

การทดลองหาความสามารถการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลามะพร้าว  
และกะลาปาล์มในการลดค่าซีไอดีของน้ำเสียจากกระบวนการพิมพ์

นางสาว ชินมาส กาญจนโกคิน

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-3552-9

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

121227305

EXPERIMENTAL STUDY TO DETERMINE THE ADSORPTION PERFORMANCES  
OF ACTIVATED CARBONS MADE FROM COCONUT SHELL AND PALM SHELL  
IN REDUCING COD VALUE OF WASTE WATER FROM PRINTING PROCESS



Miss Chinnamas Ganjanapokin

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering in Chemical Engineering

Department of Chemical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2003

ISBN 947-17-3552-9



ชินมาส กาญจนโกติน : การทดลองหาความสามารถการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลามะพร้าวและกะลาปาล์มในการลดค่าซีโอดีของน้ำเสียจากกระบวนการพิมพ์. (EXPERIMENTAL STUDY TO DETERMINE THE ADSORPTION PERFORMANCES OF ACTIVATED CARBONS MADE FROM COCONUT SHELL AND PALM SHELL IN REDUCING COD VALUE OF WASTE WATER FROM PRINTING PROCESS) อ. ที่ปรึกษา : อ. ดร.วรัญ แต่ไพสิฐพงษ์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ดร.โสภี สงวนวงศ์กุล 72 หน้า. ISBN 974-17-3552-9.

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการดูดติดผิว (Adsorption Capacity) ระหว่างถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลามะพร้าวและกะลาปาล์มในการลดค่าซีโอดีของน้ำเสียจากกระบวนการพิมพ์ และหาประสิทธิภาพการทำงานของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลามะพร้าวและกะลาปาล์มจากการทดลองด้วยระบบดูดติดผิวแบบคอลัมน์จำลอง จากการศึกษาพบว่าถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลามะพร้าวมีความสามารถในการดูดติดผิวมากกว่าถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลาปาล์ม โดยไอโซเทอมการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลามะพร้าวสอดคล้องกับสมการการดูดติดผิวแบบแลงเมียร์  $q = 0.1122C_e / (1 + 2.69 \times 10^{-4}C_e)$  มากกว่าแบบฟรุนดลิช  $q = 0.1285 C_e^{1/1.0367}$  สำหรับถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลาปาล์มสอดคล้องกับสมการดูดติดผิวทั้งสมการแบบแลงเมียร์  $q = 0.0601C_e / (1 + 5.05 \times 10^{-4}C_e)$  และแบบฟรุนดลิช  $q = 0.0711 C_e^{1/1.0562}$  และจากการศึกษา ระบบดูดติดผิวคอลัมน์จำลองในการลดค่าซีโอดีจากน้ำเสียโดยใช้สมการ Bohart-Adams ก็ให้ผลสอดคล้องเช่นเดียวกับการศึกษาไอโซเทอม และการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของชั้นถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่หน้าตัด 1 m<sup>2</sup> และสูง 1 m ที่อัตราการบำบัด 1.6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hr และที่จุดเบรคทอร์จ Ce/Co = 0.49 พบว่าถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลามะพร้าวมีประสิทธิภาพการทำงานร้อยละ 50 ส่วนถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลาปาล์มมีประสิทธิภาพการทำงานร้อยละ 35



ภาควิชา ..... วิศวกรรมเคมี .....  
 สาขาวิชา ..... วิศวกรรมเคมี .....  
 ปีการศึกษา ..... 2546 .....

ลายมือชื่อนิสิต ..... นินนสา มณเฑาะว์ .....  
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ..... [Signature] .....  
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ..... [Signature] .....

## 4271418721 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD : ACTIVATED CARBON / ADSORPTION / COD REDUCTION

CHINNAMAS GANJANAPOKIN : EXPERIMENTAL STUDY TO DETERMINE THE ADSORPTION PERFORMANCES OF ACTIVATED CARBONS MADE FROM COCONUT SHELL AND PALM SHELL IN REDUCING COD VALUE OF WASTE WATER FROM PRINTING PROCESS. THESIS ADVISOR: VARUN TAEPASITPHONGSE, Ph.D., THESIS COADVISOR: SOPEE SA-NGUANDEKUL, Ph.D., 72 pp. ISBN 974-17-3552-9.

