับทิศทางการไหลของสารละลายสำหรับท่อเล็ก ๆ การแพร่แบบที่ 2 นี้เกิดขึ้นได้น้อยมาก หากใช้อัตราการไหลต่ำอาจทำให้เกิดการกระจายตัวภายใต้สภาวะนี้ sample จะเป็นแบบสมมาตรมีลักษณะเป็นเกาส์เซียน (Gaussian)

1.19 สรุปหลักการสำคัญของระบบโฟลอินเจคชันอะนาลิซิส มี 3 ประการคือ

1. การฉีดสารตัวอย่าง (Sample injection)

เป็นการนำสารตัวอย่างเข้าสู่กระแสตัวพาที่ไหลอย่างต่อเนื่อง โดยอาศัยอุปกรณ์ที่ดีและเทคนิคที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ปริมาณและปริมาตรสารตัวอย่างที่ถูกต้องแม่นยำทุกครั้ง

2. เวลาในการฉีดสารตัวอย่างที่แม่นยำ (reproducible time)

การฉีดสารตัวอย่างต้องใช้เวลาในการฉีดที่แน่นอน และสม่ำเสมอทุกครั้ง มิฉะนั้นจะมีผลต่อการตรวจวัดของเครื่องตรวจวัด ทำให้ reproducible time ไม่เท่ากัน เป็นผลมาจากการที่สารตัวอย่งนั้นทำปฏิกิริยากับกระแสไอออนต์ด้วยสัดส่วนไม่มั่นคง

3. การแพร่กระจายที่ถูกควบคุม (controlled dispersion)

ผลผลิตของสารตัวอย่างที่เกิดในช่วง (sample zone) ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยานั้นจะถูกควบคุมการแพร่กระจายในระหว่างการไหลอยู่ตามท่อในระบบจนถึงเครื่องตรวจวัดซึ่งสังเกตได้จากพีคบนกระดาษของ recorder หรือ บนหน้าจอคอมพิวเตอร์

ระบบพื้นฐานของ FIA ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วน

1. ระบบการขับเคลื่อน (Propelling system)

จะทำให้เกิดการไหลของกระแสตัวพาไปยังส่วนต่าง ๆ ของระบบด้วยอัตราคงที่ โดยใช้ peristaltic pump

2. ระบบการฉีด (Injection system)

เป็นส่วนที่นำสารตัวอย่างเข้าไปในกระแสตัวพาที่กำลังไหลด้วยอัตราคงที่ และควรมีสสมบัติต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ควรนำสารตัวอย่างที่มีปริมาณแน่นอนเข้าไปในกระแสไอออนต์ที่กำลังไหลด้วยความแม่นยำสูงและไม่ทำให้เกิดการรบกวนต่อกระแสตัวพา

2. การฉีดควรทำได้ง่ายและรวดเร็ว ในการฉีดยุคแรก ๆ มักใช้เข็มฉีดยาและเข็มไฮโป-เดอร์มิก แต่ในปัจจุบันระบบการฉีดมักใช้ Rotary valve

3. ระบบการขนส่ง (Transport system)

ใช้เชื่อมต่อกับองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ประกอบขึ้นเป็นระบบ FIA และทำให้ตัวอย่างที่เกิดการแพร่กระจายหรือเกิดการผสมเมื่อเคลื่อนที่ผ่านระบบขนส่งที่เหมาะสม ได้แก่ ท่อขนาดต่าง ๆ แล้วแต่ความเหมาะสมในการใช้งาน

4. ระบบในการตรวจวัด (Detection system)

จะทำการตรวจวัดปริมาณของสารที่สนใจวิเคราะห์โดยให้ข้อมูลเกี่ยวกับสมบัติของสารทั้งทางด้านคุณภาพและปริมาณ ซึ่งระบบ FIA สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับเครื่องตรวจวัดต่าง ๆ ได้ เช่น AAS, UV-VIS, ICP-OES เป็นต้น

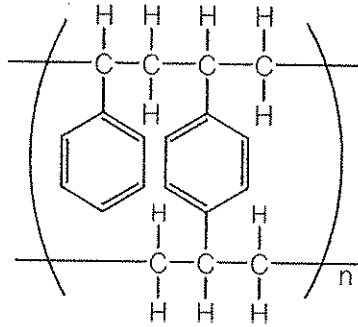
งานวิจัยนี้สนใจวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีที่ทำให้เข้มข้นขึ้นแบบออนไลน์กับระบบโฟลวอินเจคชันอะนาลิซิส (FIA) โดยการต่อคอลัมน์ขนาดเล็กเข้ากับระบบ FIA เพื่อเพิ่มความเข้มข้นของสังกะสีให้มากขึ้นก่อนเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับ 4-(2-pyridylazo)resorcinol และทำการตรวจวัดโดยใช้ UV-visible spectrophotometer

การหาปริมาณสารตัวอย่างที่ทำให้เข้มข้นขึ้น (Preconcentration) แบบออนไลน์ โดยการต่อคอลัมน์ขนาดเล็กเข้ากับระบบ FIA

จากการศึกษาพบว่าสังกะสีเป็นโลหะหนักชนิดหนึ่งซึ่งมีอยู่ในธรรมชาติ แม้ว่าจะมีปริมาณน้อย แต่เมื่อเกิดการสะสมมากขึ้นก็จะก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตได้ แต่การหาปริมาณสังกะสีโดยตรงอาจทำได้ยาก จึงทำการศึกษาโดยการเพิ่มความเข้มข้น (Preconcentration) ของสังกะสีโดยคอลัมน์ที่มีขนาดเล็กบรรจุด้วยแอมเบอร์ไลท์เอ็กซ์เอดี 4 เข้ากับระบบ FIA ซึ่ง Amberlite XAD-4 สามารถดูดซับสังกะสีไว้ได้ เนื่องจากเป็นสารที่มีคุณสมบัติมีความเป็นรูพรุน และมีพื้นที่สัมผัสสูง

1.20 ชนิดของเรซินที่ใช้ในการวิเคราะห์ แอมเบอร์ไลท์เอ็กซ์เอดี 4 (Amberlite XAD-4)¹⁹

แอมเบอร์ไลท์เอ็กซ์เอดี 4 เป็นตัวดูดซับพอลิเมอร์ มีลักษณะเป็นเม็ดปิตส์สีขาวที่ไม่ละลายน้ำ ชนิด nonionic crosslinked polymer คุณสมบัติของเรซินชนิดนี้มีความสามารถในการดูดซับ เพราะมีโครงสร้างเป็น macroreticular ซึ่งมีพื้นผิวสูงภายในโครงสร้างมีวงอะโรมาติกบริเวณพื้นผิว ดังภาพ 2



ภาพ 2 โครงสร้างของ Amberlite XAD-4 resin²⁰

พอลิเมอร์ชนิดนี้ถูกใช้เป็นตัวดูดซับเนื่องจากมีคุณสมบัติที่ดีทั้งทางกายภาพ ทางเคมีและมีความเสถียรทางความร้อน นอกจากนี้แอมเบอร์ไลต์เอ็กซ์เอดี 4 ยังสามารถที่จะนำมาใช้ซ้ำได้อีกในคอลัมน์หรือแบบแบทช์ เพื่อดูดซับโมเลกุลไม่มีขั้ว จากสารละลายที่มีขั้วหรือสารอินทรีย์ที่ระเหยง่ายออกจากไอน้ำที่ระเหย ลักษณะการกระจายตัวของรูภายในโครงสร้าง ทำให้แอมเบอร์ไลต์เอ็กซ์เอดี 4 เป็นทางเลือกที่ดีสำหรับใช้ในกระบวนการดูดซับของสารอินทรีย์

1.21 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมของการเพิ่มความเข้มข้นของสังกะสีด้วยคอลัมน์ขนาดเล็กที่บรรจุด้วยเรซินแอมเบอร์ไลต์เอ็กซ์เอดี 4
2. ศึกษาหาความถูกต้องและความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์สังกะสีที่เพิ่มความเข้มข้นแล้ว
3. ศึกษาหาปริมาณสังกะสีในตัวอย่างจริงเทียบกับเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโทรสโกปี

1.22 ขอบเขตของการศึกษา

1. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของระบบโฟลอินเจคชันอะนาลิซิสสำหรับเพิ่มความเข้มข้นของสังกะสี
2. ตรวจสอบความถูกต้องของระบบที่ทำการศึกษา
3. หาปริมาณสังกะสีในน้ำตัวอย่างจริง

บทที่ 2

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาระบบโฟลอินเจคชันอะนาลิซิสสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีในตัวอย่างน้ำธรรมชาติ มีอุปกรณ์ สารเคมีและขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยดังนี้

2.1 อุปกรณ์และสารเคมี

1. อุปกรณ์

1.1 UVVIS Spectrophotometer รุ่น Unicam 8625

1.2 Flame Atomic Absorption Spectrophotometer รุ่น Spectra 220

บริษัท Varian,U.S.A

1.3 Injection valve V- 471 Upchurch scientific (USA)

1.4 Tubing manifold : Upchurch scientific (USA)

1.5 เครื่องซั่งแบบละเอียด(4 ตำแหน่ง) รุ่น Analytical AC 210s บริษัทไซแอนติฟิค โปรมอตัน

