

## สารบัญ

|  | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อ   | (ก)  |
| Abstract   | (ข)  |
| กิตติกรรมประกาศ  | (ค)  |
| สารบัญ   | (ง)  |
| สารบัญตาราง  | (ช)  |
| สารบัญภาพ  | (ฉ)  |
| บทที่ 1 บทนำ   |      |
| 1.1 ที่มาและความสำคัญ                                  | 1    |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา                            | 2    |
| 1.3 ขอบเขตของการศึกษา                                  | 2    |
| 1.4 กรอบแนวคิดในการศึกษา                               | 3    |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ                          | 4    |
| 1.6 นิยามศัพท์   | 4    |
| 1.7 คำสำคัญ  | 5    |
| บทที่ 2 การทบทวนงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง          |      |
| 2.1 สีย้อม   | 6    |
| 2.1.1 การเกิดสีย้อม                                    | 6    |
| 2.1.2 ประเภทของสี                                      | 7    |
| 2.2 น้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม                        | 9    |
| 2.2.1 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง                             | 10   |
| 2.2.2 พารามิเตอร์ที่ตรวจวิเคราะห์                      | 11   |
| 2.3 วิธีการกำจัดสีย้อมผ้า                              | 12   |
| 2.3.1 เทคโนโลยีทางกายภาพ (Physical technology)         | 12   |
| 2.3.2 เทคโนโลยีการกำจัดสีทางเคมี (Chemical Technology) | 13   |
| 2.3.3 เทคโนโลยีทางชีวภาพ (Biological technology)       | 14   |
| 2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับกระบวนการโอโซนเนชั่น                 | 16   |
| 2.4.1 คุณสมบัติของโอโซน                                | 16   |
| 2.4.2 การผลิตโอโซน                                     | 17   |
| 2.4.3 การสลายตัวของโอโซนในน้ำ                          | 18   |
| 2.4.4 การนำโอโซนมาประยุกต์ใช้                          | 19   |
| 2.4.5 การวัดปริมาณโอโซนในอากาศ                         | 20   |

## สารบัญ (ต่อ)

|  | หน้า |
|--|------|
| 2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับไทเทเนียมไดออกไซด์                                 | 20   |
| 2.5.1 ลักษณะทั่วไปของไทเทเนียมไดออกไซด์                              | 20   |
| 2.5.2 ประเภทของไทเทเนียมไดออกไซด์                                    | 21   |
| 2.5.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการกำจัดสีของไทเทเนียมไดออกไซด์                | 22   |
| 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง  | 23   |
| บทที่ 3 วิธีดำเนินการ  |      |
| 3.1 รูปแบบงานวิจัย   | 25   |
| 3.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย                                     | 25   |
| 3.2.1 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดทำแบบจำลองระบบบำบัด                  | 25   |
| 3.2.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ                  | 26   |
| 3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย                                       | 27   |
| 3.4 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย  | 29   |
| 3.4.1 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ไอโชน                               | 29   |
| 3.4.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าซีไอดี                           | 29   |
| 3.4.4 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าบีไอดี                           | 29   |
| 3.5 วิธีการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ                                | 30   |
| 3.5.1 วิธีวิเคราะห์ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด                             | 30   |
| 3.5.2 วิธีวิเคราะห์ปริมาณไอโชน                                       | 31   |
| 3.5.3 วิธีการวิเคราะห์ซีไอดี   | 32   |
| 3.5.4 วิธีการวิเคราะห์บีไอดี   | 34   |
| 3.5.5 วิธีการวิเคราะห์สี   | 38   |
| 3.6 ขั้นตอนการเตรียมงานวิจัย   | 39   |
| 3.7 ขั้นตอนการศึกษา  | 42   |
| 3.8 การกำหนดตัวแปร   | 43   |
| 3.9 ขั้นตอนการบันทึกและรายงานผล                                      | 44   |
| บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล                             |      |
| 4.1 ผลการวิเคราะห์   | 45   |
| 4.2 การตรวจวัดปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์บนพื้นผิวตัวกลาง               | 46   |
| 4.3 การวิเคราะห์ปริมาณไอโชนที่ผลิตได้จากเครื่องผลิตไอโชน             | 46   |
| 4.3.1 ผลการทดสอบปริมาณไอโชนที่ไม่เข้าทำปฏิกิริยา                     | 47   |
| 4.4 ประสิทธิภาพการลดค่าความสกปรกของน้ำเสียด้วยกระบวนการไอโชนเนชัน    | 48   |
| 4.4.1 ปัจจัยของค่า pH ที่มีผลต่อกระบวนการไอโชนเนชัน                  | 49   |
| 4.4.2 ปัจจัยของความเข้มข้น COD เริ่มต้นที่มีผลต่อกระบวนการไอโชนเนชัน | 50   |

## สารบัญ (ต่อ)

|   | หน้า |
|---|------|
| 4.4.3 ปัจจัยของระยะเวลาในการสัมผัสโอโซนที่มีผลต่อกระบวนการ<br>โอโซนเนชัน                          | 51   |
| 4.4.4 อัตราการลดสีในน้ำเสียจากสีฟอกย้อมด้วยกระบวนการโอโซนเนชัน                                    | 52   |
| 4.5 ประสิทธิภาพการลดค่าความสกปรกของน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซนเนชัน<br>ร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์    | 53   |
| 4.5.1 ปัจจัยของค่าพีเอชที่มีผลต่อกระบวนการโอโซนเนชันร่วมกับ<br>ไทเทเนียมไดออกไซด์                 | 53   |
| 4.5.2 ปัจจัยของความเข้มข้น COD เริ่มต้นที่มีผลต่อกระบวนการ<br>โอโซนเนชันร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ | 57   |
| 4.5.3 ปัจจัยของระยะเวลาในการสัมผัสโอโซนที่มีผลต่อกระบวนการ<br>โอโซนเนชันร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ | 58   |
| 4.5.4 อัตราการลดสีในน้ำเสียจากสีฟอกย้อมด้วยกระบวนการโอโซนเนชัน<br>ร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์       | 61   |
| 4.6 ประสิทธิภาพการลดค่า BOD ในสถานะที่เหมาะสมของกระบวนการ<br>โอโซนเนชัน                           | 64   |
| 4.7 ประสิทธิภาพการลดค่า BOD ในสถานะที่เหมาะสมของกระบวนการ<br>โอโซนเนชันร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์  | 65   |
| 4.8 ปริมาณโอโซนที่เหมาะสมต่อการบำบัด COD ด้วยกระบวนการโอโซนเนชัน                                  | 66   |
| 4.9 ปริมาณโอโซนที่เหมาะสมต่อการบำบัด COD ด้วยกระบวนการโอโซนเนชัน<br>ร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์     | 66   |
| บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ   |      |
| 5.1 สรุปผลการวิจัย  | 67   |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ  | 69   |
| เอกสารอ้างอิง   | 70   |
| ภาคผนวก   | 76   |
| ภาคผนวก ก กำลังการผลิตโอโซนที่ผลิตได้จากเครื่องผลิตโอโซน  | 77   |
| ภาคผนวก ข ผลการศึกษาสีน้ำเสียเริ่มต้น   | 81   |
| ภาคผนวก ค อัตราการเข้าทำปฏิกิริยาของโอโซน   | 83   |
| ภาคผนวก ง ผลการทดลองและตัวอย่างวิธีการคำนวณ   | 88   |
| ประวัติผู้วิจัย   | 97   |