สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(6)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(9)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
ขอบเขตการวิจัย	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	24
อุปกรณ์	24
วิธีการ	26
ผลและวิจารณ์	37
ผลการศึกษาปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ที่เหมาะสม	37
ผลการศึกษาเวลาที่เข้าสู่สภาวะสมดุลของการดูดติด	39
ผลการศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการย่อยสลายด้วยแสง	41
ผลการศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการโฟโตแคตไลซิส	43
ผลการศึกษาช่วงเวลาการดูดติดในกระบวนการโฟโตแคตไลซิส	47
ผลการศึกษาความส่องสว่างของแสงในกระบวนการโฟโตแคตไลซิส	50
ผลการศึกษาจลนพลศาสตร์ของกระบวนการโฟโตแคตไลซิส	52
ผลการศึกษาจลนพลศาสตร์ของกระบวนการโฟโตแคตไลซิส ที่มีการแปรผันความส่องสว่างของแสง	57
สรุปและข้อเสนอแนะ	64
สรุป	64
ข้อเสนอแนะ	66
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	67

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก 73
ภาคผนวก ก การคำนวณค่าความเร็วแกรเดียนท์และค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ในถังปฏิกรณ์โฟโตแคตไลซิส 74
ภาคผนวก ข ผลการศึกษาการดูดติดสารปราบศัตรูพืชบนพื้นผิวภายในถังปฏิกรณ์โฟโตแคตไลซิส 78
ภาคผนวก ค ความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างของแสงและกำลังของหลอดยูวี 81
ภาคผนวก ง การคำนวณค่าความลึกและพื้นที่ประสิทธิผลของตัวอย่างน้ำผสมไทเทเนียมไดออกไซด์ 83
ภาคผนวก จ ผลการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสารปราบศัตรูพืชด้วยกระบวนการโฟโตแคตไลซิสที่มีการแปรผันความส่องสว่างของแสง 86
ภาคผนวก ฉ ผลการศึกษาจลนพลศาสตร์ของกระบวนการโฟโตแคตไลซิสที่มีการแปรผันความส่องสว่างของแสง 89
ภาคผนวก ช ค่าใช้จ่ายในการศึกษาทดลอง 96
ประวัติการศึกษาและการทำงาน 99

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณสมบัติของสารปราบศัตรูพืช	9
2	คุณสมบัติของไทเทเนียมไดออกไซด์	14
3	ประสิทธิภาพการกำจัดสารปราบศัตรูพืชในกระบวนการศึกษา กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายเดี่ยว	47
4	ประสิทธิภาพการกำจัดสารปราบศัตรูพืชในกระบวนการศึกษา กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายผสม	47
5	ค่าคงที่ทางจลนพลศาสตร์ของกระบวนการโฟโตแคตไลซิส กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายเดี่ยว	55
6	ค่าคงที่ทางจลนพลศาสตร์ของกระบวนการโฟโตแคตไลซิส กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายผสม	55
7	อัตราการเกิดปฏิกิริยาของกระบวนการโฟโตแคตไลซิส กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายเดี่ยว	56
8	อัตราการเกิดปฏิกิริยาของกระบวนการโฟโตแคตไลซิส กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายผสม	57

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ง1	ค่าความลึกและพื้นที่ประสิทธิผลของตัวอย่างน้ำผสมไทเทเนียมไดออกไซด์	85
จ1	ประสิทธิภาพการกำจัดสารปราบศัตรูพืชด้วยกระบวนการโฟโตแคตไลซิสที่มีการแปรผันความส่องสว่างของแสง กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายเดี่ยว	87
จ2	ประสิทธิภาพการกำจัดสารปราบศัตรูพืชด้วยกระบวนการโฟโตแคตไลซิสที่มีการแปรผันความส่องสว่างของแสง กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายผสม	87
จ3	สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดสารปราบศัตรูพืชและกำลังของหลอดยูวีในกระบวนการโฟโตแคตไลซิส กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายเดี่ยว	88
จ4	สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดสารปราบศัตรูพืชและกำลังของหลอดยูวีในกระบวนการโฟโตแคตไลซิส กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายผสม	88
ฉ1	ค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาของกระบวนการโฟโตแคตไลซิสที่มีการแปรผันความส่องสว่างของแสง กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายเดี่ยว	90
ฉ2	ค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาของกระบวนการโฟโตแคตไลซิสที่มีการแปรผันความส่องสว่างของแสง กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายผสม	90
ฉ3	ค่าคงที่การดูดติดของกระบวนการโฟโตแคตไลซิสที่มีการแปรผันความส่องสว่างของแสง กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายเดี่ยว	91
ฉ4	ค่าคงที่การดูดติดของกระบวนการโฟโตแคตไลซิสที่มีการแปรผันความส่องสว่างของแสง กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายผสม	91

