

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การดูดซับโลหะทองแดงด้วยเส้นใยอ้อย



นางสาวปาริชาติ บุญชู
นางสาววนิดา ศรีสกุลดี

รฟ.
๖/๕๕๓ ต.
๒๕๔๗

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน...62025...

วัน,เดือน,ปี... 25 ก.ค. 254๗

b. 11608195

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Adsorption of Copper Using Sugar Cane Fiber

Miss Parichart Bunchoo

Miss Wanida Srisakuldee

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement

for the Degree of Bachelor of Science

Department of Chemistry

Faculty of Science

King mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Academic Year 2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษ การดูฉบับโลหะทองแดงด้วยเส้นใยอ้อย
นักศึกษา นางสาวปาริชาติ บุญชู
 นางสาววนิดา ศรีสกุลดี
ภาควิชา เคมี คณะวิทยาศาสตร์
สาขาวิชา เคมีอุตสาหกรรม-เครื่องมือวิเคราะห์
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อ.พรทิพย์ ศัพทอนันต์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

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



(ผศ.ดร.ประยงค์ ดวงดี)
 หัวหน้าภาควิชาเคมี

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ลงนามแล้ว สำหรับการเข้าถึงเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษ	การดูดซับโลหะทองแดงด้วยเส้นใยอ้อย
นักศึกษา	นางสาวปาริชาติ บุญชู นางสาววนิดา ศรีสกุลดี
ภาควิชา	เคมี คณะวิทยาศาสตร์
สาขาวิชา	เคมีอุตสาหกรรม-เครื่องมือวิเคราะห์
ปีการศึกษา	2547
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อ.พรทิพย์ ศัพทอนันต์

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้ได้นำขานอ้อยซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาทดลองใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยแยกเอาเส้นใยอ้อยมาทดลองทำการดูดซับโลหะทองแดงออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ ทำการศึกษาหาสถานะที่เหมาะสมโดยพิจารณาถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการดูดซับ พบว่าสถานะความเป็นกรด-ด่างของสารละลายมีอิทธิพลมากที่สุดต่อประสิทธิภาพการดูดซับโลหะทองแดงของเส้นใยอ้อย เมื่อสารละลายมีค่า pH ประมาณ 3.6 จะได้ปริมาณทองแดงที่ถูกดูดซับมีค่าสูงที่สุด ส่วนปัจจัยทางกายภาพคือ ระยะเวลาของการสัมผัส ความเร็วรอบของการปั่นกววน และขนาดความยาวของเส้นใยอ้อย ไม่แสดงอิทธิพลชัดเจนมากนักต่อประสิทธิภาพการดูดซับในการทดลองนี้ ค่าเฉลี่ยของปริมาณโลหะทองแดงที่ถูกดูดซับโดยเส้นใยอ้อยมีค่าเท่ากับ 6.93 ± 0.93 มิลลิกรัมต่อกรัม การทดลองชะเส้นใยอ้อยที่ดูดซับโลหะทองแดงไว้ด้วยกรดซัลฟิวริกที่มีความเข้มข้นในช่วง 0.10-1.0 โมลาร์พบว่าสามารถชะโลหะทองแดงออกจากเส้นใยอ้อยได้เพียงประมาณ 6.98 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Adsorption of Copper Using Sugar Cane Fiber
Name	Miss Parichat Bunchoo Miss Wanida Srisakuldee
Department	Chemistry Faculty of Science
Program	Industrial Chemistry – Analytical Instrumentation
Academic Year	2004
Special Project Advisor	Dr. Wiboon Praditweangkum
Special Project co-advisor	Mrs. Porntip Subanant

Abstract

This special project aims to study the removal copper from aqueous solution using sugar cane fiber, low-cost natural material. The factors affecting the adsorption were investigated. The adsorption depends largely upon the pH of the solution. The optimum efficiency being attained at pH = 3.6 . The physical factors such as contact time , stirring speed and length of fiber had a little effect to the adsorption. The average retention capacity of 6.93 ± 0.93 mg Cu/g sugar cane fiber was reported. The elution of adsorbed fiber by sulfuric acid in the concentration range of 0.10-1.0 M showed that the leaching of copper ions from the adsorbed fiber was 6.98 percent approximately.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สามารถลุล่วงไปได้ด้วยดีในครั้งนี้ สืบเนื่องมาจากความช่วยเหลือและความกรุณาของทุก ๆ ท่าน ขอขอบคุณ ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ และ อ.พรทิพย์ ศัพท์อนันต์ ที่ได้ให้คำแนะนำในเรื่องการทำรายงานและคำแนะนำอื่น ๆ อาจารย์ภาควิชาเคมีทุกท่าน อีกทั้งเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมีและเจ้าหน้าที่ธุรการภาควิชาเคมีทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในทุกด้านอย่างเต็มที่ และขอขอบคุณพี่ ป.โท ทุกท่านที่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการทำโครงการพิเศษนี้

ขอขอบคุณ รศ.อรุณี คงศักดิ์ไพศาล และ ผศ.คณิตา ตั้งคนานุรักษ์ ที่กรุณาติดตาม ตรวจสอบดูแลเอาใจใส่อย่างใกล้ชิด และให้คำปรึกษาและติชมผลงานจนสำเร็จลงได้ในที่สุด

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และบุคคลในครอบครัวที่ให้ความรัก ความเข้าใจ และเป็นกำลังใจมาโดยตลอด รวมถึงขอขอบใจเพื่อนในภาคเคมีทุก ๆ คน ที่คอยให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีตลอดการทำโครงการพิเศษฉบับนี้

คณะผู้จัดทำสำนึกในพระคุณของทุกท่าน และถือโอกาสนี้กราบขอบพระคุณทุก ๆ ท่าน ที่ให้ความกรุณา ให้กำลังใจ ให้คำปรึกษา คำแนะนำที่ดี ๆ และอดทนกับโครงการนี้มาโดยตลอด ขอขอบพระคุณ ณ โอกาสนี้ด้วย

ปาริชาติ บุญชู
วนิดา ศรีสกุลดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงการพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนของการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 ทองแดง	3
2.2 กระบวนการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสีย	3
2.3 การดูดซับ	4
2.4 ชานอ้อย	6
2.5 อะตอมมิกแอ็บซอร์พชัน สเปกโตรโฟโตเมทรี	12
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	14
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	16
3.1 สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	16
3.2 การเตรียมเส้นใยอ้อย	16
3.3 การเตรียมสารละลายสต็อกทองแดงเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร	17
3.4 วิธีดำเนินการทดลอง	17
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	20
4.1 การศึกษาผลของการเตรียมเส้นใยอ้อยโดยการแช่น้ำที่ปราศจากไอออน	20
4.2 การศึกษาหาสภาวะความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่เหมาะสม	20
4.3 การศึกษาผลของช่วงระยะเวลาของการแช่เส้นใยอ้อยในสารละลาย	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4 การศึกษาผลของความเร็วยรอบในการปั่นกวนสารละลาย	23
4.5 การศึกษาผลของความยาวของเส้นใยอ้อย	25
4.6 การศึกษาความเที่ยง(Precision)	25
4.7 การศึกษาการชะโลหะทองแดงออกจากเส้นใยอ้อย	27
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	29
เอกสารอ้างอิง	30
ภาคผนวก	31
ภาคผนวก ก	31
ภาคผนวก ข	35
ภาคผนวก ค	36
ภาคผนวก ง	38



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงแสดงส่วนประกอบและสมบัติเชิงกลของเส้นใยธรรมชาติบางประเภท	9
2.2 แสดงส่วนประกอบทางเคมีของชานอ้อย (คิดเป็นร้อยละโดยปราศจากความชื้น)	10
4.1 ผลการดูดซับ โลหะทองแดงของเส้นใยอ้อยที่แช่และไม่แช่น้ำปราศจากไอออน	20
4.2 ผลการใช้เส้นใยอ้อยในการดูดซับโลหะทองแดงจากสารละลายที่มี pH ต่าง ๆ	21
4.3 แสดงผลของช่วงระยะเวลาของการแช่เส้นใยอ้อยในสารละลาย	22
4.4 แสดงผลของความเร็วยวรอบในการปั่นกวนสารละลาย	23
4.5 แสดงผลของความยาวของเส้นใยอ้อยในการดูดซับโลหะทองแดง	25
4.6 แสดงผล การศึกษาความเที่ยง(Precision)	26
4.7 แสดงผลการศึกษาการชะโลหะทองแดงออกจากเส้นใยอ้อย	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงโครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส	11
2.2 แสดงแผนภาพองค์ประกอบของเครื่อง atomic absorption spectrophotometer	14
4.1 แสดงผลการใช้เส้นใยอ้อยในการดูดซับโลหะทองแดงจากสารละลายที่มี pH ต่างๆ	21
4.2 แสดงผลของช่วงระยะเวลาของการแช่เส้นใยอ้อยในสารละลาย	22
4.3 แสดงผลของความเร็วยรอบในการปั่นกวนสารละลาย	24
4.4 แสดง repeatability ของการดูดซับโลหะทองแดงด้วยเส้นใยอ้อย	26
4.5 แสดงผลการศึกษาการชะโลหะทองแดงออกจากเส้นใยอ้อย	28



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ

ความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในปัจจุบันทำให้มีโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เกิดขึ้นมากมาย โรงงานอุตสาหกรรมเหล่านี้จะปล่อยน้ำทิ้งออกมาซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะโรงงานอุตสาหกรรมประเภทที่ต้องใช้โลหะหนักเป็นส่วนผสม น้ำทิ้งจากโรงงานเหล่านี้จะมีโลหะหนักปนเปื้อนออกมาด้วยซึ่งหากมีปริมาณมากจะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตเป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องกำจัดโลหะหนักออกจากน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมก่อนปล่อยออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติเพื่อให้มีสารปนเปื้อนอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ด้วยเหตุนี้โรงงานอุตสาหกรรมจะต้องควบคุมปริมาณและมีวิธีการกำจัดโลหะหนัก สารอันตรายตามประกาศที่กำหนดโดยกระทรวงอุตสาหกรรม เช่น โลหะเงิน อาซิติก แบริยม แคดเมียม โครเมียม ปรอท ตะกั่ว และซีลีเนียม กระทรวงอุตสาหกรรมได้กำหนดมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมไว้ดังแสดงในภาคผนวก ก.

ขานอ้อย (bagasse) เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ที่ได้จากต้นอ้อยซึ่งหลังจากบีบเอาน้ำตาลออกแล้วจะเหลือแต่ส่วนที่เป็นกากใย โรงงานน้ำตาลบางโรงงานนำขานอ้อยนี้ไปใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงในโรงงาน แม้ว่าขานอ้อยจะสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ดี แต่เมื่อคิดถึงคุณค่าทางเศรษฐกิจแล้วจะเห็นว่าขานอ้อยน่าจะมีมูลค่าสูงกว่าการนำไปใช้ทำเป็นเชื้อเพลิง จึงได้มีการคิดค้นนำขานอ้อยไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อ เพื่อทำกระดาษและกระดาษแข็งหรือทำแผ่นไม้อัด (particle board)

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเส้นใยอ้อยซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์อีกทางหนึ่ง โดยจะศึกษาการใช้เส้นใยจากอ้อยเพื่อดูดซับโลหะทองแดงออกจากตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ

1. เพื่อศึกษาการนำเส้นใยอ้อยที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร มาใช้ประโยชน์ในการดูดซับโลหะทองแดง
2. เพื่อศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการใช้เส้นใยอ้อยดูดซับโลหะทองแดงออกจากตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์

1.3 ขอบเขตของโครงการพิเศษ

1.ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับ โลหะทองแดงออกจากน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้เส้นใยอ้อย

2.วิเคราะห์หาปริมาณโลหะทองแดง โดยใช้เทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตเมทรี (Atomic Absorption Spectrophotometry)

1.4 ขั้นตอนการทำวิจัยและดำเนินงาน

1. สืบค้นข้อมูลจากแหล่งที่เกี่ยวข้อง
2. วางแผนการทดลองโดยจัดหาอุปกรณ์ สารเคมี สารตัวอย่าง และเครื่องมือที่ใช้
3. ดำเนินการทดลอง โดยศึกษาหาสภาวะความเป็นกรด-ด่าง เวลาในการแช่เส้นใยอ้อย ความเร็วรอบในการปั่นกวนสารละลาย ความเข้มข้นของกรด H_2SO_4 ที่เป็นตัวชะ และความยาวของเส้นใยอ้อยที่เหมาะสมสำหรับการใช้เส้นใยอ้อยเพื่อทำการดูดซับ โลหะทองแดงออกจากตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ และวิเคราะห์หาปริมาณโลหะทองแดง โดยใช้เทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตเมทรี

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นการนำเส้นใยอ้อยซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์
2. ทำให้ทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมในการใช้เส้นใยอ้อยเพื่อดูดซับ โลหะทองแดงออกจากน้ำทิ้ง
3. ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะทองแดงของเส้นใยอ้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทองแดง [1]