1.6 คอลัมน์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2 mm ยาว 1.3 cm

1.7 ขวดเก็บน้ำตัวอย่าง (Polyethylene) 1.8 กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 บริษัท Whatman International, England

2. สารเคมี

2.1 4-(2-pyridylazo) resorcinol Monosodium Hydrate ($C_{11}H_8N_3NaO_2 \cdot H_2O$) Analytical Grade บริษัท Fluka, Switzerland

2.2 Zinc nitrate hexahydrate ($Zn(NO_3)_2$) Analytical Grade บริษัท Ajax Finchem, Australia

2.3 Hydrochloric acid 36.0% (HCl) Analytical Grade บริษัท J.TBaker, U.S.A

2.4 Sodium Tetraborate ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$) Analytical Grade บริษัท Ajax finchem, New Zealand

2.5 Methanol (CH_3OH) Analytical Grade บริษัท Fisher chemical, UK

2.6 Sodium Hydroxide (NaOH) Analytical Grade บริษัท Merck, Germany

2.7 Nitric acid 65% (HNO_3) Analytical Grade บริษัท Merck, Germany

2.8 Hydrogen peroxide (H_2O_2) Analytical Grade บริษัท Carlo erba reagenti, Italy

2.9 Iron(II) sulfate heptahydrate ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) Analytical Grade บริษัท Merck, Germany

2.10 Manganese (II) sulfate monohydrate ($\text{MnO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) Analytical Grade บริษัท Fluka, Switzerland

2.11 Lead (II) Nitrate ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) Analytical Grade บริษัท Fluka, Switzerland

2.12 Calcium Chloride Hydrate ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) Analytical Grade บริษัท Fluka, Switzerland

2.13 Cadmium sulfate ($\text{Cd}(\text{SO}_4)$) Analytical Grade บริษัท Fluka, Switzerland

2.14 Copper sulfate ($\text{Cu}(\text{SO}_4)$) Analytical Grade บริษัท Fluka, Switzerland

2.15 Amberlite XAD-4 resin, Analytical Grade บริษัท Acros Organics, U.S.A

2.2 การเตรียมสารละลาย

1. เตรียมเรซิน

1.1 เตรียมเรซิน Amberlite XAD-4 โดยการล้าง 1 M NaOH , 1 M HCl และล้างด้วยน้ำปราศจากไอออนตาม ลำดับ

1.2 ล้างด้วย methanol เล็กน้อย จากนั้นล้างเรซินด้วยน้ำปราศจากไอออน 2 ครั้ง และแห้งเรซินในน้ำปราศจากไอออนจนกว่าจะใช้งาน

2. การเตรียมสารที่จะวิเคราะห์

2.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานสังกะสี Zn^{2+} เข้มข้น 50 mg L^{-1} โดยชั่ง ($\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$) 0.0569 g เติมกรดเข้มข้น HNO_3 5 ml ปรับปริมาตรเป็น 100 ml ด้วยน้ำปราศจากไอออน

2.2 เตรียมสารละลาย PAR $5 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ โดยชั่ง 0.1168 g ปรับปริมาตรด้วยบัฟเฟอร์ pH11 ให้มีปริมาตร 100 ml

2.3 สารละลาย buffer pH 11 โดยชั่ง Na_2CO_3 5.3 g ปรับปริมาตรเป็น 1000 ml ด้วยน้ำปราศจากไอออน

2.4 สารละลายกรด 0.1 M HCl จากสารละลายกรด HCl เข้มข้น 36% V/V แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออน

2.3 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของระบบ FIA

- 3.3.1 เวลาในการผ่านสารตัวอย่างเข้าสู่คอลัมน์
- 3.3.2 อัตราการไหลของสาร
- 3.3.3 ความเข้มข้นของกรด HCl
- 3.3.4 ความเข้มข้นของสารละลาย PAR
- 3.3.5 อัตราการไหลของกรด HCl
- 3.3.6 อัตราการไหลของสารละลาย PAR

2.4 ศึกษาความถูกต้องของวิธีการที่พัฒนาขึ้น

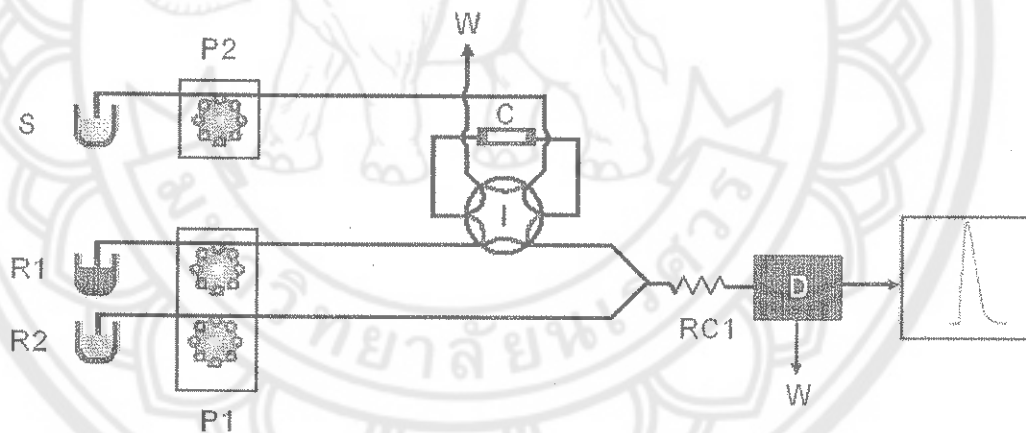
- 3.4.1 ช่วงความเป็นเส้นตรง
- 3.4.2 ความแม่นยำของเทคนิค
- 3.4.3 ความแม่นยำของเครื่อง
- 3.4.4 Detection limit
- 3.4.5 %Recovery



บทที่ 3

ผลการทดลอง

การวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีแบบออนไลน์ โดยการต่อคอลัมน์ขนาดเล็กที่บรรจุด้วยเรซิน Amberlite XAD-4 เข้ากับระบบโฟลอินเจคชันอะนาลิซิส (FIA) ซึ่งหลักการทำงานของระบบนี้คือ ฉีดสังกะสีปริมาณน้อยเข้าสู่คอลัมน์ จากนั้นทำการสลับวาล์วเพื่อให้สารละลายไฮโดรคลอริกซึ่งเป็นตัวชะไหลผ่านคอลัมน์ เพื่อชะสังกะสีที่ถูกดูดซับไว้ออกจากเรซิน โดยสารละลายสังกะสีจะเกิดการผสมและทำปฏิกิริยากับสารละลาย 4-(2-pyridylazo)resorcinol (PAR) ซึ่งไหลอย่างต่อเนื่องในระบบ และหลังจากนั้นจะไหลผ่าน reaction coil เข้าไปยังเครื่องตรวจวัด แล้วแปลงสัญญาณออกมาในลักษณะพีค ส่วนสารละลายที่ไหลผ่านเครื่องตรวจวัดแล้วจะไหลสู่ waste



ภาพ 3 Manifold ของระบบ FIA สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสี (II) ด้วย PAR แบบออนไลน์ : P คือ peristaltic pump, I คือ injection valve, S คือ สารละลายตัวอย่าง, R1 คือ สารละลายกรดไฮโดรคลอริก, R2 คือ สารละลายบัฟเฟอร์และสารละลาย PAR, RC1 คือ reaction coil 1, D คือ detector, C คือ คอลัมน์, W คือ waste

จากระบบ FIA ที่พัฒนาขึ้นดังภาพ 3 ทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมโดยการเปลี่ยนแปลงสภาวะที่ศึกษาครั้งละ 1 สภาวะและควบคุมสภาวะอื่น ๆ ให้คงที่ โดยสภาวะเริ่มต้นของระบบ FIA แสดงดังตาราง 4

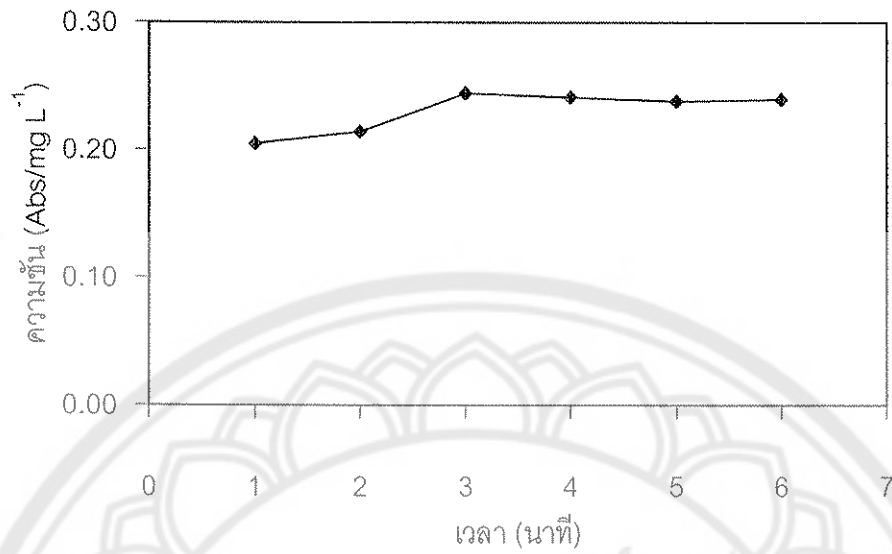
ตาราง 4 สภาวะเริ่มต้นในระบบ FIA แบบออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นสำหรับการหาปริมาณสังกะสี(II)