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ หน้า

ฉ5 อัตราการเกิดปฏิกิริยาของกระบวนการโฟโตแคตไลซิสที่มีการแปรผันความส่องสว่างของแสง กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายเดี่ยว (เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารเท่ากับ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร) 92

ฉ6 อัตราการเกิดปฏิกิริยาของกระบวนการโฟโตแคตไลซิสที่มีการแปรผันความส่องสว่างของแสง กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายผสม (เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารเท่ากับ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร) 92

ฉ7 สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาและกำลังของหลอดยูวีในกระบวนการโฟโตแคตไลซิส กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายเดี่ยว 93

ฉ8 สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาและกำลังของหลอดยูวีในกระบวนการโฟโตแคตไลซิส กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายผสม 93

ฉ9 สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่การดูดติดและกำลังของหลอดยูวีในกระบวนการโฟโตแคตไลซิส กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายเดี่ยว 94

ฉ10 สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่การดูดติดและกำลังของหลอดยูวีในกระบวนการโฟโตแคตไลซิส กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายผสม 94

ฉ11 สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดปฏิกิริยาและกำลังของหลอดยูวีในกระบวนการโฟโตแคตไลซิส กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายเดี่ยว (เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารเท่ากับ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร) 95

ฉ12 สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดปฏิกิริยาและกำลังของหลอดยูวีในกระบวนการโฟโตแคตไลซิส กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายผสม (เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารเท่ากับ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร) 95

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ปริมาณการนำเข้าสารปราบศัตรูพืชของประเทศไทย	6
2	โครงสร้างของสารปราบศัตรูพืช	11
3	สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	15
4	โครงสร้างแถบพลังงานของไทเทเนียมไดออกไซด์	16
5	ถังปฏิกรณ์โฟโตแคตไลซิส	25
6	การศึกษาปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ที่เหมาะสม	31
7	การศึกษาเวลาที่เข้าสู่สภาวะสมดุลของการดูดซับ	32
8	การศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการย่อยสลายด้วยแสง	33
9	การศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการโฟโตแคตไลซิส	34
10	การศึกษาผลของช่วงเวลาการดูดซับในกระบวนการโฟโตแคตไลซิส	35
11	การศึกษาผลความส่องสว่างของแสงในกระบวนการโฟโตแคตไลซิส	36
12	ความลึกประสิทธิผล	38
13	พื้นที่ประสิทธิผล	39
14	การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารปราบศัตรูพืชในการศึกษาเวลาที่เข้าสู่สภาวะสมดุลของการดูดซับสารบนผิวของไทเทเนียมไดออกไซด์ กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายเดี่ยว	40
15	การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารปราบศัตรูพืชในการศึกษาเวลาที่เข้าสู่สภาวะสมดุลของการดูดซับสารบนผิวของไทเทเนียมไดออกไซด์ กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายผสม	41
16	การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารปราบศัตรูพืชในการศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการย่อยสลายด้วยแสง กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายเดี่ยว	42
17	การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารปราบศัตรูพืชในการศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการย่อยสลายด้วยแสง กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายผสม	43
18	การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารปราบศัตรูพืชในการศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการโฟโตแคตไลซิส กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายเดี่ยว	45

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
19	การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารปราบศัตรูพืชในการศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการโฟโตแคตไลซิส กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายผสม	45
20	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพกระบวนการโฟโตแคตไลซิสแบบที่มีและไม่มีช่วงเวลาในการเข้าสู่สภาวะสมดุลของการดูดซับ กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายเดี่ยว	49
21	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพกระบวนการโฟโตแคตไลซิสแบบที่มีและไม่มีช่วงเวลาในการเข้าสู่สภาวะสมดุลของการดูดซับ กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายผสม	49
22	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดและกำลังของหลอดยูวีในกระบวนการโฟโตแคตไลซิส กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายเดี่ยว	51
23	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดและกำลังของหลอดยูวีในกระบวนการโฟโตแคตไลซิส กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายผสม	51
24	ความสัมพันธ์ระหว่าง 1/r และ 1/C ของกระบวนการโฟโตแคตไลซิส กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายเดี่ยว	54
25	ความสัมพันธ์ระหว่าง 1/r และ 1/C ของกระบวนการโฟโตแคตไลซิส กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายผสม	54
26	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาและกำลังของหลอดยูวีในกระบวนการโฟโตแคตไลซิส กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายเดี่ยว	58
27	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาและกำลังของหลอดยูวีในกระบวนการโฟโตแคตไลซิส กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายผสม	59
28	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่การดูดติดและกำลังของหลอดยูวีในกระบวนการโฟโตแคตไลซิส กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายเดี่ยว	60
29	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่การดูดติดและกำลังของหลอดยูวีในกระบวนการโฟโตแคตไลซิส กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายผสม	61

