

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การใช้เส้นใยมะพร้าวเพื่อกำจัดโลหะสังกะสี



นาย ธนพล รวยเรืองรุ่ง
นาย สุวิชา เสโล่ห์
นาย อภิสัทธี ชัยวิเศษ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 62028
วัน,เดือน,ปี. 25 ก.ค. 2549

b.....
i.....

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Removal of Zinc Using Coconut Fiber



A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of

Bachelor of Science

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Academic Year 2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการพิเศษ การใช้เส้นใยมะพร้าวเพื่อกำจัดโลหะสังกะสี

นักศึกษา นาย ธนพล รวยเรืองรุ่ง

 นาย สุวิชา เตโลห์

 นาย อภิสัทธี ชัยวิเศษ

ภาควิชา เคมี คณะวิทยาศาสตร์

สาขาวิชา เคมีอุตสาหกรรม-เครื่องมือวิเคราะห์

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ รศ. อรุณี คงศักดิ์ไพศาล	
กรรมการ อ. พรทิพย์ ศัพทอนันต์	
กรรมการ ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ	

(ผศ.ดร. ประยงค์ ดวงดี)

หัวหน้าภาควิชาเคมี

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานพิเศษ	การใช้เส้นใยมะพร้าวเพื่อกำจัดโลหะสังกะสี
นักศึกษา	นายธนพล รวยเรืองรุ่ง นายสุวิชา เสโลห์ นายอภิสิทธิ์ ชัยวิเศษ
ภาควิชา	เคมี คณะวิทยาศาสตร์
สาขาวิชา	เคมีอุตสาหกรรม-เครื่องมือวิเคราะห์
ปีการศึกษา	2547
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้ได้นำเส้นใยมะพร้าวซึ่งเป็นวัสดุธรรมชาติมาทดลองใช้ในการกำจัดโลหะสังกะสีออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ ทำการศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการดูดซับ พบว่าประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะสังกะสีของเส้นใยมะพร้าวมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่า pH ของสารละลาย เส้นใยมะพร้าวสามารถดูดซับโลหะสังกะสีได้ดีที่สุดเมื่อสารละลายมีค่า pH เท่ากับ 5.0 ในการทดลองนี้เมื่อทดลองแปรเปลี่ยนค่าปัจจัยทางกายภาพต่าง ๆ คือระยะเวลาของการสัมผัส ความเร็วรอบของการปั่นกววน และขนาดความยาวของเส้นใยมะพร้าว พบว่าไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการดูดซับ ค่าเฉลี่ยของปริมาณโลหะสังกะสีที่ถูกดูดซับโดยเส้นใยมะพร้าวมีค่าเท่ากับ 1.82 ± 0.05 มิลลิกรัม/กรัม เมื่อทดลองหะเส้นใยมะพร้าวที่ดูดซับโลหะสังกะสีไว้ด้วยกรดซัลฟิวริกที่มีความเข้มข้น 0.10, 0.50, 1.0 โมลาร์ พบว่าโลหะสังกะสีถูกชะออกจากเส้นใยมะพร้าวได้ 3.85 เปอร์เซ็นต์

Special Project Title	The Removal of Zinc Using Coconut Fiber
Name	Mr.Tanapon Ruayruangrung Mr.Suwitcha Seloh Mr.Apisit Chaivises
Department	Chemistry Faculty of Science
Program	Industrial Chemistry - Analytical Instrumentation
Academic Year	2004
Special Project Advisor	Dr.Wiboon Praditweangkum

ABSTRACT

This special project aims to study the removal of zinc from aqueous solution using coconut fiber, low – cost natural material. The parameters that effected to the absorption were investigated. Zinc removal increased with pH, the optimum efficiency begin attained at pH = 5 . The physical factors such as contact time, stirring speed and length of fiber had a little effect to the absorption. The average retention capacity was reported at 1.82 ± 0.05 mg Zn/g coconut fiber. The elution of absorbed fiber by sulfuric acid in the 0.10, 0.50, 1.0 M concentration showed that the leaching of zinc ions from the absorbed fiber was about 3.85 percent.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สามารถลุล่วงไปได้ด้วยดี สืบเนื่องมาจากความช่วยเหลือและความกรุณาของทุก ๆ ท่าน ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ ที่กรุณาติดตามตรวจสอบ ดูแลเอาใจใส่อย่างใกล้ชิด ให้คำปรึกษาตลอดเวลาและติชมผลงานจนสำเร็จในที่สุด ขอขอบคุณคณะกรรมการตรวจสอบโครงการพิเศษ รศ.อรุณี คงศักดิ์ไพศาล และ อาจารย์พรทิพย์ ศัพทอนันต์ ที่ได้ช่วยให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ รวมถึงขอขอบคุณคณาจารย์ภาควิชาเคมี เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมี และเจ้าหน้าที่ธุรการภาควิชาเคมีทุก ๆ ท่านที่ให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านอย่างเต็มที่

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และบุคคลในครอบครัว ที่ให้ความรัก ความเข้าใจ และเป็นกำลังใจให้ตลอดจนสำเร็จการศึกษา รวมทั้งขอขอบใจเพื่อน ๆ ในสาขาเคมีอุตสาหกรรม-เครื่องมือวิเคราะห์ ที่คอยให้กำลังใจ และให้คำปรึกษาที่ดีตลอดการทำโครงการพิเศษฉบับนี้

คณะผู้จัดทำสำนึกในพระคุณของทุกท่าน และถือโอกาสนี้กราบขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความกรุณา ให้กำลังใจ ให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำที่ดี และอดทนกับโครงการพิเศษนี้มาโดยตลอด ขอขอบพระคุณ ณ โอกาสนี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

ธนพล รวยเรืองรุ่ง

สุวิษา เสโลห์

อภิสิทธิ์ ชัยวิเศษ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของ โครงการพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและการดำเนินงานโครงการพิเศษ	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 สังกะสี	3
2.2 เทคนิคการกำจัดโลหะหนัก	4
2.2.1 การทำให้ตกตะกอน	4
2.2.2 การแลกเปลี่ยนไอออน	4
2.2.3 การระเหย	5
2.2.4 การสกัดด้วยตัวทำละลาย	5
2.2.5 อิเล็กโตรไดอะไลซิส	5
2.2.6 รีเวิร์สออสโมซิส	5
2.2.7 ออกซิเดชัน – รีดักชัน	6
2.2.8 การกำจัดโลหะหนักด้วยวิธีการตกผลึก	6
2.2.9 การดูดซับ	6
2.3 การดูดซับ	7
2.3.1 หลักการ	7
2.3.2 กลไกการดูดซับและอัตราการเคลื่อนย้ายโมเลกุล	8
2.3.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดซับ	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.4 ไยมะพร้าว	10
2.4.1 เซลลูโลส	10
2.5 อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี	11
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	14
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	15
3.1 สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	15
3.1.1 สารเคมี	15
3.1.2 อุปกรณ์	15
3.2 การเตรียมเส้นใยมะพร้าว	15
3.3 การเตรียมสารละลายสต็อกสังกะสีเข้มข้น 1,000 ppm	15
3.4 วิธีการทดลอง	16
3.4.1 การศึกษาหาสภาวะความเข้มข้น กรด-ด่าง (pH) ที่เหมาะสม	16
3.4.2 การศึกษาผลของช่วงระยะเวลาสัมพัทธ์	16
3.4.3 การศึกษาผลของความเร็วยอบในการปั่นกวนสารละลาย	17
3.4.4 การศึกษาความเที่ยง (precision)	17
3.4.5 การศึกษาผลของความยาวของเส้นใยมะพร้าว	17
3.4.6 การศึกษาการชะโลหะสังกะสีออกจากเส้นใยมะพร้าว	18
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปราย	19
4.1 การศึกษาหาสภาวะความเป็น กรด-ด่าง (pH) ที่เหมาะสม	19
4.2 การศึกษาผลของช่วงระยะเวลาสัมพัทธ์	21
4.3 การศึกษาผลของความเร็วยอบในการปั่นกวนสารละลาย	22
4.4 การศึกษาความเที่ยง (precision)	24
4.5 การศึกษาผลของความยาวของเส้นใยมะพร้าว	25
4.6 การศึกษาการชะโลหะสังกะสีออกจากเส้นใยมะพร้าว	26
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	27
เอกสารอ้างอิง	28
ภาคผนวก ก	29
ภาคผนวก ข	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 แสดงผลการดูดซับโลหะสังกะสีโดยเส้นใยมะพร้าวจากสารละลายที่มีค่า pH = 5.0	19
4.2 แสดงผลการดูดซับโลหะสังกะสีโดยเส้นใยมะพร้าวจากสารละลายที่มีค่า pH = 4.0	20
4.3 แสดงผลการดูดซับโลหะสังกะสีโดยเส้นใยมะพร้าวจากสารละลายที่มีค่า pH = 2.0	20
4.4 แสดงผลการศึกษาช่วงระยะเวลาสัมพัทธ์	21
4.5 แสดงผลของความเร็วยรอบในการปั่นกวนที่มีต่อการดูดซับโลหะสังกะสี	23
4.6 ผลการศึกษาความเที่ยง (precision)	24
4.7 แสดงผลการศึกษาการชะโลหะสังกะสีออกจากใยมะพร้าวที่ทำการย่อยและไม่ย่อย	25
4.8 แสดงผลการศึกษาการชะโลหะสังกะสีออกจากเส้นใยมะพร้าว	26



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงส่วนประกอบผลมะพร้าว	10
2.2 ลักษณะโครงสร้างของเซลล์โลส	11
2.3 การเปลี่ยนสถานะจากสถานะพื้น ไปสู่สถานะกระตุ้นของอะตอม	12
2.4 การเกิดแตรนซิชั่นจากสถานะพื้น ไปยังสถานะกระตุ้นระดับแรก	12
2.5 แสดงส่วนประกอบของเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์	13
4.1 แสดงผลของค่า pH ของสารละลายที่มีต่อการดูดซับโลหะสังกะสีของเส้นใยมะพร้าว	20
4.2 แสดงผลของช่วงระบบเวลาสัมผัสที่มีต่อค่าการดูดซับโลหะสังกะสีของเส้นใยมะพร้าว	22
4.3 แสดงผลของความเร็วยรอบในการปั่นกววนที่มีต่อประสิทธิภาพการดูดซับสังกะสี	23
4.4 แสดงผลของความยาวของเส้นใยมะพร้าว	25
4.5 แสดงผลการชะโลหะสังกะสีออกจากเส้นใยมะพร้าว	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการพิเศษ

ปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก เพื่อให้เกิดความเจริญก้าวหน้าในทุก ๆ ด้าน จึงได้มีการนำเอาเทคโนโลยีต่าง ๆ มาใช้ การเกิดขึ้นของโรงงานอุตสาหกรรมอย่างมากมานี้ทำให้เกิดปัญหาที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ โดยโรงงานอุตสาหกรรมเป็นตัวการสำคัญที่ปล่อยน้ำทิ้งที่มีการปนเปื้อนออกสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมขึ้นอย่างมากมา โดยเฉพาะปัญหาจากโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม โปรท และสังกะสี เป็นต้น ซึ่งมีแนวโน้มที่จะก่อมลพิษทางสิ่งแวดล้อมเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ โดยโลหะหนักจะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยตรงและบริเวณที่ถูกปนเปื้อน และสามารถเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ทางห่วงโซ่อาหาร จากการศึกษาปริมาณของเสียที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมในประเทศไทยโดยบริษัท Engineering Science ได้คาดการณ์ไว้ใน Hazardous Waste Management Plan (พ.ศ. 2532) ว่าในปี พ.ศ. 2544 จะมีของเสียอันตรายเกิดขึ้นประมาณ 2.8 ล้านตัน ซึ่งหากไม่มีการควบคุมหรือการจัดการที่ดีแล้ว สารพิษเหล่านี้อาจก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่รุนแรงได้ต่อไปอีกในอนาคต

วิธีการบำบัดโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำทิ้งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การตกตะกอนทางเคมี (Chemical Precipitation) การแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange) การออสโมซิสผันกลับ (Reverse Osmosis) และการดูดซับ (Adsorption) เป็นต้น ซึ่งวิธีเหล่านี้สามารถใช้ในการกำจัดโลหะหนักได้ผลดี แต่มีข้อจำกัดคือมีประสิทธิภาพต่ำในการกำจัดโลหะที่มีความเข้มข้นต่ำ และค่าใช้จ่ายสูงในการบำบัด นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดในการนำไปใช้งานที่แตกต่างกัน จึงมีการหาวิธีการใหม่ที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดสูง และมีค่าใช้จ่ายต่ำ ซึ่งการบำบัดด้วยวิธีการดูดซับก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่น่าสนใจเพราะมีค่าใช้จ่ายน้อย ขั้นตอนในการทำไม่ยุ่งยากและให้ผลในการบำบัดที่ดี

งานวิจัยนี้จึงได้นำเส้นใยมะพร้าวมาประยุกต์ใช้ในการดูดซับโลหะสังกะสี เนื่องจากใยมะพร้าวเป็นวัสดุที่สามารถหาง่าย มีราคาถูก และมีความปลอดภัยในการนำมาใช้เป็นตัวกลางในการดูดซับ ซึ่งจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเลือกใช้วัสดุทางธรรมชาติมาทำการบำบัดโลหะหนัก ซึ่งจะนำไปประยุกต์ใช้ในระบบบำบัดน้ำทิ้งในอุตสาหกรรมได้ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการนำวัสดุธรรมชาติที่หาง่าย ราคาถูกมาใช้ในการดูดซับโลหะหนัก
2. เพื่อศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับ โลหะสังกะสีออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ โดยใช้เส้นใยมะพร้าวเป็นตัวกลางในการดูดซับ

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1. ทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับ โลหะสังกะสีโดยใช้เส้นใยมะพร้าว โดยศึกษาถึงปัจจัยที่อาจจะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการดูดซับ คือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารละลาย เวลาที่ใช้ในการสัมผัสกับความเร็วยรอบในการปั่นกวนให้สัมพันธ์กัน
2. ทำการวิเคราะห์หาปริมาณ โลหะสังกะสีในการทดลองด้วยวิธีอะตอมมิกแอบซอร์พชัน-สเปกโตรโฟโตเมตรี (Atomic Absorption Spectrophotometry : AAS)

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและการดำเนินงานโครงการพิเศษ

1. ศึกษาและค้นคว้าข้อมูล
2. จัดเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีและออกแบบการทดลอง
3. ทำการทดลองศึกษาความสามารถของเส้นใยมะพร้าวในการดูดซับ โลหะสังกะสีออกจากน้ำเสียสังเคราะห์
4. รวบรวมผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง
5. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงความเป็นไปได้ที่จะนำวัสดุจากธรรมชาติซึ่งหาง่าย ราคาถูกมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ ซึ่งจะทำให้เป็นการลดปริมาณของเสียที่จะออกสู่สิ่งแวดล้อมได้
2. ทำให้ทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมในการใช้เส้นใยมะพร้าวเพื่อดูดซับ โลหะสังกะสี และสามารถนำแนวคิดที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับน้ำเสียที่มีโลหะต่างชนิดกันได้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 สังกะสี [1]

สังกะสีจัดเป็นโลหะหนักตัวหนึ่ง ซึ่งโดยนิยามแล้วโลหะหนัก หมายถึง โลหะที่มีความหนาแน่นมากกว่า 5 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เช่น ตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี ทองแดง นิกเกิล เป็นต้น โดยทั่วไปโลหะหนักมีลักษณะเป็นของแข็ง ยกเว้นปรอทที่มีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิปกติ โลหะหนักส่วนใหญ่มีสมบัติทางกายภาพคล้ายคลึงกัน ได้แก่ มีความสามารถในการนำไฟฟ้าและความร้อนได้ดี มีความมันวาว และสามารถนำมาตีเป็นแผ่นบาง ๆ ได้ ส่วนสมบัติทางด้านเคมีที่สำคัญ คือ สามารถที่จะรวมตัวกับสารอื่น เป็นสารประกอบเชิงซ้อนได้หลายรูปที่เสถียรกว่าโลหะอิสระ

โลหะหนักสามารถจัดแบ่งโดยอาศัยแนวโน้มความเป็นพิษต่อสภาวะแวดล้อมได้เป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มโลหะที่มีแนวโน้มความเป็นพิษต่อสภาวะแวดล้อมสูงมาก ได้แก่ As , Au , Cd , Cu , Cr , Hg , Pb , Sn , Te, และ Zn และกลุ่มที่มีความเป็นพิษต่อสภาวะแวดล้อมที่รองลงมาได้แก่ Ba , Bi , Fe , Mo , Ti , U

ความเป็นพิษของโลหะเหล่านี้ เป็นผลเนื่องจากมนุษย์ได้รับสารเหล่านี้ในปริมาณที่ต่าง ๆ กัน แล้วก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายนั่นเอง แหล่งที่มาของโลหะเหล่านี้คือ จากกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งสามารถปนเปื้อนมากับน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม จากนั้นจึงเกิดการปนเปื้อนเข้าสู่สิ่งแวดล้อมในดิน น้ำ อากาศ และผลผลิตทางการเกษตร เข้าสู่ร่างกายมนุษย์ และมีผลกระทบต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมของเซลล์สิ่งมีชีวิต

สังกะสีเป็นโลหะหนักที่มีน้ำหนักอะตอมเท่ากับ 65.39 เป็นสมาชิกของธาตุในหมู่ (II) B ในตารางธาตุ มีวาเลนซ์เท่ากับ 2 สังกะสีเป็นส่วนประกอบของ metalloenzymes ที่สำคัญต่อสัตว์ทุกชนิดและสัตว์มีปีก มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโต การเติบโตของกระดูก เสริมสร้างคอลลาเจนของร่างกาย เกี่ยวข้องกับการผลิตขน การหายของแผล ตลอดจนการสืบพันธุ์ สังกะสีละลายได้ดีในกรดและด่าง แต่ไม่ละลายน้ำ สาเหตุของการเป็นพิษ ได้แก่ อาหารที่เสริมด้วยสังกะสีที่มีขนาดสูงเกินกว่าขนาดที่แนะนำอาจทำให้สัตว์เกิดเป็นพิษได้ หรือสัตว์ได้รับธาตุนี้จากสิ่งของที่มีสังกะสีเป็นส่วนผสม เช่น ท่อน้ำ สายไฟ หรือจาก fungicides หรือยาที่มีสังกะสีเป็นส่วนประกอบ เช่น ซิงค์ออกไซด์ (Zinc Oxide) กลไกการเกิดพิษ (Toxicokinetics) คือ การดูดซึมประมาณ 25% ของสังกะสีที่สัตว์ได้รับมีการดูดซึมในส่วน duodenum และลำไส้เล็กโดยผ่าน carriermediated mechanism การสะสมของสังกะสีส่วนที่มีการดูดซึมจะรวมตัวอยู่กับ plasma albumin และ b₂macrogobulin แล้วก็

มีการสะสมอยู่ในตับ ไต กล้ามเนื้อ ตับอ่อน และ prostate ซึ่งก่อให้เกิดการสร้าง metallothionein เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในเซลล์ของอวัยวะดังกล่าว ในด้านการขับถ่าย พบว่าสังกะสีมีการขับถ่ายทางปัสสาวะ น้ำลาย ลำไส้และน้ำดี ในปริมาณที่ค่อนข้างจำกัด ความเป็นพิษระดับ median lethal dose ของเกลือสังกะสี = 100 mg/kg ถ้าในอาหารมีสังกะสีสูงเกินกว่า 2000 ppm มีผลทำให้สัตว์เป็นพิษเรื้อรังได้

2.2 เทคนิคการกำจัดโลหะหนัก [2]

เทคนิคการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียมักจะใช้กระบวนการทางเคมี คือต้องการกำจัดหรือแยกสารต่าง ๆ ที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย โดยอาศัยสารเคมีที่ต้องเติมลงไป เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่ทำให้เกิดการแยกสารปนเปื้อนออกจากน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยกระบวนการทางเคมีในปัจจุบันมักมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับสภาพน้ำเสียให้เหมาะสม เช่น ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ปรับสภาพสารที่สามารถละลายอยู่ในน้ำได้ ให้กลายเป็นสารที่ไม่ละลายน้ำและปรับสภาพตะกอนให้มีการสร้างและรวมตะกอนที่มีขนาดเล็กให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อให้สามารถตกตะกอนได้ง่าย เป็นต้น ซึ่งเทคนิคการกำจัดโลหะหนักที่มีการพัฒนาให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมได้ จำแนกได้ดังนี้

2.2.1 การทำให้ตกตะกอน (Precipitation)

วิธีนี้เป็นการเติมสารเคมีที่มีอนุมูลไอออนตรงข้ามกับไอออนของโลหะหนัก ซึ่งได้แก่สารจำพวกไอออนลบต่าง ๆ เช่นคาร์บอเนตไอออน (CO_3^{2-}) ไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) เป็นต้น ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับโลหะหนักที่อยู่ในน้ำแล้วทำให้เกิดการตกตะกอนแยกโลหะหนักออกจากน้ำได้ เช่น ตกตะกอนในรูปเฟอร์รัสไฮดรอกไซด์ เฟอร์สคาร์บอเนต เป็นต้น

การตกตะกอนส่วนใหญ่จะใช้สารละลายเบส เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือแคลเซียมไฮดรอกไซด์ เป็นต้น เป็นตัวตกตะกอนโลหะหนัก ทั้งนี้เนื่องจากโลหะหนักส่วนใหญ่จะตกตะกอนไฮดรอกไซด์ได้ในพีเอชที่เป็นเบส เช่นเหล็กตกตะกอนไฮดรอกไซด์ได้ดีในพีเอช 6-8 แคลเซียมตกตะกอนไฮดรอกไซด์ได้ในพีเอช 9.5-12.5 และตะกั่วตกตะกอนไฮดรอกไซด์ได้ดีในพีเอช 9.2-9.5 ดังนั้นในการตกตะกอนโลหะหนักแต่ละชนิด จะต้องคำนึงถึงพีเอชที่เหมาะสมในการตกตะกอนของโลหะหนักแต่ละชนิดในน้ำเสีย

2.2.2 การแลกเปลี่ยนไอออน (Ion exchange)

วิธีนี้จะอาศัยอนุภาคที่ยึดจับ ไอออนของโลหะหนักเพื่อแลกเปลี่ยน ไอออนที่จับอยู่บนผิวอนุภาค อนุภาคนี้อีกเรียกว่าเรซิน ซึ่งมีทั้งชนิดแคทไอออน (Cation exchange resin) และแอนไอออน (Anion exchange resin) การใช้วิธีแลกเปลี่ยนไอออนนี้ในการกำจัดโลหะหนักจะใช้เรซินชนิดแคทไอออน โดยส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปโซเดียมเรซิน หรือไฮโดรเจนเรซิน เป็นต้น เรซินที่ใช้เป็นพวก Insoluble organic acid ในรูปของซัลโฟนิค หรือ คาร์บอกซิลิกแอซิด วิธีการนี้เหมาะสมเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการกำจัดโลหะหนักที่มีปริมาณน้อย เนื่องจากเรซินมีความเฉพาะเจาะจง แต่จะให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสูง แต่ข้อเสียของวิธีนี้คือ ถ้ามีสารปนเปื้อนชนิดอื่นอยู่ด้วยจะต้องกำจัดออกก่อนที่จะผ่านเข้าเรซินเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด และจะต้องมีการล้างเรซินด้วยกรด เพื่อนำเรซินกลับมาใช้ใหม่ได้

2.2.3 การระเหย (Evaporation)

เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดโดยใช้วิธีระเหยออกจากน้ำเสีย เพื่อให้มีความเข้มข้นของโลหะหนักมากขึ้น เหมาะกับกรณีที่มีโลหะหนักอยู่ปริมาณมาก แต่ค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง ในการกำจัดนิยมใช้วิธีลดความดันเพื่อให้เกิดการระเหยของน้ำที่อุณหภูมิต่ำ

2.2.4 การสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent extraction)