ทองแดงเป็นโลหะหนักที่มีน้ำหนักอะตอมเท่ากับ 63.54 เป็นสมาชิกของธาตุหมู่ II B ในตารางธาตุมีวาเลนซ์เท่ากับ 2 เป็นแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์ กระบวนการเมตาบอลิซึมของทองแดงค่อนข้างจะซับซ้อนในร่างกายสัตว์ ทองแดงจะทำปฏิกิริยากับแร่ธาตุหลาย ๆ ตัว เช่น โมลิบดีนัม ซัลเฟต แมงกานีส สังกะสี และธาตุเหล็ก คนหรือสัตว์ที่ขาดทองแดงจะแสดงอาการ โลหิตจาง พบอาการผิดปกติของระบบหมุนเวียนโลหิตและหัวใจ กระบวนการสร้างเม็ดเลือด ตลอดจนการสร้างกระดูกจะลดน้อยลง สัตว์จะไม่เจริญเติบโต สาเหตุของการเป็นพิษในสัตว์อาจเป็นพิษเนื่องจากได้รับทองแดงขนาดสูง ๆ โดยบังเอิญ เช่น จากการใช้ยาฆ่าแมลง หรือคอปเปอร์ซัลเฟตที่ใช้รักษาโรคผิวหนัง ซึ่งมักไม่ค่อยพบในสัตว์ทั่ว ๆ ไปขนาดที่เป็นพิษ single oral dose = 25-50 mg/kg

2.2 กระบวนการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสีย [2]

เนื่องจากน้ำเสียมีสสิ่งสกปรกต่าง ๆ ซึ่งมีทั้งสารอินทรีย์และอนินทรีย์ปะปนอยู่ในรูปของของแข็งและสารละลาย ดังนั้นกระบวนการกำจัดน้ำเสียโดยทั่วไปจึงประกอบด้วยกระบวนการย่อย ๆ หลายกระบวนการ กระบวนการย่อยเหล่านี้จำแนกออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. กระบวนการทางกายภาพ (physical process) ประกอบด้วย

- การคัดด้วยตะแกรง (screening)
- การกวาด (skimming)
- การทำให้ลอยตัว (floating)
- การตกตะกอน (sedimentation or precipitation)
- การแยกสิ่งแขวนลอยออกจากน้ำโดยแรงเหวี่ยง (centrifugation)
- การกรอง (filtration)

2. กระบวนการทางเคมี (chemical process) ประกอบด้วย

- การทำให้เป็นกลางโดยการเติมกรดหรือเบส (neutralization)
- การทำให้ตกตะกอนโดยเติมสารเคมี (precipitation)
- ออกซิเดชัน - รีดักชันหรือรีดอกซ์ (redox)
- การทำให้อนุภาคแขวนลอยรวมตัวเป็นอนุภาคใหญ่ขึ้น โดยวิธีทางเคมี (chemical

coagulation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กระบวนการทางชีววิทยา (biological process) ได้แก่

- กระบวนการใช้ออกซิเจนหรืออากาศ (aerobic process) ซึ่งกรรมวิธีอาจเป็นแบบ oxidation pond, aerated lagoons, activated sludge, trickling filters และ biological disc filters เป็นต้น
- กระบวนการไร้ออกซิเจนหรืออากาศ (anaerobic process) ซึ่งอาจเป็นแบบบ่อกักไร้อากาศ (anaerobic lagoons) การย่อยแบบไร้อากาศ (anaerobic digestion) และการสัมผัสแบบไร้อากาศ (anaerobic contact)

4. กระบวนการทางฟิสิกส์เคมีกัล (physical-chemical process) ได้แก่

- การดูดซับโดยใช้ผงถ่าน (carbon adsorption)
- การแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange)
- ออสโมซิสย้อนกลับ (reverse osmosis)

2.3 การดูดซับ (Adsorption) [3]

หลักการ

การดูดซับเป็นปรากฏการณ์ที่สำคัญของกระบวนการทางกายภาพ ชีวภาพ และเคมี การดูดซับได้ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในการบำบัดทั้งน้ำคืดและน้ำเสีย การดูดซับเป็นความสามารถของสารในการดึงโมเลกุลหรือคอลลอยด์ที่อยู่ในของเหลวหรือแก๊สให้มาจับและติดที่ผิวของมันซึ่งปรากฏการณ์เคลื่อนย้ายสารจากของเหลวหรือแก๊สมายังผิวของแข็งเป็นส่วนที่สำคัญของกระบวนการนี้ โดยโมเลกุลหรือคอลลอยด์ที่เคลื่อนย้ายมาเรียกว่า ตัวถูกดูดซับ (Adsorbate) ส่วนของแข็งที่มีผิวเป็นที่เกาะจับของตัวถูกดูดซับเรียกว่า ตัวดูดซับ (Adsorbent)

การดูดซับมีความสามารถในการกำจัดสิ่งเจือปนในน้ำเสียที่เป็นทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ โดยอาศัยกลไกทางกายภาพเคมี สารที่สามารถใช้กระบวนการดูดซับในการกำจัดได้มีหลายชนิด เช่น สี กลิ่น บีโอดี ยาฆ่าแมลง เป็นต้น การดูดซับเป็นกระบวนการที่ง่ายต่อการควบคุมมีประสิทธิภาพดี และระบบมีความทนทานต่อสารพิษ ซึ่งมีผลกระทบอย่างมากต่อระบบชีวภาพนอกจากนี้ยังมีข้อดีเมื่อเปรียบเทียบกับระบบชีวภาพ คือต้องการพื้นที่น้อย ไม่มีกลิ่นที่น่ารังเกียจ

การดูดซับที่สำคัญมี 2 แบบ คือ การดูดซับทางกายภาพ (Physisorption) และการดูดซับทางเคมี (Chemisorption) การดูดซับทั้ง 2 แบบ นี้เกิดขึ้นเมื่อโมเลกุลในของเหลวเข้าใกล้ และยึดติดกับผิวของของแข็ง ซึ่งเป็นผลมาจากแรงดึงดูดที่ผิวของของแข็งสามารถเอาชนะพลังงานจลน์ของโมเลกุลของสารที่อยู่ในของเหลวได้

การดูดซับทางกายภาพเป็นผลมาจากปฏิกิริยาของแรงวันเคอร์วัลล์ ซึ่งเกิดจากการรวมกันของแรง 2 ชนิด คือ แรงกระจาย (London Dispersion Force) และแรงไฟฟ้าสถิตย์ (Electrostatic Force) โมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับจะถูกล็อคติดแบบกายภาพกับโมเลกุลของสารดูดซับ การดูดซับแบบนี้เป็นหลายชั้น ซึ่งแต่ละชั้นของโมเลกุลจะอยู่บนชั้นโมเลกุลของสารก่อนหน้า จำนวนชั้นของโมเลกุลจะมากขึ้นตามความ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้มข้นที่สูงขึ้นของตัวถูกละลายในสารละลาย การดูดซับแบบกายภาพทั่วไปจะเกิดที่อุณหภูมิต่ำซึ่งการดูดซับมีพลังงานต่ำ การย้อนกลับของกระบวนการดูดซับทางกายภาพขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของแรงดูดซับระหว่างสารดูดซับและสารถูกละลาย ถ้าแรงมีค่าน้อยการหลุดออกของสารดูดซับสามารถเกิดขึ้นได้

การดูดซับทางเคมีเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างสารดูดซับและสารถูกละลาย เกิดเป็นสารประกอบเคมี ซึ่งแตกต่างจากการดูดซับทางกายภาพ กระบวนการนี้จะมีความหนาของโมเลกุลเพียงชั้นเดียว (Monolayer) และไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาผันกลับมาเองได้ (Irreversible) ส่วนการดูดซับทางกายภาพที่สามารถผันกลับเองได้ (Reversible) เนื่องจากการจับตัวทางเคมีสร้างสารประกอบใหม่ที่ผิวของสารดูดซับ การดูดซับทางเคมีจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูงเนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมีจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูงมากกว่าอุณหภูมิต่ำ ความแข็งแรงของแรงดึงดูดสามารถวัดได้จากผลต่างจากความร้อนที่เกิดขึ้นจากการดูดซับทางกายภาพจะให้พลังงานต่ำ โดยทั่วไปประมาณ 2 – 10 กิโลแคลอรีต่อโมล ส่วนการดูดซับทางเคมีจะให้พลังงานสูง โดยประมาณ 15 – 50 กิโลแคลอรีต่อโมล

สารที่มีความสามารถในการดูดซับมีหลายชนิด อาจแบ่งได้เป็น 3 ประเภท

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

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดซับ

1. ขนาดและพื้นที่ผิวของการดูดซับ (Size and Surface Area)

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

2. ลักษณะของสารดูดซับ (Nature of Adsorption)

สิ่งที่สำคัญในการดูดซับตัวถูกละลายจากสารละลายอย่างหนึ่งคือ ความสามารถในการละลายน้ำของตัวถูกละลาย การดูดซับจะเพิ่มขึ้นเมื่อความสามารถในการละลายน้ำของตัวถูกละลายมีค่าลดลง

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากการดูดซับตัวถูกละลายจะต้องแยกออกจากตัวทำละลาย นอกจากนี้ขนาดของโมเลกุลของตัวถูกละลายยังมีผลต่ออัตราการดูดซับด้วย เนื่องจากอัตราการเคลื่อนที่ภายในโพรงเป็นอัตราที่ควบคุมอัตราการดูดซับ ขนาดของโมเลกุลของตัวถูกละลายจะแปรผกผันกับอัตราการดูดซับ

3. อัตราการเร่งปั่นกววน (Mixing Speed)

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

4. เวลาสัมผัส (Contact Time)

เวลาสัมผัสเป็นพารามิเตอร์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการดูดซับ ในการบำบัดน้ำเสีย ระยะเวลาสัมผัสที่ใช้จะต้องเหมาะสมที่จะทำให้เกิดประสิทธิภาพในการกำจัดที่ดีที่สุด ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของสารดูดซับและสารถูกละลาย ซึ่งระยะเวลาที่เหมาะสมต้องทำการศึกษาในระดับปฏิบัติการก่อนที่จะนำไปประยุกต์จริง

5. ค่าพีเอช (pH)

ค่าพีเอชของสารละลายเป็นปัจจัยที่สำคัญของการดูดซับ เนื่องจากไฮโดรเจนไอออนและไฮดรอกไซด์ไอออนสามารถดูดติดผิวได้อย่างแข็งแรง ค่าพีเอชมีผลต่อการแตกตัวของไอออนและการละลายน้ำของสารต่าง ๆ ดังนั้นจึงมีผลกระทบต่อ การดูดซับ

2.4 ขานอ้อย[4,5]

ลักษณะโครงสร้างของต้นอ้อย

การใช้ประโยชน์หลักจากต้นอ้อยคือ การบีบเอาน้ำอ้อยไปผลิตเป็นน้ำตาล โดยต้นอ้อยจะต้องถูกตัดใบทิ้งและทำความสะอาดก่อนนำเข้าสู่โรงงาน เพื่อหีบน้ำอ้อยหลังจากหีบน้ำอ้อยแล้วจะเหลือแต่กากใย เรียกว่า ขานอ้อยซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน ด้วยกันคือ

1. ชูยอ้อย
2. เนื้ออ้อย(fiber of the rind) หรือเส้นใยอ้อย
3. เปลือกอ้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบทั้ง 3 ส่วนจะมีลักษณะที่แตกต่างกันมากทั้งด้านกายภาพและเคมี โดยแต่ละส่วนจะกระจายตัวอยู่ที่ส่วนต่าง ๆ ของต้นอ้อยดังนี้

1. ส่วนกลางของต้นอ้อย (center portion) จะประกอบด้วยช่ช่อ หรือ parenchyma cell ประมาณร้อยละ 30 ของน้ำหนักต้นอ้อยอบแห้ง (ไม่รวมน้ำอ้อย) ซึ่งช่ช่อจะไม่มีลักษณะของเส้นใย ส่วนใหญ่จะอยู่ตรงกลางของลำต้นมีทิศทางขนานไปตามยาวของลำต้น แต่ช่ช่อบางส่วนจะมีทิศทางตามภาคตัดขวางของลำต้น โดยมีมัดเส้นใยฝังอยู่ในส่วนช่ช่อ บริเวณตรงกลางของลำต้นอ้อยมีมัดเส้นใยกระจายอยู่สูงถึงร้อยละ 15 ของน้ำหนักต้นอ้อยอบแห้ง (ไม่รวมน้ำตาล) เส้นใยที่พบมีทั้งแบบผนังเซลล์บาง ทุเมนกว้าง และเส้นใยสั้นผนังหนา นอกจากนี้ยังพบ vessel element ที่มีผนังเซลล์หนาด้วย

2. ส่วนเนื้ออ้อยและแกนอ้อยส่วนนี้ของต้นอ้อยประกอบด้วยส่วนที่เป็นมัดเส้นใยคุณภาพดีประมาณร้อยละ 50 ของน้ำหนักต้นอ้อยอบแห้ง ซึ่งรวมกันแน่นที่แกนของต้นอ้อยทำหน้าที่ให้ความแข็งแรงแก่ลำต้น เพราะมีโครงสร้างที่แข็งแรง มัดเส้นใยของต้นอ้อยนี้เรียงตัวขนานกับลำต้นของอ้อย ยกเว้นมัดเส้นใยที่อยู่ส่วนข้อของต้นอ้อย เส้นใยในชั้นของแกนนี้มีขนาดใหญ่กว่าเส้นใยที่อยู่ในส่วนของช่ช่อและมีความต้านทานต่อปฏิกิริยาทางเคมีดีกว่า จากการที่มัดเส้นใยนี้ขนานกับลำต้นทำให้สามารถแยกจากกันได้ง่ายเมื่อเทียบกับส่วนช่ช่อ ที่ส่วนแกนของต้นอ้อยมีเส้นใยรวมกันอยู่อย่างหนาแน่น โดยเส้นใยแต่ละเส้นจะต้องเชื่อมติดกันตามความยาวของเส้นใยโดยไม่มี cross - link ทำให้แกนอ้อยมีความถ่วงจำเพาะมากกว่าไม้เนื้อแข็งหลายชนิด เส้นใยในส่วนแกนนี้มีความเหมาะสมในการใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นเชื้อกระดาษมากกว่าเส้นใยสั้นที่กระจายตัวอยู่ในส่วนของช่ช่อ สามารถแยกเป็นเส้นใยเดี่ยว ๆ ได้ง่ายและให้ผลผลิตที่สูงกว่าเส้นใยที่ได้จากช่ช่อ

