สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การกำจัดโลหะหนักด้วยเส้นใยจากชานอ้อย

T107817

นาย ธนพล วรพุทธศาสนีย์
นาย ธนะพงษ์ ประจวบนพ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 107817
วัน,เดือน,ปี 14 พ.ค. 2553

b. 12211771
i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขา เคมีอุตสาหกรรม-เครื่องมือวิเคราะห์
ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Removal of Heavy Metal Using Bagasse

Mr. Tanapol Woraputtasasenee

Mr. Tanapong Prajaubnop

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

Acedemic Year 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษ	การกำจัดโลหะหนักด้วยเส้นใยจากชานอ้อย
นักศึกษา	นาย ธนพล วรพุทธศาสนีย์ 46050413
	นาย ธนะพงษ์ ประจวบนพ 46050785
ภาควิชา	เคมี คณะวิทยาศาสตร์
สาขาวิชา	เคมีอุตสาหกรรม-เครื่องมือวิเคราะห์
ปีการศึกษา	2549
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

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

.....

(ผศ.ดร.ประยงค์ ดวงดี)

หัวหน้าภาควิชาเคมี

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษ การกำจัดโลหะหนักด้วยเส้นใยจากชานอ้อย

นักศึกษา นาย ธนพล วรพุทธศาสนีย์ 46050413

นาย ธนะพงษ์ ประจวบนพ 46050785

ภาควิชา เคมี คณะวิทยาศาสตร์

ปีการศึกษา 2549

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้ทำการศึกษาการกำจัดโลหะหนักด้วยเส้นใยจากชานอ้อยชนิดที่ไม่ปรับสภาพและปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในอัตราส่วนเส้นใยจากชานอ้อย (กรัม):ไฮโดรเจนเปอร์-ออกไซด์ (กรัม) : น้ำ (มิลลิลิตร) เท่ากับ 5:0.5:100 , 5:1:100 , 5:1.5 :100 และ5:2:100 ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดทองแดง โดยทำการทดลองแบบคอลัมน์ใช้สารละลายทองแดงเข้มข้น 5,10,15 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ตรวจวัดปริมาตรทองแดงด้วยเครื่องเครื่องอะตอมมิกแอบ-ซอร์บชันสเปกโตรมิเตอร์ พบว่าสำหรับเส้นใยจากชานอ้อยที่ไม่ได้ปรับสภาพจะมีค่าการดูดซับทองแดงเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายทองแดง โดยค่าการดูดซับมากที่สุดอยู่ที่ 0.97 มิลลิกรัมทองแดงต่อ 1 กรัมเส้นใยจากชานอ้อย ส่วนเส้นใยจากชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วจะให้ค่าการดูดซับทองแดงสูงกว่าเส้นใยจากชานอ้อยที่ไม่ได้ปรับสภาพ โดยเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพด้วยอัตราส่วน 5:0.5:100 และ 5:1:100 จะให้ค่าการดูดซับมากที่สุดอยู่ที่ 2.08 และ 1.99 มิลลิกรัมทองแดงต่อ1กรัมเส้นใยจากชานอ้อยตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Removal of Heavy Metal Using Bagasse
Name	Mr. Tanapol Woraputtasasenee 46050413
	Mr. Tanapong Prajaubnop 46050785
Department	Chemistry Faculty of Science
Program	Industrial Chemistry – Analytical Instrumentation
Academic Year	2006
Special Project Advisor	Dr.Wiboon Praditweangkum

ABSTRACT

This special project is aimed to study the removal of heavy metal using unmodified and modified bagasse with hydrogenperoxide in the ratio of bagasse (gram) : hydrogen peroxide (g) : deionixed water (ml) were 5:0.5:100 , 5:1:100 , 5:1.5 :100 and 5:2:100 . The efficiency of copper removal using bagasse packed in column have been compaved when the concentration of copper solution were 5,10,15 and 20 mg/l (ppm) . The concentration of copper was detected by atomic absorption spectrometer (AAS). For the unmodified bagasse, absorption of copper increased with the concentration of copper solution and the maximum absorption was obtained at 0.97 mg copper/1 g of bagasse. The absorption of copper was increased when using modified bagasse , the maximum of absorption were 2.08 and 1.99 mg copper /1 g of bagasse with the modified ratios of 5:0.5:100 and 5:1:100 respectively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สามารถลุล่วงไปด้วยดีในครั้งนี้ สืบเนื่องมาจากความร่วมมือและความกรุณาของทุกๆท่าน ทั้งอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ และคณะกรรมการ ที่กรุณาตรวจสอบดูแลและเอาใจใส่เป็นอย่างดีจนโครงงานพิเศษนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องธุรการ เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการภาควิชาเคมี รวมทั้งแม่บ้านที่คอยให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในทุกๆด้าน

ขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ญาติ พี่น้อง และเพื่อนๆรวมถึงรุ่นพี่รุ่นน้องทุกๆคนที่ให้กำลังใจและช่วยเหลือในทุกๆด้านจนโครงงานนี้สำเร็จในที่สุด

นาย ธนพล วรพุทธศาสนีย์

นาย ธนะพงษ์ ประจวบนพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญรูป	ช
บทที่1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	1
1.4 ขั้นตอนการทำวิจัยและดำเนินงาน	2
1.5ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 โลหะหนัก	3
2.2 วิธีการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสีย	3
2.3 โลหะที่ทำการวิเคราะห์	4
2.4 ชานอ้อย (Bagasses)	5
2.5 การดูดซับ (absorption)	7
2.6 ทฤษฎีการแลกเปลี่ยนไอออน	9
2.7 Atomic absorption Spesctrophotometry	22
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	26
บทที่3 วิธีดำเนินงานวิจัย	
3.1 สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	27
3.2 การเตรียมเส้นใยอ้อย	28
3.3 การเตรียมสารละลายมาตรฐานทองแดงเข้มข้น 1000 mg/L	28
3.4 การเตรียมสารละลายมาตรฐานสังกะสีเข้มข้น 1000 mg/L	28
3.5 วิธีดำเนินการทดลอง	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้าที่
บทที่4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	31
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	44
เอกสารอ้างอิง	46
ภาคผนวก	47
ภาคผนวก ก	48
ภาคผนวก ข	54
ภาคผนวก ค	55
ภาคผนวก ง	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 หมู่ไอออนของเรซินประเภทต่าง	14
2.2 ลำดับความชอบไอออนของเรซินในน้ำที่มีสารละลายน้ำ 1,000 mg/L	19
2.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง Degree of Crosslinking กับการเลือกจับไอออน ของ Cation exchange resin	20
3.1 เส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) 40%	29
4.1 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ไม่ปรับสภาพที่ใช้สารละลายทองแดง เข้มข้น 5 ppm	31
	31
4.2 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ยังไม่ปรับสภาพที่ใช้สารละลายทอง แดงเข้มข้น 10 ppm	31
4.3 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ยังไม่ปรับสภาพที่ใช้สารละลาย ทองแดงเข้มข้น 15 ppm	32
4.4 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ยังไม่ปรับสภาพที่ใช้สารละลาย ทองแดงเข้มข้น 20 ppm	32
4.5 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน A ที่ใช้สาร ละลายทองแดงเข้มข้น 5 ppm	33
4.6 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน A ที่ใช้สาร ละลายทองแดงเข้มข้น 10 ppm	34
4.7 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน A ที่ใช้สาร ละลายทองแดง เข้มข้น 15 ppm	34
4.8 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน A ที่ใช้สาร ละลายทองแดงเข้มข้น 20 ppm	34
4.9 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน B ที่ใช้สาร ละลายทองแดงเข้มข้น 5 ppm	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.10 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน B ที่ใช้สารละลายทองแดงเข้มข้น 10 ppm	36
4.11 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน B ที่ใช้สารละลายทองแดงเข้มข้น 15 ppm	36
4.12 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน B ที่ใช้สารละลายทองแดงเข้มข้น 20 ppm	37
4.13 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน C ที่ใช้สารละลายทองแดงเข้มข้น 5 ppm	38
4.14 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน C ที่ใช้สารละลายทองแดงเข้มข้น 10 ppm	38
4.15 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน C ที่ใช้สารละลายทองแดงเข้มข้น 15 ppm	38
4.16 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน C ที่ใช้สารละลายทองแดงเข้มข้น 20 ppm	39
4.17 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน D ที่ใช้สารละลายทองแดงเข้มข้น 5 ppm	40
4.18 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน D ที่ใช้สารละลายทองแดงเข้มข้น 10 ppm	40
4.19 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน D ที่ใช้สารละลายทองแดงเข้มข้น 15 ppm	40
4.20 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน D ที่ใช้สารละลายทองแดงเข้มข้น 20 ppm	41
4.21 ผลการชะโลหะสังกะสีด้วย 0.10 M กรดไฮโดรคลอริก สำหรับเส้นใยอ้อยที่ไม่ได้ปรับ สภาพ	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.22 ผลการชะโลหะสังกะสีด้วย 0.010 M กรดไฮโดรคลอริก สำหรับเส้นใยอ้อยที่ไม่ได้ปรับสภาพ	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ลักษณะโครงสร้างเซลลูโลส	6
2.2 หน่วยย่อยในโครงสร้างของลิกนิน	7
2.3 ลักษณะโครงสร้างเรซินแลกเปลี่ยนไอออน	11
2.4 การแลกเปลี่ยน Na^+ ของเรซินแบบกรดแก่กับไอออนบวกทุกตัวในน้ำ	13
2.5 เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันเปกโตรโฟโตมิเตอร์	23
4.1 การดูดซับโลหะทองแดงต่อ ของเส้นใยอ้อยที่ไม่ปรับสภาพ	32
4.2 เปอร์เซ็นต์การชะโลหะทองแดงของเส้นใยอ้อยที่ไม่ปรับสภาพ	33
4.3 การดูดซับโลหะทองแดงต่อ 1 กรัมของเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน A	35
4.4 เปอร์เซ็นต์การชะโลหะทองแดงของเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน A	35
4.5 การดูดซับโลหะทองแดงต่อ 1 กรัมของเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน B	37
4.6 เปอร์เซ็นต์การชะโลหะทองแดงของเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน B	37
4.7 การดูดซับโลหะทองแดงต่อ 1 กรัมของเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน C	39
4.8 เปอร์เซ็นต์การชะโลหะทองแดงของเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน C	39
4.9 การดูดซับโลหะทองแดงต่อ 1 กรัมของเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน D	41
4.10 เปอร์เซ็นต์การชะโลหะทองแดงของเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน D	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ

ความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในปัจจุบันทำให้มีโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆเกิดขึ้นมากมายโรงงานอุตสาหกรรมเหล่านี้จะปล่อยน้ำทิ้งออกมาซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะโรงงานอุตสาหกรรมประเภทที่ต้องใช้โลหะหนักเป็นส่วนผสม น้ำทิ้งจากโรงงานเหล่านี้จะมีโลหะหนักปนเปื้อนออกมาด้วยซึ่งหากมีปริมาณมากจะมีผลกระทบโดยตรงต่อสิ่งแวดล้อมและเป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตเป็นอย่างมาก

โลหะหนัก หมายถึง โลหะที่มีความหนาแน่นเกินกว่า 5 กรัม / ลบ.ซม. ตัวอย่างเช่น ตะกั่ว แคดเมียม ปรอท โคบอลต์ เหล็ก ทองแดง เป็นต้น ความเป็นพิษของโลหะหนัก เกิดจากโลหะหนักที่ร่างกายได้รับทางระบบต่าง ๆ ของร่างกายไปรบกวนการทำงานของระบบเอ็นไซม์ของเซล และจับยึดกับเยื่อหุ้มเซลทำให้การควบคุมการลำเลียงของสารต่าง ๆ ของเยื่อหุ้มเซลล์ผิดปกติไป โลหะหนักบางชนิดมีผลต่อสมบัติทางด้านโครงสร้าง หรือเคมีไฟฟ้าของเซล ความเป็นพิษของโลหะหนักขึ้นอยู่กับรูปแบบทางเคมีของสารประกอบของโลหะหนักแต่ละชนิดและเส้นทางที่ร่างกายได้รับเข้าไป เช่น ทางระบบหายใจ ระบบทางเดินอาหาร ผิวหนัง

จากการศึกษาพบว่าเส้นใยอ้อยมีโครงสร้างเป็นเซลลูโลส ซึ่งมีคุณสมบัติในการดูดซับโลหะหนัก ในงานวิจัยนี้จึงได้นำเส้นใยอ้อยมาปรับสภาพในสภาวะต่างๆ เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักได้ดีขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ

เพื่อศึกษาการดูดซับโลหะหนักโดยใช้เส้นใยอ้อยและศึกษาการปรับสภาพเส้นใยอ้อยในสภาวะต่าง ๆ เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักได้ดีขึ้น

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. โลหะหนักที่ศึกษาคือ ทองแดง สังกะสี
2. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการกำจัดโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ไม่ได้ปรับสภาพ กับเส้นใยอ้อยที่ผ่านการปรับสภาพในสภาวะต่าง ๆ
3. วิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักด้วยวิธีอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโตรโฟโตเมทรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการทำวิจัยและดำเนินงาน

1. สืบค้นข้อมูลจากแหล่งที่เกี่ยวข้อง
2. วางแผนการทดลองโดยจัดหาอุปกรณ์ สารเคมี สารตัวอย่าง และเครื่องมือที่ใช้
3. ดำเนินการทดลองโดยศึกษาหาประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักของเส้นใยอ้อยที่ไม่ได้ปรับสภาพเปรียบเทียบกับเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพในสภาวะต่าง ๆ วิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักที่ทำการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโตรโฟโตเมทรี

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นการนำเส้นใยอ้อยซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดการประโยชน์
2. ทำให้ทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมในการใช้เส้นใยอ้อยเพื่อกำจัดโลหะหนัก
3. ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพในการใช้เส้นใยอ้อยเพื่อการกำจัดโลหะหนัก

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 โลหะหนัก [1]

โลหะหนัก (Heavy Metals) หมายถึง ธาตุที่มีเลขอะตอมในช่วง 23 -92 อยู่ในคาบ 4 - 7 ในตารางธาตุ และความถ่วงจำเพาะตั้งแต่ 5 ขึ้นไป ในสถานะปกติโลหะหนักเมื่ออยู่ในรูปของธาตุบริสุทธิ์มีความเป็นพิษเล็กน้อย แต่ถ้าอยู่ในรูปสารประกอบบางตัวจะเป็นอันตรายมาก โลหะหนักมีทั้งหมด 68 ธาตุ เช่น ตะกั่ว ปรอท แคดเมียม สังกะสี ทองแดง นิกเกิล โครเมียม เหล็ก แมงกานีส โคบอลต์ สารหนู เป็นต้น โลหะหนักที่มีบทบาทต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด คือ ปรอท ตะกั่ว แคดเมียม สารหนู มนุษย์ได้รับโลหะหนักเข้าไปในร่างกาย อาจจะเนื่องมาจากโลหะหนักสะสมอยู่ในห่วงโซ่อาหารและในขบวนการทางชีวภาพ มนุษย์อาจจะบริโภคเข้าไปโดยตรง หรือได้สัมผัสหรือได้รับโดยทางอ้อมมักพบโลหะหนักปนเปื้อนในตะกอนมากกว่าในน้ำเสมอ เพราะตะกอนมีประจุเป็นลบเป็นส่วนใหญ่ ส่วนโลหะหนักมีประจุเป็นบวก จึงมีความสามารถเกาะยึดกันได้ดีกว่าในน้ำ

2.2 วิธีการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสีย [2]

กระบวนการบำบัดโลหะหนักในน้ำเสียมีหลายวิธี การพิจารณาจะเลือกวิธีใดขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในแง่ต่างๆ ได้แก่ คุณสมบัติน้ำเสียก่อนบำบัด คุณภาพน้ำที่ต้องการหลังการบำบัด ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งสามารถสรุปวิธีการบำบัดได้ดังนี้

1) การแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange)

กระบวนการนี้อาศัยหลักการที่ไอออนแต่ละชนิดจะมีความชอบหรือถูกดูดจับด้วยเรซินไม่เท่ากัน ในการแยกโลหะหนักออกจากสารละลาย โดยสารที่ใช้แลกเปลี่ยนไอออนซึ่งมาจากธรรมชาติและสังเคราะห์ขึ้น จะมีหมู่ฟังก์ชั่นของไอออนติดอยู่และถูกทำให้สมดุลด้วยไอออนที่มีประจุตรงข้ามซึ่งอยู่ในสารละลาย เหมาะสำหรับกำจัดโลหะที่มีปริมาณน้อยและประสิทธิภาพสูง

2) อิเล็กโตรไดอะไลซิส (electrodialysis)

วิธีการนี้จะเป็นการแยกไอออนออกจากสารละลายด้วยกระแสไฟฟ้าตรงร่วมกับการใช้เมมเบรนที่เลือกเฉพาะสำหรับไอออนแต่ละชนิด (ion selective membrane) กลไลของวิธีการนี้เป็นการแลกเปลี่ยนไอออนร่วมกับการสกัดด้วยตัวทำละลายและน้ำเสียจะต้องผ่านการกรองก่อนเพื่อป้องกันการอุดตันของแผ่นเมมเบรนความบริสุทธิ์ของไอออนขึ้นกับความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ไหลผ่านเมมเบรน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการนี้มีต้นทุนการก่อสร้างและการดำเนินการสูง แต่มีข้อดีคือสามารถกำหนดขนาดของไอออนที่ต้องการได้

3) การสกัดกลับคืนด้วยไฟฟ้า (electrolytic recovery)

วิธีการนี้จะเป็นกระบวนการทางไฟฟ้าเคมี ซึ่งจะลดปริมาณไอออนของโลหะที่อยู่ในสารละลายให้อยู่ในรูปของธาตุที่ขั้วแคโทด และเกิดแก๊สออกซิเจนที่ขั้วแอโนดตลอดเวลา วิธีนี้เหมาะสำหรับสารละลายที่มีความเข้มข้นของโลหะสูงแต่ไม่นิยมเนื่องจากสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าสูงมาก

4) การตกตะกอนทางเคมี (Chemical precipitation)

เป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน กระบวนการนี้จะทำหน้าที่เปลี่ยนสภาพของต่างๆที่ละลายอยู่ในรูปสารละลายให้เป็นสารที่อยู่ในรูปไม่ละลาย โดยวิธีเติมสารเคมีให้ผสมกับน้ำเสียให้ทั่วถึง ซึ่งการตกตะกอนด้วยวิธีทางเคมีมีหลายวิธีด้วยกัน แต่นิยมใช้ในฮดรอดไซด์และการตกตะกอนซัลไฟด์

5) การดูดซับ (adsorption)

วิธีการนี้เป็นกระบวนการในการกำจัดสารที่มีขนาดเล็กจนถึงระดับโมเลกุล โดยสารที่ใช้ในการดูดซับมักจะเป็นถ่านกัมมันต์ (activated carbon) กระบวนการนี้สามารถนำมาใช้กำจัดโลหะหนักได้จนเหลือถึงระดับที่ยอมรับให้มีได้

6) การออสโมซิสย้อนกลับ (reverse osmosis)