เป็นวิธีการแยกโลหะหนักออกจากสารละลาย โดยการเติมตัวทำละลายที่สามารถละลายโลหะหนักได้ดีกว่าน้ำ เพื่อแยกโลหะหนักออกมา แต่พบว่าตัวทำละลายที่มีราคาค่อนข้างแพง จึงไม่นิยมใช้

2.2.5 อิเล็กโทรไดอะไลซิส (Electrodialysis)

วิธีนี้จะอาศัยกระแสไฟฟ้าในการแยกไอออนโลหะหนักออกจากสารละลายโดยจะให้อิออนโลหะหนักเคลื่อนผ่าน (Permeable membrane) ซึ่งเป็นเยื่อบางๆที่ยอมให้อิออนผ่านได้เพื่อให้ไอออนโลหะหนักเหล่านี้ไปเกาะที่ขั้วไฟฟ้าเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ (Redox reaction) แยกโลหะหนักออกจากน้ำเสียได้ วิธีนี้ค่อนข้างนิยมใช้ในกรณีที่มีปริมาณโลหะหนักน้อยชนิดในสารละลายและมีค่าศักย์ไฟฟ้าแตกต่างกัน แต่วิธีนี้ค่อนข้างมีค่าใช้จ่ายสูงเนื่องจากต้องอาศัยกระแสไฟฟ้าในการแยกโลหะหนัก

2.2.6 รีเวิร์สออสโมซิส (Reverseosmosis)

วิธีนี้คล้ายกับอิเล็กโทรไดอะไลซิสที่จะต้องผ่านเมมเบรน แต่วิธีนี้จะต้องใช้การอัดความดันสูงผ่านเซมิ-เพอมีเอเบิล เมมเบรน (Semi-Permeable Membrane) แทนอาศัยกระแสไฟฟ้าโดยเยื่อบาง ๆ นี้จะยอมให้อิออนบางชนิดเท่านั้นที่แพร่ผ่านไปได้และจะต้องใช้ความดันสูงมาก ซึ่งอาจจะสูงกว่า 100 บรรยากาศ นอกจากนี้เยื่อบาง ๆ ที่ใช้จะต้องมีคุณสมบัติในการทนต่อกรด-ด่าง ทนต่อความดัน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.7 ออกซิเดชัน – รีดักชัน (Oxidation – reduction)

เป็นวิธีการกำจัดที่มีการเติมสารเคมีบางชนิดลงไป เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือรีดักชันก่อน แล้วจึงนำไปกำจัดด้วยวิธีอื่น เช่น วิธีการทำให้ตกตะกอน วิธีการนี้จะเปลี่ยนรูปของโลหะหนักที่อยู่ในรูปที่เป็นพิษ หรือรูปที่ตกตะกอนได้ยากให้กลายเป็นรูปที่ไม่เป็นพิษหรือตกตะกอนได้ง่ายขึ้น เช่น ออกซิเดชันเหล็กเฟอร์รัสไปเป็นเหล็กเฟอร์ริก เพื่อลดความเป็นพิษลง และให้เกิดการตกตะกอนได้ง่ายขึ้น หรือรีดักชันเฮกซะโครเมียม (Cr^{6+}) ไปเป็นไตรโครเมียม (Cr^{3+}) เพื่อลดความเป็นพิษให้น้อยลง สารเคมีที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ได้แก่ อากาศ โอโซน โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต โซเดียมไฮโปคลอไรต์ เป็นต้น และสารเคมีที่ทำให้เกิดปฏิกิริยารีดักชัน เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เฟอร์รัสซัลเฟต เป็นต้น

วิธีการออกซิเดชัน – รีดักชัน และการทำให้ตกตะกอนเป็นวิธีที่จะใช้ควบคู่กันได้ใน การกำจัดโลหะหนักในน้ำเสีย โดยทั้ง 2 วิธีนี้ เป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกแต่จะมีข้อเสียในการตกตะกอนที่ จะต้องคำนึงถึงสถานะที่เหมาะสม โดยเฉพาะพีเอช การเลือกใช้สารเคมีที่ใช้ในการออกซิเดชัน – รีดักชัน จำเป็นอย่างยิ่งในแง่ความเหมาะสมและค่าใช้จ่าย นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงปริมาณที่ เหลืออยู่ในน้ำเสียดังกล่าวว่าจะมีปัญหาในการกำจัดต่อไปหรือไม่

2.2.8 การกำจัดโลหะหนักด้วยวิธีการตกผลึก

โลหะหนักที่พบในน้ำเสียและเป็นปัญหามักอยู่ในรูปของสารละลาย ทำให้ไม่สามารถ บำบัดออกจากน้ำได้ด้วยวิธีตกตะกอนหรือกรองเพียงลำพัง การกำจัดโลหะหนักจำเป็นต้องให้เกิด การตกผลึกของแข็ง (Precipitation) เสียก่อน จากนั้นจึงทำให้ผลึกของแข็ง (มักเป็นคอลลอยด์) รวมกันเป็นกลุ่มก้อนหรือฟล็อก เพื่อให้สามารถแยกออกจากน้ำได้โดยวิธีตกตะกอนและวิธีกรอง ดังนั้น จึงเห็นได้ว่าการกำจัด โลหะหนักต้องใช้วิธีตกผลึก ร่วมกับวิธี โคแอกกูเลชันและตามด้วยวิธี ตกตะกอนและวิธีกรอง

โลหะหนัก เช่น สังกะสี ทองแดง ตะกั่ว และแคดเมียม เป็นต้น ที่ละลายอยู่ในน้ำเสียมักทำ ให้ตกผลึกได้โดยการเพิ่มพีเอช ดังนั้นการเติมปูนขาวให้กับน้ำเสียจนมีพีเอชขึ้นถึงระดับที่เหมาะสม จะทำให้โลหะหนักตกผลึกได้จากนั้นจึงทำให้ผลึกของแข็งรวมตัวกันกลายเป็นฟล็อกด้วย กระบวนการโคแอกกูชัน แล้วจึงแยกฟล็อกออกจากน้ำด้วยถังตกตะกอน

2.2.9 การดูดซับ (Adsorption)

วิธีการนี้เป็นกระบวนการในการกำจัดสารที่มีขนาดเล็กจนถึงระดับ โมเลกุล โดยสารที่ใช้ใน การดูดซับมักจะเป็นถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) พวกถ่านที่ใช้กันมี 2 ลักษณะ คือ แบบ คาร์บอนชนิดเม็ด (Granular Carbon) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 0.1 มิลลิเมตรและแบบ คาร์บอนชนิดผง (Powder Carbon) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 200 เมช ซึ่งทำจากเมล็ด อกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของอัลมอนต์ เปลือกถั่ว กะลามะพร้าว ไม้อื่น ๆ หรือถ่านทั่วไป โดยถูกนำมาเผาที่อุณหภูมิสูง เพื่อให้ได้พื้นที่ของคาร์บอนมาก ๆ โดยทั่วไปถ่านกัมมันต์ที่นำมาใช้มีขนาดพื้นที่ผิวตั้งแต่ 500-1500 ตารางเมตรต่อกรัม โดยถ่านกัมมันต์นี้จะมีความสามารถในการดูดซับไอออนของโลหะได้

2.3 การดูดซับ (Adsorption) [3]

2.3.1 หลักการ

การดูดซับเป็นปรากฏการณ์ที่สำคัญของกระบวนการทางกายภาพ ชีวภาพ และเคมี การดูดซับได้ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในการบำบัดทั้งน้ำดีและน้ำเสีย การดูดซับเป็นความสามารถของสารในการดึงโมเลกุลหรือคอลลอยด์ที่อยู่ในของเหลวหรือแก๊สให้มาจับและติดที่ผิวของมันซึ่งปรากฏการณ์เคลื่อนย้ายสารจากของเหลวหรือแก๊สมายังผิวของแข็งเป็นส่วนที่สำคัญของกระบวนการนี้ โดยโมเลกุลหรือคอลลอยด์ที่เคลื่อนย้ายมาเรียกว่า ตัวถูกดูดซับ (Adsorbate) ส่วนของแข็งที่มีผิวเป็นที่เกาะจับของตัวถูกดูดซับ เรียกว่า ตัวดูดซับ (Adsorbent)

การดูดซับมีความสามารถในการกำจัดสิ่งเจือปนในน้ำเสียที่เป็นทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์โดยอาศัยกลไกทางกายภาพเคมี สารที่สามารถใช้กระบวนการดูดซับในการกำจัดได้มีหลายชนิด เช่น สี กลิ่น บีโอดี ยาฆ่าแมลง เป็นต้น การดูดซับเป็นกระบวนการที่ง่ายต่อการควบคุม มีประสิทธิภาพดี และระบบมีความทนทานต่อสารพิษ ซึ่งมีผลกระทบอย่างมากต่อระบบชีวภาพ นอกจากนี้ยังมีข้อดีเมื่อเปรียบเทียบกับระบบชีวภาพ คือต้องการพื้นที่น้อย ไม่มีกลิ่นที่น่ารังเกียจ

การดูดซับที่สำคัญมี 2 แบบ คือ การดูดซับทางกายภาพ (Physisorption) และการดูดซับทางเคมี (Chemisorption) การดูดซับทั้ง 2 แบบนี้เกิดขึ้นเมื่อ โมเลกุล ในของเหลวเข้าใกล้ และยึดติดกับผิวของของแข็ง ซึ่งเป็นผลมาจากแรงดึงดูดที่ผิวของของแข็งสามารถเอาชนะพลังงานจลน์ของโมเลกุลของสารที่อยู่ในของเหลวได้

การดูดซับทางกายภาพเป็นผลมาจากปฏิกิริยาของแรงวันเดอร์วาล์ว ซึ่งเกิดจากการรวมกันของแรง 2 ชนิด คือ แรงกระจาย (London Dispersion Force) และแรงไฟฟ้าสถิตย์ (Electrostatic Force) โมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับจะถูกยึดติดแบบกายภาพกับ โมเลกุลของสารดูดซับ การดูดซับแบบนี้เป็นแบบหลายชั้น ซึ่งแต่ละชั้นของ โมเลกุลจะอยู่บนชั้น โมเลกุลของสารก่อนหน้านี้ จำนวนชั้นของ โมเลกุลจะมากขึ้นตามความเข้มข้นที่สูงขึ้นของตัวถูกละลายในสารละลาย การดูดซับแบบกายภาพทั่วไปจะเกิดที่อุณหภูมิต่ำซึ่งการดูดซับมีพลังงานต่ำ การย้อนกลับของกระบวนการดูดซับทางกายภาพขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของแรงดูดซับระหว่างสารดูดซับและสารถูกดูดซับ ถ้าแรงมีค่าน้อยการหลุดออกของสารดูดซับสามารถเกิดขึ้นได้

การดูดซับทางเคมีเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างสารดูดซับและสารถูกดูดซับ เกิดเป็นสารประกอบเคมีซึ่งแตกต่างจากการดูดซับทางกายภาพ กระบวนการนี้จะมีความหนาของโมเลกุลเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพียงชั้นเดียว (Monolayer) และไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาผันกลับเองได้ (Irreversible) ส่วนการดูดซับทางกายภาพที่สามารถผันกลับเองได้ (Reversible) เนื่องจากมีการจับตัวทางเคมีสร้างสารประกอบใหม่ที่ผิวของสารดูดซับ การดูดซับทางเคมีจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูงเนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมีจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูงมากกว่าอุณหภูมิต่ำ ความแข็งแรงของแรงดึงดูดสามารถวัดได้จากผลต่างจากความร้อนที่เกิดขึ้นจากการดูดซับทางกายภาพจะให้พลังงานต่ำโดยทั่วไปประมาณ 2-10 กิโลแคลอรีต่อโมล ส่วนการดูดซับทางเคมีจะให้พลังงานสูงโดยประมาณ 15-50 กิโลแคลอรีต่อโมล

