สารบาญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบาญตาราง	ฎ
สารบาญภาพ	ฑ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.2 ขอบเขตของการศึกษา	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	3
2.1 สีย้อมไดเร็กท์	3
2.2 หลักการทำงานของไฟฟ้าเคมี	6
2.2.1 ประเภทของกระบวนการรวมตะกอนทางไฟฟ้า	6
2.2.2 กระบวนการออกซิเดชั่น	9
2.2.3 หลักการของเซลล์ไฟฟ้า	9
2.3 โลหะที่ใช้ในการทำขั้วไฟฟ้า	10
2.3.1 อลูมิเนียม	11
2.3.2 เหล็ก	12
2.4 ข้อดีและข้อเสียของกระบวนการรวมตะกอนทางไฟฟ้า	13
2.4.1 ข้อดีของกระบวนการรวมตะกอนทางไฟฟ้า	13
2.4.2 ข้อเสียของกระบวนการรวมตะกอนทางไฟฟ้า	14
2.5 การออกแบบ	14
2.6 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	16
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	18
3.1 แผนการทดลอง	18
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์	21

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

	หน้า
3.3 น้ำเสียที่ใช้ในการศึกษา	23
3.4 ตัวแปรและวิธีทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ	24
3.4.1 การวัดสี	25
3.5 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์น้ำเสียสีสังเคราะห์	25
บทที่ 4 ผลการศึกษาและวิจารณ์ผลการศึกษา	26
4.1 การบำบัดน้ำเสียสีสังเคราะห์ที่ความเข้มข้นสี 250 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยกระบวนการรวมตะกอนทางไฟฟ้าแบบต่อเนื่องที่ใช้แผ่นอลูมิเนียมเป็นขั้วไฟฟ้า	27
4.1.1 ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำเสียสีสังเคราะห์	26
4.1.2 ผลของพีเอชในน้ำเสียสีสังเคราะห์ต่อค่าการดูดกลืนแสงของน้ำเสียสีสังเคราะห์	31
4.1.3 ผลของเวลาในการกักเก็บต่อค่าการดูดกลืนแสงของน้ำเสียสีสังเคราะห์	34
4.1.4 ผลของพื้นที่ผิวแผ่นขั้วไฟฟ้าต่อค่าการดูดกลืนแสงของน้ำเสียสีสังเคราะห์	36
4.1.5 ผลของกระแสไฟฟ้าต่อค่าการดูดกลืนแสงของน้ำเสียสีสังเคราะห์	36
4.1.6 สภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดสีในน้ำเสียสีสังเคราะห์ที่ความเข้มข้น 250 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยกระบวนการรวมตะกอนทางไฟฟ้าแบบต่อเนื่องที่ใช้แผ่นอลูมิเนียมเป็นขั้วไฟฟ้า	39
4.2 การบำบัดน้ำเสียสีสังเคราะห์ที่ความเข้มข้นสี 250 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยกระบวนการรวมตะกอนทางไฟฟ้าแบบต่อเนื่องที่ใช้แผ่นเหล็กเป็นขั้วไฟฟ้า	41
4.2.1 ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำเสียสีสังเคราะห์	41
4.2.2 ผลของพีเอชในน้ำเสียสีสังเคราะห์ต่อค่าการดูดกลืนแสงของน้ำเสียสีสังเคราะห์	44

