# การกำจัดโลหะหนักโดยเส้นใยปาล์มที่ผ่านการปรับสภาพ

นางสาวสิริกุลกันยา พิพิธวัฒนาพันธุ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2549
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1 - 8 พ.ค. 2551

# REMOVAL OF HEAVY METALS BY MODIFIED OIL-PALM FIBER

Miss Sirikulkanya Phiphitwuttanaphan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Environmental Engineering

Department of Environmental Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2006

Copyright of Chulalongkorn University

490857

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | การกำจัดโลหะหนักโดยเส้นใยปาล์มที่ผ่านการปรับสภาพ |
| โดย | นางสาวสิริกุลกันยา พิพิธวัฒนาพันธุ์ |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | รองศาสตราจารย์ ดร. เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ |

---

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

---------- คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

---------- ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์)

---------- อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ)

---------- กรรมการ
(อาจารย์ ดร.วิบูลย์ ศรีเจริญชัยกุล)

---------- กรรมการ
(อาจารย์ ดร.มนัสกร ราชากรกิจ)

สิริกุลกันยา พิพิธวัฒนาพันธุ์ : การกำจัดโลหะหนักโดยเส้นใยปาล์มที่ผ่านการปรับสภาพ (REMOVAL OF HEAVY METALS BY MODIFIED OIL-PALM FIBER) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ, 128 หน้า

การวิจัยนี้ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักของเส้นใยปาล์มที่ไม่ผ่านการปรับสภาพ เส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยกรดไฮโดรคลอริกและเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เส้นใยปาล์มที่ใช้มีขนาด 2.00 ถึง 4.67 มิลลิเมตร ทำการทดลองโดยใช้จาร์เทสต์กวนที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมงใช้น้ำเสียสังเคราะห์เตรียมจากโลหะหนัก 3 ชนิดได้แก่ ทองแดง นิกเกิล และสังกะสี ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักและลักษณะทางกายภาพของวัสดุ พบว่าเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ มีประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักสูงกว่าเส้นใยปาล์มที่ไม่ผ่านการปรับสภาพและเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยกรดไฮโดรคลอริก โดยกำจัดทองแดง นิกเกิล และสังกะสีได้เท่ากับ 82.58 เปอร์เซ็นต์ 90.98 เปอร์เซ็นต์ และ 94.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์นั้นมีความสามารถในการดูดซับสูงสุดคือ กำจัดทองแดงได้ 8.68 มิลลิกรัมต่อกรัม กำจัดนิกเกิลได้ 3.77 มิลลิกรัมต่อกรัม และกำจัดสังกะสีได้ 6.72 มิลลิกรัมต่อกรัม โดยเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพนั้นจะมีประสิทธิภาพลดลงเมื่อความเข้มข้นของโลหะหนักเพิ่มขึ้น ในขณะที่ขนาดของเส้นใยปาล์มนั้นมีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักน้อยมาก ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ พบว่า มีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 0.78 ซึ่งต่ำกว่าเส้นใยปาล์มที่ไม่ปรับสภาพ (ความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.27) แต่มีค่าสูงกว่าเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยกรดไฮโดรคลอริก (ความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 0.29) โดยจากการใช้เครื่องวัดพื้นที่ผิว (BET) พบว่าปริมาณพื้นที่ผิวของเส้นใยปาล์มที่ไม่ปรับสภาพมีค่า 2.11 ตารางเมตรต่อกรัม ซึ่งมากกว่าปริมาณพื้นที่ผิวของเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ( 1.61 ตารางเมตรต่อกรัม) และเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยกรดไฮโดรคลอริก (1.93 ตารางเมตรต่อกรัมสำหรับขนาดรูพรุนของเส้นใยปาล์มมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยขนาดรูพรุนของเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีขนาดเฉลี่ย 55.82 อังสตรอม ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าขนาดรูพรุนของเส้นใยปาล์มที่ไม่ปรับสภาพ (เฉลี่ย 34.02 อังสตรอม) และ เส้นใยที่ปรับสภาพด้วยกรดไฮโดรคลอริก (เฉลี่ย 34.01 อังสตรอม)) นอกจากนี้จากการวิเคราะห์โครงสร้างพบว่า มีค่าการดูดกลืนแสงของหมู่ฟังก์ชัน –OH, –CH, $-CH_2O-$ และ C=C อีกด้วย

ภาควิชา...วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม..... ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา...วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา..2549.....