ในกระบวนการหีบน้ำตาล เส้นใยเหล่านี้รวมทั้งช่ช่อจะผสมรวมกัน หลังการแยกช่ช่อออก เส้นใยจะไปผสมรวมกันในหม้อต้มเชื้อและผสมกันเป็นเชื้อ โดยที่ใยที่ได้จากข้อเป็นเส้นใยที่สั้นแต่ยังคงเป็นเส้นใยที่ดี

3. ส่วนเปลือกอ้อย เป็นส่วนที่อยู่นอกสุดของต้นอ้อย เป็นส่วนซึ่งบางที่สุด แต่มีความหนาแน่นสูงมากประกอบด้วยไขมันและวัสดุอื่น ๆ ทำเป็นเชื้อได้ยาก มีสีเข้มกว่าช่ช่อและส่วนแกน อาจมีสีแดงหรือเขียว ส่วนเปลือกอ้อยนี้มีประมาณร้อยละ 5 ของน้ำหนักต้นอ้อยอบแห้ง ละลายได้ช้าและไม่สมบูรณ์ในระหว่างการต้มเชื้อ ถ้าไม่แยกออกพร้อมกับการแยกช่ช่อจะทำให้เกิดจุดดำ ๆ ในเชื้อด้วยเหตุที่ส่วนเปลือกอ้อยไม่ใช่เส้นใย ส่วนมากแยกออกได้โดยวิธี wet depth ถ้ายังคงมีจุดดำ ๆ ในเชื้อก็สามารถแยกได้โดยเครื่องทำความสะอาดแบบ centrifugal cleaner เพราะว่าเซลล์ผิวนอกมีความหนาแน่นสูงหรือแยกออกได้โดยการฟอกแบบหลายขั้นตอน

ประโยชน์ของขานอ้อย

ขานอ้อยคือส่วนของอ้อยที่เหลือภายหลังจากการหีบน้ำตาลออก โดยใช้ลูกหีบหนึ่งหรือหลายชุด ซึ่งจะมีประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ของอ้อยที่หีบ ขานอ้อยมีประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมมาก เช่น ใช้ทำไม้อัด

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เยื่อกระดาษ พลาสติก อาหารสัตว์ ตลอดจนใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันเตาในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งถ้าที่เหลือนำมาผสมกับหินปูนและถ่านหินสามารถผลิตเป็นอิฐก่อสร้างได้ ในบางประเทศนำขานอ้อยไปใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า การใช้ประโยชน์จากขานอ้อยได้แก่

1. ใช้เป็นเชื้อเพลิงและผลิตกระแสไฟฟ้า

ขานอ้อยสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเตาหม้อน้ำเพื่อผลิตเป็นไอน้ำใช้ในการต้มเคี่ยวน้ำตาล ขานอ้อย (ความชื้นประมาณ 49 เปอร์เซ็นต์) หนัก 1 ตัน จะให้พลังงานความร้อนเทียบเท่าน้ำมันเตา 0.18 ตัน ถ่านหิน 0.26 ตัน ก๊าซธรรมชาติ 0.209 ลูกบาศก์เมตร หรือ ไม้ 0.55 ตัน ไอน้ำที่ผลิตได้นำไปชักลากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขานอ้อยที่นำมาผลิตกระแสไฟฟ้าต้องมีปริมาณมากพอ สามารถใช้แทนถ่านหินหรือน้ำมันเตา ซึ่งเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่นับวันมีแต่จะหมดสิ้นไป

2. ใช้ผลิตเยื่อกระดาษ

ประเทศที่ริเริ่มนำขานอ้อยมาทำเยื่อกระดาษ ได้แก่ฝรั่งเศส เมื่อปี ค.ศ. 1833 ต่อมาแพร่หลายไปทั่วโลกและสามารถทำกระดาษอัดหรือไม้อัด โดยต้องพิจารณาเส้นใยที่นำมาผลิตด้วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความแข็งแรง จำนวนเส้นใย ความต้านทานต่อความชื้นและการผุพังได้ดี นอกจากนี้สามารถใช้ขานอ้อยผลิตพาร์ติเคิลบอร์ด (partical board) นำมาอัดเป็นแผ่นเล็ก ๆ เป็นชิ้น ๆ โดยใช้ ความร้อนและสารเคมี ใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ ตู้ทีวี กระเป๋าเดินทาง โต๊ะ ภาชนะ ฯลฯ

3. ใช้เป็นอาหารสัตว์

ขานอ้อยเมื่อทำให้แห้ง (ความชื้นประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์) สามารถใช้ผสมกับกากน้ำตาลในอัตราส่วนกากน้ำตาล 70 ส่วนต่อขานอ้อย 30 ส่วน ใช้เป็นอาหารสัตว์ได้

4. ใช้ผลิตคอนกรีต

ผสมขานอ้อย 6 ส่วนต่อปูนซีเมนต์ 1 ส่วน เพื่อให้มีรากากูลง มีน้ำหนักเบา และเพื่อต่อต้านการทำปฏิกิริยากับสีโป๊ว

5. ใช้ผลิตพลาสติก

เนื่องจากส่วนประกอบของขานอ้อยมีลิกนินผสมอยู่ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการผลิตพลาสติก นอกจากนั้นยังมีส่วนผสมอื่น ๆ ที่ใช้เป็นวัตถุดิบ เช่น เนื้อไม้ที่ไม่ใช้แล้วนำมาย่อยสลายด้วยกรด ความร้อนและความดัน แล้วอัดเป็นเม็ดพลาสติก

6. ใช้เป็นสารเสริมแรง

ขานอ้อยสามารถใช้เป็นสารเสริมแรงในโพลีเมอร์เพื่อปรับปรุงสมบัติเชิงกล โดยนำเส้นใยมาผสมกับโพลีเมอร์เมตริกซ์เพื่อผลิตเป็นโพลีเมอร์คอมพอสิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบของขานอ้อย

ขานอ้อยมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นเส้นใยประมาณ 42-43 เปอร์เซ็นต์ ความชื้น (Moisture) 46-52 เปอร์เซ็นต์ และส่วนอื่นๆ ซึ่งมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นน้ำตาล 2-8 เปอร์เซ็นต์ ส่วนประกอบทางเคมีของขานอ้อยประกอบด้วยเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนินและสารพอลิเมอร์ธรรมชาติ เซลลูโลสในขานอ้อยเป็นโฮโมพอลิเมอร์ประเภท D-กลูโคสพอลิเมอร์ เฮมิเซลลูโลสเป็นประเภท D-ไซเลน และลิกนินเป็นประเภทฟีนอลิกธรรมชาติ

ขานอ้อย (Bagasses)

เส้นใยธรรมชาติเป็นวัสดุอินทรีย์ที่สำคัญ พบได้ง่ายทั่วไปตามธรรมชาติ และมีราคาถูกกว่าเส้นใยสังเคราะห์ โครงสร้างของเส้นใยธรรมชาติจะประกอบด้วยเซลลูโลส (cellulose) เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังมีเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) ลิกนิน (Lignin) และสารประกอบอื่น ๆ เส้นใยธรรมชาติแต่ละชนิดจะมีส่วนประกอบและสมบัติแตกต่างกัน ดังตัวอย่างในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบและสมบัติเชิงกลของเส้นใยธรรมชาติบางประเภท

	ความหนาแน่น (mg/m^3)	เซลลูโลส (%)	เฮมิเซลลูโลส (%)	ลิกนิน (%)
ไม้ (Wood)	1.5	40	40	20
ปอกระเจา (Jute)	1.3	72	14	14
ป่าน (Hemp)	-	71	22	7
ป่านศรนารายณ์ (Sisal)	0.7	74	-	26

	มอดุลัสของยัง (GPa)	ความทนแรงดึง (MPa)	มอดุลัสจำเพาะ [[GPa]/(mg/m^3)]	ความแข็งแรงจำเพาะ [[GPa]/(mg/m^3)]
ไม้	-	500	-	333
ปอกระเจา	55.5	442	43	340
ป่าน	-	460	-	-
ป่านศรนารายณ์	17	530	24	757

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นใยธรรมชาติที่รู้จักกันอย่างกว้างขวาง คือ เส้นใยฝ้าย (Cotton) ชานอ้อย (Bagasse) ป่าน ฝรนารายณ์ (Sisal) ปอกระเจา (Jute) เป็นต้น เมื่อผสมเส้นใยฝ้ายกับพลาสติกจะช่วยเพิ่มสมบัติความทนแรง กระแทก และช่วยให้ขึ้นรูปได้ง่าย เส้นใยป่านฝรนารายณ์เป็นเส้นใยที่แข็งแรงแต่ไม่ทนต่อความชื้น เส้นใย ปอกระเจาจะไม่แข็งแรงเท่าเส้นใยป่านฝรนารายณ์ แต่นิยมใช้เนื่องจากมีราคาถูก ในบางประเทศมีการใช้เส้น ใยปอกระเจาเสริมแรงในพอลิเอสเตอร์ เพื่อใช้ในงานก่อสร้างอาคาร สำหรับชานอ้อยเป็นกากเหลือจากการ ผลิตน้ำตาล สามารถนำมาใช้เป็นสารตัวเติมในพลาสติกได้เช่นกัน

ชานอ้อยเป็นเส้นใยที่เป็นผลพลอยได้จากการผลิตน้ำตาล ในปีหนึ่ง ๆ มีชานอ้อยที่เป็นแหล่งใหญ่ ของเส้นใยที่ใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อทดแทนในอุตสาหกรรมการผลิตวัสดุได้หลายประเภท เช่น การผลิตเยื่อ กระดาษ การผลิตแผ่นไม้ประดิษฐ์ เป็นต้น

ส่วนประกอบทางเคมีและฟิสิกส์ของชานอ้อย

ชานอ้อยมีหลายสี แต่โดยทั่วไปจะมีสีเทาอ่อนๆ จนถึงสีเขียวอ่อน มีขนาดค่อนข้างใหญ่ และมี รูปแบบไม่แน่นอน ขึ้นกับการบด ชานอ้อยจะประกอบด้วย 2 ส่วนที่แยกกันอย่างเห็น ได้ชัด คือ ส่วนแรกที่เป็นชั้นผนังหนาและจะค่อนข้างยาวซึ่งเป็นส่วนของเส้นใยที่ได้จากเปลือกนอกและมัดของท่อลำเลียงที่กระ- กระจายอยู่ในลำต้น ส่วนที่สองเป็นส่วนที่มีความสำคัญที่ได้จากเซลล์ที่มีผนังบางของพวกพาราเรโน ไคมา (Parenchyma) ของลำต้นที่ทำหน้าที่เก็บสะสมน้ำตาลอ้อย ส่วนประกอบทั้งหมดของชานอ้อยในส่วน ของเส้นใยและแกนกลางแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบทางเคมีของชานอ้อย (คิดเป็นร้อยละโดยปราศจากความชื้น)

ส่วนประกอบ	ชานอ้อยทั้งหมด	เส้นใย	แกนกลาง
เซลลูโลส	40.00	56.60	55.40
กัม	24.40	26.11	29.30
โปรตีน	24.50		
น้ำตาล	1.80		
ซูโคส			
กลูโคส	14.00		
กรด	1.40		
ไขมันและแว็กซ์	0.40	2.25	3.55
เถ้า	0.60	1.30	3.02
ลิกนิน	2.40	19.15	22.30
ซิลิกา	15.0	0.46	2.42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

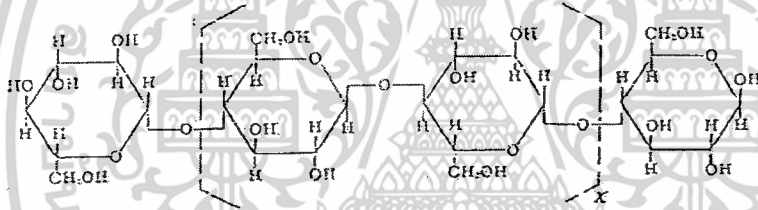
เส้นใยอ้อย

เส้นใยอ้อยมีลักษณะคล้ายกับเส้นใยของฟ้ายและขนสัตว์ คือ มีลักษณะโครงสร้างขดเป็นวง มีความยาวโดยเฉลี่ยประมาณ 1.0-4.0 มิลลิเมตร และกว้าง 0.010-0.040 มิลลิเมตร ลักษณะของเส้นใยนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของชานอ้อย

สำหรับส่วนประกอบทั่วไปของชานอ้อยโดยประมาณ คือ ความชื้นร้อยละ 49 ของแข็งที่ละลายได้ ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่น้ำตาลร้อยละ 6 ของแข็งที่ละลายไม่ได้หรือส่วนที่เป็นเส้นใย (Fiber) ร้อยละ 45 โดยส่วนที่เป็นเส้นใยนี้อาจจะไม่ละลายน้ำและจะประกอบด้วย เซลลูโลส เพนโตแซน (Pentosans) และลิกนิน

1. เซลลูโลส

เซลลูโลสเป็นโพลีแซคคาไรด์ (Polysaccharides) เชิงเส้นตรง ที่ประกอบด้วยหน่วยซ้ำ ๆ กัน มีสูตรโมเลกุลทั่วไป คือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ เป็นโครงสร้างในเนื้อเยื่อพืชโดยพบรวมกัน ลิกนิน เพนโตแซน กัม แทนนิน ไขมัน สารที่ทำให้เกิดสี เซลลูโลสจะมีโมเลกุลยาวและแข็ง โดยเซลลูโลสในชานอ้อยจะมีสายโซ่พอลิเมอร์ประมาณ 2,000-3,000 หน่วยโครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลสเป็นดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส

เซลลูโลสประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลถึง 3 หมู่ สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้ แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของเซลลูโลสมีมาก และโครงสร้างของเซลลูโลสยังจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ จึงทำให้เซลลูโลสมีความเป็นผลึกสูง อุณหภูมิหลอมตัวจะสูงมาก มักจะเกิดการสลายตัวก่อนถึงอุณหภูมิหลอมตัว และมีความสามารถในการละลายต่ำ เซลลูโลสธรรมชาติจะมีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยแตกต่างกัน การกระจายน้ำหนักโมเลกุลของเซลลูโลสมีความสำคัญต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ส่วนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำจะส่งผลให้คุณสมบัติทางกายภาพไม่ดี ในทางอุตสาหกรรมจะหาน้ำหนักโมเลกุลโดยประมาณได้โดยการทดสอบความหนืด

สมบัติทางกายภาพที่สำคัญของเซลลูโลส ได้แก่

- การดูดซับความชื้น เซลลูโลสจะมีการดูดหรือคายน้ำและของเหลวอื่น ๆ ที่อยู่ในบรรยากาศรอบ ๆ จนกระทั่งถึงสมดุล ซึ่งสมดุลของปริมาณความชื้นของเซลลูโลสจะเปลี่ยนไปตามความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศรอบ ๆ นั้น ปริมาณความชื้นของเซลลูโลสมีผลต่อคุณสมบัติบางประการ เช่น ความทนแรงดึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเส้นใยฝ้ายจะมากขึ้นเมื่อมีความชื้นสูงขึ้น แต่เส้นใยเรยอนจะมีค่าลดลง ส่วนคุณสมบัติการนำไฟฟ้าจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมีความชื้นมากขึ้น

- เซลลูโลสไม่ละลายน้ำ แต่จะละลายในกรดแร่เข้มข้น เซลลูโลสจะเกิดไฮโดรไลซิสอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิห้อง แต่จะหยุดที่อุณหภูมิต่ำ สารละลายของเกลือบางชนิดที่เข้มข้น จะทำให้เซลลูโลสบวมตัว และบางทีจะทำให้เซลลูโลสที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ๆ ละลายได้ ความหนืดเป็นคุณสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งของเซลลูโลสและอนุพันธ์ โดยความหนืดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อความเข้มข้นของเซลลูโลสเพิ่มขึ้น

- ความหนาแน่นของเซลลูโลสที่เป็นเส้นใยเดี่ยวจะไม่เป็นค่าแน่นอน ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของเส้นใยเซลลูโลสจะแปรตามแหล่งที่มา และอาจเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการปรับปรุงทางเคมี

2. เพนโตแซน

เพนโตแซนเป็นรูปแบบหนึ่งของเฮมิเซลลูโลส สามารถละลายน้ำได้ ประกอบด้วยหน่วยน้ำตาลเพนโตสมากกว่ากลูโคส และมีค่าดีกรีของโพลีเมอร์ต่ำกว่าเซลลูโลสโดยประมาณ 40 หน่วย เมื่อไฮโดรไลซิสเพนโตแซนจะได้ไซโตส อะราบีโนส และกรดยูโรนิก แต่ถ้าต้มด้วยกรดเกลือ เพนโตแซนจะเปลี่ยนเป็นเฟอฟูรัล

3. ลิกนิน

ลิกนินเป็นสารประกอบเชิงซ้อน มีน้ำหนักโมเลกุลสูง มักพบอยู่ร่วมกับเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส มีสูตรโมเลกุล $C_{49}H_{52}O_{14}$ โครงสร้างทางเคมีจะเป็นวงแหวนอะโรมาติกขนาดใหญ่ ประกอบด้วยวงเบนซีนและหมู่ฟีนอลที่มีและไม่มีกรเติมหมู่เมธิล ลิกนินไม่ละลายน้ำ ไม่มีสมบัติทางการยืดหยุ่น พืชที่มีลิกนินมากจะมีความแข็งแรงคงทน

2.5 อะตอมมิกแอบซอร์บชัน สเปกโตรโฟโตเมทรี[6]

เทคนิคทางอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโตรโฟโตเมทรี(Atomic Absorption Spectrophotometry :AAS) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ธาตุอย่างหนึ่ง ซึ่งสามารถทำได้ทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณวิเคราะห์ที่ได้รับความนิยมมากวิธีหนึ่ง เพราะเป็นเทคนิคที่ให้ความเที่ยง ความแม่นยำ มีสภาพไวสูงและเป็นเทคนิคที่เฉพาะดีมาก ประกอบกับค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ก็ไม่สูงนัก ดังนั้น ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ที่ทันสมัยโดยทั่วไปจะมีเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์อยู่ด้วยเสมอ ความสามารถของเทคนิคนี้มีสูงมาก เพราะสามารถใช้วิเคราะห์ธาตุต่าง ๆ ได้ถึง 67 ธาตุ ซึ่งนับว่ามากพอควรสำหรับเครื่องมือเพียงอย่างเดียว ทำให้การใช้งานเป็นไปได้เป็นอย่างดี

หลักการของอะตอมมิกแอบซอร์บชัน

อะตอมมิกแอบซอร์บชันเป็นกระบวนการที่เกิดจากอะตอมเสรีของธาตุดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นอันหนึ่งโดยเฉพาะ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุ ธาตุแต่ละชนิดจะมีระดับของพลังงานแตกต่างกัน จึงมีการดูดกลืนพลังงานแตกต่างกัน เช่น อะตอมของโซเดียมจะดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 589 nm เพราะไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสงที่ความยาวคลื่นนี้เป็นแสงที่มีพลังงานพอที่จะทำให้อิเล็กตรอนของโซเดียมอะตอมเกิดการเปลี่ยนสถานะจากสถานะพื้นไปสู่สถานะกระตุ้น ซึ่งจะเห็นว่าความยาวคลื่นเหล่านี้จัดเป็น spectroscopic line ของอะตอมมีกสเปกตรัม ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวของธาตุแต่ละชนิด

ในการทำให้อะตอมของธาตุในสารประกอบเกิดเป็นอะตอมเสรีได้นั้น ต้องมีการดูดกลืนพลังงานเข้าไป ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปต่าง ๆ กัน เช่น พลังงานความร้อนจากเปลวไฟ หรือความร้อนจากไฟฟ้า เป็นต้น ความร้อนจะทำให้เกิดกระบวนการแตกตัว (dissociation) หรือเปลี่ยนให้เป็นไอ (vaporization) หรืออาจแตกตัวเป็นอะตอม หรือทำให้อะตอมอยู่ในสถานะกระตุ้น หรืออาจกลายเป็นไอออนก็ได้

เทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยวิธี AAS

เทคนิคต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุนั้นสามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่

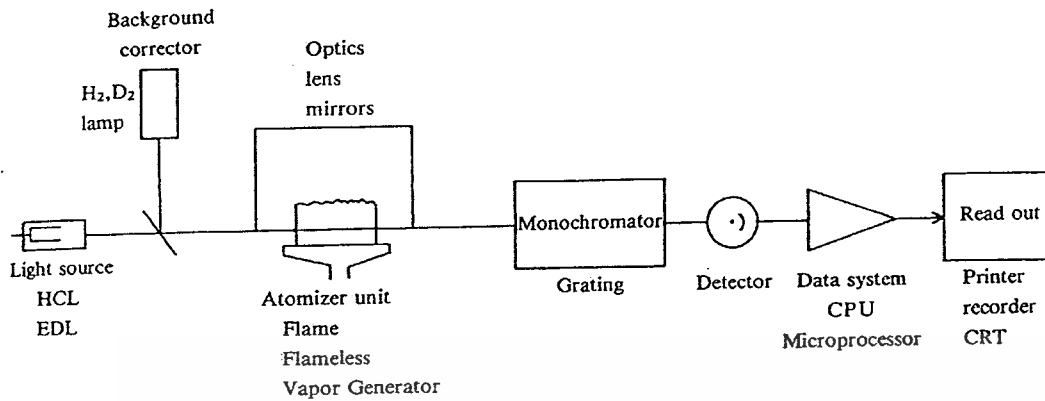
- ใช้ Flame Atomization Technique เทคนิคนี้ใช้กระบวนการทำให้สารแตกตัวเป็นอะตอมด้วยเปลวไฟ (flame) ที่เหมาะสม
- ใช้ Flameless Technique หรือ Non-flame Atomization Technique ซึ่งเทคนิคนี้ใช้กระบวนการทำให้สารตัวอย่างสลายตัวเป็นอะตอมได้ด้วยกระแสไฟฟ้า (electrothermal atomizer หรือ graphite furnace) โดยสามารถโปรแกรมให้อุณหภูมิของการเผามีค่าต่าง ๆ กัน และใช้เวลาต่าง ๆ กันได้
- ใช้ Hydride Generation Technique เนื่องจากมีธาตุบางชนิดจะเปลี่ยนให้เป็นอะตอมโดยตรงด้วยเทคนิค Flame Atomization และ Flameless Atomization ไม่ได้ แต่จำเป็นต้องใช้วิธีทำให้แตกตัวในบรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจนเพื่อป้องกันการรวมตัวกับออกซิเจนของธาตุเหล่านี้ ดังนั้น จึงต้องใช้วิธีทำให้ธาตุเหล่านี้กลายเป็นสารที่เป็นไอได้ง่าย ๆ ที่อุณหภูมิห้องด้วยการรีดิวซ์ให้เป็นไฮไดรด์ แล้วให้ไฮไดรด์นั้นผ่านเข้าไปในเปลวไฟไฮโดรเจนความร้อนจากเปลวไฟไฮโดรเจนจะทำให้ธาตุกลายเป็นอะตอมเสรีได้ เทคนิคนี้ใช้ในการวิเคราะห์ของธาตุ As, Se, Te, Ge, Bi และ Sb

- ใช้ Cold Vapor Generation Technique สำหรับเทคนิคนี้เหมาะที่จะใช้เป็นวิธีวิเคราะห์ธาตุบางชนิดที่สามารถเปลี่ยนให้เป็นไอได้ง่าย ๆ ซึ่งได้แก่ การวิเคราะห์ปรอทที่มีปริมาณน้อยโดยเฉพาะ

องค์ประกอบที่สำคัญของเครื่องอะตอมมิคแอนาไลเซอร์แบบสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ มี 5 ส่วนด้วยกันคือ

1. แหล่งกำเนิดแสง (light source)
2. ส่วนที่ทำให้ธาตุกลายเป็นอะตอมเสรี (atomizer)
3. โมโนโครเมเตอร์ (monochromator) ซึ่งใช้แยกแสงให้ได้ความยาวคลื่นของแสงที่ต้องการ
4. ดีเทกเตอร์ (detector)
5. เครื่องประมวลผลและอ่านผล (data system and read-out units)

ส่วนประกอบของเครื่อง AAS แสดงด้วยแผนภาพดังรูปที่ 2.2 ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์มากที่แตกต่างกันเฉพาะส่วนที่ 1 และ 2 เท่านั้น นอกจากนั้นจะเหมือนกันโยชน์ด้านการคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงแผนภาพองค์ประกอบของเครื่อง atomic absorption spectrophotometer

กระบวนการทำให้ธาตุแตกตัวเป็นอะตอมเสรีด้วยเปลวไฟ(flame atomization)

ในกรณีที่ใช้กระบวนการทำให้ธาตุแตกตัวเป็นอะตอมด้วยเปลวไฟนั้น สารตัวอย่างจะต้องเป็นสารละลายที่เข้ากันเป็นเนื้อเดียว ไม่มีสารแขวนลอยอยู่ ตัวทำละลายจะเป็นน้ำหรือสารอินทรีย์ก็ได้ กระบวนการatomizationนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. Nebulization เป็นกระบวนการเปลี่ยนของเหลวให้เป็นละอองเล็กๆ (mist) ด้วยเครื่องที่เรียกว่า nebulizer
2. Droplet precipitation เป็นกระบวนการที่ละอองเล็กๆ ของสารละลายรวมกันเป็นหยดสารละลายโต ไม่สามารถจะลอยอยู่ในอากาศได้ จึงตกลงมาแล้วออกไปทางท่อน้ำทิ้ง (drain)
3. Mixing เป็นกระบวนการที่ละอองเล็กๆ ของสารละลายเกิดผสมกับแก๊สเชื้อเพลิง (fuel) และออกซิเจน (oxidant) ใน chamber ของ nebulizer
4. Desolvation เป็นกระบวนการที่ตัวทำละลายที่อยู่ในละอองเล็กนั้นถูกกำจัดออกไป ทำให้เกิดเป็นอนุภาคเล็กๆ ของสารประกอบ กระบวนการนี้จะเกิดขึ้นตอนล่างของเปลวไฟ
5. Compound decomposition เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในเปลวไฟ โดยที่พลังงานความร้อนจากเปลวไฟจะไปทำให้สารประกอบเกิดการแตกตัวเป็นออกไซด์ เป็นโมเลกุล และเป็นอะตอมเสรี บางครั้งอาจเกิดการกระตุ้นหรือการไอออไนเซชันต่อไปได้