The main objectives of this research were to compare the adsorptive capacities and to determine the performances on pilot column test using activated carbons made from coconut shell and palm shell in reducing COD value of waste water from printing process. The results showed that the activated carbon made from coconut shell had a higher adsorptive capacity than activated carbon made from palm shell. The adsorption isotherm of activated carbon made from coconut shell followed Langmuir isotherm  $q = 0.1122C_e / (1 + 2.69 \times 10^{-4}C_e)$  a little better than the Freundlich isotherm  $q = 0.1285 C_e^{1/1.0367}$ . For the activated carbon made from palm shell the adsorption isotherm followed either Langmuir isotherm  $q = 0.0601C_e / (1 + 5.05 \times 10^{-4}C_e)$  or Freundlich isotherm  $q = 0.0711 C_e^{1/1.0562}$  equally well. Results from pilot column tests also showed a better performance for activated carbon made from coconut shell as compared to activated carbons made from palm shell. The performances of activated carbon bed with surface area of  $1 \text{ m}^2$  and height of  $1 \text{ m}$  in reducing COD value of waste water at flow rate  $1.6 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$  were 50 % for activated carbon made from coconut shell and 35 % for activated carbon made from palm shell, respectively.

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department..... Chemical Engineering.....

Field of study..... Chemical Engineering.....

Academic year..... 2003.....

Student's signature

Advisor's signature

Co-advisor's signature

Chinnamas  
Varun Taepasitphongse  
Sopee Sa-nguandekul

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยการให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีของ อ.ดร. วรัญ แต่ไพสิฐ พงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร. โสภี สงวนดีกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนช่วยแก้ไขและเพิ่มเติมวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตั้งแต่ต้นจนสำเร็จเป็นรูปเล่ม ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ประกอบด้วย รศ.ดร. ชัยฤทธิ์ สัตยาประเสริฐ ผศ.ดร. เดชา ฉัตรศิริเวช และ อ.ดร. อาทิวรรณ โชติพิภุช ซึ่งได้ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่าง ๆ อันมีประโยชน์อย่างยิ่งตลอดมา

ขอขอบพระคุณ คุณสุรีย์ จีรวรตโนโสภา ผู้จัดการส่วนวางแผนและบริหารคุณภาพ และ คุณศรีน้อย เล็กอุทัย ผู้จัดการส่วนแม่พิมพ์และวิจัยพัฒนา โรงพิมพ์ธนบัตร ธนาคารแห่งประเทศไทย ที่ให้โอกาสผู้วิจัยในการได้ศึกษาวิชาความรู้จากงานวิจัย และการศึกษาในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ร่วมโครงการวิจัย RD4507 การปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อรองรับหมักพิมพ์ต่างประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คุณธิดา เรืองสิริธัญญกุล คุณนิรมล ชุติเลิศวิทยากรณ์ คุณนิธิวดี เกษรบุตร และคุณอภิชา กุลดิลากรรม ที่คอยให้การช่วยเหลือและสนับสนุนงานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จ และเพื่อน ๆ ร่วมงานที่ไม่ได้กล่าวนามในที่นี้ได้ให้กำลังใจมาโดยตลอด

ท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา รวมถึงพี่ชาย และน้องสาว ที่เป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่	
1. บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	5
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	5
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การดูดติดผิวจากสารละลาย (Adsorption from solution).....	6
2.2 ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon).....	7
2.3 ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการดูดติดผิว.....	10
2.4 ไอโซเทอมการดูดติดผิว (Adsorption Isotherm).....	14
2.5 การใช้งานถ่านกัมมันต์แบบเกร็ด.....	16
2.6 การออกแบบระบบดูดติดผิวถ่านกัมมันต์แบบเกร็ด.....	19
2.7 บริเวณการถ่ายเทมวล (Mass Transfer Zone).....	22
2.8 ระบบดูดติดผิวคอลัมน์จำลอง (Pilot Column ).....	23
2.9 การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	25
3. วิธีการดำเนินงานวิจัย	
3.1 การหาความสามารถในการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์ด้วยเครื่องจาร์เทสต์.....	27
3.2 การหาประสิทธิภาพการทำงานของถ่านกัมมันต์ด้วยระบบดูดติดผิวคอลัมน์จำลอง.....	28
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย.....	29
4. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล	
4.1 คุณสมบัติของถ่านกัมมันต์.....	33
4.2 การศึกษาหาเวลาสมดุลการดูดติดผิว (Adsorption Equilibrium Time) ของถ่านกัมมันต์.....	34
4.3 การวิเคราะห์ไอโซเทอมการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์.....	36
4.4 การหาประสิทธิภาพในการทำงานของถ่านกัมมันต์ด้วยระบบดูดติดผิวคอลัมน์จำลอง.....	42