## 4870627921: MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING

KEYWORD: PALM-OIL FIBER; HEAVY METAL; HYDROGEN PEROXIDE; COPPER; NICKEL; ZINC

SIRIKULKANYA PHIPHITWUTTANAPHAN: REMOVAL OF HEAVY METALS BY MODIFIED OIL-PALM FIBER.

THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF.PETCHPORN CHAWAKITCHAROEN, Ph.D., 128 pp.

This research investigated the comparison of heavy metal removal efficiency by untreated palm-oil fiber, modified palm-oil fiber with hydrochloric acid and modified palm-oil fiber with hydrogen peroxide. Palm-oil fiber has 2.00-4.67 mm. in size. Each experiment was carrird out by using jar test for 2 hours at 200 rpm. The synthetic wastewater was prepared at the concentration of 5 mg/l of heavy metal (copper, nickel and zinc). The removal efficiency of heavy metal was determined. The physical properties was determined. The results reported that the best heavy metal removal efficiency was palm-oil fiber modified with hydrogen peroxide. The heavy metal removal efficiency of palm-oil fiber modified with hydrogen peroxide for copper, nickel and zinc was 82.58%, 90.98% and 94.46% respectively. The capacity of palm-oil fiber modified with hydrogen peroxide for copper, nickel and zinc was 8.68 meq/g, 3.77 meq/g and 6.72 meq/g respectively. The modified palm-oil fiber had low efficiency when the concentration was high. The size of modified palm-oil fiber had no effect for the removal efficiency of heavy metal. The specific gravity of palm-oil fiber modified with hydrogen peroxide was equal to 0.78, which was lower than that of untreated palm-oil fiber (specific gravity = 1.27) but it was higher than palm-oil fiber modified with hydrochloric acid (specific gravity = 0.29). The BET surface area of untreated palm-oil fiber was equal to 2.11 $m^2/g$, which was higher than that of hydrogen peroxide treated palm-oil fiber (BET surface area = 1.61 $m^2/g$) and palm-oil fiber modified with hydrochloric acid (BET surface area = 1.93 $m^2/g$). Therefore, the average pore diameter was significantly different. The average pore diameter of palm-oil fiber modified with hydrogen peroxide was equal to 55.82 $A^O$, which was higher than that of untreated palm-oil fiber (average pore diameter = 34.02 $A^O$) and palm-oil fiber modified with hydrochloric acid (average pore diameter = 34.01 $A^O$). The results also indicated that the absorbance of functional group -OH, –CH, $-CH_2O-$ and C=C in the modified fiber.

Department Environmental Engineering Student's signature

Field of study Environmental Engineering Advisor's signature Petchporn. C.

Academic year 2006

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำ ให้ความคิดเห็น ตลอดจนข้อคิดเห็นต่าง ๆ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ของห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ห้องปฏิบัติการของเสียอันตราย ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และห้องปฏิบัติการ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิทยาการ ความรู้ และให้คำแนะนำปรึกษา รวมทั้งให้ความช่วยเหลือ โดยดีเสมอมา

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่สนับสนุนทุนวิจัยบางส่วนสำหรับงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณพี่เสถียร พี่เป้ พี่ตึ๋ง พี่แก้ว พี่ตาล พี่จูนและเพื่อนๆ ที่มีส่วนช่วยให้งานชิ้นนี้เป็นไปด้วยดี และขอบคุณสำหรับกำลังใจและความช่วยเหลือที่มีให้มาตลอด