สารที่มีความสามารถในการดูดซับมีหลายชนิด อาจแบ่งได้เป็น 3 ประเภท

1. ประเภทสารอนินทรีย์ เช่น ดินเหนียวชนิดต่าง ๆ , แมกนีเซียมออกไซด์ และ แอคติเวตเตด ซิลิกา สารธรรมชาติมักมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูงมาก อย่างไรก็ตามมีข้อเสีย คือ จับโมเลกุลหรือคอลลอยด์ได้เพียงไม่กี่ชนิด ทำให้การใช้ประโยชน์จากสารดูดซับประเภทสารอนินทรีย์มีขีดจำกัดมาก
2. ถ่านกัมมันต์เป็นสารดูดซับที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 600-1000 ตารางเมตรต่อกรัม
3. ประเภทสารอินทรีย์สังเคราะห์ ได้แก่สารแลกเปลี่ยนไอออนชนิดพิเศษที่สังเคราะห์ขึ้นเพื่อกำจัดสารอินทรีย์ต่าง ๆ สารเรซินเหล่านี้มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 300-500 ตารางเมตรต่อกรัม

2.3.2 กลไกการดูดซับและอัตราการเคลื่อนย้ายโมเลกุล (Rate of Molecule Transfer)

กลไกการดูดซับแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การแพร่ภายนอก (External Diffusion) การแพร่ภายนอกเป็นกลไกที่มีโมเลกุลของตัวถูกละลายเข้าถึงตัวดูดซับ ซึ่งพื้นที่ผิวของสารดูดซับมีแหล่งของเหลวห่อหุ้มโดยโมเลกุลแทรกผ่านชั้นของเหลวเข้าถึงผิวหน้าของสารดูดซับ
2. การแพร่ผ่านภายใน (Internal Effusion) เป็นกลไกซึ่งโมเลกุลของตัวถูกละลายแทรกตัวเข้าถึงช่องว่างสารดูดซับ เพื่อให้เกิดการดูดซับ
3. ปฏิกิริยาพื้นผิว (Surface Reaction) ปฏิกิริยาพื้นผิวเป็นกลไกซึ่งโมเลกุลของตัวถูกละลายดูดซับที่ผิวของสารดูดซับซึ่งเป็นกระบวนการที่รวดเร็วมาก เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการแพร่ ดังนั้นควรคำนึงถึงความต้านทานจากปฏิกิริยาพื้นผิวด้วย

2.3.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดซับ

2.3.3.1 ขนาดและพื้นที่ผิวของการดูดซับ (Size and Surface Area)

มีความสัมพันธ์โดยตรงกับพื้นที่ผิวจำเพาะ อัตราการดูดซับเป็นสัดส่วนผกผันกับขนาดของสารดูดซับ และพื้นที่ผิวของสารดูดซับมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการดูดซับ (Adsorption Capacity) อัตราการดูดซับจะเป็นสัดส่วนผกผันกับเส้นผ่านศูนย์กลางในการดูดซับเมื่อสารดูดซับนั้น ไม่มีรูพรุน แต่สำหรับสารดูดซับที่มีรูพรุน อัตราการเคลื่อนที่เข้าสู่สารภายในรูพรุนถูกควบคุมโดยความต้านทานภายนอกที่เรียกว่าการขนส่งชั้นฟิล์ม (Film Transport) ดังนั้นอัตราการดูดซับจะเป็นสัดส่วนกับเส้นผ่านศูนย์กลางของสารดูดซับ

2.3.3.2 ลักษณะของสารดูดซับ (Nature of Adsorption)

สิ่งที่สำคัญในการดูดซับตัวถูกละลายจากสารละลายอย่างหนึ่งคือ ความสามารถในการละลายน้ำของตัวถูกละลาย การดูดซับจะเพิ่มขึ้นเมื่อความสามารถในการละลายน้ำของตัวถูกละลายมีค่าลดลง เนื่องจากในการดูดซับตัวถูกละลายจะต้องถูกแยกออกจากตัวทำละลาย นอกจากนี้ขนาดของโมเลกุลของตัวถูกละลายยังมีผลต่ออัตราการดูดซับด้วย เนื่องจากอัตราการเคลื่อนที่ภายในโพรงเป็นอัตราที่ควบคุมอัตราการดูดซับ ขนาดของโมเลกุลของตัวถูกละลายจะแปรผกผันกับอัตราการดูดซับ

2.3.3.3 อัตราการเร่งปั่นกววน (Mixing Speed)

อัตราเร็วในการดูดซับขึ้นอยู่กับกระบวนการขนส่งโมเลกุลของระบบ ซึ่งจัดว่าเป็นขั้นตอนที่จำกัดอัตราเร็วของการดูดซับ ขั้นตอนนี้ประกอบด้วย การแพร่ผ่านฟิล์ม (Film Diffusion) และการแพร่เข้าสู่โพรง (Pore Diffusion) ซึ่งแล้วแต่การปั่นกววนของระบบ ถ้าน้ำมีการปั่นกววนต่ำ ฟิล์มน้ำซึ่งล้อมรอบด้วยสารดูดซับจะมีความหนามาก และเป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ของโมเลกุลเข้าไปหาสารดูดซับ ทำให้การแพร่ผ่านฟิล์มเป็นตัวกำหนดอัตราเร็วของการดูดซับ ในทางตรงกันข้าม ถ้าน้ำมีการปั่นกววนสูงทำให้ความหนาของชั้นฟิล์มลดลงทำให้โมเลกุลเคลื่อนที่เข้าหาสารดูดซับได้เร็ว ดังนั้นการแพร่เข้าสู่โพรงจะเป็นปัจจัยกำหนดอัตราเร็วของสารดูดซับ

2.3.3.4 เวลาสัมผัส (Contact Time)

เวลาสัมผัสเป็นพารามิเตอร์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการดูดซับ ในการบำบัดน้ำเสีย ระยะเวลาสัมผัสที่ใช้จะต้องเหมาะสมที่จะทำให้เกิดประสิทธิภาพในการกำจัดคิที่สุด ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของสารดูดซับและสารถูกดูดซับ ซึ่งระยะเวลาที่เหมาะสมต้องทำการศึกษาในระดับปฏิบัติการก่อนที่จะนำไปประยุกต์จริง

2.3.3.5 ค่าพีเอช (pH)

ค่าพีเอชของสารละลายเป็นปัจจัยที่สำคัญของการดูดซับ เนื่องจากไฮโดรเจนไอออนและไฮดรอกซิลไอออนสามารถดูดติดผิวได้อย่างแข็งแรง ค่าพีเอชมีผลต่อการแตกตัวของไอออนและการละลายน้ำของสารต่างๆ ดังนั้นจึงมีผลกระทบต่อ การดูดซับ

2.4 ไยมะพร้าว [4]

มะพร้าวเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวตระกูลปาล์มชนิดหนึ่งมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cocos nucifera* Linn. มีแหล่งกำเนิดอยู่บริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ในแถบบริเวณตั้งแต่แหลมมลายูไปจนถึงนิวกินีในประเทศไทยนิยมปลูกมะพร้าวกันทุกภาคโดยเฉพาะในภาคใต้มีพื้นที่ปลูกมะพร้าวมากกว่าทุกภาคคิดเป็นครึ่งหนึ่งของพื้นที่ปลูกมะพร้าวทั่วประเทศ ซึ่งผลมะพร้าวที่แก่จัดเรานำเนื้อมะพร้าวไปใช้ประโยชน์แล้วก็จะเหลือส่วนไม่ได้ใช้ประโยชน์ที่ทิ้งมากมายโดยส่วนประกอบของมะพร้าวแสดงดังรูปที่ 2.1 และกาบมะพร้าวก็เป็นวัสดุเหลือทิ้งเช่นเดียวกันนอกจากจะนำมาใช้ประโยชน์ในการทำเป็นวัสดุในการปลูกต้นไม้ทางการเกษตรทำปุ๋ยโดยผสมกับดินเอาเส้นใยไปทำฟูกหรือที่นอนแล้วก็ยังมีการวิจัยในการนำกาบมะพร้าวมาใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่า



รูปที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบผลมะพร้าว

2.4.1 เซลลูโลส (Cellulose)

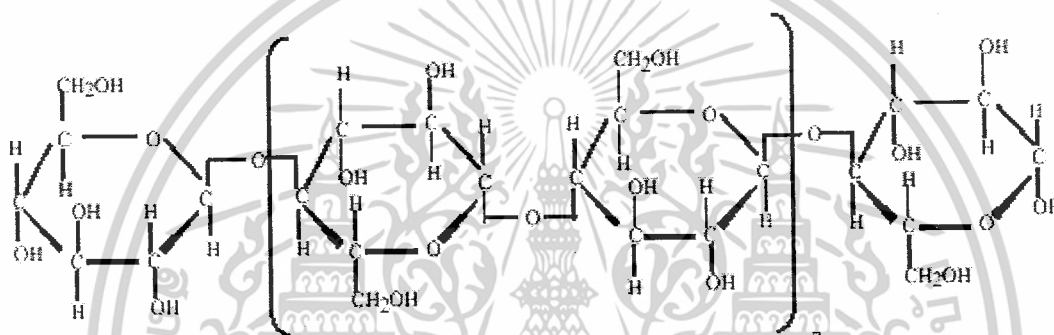
เซลลูโลสเป็น โพลีแซคคาไรด์เป็นสารที่มีมากที่สุดในธรรมชาติเพราะเป็นส่วนประกอบประมาณ 1 ใน 3 ของส่วนประกอบของพืชทั้งหมดโดยทำหน้าที่เป็นโครงสร้างให้กับผนังเซลล์ของพืชเช่นเนื้อไม้จะมีเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบประมาณ 50 % นอกจากนั้นยังเกิดในรูปของเส้นใยเช่นฝ้ายจัดว่าเป็นเซลลูโลสบริสุทธิ์

โครงสร้างของเซลลูโลสจะประกอบด้วย โมเลกุลของ D-glucose ซึ่งจะเชื่อมกันด้วยพันธะ B - glucoside และความยาวของโซ่จะประกอบด้วย D-glucose ตั้งแต่ 300 – 2500 หน่วยซึ่งถ้า

ไฮโดรไลสเซลลูโลสเพียงบางส่วนจะได้เซลล์ไบโอสแต่ถ้าไฮโดรไลสเต็มที่จะได้ D-glucose เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของเซลลูโลสคือไม่ละลายน้ำไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์หรือในสารละลายต่างอ่อน แต่สามารถละลายได้ดีในกรดหรือด่างแก่จึงสามารถแบ่งชนิดของเซลลูโลสตามลักษณะการละลายในกรดและในด่างได้เป็น 3 ชนิด

1. แอลฟา-เซลลูโลส เป็นเซลลูโลสที่ไม่ละลายในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5%
2. เบต้า-เซลลูโลส เป็นเซลลูโลสที่สามารถละลายได้ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5%
3. แกมมา-เซลลูโลส เป็นเซลลูโลสที่สามารถละลายได้ดีทั้งในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5% และสามารถละลายได้ดีในกรดเจือจาง



รูปที่ 2.2 ลักษณะ โครงสร้างของเซลลูโลส

2.5 อะตอมมิคแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี (Atomic Absorption Spectroscopy, AAS) [5]

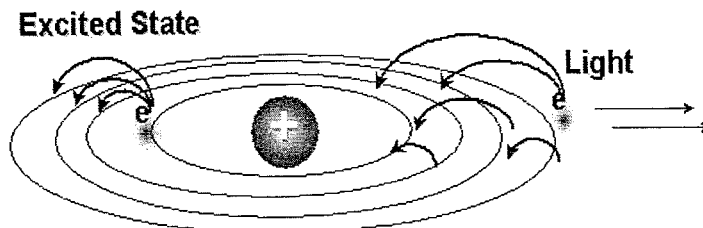
หลักการของอะตอมมิคแอบซอร์พชัน (Principles of Atomic Absorption)

อะตอมมิคแอบซอร์พชันเป็นกระบวนการที่เกิดจากอะตอมเสรีของธาตุดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นอันหนึ่งโดยเฉพาะ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุ ธาตุแต่ละชนิดจะมีระดับของพลังงานแตกต่างกัน จึงมีการดูดกลืนพลังงานแตกต่างกัน เช่น อะตอมของโซเดียมจะดูดกลืนแสงได้ดีที่มีความยาวคลื่น 589 nm เพราะแสงที่มีความยาวคลื่นนี้เป็นแสงที่มีพลังงานพอดีที่จะทำให้อิเล็กตรอนของโซเดียมอะตอมเกิดการเปลี่ยนสถานะจากสถานะพื้นไปสู่สถานะกระตุ้น ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งจะเห็นว่าความยาวคลื่นเหล่านี้จัดเป็น spectroscopic line ของอะตอมมิคสเปกตรัม ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวของธาตุแต่ละชนิด