เป็นการแยกโลหะออกจากน้ำเสีย โดยใช้หลักการความแตกต่างของแรงดันระหว่างแผ่นเมมเบรนซึ่งจะใช้เฉพาะตัวทำละลายผ่าน เพื่อแยกสารที่ต้องการออกและทำให้เข้มข้นขึ้น จะต้องใช้ความดันสูงโดยอาจสูงกว่า 100 บรรยากาศ

7) การระเหย (evaporation)

เป็นวิธีการง่ายๆทำโดยระเหยน้ำออกทำให้มีวามเข้มข้นสูงขึ้น มีทั้งการระเหยที่ความดันบรรยากาศ และการระเหยภายใต้ สุญญากาศ ได้ผลดีกับน้ำเสียที่มีปริมาณโลหะหนักสูงๆ เท่านั้น เป็นวิธีการที่ใช้ต้นทุนในการดำเนินสูง

2.3 โลหะที่ทำการวิเคราะห์ [1]

ทองแดง (Copper)

ทองแดงเป็นโลหะที่อยู่ในหมู่ IB ในตารางธาตุมีเลขอะตอม 29 น้ำหนักอะตอม 63.54 จุดเดือด 2,595 องศาเซลเซียส จุดหลอมเหลว 1,083 องศาเซลเซียส ความถ่วงจำเพาะ 8.96 มีเลขออกซิเดชัน +1 และ +2 มีคุณสมบัติอ่อน ดัดง่าย นำความร้อนและไฟฟ้าได้ดี ทนต่อการกัดกร่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ประโยชน์

ทองแดงจะถูกนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมหลายชนิด ได้แก่ การนำไปทำอุปกรณ์อิเล็ก-ทรอนิกส์และผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าใช้ในงานก่อสร้างอาคาร อุปกรณ์ และเครื่องจักร และใช้ในส่วนประกอบของยาปราบศัตรูพืชใช้ในงานทำเม็ดสีในอุตสาหกรรมเส้นใยและเซรามิก

ความเป็นพิษ

ทำให้เกิดโรค Wilson Disease ซึ่งเป็นความผิดปกติเนื่องจากมี ระดับทองแดงสะสมอยู่ในร่างกายมาก ในกรณีที่เกิดอุบัติเหตุร่างกายได้รับทองแดงเข้าไปมากจะเกิดอาการเป็นพิษเฉียบพลัน คือ คลื่นไส้ อาเจียน ท้องร่วง ปัสสาวะเป็นเลือด ความดันโลหิตต่ำ และอาจทำให้เสียชีวิตถ้ามีความเข้มข้นของทองแดงในดินสูง จะเป็นพิษต่อพืชไปทำลายปลายยอดของต้นไม้ไม่ให้งอกงามต่อไป

2.4 ชานอ้อย (Bagasses) [3,4]

เส้นใยธรรมชาติเป็นวัสดุอินทรีย์ที่สำคัญ พบได้ง่ายทั่วไปตามธรรมชาติ และมีราคาถูกกว่าเส้นใยสังเคราะห์ โครงสร้างของเส้นใยธรรมชาติจะประกอบด้วยเซลลูโลส (cellulose) เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังมีเฮมิเซลลูโลส (hemicelluose) ลิกนิน (Lignin) และสารประกออื่นๆ

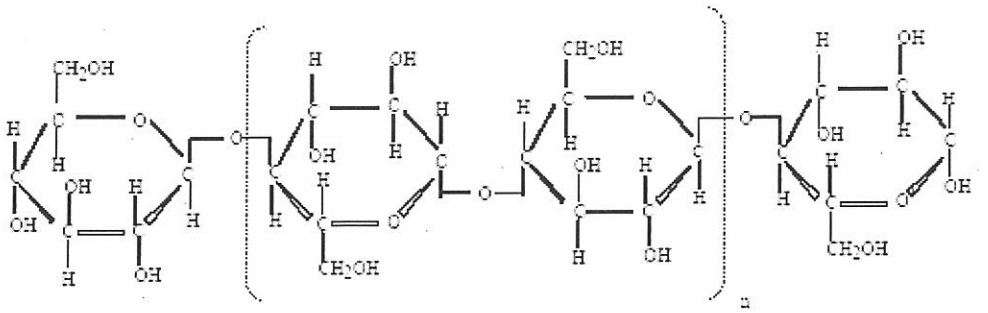
เส้นใยอ้อย

เส้นใยอ้อยมีลักษณะคล้ายกับเส้นใยของฝ้ายและขนสัตว์ คือ มีลักษณะโครงสร้างขดเป็นวง มีความยาวโดยเฉลี่ยประมาณ 1.0-4.0 มิลลิลิตร และกว้าง 0.01-0.04 มิลลิลิตร ลักษณะของเส้นใยนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของชานอ้อย สำหรับส่วนประกอบทั่วไปของชานอ้อยโดยประมาณ คือ ความชื้นร้อยละ 49 ของแข็งที่ละลายได้ ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่น้ำตาลร้อยละ 6 ของแข็งที่ละลายไม่ได้หรือส่วนที่เป็นเส้นใย (Fiber) ร้อยละ 45 โดยส่วนที่เป็นเส้นใยนี้จะไม่ละลายน้ำและจะประกอบด้วย เซลลูโลส เพนโตเซน (Pentosans) และลิกนิน

1. เซลลูโลส

เซลลูโลสเป็นโพลีแซคคาไลด์ (Polysaccarides) เชิงเส้นตรง ที่ประกอบด้วยหน่วยซ้ำๆกัน มีสูตรโมเลกุลทั่วไป คือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ เป็นโครงสร้างในเนื้อเยื่อพืชโดยพบรวมกันลิกนิน เพนโตเซน กัม แทนนิน ไขมัน สารที่ทำให้เกิดสี เซลลูโลสจะมีโมเลกุลยาวและแข็ง โดยเซลลูโลสในชานอ้อยจะมีสายโซ่พอลิเมอร์ ประมาณ 2,000-3,000 หน่วยโครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลสดังรูปที่1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 ลักษณะโครงสร้างของเซลลูโลส

เซลลูโลสประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลถึง 3 หมู่ สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้ แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของเซลลูโลสมีมาก และโครสร้างของเซลลูโลสยังจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ จึงทำให้เซลลูโลสมีความเป็นผลึกสูง อุณหภูมิหลอมตัวจะสูงมาก มักจะเกิดการสลายตัวก่อนถึงอุณหภูมิหลอมตัวและมีความสามารถในการละลายต่ำ เซลลูโลสธรรมชาติจะมีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยแตกต่างกัน การกระจายน้ำหนักโมเลกุลของเซลลูโลสมีความสำคัญต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ส่วนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำจะส่งผลให้คุณสมบัติทางกายภาพไม่ดี ในทางอุตสาหกรรมจะหาน้ำหนักโมเลกุลโดยประมาณได้โดยการทดสอบความหนืด

สมบัติทางกายภาพที่สำคัญของเซลลูโลส ได้แก่

- การดูดซับความชื้น เซลลูโลสจะมีการดูดหรือคายน้ำและของเหลวอื่นๆที่อยู่ในบรรยากาศรอบๆจนกระทั่งถึงจุดสมดุล ซึ่งสมดุลของปริมาณความชื้นของเซลลูโลสจะเปลี่ยนไปตามความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศรอบๆนั้น ปริมาณความชื้นของเซลลูโลสมีผลต่อคุณสมบัติบางประการ เช่น ความทนแรงดึงของเส้นใยฝ้ายจะมากขึ้นเมื่อมีความชื้นสูงขึ้น แต่เส้นใยเรยอนจะมีค่าลดลง ส่วนคุณสมบัติการนำไฟฟ้าจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมีความชื้นมากขึ้น
- เซลลูโลสไม่ละลายน้ำ แต่จะละลายในกรดแก่เข้มข้น เซลลูโลสจะเกิดไฮโดรไลซีสอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิห้อง แต่จะหยุดที่อุณหภูมิต่ำ สารละลายของเกลือบางชนิดที่เข้มข้นจะทำให้เซลลูโลสบวมตัวและบางทีจะทำให้เซลลูโลสที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำๆละลายได้ ความหนืดเป็นคุณสมบัติที่สำคัญบางประการหนึ่งของเซลลูโลสและอนุพันธ์ โดยความหนืดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อความเข้มข้นของเซลลูโลสเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความหนาแน่นของของเซลลูโลสที่เป็นเส้นใยเดี่ยวจะไม่เป็นค่าแน่นอน ค่าเฉลี่ยความหนานแน่นของเส้นใยเซลลูโลสจะแปรตามแหล่งที่มา และอาจเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการปรับปรุงทางเคมี

2. เพนโตแซน

เพนโตแซนเป็นรูปหนึ่งของเฮมิเซลลูโลส สามารถละลายน้ำได้ ประกอบด้วยหน่วยน้ำตาลเพนโตสมากกว่ากลูโคส และมีค่าดีกรีของโพลิเมอร์ต่ำกว่าเซลลูโลสโดยประมาณ 40 หน่วย เมื่อไฮโดรไลซีสเพนโตแซนจะได้ไซโตส อะราบิโนส และกรดยูโรนิก แต่ถ้าต้มด้วยกรดเกลือ เพนโตแซนจะเปลี่ยนเป็นเฟอฟูรัล

3. ลิกนิน

ลิกนินเป็นสารประกอบเชิงซ้อนมีน้ำหนักโมเลกุลสูง มักพบอยู่รวมกับเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสมีสูตรโมเลกุล $C_{49}H_{52}O_{14}$ โครงสร้างทางเคมีจะเป็นวงแหวนอะโรมาติกขนาดใหญ่ประกอบด้วยวงเบนซินและหมู่ฟีนอลที่มีและไม่มีการเติมหมู่เมธิล ลิกนินไม่ละลายน้ำ ไม่มีสมบัติทางการยืดหยุ่น พืชที่มีลิกนินมากจะมีความแข็งแรงคงทน

รูปที่ 2 หน่วยย่อยในโครงสร้างของลิกนิน (ปราณี, 2532)

2.5 การดูดซับ (absorption) [5]

หลักการ

การดูดซับเป็นปรากฏการณ์ที่สำคัญของกระบวนการทางกายภาพ ชีวภาพ และเคมี การดูดซับได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการบำบัดทั้งน้ำดีและน้ำเสีย การดูดซับเป็นความสามารถของสารในการดึงโมเลกุลหรือคอลลอยด์ที่อยู่ในของเหลวหรือแก๊สให้มาจับและติดที่ผิวของมันซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรากฏการณ์เคลื่อนย้ายสาร จากของเหลวหรือแก๊สมายังผิวของแข็งเป็นส่วนที่สำคัญของกระบวนการนี้ โดยโมเลกุลหรือคอลลอยด์ที่เคลื่อนย้ายมาเรียกว่า **ตัวถูกดูดซับ** (absorbate) ส่วนของแข็งที่มีผิวเป็นที่เกาะจับของตัวถูกดูดซับเรียกว่า **ตัวดูดซับ** (absorbent)

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

การดูดซับที่สำคัญมี 2 แบบ คือการดูดซับทางกายภาพ และการดูดซับทางเคมี การดูดซับทั้ง 2 แบบนี้ เกิดขึ้นเมื่อมวลโมเลกุลในของเหลวเข้าใกล้ และยึดติดกับผิวของของแข็ง ซึ่งเป็นผลมาจากแรงดึงดูดที่ผิวของแข็งสามารถเอาชนะพลังงานจลน์ของโมเลกุลของสารที่อยู่ในของเหลวได้

การดูดซับทางกายภาพเป็นผลมาจากปฏิกิริยาของแรงวันเดอร์วาลว์ ซึ่งเกิดจากการรวมตัวกันของแรง 2 ชนิด คือ แรงกระจาย (London Dispersion Force) และแรงไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Force) โมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับจะถูกยึดติดแบบกายภาพกับโมเลกุลของสารดูดซับ การดูดซับแบบนี้เป็นหลายชั้น ซึ่งแต่ละชั้นของโมเลกุลจะอยู่บนชั้นโมเลกุลของสารก่อนหน้านี้ จำนวนชั้นของโมเลกุลจะมากขึ้นตามความเข้มข้นที่สูงขึ้นของตัวถูกละลายในสารละลาย การดูดซับแบบทางกายภาพทั่วไปจะเกิดที่อุณหภูมิต่ำซึ่งการดูดซับมีพลังงานต่ำ การย้อนกลับของกระบวนการดูดซับทางกายภาพขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของแรงดูดซับระหว่างสารดูดซับและสารถูกดูดซับ ถ้าแรงมีค่าน้อยการหลุดออกของสารดูดซับสามารถเกิดขึ้นได้

การดูดซับทางเคมีเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างสารดูดซับและสารถูกดูดซับ เกิดเป็นสารประกอบเคมีซึ่งแตกต่างจากการดูดซับทางกายภาพ กระบวนการนี้จะมีความหนาของโมเลกุลเพียงชั้นเดียว (Monolayer) และไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาผันกลับมาเองได้ (Irreversible) ส่วนการดูดซับทางกายภาพที่สามารถผันกลับเองได้(Reversible) เนื่องจากมีการจับตัวทางเคมีสร้างสารประกอบใหม่ที่ผิวของสารดูดซับ การดูดซับทางเคมีจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูงเนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมีจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูงมากกว่าอุณหภูมิต่ำความแข็งแรงของแรงดึงดูดสามารถวัดได้จากผลต่างจากความร้อนที่เกิดขึ้นจากการดูดซับทางกายภาพจะให้พลังงานต่ำ โดยทั่วไปประมาณ 2 – 10 กิโลแคลอรี่ต่อโมล

สารที่มีความสามารถในการดูดซับมีหลายชนิด อาจแบ่งได้เป็น 3 ประเภท

1. ประเภทสารอนินทรีย์ เช่น ดินเหนียวชนิดต่างๆ แมกนีเซียมออกไซด์ และแอกติเวเตดซิลิกา สารธรรมชาติมักมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูงมาก อย่างไรก็ตามมีข้อเสีย คือ จับโมเลกุลหรือคอลลอยด์ได้เพียงไม่กี่ชนิด ทำให้การใช้ประโยชน์จากสารดูดซับประเภทสารอนินทรีย์มีขีดจำกัดมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ถ่านกัมมันต์เป็นสารดูดติดผิวที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 600-1000 ตารางเมตรต่อกับ
3. ประเภทสารอินทรีย์สังเคราะห์ ได้แก่สารแลกเปลี่ยนไอออนชนิดพิเศษที่สังเคราะห์ขึ้นเพื่อกำจักสารอินทรีย์ต่างๆ สารเรซินเหล่านี้มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 300-500 ตารางเมตรต่อกรัม

2.6 ทฤษฎีการแลกเปลี่ยนไอออน [6]

การแลกเปลี่ยนไอออน(อนุมูลที่มีประจุ) เป็นปรากฏการณ์ชนิดหนึ่งซึ่งมีการสับเปลี่ยนไอออนกลับไปกลับมา (Reversible interchange) ระหว่างตัวกลาง 2 ชนิด คือ ตัวกลางของเหลวและตัวกลางของแข็ง โดยไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของตัวกลางของแข็ง

หน้าที่และกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน

หน้าที่และกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน มี 2 ประการ ซึ่งเกิดต่อเนื่องกันคือ

1. การกำจัดไอออนต่างๆ ออกจากน้ำ เช่น Ca^{2+}, Mg^{2+}, SO_4^{2-}, Cl^- เป็นต้น นอกจากนี้ในบางครั้งเรซินอาจใช้กำจัดโลหะพิษต่าง ๆ ออกจากน้ำได้ด้วย แต่ทั้งนี้ต้องใช้เรซินที่สังเคราะห์เป็นพิเศษ โลหะพิษที่ใช้เรซินกำจัดออก ได้แก่ อาเซนิค แบเรียม แคดเมียม โคบอลต์ทองแดง ทอง ตะกั่ว เซเลเนียม เงิน แวนาเดียม และสังกะสี

2. ทำให้ไอออนต่างๆ มี ความเข้มข้นสูงมากๆ คือ ไอออนที่ถูกกำจัดออกจากสารละลายจะหลุดออกมากับสารละลายรีเจนเนอแรนต์ (Regenerant) ในระหว่างการทำรีเจนเนอเรชั่น (Regeneration) เนื่องจากปริมาตรของสารละลายรีเจนเนอแรนต์ต่ำกว่าปริมาตรสารละลายซึ่งเป็นที่อยู่เดิมของไอออน ความเข้มข้นใหม่ของไอออนจึงสูงกว่ามากซึ่งเป็นการทำให้ ไอออนซึ่งเดิมเจือจางมากมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นหลายๆ เท่าการแลกเปลี่ยนไอออนได้ รับการประยุกต์ให้ใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย เช่น การแก้ความกระด้างของน้ำ (Softener) การทำให้น้ำบริสุทธิ์ปราศจากแร่ธาตุ (Demineralizer) การกำจัดสารอินทรีย์ (Organic removal)ตัวอย่างการแลกเปลี่ยนไอออน สำหรับ Softener อาจเขียนสมการเคมีได้ดังนี้

$$RNa + Ca(HCO_3)_2 \text{ ----------> } RCa + 2NaHCO_3$$

เมื่อ R คือตัวกลางของแข็งซึ่งเดิมอยู่ในรูปของโซเดียม (Na^+) เป็นส่วนที่เคลื่อนที่ได้ของหมู่ไอออนตัวกลาง ซึ่งใช้แลกกับไอออนบวกที่อยู่ใน น้ำคือ Ca^{2+} ในปริมาณที่สมมูลย์กันสำหรับตัวกลางของ แข็งที่อยู่ในรูปของแคลเซียม เมื่อนำมาทำปฏิกิริยากับเกลือแกงซึ่งมี Na^+ อยู่เป็นจำนวนมากจึงจะเกิดการแลกเปลี่ยนไอออนกลับมาเป็นตัวกลางที่อยู่ในรูปของโซเดียมอีกทำให้สามารถนำกลับ ไปใช้จำกัดความกระด้างใหม่ได้อีก เขียนสมการเคมีใหม่ได้ดังนี้

$$RCa + 2NaCl \text{ ----------> } RNa_2 + CaCl_2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยสารละลายเกลือแกงจะต้องมีความเข้มข้นในปริมาณมากเพื่อให้สมดุลย์ของปฏิกิริยากลับทิศทาง