ลักษณะสภาวะ	สภาวะเริ่มต้น
ความยาวคลื่น (nm)	492
รีเอเจนต์	PAR
ความเข้มข้นของรีเอเจนต์ ($\times 10^3 \text{ molL}^{-1}$)	0.05
ชนิดของตัวชะ	HCl
ความเข้มข้นของตัวชะ (molL^{-1})	0.01
บัฟเฟอร์	โซเดียมคาร์บอเนต pH 11
อัตราเร็วในการไหล (ml min^{-1})	
สารตัวอย่าง	0.7,0.9,1.1,1.3,1.4
สารละลาย PAR	0.6,0.8,1.8,2.0
สารละลาย HCl	0.5,0.8,1.6,1.7
Reaction coil (mm)	
Internal diameter	0.5-1.0
length	100-600
ขนาดของคอลัมน์ (id×length)(cm)	0.2 × 1.3

3.1 การศึกษาเวลาที่ใช้ในการผ่านสารตัวอย่างเข้าสู่คอลัมน์ในระบบ FIA

ทำการศึกษาเวลาที่ใช้ในการผ่านสารละลายมาตรฐานสังกะสี(II) เข้าสู่คอลัมน์ในช่วงเวลา 1-6 นาที เพื่อให้ได้เวลาที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของสังกะสี ซึ่งได้ผลการทดลองดังภาพ 4

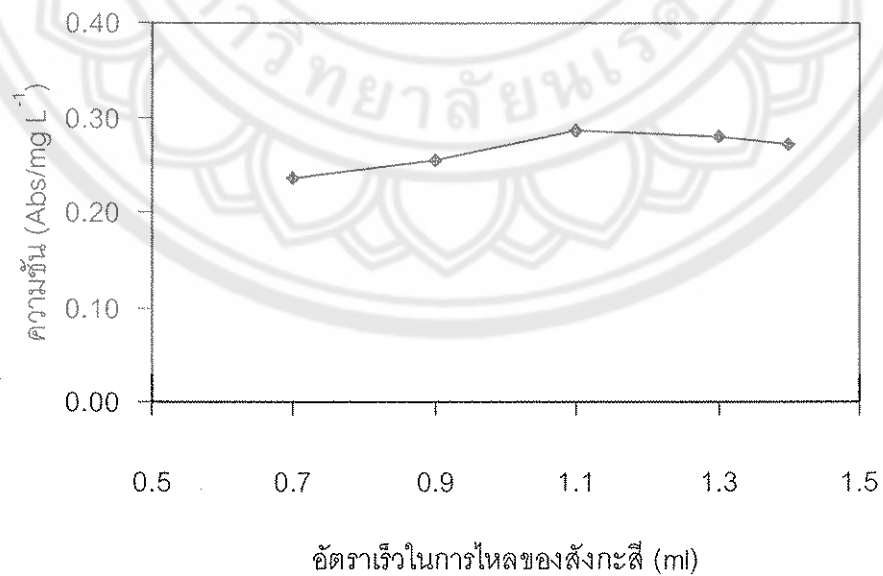
จากการศึกษาพบว่าเวลาที่เหมาะสมในการผ่านสารละลายสังกะสีเข้าสู่ระบบ FIA คือ เวลา 3 นาที เนื่องจากเป็นเวลาที่ให้ค่าความชันมากที่สุด แสดงถึงการมี sensitivity ที่ดีในการวิเคราะห์ดังนั้นจึงเลือกใช้เวลาที่ 3 นาที เป็นเวลาที่ผ่านสารละลายสังกะสีเข้าสู่คอลัมน์ เพื่อศึกษาหาสภาวะอื่น ๆ ต่อไป



ภาพ 4 ศึกษาเวลาที่ใช้ในการผ่านสารตัวอย่างเข้าสู่ระบบ FIA

3.2 การศึกษาหาอัตราเร็วในการไหลของสารละลายสังกะสี (II)

ทำการศึกษาอัตราเร็วในการไหลของสารละลายสังกะสี(II) เข้าสู่คอลัมน์ โดยการเปลี่ยนอัตราเร็วในการไหลของสารละลายสังกะสี ได้ผลการทดลองดังภาพ 5

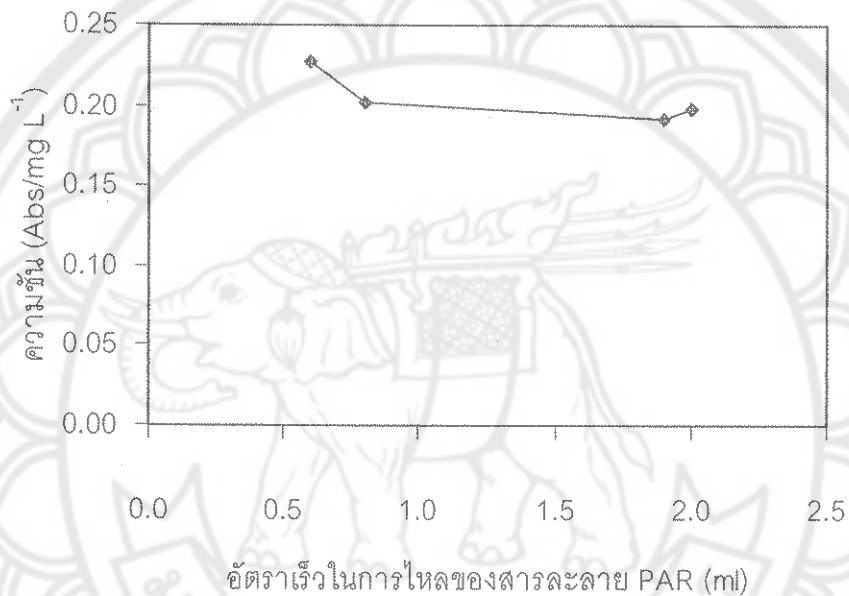


ภาพ 5 อัตราเร็วในการไหลของสังกะสีที่ผ่านเข้าสู่คอลัมน์

จากการศึกษาพบว่าอัตราเร็วในการไหลที่เหมาะสมที่สุดคือ 1.1 ml min^{-1} เนื่องจากให้ค่าความชันสูงสุดทำให้มี sensitivity ในการวิเคราะห์สูง

3.3 การศึกษาอัตราเร็วในการไหลของสารละลายรีเอเจนต์ (PAR)

ทำการศึกษาอัตราการไหลของสารละลาย PAR โดยใช้อัตราการไหลที่ 0.6, 0.8, 1.9 และ 2.0 ml min^{-1} ได้ผลการทดลองดังภาพ 6



ภาพ 6 ศึกษาอัตราเร็วในการไหลของสารละลายรีเอเจนต์ (PAR)

จากผลการทดลองพบว่าอัตราการไหลของ PAR ที่ 0.6 ml min^{-1} เหมาะสมที่สุดเนื่องจากมีค่าความชันมากที่สุด จะทำให้ได้สัญญาณในการวิเคราะห์ที่ดี ดังนั้นจึงเลือกใช้อัตราเร็วในการไหลดังกล่าวเพื่อนำไปศึกษาสภาวะอื่น ๆ ต่อไป

3.4 การศึกษาอัตราเร็วในการไหลของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก

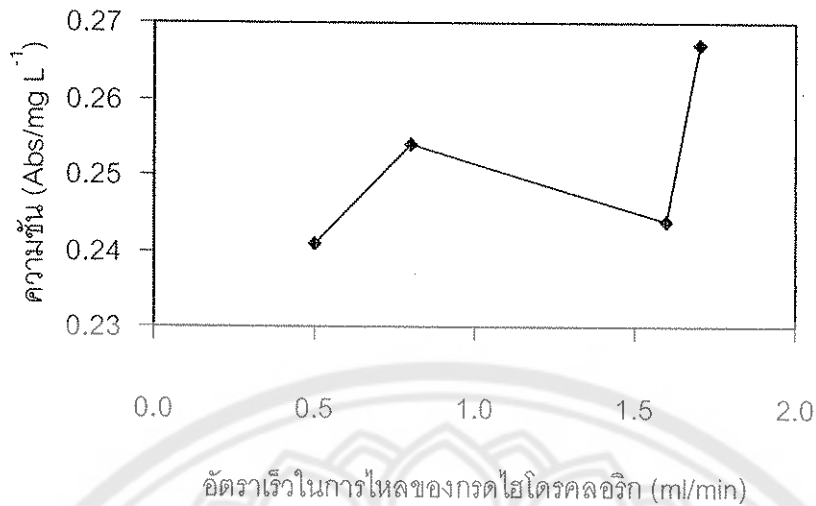
ทำการศึกษหาอัตราเร็วในการไหลที่เหมาะสมของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการชะสารออกจากคอลัมน์ โดยศึกษาอัตราเร็วที่ 0.5, 0.8, 1.6 และ 1.7 ml min^{-1} ได้ผลการทดลองดังภาพ