ในการทำให้อะตอมของธาตุในสารประกอบเกิดเป็นอะตอมเสรีได้นั้น ต้องมีการดูดกลืนพลังงานเข้าไป ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปต่าง ๆ กัน เช่น พลังงานความร้อนจากเปลวไฟ หรือความร้อนจากไฟฟ้า เป็นต้น ความร้อนจะทำให้เกิดกระบวนการแตกตัว (dissociation) หรือเปลี่ยนให้เป็นไอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

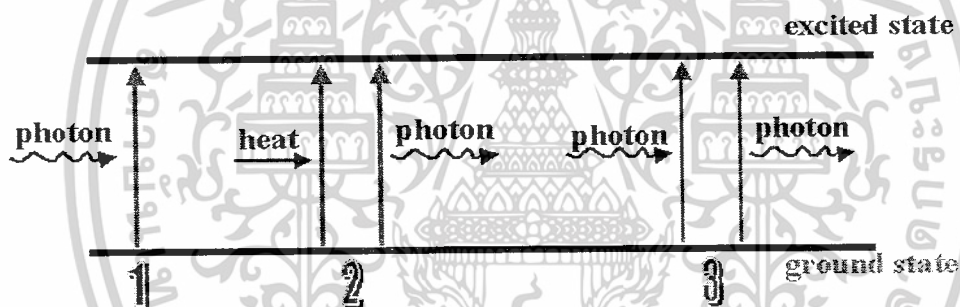
(vaporization) หรืออาจแตกตัวเป็นอะตอม หรือทำให้อะตอมอยู่ในสถานะกระตุ้น หรืออาจกลายเป็นไอออนก็ได้



$$\Delta E = h\nu = hc/\lambda$$

รูปที่ 2.3 การเปลี่ยนสถานะจากสถานะพื้นไปสู่สถานะกระตุ้นของอะตอม

การเกิดแทรนซิชันจากสถานะพื้นไปยังสถานะกระตุ้นระดับแรก (first excited state) มีด้วยกัน 3 แบบ ดังรูปที่ 4 คือ



รูปที่ 2.4 การเกิดแทรนซิชันจากสถานะพื้นไปยังสถานะกระตุ้นระดับแรก

แบบที่ 1 เมื่ออิเล็กตรอนเปลี่ยนระดับพลังงานจากสถานะพื้นไปยังสถานะกระตุ้นระดับแรก โดยการดูดกลืนพลังงานจากโฟตอนเป็นอะตอมมิกแอบซอร์พชัน

แบบที่ 2 เมื่ออิเล็กตรอนได้รับพลังงานจากความร้อน ทำให้อิเล็กตรอนเปลี่ยนระดับพลังงานไปยังสถานะกระตุ้นระดับแรก แล้วปล่อยพลังงานออกมา เมื่อกลับสู่สถานะพื้นจะให้โฟตอนออกมาเรียกว่าอะตอมมิกอิมิสชัน

แบบที่ 3 เมื่ออิเล็กตรอนได้รับพลังงานจากโฟตอนที่มาจากสเปกตรัมทำให้เปลี่ยนระดับพลังงานไปยังสถานะกระตุ้น เมื่อกลับมาสู่สถานะพื้นจะให้โฟตอนออกมาเรียกว่าเป็นการเกิดอะตอมมิกฟลูออเรสเซนซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทคนิคต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยวิธี AAS

เทคนิคต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุนั้นสามารถทำได้หลายวิธี คือ

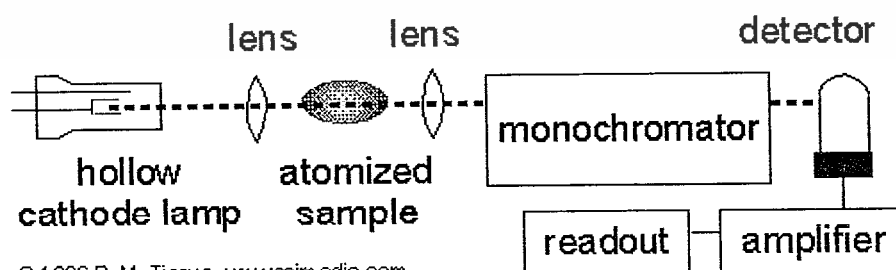
1. ใช้ Flame Atomization Technique เทคนิคนี้ใช้กระบวนการทำให้สารตัวอย่างแตกตัวเป็นอะตอมด้วยเปลวไฟ (flame) ที่เหมาะสม
2. ใช้ Flameless Technique หรือ Non-flame Atomization Technique ซึ่งเทคนิคนี้ใช้กระบวนการทำให้สารตัวอย่างสลายตัวเป็นอะตอมได้ด้วยความร้อนจากกระแสไฟฟ้า (electrothermal atomizer หรือ graphite furnace) โดยสามารถโปรแกรมให้อุณหภูมิของการเผามีค่าต่าง ๆ กัน และใช้เวลาต่าง ๆ กันได้
3. ใช้ Hydride Generation Technique เนื่องจากมีธาตุบางชนิดจะเปลี่ยนให้เป็นอะตอมโดยตรงด้วยเทคนิค Flame และ Flameless Atomization ไม่ได้ แต่จำเป็นต้องใช้วิธีทำให้แตกตัวในบรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจนเพื่อป้องกันการรวมตัวกับออกซิเจนของธาตุนั้นๆ ดังนั้น จึงต้องใช้วิธีทำให้ธาตุนั้นกลายเป็นสารที่เป็นไอได้ง่าย ๆ ที่อุณหภูมิห้องด้วยการรีดิวซ์ให้เป็นไฮไดรด์ แล้วให้ไฮไดรด์นั้นผ่านเข้าไปในเปลวไฟไฮโดรเจน ความร้อนจากเปลวไฟไฮโดรเจนจะทำให้ธาตุนั้นกลายเป็นอะตอมเสรีได้ เทคนิคนี้ใช้ในการวิเคราะห์ของธาตุ As, Se, Te, Ge, Bi และ Sb
4. ใช้ Cold Vapor Generation Technique สำหรับเทคนิคนี้เหมาะที่จะใช้เป็นวิธีวิเคราะห์ธาตุบางชนิดที่สามารถเปลี่ยนให้เป็นไอได้ง่าย ๆ ซึ่งได้แก่ การวิเคราะห์ปรอทที่มีปริมาณน้อย โดยเฉพาะ

องค์ประกอบที่สำคัญต่าง ๆ ของเครื่องอะตอมมิคแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ มี 5 ส่วน แสดงดังรูปที่ 5 คือ

1. แหล่งกำเนิดแสง (light source)
2. ส่วนที่ทำให้ธาตุนั้นกลายเป็นอะตอมเสรี (atomizer)
3. โมโนโครเมเตอร์ (monochromator) ซึ่งใช้แยกแสงให้ได้ความยาวคลื่นของแสงที่

ต้องการ

4. ดีเทคเตอร์ (detector)
5. เครื่องประมวลผลและอ่านผล (data system and read-out units)



รูปที่ 2.5 แสดงส่วนประกอบของเครื่องอะตอมมิคแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

G. Palma และคณะ [6] ศึกษาการใช้เปลือกไม้ของต้น *Pinus rudiata* และแทนนิน (tannins) ซึ่งปรับสภาพด้วยสารละลายฟอรัมลิตไฮด์ในสภาวะกรด เพื่อกำจัดไอออนโลหะออกจากสารละลายและน้ำทิ้งจากเหมืองแร่ทองแดงซึ่งมีสภาพเป็นกรด ทำการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับของไอออนโลหะต่างๆคือ V(V), Re(VII), Ge(IV), Cd(II), Hg(II), Al(III), Pd(II), Fe(III) และ Cu(II) และศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบต่อ การกำจัดโลหะเหล่านี้อกจากสารละลาย เช่น ผลกระทบของค่าการเป็นกรด-ด่าง(pH) ที่มีต่อการดูดซับและการชะออก ความสามารถสูงสุดในการดูดซับของวัสดุดูดซับและความจำเพาะของ ไอออนโลหะต่างๆต่อวัสดุดูดซับ ค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH) ของสารละลายมีผลอย่างมากต่อค่าการดูดซับ

S.E.Bailey และคณะ [7] ได้รวบรวมงานวิจัยที่ใช้วัสดุดูดซับราคาถูกเพื่อการกำจัดโลหะหนัก ซึ่งวัสดุดูดซับราคาถูกนี้สามารถใช้ทดแทนวิธีการกำจัด โลหะหนักในปัจจุบันที่มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงได้ วัสดุดูดซับนี้เป็นพวกวัสดุธรรมชาติหรือผลิตภัณฑ์เหลือทิ้งจากภาคอุตสาหกรรมซึ่งมีประสิทธิภาพมากในการกำจัด โลหะ เมื่อทำการปรับสภาพวัสดุดูดซับนี้ก็จะยังทำให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะเพิ่มมากขึ้น ตัวอย่างวัสดุดูดซับที่รวบรวมไว้ได้แก่ เปลือกไม้(bark) ไคโตแซน(chitosan) แซนเทลต(xanthate) ซีโอไลต์(zeolite) ดินเหนียว(clay) ถ่านพีทมอส(peat moss) สาหร่ายทะเล(seaweed) ซากสิ่งมีชีวิตเล็กๆ(dead biomass) และอื่นๆ ตัวอย่างรายงานค่าการดูดซับสูงสุดเช่น 796 mg Pb/g chitosan, 76 mg Cr(III)/g peat, 92 mg Cr(III)/g chitosan, 558 mg Cd/g chitosan

I. Gaballah และคณะ [8] ศึกษาการใช้เปลือกไม้ดิบและเปลือกไม้ที่ผ่านการปรับสภาพด้วยวิธีทางเคมีเพื่อการกำจัดโลหะหนักออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ โลหะหนักที่ศึกษาได้แก่ อาร์เซนิก แคลเมียม ทองแดง โครเมียม เหล็ก ตะกั่วปรอท นิกเกิล และสังกะสี รวมทั้งได้ทดลองนำน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมมาทดลองกับระบบนี้ด้วย ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับโลหะหนักได้แก่ ค่า pH ของสารละลาย ค่าความเข้มข้นเริ่มต้นของโลหะ ชนิดของเปลือก ไม้ และการรบกวนจากแอนไอออนบางตัว ค่าเฉลี่ยความสามารถในการดูดซับโลหะหนักของเปลือก ไม้ที่ผ่านการปรับสภาพแล้วอยู่ในช่วง 0.25 ถึง 4.36 มิลลิโมล ต่อ กรัม น้ำหนักแห้งของเปลือก ไม้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 สารเคมี

1. เส้นใยมะพร้าว
2. ซิงค์ซัลเฟต ($ZnSO_4$) เกรดวิเคราะห์
3. โซเดียมไฮดรอกไซด์ ($NaOH$) เกรดวิเคราะห์
4. กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) เกรดวิเคราะห์
5. น้ำกลั่น

3.1.2 อุปกรณ์

1. เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer AA-680 ยี่ห้อ Shimadzu
2. เครื่องชั่งน้ำหนักไฟฟ้า รุ่น TC-254, Denver Instrument Company
3. เครื่องวัดพีเอช (pH Meter) รุ่น 251, Denver Instrument Company
4. เครื่องปั่นกวน รุ่น Fisher Stirring Hotplate
5. แท่งแม่เหล็ก
6. เครื่องแก้วต่าง ๆ ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

3.2 การเตรียมเส้นใยมะพร้าว

1. เลือกกาบมะพร้าวที่มีสีน้ำตาลมาใช้ในการทดลอง
2. ใช้แปรงซูดที่ด้านในของกาบมะพร้าวเพื่อแยกเอาเส้นใยมะพร้าวออกจากขุมมะพร้าว จะได้เส้นใยมะพร้าวเพื่อนำไปทดลองต่อไป

3.3 การเตรียมสารละลายสต็อกสังกะสีเข้มข้น 1,000 ppm

ชั่ง $ZnSO_4$ 2.55 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 1,000 มิลลิตรในขวดวัดปริมาตร