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

30 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดปฏิกิริยาและกำลังของหลอดยูวีในกระบวนการโฟโตแคตไลซิส กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายเดี่ยว 62

31 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดปฏิกิริยาและกำลังของหลอดยูวีในกระบวนการโฟโตแคตไลซิส กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายผสม 63

ภาพผนวกที่

ก1 รูปแบบของถังกวนเร็ว 75

ข1 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารปราบศัตรูพืชภายในถังปฏิกรณ์ที่เป็นชุดควบคุม กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายเดี่ยว 79

ข2 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารปราบศัตรูพืชภายในถังปฏิกรณ์ที่เป็นชุดควบคุม กรณีที่สารปราบศัตรูพืชเป็นสารละลายผสม 80

ค1 ความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างของแสงและกำลังของหลอดยูวี 82

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

%T	=	เปอร์เซ็นต์การส่งผ่านแสง
•OH	=	ไฮดรอกซิลเรดิคัล
$^{\circ}C$	=	องศาเซลเซียส
A (adsorp)	=	การดูดติดของสารถูกดูดติดบนผิวของสารดูดติด
A (liquid)	=	สารถูกดูดติดในสารละลาย
ABS	=	ค่าการดูดกลืนแสง
C	=	ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
C_0	=	ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารอินทรีย์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
CB	=	แถบการนำไฟฟ้า
CH_3CN	=	อะซิโตนไนไตร
CO_2	=	คาร์บอนไดออกไซด์
D	=	เส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัด (เซนติเมตร)
e^-_{cb}	=	อิเล็กตรอนที่แถบการนำไฟฟ้า
Eg	=	ช่องว่างแถบพลังงาน
h^+_{vb}	=	โฮลที่แถบวาเลนซ์
H_2O	=	น้ำ
H_2O_2	=	ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์
i	=	ชนิดของสารอินทรีย์ในระบบ
k_a	=	ค่าคงที่อัตราการดูดติด
K_{ads}	=	ค่าคงที่การดูดติด (สภาวะที่มืด)
k_d	=	ค่าคงที่อัตราการคายสารออก
k_{LH}	=	ค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยา (มิลลิกรัมต่อลิตร-นาที)
K_{LH}	=	ค่าคงที่การดูดติดสภาวะที่มีแสง (ลิตรต่อมิลลิกรัม)
k_{obs}	=	ค่าคงที่ปรากฏอัตราการเกิดปฏิกิริยา ($นาที^{-1}$)
K_{OC}	=	ค่าสัมประสิทธิ์การแบ่งแยกสารอินทรีย์คาร์บอน
K_{OW}	=	ค่าสัมประสิทธิ์การแบ่งแยกน้ำกับออกทานอล
K_P	=	ค่าสัมประสิทธิ์การแบ่งแยกน้ำกับดิน
L-H	=	แบบจำลองแลงเมียร์-ฮินเชลวูด

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

n	=	จำนวนรอบของใบพัดต่อวินาที
N_{Re}	=	เรย์โนลด์นัมเบอร์
O_2	=	ออกซิเจน
O_2^-	=	ซูเปอร์ออกไซด์ไอออนเรดิคัล
OH^-	=	ไฮดรอกซิลไอออน
R	=	โมเลกุลของสารอินทรีย์
r	=	อัตราการเกิดปฏิกิริยา (มิลลิกรัมต่อลิตร-นาที)
t	=	เวลาในการฉายแสง (นาที)
$t_{0.5}$	=	เวลาที่ความเข้มข้นของสารปราบศัตรูพืชลดลงเป็นครึ่งหนึ่งของความเข้มข้นเริ่มต้น (นาที)
TiO_2	=	ไทเทเนียมไดออกไซด์
VB	=	แถบเวเลนซ์
h	=	ค่าคงที่ของพลังค์ (4.135×10^{-15} อิเล็กตรอนโวลต์ -วินาที)
ν	=	ค่าความถี่ (วินาที $^{-1}$)
E	=	ค่าพลังงานโฟตอน (จูล)
c	=	ค่าความเร็วแสง (299×10^6 เมตรต่อวินาที)
μ	=	ความหนืดพลวัต (กรัมต่อเซนติเมตร-วินาที)
θ	=	สัดส่วนของพื้นที่ผิวหน้าที่ถูกปกคลุมด้วยโมเลกุลที่มาดูดติดบนผิวหน้า
ρ	=	ความหนาแน่นของน้ำ (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)
λ	=	ค่าความยาวคลื่น (นาโนเมตร)