สำนักหอสมุด

13 JUL 2011

| 5639594

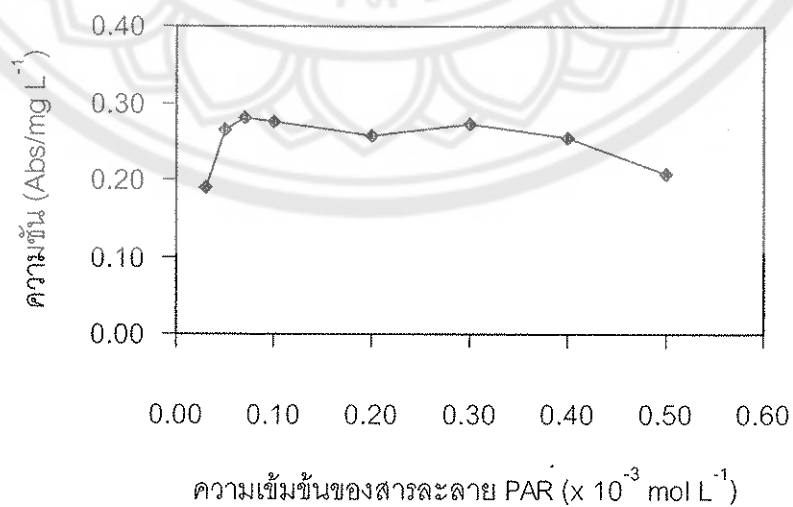


ภาพ 7 ศึกษาอัตราการไหลในการไหลของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก

จากผลการทดลองพบว่าที่อัตราการไหลของกรดไฮโดรคลอริกที่เหมาะสมคือ 1.7 ml min^{-1} เนื่องจากให้ความเข้มข้นมากที่สุดส่งผลให้สัญญาณในการวิเคราะห์สูง ดังนั้นจึงเลือกใช้ที่อัตราการไหลในการไหลดังกล่าวเพื่อศึกษาหาสภาวะอื่น ๆ ต่อไป

3.5 การศึกษาหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลาย PAR

ทำการศึกษาหาความเข้มข้นของสารละลาย PAR กับสารละลายสังกะสี(II) โดยเตรียมสารละลาย PAR ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กันคือ 0.03, 0.05, 0.07, 0.10, 0.20, 0.30, 0.40 และ $0.50 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ ผลการทดลองดังตาราง 9

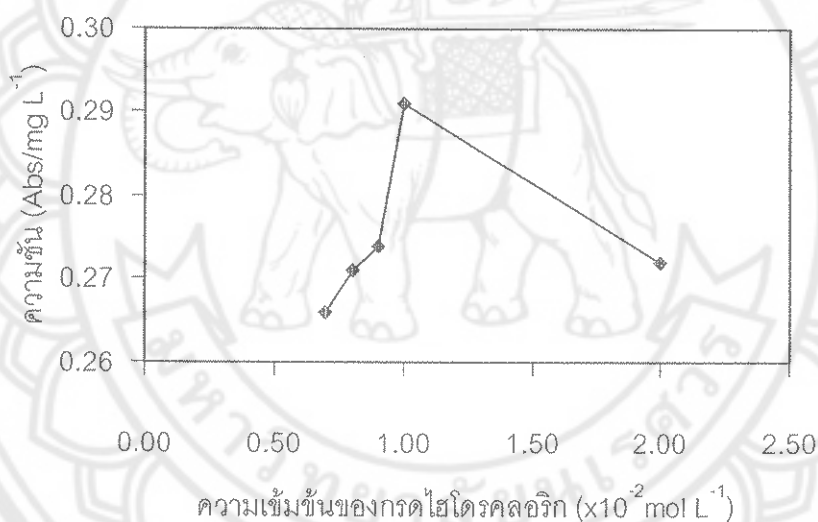


ภาพ 8 ศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลาย PAR

จากการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของสารละลาย PAR ที่เหมาะสมคือ $0.07 \times 10^{-3} \text{ M}$ โดยพิจารณาจากลักษณะของพีค เนื่องจากไม่เกิดการแตกของพีค เกิดการแพร่กระจายปานกลาง และมี baseline คงที่ เมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นที่ต่ำกว่านี้จะมี baseline ไม่คงที่ และที่ความเข้มข้นสูง ๆ จะทำให้เกิดการแตกของพีคขึ้น เนื่องจากเกิดการแพร่กระจายมากเกินไป ดังนั้นจึงเลือกใช้สารละลาย PAR ที่ความเข้มข้นดังกล่าวเพื่อศึกษาหาสภาวะอื่น ๆ ต่อไป

3.6 การศึกษาหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดไฮโดรคลอริก

ทำการศึกษาค้นหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้สำหรับเป็นตัวชะสารละลายสังกะสีออกจากคอลัมน์โดยเตรียมความเข้มข้นต่าง ๆ ดังนี้ 0.70×10^{-2} , 0.80×10^{-2} , 0.90×10^{-3} , 1.00×10^{-2} และ $2.00 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ ได้ผลการทดลองดังภาพ 9

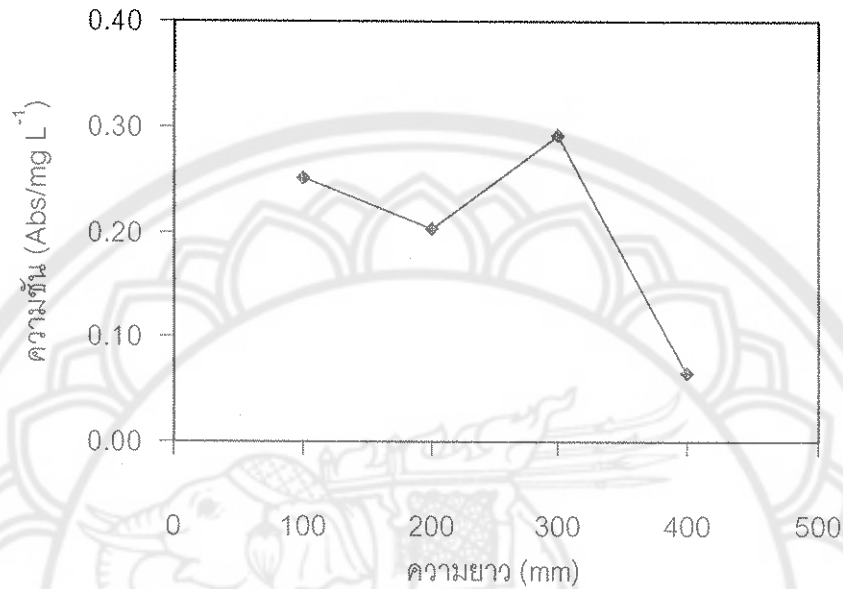


ภาพ 9 ศึกษาหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดไฮโดรคลอริก

จากการทดลองพบว่าความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกคือ 0.01 mol L^{-1} เนื่องจากว่ามี sensitivity ในการวิเคราะห์สูง และพีคที่ได้มีลักษณะฐานไม่กว้างเกินไป เมื่อเทียบกับความเข้มข้นอื่น ๆ ถ้าใช้ความเข้มข้นที่น้อยกว่านี้จะทำให้สัญญาณที่ได้จากการวิเคราะห์มีค่าลดลง และที่ความเข้มข้นมากกว่านี้จะทำให้เกิดฟองอากาศได้ ดังนั้นจึงเลือกใช้ความเข้มข้นดังกล่าวเพื่อทำการศึกษาสภาวะอื่น ๆ ต่อไป

3.7 การศึกษาความยาวของ reaction coil

ทำการศึกษาค้นหาความยาวที่เหมาะสมโดยใช้ความยาวของ reaction coil ที่ 100, 200, 300, และ 400 mm โดยกำหนดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 mm ได้ผลการทดลองภาพ 10



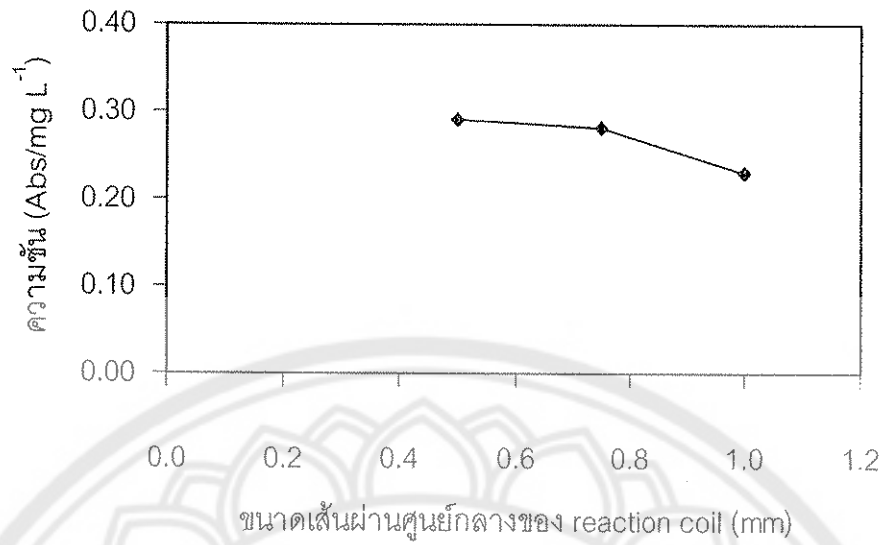
ภาพ 10 ศึกษาความยาวของ reaction coil

จากการศึกษาพบว่าขนาดของ reaction coil ที่เหมาะสมคือ 300 mm เนื่องจากให้ความเข้มข้นมากที่สุด ส่งผลให้ผลการวิเคราะห์ที่เหมาะสมให้ sensitivity ในการวิเคราะห์สูง

3.8 การศึกษาหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เหมาะสมของ reaction coil

ทำการศึกษาค้นหาความยาวที่เหมาะสมของเส้นผ่านศูนย์กลางที่ต่าง ๆ กันดังนี้ 0.50, 0.75, 1.0 mm ได้ผลการทดลองดังภาพ 11

จากการศึกษาพบว่าขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางที่เหมาะสม คือ 0.5 mm เนื่องจากให้ค่าความเข้มข้นมากที่สุด ส่งผลให้มี sensitivity ในการวิเคราะห์สูง



ภาพ 11 ศึกษาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ reaction coil

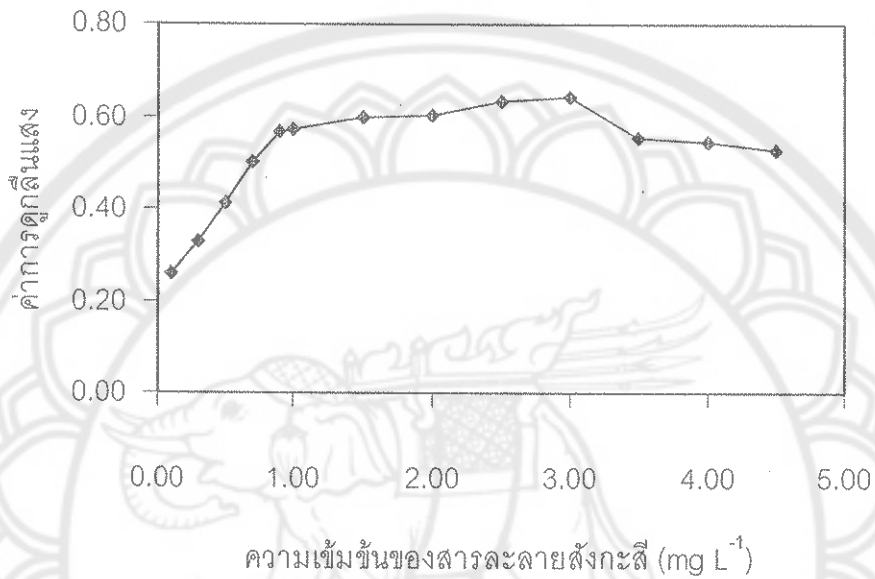
3.9 สภาวะที่เหมาะสมของระบบ FIA ที่พัฒนาขึ้นสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีที่ผ่านกระบวนการเพิ่มความเข้มข้น

ตาราง 5 สภาวะที่เหมาะสมของระบบ FIA ที่ใช้ในการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานสังกะสี(II)

ลักษณะสภาวะ	สภาวะที่ใช้	สภาวะที่เหมาะสม
ความยาวคลื่น (nm)	492	492
เวลาผ่านตัวอย่างเข้าคอลัมน์ (นาที)	1-6	3
อัตราเร็วในการไหล (ml min ⁻¹)		
สารตัวอย่าง	0.7,0.9,1.1,1.3,1.4	1.1
สารละลาย PAR	0.6,0.8,1.9,2.0	0.6
สารละลาย HCl	0.5,0.8,1.6,1.7	1.7
ความเข้มข้นของ HCl (x 10 ⁻² mol L ⁻¹)	0.70-2.00	1.00
ความเข้มข้นของ PAR (x10 ⁻³ mol L ⁻¹)	0.03-0.50	0.07
Reaction coil (mm)		
Internal diameter	0.5-1.0	0.5
length	100-600	300
ขนาดของคอลัมน์ (id×length)(cm)	0.2 ×1.3	0.2 ×1.3

3.10 การศึกษาช่วงความเป็นเส้นตรง

ทำการศึกษาค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความเป็นเส้นตรงเพื่อนำไปใช้ในการสร้างกราฟมาตรฐานสำหรับวิเคราะห์ปริมาณสังกะสีในการศึกษานี้ใช้สารละลายมาตรฐานสังกะสี ในช่วงความเข้มข้น 0.1-4.5 mg L^{-1} โดยใช้สภาวะที่เหมาะสมดังตาราง 5 ผลการทดลองดังภาพ 12

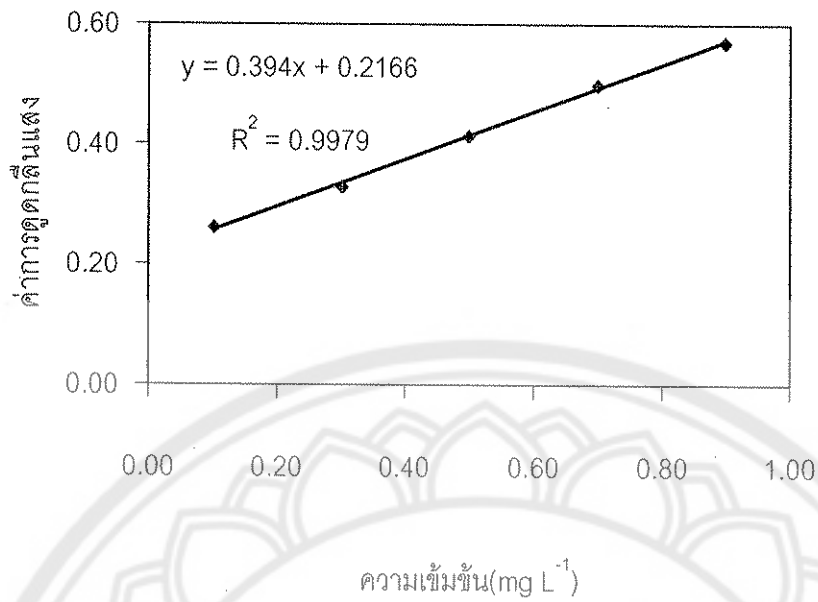


ภาพ 12 การศึกษาช่วงความเป็นเส้นตรงของสารละลายมาตรฐานสังกะสี(II)

จากผลการศึกษาพบว่าช่วงความเป็นเส้นตรงของสารละลายมาตรฐานสังกะสีอยู่ในช่วง 0.10-0.90 mg L^{-1}

3.11 การทำกราฟมาตรฐาน

ทำได้โดยเตรียมสารละลายมาตรฐานสังกะสีที่มีความเข้มข้น 0.10, 0.30, 0.50, 0.70 และ 0.90 mg L^{-1} ผ่านเข้าสู่ระบบ FIA ได้ผลการทดลองดังภาพ 13



ภาพ 13 กราฟมาตรฐานของสารละลายสังกะสี(II)

3.12 การศึกษาค่าความถูกต้องของวิธีที่พัฒนาขึ้น

ทำการศึกษาค่าร้อยละการกลับคืน (%recovery) ของสารละลายมาตรฐานสังกะสีด้วยวิธี Standard addition โดยใช้น้ำตัวอย่างนำมาเติมในสารละลายมาตรฐานสังกะสี ที่มีความเข้มข้น 0.10, 0.30, 0.50, 0.70 และ 0.90 mg L^{-1} ได้ผลการทดลองดังตาราง 6 ตาราง 6 การศึกษาค่าความถูกต้องของวิธีที่พัฒนาขึ้น

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg L^{-1})		% recovery
	Added	Detected	
1	0.00	0.07	-
2	0.10	0.16	90
3	0.30	0.35	93
4	0.50	0.54	94
5	0.70	0.74	96
6	0.90	0.92	94
\bar{X}		93	
SD		2.2	
%RSD		2.4	

จากการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยร้อยละการกลับคืนของสารละลายมาตรฐานสังกะสี(II)มีค่าเท่ากับ 93 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.2 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์เท่ากับ 2.4 แสดงให้เห็นว่าวิธีที่พัฒนาขึ้นสามารถวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีมีค่าความถูกต้องสูง