3.4 วิธีการทดลอง

ทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการใช้เส้นใยมะพร้าวเพื่อดูดซับโลหะสังกะสีออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ดังนี้

3.4.1 การศึกษาหาสภาวะความเข้มข้น กรด-ด่าง (pH) ที่เหมาะสม

1. ชั่งน้ำหนักเส้นใยมะพร้าวประมาณ 0.50 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร (ทำซ้ำ 3 ครั้ง)
2. ตวงสารละลายสังกะสีเข้มข้น 100 ppm (pH 5.0) ด้วยขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เทลงในบีกเกอร์ที่มีเส้นใยมะพร้าว
3. ทำการปั่นกวนสารละลายในบีกเกอร์ด้วยความเร็วรอบ 600 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที
4. กรองสารละลายที่ได้ในบีกเกอร์ที่มีกระดาษกรอง whatman เบอร์ 41 เก็บสารละลายที่กรองได้ใส่ขวดพลาสติก
5. นำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีด้วยเครื่อง AAS
6. ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 1-5 แต่ปรับ pH ของสารละลายสังกะสีเข้มข้น 100 ppm (ในข้อ 2) ให้ได้ pH ประมาณ 4, 2, 1 โดยใช้ 1.0 M H_2SO_4 ในการปรับ pH

3.4.2 การศึกษาผลของช่วงระยะเวลาสัมผัส

1. ชั่งน้ำหนักเส้นใยมะพร้าวประมาณ 0.50 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร (ทำซ้ำ 3 ครั้ง)
2. ตวงสารละลายสังกะสีเข้มข้น 10 ppm (pH 5.0) ด้วยขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เทลงในบีกเกอร์ที่มีเส้นใยมะพร้าว
3. ทำการปั่นกวนสารละลายในบีกเกอร์ด้วยความเร็วรอบ 600 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที
4. กรองสารละลายที่ได้ในบีกเกอร์ที่มีกระดาษกรอง whatman เบอร์ 41 เก็บสารละลายที่กรองได้ใส่ขวดพลาสติก
5. นำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีด้วยเครื่อง AAS
6. ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 1-5 แต่ปรับช่วงระยะเวลาในการปั่นกวนสารละลาย (ในข้อ 3) เป็น 10 นาที, 1 ชั่วโมง และ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การศึกษาผลของความเร็วรอบในการปั่นกวนสารละลาย

1. ชั่งน้ำหนักเส้นใยมะพร้าวประมาณ 0.50 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร (ทำซ้ำ 3 ครั้ง)
2. ตวงสารละลายสังกะสีเข้มข้น 10 ppm (pH 5.0) ด้วยขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เทลงในบีกเกอร์ที่มีเส้นใยมะพร้าว
3. ทำการปั่นกวนสารละลายในบีกเกอร์ด้วยความเร็วรอบ 600 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที
4. กรองสารละลายที่ได้ในบีกเกอร์ที่มีกระดาษกรอง whatman เบอร์ 41 เก็บสารละลายที่กรองได้ใส่ขวดพลาสติก
5. นำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีด้วยเครื่อง AAS
6. ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 1-5 แต่ปรับความเร็วรอบในการปั่นกวนสารละลายในบีกเกอร์ (ในข้อ 3) เป็น 1,000 รอบ/นาที และไม่ทำการปั่นกวนสารละลาย ทดลองเปรียบเทียบกัน

3.4.4 การศึกษาความเที่ยง (precision)

1. ชั่งน้ำหนักเส้นใยมะพร้าวประมาณ 0.50 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร (ทำซ้ำ 11 ครั้ง)
2. ตวงสารละลายสังกะสีเข้มข้น 10 ppm (pH 5.0) ด้วยขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เทลงในบีกเกอร์ที่มีเส้นใยมะพร้าว
3. ทำการปั่นกวนสารละลายในบีกเกอร์ด้วยความเร็วรอบ 600 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที
4. กรองสารละลายที่ได้ในบีกเกอร์ที่มีกระดาษกรอง whatman เบอร์ 41 เก็บสารละลายที่กรองได้ใส่ขวดพลาสติก
5. นำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีด้วยเครื่อง AAS

3.4.5 การศึกษาผลของความยาวของเส้นใยมะพร้าว

1. ชั่งน้ำหนักเส้นใยมะพร้าว (ที่มีความยาวประมาณ 5 เซนติเมตร) ประมาณ 0.50 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร (ทำซ้ำ 3 ครั้ง)
2. ตวงสารละลายสังกะสีเข้มข้น 10 ppm (pH 5.0) ด้วยขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เทลงในบีกเกอร์ที่มีเส้นใยมะพร้าว
3. ทำการปั่นกวนสารละลายในบีกเกอร์ด้วยความเร็วรอบ 600 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที

4. กรองสารละลายที่ได้ในบีกเกอร์ที่มีกระดาษกรอง whatman เบอร์ 41 เก็บสารละลายที่กรองได้ใส่ขวดพลาสติก
5. นำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีด้วยเครื่อง AAS
6. ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 1-5 แต่ใช้เส้นใยมะพร้าวที่ทำกรดัดให้สั้นลงเหลือความยาวประมาณ 0.50 เซนติเมตร (ในข้อ 1) ทดลองเปรียบเทียบ

3.4.6 การศึกษาการชะโลหะสังกะสีออกจากเส้นใยมะพร้าว

1. ชั่งน้ำหนักเส้นใยมะพร้าวประมาณ 0.50 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร (ทำซ้ำ 3 ครั้ง)
2. ตวงสารละลายสังกะสีเข้มข้น 10 ppm (pH 5.0) ด้วยขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เทลงในบีกเกอร์ที่มีเส้นใยมะพร้าว
3. ทำการปั่นกวนสารละลายในบีกเกอร์ด้วยความเร็วรอบ 600 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที
4. กรองสารละลายทั้งหมดในบีกเกอร์ด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 41 เก็บสารละลายที่กรองไว้ใส่ในขวดพลาสติก นำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีด้วยเครื่อง AAS
5. ใช้ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ตวง 0.1M H_2SO_4 แล้วเทลงในบีกเกอร์ที่มีเส้นใยมะพร้าวที่กรองเอาสารละลายออกไปแล้ว
6. ทำการปั่นกวนสารละลายในบีกเกอร์ด้วยความเร็วรอบ 600 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที
7. กรองสารละลายที่ได้ในบีกเกอร์ด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 41 เก็บสารละลายที่กรองไว้ใส่ในขวดพลาสติก
8. นำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีด้วยเครื่อง AAS จะได้ปริมาณสังกะสีที่ถูกชะออกมาด้วย H_2SO_4
9. ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 1-8 แต่ปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของ H_2SO_4 (ในข้อ 5) เป็น 0.50 M และ 1.0M ทดลองเปรียบเทียบกัน

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปราย

4.1 การศึกษาหาสภาวะความเป็น กรด – ด่าง (pH) ที่เหมาะสม

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับสังกะสีในน้ำเสียสังเคราะห์โดยทำการปรับค่า pH ของน้ำเสียสังเคราะห์เป็น 5.0, 4.0, 2.0 และน้อยกว่า 1.0 พบว่าประสิทธิภาพในการดูดซับสังกะสีออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ ที่ค่าพีเอช 5.0, 4.0 และ 2.0 มีค่าเป็น 3.70, 2.96, 1.18 mg/g (มิลลิกรัมของสังกะสี/น้ำหนักเป็นกรัมของเส้นใยมะพร้าว) ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.1- 4.3 และรูปที่ 4.1 และที่ pH = 1.0 สารละลายที่เตรียมได้เกิดการตกตะกอน จะเห็นได้ว่าที่ค่า pH = 5.0 เส้นใยมะพร้าวจะให้ประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะสังกะสีสูงที่สุด และประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะสังกะสีของเส้นใยมะพร้าวจะมีค่าลดลงตามค่าของ pH ที่ลดลง จากผลการทดลองนี้จะเลือกใช้การปรับค่า pH ของสารละลายไว้ที่ pH = 5.0 เพื่อทำการทดลองต่อไป

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาตารางที่ 4.1 จะเห็นว่าถ้าได้ทำการแช่เส้นใยมะพร้าวในน้ำกลั่นก่อนทำการทดลอง จะทำให้เส้นใยมะพร้าวสามารถดูดซับโลหะสังกะสีได้เพิ่มมากขึ้นกว่าการไม่แช่เส้นใยมะพร้าวในน้ำกลั่นอีกเล็กน้อย จึงจะทำการทดลองโดยการแช่เส้นใยมะพร้าวในน้ำกลั่นก่อนทำการทดลองสำหรับการทดลองต่อไป

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการดูดซับโลหะสังกะสีโดยเส้นใยมะพร้าวจากสารละลายที่มีค่า pH = 5.0

ครั้งที่	น้ำหนักเส้นใยมะพร้าว (กรัม)	สารละลายหลังจากการกรอง		ปริมาณสังกะสีที่ถูกดูดซับไว้ (mg/g)	ค่าเฉลี่ย	ปริมาณสังกะสีที่ถูกดูดซับไว้ (%)
		ค่าการดูดกลืนแสง (A)	[Zn ²⁺] ที่วิเคราะห์ได้ในสารละลาย (mg/L)			
1	0.5020	0.839	4.24	3.05	3.70 ± 0.46	15.31
2	0.5020	0.791	4.00	4.00		20.08
3	0.5001	0.783	3.95	4.18		20.90
4	0.5006	0.823	4.16	3.37		16.87
5	0.5000	0.829	4.19	3.25		16.25

หมายเหตุ ครั้งที่ 1 ไม่ได้แช่เส้นใยมะพร้าวในน้ำกลั่น

ครั้งที่ 2 – 5 ทำการแช่เส้นใยมะพร้าวในน้ำกลั่น 30 นาที ก่อนทำการทดลอง

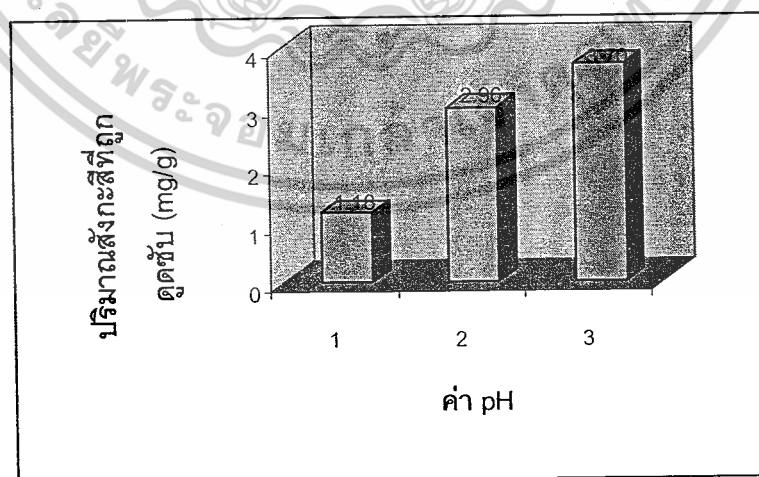
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการดูดซับโลหะสังกะสีโดยเส้นใยมะพร้าวจากสารละลายที่มีค่า pH = 4.0

ครั้งที่	น้ำหนักเส้นใยมะพร้าว (กรัม)	สารละลายหลังจากการกรอง		ปริมาณสังกะสีที่ถูกดูดซับไว้ (mg/g)	ค่าเฉลี่ย	ปริมาณสังกะสีที่ถูกดูดซับไว้ (%)
		ค่าการดูดกลืนแสง (A)	[Zn ²⁺] ที่วิเคราะห์ได้ในสารละลาย (mg/L)			
1	0.5003	0.832	4.2	3.19	2.96 ± 0.17	15.96
2	0.5004	0.845	4.27	2.93		14.66
3	0.5004	0.853	4.31	2.77		13.86
4	0.5016	0.843	4.26	2.96		14.85

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการดูดซับโลหะสังกะสีโดยเส้นใยมะพร้าวจากสารละลายที่มีค่า pH = 2.0