โครงสร้างของเรซินแลกเปลี่ยนไอออน

โครงสร้างของเรซินมีความสำคัญต่อการกำหนดสมรรถภาพในการแลกเปลี่ยนไอออนเรซินจะมีโครงร่างคล้ายตาข่ายสามมิติ ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ โครงร่างที่ไม่มีประจุไฟฟ้าและหมู่ไอออนที่มีประจุไฟฟ้า ซึ่งหมู่ไอออนที่มีประจุไฟฟ้าอยู่ตามตำแหน่งต่างๆ บนตาข่ายเรียกว่า Functional group หมู่ไอออนนี้ส่วนหนึ่งเกาะติดอยู่กับโครงร่างและไม่เคลื่อนที่ อีกส่วนหนึ่งเคลื่อนที่ได้ และเป็นส่วนที่ใช้แลกเปลี่ยนกับไอออนที่อยู่ในน้ำโครงร่างของเรซินเป็นส่วนที่ทำให้มันมีรูปร่างเป็นอย่างที่ปรากฏและคงรูปอยู่ได้โดยไม่ละลายน้ำและไม่แตกหักโดยง่ายโครงร่างนี้สร้างขึ้นจากสารประกอบไฮโดรคาร์บอนจำนวนมากที่เป็นชนิดเดียวกันซึ่งต่อกันเป็นสายยาวและมีไฮโดรคาร์บอนอีกชนิดหนึ่งมาทำหน้าที่ประสานเพื่อให้เกิดเป็นรูปสามมิติ (รูปที่ 2) ที่ มีความโปร่งหรือความพรุน ความโปร่งใสของเรซินขึ้นอยู่กับความเหนียวแน่นของการประสาน (Degree of crosslinkage) ซึ่งวัดได้จากปริมาณของตัวประสาน ถ้าปริมาณของตัวประสานมาก โครงร่างของเรซินจะแข็งและทึบ แต่ ถ้าปริมาณของตัวประสานน้อยโครงร่างของเรซิ นจะอ่อนและโปร่งความโปร่งหรือความพรุนของเรซินกับโครงร่างของเรซินมีความสำคัญต่อการกำหนดความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน (Exchange capacity) และกำหนดลักษณะอื่นๆของ เรซินด้วย เช่น ความชื้นในเรซิน เป็นต้น กล่าวคือ เรซินจะต้องมีความพรุนพอเพียงที่จะทำให้ไอออนต่างๆ เคลื่อนที่เข้าออกได้สะดวกจึงจะมีการแลกเปลี่ยนไอออนได้เรซินที่มี Degree of crosslinkageสูงเกินไปจะมีความพรุนต่ำทำให้ความชื้นอยู่ในเรซินน้อยซึ่งจะแตกหักง่าย เรซินที่มี Degree of crosslinkage ต่ำเกินไปจะมีความพรุนมากทำให้อมน้ำได้มากแต่ สลายตัวได้ง่ายเนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวต่ำ

หมู่ไอออน (Functional group) ของเรซิน เป็นตัวกำหนดพฤติกรรมต่างๆของเรซิน เช่น ความสามารถหรืออำนาจในการแลกเปลี่ยนไอออน เป็นต้น ถ้าส่วนโครงร่าง Matrix มีประจุลบประจำตัว Functional group จะมีประจุบวกเรียกว่าเป็น Cation exchanger คือเป็นสารแลกเปลี่ยนประจุบวก ถ้าโครงร่าง Matrix มีประจุ บวก ประจำตัว Functional group จะมีประจุลบ เรียกว่าเป็น Anion exchanger คือเป็นสารแลกเปลี่ยนประจุลบ

เรซินสังเคราะห์ โดยกระบวนการทางเคมีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันส่วนใหญ่มีโครงสร้างเป็นสารพวก Polystyrene ที่รวมตัวอยู่กับ Divinylbenzene โดย Functional group ของ Cation exchanger เป็นพวก Sulphonic , Carboxylic หรือ Phosphonic ส่วนเรซินที่นำไปใช้เป็นสารแลกเปลี่ยนประจุลบ (Anion exchanger) จะเป็นพวกที่มี Functional group เป็นพวก

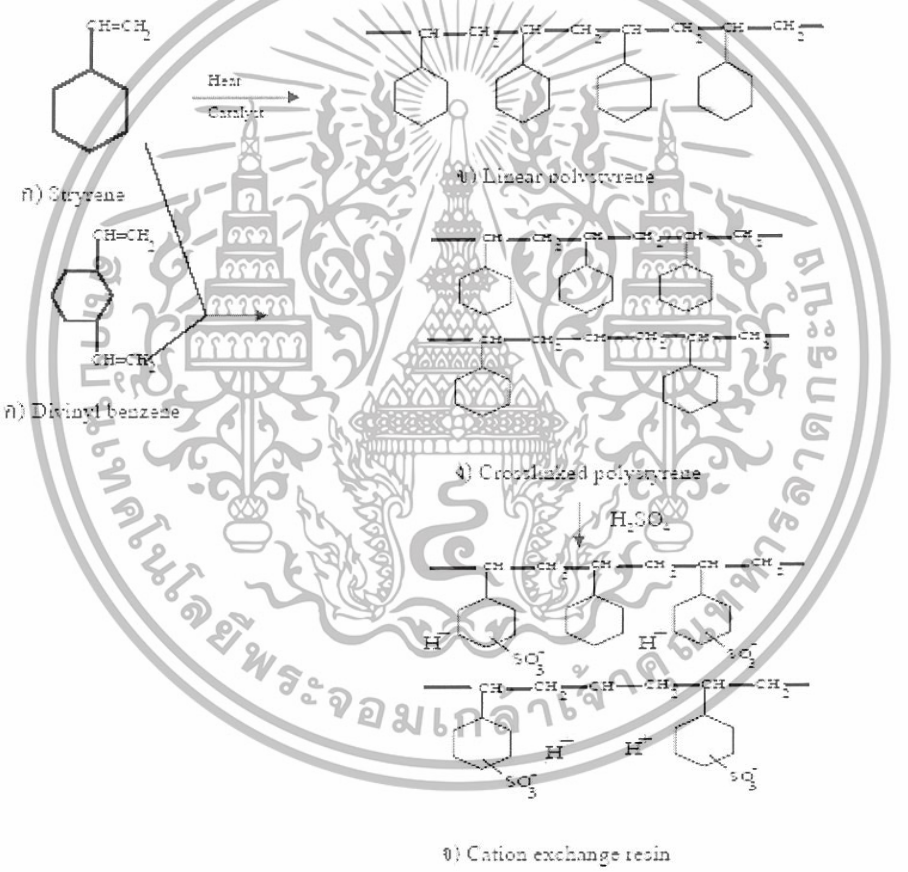
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Quarternaryammonium , Primary amine หรือ Secondary amine โครงร่างของเรซิน (Matrix) อาจแบ่งลักษณะทางฟิสิกส์ได้ 3 ลักษณะ คือ

1. Gel type มีลักษณะนิ่มคล้ายวุ้นสามารถบรรจุ Functional group ได้มาก แต่รูพรุนมีขนาดเล็กและถี่มากเป็นพวก Membrane ข้อเสียคือเกิดการอุดตันได้ง่าย โดยเฉพาะถ้าเป็น Stronganion exchanger

2. Macroporous type มีความพรุนมากกว่า คือมีพื้นที่ผิวมากถึง 100 ตารางเมตรต่อกรัมทำให้ไม่ค่อยอุดตันเป็นพวก Polystyrene Divinylbenzene แขนโครงร่างมี DVB 8-12% โดยถ้า%DVB น้อย การพองตัวขาดตัวจะมาก การวิ่งเข้าออกของไอออนผ่านเรซินจะดี แต่ความแข็งแรงมีน้อย

3. Opaque gel เป็นโครงร่างที่แข็งแรงแต่สามารถบรรจุ Functional group และยึดหดได้มากพอสมควร



รูปที่ 3 ลักษณะโครงสร้างของเรซินแลกเปลี่ยนไอออน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ภาพ ก.)ไฮโดรคาร์บอนที่เป็นต้นกำเนิดคือ Styrene

(ภาพ ข.) เมื่อหลายโมเลกุลมาต่อกันจะเป็นโพลีเมอร์

(ภาพ ค.) เป็นสายยาวการต่อกันเป็นสามมิติเกิดขึ้นได้เมื่อมีตัวประสานคือ Divinylbenzene

(ภาพ ง.) ทำให้ได้โครงร่างของเรซิน ซึ่งยังไม่มีอำนาจในการแลกเปลี่ยนไอออน

(ภาพ จ.) การเติมหมู่ไอออน เช่น $-SO_3H$ (ซัลโฟนิค) ทำให้ได้เรซินที่มีอำนาจอย่างสมบูรณ์

การแบ่งเรซินตามลักษณะการใช้งานตาม Functional group

คุณสมบัติการแลกเปลี่ยนไอออนของเรซินจะขึ้นอยู่กับหมู่ไอออนของเรซิน สามารถแบ่งได้เป็น Acidity และ Basicity นอกจากนี้ยังแบ่งย่อยได้เป็น เรซินแบบกรดแก่ (Strong acid ion exchanger) เรซินแบบกรดอ่อน (Weak acid ion exchanger) เรซินแบบด่างแก่ (Strong basic ion exchanger) เรซินแบบด่างอ่อน (Weak basic ion exchanger) หมู่ไอออน ของเรซินประเภทต่างๆ แสดงในตารางที่ 1

1. เรซินแบบกรดแก่ (Strong acid ion exchanger)

เรซินแบบกรดแก่คือ พวกที่มี Functional group เป็นพวกกรดแก่ เช่น Sulphonic acidหน้าที่ของเรซินแบบกรดแก่จะใช้ไอออนบวกของตัวเอง (H^+, Na^+) แลกกับไอออนที่ต้องการจะกำจัดออกจากน้ำ เช่น Ca^{2+}, Mg^{2+} เป็นต้น H^+ หรือ Na^+ เป็นส่วนที่เคลื่อนที่ได้หมู่ไอออนของเรซินโดยเรซินแบบกรดแก่จะมีหมู่ซัลโฟนิค ($-SO_3$) เป็นหมู่ไอออนซึ่งจับติดอยู่กับโครงไฮโดรคาร์บอนหมู่ซัลโฟนิคนี้จะอยู่ในรูปของ H^+ หรือ Na^+ ก็ได้ ($-SO_3H^+$, $-SO_3$) $-SO_3$จะเป็นส่วนที่ไม่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแต่มี H^+ หรือ Na^+ที่ใช้แลกเปลี่ยนกับไอออนบวกที่อยู่ในน้ำ (รูปที่ 3)

ตัวอย่างการแลกเปลี่ยนไอออนของเรซินแบบกรดแก่ที่มี H^+ หรือ Na^+เป็นดังนี้ คือ

$$RSO_3H_2 + Ca^{2+} \text{ ----------> } RSO_3Ca_2^{+} + 2\,H^+$$

เรซินแบบกรดแก่ สามารถที่จะจับไอออนบวกของ Cation ได้ทั้งหมด เมื่อเรซินหมดอำนาจในการแลกเปลี่ยนไอออน สามารถเรียกอำนาจกลับคืนมาได้โดยการทำรีเจนเนอเรชั่นเรซินที่อยู่ในรูปของ Na^+ ต้องรีเจนเนอเรตด้วย NaCl

$$RSO_3Ca + 2NaCl \text{ ----------> } RSO_3Na_2 + CaCl_2$$

ส่วนเรซินที่อยู่ในรูปของ H+ ต้องรีเจนเนอเรตด้วยกรดแก่ (H+)

$$RSO_3Ca + 2\,H^+ \text{ ----------> } RSO_3H_2 + Ca^{2+}$$

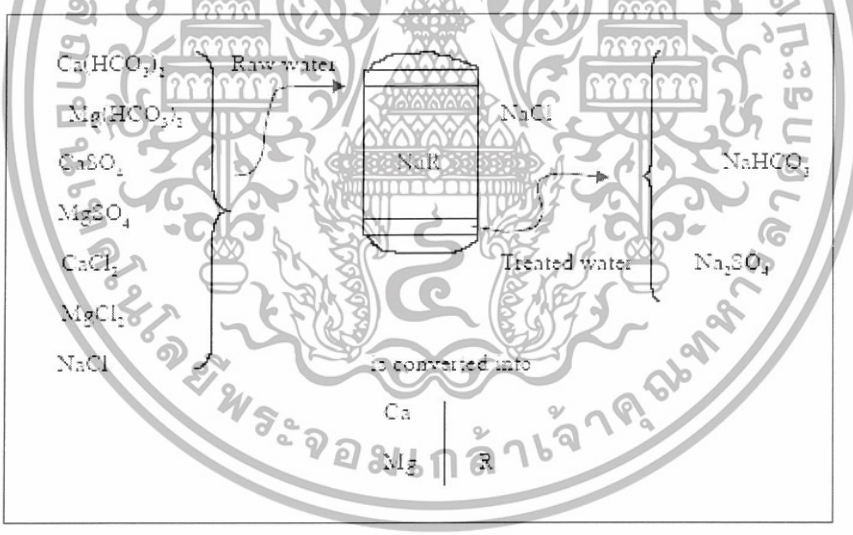
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรซินแบบกรดแก่มีข้อดี คือ

1. ใช้ได้ดีกับน้ำที่มีพีเอชทุกระดับ
2. สามารถแยก Na^+ จากเกลือแกงได้
3. การรั่วของไอออนบวกที่ต้องการกำจัด เกิดขึ้นน้อย
4. สามารถแลกเปลี่ยนไอออนได้รวดเร็ว
5. มีความคงทน ใช้งานได้นาน โดยมีการสูญเสียอำนาจเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย
6. การเปลี่ยนรูปของ Na^+ในเรซินเป็น H^+ ทำให้ปริมาตรเพิ่มขึ้นเพียง 7 %
7. เหมาะสำหรับใช้กำจัดความกระด้างหรือในการทำน้ำบริสุทธิ์ปราศจากแร่ธาตุ (Demineralization)

เรซินแบบกรดแก่มีข้อเสีย คือ

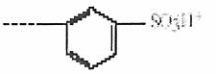
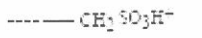
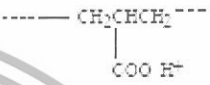
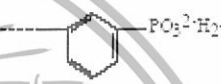
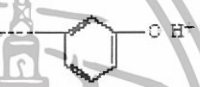
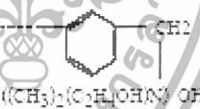
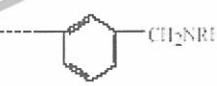
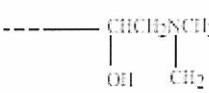
1. มีประสิทธิภาพในการรีเจนเนอเรตต่ำประมาณ 25-45 % ทำให้ต้องเปลืองสารเคมีในการทำรีเจนเนอเรต
2. ถูกออกซิไดส์ได้ง่าย ทำให้เรซินเกิดการบวมและมีความชื้นสูงขึ้น โดยเฉพาะเรซินที่มีระดับของการประสานโครงร่างต่ำ



รูปที่ 2.4 การแลกเปลี่ยน Na^+ ของเรซินแบบกรดแก่กับไอออนบวกทุกตัวในน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 หมู่ไอออนของเรซินประเภทต่างๆ

Classification	Active Groups	Dissociation Constant pK_a	Typical Configuration
	Cation Exchange Resin		
trong acid :	Sulfonic	1	
	Metylene Sulfonic	1	
Weak acid :	Carboxylic	4-6	
	Phosphonic	2-3	
		7-8	
	Phenolic hydroxyl	9-10	
	Anion Exchange Resin		
Strong base :	Quaternary ammonium 13		
	(type I)		
	(type II)		
Weak base :	Primary amine	6-8	
	Secondary amine	7-9	
	Tertiary amine		
	(aromatic matrix)	9-11	
	(aliphatic matrix)		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เรซินแบบกรดอ่อน (Weak acid ion exchanger)

เรซินแบบกรดอ่อนคือพวกที่มี Functional group เป็นพวกกรดอ่อน เช่น กรดคาร์บอกซิลิค กรดอะคริลิก เรซินชนิดนี้แตกตัวเป็นไอออนได้น้อยมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นกรดทำให้ไม่สามารถใช้แลกเปลี่ยนไอออนให้กับเกลือที่ได้จากกรดแก่ เช่น NaCl , $CaSO_4$

การใช้งานของเรซินแบบกรดอ่อน มีข้อจำกัด คือ เมื่อฟื้นกำลังเรซินด้วยกรดเกลือ เรซินชนิดนี้สามารถใช้จับไอออนประจุบวกที่มีวาเลนซี 1 ขึ้นไป ที่จับคู่ (Associate) กับพวกด่างเท่านั้น ดังนั้นจำนวน Cation ที่ ถูกขจัดออก (Ca^{2+},Mg^{2+}) จะเท่ากับความกระด้างลบจากค่าความเป็นด่าง สำหรับกรณีที่ความกระด้างทั้งหมดมากกว่าความเป็นด่างทั้งหมด ซึ่งจัดว่าเป็นสภาพน้ำที่เหมาะที่สุด สำหรับเรซินชนิดนี้

ในกรณีที่อัตราส่วนของ Hardness: Alkalinity มากกว่า 1 แสดงว่าจะต้องมี PermanentHardness ทำให้เรซินชนิดนี้เริ่มจะไม่ค่อยเหมาะกับการขจัดไอออนเพราะความสามารถในการจับประจุจะลดลงแต่ Cation leakage เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจึงไม่ค่อยเหมาะเมื่อเทียบกับเรซินแบบกรดแก่

เรซินแบบกรดอ่อนมีข้อดี คือ

1. ประสิทธิภาพในการรีเจนเนอเรชันสูงถึง 90 % โดยเฉพาะถ้าเปลี่ยนกลับมาอยู่ในรูป H^+ เพราะเรซินมีความชอบ (Affinity)H^+ สูง
2. ขีดความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนสูงกว่าเรซินแบบกรดแก่ประมาณ 2 เท่า
3. เรซินทนต่อสารออกซิแดนท์ เช่น คลอรีน ได้ดี
4. เรซินในรูป H^+ สามารถกำจัดความเป็นด่างออกจากน้ำได้โดยไม่ต้องเติมกรด
5. เรซินสามารถใช้รีเจนเนอเรนต์จากการทำรีเจนเนอเรชั่นของเรซินแบบกรดแก่ได้
6. มีการรั่วของแคลเซียมต่ำ แต่ยอมให้โซเดียมรั่วหนีได้มาก

เรซินแบบกรดอ่อนมีข้อเสีย คือ

1. เรซินใช้ได้ภายใต้สภาวะจำกัด เช่น ใช้ได้กับน้ำที่มีพีเอชสูง
2. เรซินไม่มีความสามารถในการแยกเกลือ (Salt Spliting)
3. การเปลี่ยนรูป H^+ ทำให้ปริมาตรเพิ่มขึ้นเกือบ 2 เท่า
4. เรซินมีอัตราการแลกเปลี่ยนไอออนช้าและขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของน้ำดิบ
5. เรซินเกิดปฏิกิริยาไฮโดไลซิสกับน้ำได้ง่ายทำให้เกิดการรั่วของไอออนที่ต้องการกำจัดออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เรซินแบบด่างแก่ (Strong basic ion exchanger)

เรซินแบบด่างแก่มีหมู่ไอออนที่มีประจุไฟฟ้าเป็น Quaternary Amine และไอออนอิสระมัก เป็น Cl^- หรือ OH^- มีปฏิกิริยาทางเคมีเหมือนด่างแก่ หน้าที่ของเรซินแบบด่างแก่ คือ ใช้ไอออนลบของเรซินแลกกับไอออนลบในน้ำที่ต้องการกำจัดออกเช่น HCO^- , SO_4^{2-} , Cl^- , และ SiO_2

เรซินแบบด่างแก่แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. Type I มีความเป็นด่างและความคงทนสูง มีความสามารถในการจับ Silica ได้ดี
2. Type II มีขีดความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนและประสิทธิภาพในการทำรีเจนเนอเรชันสูง

