

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
สารบัญ	ข
สารบัญตาราง	ง
สารบัญรูป	ฉ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์	23
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน	25
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์	
4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของตัวเร่งปฏิกิริยา TiO_2	33
4.2 การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสีในน้ำชะมูลฝอย	35
4.3 การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสีโอดีจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา TiO_2	45
4.4 การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสีโอดีจากน้ำชะมูลฝอยด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา TiO_2	45
4.5 การศึกษาจลนศาสตร์ของปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติก	47
4.6 การศึกษาเปรียบเทียบปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมในการกำจัดสีและสีโอดีในน้ำชะมูลฝอยเทียบกับกระบวนการอื่นๆ	50
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	52
5.2 ข้อเสนอแนะ	54
บรรณานุกรม	55

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ก	61
ผลการทดลอง	62
ภาคผนวก ข	76
อุปกรณ์วิเคราะห์คุณสมบัติของ TiO_2	77
ภาคผนวก ค	80
บทความเผยแพร่	81

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	ลักษณะสมบัติของน้ำชะมูลฝอยจากสถานที่ฝังกลบใหม่กับสถานที่ฝังกลบเก่าในยุโรปและสหรัฐอเมริกา
2.2	คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของ TiO_2
2.3	การเปรียบเทียบลักษณะสมบัติของ TiO_2 ระหว่างผลึกชนิดรูไทล์และอนาเทส
2.4	ข้อดีและข้อเสียของการเคลือบด้วยเทคนิคโซล-เจล
3.1	วิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพตัวเร่งปฏิกิริยา TiO_2 ชนิดฟิล์มบาง
3.2	อุณหภูมิในการเคลือบตัวเร่งปฏิกิริยา TiO_2 บนผิวตัวกลาง
4.1	คุณสมบัติของไทเทเนียมไดออกไซด์ชนิดฟิล์มบางในแต่ละชั้น
4.2	พารามิเตอร์ L-H ของการกำจัดซีโอดีด้วยกระบวนการโฟโตคะตะไลติก
4.3	เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำชะขยะด้วยกระบวนการต่างๆ
ก.1	การกำจัดสีของน้ำชะขยะด้วย TiO_2 ชนิดฟิล์มบาง เจือจางน้ำขยะ 10 เท่า
ก.2	การกำจัดสีของน้ำชะขยะด้วย TiO_2 ชนิดฟิล์มบาง เจือจางน้ำขยะ 20 เท่า
ก.3	การกำจัดสีของน้ำชะขยะด้วย TiO_2 ชนิดฟิล์มบาง เจือจางน้ำขยะ 40 เท่า
ก.4	การกำจัดสีของน้ำชะขยะด้วย TiO_2 ชนิดฟิล์มบาง เจือจางน้ำขยะ 60 เท่า
ก.5	ประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำชะขยะด้วย TiO_2 ชนิดฟิล์มบาง
ก.6	ประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำชะขยะด้วย TiO_2 แบบผง เจือจางน้ำขยะ 10 เท่า
ก.7	ประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำชะขยะด้วย TiO_2 แบบผง เจือจางน้ำขยะ 20 เท่า
ก.8	ประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำชะขยะด้วย TiO_2 แบบผง เจือจางน้ำขยะ 40 เท่า
ก.9	ประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำชะขยะด้วย TiO_2 แบบผง เจือจางน้ำขยะ 60 เท่า
ก.10	คุณสมบัติ TiO_2 แบบผง
ก.11	ข้อมูลผลการกำจัดซีโอดีจากน้ำเสียสังเคราะห์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นต่างๆกันด้วย TiO_2 ชนิดฟิล์มบางเคลือบบนผิวตัวกลาง 5 ชั้น
ก.12	ข้อมูลผลการกำจัดซีโอดีจากน้ำเสียสังเคราะห์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นต่างๆกันด้วย TiO_2 ชนิดฟิล์มบางเคลือบบนผิวตัวกลาง 5 ชั้น
ก.13	ข้อมูลผลการกำจัดซีโอดีจากน้ำเสียสังเคราะห์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นต่างๆกันด้วย TiO_2 ชนิดฟิล์มบางเคลือบบนผิวตัวกลาง 4 ชั้น