3.13 การศึกษาความแม่นยำของเครื่องมือ

การศึกษาความแม่นยำของเครื่องมือที่ใช้ทำได้โดยเตรียมสารละลายมาตรฐานสังกะสีชุดเดียวกันและทำการทดลองในสภาวะแบบเดียวกัน โดยใช้สารละลายมาตรฐานสังกะสีที่มีความเข้มข้น 0.05 และ 0.25 mg L⁻¹ เข้าสู่ระบบ FIA โดยใช้สภาวะดังตาราง 14 แล้วทำการทดลองในแต่ละความเข้มข้นซ้ำ 10 ครั้งได้ผลการทดลองดังตาราง 7

ตาราง 7 การศึกษาความแม่นยำของเครื่องมือที่ใช้สำหรับวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีในระบบ FIA

ครั้งที่	ค่าการดูดกลืนแสง	
	ความเข้มข้น 0.05 mg L ⁻¹	ความเข้มข้น 0.25 mg L ⁻¹
1	0.221	0.453
2	0.219	0.452
3	0.226	0.448
4	0.229	0.433
5	0.229	0.447
6	0.23	0.431
7	0.226	0.441
8	0.232	0.442
9	0.219	0.450
10	0.233	0.459
\bar{X}	0.226	0.446
SD	0.0052	8.87×10 ⁻³
% RSD	2.308	1.900
% Repeatability	2.10	

จากผลการทดลองพบว่าสารละลายมาตรฐานสังกะสีที่มีความเข้มข้น 0.05 mg L^{-1} จะมีค่า %RSD เท่ากับ 2.308 ซึ่งสูงกว่าที่ความเข้มข้น 0.25 mg L^{-1} ที่มีค่า %RSD เท่ากับ 1.9 เนื่องจากที่ความเข้มข้น 0.05 mg L^{-1} จะมีปริมาณของสังกะสีผ่านเข้าสู่คอลัมน์ได้น้อยกว่าที่ความเข้มข้น 0.25 mg L^{-1} จึงทำให้ปริมาณของสังกะสีถูกดูดซับที่เรซินได้น้อยกว่า ทำให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้ค่อนข้างต่ำกว่า ทำให้ %RSD ที่ได้สูงกว่าที่ความเข้มข้น 0.25 mg L^{-1} ดังนั้นวิธีนี้จึงให้ความแม่นยำและความถูกต้องในการวิเคราะห์สูง

3.14 การศึกษาความแม่นยำของเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์

เป็นการศึกษาความแม่นยำที่เกี่ยวข้องกับผู้ทำการทดลองและเทคนิคต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง โดยการเตรียมสารละลายมาตรฐานสังกะสีที่มีความเข้มข้น 0.05 mg L^{-1} และ 0.25 mg L^{-1} ความเข้มข้นละ 3 ขวด จากนั้นผ่านสารละลายตัวอย่างเข้าสู่ระบบ FIA แล้วทำซ้ำขวดละ 10 ครั้ง โดยใช้สภาวะในการทดลองดังตารางที่ 14 ได้ผลการทดลองดังตาราง 8

ตาราง 8 การศึกษาความแม่นยำของเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีในระบบ FIA

ขวดที่	ค่าการดูดกลืนแสง	
	ความเข้มข้น 0.05 mg L^{-1}	ความเข้มข้น 0.25 mg L^{-1}
1	0.2264	0.4614
2	0.2132	0.4515
3	0.2250	0.4603
\bar{X}	0.2215	0.4577
SD	7.25×10^{-3}	5.42×10^{-3}
%RSD	3.27	1.18
% Accuracy	2.23	

จากการทดลองพบว่าที่ความเข้มข้น 0.05 mg L^{-1} ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์เท่ากับ 3.27 และที่ความเข้มข้น 0.25 mg L^{-1} ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์มีค่าเท่ากับ 1.18 เมื่อนำมาคำนวณหา %Accuracy จะมีค่าเท่ากับ 2.23 แสดงให้เห็นว่าเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์มีความแม่นยำในการวิเคราะห์สูง

3.15 การศึกษาขีดจำกัดในการวิเคราะห์

ทำการศึกษาขีดจำกัดในการวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสี โดยการเตรียมสารละลายมาตรฐานสังกะสี ความเข้มข้น 0.05 mg L^{-1} แล้วผ่านสารละลายเข้าสู่ระบบ FIA จำนวน 10 ครั้ง โดยใช้สภาวะดังตาราง 14 ได้ผลการทดลองดังตาราง 9

ตาราง 9 การศึกษาขีดจำกัดในการวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีในระบบ FIA

ครั้งที่	ค่าการดูดกลืนแสง	ครั้งที่	ค่าการดูดกลืนแสง
1	0.221	6	0.23
2	0.219	7	0.226
3	0.226	8	0.232
4	0.229	9	0.219
5	0.229	10	0.233
\bar{X}		0.2264	
SD		0.0052	
%RSD		2.308	

จากผลการทดลองพบว่าค่าขีดจำกัดในการวิเคราะห์มีค่าเท่ากับ 0.04 mg L^{-1} (ดูการคำนวณในภาคผนวก ค) ให้เห็นว่าเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสี สามารถตรวจวัดได้ในระดับความเข้มข้นต่ำ ๆ

3.16 การศึกษา Preconcentration factor

ทำการศึกษาค่า Preconcentration factor เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการเพิ่มความเข้มข้นในการวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วแบบออนไลน์กับแบบธรรมดา จากการทดลองพบว่า การวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีแบบธรรมดา จะให้กราฟมาตรฐานคือ $y = 0.082x + 0.1768$ ค่า $R^2 = 0.9828$ ส่วนในการวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีแบบออนไลน์ให้กราฟมาตรฐานคือ $y = 0.394x + 0.2166$ ค่า $R^2 = 0.9979$ ดังนั้นเมื่อนำมาเปรียบเทียบกันพบว่า การวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีแบบออนไลน์มีค่า Preconcentration factor เท่ากับ 4.8

3.17 การศึกษาอัตราเร็วในการวิเคราะห์ (sample throughput)

ทำการศึกษาอัตราเร็วในการวิเคราะห์สารตัวอย่าง โดยการจับเวลาตั้งแต่สารตัวอย่างผ่านเข้าสู่ระบบ FIA จนกระทั่งเกิด peak ได้ผลการทดลองดังตาราง 10

ตาราง 10 ศึกษาอัตราเร็วในการวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีในระบบ FIA

ครั้งที่	เวลา (วินาที)
1	187
2	186
3	187
เฉลี่ย	187

จากการทดลองพบว่าสารละลายตัวอย่าง 1 ตัวอย่างใช้ระยะเวลารวมในการเพิ่มความเข้มข้นจนกระทั่งเกิดพีคเท่ากับ 187 วินาที ดังนั้นอัตราเร็วในการวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีในระบบ FIA เท่ากับ 19 ตัวอย่างต่อชั่วโมง (ดูการคำนวณในภาคผนวก ง)

3.18 การวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีในน้ำตัวอย่าง

ทำการหาปริมาณสังกะสีในน้ำตัวอย่างที่เก็บจากแหล่งต่าง ๆ แล้วนำมาผ่านเข้าคอลัมน์ในระบบ FIA แบบออนไลน์ในสภาวะที่เหมาะสมและทำการทดลองด้วยเทคนิคเฟลมอะตอมมิคแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตเมตรี (FAAS) เพื่อนำผลการวิเคราะห์ทั้งสองเทคนิคมาเปรียบเทียบกัน ได้ผลการทดลองดังตาราง 11

ตาราง 11 การวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีในน้ำตัวอย่างที่เก็บจากแหล่งต่าง ๆ โดยเทคนิค FIA และ FAAS

แหล่งที่	ความเข้มข้นของสังกะสี (mg L^{-1})	
	เทคนิค FIA	เทคนิค FAAS
1	0.145	0.129
2	0.338	0.310
3	0.414	0.399
4	0.097	0.081
5	0.110	0.121

จากผลการทดลองพบว่าเทคนิค FIA มีปริมาณสังกะสีอยู่ในช่วง $0.097 - 0.414 \text{ mgL}^{-1}$ ส่วนเทคนิคเฟลมอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปคโทรโฟโตเมตรีมีปริมาณสังกะสีอยู่ในช่วง $0.081 - 0.399 \text{ mgL}^{-1}$ เมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้งสองวิธี โดยใช้การทดสอบแบบ t test จะได้ค่า t ในการคำนวณเท่ากับ 2.07 เมื่อเปรียบเทียบค่า t จากตารางที่ระดับความมั่นใจ 95 % ($t = 2.78$) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างผลการวิเคราะห์ทั้งสองวิธี



