

การกำจัดสารประกอบคลอรีนตกฟีนอลจากน้ำเสียโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษโดยใช้ผงเหล็ก

นางสาวสาวิตรี ผาดยานนท์



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-334-045-9

ลิขสิทธิ์ของ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

๙ ๑๙๒๖๔๐๖๔

DECHLORINATION OF CHLORINATED PHENOLIC COMPOUNDS FROM  
PULP AND PAPER MILLS WASTEWATER BY ZERO-VALENT IRON

MISS SAWITRI PHATAYANON

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science in Environmental Science  
Inter-Department of Environmental Science

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 1999

ISBN 974-334-045-9



สาวิตรี ผาทยานนท์ : การกำจัดสารประกอบคลอรีเนเตดฟีนอลจากน้ำทิ้งโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษโดยใช้ผงเหล็ก (DECHLORINATION OF CHLORINATED PHENOLIC COMPOUNDS FROM PULP AND PAPER MILLS WASTEWATER BY ZERO-VALENT IRON) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. ออมร เพชรสม, 104 หน้า. ISBN 974-334-045-9

ประสิทธิภาพในการกำจัดสารประกอบคลอรีเนเตดฟีนอลในน้ำเสียโดยใช้ผงเหล็ก (zero-valent iron) ขึ้นอยู่กับชนิดของสารประกอบคลอรีเนเตดฟีนอล, ขนาดอนุภาคของผงเหล็ก, ระดับพีเอชของน้ำเสีย และระยะเวลาที่ผงเหล็กสัมผัสกับน้ำเสีย วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบคลอรีเนเตดฟีนอลที่เหลือจากการกำจัดของผงเหล็กโดยใช้ High Performance Liquid Chromatography, HPLC

ผลการศึกษาการกำจัดสารประกอบคลอรีเนเตดฟีนอลทั้ง 3 ชนิด คือ 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol และ 2,4,6-trichlorophenol ซึ่งเป็นการศึกษาแบบทีละเท (batch studies) ในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นเริ่มต้น 20 ส่วนในล้านส่วน เมื่อเปรียบเทียบการใช้ผงเหล็กที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน พบว่า ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน มีประสิทธิภาพในการกำจัดสารประกอบคลอรีเนเตดฟีนอลได้ดีกว่าขนาด 150 ไมครอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบระดับพีเอช พบว่าที่ระดับพีเอช 4 มีประสิทธิภาพในการกำจัดสูงสุดแตกต่างกับระดับพีเอชอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน ที่ระดับพีเอช 4 สามารถกำจัดสารประกอบคลอรีเนเตดฟีนอลทั้ง 3 ชนิดได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลาสัมผัส 5, 4 และ 4 วัน ตามลำดับ สำหรับน้ำเสียจากโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษ เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน ที่ระดับพีเอช 4 สามารถกำจัดสารประกอบคลอรีเนเตดฟีนอลทั้ง 3 ชนิดได้ 95.33, 100 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้ระยะเวลาสัมผัส 15, 15 และ 9 วัน ตามลำดับ

สหสาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม .....ลายมือชื่อนิสิต..... *Prad Ahnt*  
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม .....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... *omr*  
ปีการศึกษา 2542 .....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... -

# # 4072421523 : MAJOR INTER-DEPARTMENT ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEY WORD : PULP AND PAPER MILLS WASTEWATER, DECHLORINATION, ZERO-VALENT IRON, 2-CHLOROPHENOL, 2,4-DICHLOROPHENOL, 2,4,6-TRICHLOROPHENOL

SAWITRI PHATAYANON : DECHLORINATION OF CHLORINATED PHENOLIC COMPOUNDS FROM PULP AND PAPER MILLS WASTEWATER BY ZERO-VALENT IRON. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. AMORN PETSOM, Ph.D.  
104 pp. ISBN 974-334-045-9

Efficiency of dechlorination of chlorinated phenolic compounds from synthetic wastewater was conducted by using zero-valent iron which was depended on type of chlorinated phenolic compounds, particle size of zero-valent iron, pH and contact time. High Performance Liquid Chromatography was employed to determine the amount of chlorinated phenolic compounds remaining in solution.

The results of dechlorination of 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol and 2,4,6-trichlorophenol in batch studies of synthetic wastewater at 20 mg/l concentration showed 10 micron of zero-valent iron at pH 4 could removed 100 % of the tree compounds at contact time 5, 4 and 4 days, respectively. In wastewater from pulp and paper mills industry 10 micron of zero-valent iron at pH 4 could dechlorinated 95.33, 100 and 100 % of 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol and 2,4,6-trichlorophenol at contact time 15, 15 and 9 days, respectively.

สหสาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม .....ลายมือชื่อนิสิต ..... *Sawitri Phatayanon*  
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม .....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ..... *Assoc. Prof. Amorn Petsom*  
ปีการศึกษา 2542 .....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ..... -

## กิตติกรรมประกาศ



วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างยิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร. อมร เพชรสม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้ความรู้ คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย ตลอดจนตรวจและแก้ไขรายละเอียดต่าง ๆ ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้เสร็จสมบูรณ์ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์, รองศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ ปิยะธีรจิตวรกุล, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมใจ เพ็งปรีชา และอาจารย์ ดร. อรวรรณ ชัยภากุล กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาตรวจทาน แก้ไข และให้คำแนะนำเพิ่มเติม เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ยุพา จันทะชุม หัวหน้าหน่วยเครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์เขตร้อน มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ให้คำปรึกษา ความช่วยเหลือ และอนุญาตให้ใช้เครื่อง HPLC ในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณมูลนิธิ ชิน โสภณพนิช และทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้สนับสนุน ทุนอุดหนุนการวิจัยส่วนหนึ่งในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และเจ้าหน้าที่หน่วยเครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์เขตร้อน มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ให้ความอนุเคราะห์ และความสะดวก ในการใช้ห้องปฏิบัติการวิจัยสำหรับการทำวิทยานิพนธ์

และสุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา เป็นอย่างสูงที่ให้โอกาสที่ดีแก่ข้าพเจ้าใน ด้านการศึกษาเล่าเรียน, ครู อาจารย์ทุกท่านที่อบรมสั่งสอน ตลอดจนเพื่อน ๆ พี่ ๆ และน้อง ๆ ทุกคน ที่ให้กำลังใจเสมอมาจนสำเร็จการศึกษาครั้งนี้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญตาราง .....	ฌ
สารบัญรูปภาพ .....	ญ
บทที่	
1. บทนำ .....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย .....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย .....	2
1.4 สมมติฐานการวิจัย .....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	3
2. การตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	4
2.1 ปฏิบัติการกำจัดคลอรีน .....	4
2.2 องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใย .....	8
2.3 การฟอกเยื่อกระดาษ .....	9
2.4 ลักษณะและองค์ประกอบทางเคมี ของน้ำเสียจากโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษ .....	11
2.5 สารประกอบคลอรีนแตกพินอล .....	13
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	20
3. วิธีดำเนินการวิจัย .....	23
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย .....	23
3.2 สารเคมีสำหรับการวิจัย .....	24
3.3 การเตรียมรีเอเจนต์ .....	24
3.4 แผนและวิธีดำเนินการวิจัย .....	26

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3. ผลการวิจัยและวิจารณ์.....	30
4.1 การศึกษาระดับพีเอชที่เหมาะสม.....	30
4.2 การศึกษาระยะเวลาสัมพัทธ์ที่เหมาะสม.....	48
4.3 การศึกษาขนาดอนุภาคที่เหมาะสม.....	51
4.4 การศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสารประกอบคลอรีนโดยใช้น้ำเสีย จากโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษ.....	56
4.5 วิจารณ์ผลการวิจัย.....	62
5. สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	68
รายการอ้างอิง.....	71
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก.....	76
ภาคผนวก ข.....	85
ภาคผนวก ค.....	91
ภาคผนวก ง.....	98
ประวัติผู้วิจัย.....	104



## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใย.....	9
2.2 แสดงสารเคมีที่ใช้ในขบวนการฟอกเยื่อกระดาษ.....	10
2.3 แสดงชนิด หน้าที่ ข้อดี และข้อเสีย ของสารเคมีที่ใช้ในการฟอกเยื่อกระดาษ.....	11
2.4 แสดงลักษณะของน้ำเสียจากโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษ.....	12
2.5 แสดงมลภาวะทางน้ำที่เกิดจากกระบวนการผลิตเยื่อและกระดาษแบบกราฟท์.....	12
2.6 แสดงสารประกอบ phenols และ oligomer-derivatived phenols.....	13
2.7 แสดงชนิดของสารประกอบคลอรีนเตตฟีนอลที่พบในน้ำทิ้ง จากโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษ.....	14
2.8 แสดงความเข้มข้นของสารประกอบคลอรีนเตตฟีนอลที่ตรวจพบในน้ำเสีย.....	16
2.9 แสดงความเข้มข้นของสารประกอบคลอรีนเตตฟีนอลที่ตรวจพบในน้ำทิ้งแหล่งน้ำ และในตะกอน.....	17
2.10 แสดงผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารประกอบคลอรีนเตตฟีนอลในปลา.....	18
2.11 แสดงผลกระทบของสารประกอบคลอรีนเตตฟีนอลต่อสิ่งมีชีวิต.....	19
2.12 แสดงเกณฑ์การได้รับปริมาณสารประกอบคลอรีนที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ.....	20
3.1 แสดงอัตราส่วนของ 0.2M Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> กับ 0.1M citric acid ที่ระดับพีเอช 4-8.....	27
3.2 แสดงสภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วย High Performance Liquid Chromatography (HPLC).....	28
4.1 ปริมาณ 2-chlorophenol ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ (mg/l) และประสิทธิภาพ ในการกำจัด (%) ที่ระดับพีเอชต่าง ๆ เมื่อไม่ใส่ผงเหล็ก (ชุดควบคุม).....	31
4.2 ปริมาณ 2-chlorophenol ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ (mg/l) และประสิทธิภาพ ในการกำจัด (%) ที่ระดับพีเอชต่าง ๆ เมื่อใช้ผงขนาด 10 ไมครอน.....	32
4.3 ปริมาณ 2-chlorophenol ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ (mg/l) และประสิทธิภาพ ในการกำจัด (%) ที่ระดับพีเอชต่าง ๆ เมื่อใช้ผงขนาด 150 ไมครอน.....	33

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.4 ปริมาณ 2,4-dichlorophenol ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ (mg/l) และประสิทธิภาพในการกำจัด (%) ที่ระดับพีเอชต่าง ๆ เมื่อไม่ใส่ผงเหล็ก (ชุดควบคุม).....	37
4.5 ปริมาณ 2,4-dichlorophenol ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ (mg/l) และประสิทธิภาพในการกำจัด (%) ที่ระดับพีเอชต่าง ๆ เมื่อใช้ผงขนาด 10 ไมครอน.....	38
4.6 ปริมาณ 2,4-dichlorophenol ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ (mg/l) และประสิทธิภาพในการกำจัด (%) ที่ระดับพีเอชต่าง ๆ เมื่อใช้ผงขนาด 150 ไมครอน.....	39
4.7 ปริมาณ 2,4,6-trichlorophenol ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ (mg/l) และประสิทธิภาพในการกำจัด (%) ที่ระดับพีเอชต่าง ๆ เมื่อไม่ใส่ผงเหล็ก (ชุดควบคุม).....	43
4.8 ปริมาณ 2,4,6-trichlorophenol ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ (mg/l) และประสิทธิภาพในการกำจัด (%) ที่ระดับพีเอชต่าง ๆ เมื่อใช้ผงขนาด 10 ไมครอน.....	44
4.9 ปริมาณ 2,4,6-trichlorophenol ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ (mg/l) และประสิทธิภาพในการกำจัด (%) ที่ระดับพีเอชต่าง ๆ เมื่อใช้ผงขนาด 150 ไมครอน.....	45
4.10 ปริมาณ 2- chlorophenol, 2,4-dichlorophenol และ 2,4,6-trichlorophenol ที่เหลือในน้ำเสียจากโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษ (mg/l) และประสิทธิภาพในการกำจัด (%) เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน ที่ระดับพีเอช 4 (ชุดควบคุม).....	58
4.11 ปริมาณ 2- chlorophenol, 2,4-dichlorophenol และ 2,4,6-trichlorophenol ที่เหลือในน้ำเสียจากโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษ (mg/l) และประสิทธิภาพในการกำจัด (%) เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน ที่ระดับพีเอช 4.....	59
4.12 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัดสารประกอบคลอรีนเตตฟีนอล (%) ที่ระยะเวลา 1 วัน.....	65
4.13 แสดงปริมาณสารประกอบคลอรีนเตตฟีนอล ในน้ำเสียจากโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษ.....	67
4.14 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol และ 2,4,6-trichlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน พีเอช 4 ในน้ำเสียสังเคราะห์และน้ำเสียจากโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษ.....	67

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ก.1 แสดงปริมาณ 2-chlorophenol (mg/l) ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์.....	77
ก.2 แสดงปริมาณ 2,4-dichlorophenol (mg/l) ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์.....	78
ก.3 แสดงปริมาณ 2,4,6-trichlorophenol (mg/l) ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์.....	79
ก.4 แสดงปริมาณ 2-chlorophenol (mg/l) ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ (ชุดควบคุม).....	80
ก.5 แสดงปริมาณ 2,4-dichlorophenol (mg/l) ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ (ชุดควบคุม).....	81
ก.6 แสดงปริมาณ 2,4,6-trichlorophenol (mg/l) ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์(ชุดควบคุม).....	82
ก.7 แสดงปริมาณ 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol และ2,4,6-trichlorophenol (mg/l) ที่เหลือในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเยื่อและกระดาษ.....	83
ก.8 แสดงปริมาณ 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol และ2,4,6-trichlorophenol (mg/l) ที่เหลือในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเยื่อและกระดาษ (ชุดควบคุม).....	84