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

G. Sebe และ คณะ [7] ศึกษาถึงการใช้หญ้า eelgrass เพื่อการดูดซับ Cu (II) ออกจากสารละลายเจือจางโดยพิจารณาถึงปัจจัยต่าง ๆ คือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ช่วงเวลาของการสัมผัสกัน และอัตราส่วนเริ่มต้นของปริมาณโลหะต่อตัวดูดซับ ความสามารถในการดูดซับโลหะทองแดงเพิ่มขึ้นตามค่า pH สภาวะที่เหมาะสมอยู่ในช่วง pH เท่ากับ 5.5 – 6 หญ้า eelgrass ให้ประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะทองแดง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดีกว่าไม้สน 3 เท่า และดีกว่าขี้ข้าวโพด 2 เท่า หญ้า eelgrass มีหมู่ฟังก์ชันคาร์บอกซิล (carboxyl groups) ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี และวิธีโพเทนชิโอเมตริกไทเทรชัน หมู่คาร์บอกซิลนี้มีส่วนร่วมในการเกิดกระบวนการดูดซับด้วยกลไกแบบการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cation exchange mechanism)

J. Hanzlik และคณะ [8] ศึกษาการดูดซับโลหะซัลเฟอร์ แคลเซียม และทองแดง ออกจากสารละลายด้วยวัสดุธรรมชาติที่สามารถผลิตเป็นถ่านได้ ได้แก่ ไม้สน เปลือกต้นสน เปลือกต้นก๊อก (cork) ถ่านพีท (peat) ถ่านฟิวส์ไนต์ (fusinite) ถ่านลิกไนต์ (lignite) ถ่านหินบิทูมินัส (bituminous coal) และถ่านหินแอนทราไซต์ (anthracite) นอกจากนี้ยังรวมถึงวัสดุที่ประกอบด้วยธาตุคาร์บอนปริมาณมากที่ใช้ในทางอุตสาหกรรม ได้แก่ ถ่านโค้ก (coke) ถ่านกัมมันต์ F-400 และ Multisorb™ 100 ทดสอบการดูดซับโดยใช้ระบบโลหะเดี่ยว โลหะคู่ และโลหะผสมทั้ง 3 ชนิด วัสดุแต่ละชนิดมีความสามารถในการดูดซับโลหะแตกต่างกัน ไอออนอื่น ๆ ในสารละลายจะมีอิทธิพลอย่างมากในการรบกวนความสามารถในการดูดซับโลหะ

B.R. Reddy และ คณะ [9] ศึกษาการกำจัดโลหะทองแดงออกจากสารละลายโดยใช้เปลือกของต้นไม้ในประเทศอินเดีย ประสิทธิภาพของการกำจัดโลหะขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารละลาย ชนิดของเปลือกไม้และเวลาที่ใช้สัมผัสกัน การกำจัดโลหะทองแดงโดยใช้เปลือกไม้ดิบจะมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นตามค่า pH และให้ประสิทธิภาพสูงสุดที่ 65-78 % ที่ pH ในช่วง 4-5 สารละลายที่ผ่านการกำจัดโลหะทองแดงแล้วจะมีสีอันเนื่องมาจากสารประกอบอินทรีย์ที่มีอยู่ในเปลือกไม้ดิบนั้น ซึ่งจะทำให้สารละลายนี้มีค่า BOD และ COD สูง รวมทั้งมีปริมาณธาตุคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ (TOC) ในปริมาณสูงด้วย ด้วยเหตุนี้จึงควรปรับปรุงสภาพของเปลือกไม้ดิบก่อนการใช้งานด้วยกระบวนการทางเคมีหรือชีวภาพ การปรับปรุงนี้จะทำให้สารประกอบอินทรีย์บางส่วนถูกสกัดออกไปรวมทั้งทำให้ความจุและประสิทธิภาพของการเกิดคีเลต (chelating) ของเปลือกไม้มีค่าเพิ่มขึ้น

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี

1. คอปเปอร์ซัลเฟตเพนตะไฮเดรต ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) เกรดวิเคราะห์ จากบริษัท CARLO ERBA
2. กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) เกรดวิเคราะห์ จากบริษัท CARLO ERBA

อุปกรณ์

1. บีกเกอร์
2. ปีเปต
3. ลูกยาง
4. กระจกบอควง
5. ขวดวัดปริมาตร
6. กรวยแก้ว
7. หลอดหยด
8. แท่งแก้วคน
9. ซ้อนตักสาร
10. ขวดพลาสติก

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) รุ่น AA-680 ยี่ห้อ shimadzu
2. pH meter รุ่น 251 Denver Instrument Company
3. เครื่องชั่งน้ำหนัก รุ่น TC-254 Denver Instrument Company
4. เครื่อง Orbital Shaker ของบริษัท GALLENKAMP

3.2 การเตรียมเส้นใยอ้อย

1. นำขานอ้อยที่คั้นน้ำแล้วมาแช่ในน้ำปราศจากไอออน

2. นำแปรงสีฟันมาขัดขานอ้อยได้เส้นใยที่ปราศจากขุย

3. แยกเอาเส้นใยอ้อยออกจากส่วนที่เป็นขุย นำเส้นใยอ้อยที่ได้ไปทดลองต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การเตรียมสารละลายสต็อกทองแดงเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร

1. ชั่ง $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ มา 3.9305 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร
2. มาละลายน้ำเล็กน้อย ถ่ายลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

3.4 วิธีดำเนินการทดลอง

ทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการใช้เส้นใยอ้อยในการดูดซับโลหะทองแดงออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ ดังนี้

3.4.1 การศึกษาผลของการเตรียมเส้นใยอ้อยโดยการแช่ในน้ำที่ปราศจากไอออน

1. ชั่งน้ำหนักเส้นใยอ้อยประมาณ 0.50 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร (ทำซ้ำ 2 ครั้ง) เติมน้ำปราศจากไอออน 50 มิลลิลิตร แช่ไว้ 30 นาที แล้วเทน้ำทิ้งให้หมด
2. ตวงสารละลายทองแดงเข้มข้น 100 ppm ด้วยขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เทลงในบีกเกอร์ที่มีเส้นใยอ้อยนั้น
3. ทำการปั่นกวนสารละลายในบีกเกอร์ด้วยความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที
4. กรองสารละลายที่ได้ในบีกเกอร์ด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 41 เก็บสารละลายที่กรองได้ในขวดพลาสติก
5. นำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณทองแดงด้วยเครื่อง AAS
6. ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 1-5 แต่ไม่ต้องทำการแช่เส้นใยอ้อยด้วยน้ำปราศจากไอออน (ในข้อที่ 1) เพื่อเปรียบเทียบผลการแช่กับไม่แช่เส้นใยอ้อยในน้ำปราศจากไอออนก่อนทำการดูดซับโลหะทองแดง

3.4.2 การศึกษาหาสภาวะความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่เหมาะสม

1. ชั่งน้ำหนักเส้นใยอ้อยประมาณ 0.50 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร (ทำซ้ำ 3 ซ้ำ)
2. ตวงสารละลายทองแดงเข้มข้น 100 ppm ด้วยขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เทลงในบีกเกอร์ที่มีเส้นใยอ้อย
3. ทำการปั่นกวนสารละลายในบีกเกอร์ด้วยความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที
4. กรองสารละลายที่ได้ในบีกเกอร์ด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 41 เก็บสารละลายที่กรองได้ในขวดพลาสติก
5. นำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณทองแดงด้วยเครื่อง AAS
6. ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 1-5 แต่ปรับ pH ของสารละลายทองแดงเข้มข้น 100 ppm (ในข้อ 2) ให้ได้ pH ประมาณ 3.6, 2.0, 1.0 โดยใช้ 1.0 M H_2SO_4 ในการปรับ pH

3.4.3 การศึกษาผลของช่วงระยะเวลาของการแช่เส้นใยอ้อยในสารละลาย

1. ชั่งน้ำหนักเส้นใยอ้อยประมาณ 0.50 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร (ทำซ้ำ 3 ครั้ง)
2. ตวงสารละลายทองแดงเข้มข้น 100 ppm (ที่ปรับให้ได้ pH = 3.6) ด้วยขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เทลงในบีกเกอร์ที่มีเส้นใยอ้อย
3. ทำการปั่นกวนสารละลายในบีกเกอร์ด้วยความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที
4. กรองสารละลายที่ได้ในบีกเกอร์ด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 41 เก็บสารละลายที่กรองได้ในขวดพลาสติก
5. นำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณทองแดงด้วยเครื่อง AAS
6. ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 1-5 แต่ปรับช่วงระยะเวลาในการปั่นกวนสารละลาย (ในข้อ 3) เป็น 10 นาที, 1 ชั่วโมง และ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ

3.4.4 การศึกษาผลของความเร็วยรอบในการปั่นกวนสารละลาย

1. ชั่งน้ำหนักเส้นใยอ้อยประมาณ 0.50 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร (ทำซ้ำ 3 ครั้ง)
2. ตวงสารละลายทองแดงเข้มข้น 100 ppm (ที่ปรับให้ได้ pH = 3.6) ด้วยขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เทลงในบีกเกอร์ที่มีเส้นใยอ้อย
3. ทำการปั่นกวนสารละลายในบีกเกอร์ด้วยความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที
4. กรองสารละลายที่ได้ในบีกเกอร์ด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 41 เก็บสารละลายที่กรองได้ในขวดพลาสติก
5. นำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณทองแดงด้วยเครื่อง AAS
6. ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 1-5 แต่ปรับความเร็วยรอบในการปั่นกวนสารละลายในบีกเกอร์ (ในข้อ 3) เป็น 400 รอบต่อนาที และไม่ทำการปั่นกวนสารละลาย ทดลองเปรียบเทียบกัน

3.4.5 การศึกษาผลของความยาวของเส้นใยอ้อย

1. ชั่งน้ำหนักเส้นใยอ้อย (ที่มีความยาวประมาณ 5 เซนติเมตร) ประมาณ 0.50 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร (ทำซ้ำ 3 ครั้ง)
2. ตวงสารละลายทองแดงเข้มข้น 100 ppm (ที่ปรับให้ได้ pH = 3.6) ด้วยขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เทลงในบีกเกอร์ที่มีเส้นใยอ้อย
3. ทำการปั่นกวนสารละลายในบีกเกอร์ด้วยความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที
4. กรองสารละลายที่ได้ในบีกเกอร์ด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 41 เก็บสารละลายที่กรองได้ในขวดพลาสติก
5. นำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณทองแดงด้วยเครื่อง AAS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 1-5 แต่ใช้เส้นใยอ้อยที่ทำการตัดให้สั้นลงเหลือความยาวประมาณ 0.50 เซนติเมตร (ในข้อ 1) ทดลองเปรียบเทียบ

3.4.6 การศึกษาความเที่ยง (precision)

1. ชั่งน้ำหนักเส้นใยอ้อยประมาณ 0.50 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร (ทำซ้ำ 11 ครั้ง)
2. ตวงสารละลายทองแดงเข้มข้น 100 ppm (ที่ปรับให้ได้ pH = 3.6) ด้วยขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เทลงในบีกเกอร์ที่มีเส้นใยอ้อย
3. ทำการปั่นกวนสารละลายในบีกเกอร์ด้วยความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที
4. กรองสารละลายที่ได้ในบีกเกอร์ด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 41 เก็บสารละลายที่กรองได้ในขวดพลาสติก
5. นำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณทองแดงด้วยเครื่อง AAS

3.4.7 การศึกษาการชะโลหะทองแดงออกจากเส้นใยอ้อย

1. ชั่งน้ำหนักเส้นใยอ้อยประมาณ 0.50 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร (ทำซ้ำ 3 ซ้ำ)
2. ตวงสารละลายทองแดงเข้มข้น 100 ppm (ที่ปรับให้ได้ pH = 3.6) ด้วยขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เทลงในบีกเกอร์ที่มีเส้นใยอ้อย
3. ทำการปั่นกวนสารละลายในบีกเกอร์ด้วยความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที
4. กรองสารละลายที่ได้ในบีกเกอร์ด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 41 เก็บสารละลายที่กรองได้ในขวดพลาสติก
5. นำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณทองแดงด้วยเครื่อง AAS
6. นำเส้นใยอ้อยดูดซับ โลหะทองแดงไว้หลังจากการกรอง แล้วแช่เส้นใยอ้อยนั้นด้วยกรด H_2SO_4 เข้มข้น 0.1 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร
7. ทำการปั่นกวนสารละลายในบีกเกอร์ด้วยความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที
8. กรองสารละลายที่ได้ในบีกเกอร์ด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 41 เก็บสารละลายที่กรองได้ในขวดพลาสติก
9. นำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณทองแดงด้วยเครื่อง AAS
10. ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 1-9 แต่ปรับความเข้มข้นของกรด H_2SO_4 เป็น 0.5 M และ 1.0 M ตามลำดับ ทดลองเปรียบเทียบกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับโลหะทองแดงด้วยใยอ้อย โดยการศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่คาดว่าจะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะทองแดงของเส้นใยอ้อย ได้ผลการทดลองดังนี้

4.1 การศึกษาผลของการเตรียมเส้นใยอ้อยโดยการแช่น้ำที่ปราศจากไอออน

ผลการทดลองใช้เส้นใยอ้อยที่แช่น้ำปราศจากไอออนก่อนทำการทดลองเปรียบเทียบกับเส้นใยอ้อยที่ไม่แช่น้ำปราศจากไอออนก่อนทำการทดลอง เพื่อดูดซับโลหะทองแดงออกจากสารละลายที่มี $\text{pH} = 5.0$ ได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการดูดซับโลหะทองแดงของเส้นใยอ้อยที่แช่และไม่แช่น้ำปราศจากไอออน

ครั้งที่	ปริมาณทองแดงที่ถูกดูดซับด้วยเส้นใยอ้อย(mg/g)	
	เส้นใยอ้อยที่แช่น้ำ	เส้นใยอ้อยที่ไม่แช่น้ำ
1	5.23	6.57
2	7.53	6.70
3	7.36	-
เฉลี่ย	6.70	6.64
S.D.	0.90	0.09

จากตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่า เส้นใยอ้อยที่แช่น้ำหรือไม่แช่น้ำปราศจากไอออนก่อนทำการทดลอง จะให้ผลการดูดซับโลหะทองแดงได้ในปริมาณใกล้เคียงกัน ดังนั้นเพื่อความสะดวกรวดเร็วในการทดลองจะเลือกใช้สภาวะการไม่ต้องแช่เส้นใยอ้อยในน้ำปราศจากไอออนก่อนทำการทดลอง

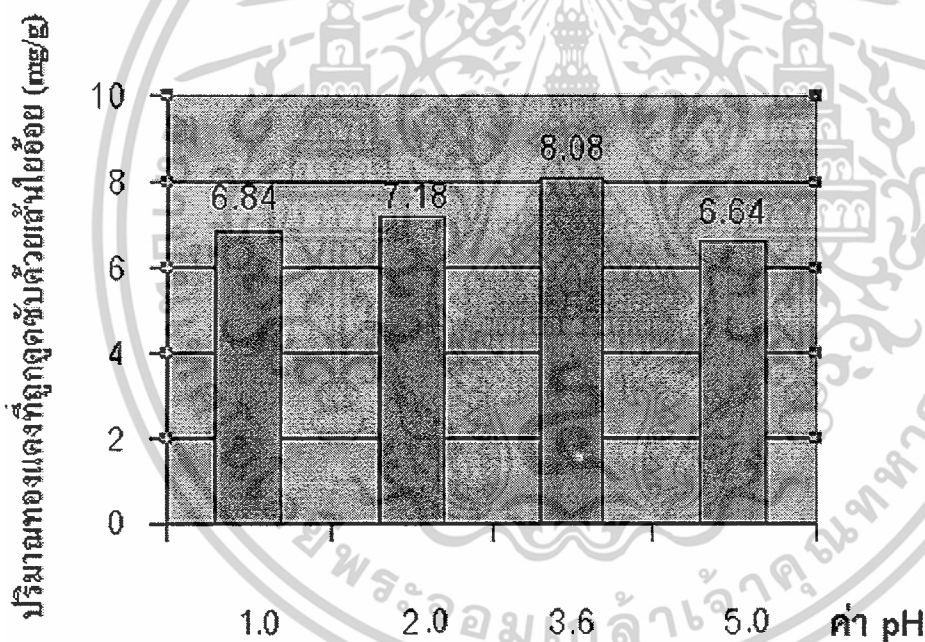
4.2 การศึกษาหาสภาวะความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่เหมาะสม

ผลการทดลองเปรียบเทียบความสามารถของเส้นใยอ้อยในการดูดซับโลหะทองแดงจากสารละลายที่มี $\text{pH} 5.0, 3.6, 2.0$ และ 1.0 ได้ผลการทดลองแสดง ดังตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการใช้เส้นใยอ้อยในการดูดซับโลหะทองแดงจากสารละลายที่มี pH ต่าง ๆ

ครั้งที่	ปริมาณทองแดงที่ถูกดูดซับด้วยเส้นใยอ้อย(mg/g) ที่ pH ต่างๆดังนี้			
	pH= 1.0	pH= 2.0	pH= 3.6	pH=5.0
1	6.96	7.38	8.81	6.57
2	6.78	7.06	7.66	6.70
3	6.77	7.10	7.77	-
เฉลี่ย	6.84	7.18	8.08	6.64
S.D.	0.09	0.63	0.17	0.11



รูปที่ 4.1 แสดงผลการใช้เส้นใยอ้อยในการดูดซับโลหะทองแดงจากสารละลายที่มี pH ต่างๆ

จากผลการทดลองที่ได้ดังตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่า เส้นใยอ้อยสามารถดูดซับโลหะทองแดงออกจากสารละลายที่มี pH = 3.6 ได้มากที่สุด ดังนั้นจะเลือกใช้การปรับสารละลายหรือน้ำเสียสังเคราะห์ให้มี pH = 3.6 สำหรับการทดลองต่อไป

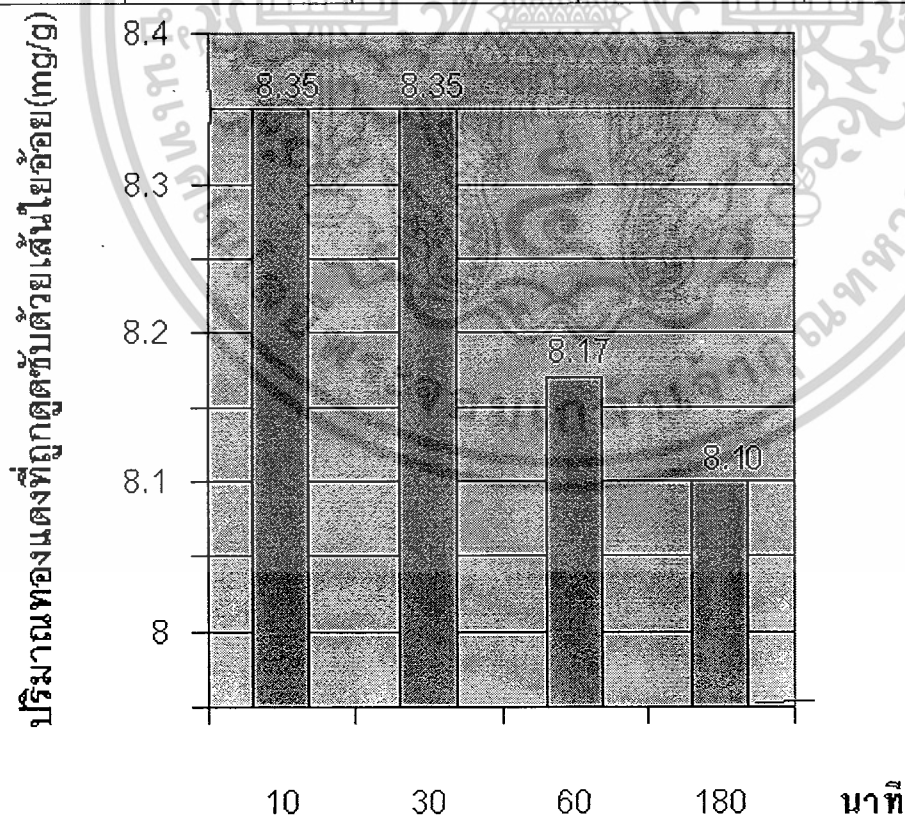
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การศึกษาผลของช่วงระยะเวลาของการแช่เส้นใยอ้อยในสารละลาย

ผลการทดลองเปรียบเทียบความสามารถของเส้นใยอ้อย ในการดูดซับโลหะทองแดงจากสารละลายที่มี pH = 3.6 โดยใช้ช่วงระยะเวลาของการแช่เส้นใยอ้อยในสารละลายเป็น 10 นาที, 30 นาที, 1 ชั่วโมง และ 3 ชั่วโมง ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.3 แสดงผลของช่วงระยะเวลาของการแช่เส้นใยอ้อยในสารละลาย

ครั้งที่	ปริมาณทองแดงที่ถูกดูดซับด้วยเส้นใยอ้อย(mg/g) เมื่อแช่ด้วยเวลา ต่างๆดังนี้			
	10 นาที	30 นาที	1 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง
1	8.88	8.35	8.26	8.58
2	7.97	8.18	7.99	7.95
3	8.19	8.52	8.25	7.78
เฉลี่ย	8.35	8.35	8.17	8.10
S.D.	0.47	0.17	0.15	0.42



รูปที่ 4.2 แสดงผลของช่วงระยะเวลาของการแช่เส้นใยอ้อยในสารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองที่ได้ดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่า การใช้ช่วงระยะเวลาของการแช่เส้นใยอ้อยในสารละลายใยอ้อยในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ 10 นาที ถึง 3 ชั่วโมง ให้ผลการทดลองที่ใกล้เคียงกัน คือ ปริมาณทองแดงที่ถูกดูดซับโดยเส้นใยอ้อยจะมีปริมาณไม่แตกต่างกันนัก ดังนั้นจะเลือกใช้ระยะเวลาในการแช่เส้นใยอ้อยในสารละลาย เท่ากับ 30 นาที เป็นตัวแทนในการทดลองต่อไป

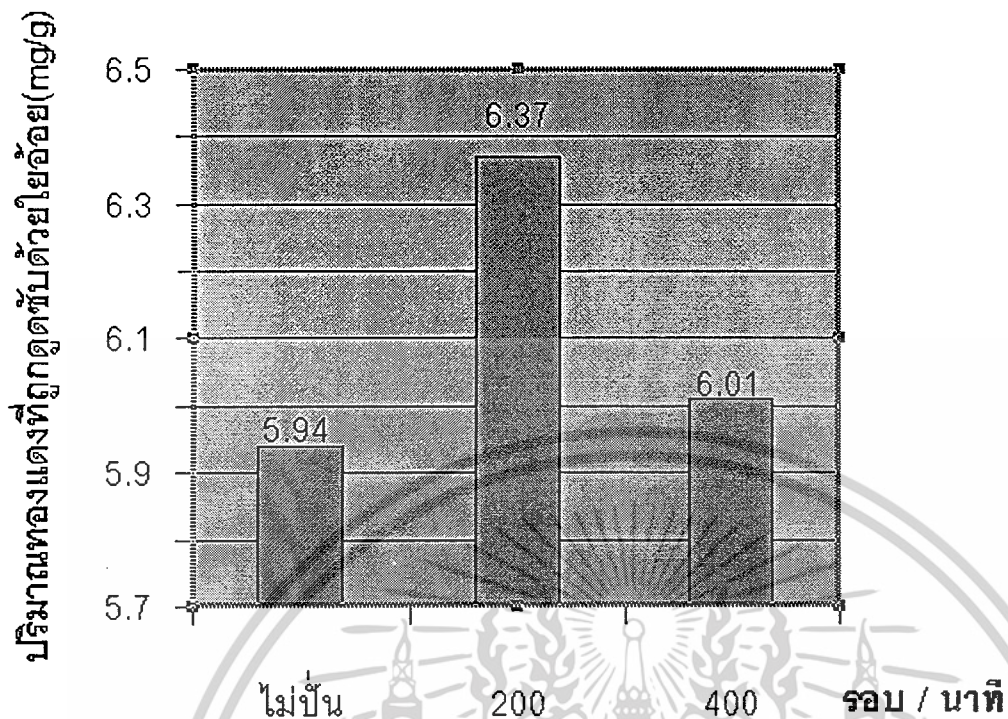
4.4 การศึกษาผลของความเร็วยรอบในการปั่นกวนสารละลาย

การดูดซับโลหะทองแดงของเส้นใยอ้อยซึ่งทำการทดลองเปรียบเทียบความเร็วยรอบในการปั่นกวนสารละลายแบบไม่ปั่นสารละลาย และใช้ความเร็วยรอบในการปั่นกวนเป็น 200 และ 400 รอบต่อนาที ได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.4 แสดงผลของความเร็วยรอบในการปั่นกวนสารละลาย

ครั้งที่	ปริมาณทองแดงที่ถูกดูดซับด้วยเส้นใยอ้อย(mg/g) เมื่อใช้ความเร็วยรอบที่แตกต่างกันดังนี้		
	ไม่ปั่นสารละลาย	200 รอบ / นาที	400 รอบ / นาที
1	5.16	6.22	6.56
2	6.36	6.60	5.41
3	5.84	6.29	6.07
เฉลี่ย	5.94	6.37	6.01
S.D.	0.60	0.20	0.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดงผลของความเร็วยรอบในการปั่นกวนสารละลาย

จากผลการทดลองศึกษาผลของความเร็วยรอบในการปั่นกวนสารละลายที่ได้จากตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่า เมื่อทำการปั่นกวนสารละลายที่ความเร็วยรอบ 200 และ 400 รอบต่อนาที ปริมาณโลหะทองแดงที่ถูกดูดซับด้วยเส้นไยอ้อยจะมีปริมาณใกล้เคียงกับสารละลายที่ไม่ได้ทำการปั่นกวน ในการทดลองนี้เลือกที่จะใช้การปั่นกวนสารละลายที่ความเร็วยรอบ 200 รอบต่อนาที เพื่อทำการทดลองต่อไปเพราะเห็นว่าการปั่นกวนสารละลายจะช่วยให้ผิวของเส้นไยอ้อยสัมผัสกับสารละลายได้มากขึ้น

4.5 การศึกษาผลของความยาวของเส้นไยอ้อย

ผลการทดลองเปรียบเทียบการใช้เส้นไยอ้อยที่มีขนาดความยาวต่างกัน ในการดูดซับโลหะทองแดง ให้ผลการทดลองดังแสดงตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงผลของความยาวของเส้นใยอ้อยในการดูดซับโลหะทองแดง

ครั้งที่	ปริมาณทองแดงที่ถูกดูดซับด้วยเส้นใยอ้อย(mg/g) เมื่อเส้นใยที่มีความยาวต่างกัน	
	0.5 เซนติเมตร	5 เซนติเมตร
1	7.65	9.60
2	10.09	9.58
3	9.56	7.72
เฉลี่ย	9.11	8.97
S.D.	1.28	1.08

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.5 นี้ แสดงให้เห็นว่าเส้นใยอ้อยที่ขนาดความยาว 0.50 เซนติเมตร และ 5 เซนติเมตร ให้ผลการดูดซับโลหะทองแดงใกล้เคียงกัน ซึ่งถ้าเลือกใช้เส้นใยอ้อยที่มีขนาดความยาวพอสมควรในการบำบัดแบบ batch ที่มีการปั่นกววน จะทำให้การแยกเอาเส้นใยอ้อยออกจากระบบบำบัดง่ายกว่าการใช้เส้นใยอ้อยที่บดละเอียดเป็นผง