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ก.14	ข้อมูลผลการกำจัดซีโอดีจากน้ำเสียสังเคราะห์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นต่างกัน ด้วย TiO_2 ชนิดฟิล์มบางเคลือบบนผิวตัวกลาง 4 ชั้น	73
ก.15	ข้อมูลผลการกำจัดซีโอดีจากน้ำเสียสังเคราะห์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นต่างกัน ด้วย TiO_2 ชนิดฟิล์มบางเคลือบบนผิวตัวกลาง 3 ชั้น	74
ก.16	ข้อมูลผลการกำจัดซีโอดีจากน้ำเสียสังเคราะห์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นต่างกัน ด้วย TiO_2 ชนิดฟิล์มบางเคลือบบนผิวตัวกลาง 3 ชั้น	74
ก.17	ข้อมูลผลการกำจัดซีโอดีจากน้ำชะมูลฝอยที่ความเข้มข้นเริ่มต้นต่างกัน ด้วย TiO_2 ชนิดฟิล์มบางเคลือบบนผิวตัวกลาง 5 ชั้น	75
ก.18	ข้อมูลผลการกำจัดซีโอดีจากน้ำชะมูลฝอยที่ความเข้มข้นเริ่มต้นต่างกัน ด้วย TiO_2 ชนิดฟิล์มบางเคลือบบนผิวตัวกลาง 5 ชั้น	75

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	คุณสมบัติทางเคมีของสารประกอบอิมิก	7
2.2	การวัดสีด้วยวิธีแบบเฮสซู	8
2.3	แสดงโครงสร้างโมเลกุลของไทเทเนียมไดออกไซด์	10
2.4	ขั้นตอนเทคนิคโซล-เจล และผลิตภัณฑ์ต่างๆ	11
2.5	ขั้นตอนการจุ่มเคลือบแบบกะ	12
2.6	กลไกการเกิดปฏิกิริยาต่างๆในกระบวนการโฟโตคะตะไลติก	16
3.1	ถึงปฏิกรณ์สำหรับกระบวนการโฟโตคะตะไลติก	23
3.2	อุปกรณ์ชุบเคลือบผิวตัวเร่งปฏิกิริยา	23
3.3	แผนผังแสดงขั้นตอนการเคลือบ Petri Dish	28
3.4	แผนผังแสดงการกำจัดสีด้วยผง TiO ₂	29
3.5	แผนผังแสดงการกำจัดสีด้วย Petri Dish เคลือบฟิล์มบาง TiO ₂	30
3.6	แผนผังแสดงการกำจัดสีโอดีจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วย TiO ₂	31
3.7	แผนผังแสดงการกำจัดสีโอดีจากน้ำชะมูลฝอยด้วย TiO ₂	32
4.1	การเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ของผง TiO ₂	33
4.2	รูปถ่าย 2 มิติ ด้วยอุปกรณ์ AFM ของตัวเร่งปฏิกิริยา TiO ₂ แผ่นกระจก	34
4.3	ผลการกำจัดสีของน้ำชะมูลฝอยด้วยกระบวนการโฟโตคะตะไลติกโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา TiO ₂ ชนิดฟิล์มบางที่เวลา 0, 10, 20, 30 และ 60 นาที ตามลำดับ	36
4.4	ประสิทธิภาพการกำจัดสีของ TiO ₂ ชนิดฟิล์มบาง	37
4.5	ประสิทธิภาพการกำจัดสี TiO ₂ ชนิดผง 10 mg	38
4.6	ประสิทธิภาพการกำจัดสี TiO ₂ ชนิดผง 30 mg	39
4.7	ประสิทธิภาพการกำจัดสี TiO ₂ ชนิดผง 50 mg	39
4.8	ผลการกำจัดสีด้วย TiO ₂ ชนิดฟิล์มบางและ TiO ₂ ชนิดผงที่เวลาต่างๆ	42
4.9	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสีระหว่าง TiO ₂ ชนิดฟิล์มบางกับ TiO ₂ ชนิดผง	43
4.10	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสีระหว่าง TiO ₂ ชนิดฟิล์มบางกับ TiO ₂ ชนิดผง	43

