

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพประกอบ	ฐ
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ถ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและสรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 การข้อมสี	4
2.2 สีข้อมและการจำแนกสีข้อม	5
2.3 วัสดุสิ่งทอ	8
2.4 สารช่วยข้อม	9
2.5 สีรีแอคทีฟ	10
2.6 ขั้นตอนการผลิตและการใช้น้ำในอุตสาหกรรมสิ่งทอ	14
2.7 กระบวนการข้อมผ้า	15
2.8 ประเภทของสิ่งเจือปนในน้ำเสียจากโรงงานข้อมสีผ้า	16
2.9 ผ้าบาติกและขั้นตอนการผลิตผ้าบาติก	17
2.10 การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการเคมีคัลออกซิเดชัน (Chemical Oxidation)	19
2.11 รีเอเจนท์ของเฟนตอน	20
2.12 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	27

	หน้า
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย	37
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา	37
3.2 สารเคมีที่ใช้ในการศึกษา	37
3.3 น้ำเสียที่ใช้ในการศึกษา	37
3.4 การดำเนินการวิจัย	39
3.5 รายละเอียดวิธีการทดลอง	42
3.6 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ลักษณะน้ำเสีย	44
บทที่ 4 ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล	
4.1 ผลการศึกษาผลของพีเอชที่มีต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียและค่าพีเอชที่เหมาะสมสำหรับการบำบัด	44
4.2 ผลการศึกษาผลของอัตราส่วนโดยโมลของ $\text{Fe}^{2+}:\text{H}_2\text{O}_2$ ที่มีต่อการบำบัดน้ำเสีย	52
4.3 ผลการศึกษาผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อการบำบัดน้ำเสีย	63
4.4 ผลการศึกษาผลของเวลาทำปฏิกิริยาที่มีต่อการบำบัดน้ำเสีย	88
4.5 ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียรีไซเคิลรีแอกตีฟจากการข้อมผ้าบาติกด้วยรีเอเจนท์ของฟenantอน	111
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา	113
5.1 สรุปผลการทดลอง	113
5.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาเพิ่มเติม	114
เอกสารอ้างอิง	115
ภาคผนวก ก กราฟไคเตรชันของน้ำเสียโทนสีต่าง ๆ	118
ภาคผนวก ข ผลการทดลอง	122
ภาคผนวก ค ที่มาของสูตรการคำนวณค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียด้วยรีเอเจนท์ของฟenantอน	135
ประวัติผู้เขียน	138

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 การจัดหมู่สีตามโครงสร้างเคมีของสีรีแอคทีฟและชื่อทางการค้าของแต่ละบริษัท	12
2.2 ศักย์ออกซิเดชัน (Oxidation Potentials) ของออกซิแดนท์ชนิดต่าง ๆ	21
2.3 ค่าคงที่ของปฏิกิริยาของสมการที่ (2.1)-(2.6) (2.8) และ (2.9)	23
2.4 ค่าคงที่ของปฏิกิริยาของอนุมูลไฮดรอกซิลในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์บางชนิด	25
2.5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดสารอโรมาติกชนิดต่าง ๆ ด้วย H_2O_2 (รีเอเจนท์ของเฟนตอน) $KMnO_4$ และ O_3	28
2.6 ปริมาณซีโอดี และสี ที่ถูกกำจัดต่อมิลลิกรัมของ Fe^{2+} เมื่อใช้เฟอร์รัสซัลเฟต เปรียบเทียบกับกรณีที่ใช้รีเอเจนท์ของเฟนตอน	31
3.1 คุณลักษณะน้ำเสียที่จะนำมาใช้ศึกษาทดลอง	38
3.2 คุณลักษณะของน้ำเสียหลังจากปรับค่าซีโอดีแล้ว	39
3.3 รายละเอียดการดำเนินการวิจัยโดยรวม	40
3.4 รายละเอียดดัชนีคุณภาพน้ำที่วิเคราะห์ จุดเก็บตัวอย่างน้ำ วิธีการวิเคราะห์ และการเก็บรักษาน้ำตัวอย่าง	44
4.1 อัตราส่วนโดยโมลของ $Fe^{2+}:H_2O_2$ ค่าสุดที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดสีออกจากน้ำเสีย	62
4.2 ผลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อการวิเคราะห์ค่าซีโอดี	75
4.3 ผลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อการวิเคราะห์ค่าซีโอดี โดย W.G. Kuo (1992)	76
4.4 ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหมาะสมพร้อมทั้งค่าความเข้มข้น และซีโอดีที่เหลือภายหลังการบำบัด	79
4.5 ค่าซีโอดีที่ถูกกำจัดที่ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่าง ๆ	81
4.6 เวลาทำปฏิกิริยาที่เหมาะสมในการกำจัดสีออกจากน้ำเสีย เมื่อใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 500 มก./ล. และอัตราส่วนโดยโมลของ $Fe^{2+}:H_2O_2$ เท่ากับ 1:8	100
4.7 ค่าคงที่ของปฏิกิริยาของน้ำเสียแต่ละโหนดที่ระดับค่าซีโอดีก่อนบำบัด 400 มก./ล.	110
4.8 ค่าใช้จ่ายในบำบัดน้ำเสียโหนดสีแดง, ฟา, เขียว และ โหนดผสม ด้วยรีเอเจนท์ของเฟนตอน	112