ท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ อาก๋ง อาม่า คุณแม่ คุณป้า ซึ่งสนับสนุนในด้านต่างๆ แก่ผู้วิจัยเสมอมาให้ผ่านอุปสรรคต่างๆ จนสำเร็จการศึกษาด้วยดี

# สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 สภาวะต่างๆ ที่ใช้ในการนึ่งปาล์มโดยใช้ไอน้ำ.....6
ตารางที่ 2 ปริมาณเศษวัสดุที่เกิดขึ้นในกระบวนการแยกผลปาล์ม.....6
ตารางที่ 3 ผลิตภัณฑ์และเศษวัสดุที่เกิดขึ้นในกระบวนการสกัดน้ำมัน.....7
ตารางที่ 4 ปริมาณผลิตภัณฑ์และเศษวัสดุที่เกิดขึ้นในกระบวนการแยกน้ำมันในถังตกจม.....8
ตารางที่ 5 ปริมาณผลิตภัณฑ์และเศษวัสดุที่เกิดขึ้นในกระบวนการกำจัดน้ำออกจากน้ำมัน.....9
ตารางที่ 6 ปริมาณผลิตภัณฑ์และเศษวัสดุที่เกิดขึ้นในกระบวนการเหวี่ยงแยก.....10
ตารางที่ 7 ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ของเศษวัสดุจากการสกัดน้ำมันปาล์มแบบมาตรฐาน
ที่ใช้ถังตกจมร่วมกับเครื่องเหวี่ยงแยก.....11
ตารางที่ 8 อัตราส่วนขององค์ประกอบในเส้นใยปาล์ม.....13
ตารางที่ 3.1 ค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการวิจัย.....39
ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบต่างๆ ของเส้นใยปาล์มจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม.....47
ตารางที่ 4.2 ปริมาณของเส้นใยปาล์มแยกตามขนาดของตะแกรง.....48
ตารางที่ 4.3 ลักษณะสมบัติทางกายภาพของเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยวิธีต่างๆ.....52
ตารางที่ 4.4 ปริมาณพื้นที่ผิว ปริมาตร และขนาดของรูพรุนของเส้นใย
ที่ผ่านการปรับสภาพ.....53
ตารางที่ 4.5 ค่าดูดกลืนแสงของหมู่ฟังก์ชันต่างๆ.....54
ตารางที่ 4.6 ประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักของเส้นใยที่ผ่านการปรับสภาพ.....55
ตารางที่ 4.7 ผลของการทดลองหาไอโซเทอมของเส้นใยปาล์ม.....57
ตารางที่ 4.8 ผลของขนาดที่มีต่อประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนัก.....64
ตารางที่ 4.9 ผลของความเข้มข้นของโลหะหนักที่มีต่อการกำจัดโลหะหนัก.....65
ตารางที่ 4.10 ประมาณการค่าใช้ในการบำบัดน้ำเสีย.....66
ตารางที่ 4.11 ตารางเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนัก
ของเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพกับวัสดุธรรมชาติอื่นๆ.....67
ตารางที่ ก.1 ค่าความชื้นของตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง.....78
ตารางที่ ก.2 ปริมาณเส้นใยปาล์มแยกขนาดตามขนาดของตะแกรงเบอร์ต่างๆ.....78
ตารางที่ ข.1 ค่าความถ่วงจำเพาะของเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพทั้ง 3 วิธี.....80
ตารางที่ ข.2 ปริมาณพื้นที่ผิว ปริมาตร และขนาดของรูพรุนของเส้นใยที่
ผ่านการปรับสภาพ.....81
ตารางที่ ข.3 การบวมน้ำของเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยวิธีการต่างๆ .....84