บทที่ 4

บทสรุป

จากการศึกษาการเพิ่มความเข้มข้นปริมาณสังกะสีแบบออนไลน์โดยใช้คอลัมน์ที่มีขนาดเล็กบรรจุด้วยเรซินแอมเบอร์ไลท์ XAD-4 ต่อเข้ากับระบบ FIA โดยมียูวีฟลูออโรเมตริกสเปกโตรโฟโตมิเตอร์เป็นเครื่องตรวจวัดเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีในตัวอย่างน้ำ โดยทำการศึกษาสภาวะต่าง ๆ ที่เหมาะสมเพื่อทำให้การวิเคราะห์ให้ผลการตรวจวัดที่ดีที่สุดผลการศึกษาแสดงดังตาราง 5

ในการศึกษานี้ให้กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานสังกะสีในช่วง 0.10 - 0.90 mg L⁻¹ ได้สมการเส้นตรงดังนี้ $y = 0.394x + 0.2166$ ค่า $R^2 = 0.9979$ วิธีการนี้ให้ความถูกต้องและความแม่นยำในการวิเคราะห์ที่ดี โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ไม่เกิน 5% มีขีดจำกัดในการวิเคราะห์ 0.04 mg L⁻¹ นอกจากนี้ยังนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีในน้ำตัวอย่างพบว่ามีสังกะสีอยู่ในช่วง 0.097-0.414 mg L⁻¹ นำมาเปรียบเทียบการหาปริมาณสังกะสีโดยเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโตรโฟโตเมตรี จะได้ค่า t ในการคำนวณเท่ากับ 2.12 เมื่อเปรียบเทียบค่า t จากตารางที่ระดับความมั่นใจ 95 % (t=2.78) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างผลการวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธี

บรรณานุกรม

1. www.geocities.com/pornsuda_ann/e3.htm - 9k วันที่ค้นข้อมูล 4 กุมภาพันธ์ 2551
2. http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water05.html วันที่ค้นข้อมูล 4 กุมภาพันธ์ 2551
3. http://mulinet6.li.mahidol.ac.th/cd-rom/cd-rom0302t/chapter3/chapter3_water2.htm
วันที่ค้นข้อมูล 8 กุมภาพันธ์ 2551
4. www.panyathai.or.th/wiki/index.php/ทวีปยากรธรรมชาติ - 90k
วันที่ค้นข้อมูล 8 กุมภาพันธ์ 2551
5. <http://www.school.net.th/library/create-web/10000/science/10000-82.html>
วันที่ค้นข้อมูล 10 กุมภาพันธ์ 2551
6. <http://www.deeproduct.com/catalog.php?idp=45> วันที่ค้นข้อมูล 12 กุมภาพันธ์ 2551
7. <http://siammachinery.com.www.readyplanet.net/index.php?lay=show&ac=article&Id=130671> วันที่ค้นข้อมูล 12 กุมภาพันธ์ 2551
8. <http://health.deedeejang.com/news/zinc-mineral.html>
วันที่ค้นข้อมูล 12 กุมภาพันธ์ 2551
9. [http://th.wikipedia.org/wiki/สังกะสี_\(ธาตุ\)](http://th.wikipedia.org/wiki/สังกะสี_(ธาตุ)) - 60k วันที่ค้นข้อมูล 12 กุมภาพันธ์ 2551
10. <http://www.kr.ac.th/ebook/somrak/03.html> วันที่ค้นข้อมูล 12 กุมภาพันธ์ 2551
11. <http://www.mne.eng.psu.ac.th/knowledge/student/Zinc1/8-3.html>
วันที่ค้นข้อมูล 20 กุมภาพันธ์ 2551
12. http://siweb.dss.go.th/dss_doc/fulltext/radio/T82.pdf
วันที่ค้นข้อมูล 20 กุมภาพันธ์ 2551
13. http://www.tistr.or.th/t/publication/page_area_show_bc.asp?i1=48&i2=30
วันที่ค้นข้อมูล 20 กุมภาพันธ์ 2551
14. Hirata S. Yoshihara H. Aihar (1999) Determination of Iron and total Iron in environmental water sample by flow injection analysis with column preconcentration and determination of metal ions in with sample by flame Atomic Absorption Spectrometry. Talanta.
15. <http://library.kmitnb.ac.th/projects/sci/IC/ic0155t.html>

วันที่ค้นข้อมูล 3 มีนาคม 2551

16. P.K Tawari.& A.K Singh. (2001) Synthesis Characterization and application of pyrocatechol modified Amberlite XAD-2 resin for Preconcentration and determination of metal ions in water sample by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Talanta.
17. สายสุนีย์ เหลี้ยวเรืองรัตน์. เอกสารประกอบการประชุมเชิงปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือเรื่อง Flow injection analysis Part 1. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
18. <http://www.flowinstrument.com/mcontents/articlelista.php?Ntype=3>
วันที่ค้นข้อมูล 3 กุมภาพันธ์ 2551
19. http://www.dss.go.th/dssweb/st-articles/files/bla_5_2550_pair_t-test.pdf
20. http://www.ionexchange.com/Pharmaceuticals/bioprocessing_doc/us_english/xad4.pdf วันที่ค้นข้อมูล 9 มีนาคม 2551

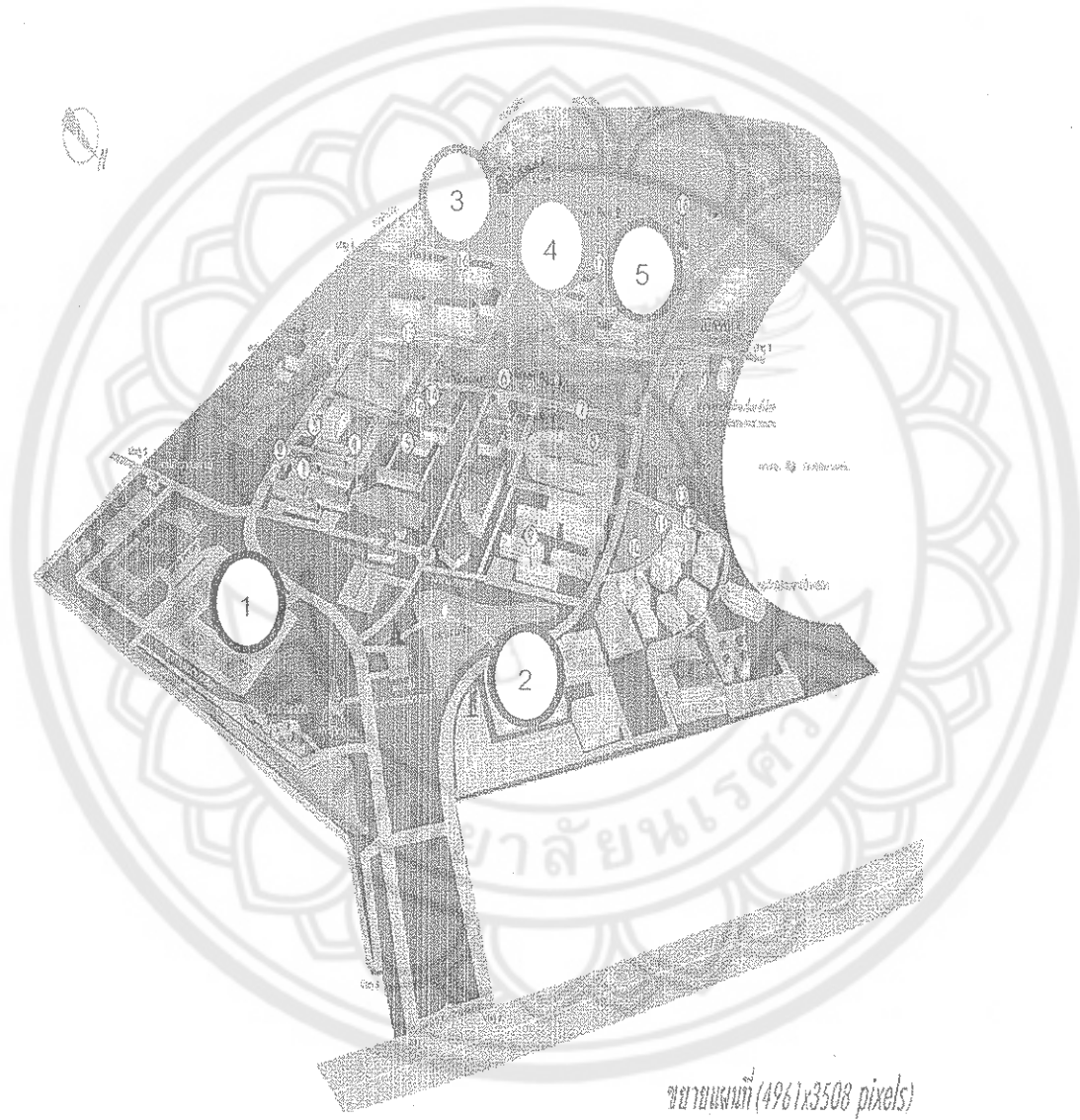




ภาคผนวก ก

สถานที่เก็บน้ำตัวอย่าง

เก็บน้ำตัวอย่างธรรมชาติจากแหล่งน้ำภายในมหาวิทยาลัยนครสวรรค์ โดยเก็บวันที่ 19
กุมภาพันธ์ 2551 ทั้งหมด 5 แหล่ง ดังภาพ 15