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
2.1	ขั้นตอนการผลิตผ้าบาติกแบบมัดย้อมและแบบใช้แม่พิมพ์ทองเหลือง
2.2	โครงสร้างทางเคมีของสีย้อม Azo dye Active Yellow Lightfast 2KT
2.3	การจัดอุปกรณ์สำหรับกระบวนการไฟฟ้าเคมี ในการศึกษาของ Lin and Chen
3.1	รายละเอียดขั้นตอนการทดลอง
4.1	ผลของพีเอชที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดสีและซีไอคิของน้ำเสียโทนสีแดง
4.2	ผลของพีเอชที่มีต่อการกำจัดสีและซีไอคิของน้ำเสียโทนสีแดง
4.3	ผลของพีเอชที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดสีและซีไอคิของน้ำเสียโทนสีฟ้า
4.4	ผลของพีเอชที่มีต่อการกำจัดสีและซีไอคิของน้ำเสียโทนสีฟ้า
4.5	ผลของพีเอชที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดสีและซีไอคิของน้ำเสียโทนสีเขียว
4.6	ผลของพีเอชที่มีต่อการกำจัดสีและซีไอคิของน้ำเสียโทนสีเขียว
4.7	ผลของพีเอชที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดสีและซีไอคิของน้ำเสียโทนสีผสม
4.8	ผลของพีเอชที่มีต่อการกำจัดสีและซีไอคิของน้ำเสียโทนสีผสม
4.9	ความสัมพันธ์ของไดอะแกรมสมดุล กราฟการไคเตรต และกราฟความเข้มข้นของการต้านทานการเปลี่ยนแปลงพีเอช ของระบบกรดคาร์บอนิกเข้มข้น 10^{-3} โมลต่อลิตร
4.10	ผลของอัตราส่วนโดยโมลของ $Fe^{2+}:H_2O_2$ ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดสีไอคิและความเข้มสีของน้ำเสียโทนสีแดง
4.11	ผลของอัตราส่วนโดยโมลของ $Fe^{2+}:H_2O_2$ ที่มีต่อการกำจัดสีไอคิและความเข้มสีของน้ำเสียโทนสีแดง
4.12	ผลของอัตราส่วนโดยโมลของ $Fe^{2+}:H_2O_2$ ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดสีไอคิและความเข้มสีของน้ำเสียโทนสีฟ้า
4.13	ผลของอัตราส่วนโดยโมลของ $Fe^{2+}:H_2O_2$ ที่มีต่อการกำจัดสีไอคิและความเข้มสีของน้ำเสียโทนสีฟ้า