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.11	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสีระหว่าง TiO_2 ชนิดฟิล์มบางกับ TiO_2 ชนิดผง	44
4.12	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสีระหว่าง TiO_2 ชนิดฟิล์มบางกับ TiO_2 ชนิดผง	44
4.13	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของซีโอดีจากน้ำเสียสังเคราะห์กับเวลาของปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติก (ก-ค)	46
4.14	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนกลับความเข้มข้นของซีโอดีจากน้ำเสียสังเคราะห์ (C^{-1}) กับ ส่วนกลับอัตราการเกิดปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติก (r^{-1}) บนตัวเร่งปฏิกิริยาไทเทเนียมไดออกไซด์ (ก-ค)	47
4.15	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของซีโอดีจากน้ำชะมูลฝอยกับเวลาของปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติก (ก-ค)	48
4.16	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนกลับความเข้มข้นของสารอินทรีย์จากน้ำชะมูลฝอย (C^{-1}) กับ ส่วนกลับอัตราการเกิดปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติก (r^{-1}) บนตัวเร่งปฏิกิริยาไทเทเนียมไดออกไซด์ (ก-ค)	49
ก.1	ประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำชะขยะด้วย TiO_2 ชนิดฟิล์มบาง	64
ก.2	ประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำชะขยะ TiO_2 แบบผงที่ 10 mg	69
ก.3	ประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำชะขยะ TiO_2 แบบผงที่ 30 mg	69
ก.4	ประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำชะขยะ TiO_2 แบบผงที่ 50 mg	70
ข.1	อุปกรณ์ X-ray diffraction (XRD) รุ่น Bruker model D8 Advance	77
ข.2	อุปกรณ์ UV-Vis spectrometer ยี่ห้อ Perkin Elmer รุ่น Lambda 650	77
ข.3	อุปกรณ์ Atomic Force Microscopy (AFM) ยี่ห้อ Asylum research รุ่น MFP-3D-BIO™	78
ข.4	อุปกรณ์วัดความเข้มแสง ยี่ห้อ UV-Light Meter Model UV-340	78
ข.5	ปีเปตอัดโนมัติ ยี่ห้อ Engineered for Excellence BIOHIT	79

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

A°	อังสตรอม
e^-	อิเล็กตรอนที่แถบการนำ (Conduction Band)
eV	อิเล็กตรอนโวลต์
$g.cm^{-3}$	กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
h^+	ช่องว่างที่แถบวาเลนซ์ (Valence Band)
H^+	ไฮโดรเจนไอออน
$H\cdot$	ไฮโดรเจนเรดิคัล
$Kcal.mol^{-1}$	กิโลแคลอรีต่อโมล
$L.mg^{-1}$	ลิตรต่อมิลลิกรัม
m^2	ตารางเมตร
$\mu W.cm^{-2}$	ไมโครวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร
Mohs	โมส์
$mg.L^{-1}$	มิลลิกรัมต่อลิตร
mM	มิลลิโมลาร์
$mol.min^{-1}$	โมลต่อนาที
$mW.m^{-2}$	มิลลิวัตต์ต่อตารางเมตร
N	นอร์มัล
OH^-	ไฮดรอกไซด์ไอออน
$OH_2\cdot$	เปอร์ไฮดรอกซิลเรดิคัล
UV	แสงอัลตราไวโอเลต
TiO_2	ไทเทเนียมไดออกไซด์
C°	องศาเซลเซียส
F°	องศาฟาเรนไฮต์
ΔG°_f	พลังงานอิสระ (Gibbs Free Energy)