ปฏิกิริยาในการแลกเปลี่ยนไอออนและรีเจนเนอเรชั่นเป็นปฏิกิริยาย้อนกลับ ได้ดังนี้ คือ

$$RN.OH^- + NaCl \longrightarrow RN.Cl^- + NaOH$$

สารรีเจนเนอแรนต์ อาจใช้โซเดียมคลอไรด์ กรดไฮโดรคลอริก หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์

เรซินแบบด่างแก่ มีข้อดี คือ

1. ใช้ได้ดีกับน้ำที่มีพีเอชทุกระดับ
2. สามารถแยก Na^+ จากเกลือแกงได้
3. สามารถแลกเปลี่ยนไอออนได้รวดเร็ว

เรซินแบบกรดแก่ มีข้อเสีย คือ

1. มีประสิทธิภาพในการรีเจนเนอเรตต่ำเพียง 18-33 % ทำให้ต้องเปลืองสารเคมีในการทำรีเจนเนอเรต
2. มีความคงทนต่ำทำให้อายุการใช้งานสั้น
3. ในกรณีที่น้ำเสียมีกรดฮิวมิคจากการเน่าเปื่อยของพืชสามารถทำให้เรซินเสียและไม่สามารถทำรีเจนเนอเรชันได้
4. เรซินเปลี่ยนเป็นด่างอ่อนได้ง่าย ทำให้สูญเสียขีดความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน

4. เรซินแบบด่างอ่อน (Weak basic ion exchanger)

เรซินแบบด่างอ่อนมีหมู่ไอออนที่มีประจุไฟฟ้าเป็น Primary , Secondary หรือ TertiaryAmino และไอออนอิสระมักเป็น Cl^- หรือ OH^- หรือไม่มีก็ ได้ การกำจัดไอออนลบของเรซินนี้จะแตกต่างจากเรซินอีก 3 ประเภทเนื่องจากไม่ได้มีการแลกเปลี่ยนไอออน เรซินชนิดนี้กำจัดได้เฉพาะกรดแก่ เช่น CO_2 , SiO_2 เป็นต้น การกำจัดกรดแก่เกิดขึ้นโดยที่กรดแก่ทั้งโมเลกุลเข้ามาจับกับเรซินเนื่องจาก เรซินแบบด่างอ่อนไม่จำเป็นต้องมีไอออนอิสระก็ได้ ดังนั้นกลไกการทำงานของมักใช้ในการกำจัด Cl^- และ SO^{2-}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ข้อดีของเรซินแบบด่างอ่อน คือ

1. มีประสิทธิภาพในการทำรีเจนเนอเรชั่นสูงเกือบ 100 %

2. ทนต่อกรดฮิวมิค มีประสิทธภาพการกำจัดไอออนสูง

3. สารรีเจนเนอแรนต์ อาจใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมคาร์บอเนต หรือแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์

ข้อเสียของเรซินแบบด่างอ่อน คือ

1. มีอัตราการแลกเปลี่ยนไอออนช้า

2. ใช้ได้กับน้ำที่มีพีเอชต่ำเท่านั้น

ปฏิกิริยาในการจับโมเลกุลของกรดแก่เป็นดังนี้

$$RNH_2 + HX- \text{----------} > RNH_2.HX- \text{----------} > RNH_3X-$$

เมื่อ คือ X- ไอออนอิสระประจุลบ

ปฏิกิริยาในการแลกเปลี่ยนไอออนเป็นดังนี้

$$RNH_2 + H_2O \text{----------} > RNH_3.OHRNH_3.$$

$$OH- + HX- \text{----------} > RNH_3X- + H_2O$$

เมื่อ คือ X- ไอออนอิสระประจุลบ

ลำดับความชอบในการเลือกจับไอออนของเรซิน (Selectivity)

เรซินทั้งแบบกรดและด่าง มีความชอบไม่เท่ากันในการแลกเปลี่ยนไอออนของเรซินพบว่าเรซินที่จะชอบทำปฏิกิริยากับไอออนบางชนิดมากกว่าชนิดอื่น ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของไอออนนั้นๆ ในสารละลาย นอกจากนี้การแลกเปลี่ยนไอออนยังขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของเรซิน เช่น ขนาดของเรซิน (Degree of cross – linking) ชนิดของ Functional group และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา

ความสัมพันธ์ระหว่างไอออนกับการเลือกจับไอออนของเรซิน

1. เรซินสามารถแลกเปลี่ยนกับไอออนที่มีวาเลนซ์สูง ได้ดีกว่าไอออนที่มีวาเลนซ์ต่ำ ลำดับความชอบในการแลกเปลี่ยนไอออน (ตารางที่ 2)

2. สำหรับไอออนที่มีวาเลนซ์เท่ากัน ไอออนที่มีน้ำหนักอะตอมสูงกว่าสามารถ แลกเปลี่ยนไอออนกับเรซินได้ดีกว่าไอออนที่มีน้ำหนักอะตอมต่ำ เช่น $Ca^{2+} > Mg^{2+} > Be^{2+}$ หรือ $K^{+} > Na^{+} > Li^{+}$

3. เรซินมี Degree of crosslinking สูงความสามารถในการเลือกจับไอออนจะมีมากกว่าเรซินที่มี Degree of crosslinking ต่ำ ความสัมพันธ์ระหว่าง Degree of crosslinking กับการเลือกจับไอออน (ตารางที่ 3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

107817

คุณสมบัติทั่วไปของเรซิน

เพื่อให้มีอำนาจในการแลกเปลี่ยนไอออน เรซินควรมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. ต้องมีไอออนอิสระ ที่สามารถใช้แลกกับไอออนในน้ำได้
2. ต้องไม่ละลายน้ำต้องมีช่องว่างภายในโครงไฮโดรคาร์บอนอย่างพอเพียง เพื่อให้ ไอออนต่างๆ เคลื่อนที่ผ่านเข้าออกได้อย่างสะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ลำดับความชอบไอออนของเรซินในน้ำที่มีสารละลายน้ำ 1,000 mg/L

ไอออนบวก	ไอออนลบ	ลำดับความชอบ
Fe^{3+}	CRO^{3-}	มากที่สุด
Al^{3+} Ba^{2+}	SO_4^{2-}	▲
Pb^{2+}	SO_3^{2-}	
Ba^{2+}	HPO_4^{2-}	
Sr^{2+}	CNS^-	
Cd^{2+}	CNO^-	
Zn^{2+}	NO_3^-	
Cu^{2+}	NO_2^-	
Fe^{2+}	Br^-	
Mn^{2+}	Cl^-	
Ca^{2+}	CN^-	
Mg^{2+}	HCO_3^-	
K^+	$HSiO_3^-$	
NH_4^+	OH^-	
Ba^+	F^-	
H^+		
Li^+		
K^+		น้อยที่สุด

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง Degree of Crosslinking กับการเลือกจับไอออนของ Cation exchange resin

ION	% Divinylbenzene		
	4	8	12
	Monovalent Cations		
H	1.0	1.0	1.0
Li	0.9	0.85	0.81
Na	1.3	1.5	1.7
NH_4	1.6	1.95	2.3
K	1.75	2.5	3.05
Rb	1.90	2.6	3.1
Cs	2.0	2.7	3.2
Cu	3.2	5.3	9.5
Ag	6.0	7.6	12.0
	Divalent Cations		
Mn	2.2	2.35	2.5
Mg	2.4	2.5	2.6
Fe	2.4	2.55	2.7
Zn	2.6	2.7	2.8
Co	2.65	2.8	2.9
Cu	2.7	2.9	3.1
Cd	2.8	2.95	3.3
Ni	2.85	3.0	3.1
Ca	3.4	3.9	4.6
Sr	3.85	4.95	6.25
Hg	5.1	7.2	9.7
Pb	5.4	7.5	10.1
Ba	6.15	8.7	11.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารเซลลูโลสแลกเปลี่ยนไอออน (Cellulose Ion Exchanger)

โครงสร้างของเซลลูโลสในธรรมชาติจะมีหมู่ คาร์บอกซิลเป็นองค์ประกอบ ดั้งนั้นจึงทำให้เซลลูโลสมีคุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนไอออน การสังเคราะห์สารเซลลูโลสแลกเปลี่ยนไอออนทำโดยการใช้ปฏิกิริยาออกซิเดชันเซลลูโลสผลิตภัณฑ์ที่ได้ประกอบด้วยไฮดรอกซีเซลลูโลส และหมู่คาร์บอกซิล 15 % มีลักษณะเป็นผง ไม่ละลายน้ำมีคุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนไอออน

สารเซลลูโลสแลกเปลี่ยนไอออนมี คุณสมบัติ ในการแลกเปลี่ยนไอออนเหมือนกับเรซินสังเคราะห์ แต่ จะมีคุณสมบัติบางประการที่แตกต่างกัน เช่น โครงร่างตาข่ายของเซลลูโลสจะเป็นไฮโดรฟิลิค แต่โครงร่างตาข่ายของเรซินสั งเคราะห์ เป็ นไฮโดรโฟบิค เนื่องจากเซลลูโลสมีคุณสมบัติเป็นไฟเบอร์การยึดเกาะกันของโครงร่างตาข่ายจะยึดกันด้วยพันธะไฮโดรเจน โดยมีหมู่ไอออนอยู่ตามตำแหน่งต่างๆ บนโครงร่างตาข่ายซึ่งมีระยะประมาณ 50 A°

ดังนั้นไอออนที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งไม่สามารถผ่านเรซินแบบสังเคราะห์ได้ จะสามารถผ่านสารเซลลูโลสแลกเปลี่ยนไอออน ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนไอออนบนสารเซลลูโลสแลกเปลี่ยนไอออน

จากลักษณะโครงสร้างของเซลลูโลส พบว่าโมเลกุลของเซลลูโลสมีหมู่ ไฮดรอกซิลที่คาร์บอนอะตอมตำแหน่งที่ 2, 3 และ 6 ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มีหมู่ไอออนมาเกาะอยู่ การชี้บอกตำแหน่งที่แน่นอนทำได้ยาก แต่จากการศึกษาทางเคมีของเซลลูโลสพบว่าคาร์บอนอะตอมตำแน่งที่ 2 และ6 เป็นส่ วนที่จะเกิดปฏิกิริยามากที่สุด สารเซลลูโลสแลกเปลี่ยนไอออนมีขนาดประมาณ 15-20 ไมโครเมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับโครงร่างของเซลลูโลส และองค์ประกอบอื่นๆ แต่จะไม่มีผลต่อสารเซลลูโลสแลกเปลี่ยนไอออน การปรับปรุงลักษณะของโครงสร้าง และหมู่ฟั งก์ ชั นในเซลลูโลสสามารถทำได้โดยใช้ กระบวนการทางเคมี ซึ่งจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานและความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนให้สูงขึ้น

การเก็บสารเซลลูโลสแลกเปลี่ยนไอออน ทำโดยการแช่ในสารละลาย NaH_2PO_4 เข้มข้น 0.5 โมลาร์ และแช่ในสารละลาย NaOH เข้มข้น 1 นอร์มัล ซึ่งจะสามารถเก็บไว้ได้ นานหลายเดือน ควรหลีกเลี่ยงไม่ให้มีการสัมผัสกับสารละลายที่มีความเป็นกรดสูง (พีเอชต่ำกว่า 4)ในการทำรีเจนเนอเรชันจะใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 นอร์มัลหรือบัพเฟอร์กรดหรือสารละลายกรดไฮโดรคลอริคเจือจาง ความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนของสารเซลลูโลสแลกเปลี่ยนไอออนอยู่ในช่วง 0.25 – 1 meq/g dry.weight

ในการเตรียมสารเซลลูโลสแลกเปลี่ยนไอออน ปฏิกิริยามักประกอบด้วยการเปลี่ยน Alkalicellulose ด้วยสารประกอบคลอรีน ข้อเสียของปฏิกิริยานี้ จะทำให้ เกิ ดการละลายและการแพร่กระจายของวัสดุถึงแม้ว่าจะมีการทำให้ตกตะกอนอีกครั้งหนึ่ง นอกจากนี้ ผลิตภัณฑ์ที่ ได้จะมีลักษณะนิ่มคล้ายวุ้ น (Gel like Product) ซึ่งจะมีความต้านทานการไหลของสารละลายสูงความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนจะมี ค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมีการลดการพองน้ำของเรซิน สามารถทำได้โดยการ Crosslinking ของในสายของเซลลูโลส ด้วย di-(2-ethylamine) Sulfate, 1,4-butanedisulfate, 1,3 dichoro-2- propanol, divinyl sulfone และ formaldehyde ก่อนการเติมหมู่ไอออน dichoroacetic acid เป็น Crosslinking agent ที่เป็นตัวบอก exchange group

Serva – Cellulose ion exchanger เป็นสารเซลลูโลสชนิดแรกที่ผลิตขึ้นในเชิงอุตสาหกรรม และมีการนำไปใช้งานอย่างกว้างขวาง ประกอบด้วยสารเซลลูโลสแลกเปลี่ยนไอออนแบบกรดและแบบด่างคุณสมบัติที่สำคัญของ Serva – Cellulose ion exchanger

การทำงานของระบบแลกเปลี่ยนไอออน

ระบบแลกเปลี่ยนไอออนสามารถแบ่งการทำงานได้ 3 วิธี คือ

1. การทำงานแบบทีละเท (Batch Operation)เป็นกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออนที่ง่ายที่สุด น้ำเสียจะถูกกวนผสมกับเรซินในถังปฏิกิริยา จากนั้นการทำงานแยกเรซินออกโดยการกรองหรือตกตะกอน ความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนจะขึ้นอยู่กับ ค่าคงที่สมดุลย์ (Equilibium constant) ของระบบแลกเปลี่ยนไอออน

2. การทำงานแบบคอลัมน์ (Column Operation)
วิธีการนี้จะใช้ในการศึกษาขั้นห้องปฏิบัติการ เพื่อศึกษาหาความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนและสภาวะที่เหมาะสม ขนาดของคอลัมน์ที่ใช้ ในห้องปฏิบัติการ มีอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางกับความสูงอยู่ในช่วง 1:10 – 1:20

3. การทำงานแบบต่อเนื่อง (Continuous Process)
เป็นการทำงานแบบคอลัมน์ ซึ่งมีเรซินบรรจุในถัง และปล่อยน้ำทิ้งไหลผ่านชั้นเรซิ นอย่างต่อเนื่อง ทำให้การแลกเปลี่ยนไอออนเกิดขึ้นตลอดเวลา เมื่อใช้งานไปนานๆ เรซินจะหมดประสิทธิภาพ (Exhausted Resin) ต้องทำการฟื้นฟูประสิทธิภาพโดยใช้สารละลายกรดหรือด่างขึ้นอยู่กับ ชนิดของเรซินที่ใช้

2.7 Atomic Absorption Spesctrophotometry [7]

เทคนิคทาง AAS เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ธาตุอย่างหนึ่ง ซึ่งสามารถทำได้ทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณวิเคราะห์ที่ได้รับความนิยมมากวิธีหนึ่งเพราะเป็นเทคนิคที่ให้ความเที่ยง ความแม่น มีสภาพไวสูงและเป็นเทคนิคที่เฉพาะดีมาก ประกอบกับค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ก็ไม่สูงนัก ดังนั้น ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ที่ทันสมัยโยทั่วไปจะมีเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์อยู่ด้วยเสมอ ความสามารถของเทคนิคนี้สูงมาก เพราะสามารถวิเคราะห์ธาตุได้ถึง 67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธาตุ ซึ่งนับว่ามากพอสมควรสำหรับเครื่องมือเพียงอย่างเดียว ทำให้การใช้งานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

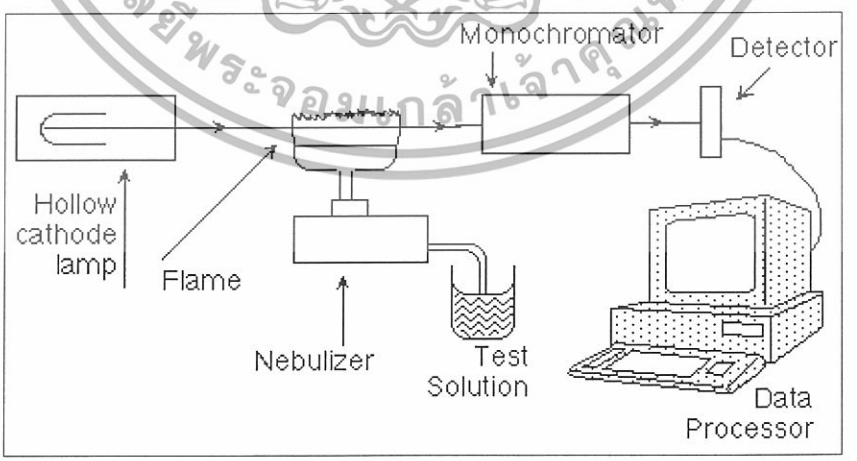
หลักการของเครื่อง AAS

อะตอมมิกแอบซอร์พชันเป็นกระบวนการที่เกิดจากอะตอมอิสระของธาตุดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นโดยเฉพาะ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุ ธาตุแต่ละชนิดจะมีระดับพลังงานแตกต่างกัน จึงมีการดูดกลืนพลังงานต่างกัน ความยาวคลื่นจัดเป็น spectroscopic line ของอะตอมมิกสเปกตรัม ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของธาตุแต่ละชนิด

ในการทำให้อะตอมของธาตุเกิดเป็นอะตอมอิสระได้นั้น ต้องมีการดูดกลืนพลังงานเข้าไป ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปต่างๆเช่น พลังงานความร้อนจากเปลวไฟ หรือความร้อนจากไฟฟ้า เป็นต้นความร้อนจะทำให้เกิดกระบวนการแตกตัว หรือเปลี่ยนให้เป็นไอหรืออาจแตกตัวเป็นอะตอมหรือทำให้อะตอมอยู่ในสถานะกระตุ้นหรืออาจกลายเป็นไอออนก็ได้

องค์ประกอบของเครื่อง

1. แหล่งกำเนิดแสง (light source)เป็น Hollow cathode lamps (HCL) ของแต่ละธาตุที่ทำการวิเคราะห์
2. Atomizer กระบวนการทำให้สารแตกตัวเป็นอะตอมอิสระด้วยเปลวไฟ
3. โมโนโครเมเตอร์(Monochromator) ซึ่งใช้แยกแสงให้ได้ความยาวคลื่นของแสงที่ต้องการ
4. ดีเทคเตอร์(Detector)
5. เครื่องประมวลผลและอ่านผล(data system and read-out units)



รูปที่ 2.5 เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันเปกโตรโฟโตมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทคนิคต่างๆที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วย AAS

1. ใช้ Flame Atomization Technique เป็นเทคนิคที่ใช้กระบวนการทำให้สารแตกตัวเป็นอะตอมด้วยเปลวไฟ (flame) ที่เหมาะสมสารตัวอย่างต้องเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่มีสารแขวนลอยอยู่ตัวทำละลายจะเป็นน้ำหรือสารอินทรีย์ก็ได้ กระบวนการ atomization นี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ขั้นตอน

1.1 Nebulization เป็นกระบวนการเปลี่ยนของเหลวให้เป็นละอองเล็กๆ (mist) ด้วยเครื่องที่เรียกว่า Nebulizer

1.2 Droplet precipitation เป็นกระบวนการที่ละอองเล็กๆของสารละลายรวมกันเป็นหยดสารละลายโต ไม่สามารถจะลอยอยู่ในอากาศได้ จึงตกลงมาแล้วออกไปทางท่อน้ำทิ้ง (drain)