รูป	หน้า
4.14 ผลของอัตราส่วนโดยโมลของ $\text{Fe}^{2+}:\text{H}_2\text{O}_2$ ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีและความเข้มข้นของน้ำเสียโทนสีเขียว	55
4.15 ผลของอัตราส่วนโดยโมลของ $\text{Fe}^{2+}:\text{H}_2\text{O}_2$ ที่มีต่อการกำจัดซีโอดีและความเข้มข้นของน้ำเสียโทนสีเขียว	55
4.16 ผลของอัตราส่วนโดยโมลของ $\text{Fe}^{2+}:\text{H}_2\text{O}_2$ ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีและความเข้มข้นของน้ำเสียโทนสีผสม	56
4.17 ผลของอัตราส่วนโดยโมลของ $\text{Fe}^{2+}:\text{H}_2\text{O}_2$ ที่มีต่อการกำจัดซีโอดีและความเข้มข้นของน้ำเสียโทนสีผสม	56
4.18 ผลของอัตราส่วนโดยโมลของ $\text{Fe}^{2+}:\text{H}_2\text{O}_2$ ที่มีต่อค่าพีเอชภายหลังเวลาทำปฏิกิริยา 1 ชม. ของน้ำเสียโทนสีแดง	59
4.19 ผลของอัตราส่วนโดยโมลของ $\text{Fe}^{2+}:\text{H}_2\text{O}_2$ ที่มีต่อค่าพีเอชภายหลังเวลาทำปฏิกิริยา 1 ชม. ของน้ำเสียโทนสีฟ้า	59
4.20 ผลของอัตราส่วนโดยโมลของ $\text{Fe}^{2+}:\text{H}_2\text{O}_2$ ที่มีต่อค่าพีเอชภายหลังเวลาทำปฏิกิริยา 1 ชม. ของน้ำเสียโทนสีเขียว	60
4.21 ผลของอัตราส่วนโดยโมลของ $\text{Fe}^{2+}:\text{H}_2\text{O}_2$ ที่มีต่อค่าพีเอชภายหลังเวลาทำปฏิกิริยา 1 ชม. ของน้ำเสียโทนสีผสม	60
4.22 ผลของอัตราส่วนโดยโมลของ $\text{Fe}^{2+}:\text{H}_2\text{O}_2$ ที่มีต่อปริมาตรตะกอนของน้ำเสียแต่ละโทนสี	62
4.23 ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของน้ำเสียโทนสีแดง	64
4.24 ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อการกำจัดซีโอดีของน้ำเสียโทนสีแดง	64
4.25 ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของน้ำเสียโทนสีแดง	65
4.26 ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อการกำจัดซีโอดีของน้ำเสียโทนสีแดง	65
4.27 ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของน้ำเสียโทนสีฟ้า	66
4.28 ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อการกำจัดซีโอดีของน้ำเสียโทนสีฟ้า	66

[illegible]

[illegible]

รูป	หน้า
4.75 ความสัมพันธ์ของค่า $-\ln(C/C_0)$ กับ เวลา ของน้ำเสียโทนสีเขียว ค่าซีไอดี 1000 มก./ล.	107
4.76 ความสัมพันธ์ของค่า $-\ln(C/C_0)$ กับ เวลา ของน้ำเสียโทนสีเขียว ค่าซีไอดี 1300 มก./ล.	107
4.77 ความสัมพันธ์ของค่า $-\ln(C/C_0)$ กับ เวลา ของน้ำเสียโทนสีผสม ค่าซีไอดี 400 มก./ล.	108
4.78 ความสัมพันธ์ของค่า $-\ln(C/C_0)$ กับ เวลา ของน้ำเสียโทนสีผสม ค่าซีไอดี 700 มก./ล.	108
4.79 ความสัมพันธ์ของค่า $-\ln(C/C_0)$ กับ เวลา ของน้ำเสียโทนสีผสม ค่าซีไอดี 1000 มก./ล.	109
4.80 ความสัมพันธ์ของค่า $-\ln(C/C_0)$ กับ เวลา ของน้ำเสียโทนสีผสม ค่าซีไอดี 1300 มก./ล.	109

อักษรย่อและสัญลักษณ์

ก.	กรัม
ก./ล.	กรัมต่อลิตร
ชม.	ชั่วโมง
บาท/ลบ.ม.	บาทต่อลูกบาศก์เมตร
มก./ล.	มิลลิกรัมต่อลิตร
มล.	มิลลิลิตร
มล./ล.	มิลลิลิตรต่อลิตร
COD	Chemical Oxygen Demand
mg	milligram
mg/l	milligram per litre
$M^{-1} \cdot s^{-1}$	1/(Molar * second)