4.6 การศึกษาความเที่ยง(Precision)

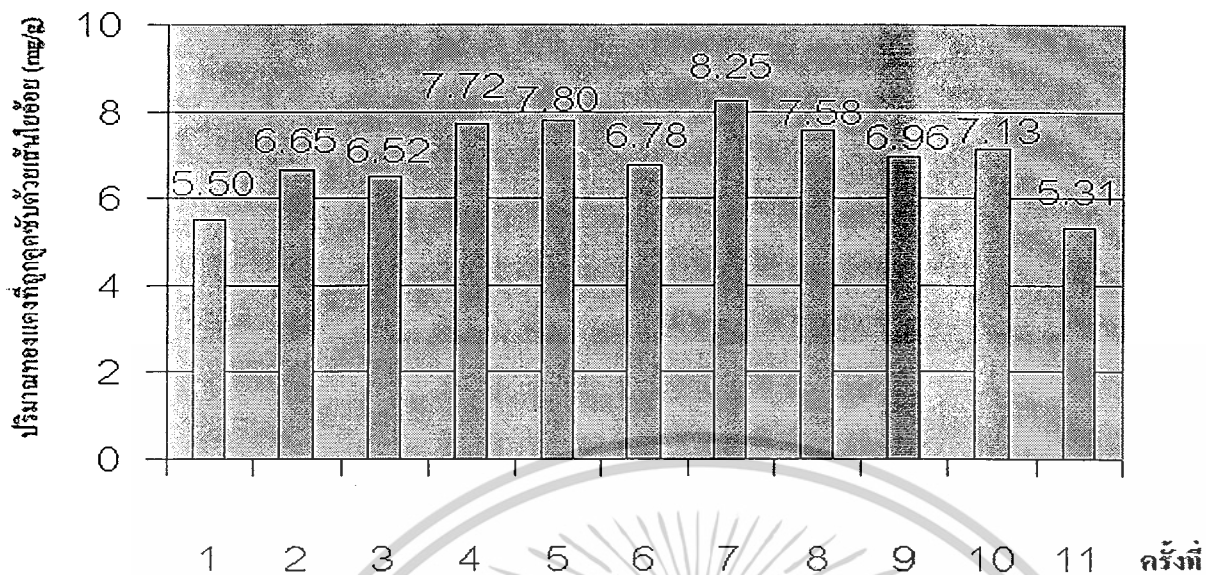
เมื่อทำการทดลองโดยใช้สภาวะที่เลือกแล้ว ทำการทดลองหาประสิทธิภาพของเส้นใยอ้อยในการดูดซับโลหะทองแดงออกจากร้าน้ำเสียสังเคราะห์เป็นจำนวน 11 ครั้ง ได้ผลดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แสดงผล การศึกษาความเที่ยง(Precision)

ครั้งที่	ปริมาณทองแดงที่ถูกดูดซับด้วยเส้นใยอ้อย(mg/g)	การดูดซับ (%)
1	5.50	55.00
2	6.65	66.50
3	6.52	65.20
4	7.72	77.20
5	7.80	78.00
6	6.78	67.80
7	8.25	82.50
8	7.58	75.80
9	6.96	69.60
10	7.13	71.30
11	5.31	53.10
ค่าเฉลี่ย	6.93 ± 0.93	69.27 ± 9.23

จากตารางที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่าเส้นใยอ้อยสามารถดูดซับโลหะทองแดงออกจากริ่ตึงเคราะห้
ได้ห้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.93 mg/g มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.93 mg/g ค่าการดูดซับเท่ากับ $69.27 \pm$
9.23 % สามารถแสดง repeatability ได้ตั้งรูป 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดง repeatability ของการวัดซ้ำ โลหะทองแดงด้วยเส้นใยอ้อย

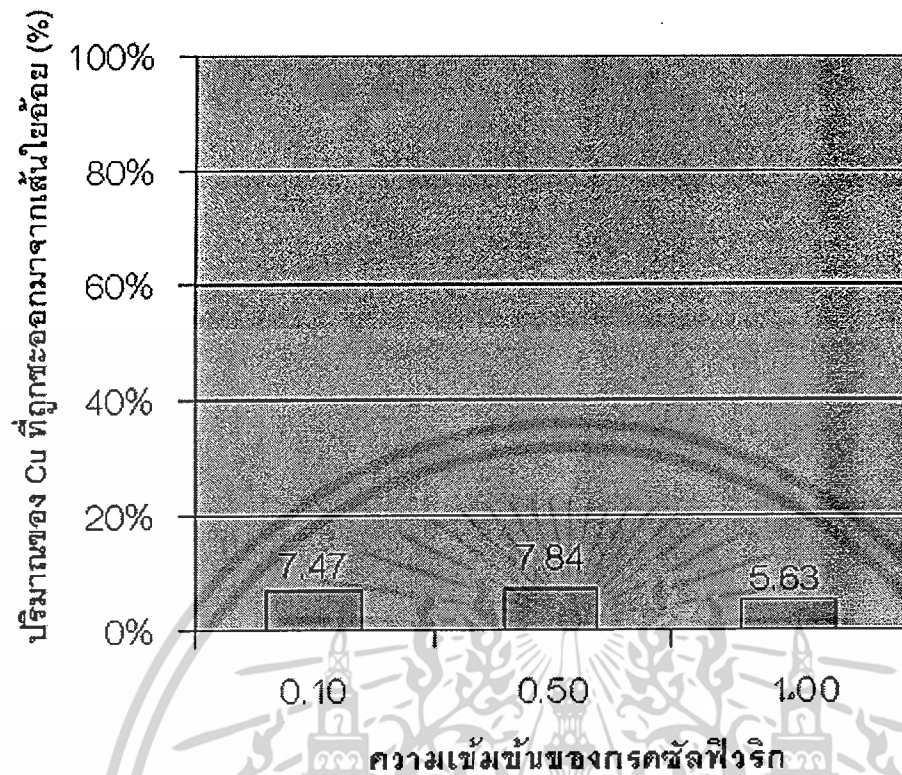
4.7 การศึกษาการชะโลหะทองแดงออกจากเส้นใยอ้อย

เมื่อทำการทดลองใช้เส้นใยอ้อยดูดซับ โลหะทองแดงจากน้ำเสียสังเคราะห์ และต่อจากนั้นได้นำเส้นใยอ้อย ดูดซับโลหะทองแดงไว้ มาทดลองชะโลหะทองแดงออกมา โดยใช้กรดซัลฟิวริกที่มีความเข้มข้นต่างกัน คือ 0.10 M ,0.50 M และ 1.0 M ได้ผลการทดลอง ดังตารางที่ 4.7 และ รูปที่ 4.5

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการศึกษากการชะโลหะทองแดงออกจากเส้นใยอ้อย

ครั้งที่	ปริมาณ Cu ที่ ถูกดูดซับด้วย เส้นใยอ้อย(mg)	ความเข้มข้นของ กรดซัลฟิวริกที่ใช้ ชะโลหะทองแดง ออกจากเส้นใยอ้อย	ปริมาณ Cu ที่ถูก ชะออกมาจากเส้น ใยอ้อย(mg)	ปริมาณ Cu ที่ถูก ชะออกมาจาก เส้นใยอ้อย(%)	เฉลี่ย (%)	S.D.
1	3.82	0.10 M	0.58	7.59	7.47	0.21
2	4.08		0.59	7.23		
3	4.03		0.61	7.58		
1	4.19	0.50 M	0.62	7.40	7.84	0.72
2	4.10		0.71	8.67		
3	4.02		0.60	7.46		
1	4.80	1.0 M	0.58	6.04	5.63	0.72
2	4.80		0.58	6.05		
3	3.86		0.37	4.79		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงผลการศึกษาศึกษาการชะโลหะทองแดงออกจากเส้นใยอ้อย

ผลการทดลองการชะโลหะทองแดงออกจากเส้นใยอ้อย แสดงให้เห็นว่า เมื่อใช้กรด H_2SO_4 ที่มีความเข้มข้นในช่วง 0.10 – 1.0 M จะชะโลหะทองแดงออกจากการดูดซับบนเส้นใยอ้อยได้น้อยมาก

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

การทดลองนี้เน้นการนำเส้นใยอ้อย ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร มาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยนำเส้นใยอ้อยมาทดสอบประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะทองแดงออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ ซึ่งได้ผลการทดลองสรุปได้ดังนี้ คือ

1. เส้นใยอ้อยสามารถดูดซับโลหะทองแดงออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ได้ดีที่สุดเมื่อควบคุมสภาพความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารละลายให้อยู่ที่ pH ประมาณ 3.6
2. ปัจจัยทางกายภาพนี้ทำการทดลองศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการใช้เส้นใยอ้อยดูดซับโลหะทองแดง คือ ช่วงระยะเวลาของการแช่เส้นใยอ้อยในสารละลาย และความเร็วรอบในการปั่นกววนสารละลาย ไม่มีผลมากนักต่อประสิทธิภาพการดูดซับโลหะทองแดงออกจากสารละลายโดยเส้นใยอ้อย
3. การทำให้เส้นใยอ้อยมีขนาดสั้นลงในการทดลองนี้ ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบกันระหว่างเส้นใยอ้อยที่มีความยาวเฉลี่ย 5.0 เซนติเมตร กับเส้นใยอ้อยที่มีความยาวเฉลี่ย 0.50 เซนติเมตร ผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพของการดูดซับโลหะทองแดงของเส้นใยอ้อยที่มีความยาวต่างกันประมาณ 10 เท่า จะยังให้ค่าประสิทธิภาพของการดูดซับที่ใกล้เคียงกัน
4. การทดลองศึกษาความเที่ยง (precision) ของผลการทดลอง โดยพิจารณาจากค่า repeatability ค่าเฉลี่ยปริมาณทองแดงที่ถูกดูดซับโดยเส้นใยอ้อยมีค่าเท่ากับ 6.93 mg/g และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ ± 0.93 mg/g
5. เมื่อทำการชะเส้นใยอ้อยที่ดูดซับโลหะทองแดงไว้แล้ว ด้วยกรด H_2SO_4 เข้มข้นในช่วง 0.1 M – 1.0 M พบว่า ปริมาณทองแดงนี้ถูกชะออกมาจากเส้นใยอ้อย มีปริมาณน้อยมาก ซึ่งน่าจะเป็นเพราะ ไอออนของโลหะทองแดงซึ่งมีประจุบวก สามารถเกิดการเกาะอยู่กับหมู่ไฮดรอกซิลของเซลลูโลสบนเส้นใยอ้อยได้ด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์ โดยที่ไฮโดรเจนไอออนที่เป็นประจุบวกจากกรดซัลฟิวริกส่วนใหญ่ไม่สามารถไปแทนที่ไอออนของโลหะทองแดงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] โลหะหนัก “ความเป็นพิษของโลหะหนัก” [Online]. Available : <http://www.vet.ku.ac.th> ค้นเมื่อวันที่ 15 ธันวาคม 2547
- [2] วิจิตร บุญยะโทตระ. 2539 ชีวิตและสิ่งแวดล้อม2. พิมพ์ครั้งที่2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- [3] พิมพ์ เรียนวัฒนา และชัยวัฒน์ เจนวนานิชย์. 2528 เคมีสภาวะแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- [4] จรา ทัพพลี และทินกร เจนศิริรุ่งเรือง. 2544 คอมพอลิเมอร์พอลิไทรินที่ใช้แล้วและเส้นใยชานอ้อย. โครงการพิเศษ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [5] วังรี อธิปัญญาสฤณี, วัฒนเกียรติ เลื่องลือเจริญกิจ และ วิศณีย์ ตั้งยืนยง. 2540. การศึกษาการปรับปรุงพื้นผิวเส้นใยธรรมชาติ (ชานอ้อย) เพื่อใช้ประโยชน์ในพอลิเมอร์คอมพอลิเมอร์. โครงการพิเศษ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [6] แม้น อมรสิทธิ์ และ อมรเพชรสม. 2535. หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- [7] Sebe, G., Pardon, P., Pichavant, F., Gerlier, S. and De Jeso, B.2004. An investigation into the use of eelgrass(*Zostera noltii*) for removal of cupric ions from dilute aqueous solution. **Separation and Purification Tecnology**.38:121-127.
- [8] Hanzlik, J., Jehlicka, J., Sebek, O., Weishauptova, Z. and Machovic, V. 2004. Multicomponent adsorption of Ag(I), Cd(II) and Cu(II) by natural carbonaceous materials. **Water Research**. 38: 2178-2184.
- [9] Reddy, B.R., Mirgsaffari , N. and Gaballas, I. 1997. Removal and recycling of copper from aqueous solutions using treated Indian barks. **Resources Conservation and Recycling**. 21: 227-245.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ตารางแสดงค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
1. ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH value)	5.5-9.0	pH Meter
2. ค่าทีดีเอส (TDS หรือ Total Dissolved Solids)	<ul style="list-style-type: none"> • ไม่เกิน 3,000 มก./ล. หรือ อาจแตกต่างกันแต่แต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 5,000 มก./ล. • น้ำทิ้งที่จะระบายลงแหล่งน้ำกร่อยที่มีค่าความเค็ม (Salinity) เกิน 2,000 มก./ล. หรือลงสู่ทะเล ค่าทีดีเอสในน้ำทิ้งจะมีค่ามากกว่าค่าทีดีเอสที่มีอยู่ในแหล่งน้ำกร่อยหรือน้ำทะเลได้ไม่เกิน 5,000 มก./ล. 	ระเหยแห้งที่อุณหภูมิ 103-105 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
3. สารแขวนลอย (Suspended Solids)	ไม่เกิน 50 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม หรือประเภทของระบบบำบัดน้ำเสีย ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 150 มก./ล.	กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fiber Filter Disc)
4. อุณหภูมิ (Temperature)	ไม่เกิน 40 °C	เครื่องวัดอุณหภูมิ วัดขณะทำการเก็บตัวอย่างน้ำ
5. สีหรือกลิ่น	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ	ไม่ได้กำหนด
6. ซัลไฟด์ (Sulfide as H ₂ S)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	Titrate