1.3 Mixing เป็นกระบวนการที่ละอองเล็กๆของสารละลายเกิดผสมกับแก๊สเชื้อเพลิง (fuel) และออกซิแดนซ์ในspray chamber ของ nebulizer

1.4 Desolvation เป็นกระบวนการที่ตัวทำละลายที่อยู่ในละอองเล็กนั้นถูกกำจัดออกไป ทำให้เกิดเป็นอนุภาคเล็กๆของสารประกอบ กระบวนการนี้จะเกิดขึ้นตอนล่างของเปลวไฟ

1.5 Compound decomposition เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในเปลวไฟ โดยที่พลังงานความร้อนจากเปลวไฟจะไปทำให้สารประกอบเกิดการแตกตัวเป็นออกไซด์เป็น โมเลกุลและเป็นอะตอมอิสระ บางครั้งอาจเกิดการกระตุ้นหรือเกิดการไอออไนเซชันต่อไปได้

ในกระบวนการ Atomization สามารถโปรแกรมได้ทั้งอุณหภูมิและเวลา คือ

1.Drying stage เป็นขั้นตอนที่สารตัวอย่างจะค่อยๆถูกให้ความร้อนเพื่อระเหยตัวทำละลายให้ออกไปก่อน โดยปกติจะใช้อุณหภูมิต่ำ (ต่ำกว่า)

2.Ashing stage เป็นขั้นตอนที่ให้ความร้อนสูงขึ้นอาจถึง 1,500 ´C เพื่อกำจัดสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ โดยโมเลกุลของสารเหล่านี้จะแตกสลายออกไปเหลือแต่สารอนินทรีย์ที่เสถียรเท่านั้น โดยทั่วไปจะอยู่ในรูปโลหะออกไซด์

3.Atomization stage เป็นขั้นตอนสุดท้ายที่สารที่เหลือถูกเผาที่อุณหภูมิสูงอาจถึง 3,000´C เพื่อให้สลายเป็นอะตอมสรีเกิดขึ้นในช่องทางที่แสงผ่านซึ่งสมารถวัดสัญญาณของการดูดกลืนแสงได้ออกมาเป็นพีคแหลม(shap peak) และความสูงของพีคจะเป็นปฏิภาคกับปริมาณของธาตุในสารตัวอย่างนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการวัดค่าแอบซอร์แบนซ์ของธาตุในตัวอย่างโดยใช้เทคนิค flameless atomization นี้เป็นการวัดที่เรียกว่าการวัดครั้งเดียว(single measurement) นั้นคือเราใช้สารตัวอย่างปริมาตรแน่นอน (fixed volume) ซึ่งอาจเป็น 25 μLหรือ 50 μL เป็นต้น ซึ่งผิดกับการวิเคราะห์โดย flame atomizationที่เราใช้สารละลายผ่านเข้าไปในเปลวไฟอย่างสม่ำเสมอในช่วงเวลาหนึ่งที่ทำการวัด ดังนั้น ในการตัดสินใจที่จะเลือกวิธีวิเคราะห์นี้จะต้องคำนึงถึงเรื่องของความถูกต้อง (accuracy) และความแม่นยำ(precision หรือ reproducibility) เป็นอย่างมาก เพราะมีแฟกเตอร์หลายอย่างที่อาจทำให้ผลการวิเคราะห์ผิดพลาดได้ง่าย เนื่องจากเป็นการวิเคราะห์ปริมาณน้อยมากๆ เทคนิคก็มีสภาพไวสูง ข้อที่ควรจะต้องคำนึงถึงเสมอก็คือ

1. จะต้องทำงานด้วยความระมัดระวัง ตลอดจนการใช้เครื่อง
2. การเตรียมสารตัวอย่างทุกขั้นตอนต้องระมัดระวังอย่างมาก เพราะมีโอกาสที่สารตัวอย่างจะหายไปหรือเกิดการปนเปื้อนได้
3. ห้องปฏิบัติการที่ใช้ทำการวิเคราะห์ควรจะต้องสะอาดมากๆ
4. อุปกรณ์ที่ใช้ เช่น เครื่องแก้ว ปิเปตต์ ที่จะต้องมาสัมผัสกับสารตัวอย่างจะต้องสะอาดและ blank level ไม่ควรเกิน 10% ของเครื่องที่จะวัดตัวอย่าง
5. สารเคมีที่จะใช้ตามขั้นตอนต่างๆของกระบวนการทางเคมีควรจะต้องเป็นเกรดที่บริสุทธิ์มากๆมิฉะนั้นผลการวิเคราะห์อาจผิดพลาดมาก เพราะสารเคมีที่เติมลงไปมีมากกว่าในสารตัวอย่างเสียอีก
6. Read out system หรือ recorder จะต้องไวพอที่จะวัดสัญญาณได้

2. ใช้ Flameless Technique หรือ Non-flame Atomization Technique ซึ่งเทคนิคนี้ใช้กระบวนการทำให้สารตัวอย่างสลายตัวเป็นอะตอมได้ด้วยความร้อนจากกระแสไฟฟ้า (GFAAS) โดยสามารถโปรแกรมให้อุณหภูมิของการเผามีค่าต่างๆกันและใช้เวลาต่างกันได้

3. ใช้ Hydride Generation Technique เนื่องจากมีธาตุบางชนิดจะเปลี่ยนให้เป็นอะตอมโดยตรงด้วยเทคนิคข้างต้นไม่ได้ แต่จำเป็นต้องใช้วิธีทำให้แตกตัวในบรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจนเพื่อป้องกันการรวมตัวกับออกซิเจนของธาตุเหล่านี้ ดังนั้นจึงต้องใช้วิธีทำให้ธาตุเหล่านี้กลายเป็นสารที่เป็นไอได้ง่ายๆ ที่อุณหภูมิห้องด้วยการรีดิวซ์ให้เป็นไฮไดรด์ แล้วให้ไฮไดรด์นั้นผ่านเข้าไปในเปลวไฟไฮโดรเจนความร้อนจากเปลวไฟไฮโดรเจนจะทำให้ธาตุกลายเป็นอะตอมอิสระได เทคนิคนี้ใช้ในการวิเคราะห์ของธาตุ As, Se, Te, Ge, Bi และ Sb

4. .ใช้ Cold Vapor Generation Technique สำหรับเทคนิคนี้เหมาะที่จะใช้วิเคราะห์ธาตุบางชนิดที่สามารถเปลี่ยนให้เป็นไอได้ง่ายๆซึ่งได้แก่ การวิเคราะห์ปรอทที่มีปริมาณน้อยโดยเฉพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

A. Dabrowski และ คณะ [8] ศึกษาการกำจัดไอออนโลหะหนักจากแม่น้ำและน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรมโดยวิธีการแลกเปลี่ยนไอออน ไอออนที่ไม่ต้องการจะถูกแทนที่ด้วยไอออนตัวอื่นที่ไม่ใช่สารปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อม วิธีนี้เป็นเทคนิคที่ง่ายและมีประสิทธิภาพในการกำจัดสิ่งปนเปื้อนจากสารละลาย ตัวอย่างการกำจัดไอออนโลหะหนักด้วยวิธีการแลกเปลี่ยนไอออนนี้ ประกอบด้วย การกำจัด Pb(II), Hg(II), Cd(II), Ni(II), V(IV,V), Cr(III,VI), Cu(II) และ Zn(II) จากแม่น้ำ และน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรมโดยวิธีการแลกเปลี่ยนไอออน

C. Nascentes และ คณะ [9] ศึกษาการตรวจวัดโลหะในเบียร์ Cu, Mn, Pb และ Zn โดย Thermospray flame furnace atomic abborption spectrometry (TS-FF-AAS) และไม่มีการ digestตัวอย่าง ใช้เทคนิคการเติมสารมาตรฐานที่มีลักษณะเหมือนanalyteปริมาตรสารตัวอย่าง 300 µl ฉีดเข้าไปใน Ni tube ที่ร้อนflow rate 0.4 ml/min ใช้ความเข้มข้นของกรดไนตริก 0.04 mol / l หรือใช้อากาศเป็นตัวพา เบียร์ของบาร์ซิลจะวิเคราะห์โดยตรงหลังจากเอาก๊าซออกโดย ultrasonic เปรียบเทียบผลกับวิธี GFAAS ข้อจำกัดของการตรวจวัดสำหรับCu, Mn, Pb และ Zn เป็น 2.2, 1.8, 1.6 และ 0.9 µg / l ตามลำดับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ 2.7% - 7.3% (n=8) สำหรับสารละลายตัวอย่างช่วง 25-50µg / l ความเข้มข้นของสารที่ต้องการวิเคราะห์ในตัวอย่างCu มี38-155 µg / l Mn มี 110-348 µg / l Pb มี 13-32.9 µg / l และ Zn มี 52.7-226 µg / l

ผลจากการวิเคราะห์โดยวิธี TS-FF-AAS และ GFAAS พิจารณาที่ระดับความเชื่อมัน 95 % วิธีดังที่กล่าวมานี้ ง่ายและรวดเร็ว ตั้งแต่การย่อยตัวอย่าง มีสภาพไวสูง ใช้อุปกรณ์ไม่มีราคาแพง TS-FF-AAS มีสภาพความไวสำหรับตรวจวัด Cu Mn Pb และ Zn ใช้ควบคุมคุณภาพของโรงงานผลิตแอลกอฮอล์

O. Dalman และ คณะ [10] ศึกษาการหาปริมาณโลหะหนัก (Cd, Pb) และธาตุจำนวนหนึ่ง (Cu, Zn) ในตะกอนและปลาทางตะวันออกเฉียงใต้ของทะเลเอเจียน (ตุรกี) โดยอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโตรโฟโตเมทรี เนื่องจากอ่าว Gulluk ในตะวันออกเฉียงใต้ของทะเลเอเจียน(ตุรกี) มีความสำคัญทางด้านผลิตภัณฑ์ทางทะเลและยัง ในสถานการณ์ปัจจุบันของอ่าวมีธาตุหลายชนิดที่เป็นอันตรายและมีผลกระทบทางมลพิษซึ่งเป็นเรื่องที่สำคัญมาก Dicantrarchus labrax ใช้สำหรับการบริโภคของมนุษย์ จากการศึกษาโลหะหนัก (Cd, Pb) และธาตุจำนวนหนึ่ง (Cu, Zn) ซึ่งทำการทดสอบในปลา (D. Labrax) และตะกอนในอ่าว Gulluk ด้วยเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์บชับสเปกโตรโฟโตเทรี ความเข้มข้นโลหะหนักโดยเฉลี่ยในปลาจะอยู่ในช่วง: Pb; <0.02–0.4, Cd; <0.01–0.04, Cu; <0.1, Zn; <0.5–7.2 mg/kg เมื่อนำตะกอนเจ็ดตัวอย่างมาวิเคราะห์ พบว่ามีความเข้มข้นเฉลี่ยดังนี้ Zn; 80.8 ± 0.45, Cu; 25.2 ± 0.14, Pb; 20.0 ± 2, Cd; 0.560 ± .08 mg/kg ค่าความถูกต้องและความเที่ยงของผลจะตรวจเช็คโดยใช้ International Certified Reference samples

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี

1. คอปเปอร์ซัลเฟตเพนตะไฮเดรต ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) เกรดวิเคราะห์
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ชนิดเกรดวิเคราะห์ ของบริษัท Merck
3. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) 40% ของ ITALMAR (THAILAND) CO.LTD
4. กรดไฮโดรคลอริก (HCl) 95-97% ชนิดเกรดวิเคราะห์ ของบริษัท Merck
5. ซิงค์ซัลเฟตเพนตะไฮเดรต ($ZnSO_4 \cdot 5H_2O$) เกรดวิเคราะห์

อุปกรณ์

1. บีกเกอร์
2. ปิเปต
3. ลูกยางแดง
4. ขวดวัดปริมาตร
5. กรวยแก้ว
6. หลอดหยด
7. แท่งแก้วคน
8. ช้อนตักสาร
9. กระบอกตวง
10. stand และที่จับ
11. ตระแกรง ขนาด 80 mesh
12. บิวเรต

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) รุ่น AA-680 ยี่ห้อ shimadzu
2. เครื่องชั่งน้ำหนัก
3. กระบอกฉีดยาขนาด(syringe) 3 ml
4. เครื่องบด
5. ตู้อบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การเตรียมเส้นใยจากชานอ้อย

1. นำชานอ้อยที่คั้นน้ำแล้วมาล้างด้วยน้ำสะอาด
2. นำไปอบที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา จนแห้ง
3. เมื่อครบกำหนดนำมาบดด้วยเครื่องบด ให้ละเอียด
4. นำมาแยกด้วยตระแกรงร่อนขนาด 80 mesh

3.3 การเตรียมสารละลายมาตรฐานทองแดงเข้มข้น 1000 mg/L (ppm)

1. ชั่ง $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ มา 3.9305 g ใส่บีกเกอร์ขนาด 100 ml
2. มาละลายน้ำเล็กน้อย ถ่ายลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

3.4 การเตรียมสารละลายมาตรฐานสังกะสีเข้มข้น 1000 mg/L (ppm)

1. ชั่ง $ZnSO_4 \cdot 5H_2O$ มา 0.43987 g ใส่บีกเกอร์ขนาด 100 ml
2. มาละลายน้ำเล็กน้อย ถ่ายลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

3.5 วิธีดำเนินการทดลอง

3.5.1 ศึกษาประสิทธิการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ไม่ปรับสภาพ

1. ชั่งน้ำหนักเส้นใยอ้อยประมาณ 0.25 g ใส่ใน syringe ขนาด 3 ml ที่ใช้แทนคอลัมน์
2. นำน้ำกลั่นปริมาณ 50 ml ผ่านลงในคอลัมน์ ทำให้เส้นใยอ้อยแน่นขึ้น
3. เตรียมสารละลายทองแดงความเข้มข้น 5 ppm โดยปิเปตสารละลายทองแดง 100 ppm มา 2.5 ml ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 50 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
4. นำสารละลายทองแดง 5 ppm ที่เตรียมได้ 50 mlใส่ในคอลัมน์ที่บรรจุเส้นใยอ้อยเก็บสารละลายที่ออกมาจากคอลัมน์
5. นำน้ำที่ปราศจากไอออน ปริมาตร 10 ml ใส่ลงในคอลัมน์เก็บสารละลายที่ออกจากคอลัมน์ทำซ้ำ 4 ครั้ง
6. นำสารละลายที่เก็บไว้ไปตรวจวัดหาปริมาณทองแดงด้วยเครื่อง AAS
7. ทำซ้ำข้อ 1-5 อีก 2 คอลัมน์โดยเตรียมคอลัมน์ใหม่
8. ทำการทดลองซ้ำโดยข้อ 1-7 เปลี่ยนสารละลายทองแดงเป็นความเข้มข้น 10, 15 และ 20 ppm ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 การปรับสภาพเส้นใยจากชางอ้อยด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

1. ชั่งเส้นใยอ้อยที่เตรียมได้จากข้อ 3.2 มา 5 g ใส่บีกเกอร์ 500 ml

2. เติมสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) 40% 0.5 g และเติมสารละลายโซเดียมไฮ-ดรอกไซด์ (NaOH) 0.05 g ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 200 ml

3. นำไปต้มและปั่นกวนเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 85 °C

4. ล้างด้วยน้ำร้อนและน้ำเย็น

5. กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42

6. นำไปอบที่อุณหภูมิ 80 °C จนเส้นใยแห้ง

7. เก็บใส่บีกเกอร์ปิดให้มิดชิดด้วยกระดาษฟอยด์

8. ทำการเตรียมเส้นใยจากชานอ้อยแบบปรับสภาพ ซ้ำตามข้อ 1-7 โดยเปลี่ยนปริมาณสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) 40% เป็น 1.0, 1.5, 2.0 g ตามลำดับ จะได้เส้นใยจากชานอ้อยแบบปรับสภาพ ตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 เส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) 40%

อัตราส่วน	เส้นใยจากชางอ้อย (g)	ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) (g)	โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) (g)	น้ำกลั่น(H_2O) (ml)
A	5	0.5	0.05	200
B	5	1.0	0.05	200
C	5	1.5	0.05	200
D	5	2.0	0.05	200

3.5.3 ศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับโลหะหนักของเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

1. ชั่งน้ำหนักเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์อัตราส่วน A ประมาณ 0.25 g ใส่ใน syringe ขนาด 3 ml ที่ใช้แทนคอลัมน์

2. นำน้ำกลั่นปริมาณ 50 ml ผ่านลงในคอลัมน์ ทำให้เส้นใยอ้อยแน่นขึ้น

3. เตรียมสารละลายทองแดงความเข้มข้น 5 ppm โดยปิเปตสารละลายทองแดง 100 ppm มา 2.5 ml ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 50 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

4. นำสารละลายทองแดง 5 ppm ที่เตรียมได้จากข้อ3 50 mLมาใส่ในคอลัมน์เก็บสารละลายที่ออกมาจากคอลัมน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. นำน้ำที่ปราศจากไอออน ปริมาตร 10 ml ใส่ลงในคอลัมน์เก็บสารละลายที่ออกจากคอลัมน์ทำซ้ำ 4 ครั้ง

6. นำสารละลายที่เก็บไว้ไปตรวจวัดหาปริมาณทองแดงด้วยเครื่อง AAS

7. ทำซ้ำอีก 2 คอลัมน์โดยทำแบบข้างต้น

8. ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนสารละลายทองแดงความเข้มข้น 10, 15 และ 20 ppm โดยปิเปตสารละลายทองแดง 100 ppm มา 5, 7.5, 10 ml ใสขวดวัดปริมาตรขนาด 50 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นตามลำดับ

9. ทำซ้ำข้อ 1-8 อีกครั้งโดยเปลี่ยนไปใช้เส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพด้วยสารละลายไฮโดรเจน-เปอร์ออกไซด์ด้วยอัตราส่วน B, C และ D ตามลำดับ

3.5.4 ศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับโลหะหนักของเส้นใยอ้อยแบบไม่ปรับสภาพและการชะด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.010 M และ 0.10 M

1. ชั่งเส้นใยอ้อยแบบไม่ปรับสภาพประมาณ 5 g ใส่ในบิวเรตให้ได้ระดับเส้นใยอ้อยอยู่ที่ระดับ 30 ml ล้างคอลัมน์ด้วยน้ำกลั่น 500 ml

2. นำสารละลายมาตรฐานผสมระหว่างทองแดงและสังกะสีเข้มข้นอย่างละ 10 ppm ใส่ในคอลัมน์แล้วเก็บสารละลายไว้

3. นำน้ำกลั่น 10 ml ผ่านลงในคอลัมน์เก็บสารละลายไว้ ทำซ้ำ 5 ครั้ง

4. นำ 0.10 M HCl 5 ml ผ่านลงในคอลัมน์เก็บสารละลายไว้ ทำซ้ำ 10 ครั้ง

5. นำน้ำกลั่น 10 ml ผ่านลงในคอลัมน์เก็บสารละลายไว้ ทำซ้ำ 5 ครั้ง

6. นำสารละลายที่วัดได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง AAS

7. ทำซ้ำข้อ 1-5 อีกครั้งโดยเตรียมใช้คอลัมน์ใหม่และเปลี่ยนกรด HCl ในข้อ 4 จากความเข้มข้น 0.10M ไปใช้ความเข้มข้น 0.01 M แทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับโลหะทองแดงด้วยเส้นใยอ้อยและการชะโลหะทองแดงออกจากเส้นใยอ้อยด้วยน้ำปราศจากไอออน โดยทำการศึกษาในสภาวะที่ไม่ปรับและปรับสภาพในอัตราส่วนต่างๆ ได้ผลการทดลองดังนี้