## สารบัญรูปร่างภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงเส้นทางในการกำจัดสารประกอบฮาโลเจนในสภาวะไร้ออกซิเจน.....	6
2.2 แสดงสารประกอบคลอรีนเตตฟีนอลที่พบในน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษ.....	15
4.1 แสดงความเข้มข้นของ 2-chlorophenol (mg/l) เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน .....	34
4.2 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol (%) เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน	34
4.3 แสดงความเข้มข้นของ 2-chlorophenol (mg/l) เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 150 ไมครอน .....	35
4.4 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol (%) เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 150 ไมครอน	35
4.5 แสดงความเข้มข้นของ 2,4-dichlorophenol (mg/l) เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน .	40
4.6 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4-dichlorophenol (%) เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน	40
4.7 แสดงความเข้มข้นของ 2,4-dichlorophenol (mg/l) เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 150 ไมครอน	41
4.8 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4-dichlorophenol (%) เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 150 ไมครอน	41
4.9 แสดงความเข้มข้นของ 2,4,6-trchlorophenol (mg/l) เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน	46
4.10 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4,6-trchlorophenol (%) เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน	46
4.11 แสดงความเข้มข้นของ 2,4,6-trchlorophenol (mg/l) เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 150 ไมครอน	47
4.12 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4,6-trchlorophenol (%) เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 150 ไมครอน	47
4.13 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10และ150 ไมครอน ที่ pH.4.....	53
4.14 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10และ150 ไมครอน ที่ pH.5.....	53
4.15 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10และ150 ไมครอน ที่ pH.6.....	53
4.16 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10และ150 ไมครอน ที่ pH.7.....	53
4.17 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10และ150 ไมครอน ที่ pH.8.....	53
4.18 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4-dichlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10และ150 ไมครอน ที่ pH.4.....	54

## สารบัญรูปร่างภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.19 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4-dichlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10และ150 ไมครอน ที่ pH.5.....	54
4.20 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4-dichlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10และ150 ไมครอน ที่ pH.6.....	54
4.21 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4-dichlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10และ150 ไมครอน ที่ pH.7.....	54
4.22 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4-dichlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10และ150 ไมครอน ที่ pH.8.....	54
4.23 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4,6-trichlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10และ150 ไมครอน ที่ pH.4.....	55
4.24 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4,6-trichlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10และ150 ไมครอน ที่ pH.5.....	55
4.25 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4,6-trichlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10และ150 ไมครอน ที่ pH.6.....	55
4.26 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4,6-trichlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10และ150 ไมครอน ที่ pH.7.....	55
4.27 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4,6-trichlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10และ150 ไมครอน ที่ pH.8.....	55
4.28 แสดงปริมาณ 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol และ2,4,6-trichlorophenol (mg/l) เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน พีเอช 4 ในน้ำเสียจากโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษ.....	60
4.29 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol และ 2,4,6-trichlorophenol (mg/l)เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน พีเอช 4 ในน้ำเสียจากโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษ.....	60
4.30 แสดงปริมาณ 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol และ2,4,6-trichlorophenol (mg/l) เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน พีเอช 4 ในน้ำเสียสังเคราะห์.....	61

## สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.31 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol และ 2,4,6-trichlorophenol (mg/l)เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน พีเอช 4 ในน้ำเสียสังเคราะห์.....	61
ข.1 แสดงโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน 2-chlorophenol ที่ระดับความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร.....	86
ข.2 แสดงโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน 2,4-dichlorophenol ที่ระดับความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร.....	86
ข.3 แสดงโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน 2,4,6-trichlorophenol ที่ระดับความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร.....	87
ข.4 แสดงโครมาโตแกรมของ 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol และ2,4,6-trichlorophenol ที่ระดับความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร.....	87
ข.5 กราฟมาตรฐานระหว่างพื้นที่ใต้พีคและความเข้มข้นของ สารละลายมาตรฐาน 2-chlorophenol.....	88
ข.6 กราฟมาตรฐานระหว่างพื้นที่ใต้พีคและความเข้มข้นของ สารละลายมาตรฐาน 2,4-dichlorophenol.....	89
ข.7 กราฟมาตรฐานระหว่างพื้นที่ใต้พีคและความเข้มข้นของ สารละลายมาตรฐาน 2,4,6-trichlorophenol.....	90