สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ	ช
สารบัญ	ซ
รายการตาราง	ฌ
รายการรูปประกอบ	ญ
รายการสัญลักษณ์	ฐ

บทที่

1 บทนำ

1.1 ความสำคัญ และที่มาของงานวิจัย	1
1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	6
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย	6
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6

2 ทฤษฎี

2.1 กระบวนการโฟโตแคตตาไลติก	7
2.2 การประยุกต์ใช้กระบวนการโฟโตแคตตาไลติกร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยา	10
2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยาโฟโตแคสตาไลติก	14
2.4 การจุ่มเคลือบ	17
2.5 แบบจำลองของการเกิดปฏิกิริยาในรูป Langmuir	18
2.6 ปริมาตรของเครื่องปฏิกรณ์	20

3 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ขั้นตอนการเตรียมอุปกรณ์	22
3.2 วิธีดำเนิงานวิจัย	26

3.3 วิธีการทดลอง 26
3.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ฟิล์มบางไทเทเนียมไดออกไซด์ 29
3.5 การหาประสิทธิภาพและอัตราการเกิดปฏิกิริยา 29
3.6 การขยายขนาดของเครื่องปฏิกรณ์ 30

4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง
4.1 ผลการตรวจฟิลม์บางไทเทเนียมไดออกไซด์ด้วยเครื่องวิเคราะห์เอกซ์เรย์ดิฟเฟรกชัน (X-ray Diffraction) 31
4.2 ผลการทดสอบการรั่วไหลของเครื่องปฏิกรณ์และปฏิกิริยาข้างเคียงของแก๊สแอมโมเนีย 32
4.3 ผลการหาสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลติกของการกำจัดแก๊สแอมโมเนียภายเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ 33
4.4 อัตราการเกิดปฏิกิริยาในการกำจัดแก๊สแอมโมเนียภายในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะณ สภาวะที่เหมาะสมจากการทดลอง 38
4.5 การขยายขนาดของเครื่องปฏิกรณ์เพื่อใช้กำจัดแก๊สแอมโมเนียที่เกิดขึ้นในโรงเลี้ยงไก่ 44

5 สรุปผลการทดลอง
5.1 สรุปผลการทดลอง 46
5.2 ข้อเสนอแนะ 47

เอกสารอ้างอิง 48
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก. การคำนวณ 52
ภาคผนวก ข. ผลการทดลอง 57
ภาคผนวก ค. การวัดความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนีย 63
ภาคผนวก ง. แก๊สแอมโมเนีย 66

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	การเปรียบเทียบผลการกำจัดมลพิษดวยวิธีต่างๆ	2
1.2	ค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลติกที่ใช้ไทเทเนียมไดออกไซค์โครงสร้างผลึกแบบอนาเทสและรูไทล์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา	3
1.3	การเปรียบเทียบแก๊สภายในโรงเรือนเลี้ยงสัตว์ระหว่างห้องที่ทาสีธรรมดาและห้องที่ทาผนังด้วยสีผสมไทเทเนียมไดออกไซด์	4
1.4	อิทธิพลของแก๊สแอมโมเนียที่มีผลต่อค่าการเจริญเติบโตของไก่	5
2.1	ช่องว่างพลังงาน (band gap) หรือค่าศักย์ไฟฟ้าของสารต่างๆ ในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น	10
4.1	ค่าคงที่ของสมการอัตราการเกิดปฏิกิริยาอันดับ 1 ของ Langmuir – Hinshelwood สำหรับปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลติกในการกำจัดสารอินทรีย์ระเหยง่าย	43
4.2	การเปรียบเทียบของเครื่องปฏิกรณ์แบบถังกวนต่อเนื่อง (CSTR) และแบบท่อไหล (PFR)	45
ข.1	ผลการทดลองอิทธิพลของจำนวนหลอดรังสียูวีที่มีต่อประสิทธิภาพในการกำจัดแก๊สแอมโมเนีย	57
ข.2	ผลของปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่มีต่อประสิทธิภาพในการกำจัดแก๊สแอมโมเนีย	58
ข.3	ผลของความเร็วรอบใบพัดที่มีต่อประสิทธิภาพในการกำจัดแก๊สแอมโมเนีย	59
ข.4	ผลการทดลองอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่ความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนีย 20, 25, 30, 35, 40, 45 และ 50 ppm	60
ง.1	ผลของการสัมผัสแก๊สแอมโมเนียที่มีต่อมนุษย์ ณ ความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนียระดับต่างๆ	68
ง.2	ผลของการสัมผัสแก๊สแอมโมเนียที่มีต่อไก่ ณ ความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนียระดับต่างๆ	72