# สารบัญตาราง

หน้า

**ตารางที่ ค.4** ประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักของเส้นใยที่ปรับสภาพ
ด้วยวิธีการต่างๆ .....86
**ตารางที่ ง.1** ประสิทธิภาพในการกำจัดทองแดงออกจากน้ำเสียโดยการแปรเปลี่ยน
ปริมาณเส้นใยปาล์ม.....88
**ตารางที่ ง.2** การวิเคราะห์หาไอโซเทอมในการกำจัดทองแดงออกจากน้ำเสีย
โดยการแปรเปลี่ยนปริมาณเส้นใยปาล์ม .....89
**ตารางที่ ง.3** ประสิทธิภาพในการกำจัดนิกเกิลออกจากน้ำเสียโดยการแปรเปลี่ยน
ปริมาณเส้นใยปาล์ม .....90
**ตารางที่ ง.4** การวิเคราะห์หาไอโซเทอมในการกำจัดนิกเกิลออกจากน้ำเสีย
โดยการแปรเปลี่ยนปริมาณเส้นใยปาล์ม .....91
**ตารางที่ ง.5** ประสิทธิภาพในการกำจัดสังกะสีออกจากน้ำเสียโดยการแปรเปลี่ยน
ปริมาณเส้นใยปาล์ม .....92
**ตารางที่ ง.6** การวิเคราะห์หาไอโซเทอมในการกำจัดสังกะสีออกจากน้ำเสีย
โดยการแปรเปลี่ยนปริมาณเส้นใยปาล์ม .....93
**ตารางที่ ง.7** ประสิทธิภาพในการกำจัดทองแดงออกจากน้ำเสีย โดยการแปรเปลี่ยน
ปริมาณเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์.....100
**ตารางที่ ง.8** การวิเคราะห์หาไอโซเทอมในการการแปรเปลี่ยนปริมาณเส้นใยปาล์มที่ปรับ
สภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการกำจัดทองแดงออกจากน้ำเสีย .....101
**ตารางที่ ง.9** ประสิทธิภาพในการกำจัดนิกเกิลออกจากน้ำเสีย โดยการแปรเปลี่ยนปริมาณ
เส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ .....102
**ตารางที่ ง.10** การวิเคราะห์หาไอโซเทอมในการการแปรเปลี่ยนปริมาณเส้นใยปาล์มที่ปรับ
สภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการกำจัดนิกเกิลออกจากน้ำเสีย.....103
**ตารางที่ ง.11** ประสิทธิภาพในการกำจัดสังกะสีออกจากน้ำเสีย โดยการแปรเปลี่ยนปริมาณ
เส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ .....104
**ตารางที่ ง.12** วิเคราะห์หาไอโซเทอมในการแปรเปลี่ยนปริมาณเส้นใยปาล์มที่ปรับ
สภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการกำจัดสังกะสีออกจากน้ำเสีย.....105
**ตารางที่ ง.13** ประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักออกจากน้ำเสียของเส้นใยปาล์ม
ที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โดยแปรเปลี่ยนความเข้มข้น
ของโลหะหนัก .....108

# สารบัญตาราง

หน้า

**ตารางที่ ง.14** การวิเคราะห์หาไอโซเทอมในการการแปรเปลี่ยนความเข้มข้นของโลหะหนักในการกำจัดสังกะสีออกจากน้ำเสีย โดยใช้เส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ .....109

**ตารางที่ ง.15** ประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักออกจากน้ำเสียของเส้นใยปาล์มที่ไม่ปรับสภาพ โดยแปรเปลี่ยนความเข้มข้นของโลหะหนัก .....110

**ตารางที่ ง.16** การวิเคราะห์หาไอโซเทอมในการการแปรเปลี่ยนความเข้มข้นของโลหะหนักในการกำจัดสังกะสีออกจากน้ำเสีย โดยใช้เส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ .....111

**ตารางที่ จ.1** ผลการของการปรับเปลี่ยนขนาดที่มีต่อประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนัก.....119

**ตารางที่ ฉ.1** ประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักออกจากน้ำเสียของเส้นใยปาล์มที่.....120 ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โดยแปรเปลี่ยนความเข้มข้นของโลหะหนัก

**ตารางที่ ช.1** มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม.....125