ครั้งที่	น้ำหนักเส้นใยมะพร้าว (กรัม)	สารละลายหลังจากการกรอง		ปริมาณสังกะสีที่ถูกดูดซับไว้ (mg/g)	ค่าเฉลี่ย	ปริมาณสังกะสีที่ถูกดูดซับไว้ (%)
		ค่าการดูดกลืนแสง (A)	[Zn ²⁺] ที่วิเคราะห์ได้ในสารละลาย (mg/L)			
1	0.5000	0.936	4.73	1.09	1.18 ± 0.18	5.45
2	0.5014	0.925	4.67	1.31		6.57
3	0.5003	0.923	4.66	1.35		6.75
4	0.5003	0.942	4.76	0.97		4.85



รูปที่ 4.1 แสดงผลของค่า pH ของสารละลายที่มีต่อการดูดซับโลหะสังกะสีของเส้นใยมะพร้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

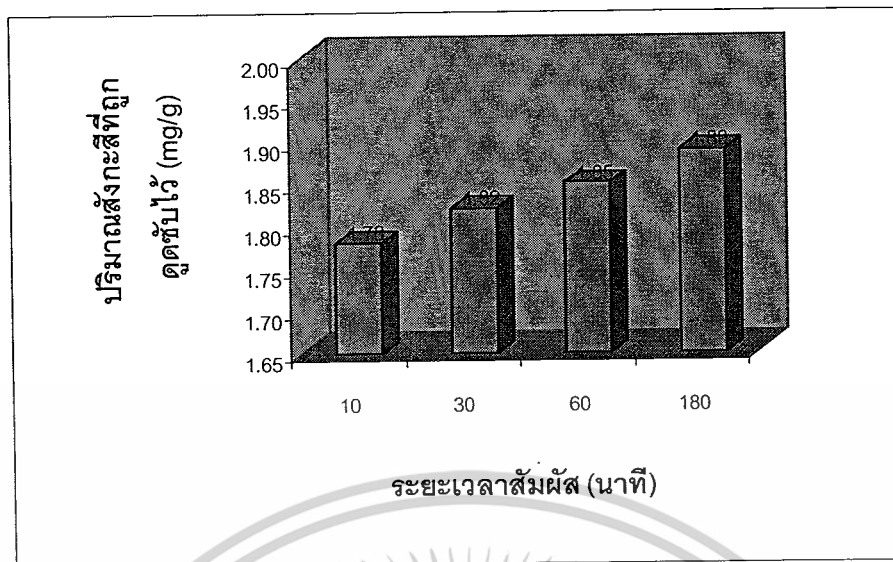
4.2 การศึกษาผลของช่วงระยะเวลาสัมพัทธ์

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะสังกะสีออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ โดยทำการแปรค่าระยะเวลาในการสัมพัทธ์เป็น 10 นาที, 30 นาที, 1 ชั่วโมง และ 3 ชั่วโมง พบว่าเส้นใยมะพร้าวประสิทธิภาพในการดูดซับสังกะสีในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ระยะเวลาในการสัมพัทธ์เป็น 10 นาที, 30 นาที, 1 ชั่วโมง และ 3 ชั่วโมง เป็น 1.79, 1.82, 1.85 และ 1.89 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.2 นั่นคือประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะสังกะสีมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการสัมพัทธ์ ได้เลือกระยะเวลาในการสัมพัทธ์ 3 ชั่วโมงซึ่งเส้นใยมะพร้าวให้ประสิทธิภาพในการดูดซับสังกะสีสูงสุดเป็นตัวแทนเพื่อไปใช้ในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการศึกษาช่วงระยะเวลาสัมพัทธ์

เวลา	ครั้งที่	น้ำหนักเส้นใยมะพร้าว (กรัม)	สารละลายหลังจากการกรอง		ปริมาณสังกะสีที่ถูกดูดซับไว้ (mg/g)	ค่าเฉลี่ย	ปริมาณสังกะสีที่ถูกดูดซับไว้ (%)
			ค่าการดูดกลืนแสง (A)	[Zn ²⁺] (ppm)			
10 นาที	1	0.5010	0.502	0.11	1.78	1.78 ± 0.03	17.84
	2	0.5010	0.423	0.09	1.81		18.14
	3	0.5005	0.545	0.12	1.76		17.62
30 นาที	1	0.5013	0.423	0.09	1.81	1.82 ± 0.04	18.14
	2	0.5007	0.474	0.10	1.79		17.93
	3	0.5005	0.330	0.07	1.86		18.62
60 นาที	1	0.5002	0.438	0.10	1.81	1.85 ± 0.04	18.11
	2	0.5000	0.245	0.05	1.89		18.90
	3	0.5009	0.368	0.08	1.84		18.43
180 นาที	1	0.5011	0.220	0.05	1.90	1.89 ± 0.01	19.04
	2	0.5004	0.281	0.06	1.88		18.81
	3	0.5013	0.230	0.05	1.90		19.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงผลของช่วงระบบเวลาสัมผัสน้ำที่มีต่อค่าการดูดซับ โลหะสังกะสีของเส้นใยมะพร้าว

4.3 การศึกษาผลของความเร็วยรอบในการปั่นกวนสารละลาย

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะสังกะสีออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ โดยทำการแปรค่าอัตราเร็วการปั่นกวนเป็น 600, 1000 รอบ/นาที และไม่ปั่นกวน พบว่าประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะสังกะสีออกจากน้ำเสียสังเคราะห์เมื่อทำการแปรค่าอัตราเร็วการปั่นกวนเป็น 600, 1000 รอบ/นาที และไม่ปั่นกวนเป็น 1.79, 1.85 และ 1.83 mg/g ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.3 อัตราเร็วการปั่นกวนเป็น 600 รอบ/นาที มีประสิทธิภาพในการดูดซับสังกะสีสูงที่สุด รองลงมาคือที่ค่าอัตราเร็วการปั่นกวนเป็น 1000 รอบ/นาที จากผลการทดลองนี้จะทำการเลือกใช้อัตราเร็วในการปั่นกวนเป็น 600 รอบ/นาที เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 4.5 แสดงผลของความเร็วยรอบในการปั่นกวนที่มีต่อการดูดซับ โลหะสังกะสี

ความเร็วในการปั่นกวน (rpm)	ครั้งที่	น้ำหนักเส้นใยมะพร้าว (กรัม)	สารละลายหลังจากการกรอง		ปริมาณสังกะสีที่ถูกดูดซับไว้ (mg/g)	ค่าเฉลี่ย	ปริมาณสังกะสีที่ถูกดูดซับไว้ (%)
			ค่าการดูดกลืนแสง (A)	[Zn ²⁺] (ppm)			
ไม่ปั่นกวน	1	0.5001	0.237	0.10	1.80		18.00
	2	0.502	0.291	0.12	1.75	1.79±0.04	17.57
	3	0.501	0.206	0.09	1.82		18.24
600	1	0.5008	0.172	0.07	1.85		18.53
	2	0.501	0.178	0.08	1.84	1.85±0.01	18.44
	3	0.5005	0.161	0.07	1.86		18.62
1,000	1	0.5015	0.247	0.11	1.78		17.85
	2	0.5013	0.161	0.07	1.86	1.83±0.04	18.65
	3	0.5013	0.168	0.07	1.85		18.55



รูปที่ 4.3 แสดงผลของความเร็วยรอบในการปั่นกวนที่มีต่อประสิทธิภาพการดูดซับสังกะสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การศึกษาความเที่ยง (precision)

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะสังกะสีออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ที่สภาวะที่เลือกใช้ดังต่อไปนี้ คือสารละลายมี pH = 5, ระยะเวลาในการสัมผัส 3 ชั่วโมง และอัตราเร็วการปั่นกววนเป็น 600 รอบ/นาที พบว่าค่าเฉลี่ย (\bar{x}) ของปริมาณสังกะสีที่ถูกดูดซับออกจากสารละลายโดยใช้เส้นใยมะพร้าวมีค่าเท่ากับ 1.82 mg/g และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ ± 0.05 mg/g ค่าการดูดซับเท่ากับ 18.28 ± 0.05 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงใน ตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการศึกษาความเที่ยง (precision)

ครั้งที่	น้ำหนักเส้นใยมะพร้าว (กรัม)	สารละลายหลังจากการกรอง		ปริมาณสังกะสีที่ถูกดูดซับไว้ (mg/g)	การดูดซับ (%)
		ค่าการดูดกลืนแสง (A)	[Zn ²⁺] (ppm)		
1	0.5013	0.692	0.19	1.62	16.24
2	0.5003	0.166	0.05	1.91	19.11
3	0.5020	0.289	0.08	1.83	18.37
4	0.5012	0.331	0.09	1.81	18.14
5	0.5002	0.514	0.14	1.72	17.21
6	0.5008	0.237	0.07	1.87	18.73
7	0.5000	0.353	0.10	1.81	18.10
8	0.5015	0.183	0.05	1.89	18.96
9	0.5005	0.192	0.05	1.89	18.92
10	0.5001	0.213	0.06	1.88	18.80
11	0.5016	0.283	0.08	1.84	18.46
ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} \pm SD$)				1.82 \pm 0.05	18.28 \pm 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การศึกษาผลของความยาวของเส้นใยมะพร้าว

ผลการทดลองเปรียบเทียบการใช้เส้นใยมะพร้าวที่มีขนาดความยาวต่างกันในการดูดซับโลหะสังกะสีให้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.4

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการศึกษาการชะโลหะสังกะสีออกจากใยมะพร้าวที่ทำการย่อยและไม่ย่อย

ความยาวเส้นใยมะพร้าว	ครั้งที่	น้ำหนักเส้นใยมะพร้าว (กรัม)	สารละลายหลังจากการกรอง		ปริมาณสังกะสีที่ถูกดูดซับไว้ (mg/g)	ค่าเฉลี่ย
			ค่าการดูดกลืนแสง (A)	[Zn ²⁺] (ppm)		
5 ซม.	1	0.5019	0.376	0.09	1.82	1.83±0.05
	2	0.5016	0.223	0.05	1.89	
	3	0.5010	0.442	0.10	1.79	
0.5 ซม.	1	0.5003	0.210	0.05	1.90	1.91±0.02
	2	0.5020	0.198	0.05	1.90	
	3	0.5029	0.123	0.03	1.93	



รูปที่ 4.4 แสดงผลของความยาวของเส้นใยมะพร้าว

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าเส้นใยมะพร้าวที่มีขนาดความยาว 5 เซนติเมตรและ 0.5 เซนติเมตรให้ผลการดูดซับโลหะสังกะสีออกจากสารละลายได้ใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

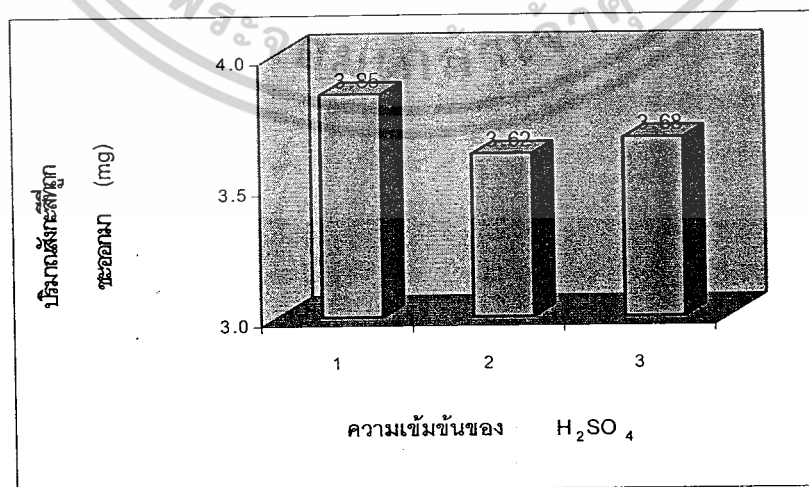
4.6 การศึกษาการชะโลหะสังกะสีออกจากเส้นใยมะพร้าว

เมื่อทำการทดลองใช้เส้นใยมะพร้าวดูดซับโลหะสังกะสีออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ และต่อจากนั้นได้นำเส้นใยมะพร้าวที่ดูดซับโลหะสังกะสีไว้ มาทดลองชะเอาโลหะสังกะสีออกมาโดยใช้กรดซัลฟูริกที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน คือ 0.10M, 0.50M และ 1.0M ได้ผลการทดลองดังตารางที่