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม(ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
7. ไซยาไนด์ (Cyanide as HCN)	ไม่เกิน 0.2 มก./ล.	กลั่นและตามด้วยวิธี Pyridine Barbituric Acid
8. น้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแต่แต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือ ประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 15 มก./ล.	สกัดด้วยตัวทำละลาย แล้วแยกหาน้ำหนักของน้ำมันและไขมัน
9. ฟอรัมาลดีไฮด์ (Formaldehyde)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	Spectrophotometry
10. สารประกอบฟีนอล (Phenols)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	กลั่นและตามด้วยวิธี 4-Aminoantipyrine
11. คลอรีนอิสระ (Free Chlorine)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	Iodometric Method
12. สารที่ใช้ป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์ (Pesticide)	ต้องตรวจสอบไม่พบตามวิธีตรวจสอบที่กำหนด Gas-Chromatography	Gas-Chromatography
13. ค่าบีโอดี (5 วันที่อุณหภูมิ 20 °C) (Biochemical Oxygen Demand : BOD)	ไม่เกิน 20 มก./ล. หรือแตกต่างกันแต่แต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 60 มก./ล.	Azide Modification ที่อุณหภูมิ 20 °C เป็นเวลา 5 วัน
14. ค่าทีเคเอ็น (TKN หรือ Total Kjeldahl Nitrogen)	ไม่เกิน 100 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแต่แต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือ ประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร ไม่เกิน 200 มก./ล.	Kjeldahl

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม(ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
15. ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand : COD)	ไม่เกิน 120 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแต่แต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือ ประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร ต่ำไม่เกิน 400 มก./ล.	Potassium Dichromate Digestion
16. โลหะหนัก (Heavy Metal)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	Atomic Absorption Spectrophotometry ชนิด Direct Aspiration หรือวิธี Plasma Emission Spectroscopy ชนิด Inductively Coupled Plasma : ICP
1. สังกะสี (Zn)		
2. โครเมียมชนิดเฮกซะวาเลนต์ (Hexavalent Chromium)	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	
3. โครเมียมชนิดไตรวาเลนต์ (Trivalent Chromium)	ไม่เกิน 0.75 มก./ล.	
4. ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 2.0 มก./ล.	
5. แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.03 มก./ล.	
6. แบเรียม (Ba)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	
7. ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.2 มก./ล.	
8. นิกเกิล (Ni)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	
9. แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	
10. อาร์เซนิก (As)	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	Atomic Absorption Spectrophotometry ชนิด Hydride Generation หรือวิธี Plasma Emission Spectroscopy ชนิด Inductively Coupled Plasma : ICP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม(ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
11. เซเลเนียม (Se)	ไม่เกิน 0.02 มก./ล.	Atomic Absorption Spectrophotometry ชนิด Hydride Generation หรือวิธี Plasma Emission Spectroscopy ชนิด Inductively Coupled Plasma : ICP
12.ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 0.005 มก./ล.	Atomic Absorption Cold Vapour Technique

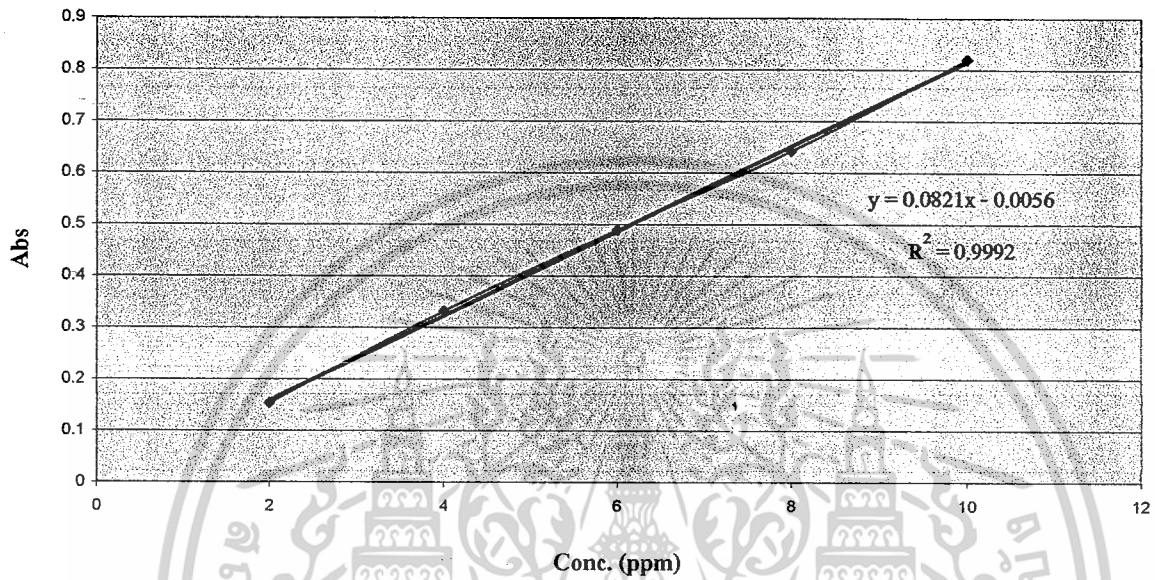
แหล่งที่มา : ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ลงวันที่ 3 มกราคม พ.ศ. 2539 เรื่องกำหนดมาตรฐานการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 113 ตอนที่ 13 ลง วันที่ 13 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ตัวอย่างกราฟมาตรฐานของสารละลายทองแดง 2,4,6,8,10 มิลลิกรัมต่อลิตร

กราฟของสารมาตรฐานทองแดง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

แสดงน้ำหนักเส้นใยอ้อยที่ใช้ในการทดลองและค่าการดูดกลืนแสงที่ทดลองได้

ตารางที่ 1 แสดงน้ำหนักเส้นใยอ้อยที่ใช้ในการทดลองและค่าการดูดกลืนแสงที่ทดลองได้จากการศึกษาผลของการเตรียมเส้นใยอ้อยโดยการแช่น้ำที่ปราศจากไอออน

ครั้งที่	เส้นใยอ้อยที่แช่น้ำ		เส้นใยอ้อยที่ไม่แช่น้ำ	
	น้ำหนักใยอ้อย (กรัม)	ค่าการดูดกลืนแสง (A)	น้ำหนักใยอ้อย (กรัม)	ค่าการดูดกลืนแสง (A)
1	0.5001	0.619	0.5004	0.563
2	0.5009	0.523	0.5004	0.558
3	0.5004	0.530	-	-

ตารางที่ 2 แสดงน้ำหนักเส้นใยอ้อยที่ใช้ในการทดลองและค่าการดูดกลืนแสงที่ทดลองได้จากการศึกษาหาสภาวะความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่เหมาะสม

ครั้งที่	pH 5.0		pH 3.6		pH 2.0		pH 1.0	
	น้ำหนักใยอ้อย (กรัม)	ค่าการดูดกลืนแสง(A)	น้ำหนักใยอ้อย (กรัม)	ค่าการดูดกลืนแสง(A)	น้ำหนักใยอ้อย (กรัม)	ค่าการดูดกลืนแสง(A)	น้ำหนักใยอ้อย (กรัม)	ค่าการดูดกลืนแสง(A)
1	0.5001	0.619	0.5003	0.490	0.5011	0.529	0.5001	0.547
2	0.5009	0.523	0.5000	0.518	0.5018	0.542	0.5011	0.554
3	0.5004	0.530	0.5001	0.513	0.5010	0.541	0.5010	0.554

ตารางที่ 3 แสดงน้ำหนักเส้นใยอ้อยที่ใช้ในการทดลองและค่าการดูดกลืนแสงที่ทดลองได้จากการศึกษาผลของช่วงระยะเวลาของการแช่เส้นใยอ้อยในสารละลาย

ครั้งที่	10 นาที		30 นาที		1 ชั่วโมง		3 ชั่วโมง	
	น้ำหนักใยอ้อย (กรัม)	ค่าการดูดกลืนแสง(A)	น้ำหนักใยอ้อย (กรัม)	ค่าการดูดกลืนแสง(A)	น้ำหนักใยอ้อย (กรัม)	ค่าการดูดกลืนแสง(A)	น้ำหนักใยอ้อย (กรัม)	ค่าการดูดกลืนแสง(A)
1	0.5003	0.472	0.5007	0.450	0.5004	0.476	0.5008	0.463
2	0.5003	0.479	0.5003	0.488	0.5004	0.487	0.5004	0.489
3	0.5000	0.466	0.5003	0.479	0.5003	0.476	0.5003	0.495

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 แสดงน้ำหนักเส้นใยอ้อยที่ใช้ในการทดลองและค่าการดูดกลืนแสงที่ทดลองได้จากการศึกษาผลของความเร็วยอบในการปั่นกวาสารละลาย

ครั้งที่	ไม่ปั่นสารละลาย		200 รอบ / นาที		400 รอบ / นาที	
	น้ำหนักใยอ้อย(กรัม)	ค่าการดูดกลืนแสง (A)	น้ำหนักใยอ้อย(กรัม)	ค่าการดูดกลืนแสง (A)	น้ำหนักใยอ้อย(กรัม)	ค่าการดูดกลืนแสง (A)
1	0.5003	0.669	0.5003	0.642	0.5004	0.627
2	0.5001	0.636	0.5004	0.625	0.5004	0.678
3	0.5005	0.658	0.5007	0.638	0.5007	0.648

ตารางที่ 5 แสดงน้ำหนักเส้นใยอ้อยที่ใช้ในการทดลองและค่าการดูดกลืนแสงที่ทดลองได้จากการศึกษาผลของความยาวของเส้นใยอ้อย

ครั้งที่	0.5 เซนติเมตร		5 เซนติเมตร	
	น้ำหนักใยอ้อย (กรัม)	ค่าการดูดกลืนแสง (A)	น้ำหนักใยอ้อย (กรัม)	ค่าการดูดกลืนแสง (A)
1	0.5003	0.604	0.5004	0.509
2	0.5007	0.486	0.5006	0.510
3	0.5007	0.510	0.5006	0.600

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

ตัวอย่างการคำนวณปริมาณทองแดงที่ถูกดูดซับบนเส้นใยอ้อย

จากการทดลองเพื่อศึกษาหาสภาวะความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่เหมาะสม ซึ่งทำการทดลองดังนี้

1. ชั่งน้ำหนักเส้นใยอ้อยประมาณ 0.50 กรัม (ครั้งที่ 1 ชั่งได้ 0.5011 กรัม) ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร

2. ตวงสารละลายทองแดงเข้มข้น 100 ppm ด้วยขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เทลงในบีกเกอร์ที่มีเส้นใยอ้อย

3. ทำการปั่นกวนสารละลายในบีกเกอร์ด้วยความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที

4. กรองสารละลายที่ได้ในบีกเกอร์ด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 41 เก็บสารละลายที่กรองได้ในขวดพลาสติก

5. นำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณทองแดงด้วยเครื่อง AAS

การคำนวณ

-ก่อนการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง AAS ได้ทำการเจือจางสารละลายที่กรองได้ โดยเปิดสารละลายมา 10.0 มิลลิลิตร แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร (เจือจาง 10 เท่า)

-วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายได้เท่ากับ 0.529 A เทียบกับกราฟมาตรฐานจะให้ความเข้มข้นเท่ากับ 6.302 มิลลิกรัม/ลิตร แสดงว่าสารละลาย 1000 มิลลิลิตรมีทองแดงเท่ากับ 6.302 มิลลิกรัม แต่สารละลายที่เจือจางได้มีปริมาตรเท่ากับ 100 มิลลิลิตร ดังนั้นในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตรมีทองแดงเท่ากับ 0.6302 มิลลิกรัม

-ปริมาณทองแดง 0.6302 มิลลิกรัมนี้มาจากสารละลาย 10 มิลลิลิตร แต่สารละลายที่กรองได้มีทั้งหมด 100 มิลลิลิตร ดังนั้นในสารละลาย 100 มิลลิลิตรนี้มีปริมาณทองแดงเท่ากับ 6.302 มิลลิกรัม ซึ่งเป็นปริมาณทองแดงที่ไม่ถูกดูดซับโดยเส้นใยอ้อย

-จากวิธีทำการทดลองข้อ 2 คำนวณปริมาณทองแดงเริ่มต้นในสารละลายได้ดังนี้คือ ทำการตวงสารละลายทองแดงเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/ลิตร ด้วยขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วเทลงในบีกเกอร์ ดังนั้นปริมาณทองแดงเริ่มต้นก่อนทำการดูดซับด้วยเส้นใยอ้อยที่มีอยู่ในบีกเกอร์เท่ากับ 10 มิลลิกรัม

-ดังนั้นปริมาณทองแดงที่ถูกดูดซับ โดยเส้นใยอ้อยเท่ากับ $10 - 6.302 = 3.698$ มิลลิกรัม/น้ำหนักเส้นใยอ้อย 0.5011 กรัม ซึ่งคิดเป็นปริมาณทองแดงที่ถูกดูดซับโดยเส้นใยอ้อยได้เท่ากับ 7.3798 มิลลิกรัม/กรัม (น้ำหนักเส้นใยอ้อย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้