4.1 ศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ไม่ปรับสภาพ

จากการทดลองใช้เส้นใยอ้อยที่ยังไม่ปรับสภาพผ่านตัวอย่างที่มีโลหะทองแดงผสมอยู่ เก็บสารละลาย จากนั้นนำน้ำปราศจากไอออนมาผ่านที่ความเข้มข้นต่างๆ เก็บสารละลายไว้ แล้วทำเช่นเดียวกันอีก 2 คอลัมน์ ได้ผลแสดงดังตารางที่4.1-4.4และรูปที่ 4.1, 4.2

ตารางที่ 4.1 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ยังไม่ปรับสภาพที่ใช้สารละลายทองแดงเข้มข้น 5 ppm

คอลัมน์ที่	ค่าการดูดซับ (mg Cu/g ชานอ้อย)	% การชะ
1	0.76	4.24
2	0.70	3.22
3	0.75	3.85
ค่าเฉลี่ย	0.74 ± 0.03	3.77

ตารางที่ 4.2 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ยังไม่ปรับสภาพที่ใช้สารละลายทองแดงเข้มข้น 10 ppm

คอลัมน์ที่	ค่าการดูดซับ (mg Cu/g ชานอ้อย)	% การชะ
1	1.03	10.53
2	0.74	25.29
3	0.88	16.83
ค่าเฉลี่ย	0.88 ± 0.15	17.55

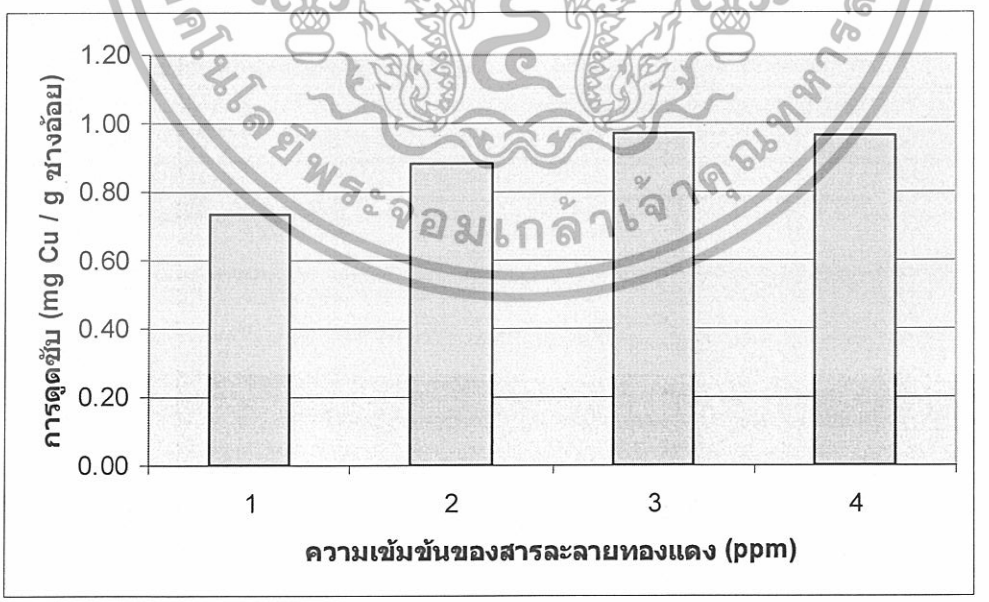
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ยังไม่ปรับสภาพที่ใช้สารละลายทองแดง เข้มข้น 15 ppm

คอลัมน์ที่	ค่าการดูดซับ (mg Cu/g ชานอ้อย)	% การชะ
1	1.00	14.20
2	1.00	13.59
3	0.92	14.46
ค่าเฉลี่ย	0.97 ± 0.05	14.08

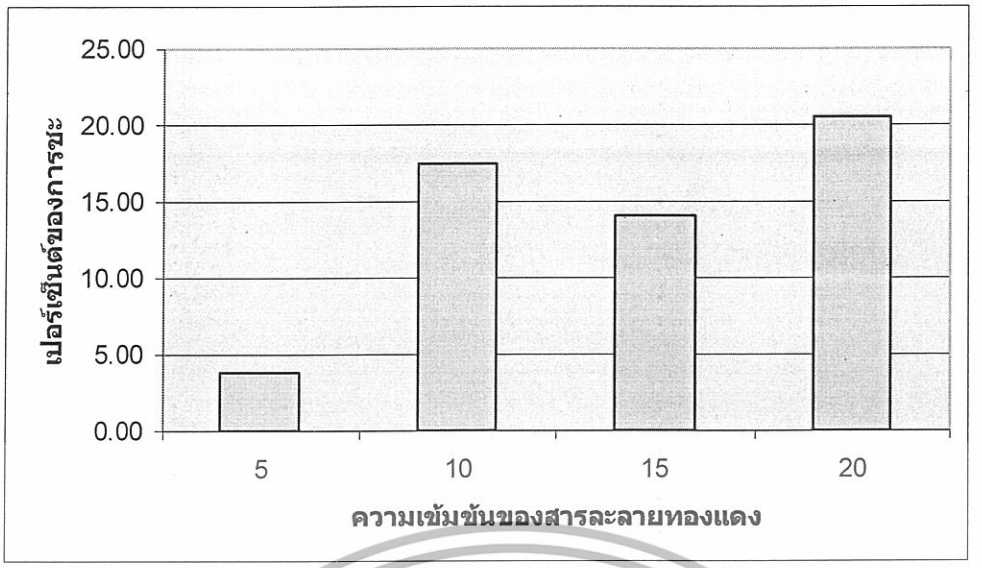
ตารางที่ 4.4 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ยังไม่ปรับสภาพที่ใช้สารละลายทองแดง เข้มข้น 20 ppm

คอลัมน์ที่	ค่าการดูดซับ (mg Cu/g ชานอ้อย)	% การชะ
1	1.10	18.47
2	0.93	19.29
3	0.87	23.89
ค่าเฉลี่ย	0.96 ± 0.11	20.55



รูปที่ 4.1 การดูดซับโลหะทองแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 เปอร์เซนต์การชะโลหะทองแดง

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.1 - 4.4 และรูปที่ 4.1 , 4.1 สรุปได้ว่าการดูดซับของเส้นใยอ้อยที่ยังไม่ปรับสภาพมีแนวโน้มในการดูดซับสารละลายทองแดงสูงขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายทองแดง ซึ่งมีช่วงการดูดซับต่อ 1 กรัมอยู่ที่ 0.74 – 0.97

4.2 ศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพในอัตราส่วนต่างๆ

จากการทดลองใช้เส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) 40%ในอัตราส่วนต่างๆ ผ่านตัวอย่างที่มีโลหะทองแดงผสมอยู่ที่ความเข้มข้นต่างๆ เก็บสารละลาย จากนั้นนำน้ำปราศจากไอออนมาผ่าน เก็บสารละลายไว้ ได้ผลแสดงดังตารางที่6.5 – 6.20 และรูปที่ 4.2.1, 4.2.2

ตารางที่ 4.5 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน A ที่ใช้สารละลายทองแดงเข้มข้น 5 ppm

คอลัมน์ที่	ค่าการดูดซับ (mg Cu/g ชานอ้อย)	% การชะ
1	0.76	3.17
2	0.65	3.14
3	0.78	1.52
ค่าเฉลี่ย	0.73 ± 0.07	2.61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน A ที่ใช้สารละลายทองแดงเข้มข้น 10 ppm

คอลัมน์ที่	ค่าการดูดซับ (mg Cu/g ชานอ้อย)	% การชะ
1	1.39	2.72
2	1.39	1.76
3	1.45	2.50
ค่าเฉลี่ย	1.41 ± 0.04	2.33

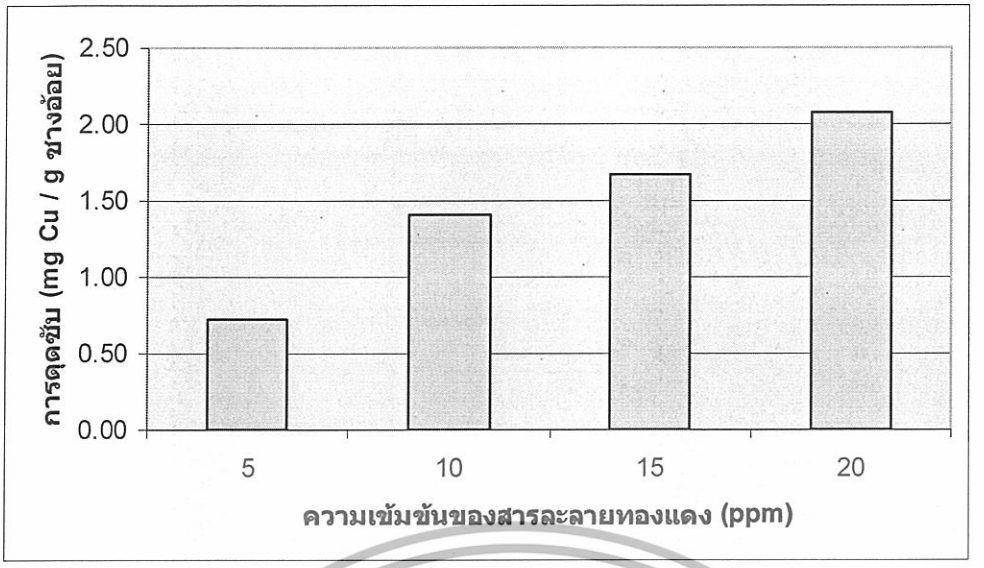
ตารางที่ 4.7 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน A ที่ใช้สารละลายทองแดงเข้มข้น 15 ppm

คอลัมน์ที่	ค่าการดูดซับ (mg Cu/g ชานอ้อย)	% การชะ
1	1.65	4.37
2	1.64	5.31
3	1.71	4.47
ค่าเฉลี่ย	1.67 ± 0.04	4.71

ตารางที่ 4.8 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน A ที่ใช้สารละลายทองแดงเข้มข้น 20 ppm

คอลัมน์ที่	ค่าการดูดซับ (mg Cu/g ชานอ้อย)	% การชะ
1	1.98	1.68
2	2.30	4.52
3	1.97	5.23
ค่าเฉลี่ย	2.08 ± 0.19	3.81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 การดูดซับโลหะทองแดงต่อ 1 กรัมของเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน A

รูปที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์การชะโลหะทองแดงของเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน A

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.5 - 4.8 และรูปที่ 4.3, 4.4 สรุปได้ว่าการดูดซับของเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพในอัตราส่วน A มีแนวโน้นในการดูดซับสารละลายทองแดงสูงขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายทองแดง ซึ่งมีช่วงการดูดซับต่อ 1 กรัมอยู่ที่ 0.73 — 2.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน B ที่ใช้สารละลายทองแดงเข้มข้น 5 ppm

คอลัมน์ที่	ค่าการดูดซับ (mg Cu/g ชานอ้อย)	% การชะ
1	0.91	0.49
2	0.91	0.82
3	0.93	0.27
ค่าเฉลี่ย	0.92 ± 0.01	0.53

ตารางที่ 4.10 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน B ที่ใช้สารละลายทองแดงเข้มข้น 10 ppm

คอลัมน์ที่	ค่าการดูดซับ (mg Cu/g ชานอ้อย)	% การชะ
1	1.37	2.73
2	1.16	2.11
3	1.45	2.50
ค่าเฉลี่ย	1.33 ± 0.15	2.45

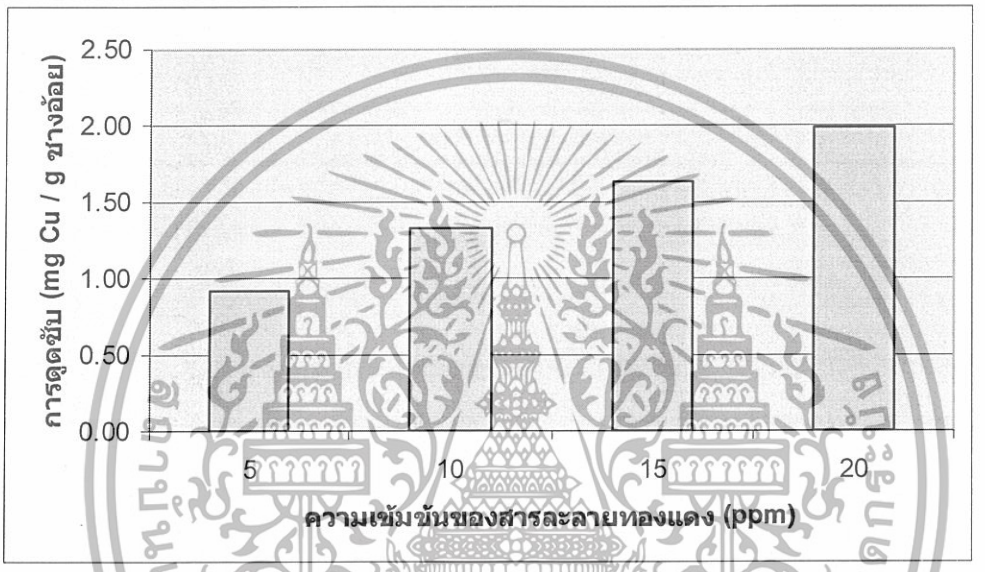
ตารางที่ 4.11 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน B ที่ใช้สารละลายทองแดงเข้มข้น 15 ppm

คอลัมน์ที่	ค่าการดูดซับ (mg Cu/g ชานอ้อย)	% การชะ
1	1.75	4.84
2	1.53	4.70
3	1.62	4.62
ค่าเฉลี่ย	1.63 ± 0.11	4.72

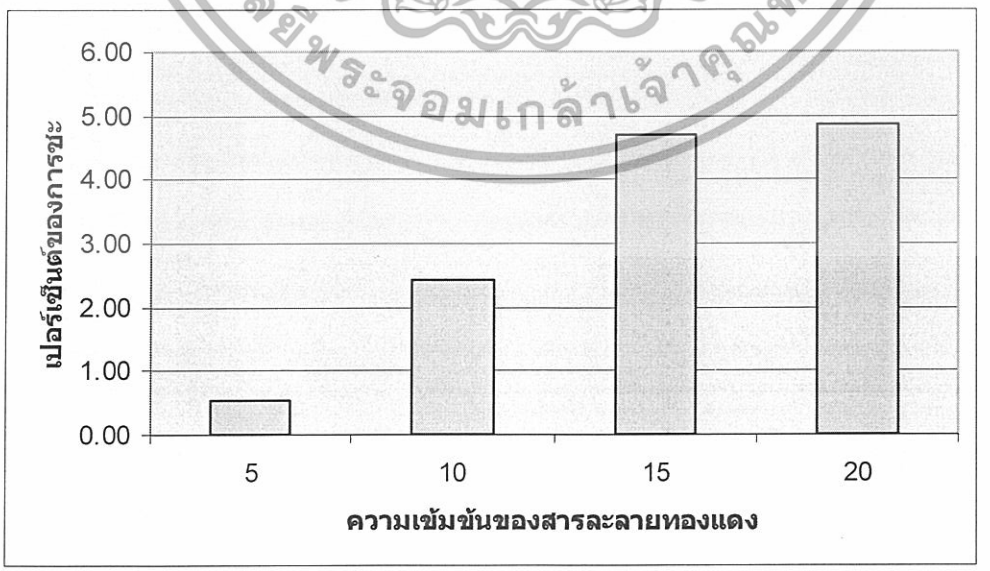
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน B ที่ใช้สารละลายทองแดงเข้มข้น 20 ppm

คอลัมน์ที่	ค่าการดูดซับ (mg Cu/g ชานอ้อย)	% การชะ
1	2.04	4.72
2	1.87	5.10
3	2.05	4.77
ค่าเฉลี่ย	1.99 ± 0.10	4.86



รูปที่ 4.5 การดูดซับโลหะทองแดงต่อ 1 กรัมของเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน B



รูปที่ 4.6 เปอร์เซ็นต์การชะโลหะทองแดงของเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.9 - 4.12 และรูปที่ 4.5 , 4.6 สรุปได้ว่าการดูดซับของเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพในอัตราส่วน B มีแนวโน้นในการดูดซับสารละลายทองแดงสูงขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายทองแดง ซึ่งมีช่วงการดูดซับต่อ 1 กรัมอยู่ที่ 0.92 — 1.99

ตารางที่ 4.13 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน C ที่ใช้สารละลายทองแดงเข้มข้น 5 ppm

คอลัมน์ที่	ค่าการดูดซับ (mg Cu/g ชานอ้อย)	% การชะ
1	0.96	0.19
2	0.95	0.49
3	0.95	0.33
ค่าเฉลี่ย	0.95 ± 0.00	0.33

ตารางที่ 4.14 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน C ที่ใช้สารละลายทองแดงเข้มข้น 10 ppm

คอลัมน์ที่	ค่าการดูดซับ (mg Cu/g ชานอ้อย)	% การชะ
1	1.48	2.72
2	1.29	3.71
3	1.46	1.58
ค่าเฉลี่ย	1.41 ± 0.11	2.67

ตารางที่ 4.15 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน C ที่ใช้สารละลายทองแดงเข้มข้น 15 ppm

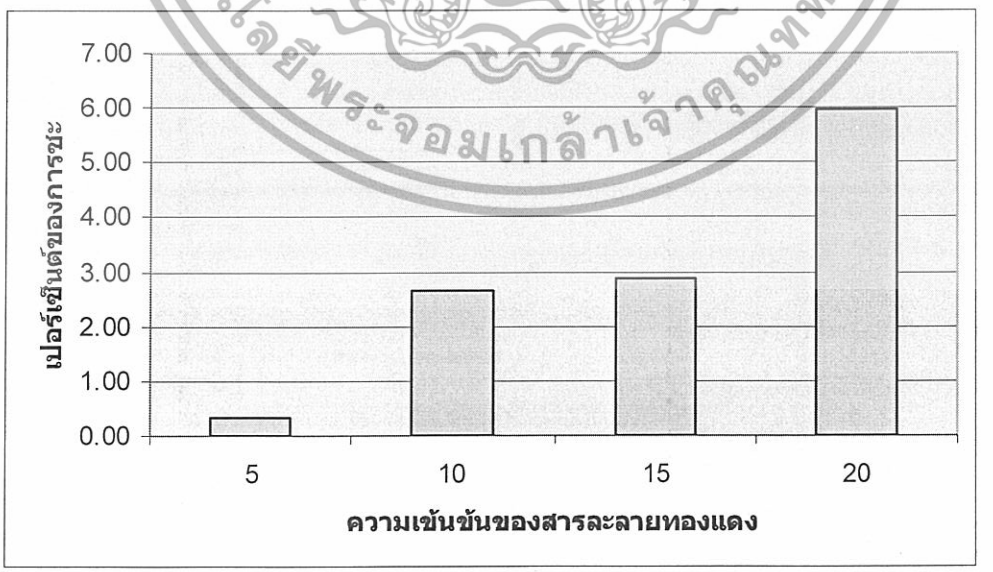
คอลัมน์ที่	ค่าการดูดซับ (mg Cu/g ชานอ้อย)	% การชะ
1	1.69	4.04
2	1.60	1.50
3	1.73	3.07
ค่าเฉลี่ย	1.67 ± 0.07	2.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน C ที่ใช้สารละลายทองแดงเข้มข้น 20 ppm