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	(ก) พลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาที่ไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา (ข) พลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาที่มีตัวเร่งปฏิกิริยา	7
2.2	กลไกของปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลติกบนตัวเร่งปฏิกิริยาไทเทเนียมไดออกไซด์	8
2.3	โครงสร้างผลึกไทเทเนียมไดออกไซด์แบบอนาเทส รูไทล์ และบรูคไคท์	11
2.4	ขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลติกในไทเทเนียมไดออกไซด์	13
2.5	ขั้นตอนการจุ่มเคลือบ	18
2.6	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารตั้งต้นกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาในสำหรับ Langmuir model ที่อุณหภูมิคงที่	20
3.1	เครื่องปฏิกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	23
3.2	ภาพภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	24
3.3	ใบพัดที่เคลือบด้วยไทเทเนียมไดออกไซต์	25
3.4	การสูบสารตัวอย่างเข้าไปในหลอด gas detector tube	28
4.1	ผลการวิเคราะห์โครงสร้างผลึกบนแผ่นสแตนเลสด้วยเครื่องเอกซ์เรย์ดิฟเฟรกชัน (XRD)	32
4.2	การทดสอบการรั่วไหลของเครื่องปฏิกรณ์และปฏิกิริยาข้างเคียงของแก๊สแอมโมเนีย	33
4.3	ความเข้มข้นแอมโมเนียที่เวลาต่างๆ เมื่อใช้หลอดยูวี 1 หลอด และ 2 หลอด ณ สภาวะ ความเร็วรอบใบพัด 300 rpm ความชื้นสัมพัทธ์ 65 % และความเข้มข้นเริ่มต้นของแอมโมเนีย 30 ppm	34
4.4	ประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนีย (%removal efficiency) ที่เวลาต่างๆ เมื่อใช้หลอดยูวี 1 หลอด และ 2 หลอด ณ สภาวะความเร็วรอบใบพัด 300 rpm ความชื้นสัมพัทธ์ 65% และ ความเข้มข้นเริ่มต้นของแอมโมเนีย 30 ppm	34
4.5	ความเข้มข้นแอมโมเนียที่เวลาต่างๆ เมื่อความเร็วรอบใบพัดเป็น 200, 300 และ 400 rpm จำนวนหลอดรังสียูวี 1 หลอด ความชื้นสัมพัทธ์ 70% และความเข้มข้นเริ่มต้นของแอมโมเนียเป็น 30 ppm	35

4.6 ประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียที่เวลาต่างๆ เมื่อความเร็วรอบ 36
ใบพัดเป็น 200, 300 และ 400 rpm จำนวนหลอดรังสียูวี 1 หลอด
ความชื้นสัมพัทธ์ 70% และความเข้มข้นเริ่มต้นของแอมโมเนียเป็น 30 ppm
4.7 ปฏิกิริยาการแตกตัวของแก๊สแอมโมเนีย โดยปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลติก 37
4.8 ความเข้มข้นแอมโมเนียที่เวลาต่างๆ เมื่อความชื้นสัมพัทธ์เป็น 50, 70, 90% 37
จำนวนหลอดรังสียูวี 1 หลอด ความเร็วรอบใบพัด 200 rpm
และความเข้มข้นเริ่มต้นของแอมโมเนียเป็น 30 ppm
4.9 ประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียที่เวลาต่างๆ เมื่อแปลง 38
ความชื้นสัมพัทธ์เป็น 50, 70 และ 90% จำนวนหลอดรังสียูวี 1 หลอด
ความเร็วรอบใบพัด 200 rpm และความเข้มข้นของแอมโมเนียเริ่มต้นเป็น 30 ppm
4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแอมโมเนียที่เวลาต่างๆ ณ สภาวะ 39
ความเข้มข้นเริ่มต้นของแอมโมเนีย 20 ppm
4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแอมโมเนียที่เวลาต่างๆ ณ สภาวะ 39
ความเข้มข้นเริ่มต้นของแอมโมเนีย 25 ppm
4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแอมโมเนียที่เวลาต่างๆ ณ สภาวะ 40
ความเข้มข้นเริ่มต้นของแอมโมเนีย 30 ppm
4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแอมโมเนียที่เวลาต่างๆ ณ สภาวะ 40
ความเข้มข้นเริ่มต้นของแอมโมเนีย 35 ppm
4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแอมโมเนียที่เวลาต่างๆ ณ สภาวะ 41
ความเข้มข้นเริ่มต้นของแอมโมเนีย 40 ppm
4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแอมโมเนียที่เวลาต่างๆ ณ สภาวะ 41
ความเข้มข้นเริ่มต้นของแอมโมเนีย 45 ppm
4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแอมโมเนียที่เวลาต่างๆ ณ สภาวะ 42
ความเข้มข้นเริ่มต้นของแอมโมเนีย 50 ppm
4.17 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{1}{\text{Initial Rate}}$ กับ $\frac{1}{\text{Concentration}}$ 42
4.18 แผนภูมิกระบวนการบำบัดของแก๊สแอมโมเนียภายในโรงเรือนเลี้ยงไก่ 44
ค.1 ลักษณะของ Kitagawa Gas Detector Tube System 63
ค.2 การหักปลายของ gas detector tube 64
ค.3 การต่อ gas detector tube เข้าไปใน air sampling pump 64

ค.4 การสูบสารตัวอย่างเข้าไปในหลอด gas detector tube 65
ค.5 gas detector tube ที่เกิดปฏิกิริยา และ scale ในการอ่านค่าความเข้มข้น ของแก๊สแอมโมเนีย 65