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่	
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	61
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	62
รายการอ้างอิง.....	63
ภาคผนวก	
ก. ข้อมูลการทดลองหาความสามารถในการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์ด้วยเครื่อง จาร์เทสต์.....	65
ข. ข้อมูลการทดลองหาประสิทธิภาพการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์ด้วยระบบ ดูดติดผิวคอลัมน์จำลอง.....	67
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	72


  
 ศูนย์วิทยทรัพยากร  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียของโรงพิมพ์ธนบัตรและหน้าที่หลักของแต่ละขั้นตอน.....	3
2.1	ความสัมพันธ์ระหว่างตัวถูกละลาย ตัวทำละลาย และสารดูดติดผิว .....	6
2.2	ภาพขยายพื้นผิวและรูพรุนของถ่านกัมมันต์ (จากซ้ายไปขวา).....	7
2.3	(a) และ (b) โครงสร้างของกราฟไฟท์ (c) โครงสร้างเทอร์โบริสแตติก และ (d) โครงสร้างของถ่านกัมมันต์.....	11
2.4	กลุ่มออกไซด์บนพื้นผิวของถ่านกัมมันต์.....	12
2.5	เส้นทางการเคลื่อนที่ของสารดูดติดผิวไปสู่ถ่านกัมมันต์.....	13
2.6	A ไอโซเทอมการดูดติดผิวจากสารละลาย, B กราฟที่ได้จากการแปลงให้อยู่ในรูปของเส้นตรงโดยใช้สมการแลงเมียร์ และ C กราฟที่ได้จากการแปลงให้อยู่ในรูปของเส้นตรงโดยใช้สมการฟรุนดลิช .....	14
2.7	ถังถ่านกัมมันต์แบบถังเปิด.....	16
2.8	ถังถ่านกัมมันต์แบบที่มีความดัน.....	17
2.9	การวางตำแหน่งระบบดูดติดผิวถ่านกัมมันต์แบบเกร็ด.....	18
2.10	กราฟเบรคทอร์จ์ของถ่านกัมมันต์แบบเกร็ด.....	20
2.11	เปอร์เซ็นต์การขยายตัวของถ่านกัมมันต์ขนาดต่าง ๆ ขณะการล้างย้อน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....	20
2.12	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการบำบัดกับความดันลดของถ่านกัมมันต์ชนิดต่าง ๆ.....	21
2.13	รูปแบบความเข้มข้นของสารดูดติดผิวผ่านชั้นของถ่านกัมมันต์.....	22
2.14	ระบบดูดติดผิวคอลัมน์จำลอง.....	23
2.15	การกระจายตัวของสารดูดติดผิว.....	26
3.1	เครื่องจาร์เทสต์ รุ่น Flocculator SW 1.....	29
3.2	ชุดอุปกรณ์ระบบดูดติดผิวคอลัมน์จำลอง.....	30
4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีไอดีที่ลดลง (%) ณ เวลาต่าง ๆ ของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลามะพร้าว (PHO C) ในปริมาณต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 28±3 องศาเซลเซียส.....	34
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีไอดีที่ลดลง (%) ณ เวลาต่าง ๆ ของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลาปาล์ม (PHO P) ในปริมาณต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 28±3 องศาเซลเซียส.....	35
4.3	ไอโซเทอมการดูดติดผิวจากสารละลาย ของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลามะพร้าว (PHO C) และถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลาปาล์ม (PHO P).....	36

## สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า	
4.4	ไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบแลงเมียร์ของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลามะพร้าว (PHO C) และถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลาปาล์ม (PHO P) ที่อุณหภูมิ 28±3 องศาเซลเซียส.....	37
4.5	ไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรุนดลิช ของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลามะพร้าว (PHO C) และถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลาปาล์ม (PHO P) ที่อุณหภูมิ 28±3 องศาเซลเซียส.....	38
4.6	กราฟเบรคทลูจของถ่านกัมมันต์ผลิตจากกะลามะพร้าว (PHO C) ที่อัตราการบำบัด 0.68 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hr.....	43
4.7	กราฟเบรคทลูจของถ่านกัมมันต์ผลิตจากกะลามะพร้าว (PHO C) ที่อัตราการบำบัด 1.36 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hr.....	44
4.8	กราฟเบรคทลูจของถ่านกัมมันต์ผลิตจากกะลามะพร้าว (PHO C) ที่อัตราการบำบัด 2.72 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hr.....	45
4.9	กราฟเบรคทลูจของถ่านกัมมันต์ผลิตจากกะลาปาล์ม (PHO P) ที่อัตราการบำบัด 0.68 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hr.....	46
4.10	กราฟเบรคทลูจของถ่านกัมมันต์ผลิตจากกะลาปาล์ม (PHO P) ที่อัตราการบำบัด 1.36 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hr.....	47
4.11	กราฟเบรคทลูจของถ่านกัมมันต์ผลิตจากกะลาปาล์ม (PHO P) ที่อัตราการบำบัด 2.72 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hr.....	48
4.12	ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการบำบัดกับความลึกของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลามะพร้าว (PHO C).....	52
4.13	ความสัมพันธ์ระหว่าง $N_o$ และ $K$ กับอัตราการบำบัดของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลามะพร้าว (PHO C).....	53
4.14	ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการบำบัดกับความลึกของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลาปาล์ม (PHO P).....	54
4.15	ความสัมพันธ์ระหว่าง $N_o$ และ $K$ กับอัตราการบำบัดของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลาปาล์ม (PHO P).....	55

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ค่าซีไอดีเฉลี่ยของน้ำเสียที่ออกจากชั้นปฐมภูมิและขั้นตติยภูมิของระบบบำบัดน้ำเสียในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2545 และกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545.....	4
2.1 พื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ .....	8
2.2 ขนาดของถ่านกัมมันต์แบบเกร็ดโดยทั่วไป.....	9
3.1 ปริมาณตัวอย่างและสารเคมีที่ใช้สำหรับ Digestion Vessels ขนาดต่าง ๆ.....	32
4.1 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในงานวิจัย (จากตัวแทนจำหน่าย).	33
4.2 $R^2$ ของไอโซเทอมแบบแลงเมียร์และไอโซเทอมแบบฟรุนดลิช สำหรับถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลามะพร้าว (PHO C) และถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลาปาล์ม (PHO P).....	38
4.3 ค่าคงที่ของไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบแลงเมียร์ของถ่านกัมมันต์ผลิตจากกะลามะพร้าว (PHO C) และถ่านกัมมันต์ผลิตจากกะลาปาล์ม (PHO P).....	39
4.4 ค่าคงที่ของไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรุนดลิชของถ่านกัมมันต์ผลิตจากกะลามะพร้าว (PHO C) และถ่านกัมมันต์ผลิตจากกะลาปาล์ม (PHO P).....	40
4.5 เวลาที่ใช้จนถึงจุดเบรคทอร์จจากการบำบัดน้ำเสียด้วยถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลามะพร้าว (PHO C) และถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลาปาล์ม (PHO P).....	50
4.6 ค่าความชัน จุดตัดแกนตั้ง และค่าคงที่ในสมการของ Bohart-Adams ที่คำนวณได้จากการใช้ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลามะพร้าว (PHO C).....	53
4.7 ค่าความชัน จุดตัดแกนตั้ง และค่าคงที่ในสมการของ Bohart-Adams ที่คำนวณได้จากการใช้ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลาปาล์ม (PHO P).....	55
4.8 เปรียบเทียบค่า $N_0$ และ $K$ ของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลามะพร้าว (PHO C) และถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลาปาล์ม (PHO P).....	56
4.9 ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับคำนวณของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลามะพร้าว (PHO C).....	55
4.10 ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับคำนวณของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลาปาล์ม (PHO P).....	56
ก.1 ค่าซีไอดีของน้ำเสียที่เหลืออยู่หลังการดูดติดผิวด้วยถ่านกัมมันต์ผลิตจากกะลามะพร้าว (PHO C) .....	66
ก.2 ค่าซีไอดีของน้ำเสียที่เหลืออยู่หลังการดูดติดผิวด้วยถ่านกัมมันต์ผลิตจากกะลาปาล์ม (PHO P).....	66
ข.1 ค่าซีไอดีของน้ำเสียขาออกจากระบบดูดติดผิวคอลัมน์จำลองที่อัตราการบำบัดต่าง ๆ กัน ของถ่านกัมมันต์ผลิตจากกะลามะพร้าว (PHO C) .....	68
ข.2 ค่าซีไอดีของน้ำเสียขาออกจากระบบดูดติดผิวคอลัมน์จำลองที่อัตราการบำบัดต่าง ๆ กัน ของถ่านกัมมันต์ผลิตจากกะลาปาล์ม (PHO P) .....	70