4.8

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการศึกษาการชะโลหะสังกะสีออกจากเส้นใยมะพร้าว

ครั้งที่	น้ำหนักเส้นใยมะพร้าว (กรัม)	สารละลายหลังจากการกรอง		ปริมาณสังกะสีที่ถูกดูดซับไว้ (mg)	[H ₂ SO ₄] ที่ใช้ชะสังกะสีออกจากเส้นใยมะพร้าว	[Zn ²⁺] ที่ชะได้ในสารละลาย (ppm)	ปริมาณสังกะสีที่ถูกชะออกจากใยมะพร้าว (mg)	ปริมาณสังกะสีที่ถูกชะออกจากใยมะพร้าว (%)	ค่าเฉลี่ยปริมาณสังกะสีที่ถูกชะออกมา (%)
		ค่าการดูดกลืนแสง (A)	[Zn ²⁺] (ppm)						
1	0.5011	0.272	0.07	0.93	1.00 M	0.19	0.04	4.16	3.85±0.27
2	0.5009	0.418	0.11	0.89		0.16	0.03	3.69	
3	0.5022	0.386	0.10	0.90		0.17	0.03	3.71	
4	0.5013	0.385	0.10	0.90	0.50 M	0.16	0.03	3.67	3.62±0.07
5	0.5012	0.338	0.09	0.91		0.16	0.03	3.54	
6	0.5020	0.33	0.09	0.91		0.17	0.03	3.65	
7	0.5021	0.378	0.10	0.90	0.10 M	0.16	0.03	3.52	3.68±0.18
8	0.5013	0.247	0.07	0.93		0.18	0.04	3.88	
9	0.5008	0.323	0.09	0.91		0.17	0.03	3.65	



รูปที่ 4.5 แสดงผลการชะโลหะสังกะสีออกจากเส้นใยมะพร้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

ในการทดลองนี้ได้นำเอาเส้นใยมะพร้าวซึ่งเป็นวัสดุธรรมชาติที่เหลือทิ้งทางการเกษตร ง่าย และราคาถูก มาใช้ประโยชน์ โดยศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการใช้เส้นใยมะพร้าว สำหรับการดูดซับโลหะสังกะสีออกจากน้ำเสียสังเคราะห์สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. การศึกษาหาค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการกำจัดโลหะสังกะสีออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยใยมะพร้าว พบว่าสารละลายที่มีค่า pH = 5 จะทำให้เส้นใยมะพร้าวสามารถดูดซับโลหะสังกะสีได้ดีที่สุด โดยสามารถดูดซับได้ 3.70 mg/g
2. การศึกษาหาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการปั่นกวน พบว่าประสิทธิภาพการดูดซับจะเพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่อใช้ช่วงเวลาในการปั่นกวนเป็น 3 ชั่วโมงจะให้ประสิทธิภาพในการดูดซับสูงสุด
3. การศึกษาหาอัตราเร็วรอบในการปั่นกวนที่เหมาะสมต่อการกำจัดสังกะสีในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยใยมะพร้าว พบว่าที่อัตราเร็วรอบในการปั่นกวนเท่ากับ 600 รอบ/นาที ให้ประสิทธิภาพในการดูดซับสูงสุด คือ 0.85 mg/g ของน้ำหนักใยมะพร้าว
4. การศึกษาเปรียบเทียบผลการดูดซับระหว่างเส้นใยมะพร้าวขนาดยาว 5.0 เซนติเมตร กับเส้นใยมะพร้าวขนาดยาว 0.50 เซนติเมตร พบว่าเส้นใยมะพร้าวที่มีขนาดยาว 5.0 เซนติเมตร ให้ประสิทธิภาพในการดูดซับเท่ากับ 0.83 มิลลิกรัม/กรัม ซึ่งใกล้เคียงกับเส้นใยมะพร้าวที่มีขนาด 0.50 เซนติเมตร ซึ่งให้ประสิทธิภาพในการดูดซับเท่ากับ 0.91 มิลลิกรัม/กรัม
5. การศึกษาความเที่ยง (precision) ของการวิเคราะห์พบว่า เมื่อทำการทดลองซ้ำ 11 ครั้ง ค่าเฉลี่ยของปริมาณสังกะสีที่ถูกดูดซับโดยเส้นใยมะพร้าวมีค่าเท่ากับ 0.82 ± 0.05 มิลลิกรัม/กรัม
6. ผลการทดลองการชะโลหะสังกะสีออกจากเส้นใยมะพร้าวแสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้กรด H_2SO_4 ที่มีความเข้มข้นในช่วง 0.10 - 1.0 M จะชะโลหะสังกะสีออกจากการดูดติดบนเส้นใยมะพร้าวได้น้อยมาก ซึ่งน่าจะเป็นเพราะไอออนของโลหะสังกะสีซึ่งมีประจุบวกสามารถเกิดการเกาะอยู่กับหมู่ ไฮดรอกซิลของเซลลูโลสบนเส้นใยมะพร้าวได้ด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์ โดยที่ไฮโดรเจนไอออนที่เป็นประจุบวกจากกรดซัลฟูริกส่วนใหญ่ไม่สามารถไปแทนที่ไอออนของโลหะสังกะสีได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] โลหะหนัก “ความเป็นพิษของโลหะหนัก” [Online]. Available : <http://www.vet.ku.ac.th> ค้นเมื่อวันที่ 15 ตุลาคม 2547
- [2] กัญยรัตน์ กลัมพากร และสมใจ เพ็งปรีชา. 2543. การกำจัดเหล็กออกจากน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมชุบโลหะโดยใช้วิธีออกซิเดชันร่วมกับการตกตะกอนเหล็กไฮดรอกไซด์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- [3] สุขชัย ใช้เทียมวงศ์. 2537. เคมีวิเคราะห์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [4] ผกาวดี นารอง. 2542. ประสิทธิภาพของการดูดซับโลหะหนัก โดยใช้ *Saccharomyces cerevisiae* ร่วมกับกาบมะพร้าวในระบบเครื่องกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้น. [Online]. Available: <http://www.chula.ac.th> ค้นเมื่อวันที่ 18 มีนาคม 2548.
- [5] AAS “อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี” [Online]. Available: <http://www2.sat.psu.ac.th> ค้นเมื่อวันที่ 18 มีนาคม 2548.
- [6] G. Palma, J. Freer, J. Baeza, 2003. Removal of metal ions by modified *Pinus radiata* bark and tannins from water solution. **Water Research**. 37: 4974 – 4980.
- [7] S.E. Bailey, T.J. Olin, R.M. Baricka and D.D. Adrian, 1999. A review of potentially low – cost sorbents for heavy metals. **Water Research**. 33(11): 2469 – 2479.
- [8] I. Gaballah and G. Kilbertus, 1998. Recovery of heavy metals ions through decontamination of Synthetic solutions and industrial effluents using modified barks. **Journal of Geochemical Exploration**. 62: 241 – 286.

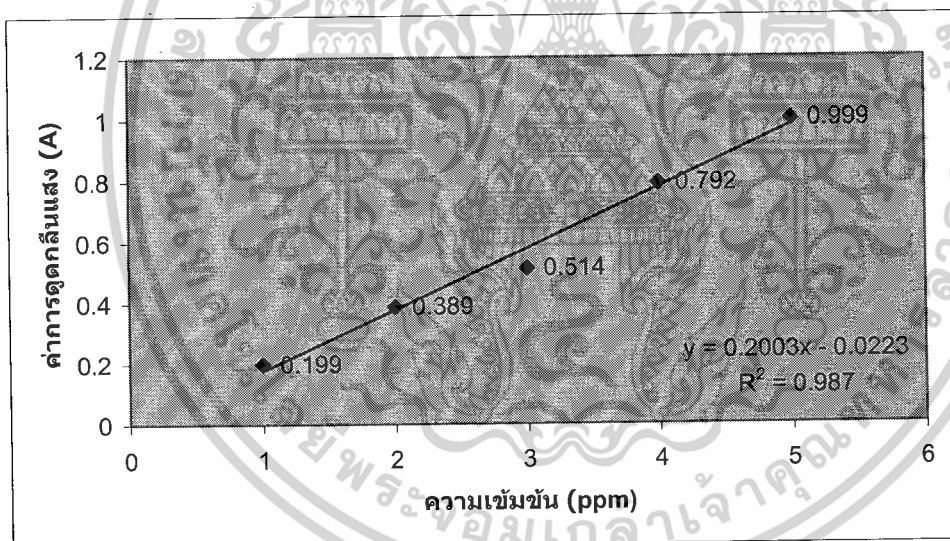
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างกราฟมาตรฐานของสารละลายสังกะสีที่วิเคราะห์โดย AAS

ตาราง แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานสังกะสีชุดที่ใช้ศึกษาหาสภาวะความเป็นกรด - ด่าง (pH) ที่เหมาะสม

ความเข้มข้น (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง (A)
1	0.199
2	0.389
3	0.514
4	0.792
5	0.999



รูปแสดง กราฟมาตรฐานของสารละลายสังกะสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างแสดงค่าวิธีการคำนวณประสิทธิภาพการดูดซับโลหะสังกะสีด้วยเส้นใยมะพร้าว

จากการศึกษาหาสภาวะความเป็น กรด – ด่าง (pH) ที่เหมาะสม ทำการทดลองดังนี้

1. ชั่งน้ำหนักเส้นใยมะพร้าวประมาณ 0.50 กรัม (ครั้งที่ 1 ชั่งได้ 0.5020 กรัม) ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. ตวงสารละลายสังกะสีเข้มข้น 100 ppm (pH 5.0) ด้วยขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เทลงในบีกเกอร์ที่มีเส้นใยมะพร้าว
3. ทำการปั่นกวนสารละลายในบีกเกอร์ด้วยความเร็วรอบ 600 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที
4. กรองสารละลายที่ได้ในบีกเกอร์ที่มีกระดาษกรอง whatman เบอร์ 41 เก็บสารละลายที่กรองได้ใส่ขวดพลาสติก
5. นำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีด้วยเครื่อง AAS

การคำนวณ

ก่อนการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง AAS ได้ทำการเจือจางสารละลายที่กรองได้ โดยปีเปตสารละลายมา 5.0 มิลลิลิตร แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร (เจือจาง 20 เท่า)

วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายได้เท่ากับ 0.839 A เทียบกับกราฟมาตรฐานจะได้ความเข้มข้นเท่ากับ 4.42 มิลลิกรัม/ลิตร แสดงว่าสารละลาย 1,000 มิลลิลิตร ดังนั้นในขวดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตรมีสังกะสีเท่ากับ 0.424 มิลลิกรัม

ปริมาณสังกะสี 0.424 มิลลิกรัมนี้มาจากสารละลาย 5 มิลลิลิตร แต่สารละลายที่กรองได้มีทั้งหมด 100 มิลลิลิตร ดังนั้นในสารละลาย 100 มิลลิลิตร นี้มีปริมาณสังกะสีเท่ากับ 8.48 มิลลิกรัม ซึ่งเป็นปริมาณสังกะสีที่ไม่ถูกดูดซับโดยใยมะพร้าว

จากวิธีการทดลองข้อ 2 คำนวณปริมาณสังกะสีเริ่มต้นในสารละลายได้ดังนี้คือ ทำการตวงสารละลายสังกะสีเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/ลิตร ด้วยขวดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วเทลงในบีกเกอร์ ดังนั้นปริมาณสังกะสีเริ่มต้นก่อนทำการดูดซับด้วยเส้นใยมะพร้าวที่มีอยู่ในบีกเกอร์เท่ากับ 10 มิลลิกรัม

ดังนั้นปริมาณสังกะสีที่ถูกดูดซับโดยเส้นใยมะพร้าวเท่ากับ $10 - 8.48 = 1.52$ มิลลิกรัม/น้ำหนักเส้นใยมะพร้าว 0.5020 กรัม ซึ่งคิดเป็นปริมาณสังกะสีที่ถูกดูดซับ โดยเส้นใยมะพร้าวได้เท่ากับ 3.05 มิลลิกรัม/กรัม (น้ำหนักเส้นใยมะพร้าว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้