ภาพ 15 สถานที่เก็บน้ำตัวอย่างภายในมหาวิทยาลัยนครสวรรค์

สถานที่เก็บน้ำตัวอย่างทั้งหมด 5 แห่งดังนี้

แหล่งที่ 1 คือ ตู้น้ำดื่ม

แหล่งที่ 2 คือ ตู้น้ำดื่มภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

แหล่งที่ 3 คือ ตู้น้ำดื่มโภชนาการ

แหล่งที่ 4 คือ ตู้น้ำดื่มตึกฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

แหล่งที่ 5 คือ ตู้น้ำดื่มตึกคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์



ภาคผนวก ข

การคำนวณหาค่าร้อยละการกลับคืน (%recovery)

สูตรการคำนวณ ค่า % recovery

$$\% \text{ recovery} = \frac{\text{ความเข้มข้นที่วัดได้}}{\text{ความเข้มข้นที่เติมลงไป}} \times 100$$

ตัวอย่างการคำนวณ 5% recovery ของการวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีด้วยวิธี standard addition โดยใช้ตัวอย่างนำมาเติมสารละลายมาตรฐานสังกะสี ที่มีความเข้มข้น 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 mg L⁻¹ ได้ผลการทดลองดังนี้

ตาราง 12 ค่าการดูดกลืนแสงของสังกะสีที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

ความเข้มข้นของสังกะสี (mg L ⁻¹)	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย (n=3)
0	0.244
0.10	0.278
0.30	0.354
0.50	0.428
0.70	0.508
0.90	0.580

จากกราฟมาตรฐาน คือ $y = 0.394x + 0.2166$ (1)

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานสังกะสี 0.10 mg L⁻¹ วัดค่าการดูดกลืนแสงได้เท่ากับ แทนค่าในสมการที่ (1) จะได้

$$0.278 = 0.394x + 0.2166$$

$$x = 0.16 \text{ mg L}^{-1}$$

ดังนั้นความเข้มข้นที่วัดได้คือ 0.16 mg L⁻¹

ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างให้ค่าการดูดกลืนแสงเท่ากับ 0.244 แทนค่าในสมการที่ (1) จะได้

$$0.2440 = 0.394x + 0.2166$$

$$x = 0.07 \text{ mg L}^{-1}$$

ดังนั้นความเข้มข้นที่วัดได้คือ 0.07 mg L^{-1}

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร } \% \text{ recovery} &= \frac{\text{ความเข้มข้นที่วัดได้}}{\text{ความเข้มข้นที่เติมลงไป}} \times 100 \\ &= \frac{(0.16 - 0.07)}{0.10} \times 100 \end{aligned}$$

ดังนั้นจะได้ค่าร้อยละการกลับคืน = 90 %



ภาคผนวก ค

การคำนวณขีดจำกัดในการวิเคราะห์

การคำนวณขีดจำกัดในการวิเคราะห์สามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$S_m = S_{bl} + K \frac{S_{bl}}{m} \quad \dots\dots\dots 1$$

$$C_m = \frac{S_m - S_{bl}}{m} \quad \dots\dots\dots 2$$

เมื่อ S_m = สัญญาณที่ต่ำที่สุดของการวิเคราะห์ที่สังเกตได้

S_{bl} = ค่าเฉลี่ยของสัญญาณของความเข้มข้นที่ใช้วัด

S_{bl} = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

K = 3 (ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%)

m = ความชันของกราฟมาตรฐาน

ตัวอย่างการคำนวณขีดจำกัดของการวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีที่ความเข้มข้น 0.1 mg L^{-1}

จากกราฟมาตรฐาน $y = 0.394x + 0.2166$

ตาราง 13 ค่าต่าง ๆ ที่คำนวณได้

สัญลักษณ์	ค่าที่คำนวณได้
S_{bl}	0.0052
$\frac{S_{bl}}{m}$	0.2264
S_m	0.2420
m	0.3940
C_m	0.0400

$$\begin{aligned} S_m &= S_{bl} + K \frac{S_{bl}}{m} \\ &= 0.2264 + (3) 0.0052 \\ &= 0.242 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_m &= \frac{S_m - S_{bl}}{m} \\ &= \frac{0.242 - 0.2264}{0.394} = 0.0395 \text{ mg L}^{-1} \sim 0.04 \text{ mg L}^{-1} \end{aligned}$$

ภาคผนวก ง

การคำนวณหาอัตราเร็วในการวิเคราะห์(sample throughput)

คำนวณอัตราเร็วในการวิเคราะห์ (sample throughput) ดังนี้

$$\text{Sample/hr} = \frac{3600 \text{ sec}}{t_{\text{base}}} \times \frac{1 \text{ sample}}{1 \text{ hr}}$$

เมื่อ t_{base} คือ ระยะเวลาที่เกิด peak

ตัวอย่างการคำนวณอัตราเร็วในการวิเคราะห์ปริมาณสังกะสี

เวลาที่ใช้ในการเพิ่มความเข้มข้น 180 วินาที

เวลาในการเกิด peak โดยเฉลี่ย 7 วินาที

ดังนั้นระยะเวลารวมคือ 187 วินาที สามารถวิเคราะห์ได้ 1 ตัวอย่าง

นั่นคือภายในเวลา 3600 วินาที จะสามารถวิเคราะห์ได้เท่ากับ $\frac{3600 \times 1}{187 \times 1} = 19$ ตัวอย่าง

ดังนั้นอัตราเร็วในการวิเคราะห์ตัวอย่างเท่ากับ 19 ตัวอย่างต่อ 1 ชั่วโมง

ภาคผนวก จ

การคำนวณการทดสอบแบบที (The student t test)

การทดสอบแบบที (The student t test) มีสูตรดังนี้

$$t = \frac{\bar{D}}{SD} \sqrt{N}$$

เมื่อ D_i = ความแตกต่างของผลการทดลองโดยวิธีวิเคราะห์ทั้งสองต่อสารตัวอย่างแต่ละสาร
(คิดเครื่องหมาย + และ -)

\bar{D} = เป็นค่าเฉลี่ยของ D_i (คิดเครื่องหมาย + และ -)

N = จำนวนสารตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์

ตาราง 14 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของสังกะสีที่ตรวจวัดได้จากเทคนิค FIA และ FAAS

แหล่งน้ำ ตัวอย่าง	ความเข้มข้นของสังกะสี (mg L^{-1})		D_i	\bar{D}	$(D_i - \bar{D})^2$
	เทคนิค FIA	เทคนิค FAAS			
1	0.145	0.129	0.016	0.001	0.000009
2	0.338	0.310	0.028	0.013	0.000169
3	0.414	0.399	0.015	0	0
4	0.097	0.069	0.028	0.013	0.000169
5	0.110	0.121	-0.011	-0.026	0.000676

$$\sum D_i = 0.076$$

$$\sum (D_i - \bar{D})^2 = 0.001$$

$$\bar{D} = \frac{0.076}{5} = 0.015$$

$$SD = \sqrt{\frac{0.0010}{4}} = 0.0158$$

$$t = \frac{0.015}{0.0158} \sqrt{5}$$

$$t = 2.12$$

ตาราง 15 ค่า t ที่ลิมิตความเชื่อมั่นต่าง ๆ²⁴

ระดับชั้น ความเสรี (N-1)	ค่า t ที่ลิมิตความเชื่อมั่นต่าง ๆ					
	50	80	90	95	99	99.8
1	1.00	3.08	6.31	12.7	63.7	318.0
2	0.82	1.89	2.92	4.30	9.92	22.3
3	0.76	1.64	2.35	3.18	5.84	10.2
4	0.74	1.53	2.13	2.78	4.60	7.17
5	0.73	1.48	2.02	2.57	4.03	5.89
6	0.72	1.44	1.94	2.45	3.71	5.21
7	0.71	1.42	1.90	2.36	3.50	4.78
8	0.71	1.40	1.86	2.31	3.36	4.50
9	0.70	1.38	1.83	2.26	3.25	4.30
10	0.70	1.37	1.81	2.23	3.17	4.14
12	0.70	1.36	1.78	2.18	3.06	3.93
15	0.69	1.34	1.75	2.13	2.95	3.73
20	0.69	1.32	1.72	2.09	2.84	3.55
30	0.68	1.31	1.70	2.04	2.75	3.38
60	0.68	1.30	1.67	2.00	2.66	3.23
	0.67	1.29	1.64	1.96	2.58	3.09

จากตารางที่ลิมิตความเชื่อมั่น 95 % และ 99 % สำหรับระดับชั้นความเสรี = 4

พบว่า ค่า t จากตารางที่ลิมิตความเชื่อมั่น 95 % = 2.78

ค่า t จากตารางที่ลิมิตความเชื่อมั่น 99 % = 4.60

พบว่า $t_{cal} < t_{table}$

ดังนั้นจึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างผลการทดลองทั้งสองวิธี