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หน้า

4.2.3 ผลของเวลาในการกักเก็บต่อค่าการดูดกลืนแสงของน้ำเสียสีสังเคราะห์ 58
4.2.4 ผลของพื้นที่ผิวแผ่นขั้วไฟฟ้าต่อค่าการดูดกลืนแสงของน้ำเสียสีสังเคราะห์ 50
4.2.5 ผลของกระแสไฟฟ้าต่อค่าการดูดกลืนแสงของน้ำเสียสีสังเคราะห์ 50
4.2.6 สภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดสีในน้ำเสียสีสังเคราะห์ที่ความเข้มข้น 250 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยกระบวนการรวมตะกอนทางไฟฟ้าแบบต่อเนื่องที่ใช้แผ่นเหล็กเป็นขั้วไฟฟ้า 53
4.3 การเปลี่ยนแปลงของพีเอชในกระบวนการรวมตะกอนทางไฟฟ้าแบบต่อเนื่องที่ใช้แผ่นอลูมิเนียมและแผ่นเหล็กเป็นขั้วไฟฟ้า 54
4.3.1 การเปลี่ยนแปลงพีเอชของน้ำเสียสีสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของน้ำเสียสีสังเคราะห์ 250 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตรในบวนการรวมตะกอนทางไฟฟ้าแบบต่อเนื่องโดยมีแผ่นอลูมิเนียมและแผ่นเหล็กเป็นขั้วไฟฟ้า 54
4.4 โออาร์พี 56
4.5 ประสิทธิภาพในการบำบัดทีโอซีในน้ำเสียสีสังเคราะห์ที่ผ่านกระบวนการรวมตะกอนทางไฟฟ้าแบบต่อเนื่องโดยมีแผ่นอลูมิเนียมและแผ่นเหล็กเป็นขั้วไฟฟ้า 57
4.6 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในกระบวนการรวมตะกอนทางไฟฟ้าแบบต่อเนื่องโดยใช้แผ่นอลูมิเนียมและแผ่นเหล็กเป็นขั้วไฟฟ้า 61
4.7 น้ำหนักขั้วไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการรวมตะกอนทางไฟฟ้าแบบต่อเนื่องโดยใช้แผ่นเหล็กและแผ่นอลูมิเนียมเป็นขั้วไฟฟ้า 62
4.8 สรุปสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียสีสังเคราะห์และค่าใช้จ่ายในกระบวนการรวมตะกอนทางไฟฟ้าแบบต่อเนื่องโดยใช้แผ่นอลูมิเนียมและแผ่นเหล็กเป็นขั้วไฟฟ้า 65

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา	66
บรรณานุกรม	68
ภาคผนวก	72
ภาคผนวก ก	73
ภาคผนวก ข	122
ประวัติผู้เขียน	135

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญตาราง

ตาราง		หน้า
3.1	ตัวแปรที่ทำการวิเคราะห์	24
4.1	ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำเสียสีสังเคราะห์ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้แผ่นอลูมิเนียมเป็นขั้วไฟฟ้า	29
4.2	ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำเสียสีสังเคราะห์ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้แผ่นอลูมิเนียมเป็นขั้วไฟฟ้า	30
4.3	ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำเสียสีสังเคราะห์ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้แผ่นอลูมิเนียมเป็นขั้วไฟฟ้า โดยเรียงตามเวลาในการกักเก็บน้ำเสียสี	32
4.4	ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำเสียสีสังเคราะห์ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้แผ่นอลูมิเนียมเป็นขั้วไฟฟ้า โดยเรียงตามเวลาในการกักเก็บน้ำเสียสี	32
4.5	ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำเสียสีสังเคราะห์ความเข้มข้น 250 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้แผ่นอลูมิเนียมเป็นขั้วไฟฟ้า โดยเรียงตามเวลาในการกักเก็บน้ำเสียสี	35
4.6	ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำเสียสีสังเคราะห์ความเข้มข้น 250 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้แผ่นอลูมิเนียมเป็นขั้วไฟฟ้า โดยเรียงพื้นที่ผิวของแผ่นขั้วไฟฟ้า	37
4.7	ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำเสียสีสังเคราะห์ความเข้มข้น 250 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้แผ่นอลูมิเนียมเป็นขั้วไฟฟ้า โดยเรียงตามค่ากระแสไฟฟ้า	38
4.8	ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำเสียสีสังเคราะห์ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้แผ่นเหล็กเป็นขั้วไฟฟ้า	43
4.9	ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำเสียสีสังเคราะห์ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้แผ่นเหล็กเป็นขั้วไฟฟ้า	44
4.10	ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำเสียสีสังเคราะห์ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้แผ่นเหล็กเป็นขั้วไฟฟ้า โดยเรียงตามเวลาในการกักเก็บน้ำเสียสี	46
4.11	ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำเสียสีสังเคราะห์ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้แผ่นเหล็กเป็นขั้วไฟฟ้า โดยเรียงตามเวลาในการกักเก็บน้ำเสียสี	47
4.12	ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำเสียสีสังเคราะห์ความเข้มข้น 250 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้แผ่นเหล็กเป็นขั้วไฟฟ้า โดยเรียงตามเวลาในการกักเก็บ	49

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง **หน้า**

4.13 ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำเสียสีสังเคราะห์ความเข้มข้น 250 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้แผ่นเหล็กเป็นขั้วไฟฟ้า โดยเรียงพื้นที่ผิวของแผ่นขั้วไฟฟ้า 51