คอลัมน์ที่	ค่าการดูดซับ (mg Cu/g ชานอ้อย)	% การชะ
1	1.98	5.37
2	1.79	6.67
3	1.85	5.90
ค่าเฉลี่ย	1.87 ± 0.10	5.98

รูปที่ 4.7 การดูดซับโลหะทองแดงต่อ 1 กรัมของเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน C



รูปที่ 4.8 เปอร์เซ็นต์การชะโลหะทองแดงของเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.12 - 4.16 และรูปที่ 4.7 , 4.8 สรุปได้ว่าการดูดซับของเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพในอัตราส่วน C มีแนวโน้มในการดูดซับสารละลายทองแดงสูงขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายทองแดง ซึ่งมีช่วงการดูดซับต่อ 1 กรัมอยู่ที่ 0.95 — 1.87

ตารางที่ 4.17 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน D ที่ใช้สารละลายทองแดงเข้มข้น 5 ppm

คอลัมน์ที่	ค่าการดูดซับ (mg Cu/g ชานอ้อย)	% การชะ
1	0.88	0.76
2	0.88	0.50
3	0.88	0.52
ค่าเฉลี่ย	0.88 ± 0.00	0.60

ตารางที่ 4.18 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน D ที่ใช้สารละลายทองแดงเข้มข้น 10 ppm

คอลัมน์ที่	ค่าการดูดซับ (mg Cu/g ชานอ้อย)	% การชะ
1	1.06	4.41
2	1.06	4.56
3	1.10	3.22
ค่าเฉลี่ย	1.07 ± 0.02	4.07

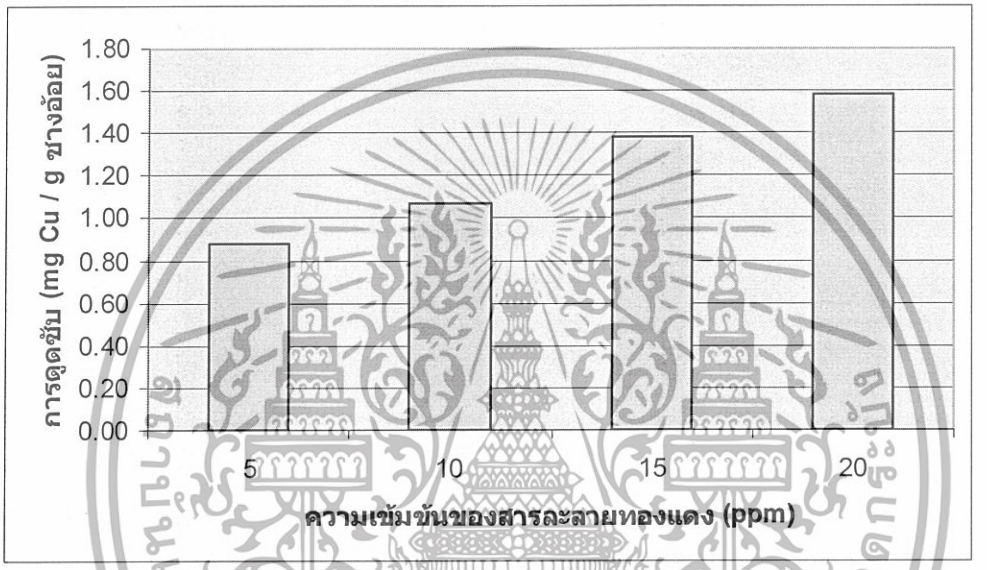
ตารางที่ 4.19 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน D ที่ใช้สารละลายทองแดงเข้มข้น 15 ppm

คอลัมน์ที่	ค่าการดูดซับ (mg Cu/g ชานอ้อย)	% การชะ
1	1.37	4.33
2	1.40	4.87
3	1.38	5.50
ค่าเฉลี่ย	1.38 ± 0.01	4.90

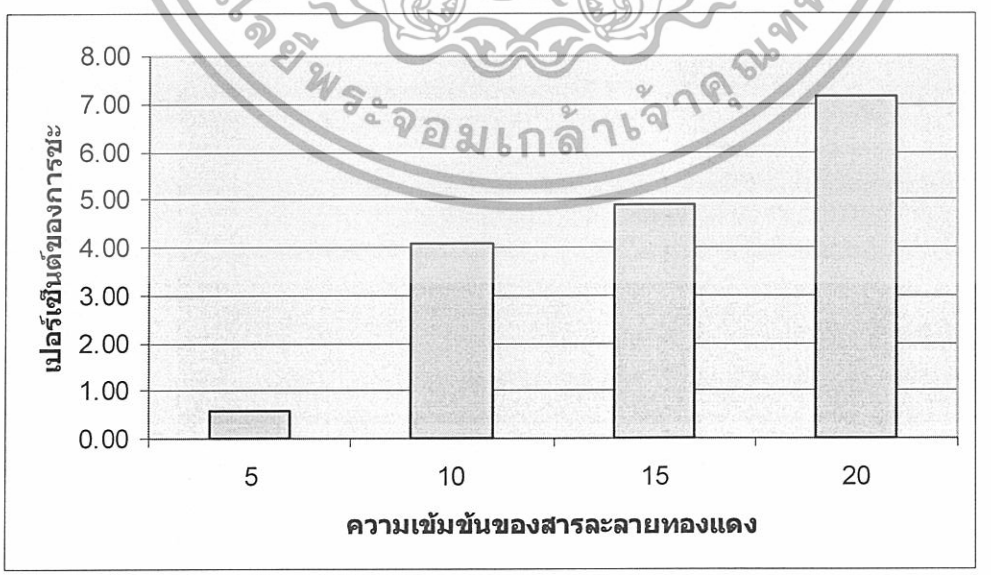
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 ผลการดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน D ที่ใช้สารละลายทองแดงเข้มข้น 20 ppm

คอลัมน์ที่	ค่าการดูดซับ (mg Cu/g ชานอ้อย)	% การชะ
1	1.70	6.93
2	1.51	7.16
3	1.54	7.43
ค่าเฉลี่ย	1.58 ± 0.10	7.14



รูปที่ 4.9 การดูดซับโลหะทองแดงต่อ 1 กรัมของเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน D



รูปที่ 4.10 เปอร์เซ็นต์การชะโลหะทองแดงกรัมของเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพอัตราส่วน D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.17 - 4.20 และรูปที่ 4.9 , 4.10 สรุปได้ว่าการดูดซับของเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพในอัตราส่วน D มีแนวโน้นในการดูดซับสารละลายทองแดงสูงขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายทองแดง ซึ่งมีช่วงการดูดซับต่อ 1 กรัมอยู่ที่ 0.88 — 1.58

4.3 ศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับโลหะหนักของเส้นใยอ้อยแบบไม่ปรับสภาพและการชะด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.010 M และ 0.10 M

จากการทดลองใช้เส้นใยอ้อยที่ยังไม่ปรับสภาพผ่านตัวอย่างที่มีโลหะทองแดงผสมกับโลหะสังกะสี เก็บสารละลาย จากนั้นนำสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.010 M และ 0.10 M มาผ่าน เก็บสารละลายไว้ ได้ผลแสดงดังตารางที่4.21 - 4.22

ตารางที่ 4.21 ผลการชะโลหะสังกะสีด้วย 0.10 M กรดไฮโดรคลอริก สำหรับเส้นใยอ้อยที่ไม่ได้ปรับสภาพ

จำนวนครั้งในการชะ	ค่าการดูดกลืนแสง
1	0.00
2	0.36
3	0.14
4	0.06
5	0.05
6	0.02
7	0.04
8	0.04
9	0.04
10	0.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.22 ผลการชะโลหะสังกะสีด้วย 0.010 M กรดไฮโดรคลอริก สำหรับเส้นใยอ้อยที่ไม่ได้ปรับสภาพ

จำนวนครั้งในการชะ	ค่าการดูดกลืนแสง (A)
1	0.01
2	0.06
3	0.49
4	0.25
5	0.96
6	0.14
7	0.08
8	0.05
9	0.05
10	0.06

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.21 – 4.22 สรุปได้ว่าประสิทธิภาพการชะของเส้นใยอ้อยจะมีแนวโน้มลดลงทั้ง 0.01 โมลาร์และ 0.1 โมลาร์ ของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกโดยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.01 โมลาร์ มีประสิทธิภาพการชะสังกะสีออกมาได้ช้ากว่า 0.1 โมลาร์ของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการกำจัดโลหะหนักด้วยเส้นใยอ้อย ช้หลักการการดูดซับและการแลกเปลี่ยนไอออน แล้ววิเคราะห์โลหะหนักโดยวิธีการสร้างกราฟมาตรฐานของและตรวจวัดโดยใช้เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชั่น

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.1 - 4.4 สรุปได้ว่าการดูดซับของเส้นใยอ้อยที่ยังไม่ปรับสภาพมีแนวโน้นในการดูดซับสารละลายทองแดงสูงขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายทองแดง ซึ่งมีช่วงการดูดซับต่อ 1 กรัมอยู่ที่ 0.74 — 0.97

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.5 - 4.8 สรุปได้ว่าการดูดซับของเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพในอัตราส่วน A มีแนวโน้นในการดูดซับสารละลายทองแดงสูงขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายทองแดง ซึ่งมีช่วงการดูดซับต่อ 1 กรัมอยู่ที่ 0.73 — 2.08

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.9 - 4.12 สรุปได้ว่าการดูดซับของเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพในอัตราส่วน B มีแนวโน้นในการดูดซับสารละลายทองแดงสูงขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายทองแดง ซึ่งมีช่วงการดูดซับต่อ 1 กรัมอยู่ที่ 0.92 — 1.99

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.12 - 4.16 สรุปได้ว่าการดูดซับของเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพในอัตราส่วน C มีแนวโน้นในการดูดซับสารละลายทองแดงสูงขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายทองแดง ซึ่งมีช่วงการดูดซับต่อ 1 กรัมอยู่ที่ 0.95 — 1.87

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.17 - 4.20 สรุปได้ว่าการดูดซับของเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพในอัตราส่วน D มีแนวโน้นในการดูดซับสารละลายทองแดงสูงขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายทองแดง ซึ่งมีช่วงการดูดซับต่อ 1 กรัมอยู่ที่ 0.88 — 1.58

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.21 — 4.22 สรุปได้ว่าประสิทธิภาพการชะของเส้นใยอ้อยจะมีแนวโน้มลดลงทั้ง 0.010 โมลาร์และ 0.10 โมลาร์ ของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกโดยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.010 โมลาร์ ชะโลหะสังกะสีได้ช้ากว่าการใช้ 0.10 โมลาร์ของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก

สรุปได้ว่าประสิทธิภาพในการดูดซับของเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพแล้วจะมีค่าการดูดซับมากกว่าเส้นใยอ้อยที่ยังไม่ปรับสภาพ และในอัตราส่วนต่างๆ ของเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพจะมีค่าการดูดซับโลหะหนักได้ใกล้เคียงกัน จากการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายทองแดงทำให้เส้นใยอ้อยที่ไม่ปรับสภาพและปรับสภาพมีแนวโน้มในการดูดซับเพิ่มมากขึ้น ส่วนการชะโลหะหนักออกจากเส้นใยอ้อยด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น0.01, 0.1 M พบว่าสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่มีความเข้มข้น 0.01 M จะมีประสิทธิภาพการชะโลหะหนักออกจากเส้นใยอ้อยมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

1. แฟคเตอร์ที่มีผลต่อการดูดซับโลหะขึ้นอยู่กับหมู่ไฮดรอกซีที่เกาะอยู่ในเซลลูโลสของเส้นใยอ้อย โดยใช้เครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) เพื่อศึกษาลักษณะพื้นผิวภายนอกของเส้นใย และมาเปรียบเทียบกับเซลลูโลสที่มาจากแหล่งวัสดุอื่นเพื่อทำการศึกษาต่อว่าวัสดุใดที่จะสามารถดูดซับโลหะหนักได้ดี
2. ควรวัดพีเอชของสารละลายที่ถูกชะออกมาก่อนนำไปตรวจวัด เพื่อศึกษาความเป็นกรดว่ามีผลต่อประสิทธิภาพการชะ
3. น้ำตาลเป็นส่วนประกอบของเส้นใยอ้อยจึงควรศึกษาว่าน้ำตาลมีผลต่อประสิทธิภาพของการดูดซับและประสิทธิภาพการชะอย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] โลหะหนัก **"มลพิษสิ่งแวดล้อม"** [online]. Available : http//www.ksu.ac.th/teather/anurak/Lesson3.htm ค้นเมื่อวันที่ 14 ตุลาคม 2548.

[2] ชีวรัตน์ ศิลปรัตน์, ปริญญา รุ่งโรจน์กิจไพศาล, และปวีณา จรัสโชติพินิต. (2544). **การดูดซับตะกั่วโดยการพัฒนาตัวกลางดูดซับที่ได้จากเปลือกหอยแครง**. ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมีสิ่งแวดล้อม สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[3] จรา ทัพพลี และ ทินกร เจนศิริรุ่งเรือง. (2544). **คอมพอสิตพอลิสไตรีนที่ใช้แล้วและ เส้นใยชานอ้อย.** ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาเคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[4] วัชรี อธิปัญญาสฤษดิ์, วัฒนเกียรติ เลื่องลือเจริญกิจ, และ วิศณีย์ ตั้งยืนยง. (2540). **การศึกษาการปรับปรุงพื้นผิวเส้นใยธรรมชาติ (ชานอ้อย) เพื่อใช้ประโยชน์ในพอลิเมอร์คอมพิสิต.** ปริญญา นิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาเคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[5] พิมล เรียนวัฒนา, และ ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์. (2528). **เคมีสภาวะแวดล้อม.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[6] ชัชฎาพร องอาจ. (2545). **การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักโดยใช้เรซินแลกเปลี่ยนไอออนที่เตรียมจากต้นมันสำปะหลัง ใบสับปะรด และกาบมะพร้าว.** วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์บันฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[7] แม้น อมรสิทธ์, และ อมร เพชรสม. (2535). **หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[8] A. Dabrowski, Z. Hubicki, P. Podkoscielny, and E. Robens. 2004. Selective removal of the heavy metal ions from waters and industrial wastewaters by ion-exchange method. **Chemosphere.** 56:91-106.

[9] C. Nascentes, M. Kamogawa, K. Fernandes, M. Arruda, A. Nogueira, and J. Nobrega. 2005. Direct determination of Cu, Mn, Pb, and Zn in beer by thermospray flame furnace atomic absorption spectrometry. **Spectrochimica Acta Part B** 60:749-753.

[10] O. Dalman, A. Demirak, and A. Balci. 2006. Determination of heavy metals (Cd, Pb) and trace elements (Cu, Zn) in sediments and fish of the Southeastern Aegean Sea (Turkey) by atomic absorption spectrophotometry. **Food Chemistry.**95:157-162.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตาราง แสดงน้ำหนักเส้นใยอ้อยและค่าการดูดกลืนแสงของชุดการทดลองที่ 1

เส้นใยอ้อยที่ไม่ปรับสภาพ ความเข้มข้นสารละลายทองแดง 5 ppm

คอลัมน์ที่	นน. เส้นใย (g)	สลล. Cu (mg)	น้ำกลั่น (mg)	ดูดซับได้ (mg)	ดูดซับต่อ1g	%การดูดซับ	การชะ (mg)	% การชะ
1	0.257	0.047	0.035	0.19	0.76	77.83	0.01	4.24
2	0.2506	0.063	0.024	0.18	0.70	70.28	0.01	3.22
3	0.2518	0.051	0.031	0.19	0.75	75.94	0.01	3.85

เส้นใยอ้อยที่ไม่ปรับสภาพ ความเข้มข้นสารละลายทองแดง 10 ppm

คอลัมน์ที่	นน. เส้นใย (g)	สลล. Cu (mg)	น้ำกลั่น (mg)	ดูดซับได้ (mg)	ดูดซับต่อ1g	%การดูดซับ	การชะ (mg)	% การชะ
1	0.252	0.21	0.058	0.26	1.03	51.95	0.03	10.53
2	0.2526	0.274	0.1	0.19	0.74	37.30	0.05	25.29
3	0.2538	0.241	0.08	0.22	0.88	44.85	0.04	16.83

เส้นใยอ้อยที่ไม่ปรับสภาพ ความเข้มข้นสารละลายทองแดง 15 ppm

คอลัมน์ที่	นน. เส้นใย (g)	สลล. Cu (mg)	น้ำกลั่น (mg)	ดูดซับได้ (mg)	ดูดซับต่อ1g	%การดูดซับ	การชะ (mg)	% การชะ
1	0.2526	0.455	0.164	0.25	1.00	33.67	0.04	14.20
2	0.2523	0.455	0.157	0.25	1.00	33.67	0.03	13.59
3	0.2543	0.473	0.154	0.23	0.92	31.05	0.03	14.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นใยอ้อยที่ไม่ปรับสภาพ ความเข้มข้นสารละลายทองแดง 20 ppm

คอลัมน์ที่	นน. เส้นใย (g)	สลล. Cu (mg)	น้ำกลั่น (mg)	ดูดซับได้ (mg)	ดูดซับต่อ1g	%การดูดซับ	การชะ (mg)	% การชะ
1	0.254	0.613	0.217	0.28	1.09	27.71	0.05	18.47
2	0.2503	0.651	0.19	0.23	0.93	23.23	0.04	19.29
3	0.25	0.663	0.221	0.22	0.87	21.82	0.05	23.89

ตาราง แสดงน้ำหนักเส้นใยอ้อยและค่าการดูดกลืนแสงของชุดการทดลองที่ 2

เส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพด้วยอัตราส่วน A ความเข้มข้นสารละลายทองแดง 5 ppm

คอลัมน์ที่	นน. เส้นใย (g)	สลล. Cu (mg)	น้ำกลั่น (mg)	ดูดซับได้ (mg)	ดูดซับต่อ1g	%การดูดซับ	การชะ (mg)	% การชะ
1	0.256	0.048	0.026	0.193	0.76	77.36	0.01	3.17
2	0.2537	0.072	0.022	0.17	0.65	66.04	0.01	3.15
3	0.2587	0.041	0.013	0.20	0.78	80.66	0.00	1.52

เส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพด้วยอัตราส่วน B ความเข้มข้นสารละลายทองแดง 5 ppm

คอลัมน์ที่	นน. เส้นใย (g)	สลล. Cu (mg)	น้ำกลั่น (mg)	ดูดซับได้ (mg)	ดูดซับต่อ1g	%การดูดซับ	การชะ (mg)	% การชะ
1	0.2585	0.0142	0.0053	0.23	0.91	93.78	0.001	0.49
2	0.2561	0.0144	0.0088	0.23	0.91	93.71	0.002	0.82
3	0.2542	0.0124	0.0029	0.24	0.93	94.59	0.001	0.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพด้วยอัตราส่วน C ความเข้มข้นสารละลายทองแดง 5 ppm

คอลัมน์ที่	นน. เส้นใย (g)	สลล. Cu (mg)	น้ำกลั่น (mg)	ดูดซับได้ (mg)	ดูดซับต่อ1g	%การดูดซับ	การชะ (mg)	% การชะ
1	0.2535	0.0067	0.0021	0.24	0.96	97.07	0.0004	0.19
2	0.2543	0.0071	0.0054	0.24	0.95	96.90	0.001	0.47
3	0.2519	0.0094	0.0036	0.24	0.95	95.90	0.0007	0.33

เส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพด้วยอัตราส่วน D ความเข้มข้นสารละลายทองแดง 5 ppm

คอลัมน์ที่	นน. เส้นใย (g)	สลล. Cu (mg)	น้ำกลั่น (mg)	ดูดซับได้ (mg)	ดูดซับต่อ1g	%การดูดซับ	การชะ (mg)	% การชะ
1	0.2571	0.0225	0.0078	0.23	0.88	90.17	0.002	0.76
2	0.2521	0.0249	0.0051	0.22	0.88	89.13	0.001	0.50
3	0.2578	0.0202	0.0054	0.23	0.88	91.18	0.001	0.52

เส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพด้วยอัตราส่วน A ความเข้มข้นสารละลายทองแดง 10 ppm

คอลัมน์ที่	นน. เส้นใย (g)	สลล. Cu (mg)	น้ำกลั่น (mg)	ดูดซับได้ (mg)	ดูดซับต่อ1g	%การดูดซับ	การชะ (mg)	% การชะ
1	0.2541	0.1381	0.0447	0.35	1.39	70.43	0.01	2.72
2	0.2544	0.136	0.0292	0.35	1.39	70.88	0.006	1.76
3	0.2544	0.1218	0.0432	0.37	1.45	73.92	0.01	2.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพด้วยอัตราส่วน B ความเข้มข้นสารละลายทองแดง 10 ppm

คอลัมน์ที่	นน. เส้นใย (g)	สลล. Cu (mg)	น้ำกลั่น (mg)	ดูดซับได้ (mg)	ดูดซับต่อ1g	%การดูดซับ	การชะ (mg)	% การชะ
1	0.2549	0.1397	0.0447	0.35	1.37	70.09	0.01	2.73
2	0.255	0.1898	0.0292	0.30	1.16	59.36	0.01	2.11
3	0.2553	0.1218	0.0432	0.37	1.45	73.92	0.01	2.50

เส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพด้วยอัตราส่วน C ความเข้มข้นสารละลายทองแดง 10 ppm

คอลัมน์ที่	นน. เส้นใย (g)	สลล. Cu (mg)	น้ำกลั่น (mg)	ดูดซับได้ (mg)	ดูดซับต่อ1g	%การดูดซับ	การชะ (mg)	% การชะ
1	0.2542	0.1151	0.0479	0.38	1.48	75.35	0.01	2.72
2	0.2552	0.1601	0.0569	0.33	1.29	65.72	0.01	3.71
3	0.2546	0.1207	0.0274	0.37	1.46	74.15	0.005	1.58

เส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพด้วยอัตราส่วน D ความเข้มข้นสารละลายทองแดง 10 ppm

คอลัมน์ที่	นน. เส้นใย (g)	สลล. Cu (mg)	น้ำกลั่น (mg)	ดูดซับได้ (mg)	ดูดซับต่อ1g	%การดูดซับ	การชะ (mg)	% การชะ
1	0.2548	0.2155	0.0555	0.27	1.06	53.85	0.01	4.41
2	0.2564	0.2137	0.0578	0.27	1.06	54.24	0.01	4.56
3	0.2445	0.2163	0.0404	0.27	1.10	53.68	0.008	3.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพด้วยอัตราส่วน A ความเข้มข้นสารละลายทองแดง 15 ppm

คอลัมน์ที่	นน. เส้นใย (g)	สลล. Cu (mg)	น้ำกลั่น (mg)	ดูดซับได้ (mg)	ดูดซับต่อ1g	%การดูดซับ	การชะ (mg)	% การชะ
1	0.2548	0.2929	0.0822	0.42	1.65	56.22	0.01	4.37
2	0.254	0.2974	0.0987	0.42	1.64	55.55	0.02	5.31
3	0.2563	0.2787	0.0873	0.44	1.71	58.34	0.02	4.47

เส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพด้วยอัตราส่วน B ความเข้มข้นสารละลายทองแดง 15 ppm

คอลัมน์ที่	นน. เส้นใย (g)	สลล. Cu (mg)	น้ำกลั่น (mg)	ดูดซับได้ (mg)	ดูดซับต่อ1g	%การดูดซับ	การชะ (mg)	% การชะ
1	0.2479	0.2831	0.0933	0.43	1.75	57.68	0.02	4.84
2	0.255	0.3213	0.0817	0.39	1.53	51.97	0.02	4.70
3	0.2478	0.3104	0.0829	0.40	1.62	53.60	0.02	4.62

เส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพด้วยอัตราส่วน C ความเข้มข้นสารละลายทองแดง 15 ppm

คอลัมน์ที่	นน. เส้นใย (g)	สลล. Cu (mg)	น้ำกลั่น (mg)	ดูดซับได้ (mg)	ดูดซับต่อ1g	%การดูดซับ	การชะ (mg)	% การชะ
1	0.2536	0.2878	0.077	0.43	1.69	56.98	0.02	4.02
2	0.2505	0.3119	0.0267	0.40	1.60	53.38	0.01	1.50
3	0.2511	0.2814	0.0594	0.43	1.73	57.94	0.01	3.07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพด้วยอัตราส่วน D ความเข้มข้นสารละลายทองแดง 15 ppm

คอลัมน์ที่	นน. เส้นใย (g)	สลล. Cu (mg)	น้ำกลั่น (mg)	ดูดซับได้ (mg)	ดูดซับต่อ1g	%การดูดซับ	การชะ (mg)	% การชะ
1	0.2523	0.361	0.0667	0.35	1.37	46.04	0.01	4.33
2	0.2524	0.3551	0.0765	0.35	1.39	46.92	0.01	4.87
3	0.2529	0.3569	0.0858	0.35	1.38	46.65	0.02	5.50

เส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพด้วยอัตราส่วน A ความเข้มข้นสารละลายทองแดง 20 ppm

คอลัมน์ที่	นน. เส้นใย (g)	สลล. Cu (mg)	น้ำกลั่น (mg)	ดูดซับได้ (mg)	ดูดซับต่อ1g	%การดูดซับ	การชะ (mg)	% การชะ
1	0.2576	0.4157	0.0363	0.51	1.98	50.98	0.01	1.68
2	0.2539	0.353	0.1119	0.58	2.30	58.37	0.03	4.52
3	0.2541	0.4228	0.1111	0.50	1.97	50.14	0.03	5.23

เส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพด้วยอัตราส่วน B ความเข้มข้นสารละลายทองแดง 20 ppm

คอลัมน์ที่	นน. เส้นใย (g)	สลล. Cu (mg)	น้ำกลั่น (mg)	ดูดซับได้ (mg)	ดูดซับต่อ1g	%การดูดซับ	การชะ (mg)	% การชะ
1	0.2573	0.4025	0.1051	0.53	2.04	52.54	0.025	4.72
2	0.2582	0.4396	0.1042	0.48	1.87	48.16	0.025	5.10
3	0.257	0.401	0.1065	0.53	2.05	52.71	0.03	4.77

เส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพด้วยอัตราส่วน C ความเข้มข้นสารละลายทองแดง 20 ppm

คอลัมน์ที่	นน. เส้นใย (g)	สลล. Cu (mg)	น้ำกลั่น (mg)	ดูดซับได้ (mg)	ดูดซับต่อ1g	%การดูดซับ	การชะ (mg)	% การชะ
1	0.259	0.4124	0.1169	0.51	1.98	51.37	0.03	5.38
2	0.258	0.456	0.1307	0.46	1.79	46.23	0.03	6.67
3	0.2571	0.4456	0.1187	0.47	1.85	47.45	0.03	5.90

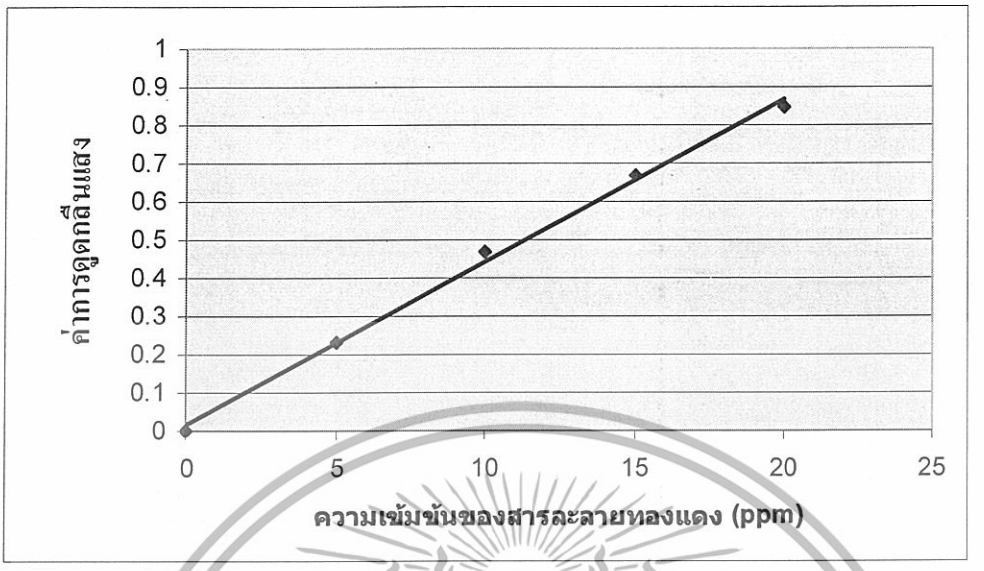
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพด้วยอัตราส่วน D ความเข้มข้นสารละลายทองแดง 20 ppm

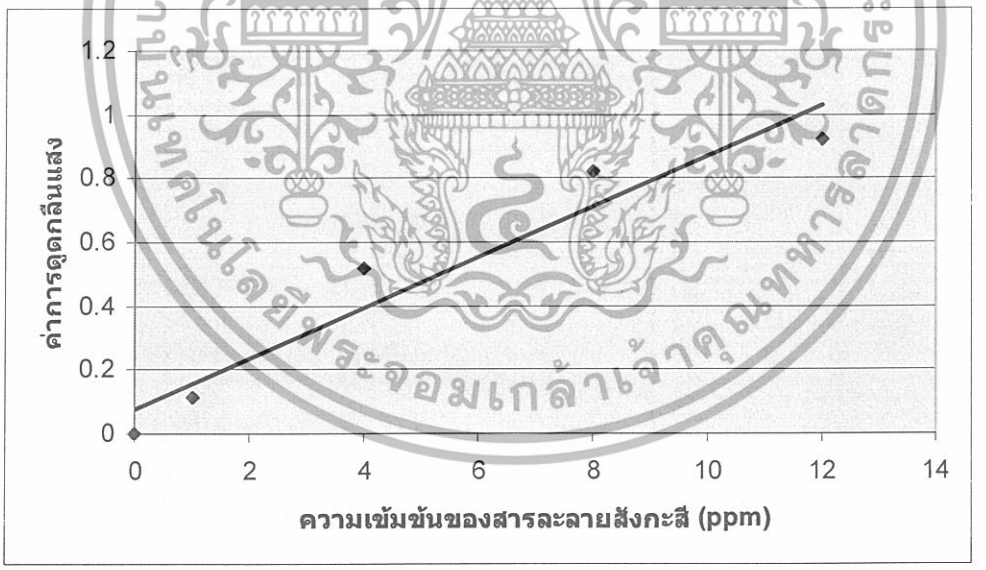
คอลัมน์ที่	นน. เส้นใย (g)	สลล. Cu (mg)	น้ำกลั่น (mg)	ดูดซับได้ (mg)	ดูดซับต่อ1g	%การดูดซับ	การชะ (mg)	% การชะ
1	0.2578	0.4769	0.1285	0.44	1.70	43.76	0.03	6.93
2	0.2543	0.5214	0.1169	0.39	1.51	38.51	0.03	7.16
3	0.255	0.5142	0.1225	0.39	1.54	39.36	0.03	7.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข



รูปกราฟมาตรฐานของสารละลายคอปเปอร์เจือจางด้วยน้ำ



รูปกราฟมาตรฐานของสารละลายสังกะสีเจือจางด้วยน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรม

ตัวแปร	ค่ามาตรฐาน
โลหะหนัก (Heavy Metal)	
สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 50 mg/L
โครเมียม (Cr)	
Hexavalent	ไม่เกิน 0.25 mg/L
Trivalent	ไม่เกิน 0.75 mg/L
อาร์เซนิค (As)	ไม่เกิน 0.25 mg/L
ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 2.0 mg/L
ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 0.005 mg/L
แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.03 mg/L
แบเรียม (Ba)	ไม่เกิน 1.0 mg/L
เซเลเนียม (Se)	ไม่เกิน 0.02 mg/L
ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.2 mg/L
นิเกิล (Ni)	ไม่เกิน 1.0 mg/L
แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 5.0 mg/l

หมายเหตุ:

1. มาตรฐานฯนี้ได้ประกาศเป็นประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ฯเรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ลงวันที่ 3 มกราคม 2539
2. mg/L หมายถึงมิลลิกรัมต่อลิตร
3. โรงงานอุตสาหกรรม หมายความว่า โรงงานตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน
4. นิคมอุตสาหกรรม หมายความว่า นิคมอุตสาหกรรมตามกฎหมายว่าด้วยนิคมอุตสาหกรรม หรือโครงการที่วัดไว้สำหรับการประกอบอุตสาหกรรมที่มีการจัดระบายน้ำลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อมร่วมกัน
5. น้ำเสีย หมายความว่า ของเสียที่อยู่ในสภาพเป็นของเหลว รวมทั้งมวลสารที่ปะปน หรือปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. น้ำทิ้ง หมายความว่า น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการโรงงานอุตสาหกรรม หรือนิคมอุตสาหกรรมที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ หรือออกสู่สิ่งแวดล้อม และให้ความหมายรวมถึงน้ำเสียจากการใช้น้ำของคนงาน รวมทั้งจากกิจกรรมอื่นๆในโรงงานอุตสาหกรรม หรือในนิคมอุตสาหกรรมด้วย โดยน้ำทิ้งต้องเป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งที่กำหนดไว้ในประกาศ
7. โรงงานอุตสาหกรรมจำพวกที่ 2 และ 3 ตามพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535 และนิคมอุตสาหกรรม ได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการควบคุมมลพิษ เมื่อวันที่ 5 ตุลาคม 2537 ให้กำหนดเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่ต้องถูกควบคุมตามมาตร 69 ของพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ.2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างการคำนวณปริมาณทองแดงที่ถูกดูดซับและการชะบนเส้นใยอ้อย

จากการทดลองศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับทั้งที่ไม่ปรับ การชะโลหะหนักออกจากเส้นใยอ้อย ซึ่งทำการทดลองดังนี้

1. ชั่งน้ำหนักเส้นใยอ้อยประมาณ 0.25 g ใส่ใน syringe ขนาด 3 ml ที่ใช้แทนคอลัมน์
2. นำน้ำปริมาณ 50 ml ผ่านลงในคอลัมน์ ทำให้เส้นใยอ้อยแน่นขึ้น
3. เตรียมสารละลายทองแดงความเข้มข้น 5 ppm โดยปิเปตสารละลายทองแดง 100 ppm มา 2.5 ml ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 50 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
4. นำสารละลายทองแดง 5 ppm ที่เตรียมได้ มา elute ผ่านคอลัมน์ที่บรรจุเส้นใยอ้อย
5. เก็บสารละลายที่ถูก elute นำ น้ำที่ปราศจากไอออน ปริมาตร 10 ml มา elute ผ่านคอลัมน์ เก็บสารละลายไว้ ทำซ้ำ 5 ครั้ง นำไปตรวจวัดหาปริมาณทองแดงด้วยเครื่อง AAS
6. ทำซ้ำอีก 2 คอลัมน์โดยทำแบบข้างต้น
7. ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนสารละลายทองแดงความเข้มข้น 10, 15 และ 20 ppm โดยปิเปตสารละลายทองแดง 100 ppm มา 5, 7.5, 10 ml ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 50 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

ปริมาณทองแดงที่ถูกดูดซับโดยเส้นใยอ้อย = ปริมาณทองแดงเริ่มต้น - ปริมาณทองแดงไม่ถูกดูดซับโดยเส้นใยอ้อย

เริ่มต้น

สารละลายตัวอย่าง	1000	มิลลิลิตร	มีคอปเปอร์อยู่ 5	มิลลิกรัม
ถ้าเอาสารละลายตัวอย่างมา	50	มิลลิลิตร	มีคอบเปอร์ 0.25	มิลลิกรัม

ดูดซับ

สารลายตัวอย่าง	1000	มิลลิลิตร	วัดคอปเปอร์ได้ 1.1320	มิลลิกรัม
ถ้าเอาสารละลายตัวอย่างมา	50	มิลลิลิตร	มีคอปเปอร์ 0.0566	มิลลิกรัม

เพราะฉะนั้นปริมาณทองแดงที่ถูกดูดซับโดยเส้นใยอ้อยเท่ากับ 0.25 – 0.0566 = 0.1933 มิลลิกรัม

$$\text{เปอร์เซ็นต์การดูดซับโดยเส้นใยอ้อย} = \frac{\text{ปริมาณทองแดงที่ถูกดูดซับโดยเส้นใยอ้อย}}{\text{ปริมาณทองแดงเริ่มต้น}} \times 100$$

$$= \frac{0.1933 \times 100}{0.25}$$

$$= 77.3584$$

$$\text{การดูดซับต่อ 1 g} = \frac{\text{ปริมาณเส้นใยอ้อยดูดซับสารละลายทองแดง}}{\text{น้ำหนักเส้นใยอ้อย}}$$

$$= \frac{0.1933 \text{ mg}}{0.256 \text{ g}}$$

$$= 0.7554 \text{ mg/g}$$

% การชะ

สารลายตัวอย่าง	1000	มิลลิลิตร	วัดคอปเปอร์ได้ 0.825	มิลลิกรัม
ถ้าเอาสารละลายตัวอย่างมา	10	มิลลิลิตร	มีคอปเปอร์ 0.00825	มิลลิกรัม

ดังนั้นโลหะทองแดงจะถูกชะออกมา 0.00825 มิลลิกรัม ดูดซับ 0.1945 มิลลิกรัม

ถ้าโลหะทองแดงที่ถูกดูดซับไว้ในคอลัมน์ 0.1945 มิลลิกรัม จะถูกชะออกมาได้ 0.00825 มิลลิกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คิดเป็น % การชะ = $\frac{0.00825 \times 100}{0.1945}$

ดังนั้น น้ำสามารถชะโลหะทองแดงออกจากเส้นใยมะพร้าวได้ 4.242 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้