4.14 ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำเสียสีสังเคราะห์ความเข้มข้น 250 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้แผ่นเหล็กเป็นขั้วไฟฟ้า โดยเรียงตามค่ากระแสไฟฟ้า 52

4.15 ค่าพีเอชของน้ำเสียสีสังเคราะห์ในกระบวนการรวมตะกอนทางไฟฟ้าแบบต่อเนื่องโดยใช้แผ่นอลูมิเนียมและแผ่นเหล็กเป็นขั้วไฟฟ้า ที่ใช้น้ำเสียสีสังเคราะห์ความเข้มข้น 100 และ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร 55

4.16 ประสิทธิภาพในการกำจัดทีโอซีในน้ำเสียสีสังเคราะห์ความเข้มข้น 250 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ผ่านกระบวนการรวมตะกอนทางไฟฟ้าแบบต่อเนื่องโดยใช้แผ่นอลูมิเนียมเป็นขั้วไฟฟ้า 58

4.17 ประสิทธิภาพในการกำจัดทีโอซีในน้ำเสียสีสังเคราะห์ความเข้มข้น 250 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ผ่านกระบวนการรวมตะกอนทางไฟฟ้าแบบต่อเนื่องโดยใช้แผ่นเหล็กเป็นขั้วไฟฟ้า 59

4.18 อุณหภูมิของน้ำเสียสีสังเคราะห์หลังผ่านกระบวนการรวมตะกอนทางไฟฟ้าแบบต่อเนื่องโดยมีแผ่นอลูมิเนียมและแผ่นเหล็กเป็นขั้วไฟฟ้า 61

4.19 การสลายตัวของแผ่นอลูมิเนียมในน้ำเสียสีสังเคราะห์ความเข้มข้น 250 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตรหลังผ่านกระบวนการรวมตะกอนทางไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง 63

4.20 การสลายตัวของแผ่นอลูมิเนียมในน้ำเสียสีสังเคราะห์ความเข้มข้น 250 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตรหลังผ่านกระบวนการรวมตะกอนทางไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง 64

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญภาพ

รูป	หน้า
2.1 องค์ประกอบการเกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี	6
2.2 ถังปฏิกิริยา EC แบบใช้ขั้วโมโนโพลาต่อกับแบบขนาน	7
2.3 ถังปฏิกิริยาการรวมตะกอนทางไฟฟ้า แบบใช้ขั้วโมโนโพลาต่อแบบอนุกรม	8
2.4 ถังปฏิกิริยาการรวมตะกอนทางไฟฟ้า แบบใช้ขั้วโมโนโพลาต่อแบบขนาน	8
2.5 โครงสร้างของ Dimeric และ Polymeric Al^{3+} hydroxo complexes	11
2.6 รูปแบบการไหลของน้ำ	15
3.1 การต่ออุปกรณ์กระบวนการรวมตะกอนทางไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง	19
3.2 แผนผังการทดลองกระบวนการรวมตะกอนทางไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง	20
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลองของกระบวนการรวมตะกอนทางไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง	21
3.4 ถังปฏิกิริยาการรวมตะกอนทางไฟฟ้า	22
3.5 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง	22
3.6 รูปแผ่นขั้วไฟฟ้าที่ทำจากเหล็กและอลูมิเนียม	23
4.1 น้ำเสียสีสังเคราะห์ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ก่อนและหลังผ่านกระบวนการรวมตะกอนทางไฟฟ้าแบบต่อเนื่องโดยใช้แผ่นอลูมิเนียมเป็นขั้วไฟฟ้า	28
4.2 น้ำเสียสีสังเคราะห์ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ก่อนและหลังผ่านกระบวนการรวมตะกอนทางไฟฟ้าแบบต่อเนื่องโดยใช้แผ่นอลูมิเนียมเป็นขั้วไฟฟ้า	28
4.3 น้ำเสียสีสังเคราะห์ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ก่อนและหลังผ่านกระบวนการรวมตะกอนทางไฟฟ้าแบบต่อเนื่องโดยใช้แผ่นเหล็กเป็นขั้วไฟฟ้า	42
4.4 น้ำเสียสีสังเคราะห์ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ก่อนและหลังผ่านกระบวนการรวมตะกอนทางไฟฟ้าแบบต่อเนื่องโดยใช้แผ่นเหล็กเป็นขั้วไฟฟ้า	42

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved