

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

จากการศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากสีย้อมผ้าด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่น โดยใช้ตัวกลางพลาสติกเคลือบผิวไทเทเนียมไดออกไซด์ชนิดรูโพลีเมอร์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เพื่อแก้ไขปัญหาการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมที่ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียที่ไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอในการบำบัดน้ำเสียให้มีค่าเป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยอาศัยโอโซนที่เป็นสารออกซิไดซ์ซึ่งเอเจนต์ที่รุนแรง ร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ทำให้เกิดไฮดรอกซิลเรดิคัลซึ่งมีความสามารถในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างซับซ้อนได้ โดยตรวจวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย ทั้งหมด 5 พารามิเตอร์ แบ่งเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำด้านกายภาพ ได้แก่ สีของแข็งแขวนลอยทั้งหมด และดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำด้านเคมี ได้แก่ ค่าพีเอช ค่าซีไอดี และค่าบีไอดี ได้ผลการศึกษาดังนี้

#### 4.1 ผลการวิเคราะห์

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียจากสีย้อมผ้าที่สังเคราะห์ขึ้นโดยใช้แม่สีชนิดเดียวกับโรงฟอกย้อม พบว่าตัวอย่างน้ำเสียจากสีย้อมผ้าสังเคราะห์ขึ้น มีค่าเกินกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงาน ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2560 ทั้งหมด 4 พารามิเตอร์ ประกอบด้วย ค่าพีเอช ค่าสี ค่าซีไอดี และค่าบีไอดี ดังแสดงในตาราง 4.1

ตาราง 4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียจากกระบวนการสังเคราะห์

พารามิเตอร์	ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง*
1. พีเอช	4.5	5.5-9.0
2. สี (ADMI)	มากกว่า 550	ไม่เกิน 300
3. ซีไอดี (mg/l)	1,032	ไม่เกิน 120
4. บีไอดี(mg/l)	180	ไม่เกิน 20
5. ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (mg/l)	841	ไม่เกิน 50

หมายเหตุ \* มาตรฐานควบคุมคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงาน

ที่มา : กระทรวงอุตสาหกรรม (2560)

#### 4.2 การตรวจวัดปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์บนพื้นผิวตัวกลาง

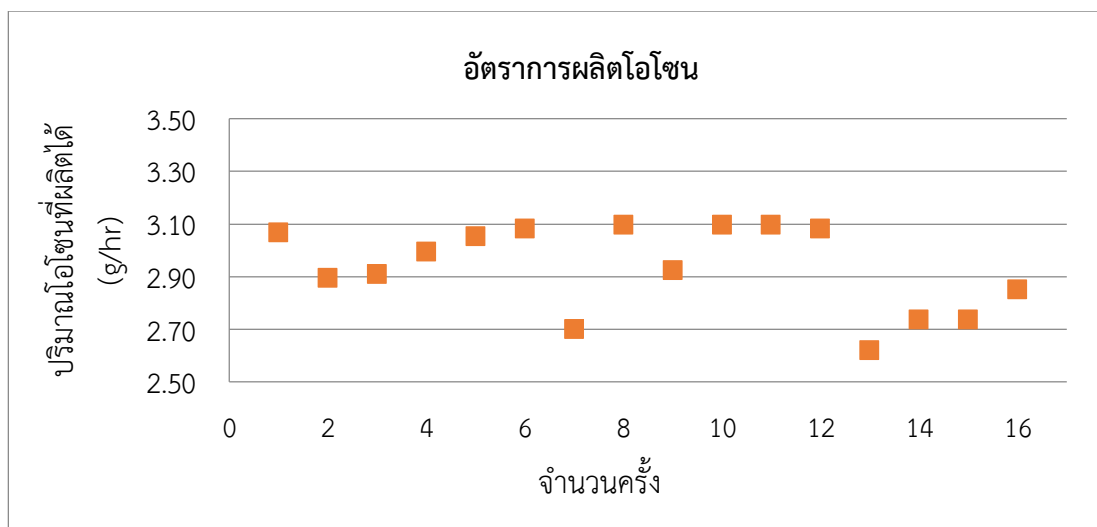
จากการศึกษาแนวทางการเคลือบพื้นผิวตัวกลางพลาสติกด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์ โดยใช้สารเรซินใสในการยึดติดผงไทเทเนียมไดออกไซด์ ดังภาพ 4.1 และทำการเปรียบเทียบน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของตัวกลางพลาสติกหลังทำการเคลือบพื้นผิว เพื่อนำมาคำนวณอัตราการยึดติดผงไทเทเนียมไดออกไซด์ บนพื้นผิวตัวกลางพลาสติก พบว่าน้ำหนักของตัวกลางพลาสติก 20 ชิ้น มีน้ำหนัก 4.8637 กรัม หลังเคลือบสารเรซินใส มีน้ำหนัก 6.0246 กรัม และหลังเคลือบผงไทเทเนียมไดออกไซด์ มีน้ำหนัก 6.3335 กรัม ดังนั้นจะเห็นได้ว่าปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ยึดติดบนพื้นผิวตัวกลางเท่ากับ 0.3089 กรัมต่อตัวกลางพลาสติก 20 ชิ้น ซึ่งสามารถเปรียบเทียบอัตราการเติมไทเทเนียมไดออกไซด์ได้ ดังตาราง 4.2

ตาราง 4.2 ปริมาณการเติมตัวกลางพลาสติกเคลือบผิวไทเทเนียมไดออกไซด์

อัตราส่วนการเติม ไทเทเนียมไดออกไซด์ (กรัม)	จำนวนตัวกลางพลาสติกต่อตัวอย่าง 1 ลิตร (ชิ้น)
0	0
0.5	32
1	65
2	130

#### 4.3 การวิเคราะห์ปริมาณโอโซนที่ผลิตได้จากเครื่องผลิตโอโซน

โอโซน คือ สารชนิดหนึ่งที่ถูกผลิตจากออกซิเจนซึ่งมีอยู่ทั่วไปในอากาศ โดยใช้พลังงานไฟฟ้าหรือรังสีอัลตราไวโอเล็ต เปลี่ยนโครงสร้างทางเคมีของออกซิเจนจาก 2 อะตอม ( $O_2$ ) ให้เป็น 3 อะตอม ( $O_3$ ) ใน 1 โมเลกุลซึ่งปริมาณโอโซนที่ผลิตได้จากเครื่องจะแตกต่างกันมีผลมาจากออกซิเจน อุณหภูมิ และความชื้นในอากาศ (ปิยะวิทย์, มปป.) ดังนั้นจึงต้องวิเคราะห์หาปริมาณโอโซนที่ผลิตได้จากเครื่องทุกวันก่อนทำการทดลองด้วยวิธี Wet Chemistry Method โดยทำการเป่าโอโซนที่ผลิตจากเครื่องลงในสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) ความเข้มข้น 2 % เป็นเวลา 10 นาที พบว่าเครื่องผลิตโอโซนมีอัตราการกำลังการผลิตได้ในปริมาณใกล้เคียงกัน โดยโอโซนที่ผลิตได้อยู่ในช่วง 2.62 – 3.10 กรัมต่อชั่วโมง คิดเป็นค่าเฉลี่ยปริมาณโอโซน เท่ากับ 2.93 กรัมต่อชั่วโมง ซึ่งปริมาณโอโซนที่ผลิตได้จากการทดลองแสดงดังภาพ 4.1



ภาพ 4.1 ปริมาณโอโซนที่ผลิตได้จากการทดลองในแต่ละครั้ง

#### 4.3.1 ผลการทดสอบปริมาณโอโซนที่ไม่เข้าทำปฏิกิริยา

จากการทดลองในแต่ละครั้งจะมีโอโซนบางส่วนที่ไม่เข้าทำปฏิกิริยาหลุดออกมาจากถังทำปฏิกิริยาโดยจะดักจับโอโซนด้วยชุดดักจับโอโซนที่มีสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) ความเข้มข้น 2 % จำนวน 2 ชุด เชื่อมต่อระหว่างชุดถังทำปฏิกิริยา เพื่อหาปริมาณโอโซนส่วนที่ไม่เข้าทำปฏิกิริยา (Ozone offgas) จากกระบวนการโอโซนเนชั่น ที่ pH 3 pH 7 และ pH 11 พบว่าโอโซนส่วนที่ไม่เข้าทำปฏิกิริยามีค่าเท่ากับ 0.62, 0.82 และ 0.39 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการโอโซนเนชั่นร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ ที่ pH 3 pH 7 และ pH 11 ซึ่งมีปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ที่แตกต่างกัน พบว่าโอโซนส่วนที่ไม่เข้าทำปฏิกิริยาของปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ 0.5 กรัมต่อลิตรมีค่าเท่ากับ 0.62, 0.86 และ 0.35 ที่ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ 1 กรัมต่อลิตร มีค่าเท่ากับ 0.81, 0.84 และ 0.39 ที่ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ 2 กรัมต่อลิตร มีค่าเท่ากับ 0.39, 0.46 และ 0.30 ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 4.3 และ 4.4

ตาราง 4.3 ปริมาณโอโซนที่ไม่เข้าทำปฏิกิริยาจากกระบวนการโอโซนเนชั่น

ค่า pH ที่ทำการศึกษา	ระยะเวลาในการเติมโอโซน 120 นาที	
	อัตราการผลิตโอโซนของเครื่องผลิตโอโซน (g/hr)	ปริมาณโอโซนที่ไม่เข้าทำปฏิกิริยา (g/hr)
pH 3	3.07	0.26
pH 7	2.89	0.82
pH 11	2.91	0.39

ตาราง 4.4 ปริมาณโอโซนที่ไม่เข้าทำปฏิกิริยาจากกระบวนการโอโซนเนชั่นร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์

ค่า pH ที่ทำการศึกษา ร่วมกับความเข้มข้นของ ปริมาณ TiO <sub>2</sub>	ระยะเวลาในการเติมโอโซน 120 นาที	
	อัตราการผลิตโอโซนของเครื่อง ผลิตโอโซน (g/hr)	ปริมาณโอโซนที่ไม่เข้าทำ ปฏิกิริยา(g/hr)
ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ 0.5 กรัมต่อลิตร		
pH 3	3.08	0.62
pH 7	2.92	0.86
pH 11	3.08	0.35
ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ 1 กรัมต่อลิตร		
pH 3	2.7072	0.81
pH 7	3.10	0.84
pH 11	2.62	0.39
ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ 2 กรัมต่อลิตร		
pH 3	3.10	0.39
pH 7	3.10	0.46
pH 11	2.74	0.30

#### 4.4 ประสิทธิภาพการลดค่าความสกปรกของน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่น

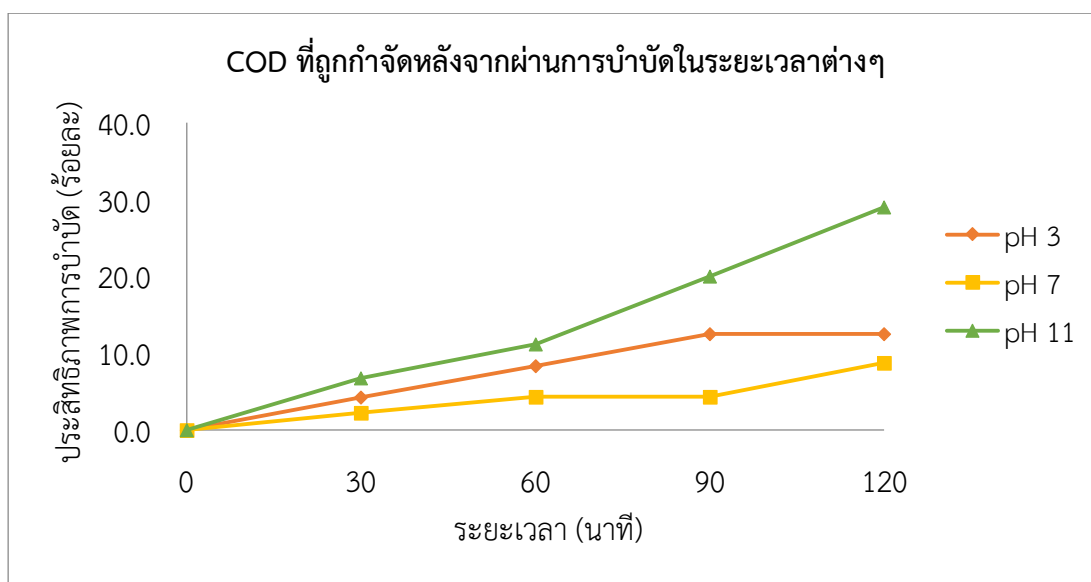
จากการศึกษาประสิทธิภาพในการลดค่าความสกปรกของน้ำเสียจากสีฟอกย้อมด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่น โดยหาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการลดค่า COD และสี ในน้ำเสียที่ได้จากการสังเคราะห์ให้มีค่าความสกปรกใกล้เคียงกับโรงงานฟอกย้อมได้แก่ ค่า pH ของน้ำ ค่าความเข้มข้นของ COD เริ่มต้น ระยะเวลาในการสัมผัสโอโซน และปริมาณโอโซนที่เข้าทำปฏิกิริยา

#### 4.4.1 ปัจจัยของค่า pH ที่มีผลต่อกระบวนการโอโซนเนชั่น

จากการทดลองหาค่า pH ของน้ำเสียที่เหมาะสมในการลดค่า COD ด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่นพบว่า pH 11 มีประสิทธิภาพในการลดค่า COD ได้มากที่สุด โดย pH 3 และ pH 7 เป็นค่าที่มีประสิทธิภาพในการลดค่า COD ร่องลงมาในระยะเวลาดำเนินโอโซน 120 นาที คิดเป็นร้อยละในการกำจัดเท่ากับ 29.0, 12.5 และ 8.7 ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 4.5 และภาพ 4.2

ตาราง 4.5 การศึกษาค่า pH ที่เหมาะสมในการลดค่า COD ของน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่น

ค่า pH ที่ทำการศึกษา	COD ที่ถูกกำจัดหลังจากผ่านการบำบัดในระยะเวลาดังๆ (ร้อยละ)				
	0 นาที	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที
pH 3 (320 mg/l)	0	4.2	8.3	12.5	12.5
pH 7 (306 mg/l)	0	2.2	4.3	4.3	8.7
pH 11 (300 mg/l)	0	6.7	11.1	20.0	29.0



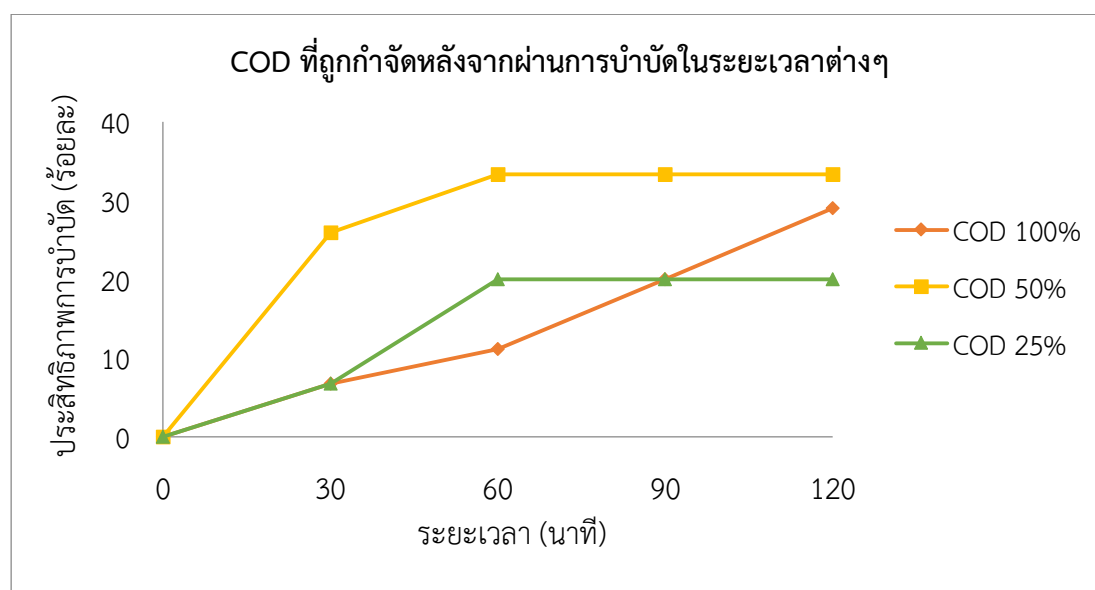
ภาพ 4.2 การศึกษาค่า pH ที่เหมาะสมในการลดค่า COD ของน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่น

#### 4.4.2 ปัจจัยของความเข้มข้น COD เริ่มต้นที่มีผลต่อกระบวนการไอโซนเนชัน

จากการทดลองหาค่า COD เริ่มต้นที่ใช้ในการบำบัด ต่อประสิทธิภาพในการลดค่า COD ด้วยกระบวนการไอโซนเนชันในค่า pH ที่เหมาะสม คือ pH 11 ที่ความเข้มข้น COD เริ่มต้น 1,000, 500 และ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าค่าความเข้มข้นของ COD เริ่มต้น ที่ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพสูงสุดในการบำบัด โดยความเข้มข้น 1,000 และ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นค่าที่มีประสิทธิภาพการบำบัดรองลงมา ในระยะเวลาเต็มไอโซน 120 นาที คิดเป็นร้อยละในการกำจัดเท่ากับ 33.3, 29.0 และ 20.0 ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 4.6 และภาพ 4.3

**ตาราง 4.6** การศึกษาค่าความเข้มข้น COD เริ่มต้นต่อประสิทธิภาพในการบำบัดด้วยกระบวนการไอโซนเนชันที่ pH 11

ค่า COD เริ่มต้น	COD ที่ถูกกำจัดหลังจากผ่านการบำบัดในระยะเวลาต่างๆ (ร้อยละ)				
	0 นาที	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที
100% (300 mg/l)	0	6.7	11.1	20	29.0
50% (180 mg/l)	0	25.9	33.3	33.3	33.3
25% (100 mg/l)	0	6.7	20.0	20.0	20.0



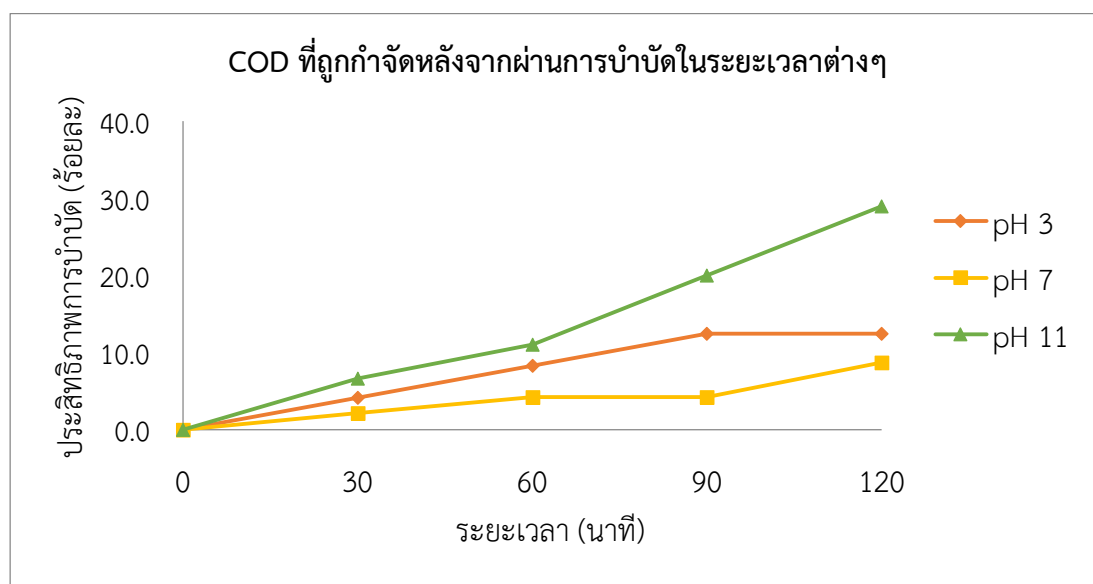
**ภาพ 4.3** การศึกษาค่าความเข้มข้น COD เริ่มต้นต่อประสิทธิภาพในการบำบัดด้วยกระบวนการไอโซนเนชันที่ pH 11

#### 4.4.3 ปัจจัยของระยะเวลาในการสัมผัสโอโซนที่มีผลต่อกระบวนการโอโซนเนชัน

จากการทดลองหาระยะเวลาในการสัมผัสโอโซน ต่อประสิทธิภาพในการลดค่า COD ด้วยกระบวนการโอโซนเนชันพบว่าเมื่อระยะเวลาในการสัมผัสโอโซนที่เพิ่มขึ้นส่งผลในประสิทธิภาพในการลดค่า COD เพิ่มขึ้นโดย pH 11 มีประสิทธิภาพในการลดค่า COD ได้มากที่สุดซึ่ง pH 3 และ pH 7 เป็นค่าที่มีประสิทธิภาพในการลดค่า COD รองลงมา ดังแสดงในตาราง 4.7 และภาพ 4.4

**ตาราง 4.7** การศึกษาระยะเวลาในการสัมผัสโอโซนต่อประสิทธิภาพในการลดค่า COD ของน้ำเสีย ด้วยกระบวนการโอโซนเนชัน

ค่า pH ที่ทำการศึกษา	COD ที่ถูกกำจัดหลังจากผ่านการบำบัดในระยะเวลาต่างๆ (ร้อยละ)				
	0 นาที	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที
pH 3 (320 mg/L)	0	4.2	8.3	12.5	12.5
pH 7 (306 mg/L)	0	2.2	4.3	4.3	8.7
pH 11 (300 mg/L)	0	6.7	11.1	20.0	29.0



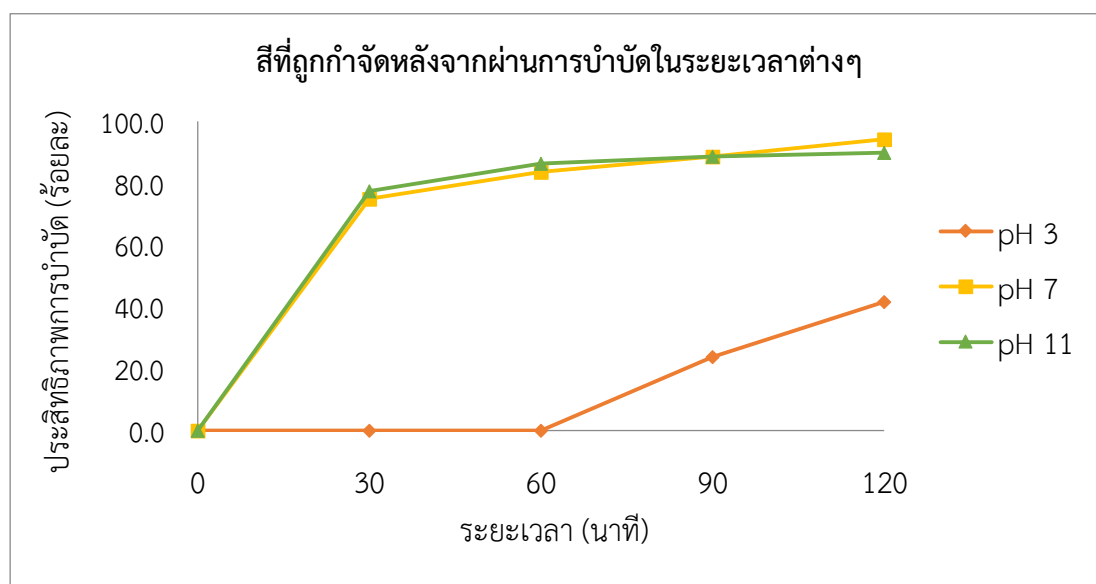
**ภาพ 4.4** การศึกษาระยะเวลาในการสัมผัสโอโซนต่อประสิทธิภาพในการลดค่า COD ของน้ำเสีย ด้วยกระบวนการโอโซนเนชัน

#### 4.4.4 อัตราการลดสีในน้ำเสียจากสีฟอกย้อมด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่น

ผลการทดลองความเปลี่ยนแปลงของสีในน้ำเสียจากสีฟอกย้อมที่บำบัดด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่นในระยะเวลาเติมโอโซน 120 นาที ที่สภาวะ pH 7 เป็นค่าที่มีประสิทธิภาพในการลดค่าสีรองลงมา คือ pH 11 และ pH 3 คิดเป็นร้อยละในการกำจัดเท่ากับ 94.3, 90 และ 41.6 ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 4.8 และภาพ 4.5

ตาราง 4.8 การศึกษาค่า pH ที่เหมาะสมในการลดสีของน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่น

ค่า pH ที่ทำการศึกษา	Color Unit ที่ถูกกำจัดหลังจากผ่านการบำบัดในระยะเวลาต่างๆ (ร้อยละ)				
	0 นาที	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที
pH 3 (550 ADMI)	0	0.0	0.0	23.8	41.6
pH 7 (334 ADMI)	0	75.1	83.8	88.6	94.3
pH 11 (550 ADMI)	0	77.5	86.5	88.7	90



ภาพ 4.5 การศึกษาค่า pH ที่เหมาะสมในการลดสีของน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่น



#### 4.5 ประสิทธิภาพการลดค่าความสกปรกของน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซนเนชันร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการลดค่าความสกปรกของน้ำเสียจากสีฟอกย้อมด้วยกระบวนการโอโซนเนชันร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ในปริมาณที่แตกต่างกันในสภาวะที่กำหนด โดยหาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการลดค่า COD และสี ในน้ำเสียที่ได้จากการสังเคราะห์ให้มีค่าความสกปรกใกล้เคียงกับโรงงานฟอกย้อม ได้แก่ ค่า pH ของน้ำ ค่าความเข้มข้นของ COD เริ่มต้น ระยะเวลาในการสัมผัสโอโซน และปริมาณโอโซนที่เข้าทำปฏิกิริยา

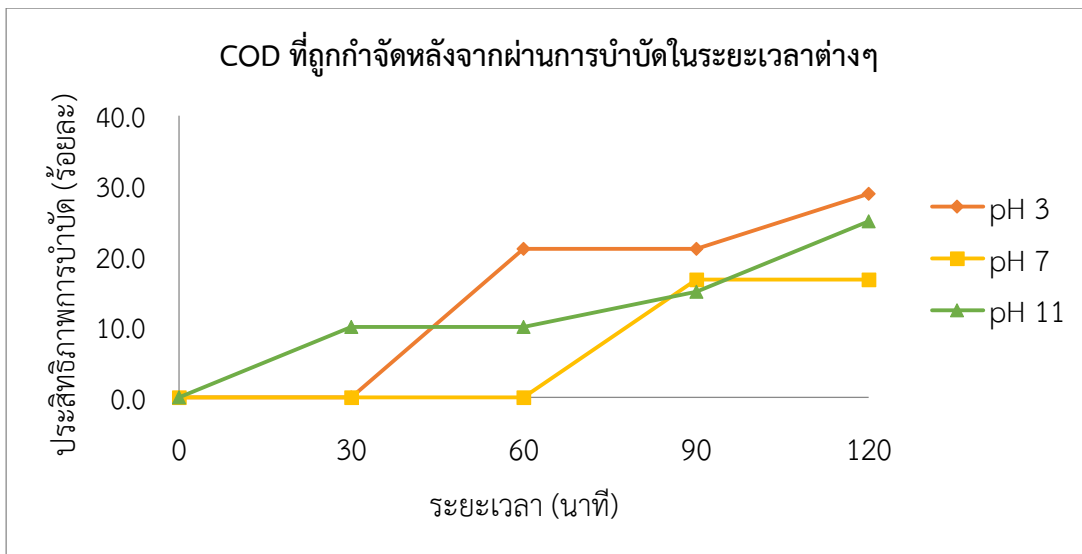
##### 4.5.1 ปัจจัยของค่าพีเอชที่มีผลต่อกระบวนการโอโซนเนชันร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์

###### 4.5.1.1 ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ 0.5 กรัมในน้ำเสีย 1 ลิตร

จากการทดลองหาค่า pH ของน้ำเสียที่เหมาะสมในการลดค่า COD ด้วยกระบวนการโอโซนเนชันร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ปริมาณ 0.5 กรัมในน้ำเสีย 1 ลิตร พบว่า pH 3 มีประสิทธิภาพในการลดค่า COD ได้มากที่สุด โดย pH 11 และ pH7 เป็นค่าที่มีประสิทธิภาพในการลดค่า COD รองลงมาในระยะเวลาเติมโอโซน 120 นาที คิดเป็นร้อยละในการกำจัดเท่ากับ 28.9, 25 และ 16.7 ตามลำดับดังแสดงในตาราง 4.9 และภาพ 4.6

**ตาราง 4.9** การศึกษาค่า pH ที่เหมาะสมในการลดค่า COD ของน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซนเนชันร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ 0.5 กรัม

ค่า pH ที่ ทำการศึกษา	COD ที่ถูกกำจัดหลังจากผ่านการบำบัดในระยะเวลาต่างๆ (ร้อยละ)				
	0 นาที	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที
pH 3 (241 mg/L)	0	0.0	21.1	21.1	28.9
pH 7 (228 mg/L)	0	0	0	16.7	16.7
pH 11 (253 mg/L)	0	10	10	15	25



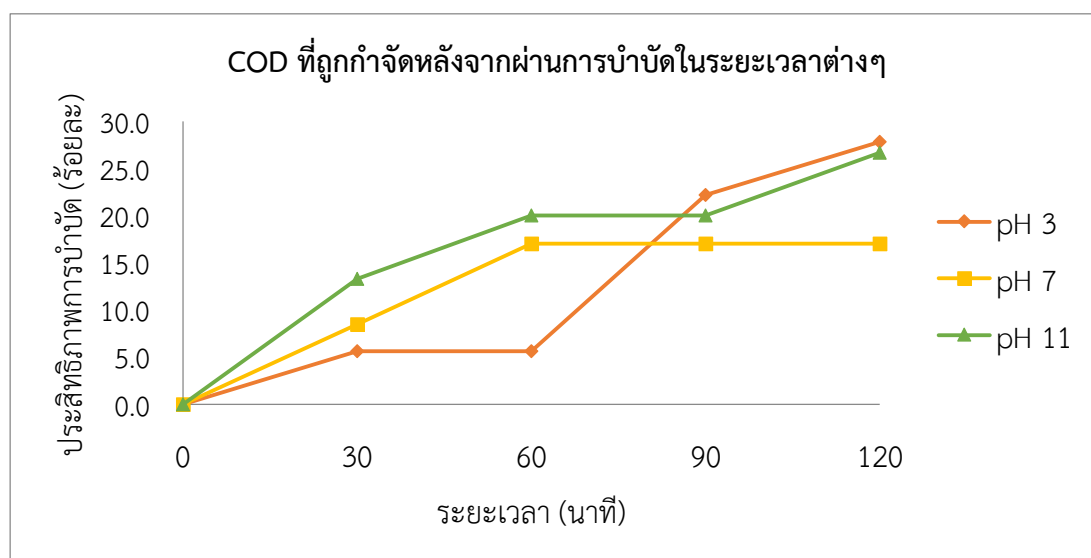
ภาพ 4.6 การศึกษาค่า pH ที่เหมาะสมในการลดค่า COD ของน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่น ร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ 0.5 กรัม

#### 4.5.1.2 ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ 1 กรัมในน้ำเสีย 1 ลิตร

จากการทดลองหาค่า pH ของน้ำเสียที่เหมาะสมในการลดค่า COD ด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่นร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ปริมาณ 1 กรัมในน้ำเสีย 1 ลิตร พบว่า pH 3 มีประสิทธิภาพในการลดค่า COD ได้มากที่สุด โดย pH 11 และ pH 7 เป็นค่าที่มีประสิทธิภาพในการลดค่า COD รองลงมาในระยะเวลาเติมโอโซน 120 นาที คิดเป็นร้อยละในการกำจัดเท่ากับ 27.8, 26.7 และ 17.0 ตามลำดับดังแสดงในตาราง 4.10 และภาพ 4.7

**ตาราง 4.10** การศึกษาค่า pH ที่เหมาะสมในการลดค่า COD ของน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่นร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ 1 กรัม

ค่า pH ที่ทำการศึกษา	COD ที่ถูกกำจัดหลังจากผ่านการบำบัดในระยะเวลาต่างๆ (ร้อยละ)				
	0 นาที	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที
pH 3 (228 mg/L)	0	5.6	5.6	22.2	27.8
pH 7 (304 mg/L)	0	8.5	17.0	17.0	17.0
pH 11 (190 mg/L)	0	13.3	20.0	20.0	26.7



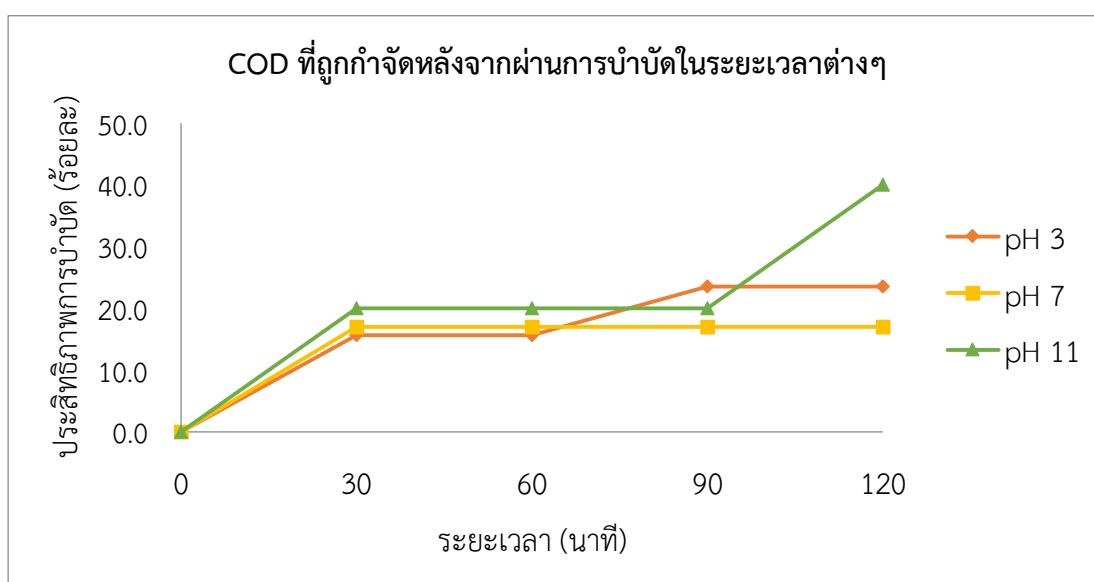
**ภาพ 4.7** การศึกษาค่า pH ที่เหมาะสมในการลดค่า COD ของน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่นร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ 1 กรัม

#### 4.5.1.3 ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ 2 กรัมในน้ำเสีย 1 ลิตร

จากการทดลองหาค่า pH ของน้ำเสียที่เหมาะสมในการลดค่า COD ด้วยกระบวนการโอโซนเนชันร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ปริมาณ 2 กรัมในน้ำเสีย 1 ลิตร พบว่า pH 11 มีประสิทธิภาพในการลดค่า COD ได้มากที่สุด โดย pH 3 และ pH 7 เป็นค่าที่มีประสิทธิภาพในการลดค่า COD รองลงมาในระยะเวลาเต็มโอโซน 120 นาที คิดเป็นร้อยละในการกำจัดเท่ากับ 40, 23.5 และ 17.0 ตามลำดับดังแสดงในตาราง 4.11 และภาพ 4.8

**ตาราง 4.11** การศึกษาค่า pH ที่เหมาะสมในการลดค่า COD ของน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซนเนชันร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ 2 กรัม

ค่า pH ที่ทำการศึกษา	COD ที่ถูกกำจัดหลังจากผ่านการบำบัดในระยะเวลาต่างๆ (ร้อยละ)				
	0 นาที	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที
pH 3 (330 mg/L)	0	15.7	15.7	23.5	23.5
pH 7 (304 mg/L)	0	17	17	17	17
pH 11 (190 mg/L)	0	20	20	20	40



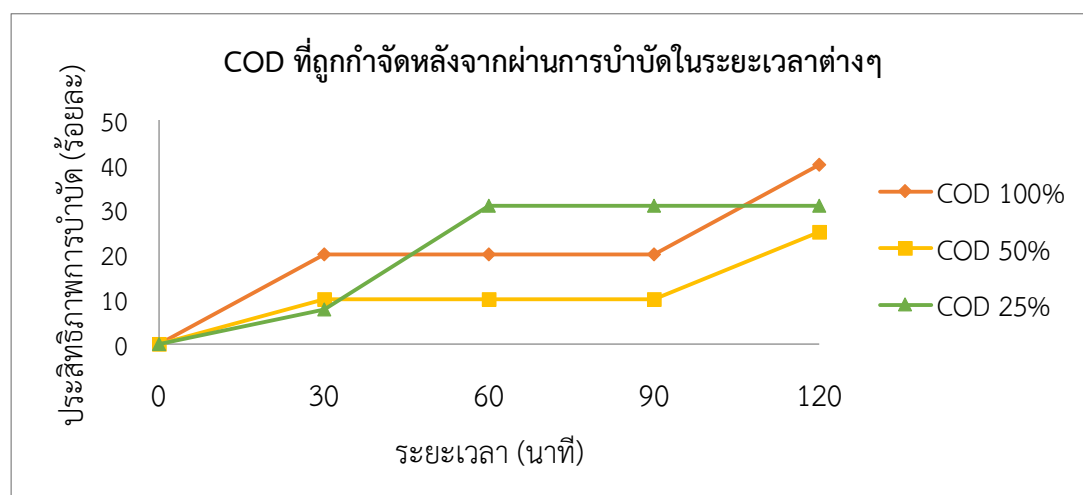
**ภาพ 4.8** การศึกษาค่า pH ที่เหมาะสมในการลดค่า COD ของน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซนเนชันร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ 2 กรัม

#### 4.5.2 ปัจจัยของความเข้มข้น COD เริ่มต้นที่มีผลต่อกระบวนการโอโซนเนชันร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์

จากการทดลองหาค่า COD เริ่มต้นที่ใช้ในการบำบัด ต่อประสิทธิภาพในการลดค่า COD ด้วยกระบวนการโอโซนเนชันร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ปริมาณ 2 กรัมในน้ำเสีย 1 ลิตร ในค่า pH ที่เหมาะสม คือ pH 11 ซึ่งเป็นสภาวะที่ดีที่สุดในการบำบัดในความเข้มข้น COD เริ่มต้น 1,000, 500 และ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าค่าความเข้มข้นของ COD เริ่มต้น ที่ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการบำบัด โดยความเข้มข้น 250 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นค่าที่มีประสิทธิภาพการบำบัดรองลงมา ในระยะเวลาเติมโอโซน 120 นาที คิดเป็นร้อยละในการกำจัดเท่ากับ 40.0, 30.8 และ 25.0 ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 4.12 และภาพ 4.9

ตาราง 4.12 การศึกษาค่าความเข้มข้น COD เริ่มต้นต่อประสิทธิภาพในการบำบัดด้วยกระบวนการโอโซนเนชันร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ pH 11

ค่า COD เริ่มต้น	COD ที่ถูกกำจัดหลังจากผ่านการบำบัดในระยะเวลาต่างๆ (ร้อยละ)				
	0 นาที	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที
100% (190 mg/l)	0	20	20	20	40
50% (165 mg/l)	0	10	10	10	25
25% (126 mg/l)	0.0	7.7	30.8	30.8	30.8



ภาพที่ 4.9 การศึกษาค่าความเข้มข้น COD เริ่มต้นต่อประสิทธิภาพในการบำบัดด้วยกระบวนการโอโซนเนชันร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ pH 11

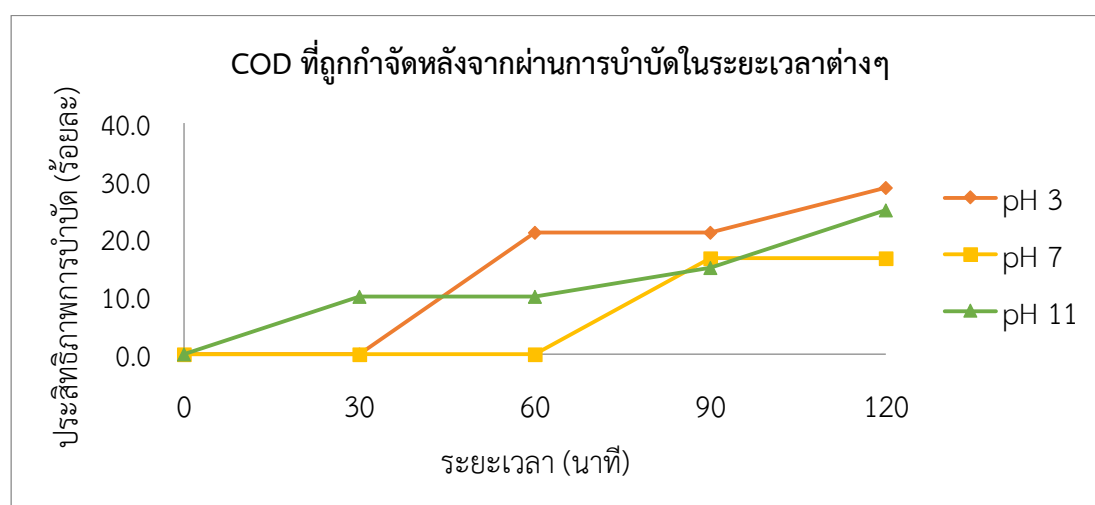
4.5.3 ปัจจัยของระยะเวลาในการสัมผัสโอโซนที่มีผลต่อกระบวนการโอโซนเนชันร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์

4.5.3.1 ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ 0.5 กรัมในน้ำเสีย 1 ลิตร

จากการทดลองหาระยะเวลาในการสัมผัสโอโซน ต่อประสิทธิภาพในการลดค่า COD ด้วยกระบวนการโอโซนเนชันร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ปริมาณ 0.5 กรัมในน้ำเสีย 1 ลิตรพบว่าเมื่อระยะเวลาในการสัมผัสโอโซนที่เพิ่มขึ้นส่งผลในประสิทธิภาพในการลดค่า COD เพิ่มขึ้นโดย pH 3 มีประสิทธิภาพในการลดค่า COD ได้มากที่สุดซึ่ง pH 11 และ pH 7 เป็นค่าที่มีประสิทธิภาพในการลดค่า COD รองลงมา ดังแสดงในตาราง 4.13 และภาพ 4.10

**ตาราง 4.13** การศึกษาระยะเวลาในการสัมผัสโอโซนต่อประสิทธิภาพในการลดค่า COD ของน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซนเนชันร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ ที่ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ 0.5 กรัม

ค่า pH ที่ทำการศึกษา	COD ที่ถูกกำจัดหลังจากผ่านการบำบัดในระยะเวลาต่างๆ (ร้อยละ)				
	0 นาที	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที
pH 3 (241 mg/l)	0.0	0.0	21.1	21.1	28.9
pH 7 (228 mg/l)	0	0	0	16.7	16.7
pH 11 (253 mg/l)	0	10	10	15	25



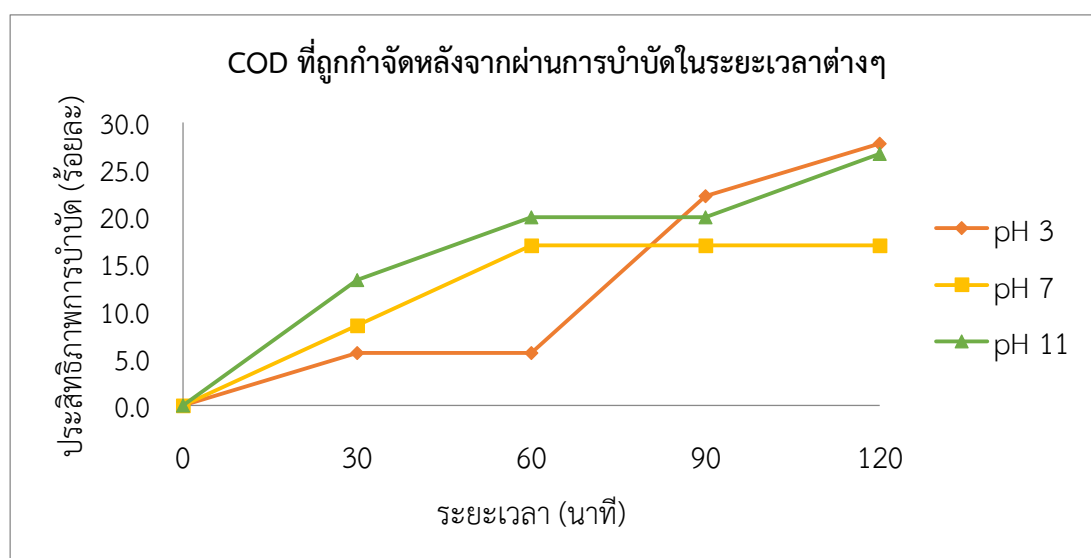
**ภาพ 4.10** การศึกษาระยะเวลาในการสัมผัสโอโซนต่อประสิทธิภาพในการลดค่า COD ของน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซนเนชันร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ ที่ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ 0.5 กรัม

#### 4.5.3.2 ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ 1 กรัมในน้ำเสีย 1 ลิตร

จากการทดลองหาระยะเวลาในการสัมผัสโอโซน ต่อประสิทธิภาพในการลดค่า COD ด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่นร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ปริมาณ 1 กรัมในน้ำเสีย 1 ลิตรพบว่าเมื่อระยะเวลาในการสัมผัสโอโซนที่เพิ่มขึ้นส่งผลในประสิทธิภาพในการลดค่า COD เพิ่มขึ้นโดย pH 3 มีประสิทธิภาพในการลดค่า COD ได้มากที่สุดซึ่ง pH 11 และ pH 7 เป็นค่าที่มีประสิทธิภาพในการลดค่า COD รองลงมาดังแสดงในตาราง 4.14 และภาพ 4.11

**ตาราง 4.14** การศึกษาระยะเวลาในการสัมผัสโอโซนต่อประสิทธิภาพในการลดค่า COD ของน้ำเสีย ด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่นร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ ที่ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ 1 กรัม

ค่า pH ที่ ทำการศึกษา	COD ที่ถูกกำจัดหลังจากผ่านการบำบัดในระยะเวลาต่างๆ (ร้อยละ)				
	0 นาที	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที
pH 3 (228 mg/l)	0.0	5.6	5.6	22.2	27.8
pH 7 (304 mg/l)	0	8.5	17	17	17
pH 11 (190 mg/l)	0	13.3	20	20	26.7



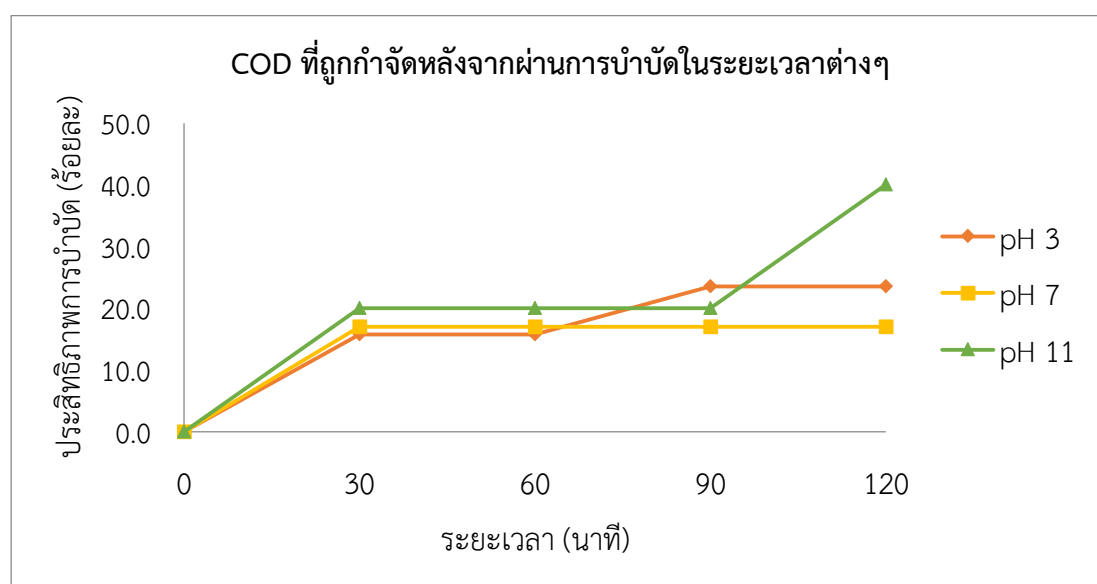
**ภาพ 4.11** การศึกษาระยะเวลาในการสัมผัสโอโซนต่อประสิทธิภาพในการลดค่า COD ของน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่นร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ ที่ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ 1 กรัม

#### 4.5.3.3 ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ 2 กรัมในน้ำเสีย 1 ลิตร

จากการทดลองหาระยะเวลาในการสัมผัสโอโซน ต่อประสิทธิภาพในการลดค่า COD ด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่นร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ปริมาณ 2 กรัมในน้ำเสีย 1 ลิตรพบว่าเมื่อระยะเวลาในการสัมผัสโอโซนที่เพิ่มขึ้นส่งผลในประสิทธิภาพในการลดค่า COD เพิ่มขึ้นโดย pH 11 มีประสิทธิภาพในการลดค่า COD ได้มากที่สุดซึ่ง pH 3 และ pH 7 เป็นค่าที่มีประสิทธิภาพในการลดค่า COD รองลงมา ดังแสดงในตาราง 4.15 และภาพ 4.12

**ตาราง 4.15** การศึกษาระยะเวลาในการสัมผัสโอโซนต่อประสิทธิภาพในการลดค่า COD ของน้ำเสีย ด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่นร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ ที่ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ 2 กรัม

ค่า pH ที่ ทำการศึกษา	COD ที่ถูกกำจัดหลังจากผ่านการบำบัดในระยะเวลาต่างๆ (ร้อยละ)				
	0 นาที	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที
pH 3 (330 mg/L)	0.0	15.7	15.7	23.5	23.5
pH 7 (304 mg/L)	0	17	17	17	17
pH 11 (190 mg/L)	0	20	20	20	40



**ภาพ 4.12** การศึกษาระยะเวลาในการสัมผัสโอโซนต่อประสิทธิภาพในการลดค่า COD ของน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่นร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ ที่ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ 2 กรัม



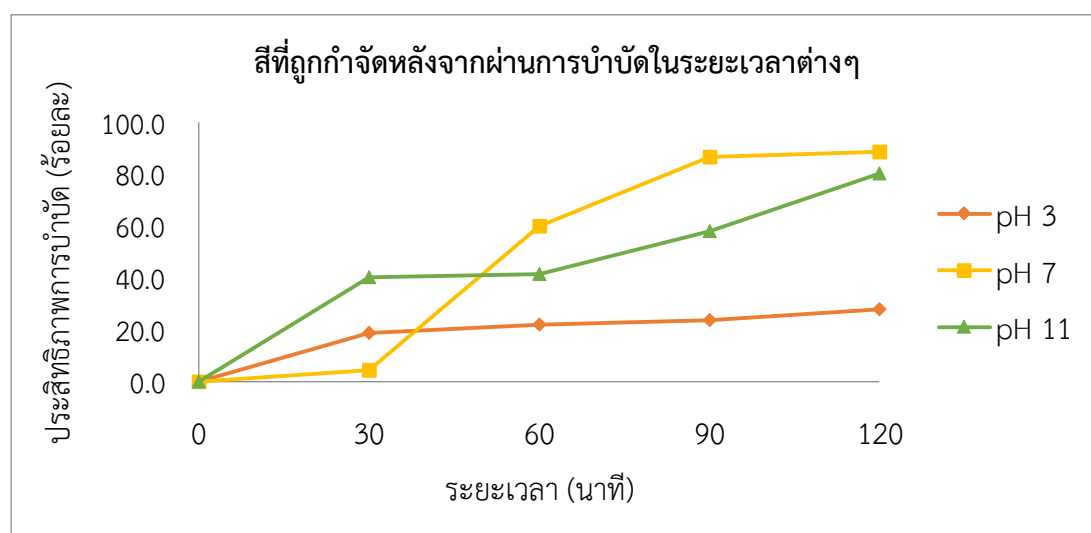
#### 4.5.4 อัตราการลดสีในน้ำเสียจากสีฟอกย้อมด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่นร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์

##### 4.5.4.1 ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ 0.5 กรัมในน้ำเสีย 1 ลิตร

ผลการทดลองความเปลี่ยนแปลงของสีในน้ำเสียจากสีฟอกย้อมที่บำบัดด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่นร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ปริมาณ 0.5 กรัมในน้ำเสีย 1 ลิตรในระยะเวลาเติมโอโซน 120 นาที ที่สภาวะ pH 7 เป็นค่าที่มีประสิทธิภาพในการลดค่าสีรองลงมา คือ pH 11 และ pH 3 คิดเป็นร้อยละในการกำจัดเท่ากับ 88.5, 80.3 และ 28.0 ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 4.16 และภาพ 4.13

**ตาราง 4.16** การศึกษาค่า pH ที่เหมาะสมในการลดสีของน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่นร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ ที่ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ 0.5 กรัม

ค่า pH ที่ ทำการศึกษา	สี ที่ถูกกำจัดหลังจากผ่านการบำบัดในระยะเวลาต่างๆ (ร้อยละ)				
	0 นาที	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที
pH 3 (550 ADMI)	0.0	18.7	22.0	23.8	28.0
pH 7 (375 ADMI)	0	4.5	60	86.7	88.5
pH 11 (305 ADMI)	0	40.2	41.6	58	80.3



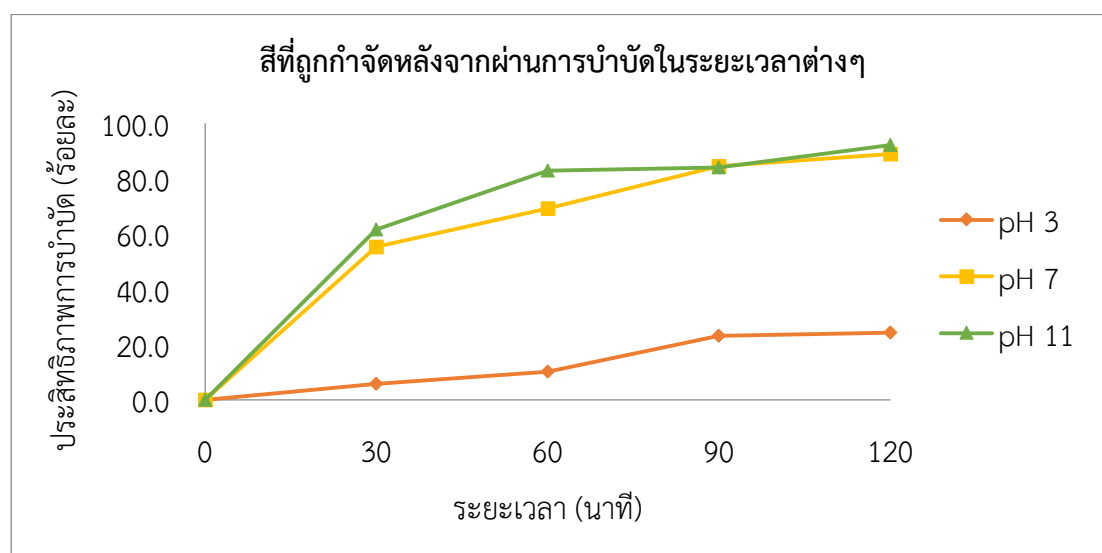
**ภาพที่ 4.13** การศึกษาค่า pH ที่เหมาะสมในการลดสีของน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่นร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ ที่ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ 0.5 กรัม

#### 4.5.4.2 ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ 1 กรัมในน้ำเสีย 1 ลิตร

ผลการทดลองความเปลี่ยนแปลงของสีในน้ำเสียจากสีฟอกย้อมที่บำบัดด้วยกระบวนการโอโซนเนชันร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ปริมาณ 1 กรัมในน้ำเสีย 1 ลิตร ในระยะเวลาเติมโอโซน 120 นาที ที่สภาวะ pH 11 เป็นค่าที่มีประสิทธิภาพในการลดค่าสีรองลงมา คือ pH 7 และ pH 3 คิดเป็นร้อยละในการกำจัดเท่ากับ 92.1, 88.9 และ 24.2 ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 4.17 และภาพ 4.14

ตาราง 4.17 การศึกษาค่า pH ที่เหมาะสมในการลดสีของน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซนเนชันร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ ที่ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ 1 กรัม

ค่า pH ที่ ทำการศึกษา	สีที่ถูกกำจัดหลังจากผ่านการบำบัดในระยะเวลาต่างๆ (ร้อยละ)				
	0 นาที	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที
pH 3 (308 ADMI)	0.0	5.7	10.1	23.2	24.2
pH 7 (280 ADMI)	0	55.4	69.3	84.6	88.9
pH 11 (239 ADMI)	0	61.5	82.8	84.1	92.1



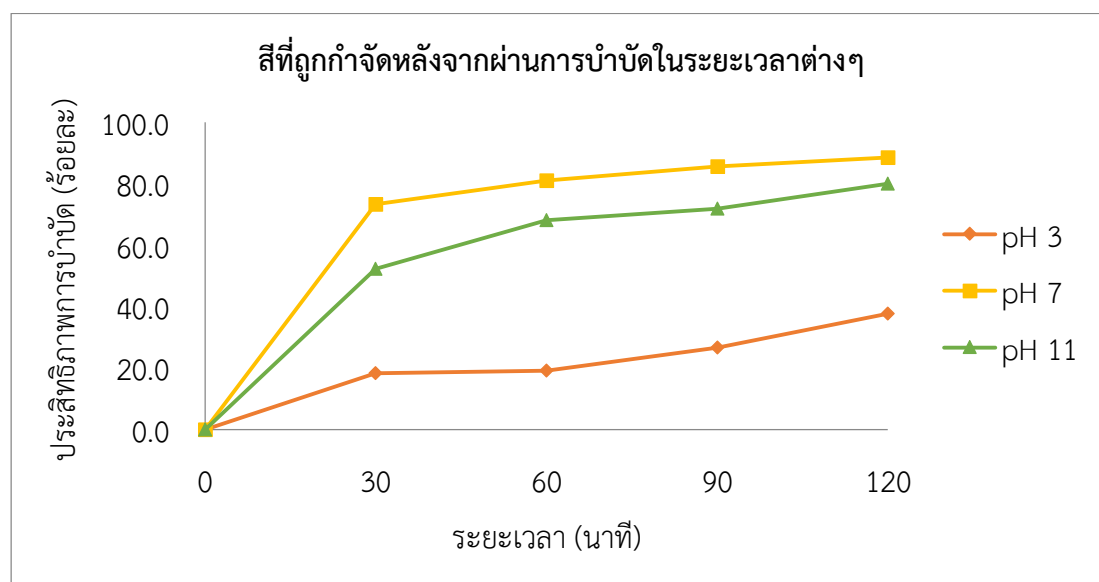
ภาพ 4.14 การศึกษาค่า pH ที่เหมาะสมในการลดสีของน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซนเนชันร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ ที่ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ 1 กรัม

#### 4.5.4.3 ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ 2 กรัมในน้ำเสีย 1 ลิตร

ผลการทดลองความเปลี่ยนแปลงของสีในน้ำเสียจากสีฟอกย้อมที่บำบัดด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่นร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ปริมาณ 2 กรัมในน้ำเสีย 1 ลิตร ในระยะเวลาเต็มโอโซน 120 นาที ที่สภาวะ pH 7 เป็นค่าที่มีประสิทธิภาพในการลดค่าสีรองลงมา คือ pH 11 และ pH 3 คิดเป็นร้อยละในการกำจัดเท่ากับ 88.5, 80.0 และ 37.7 ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 4.18 และภาพ 4.15

ตาราง 4.18 การศึกษาค่า pH ที่เหมาะสมในการลดสีของน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่นร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ ที่ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ 2 กรัม

ค่า pH ที่ทำการศึกษา	สีที่ถูกกำจัดหลังจากผ่านการบำบัดในระยะเวลาต่างๆ (ร้อยละ)				
	0 นาที	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที
pH 3 (424 ADMI)	0.0	18.4	19.1	26.7	37.7
pH 7 (244 ADMI)	0	73.4	81.1	85.7	88.5
pH 11 (270 ADMI)	0	52.2	68.1	71.9	80



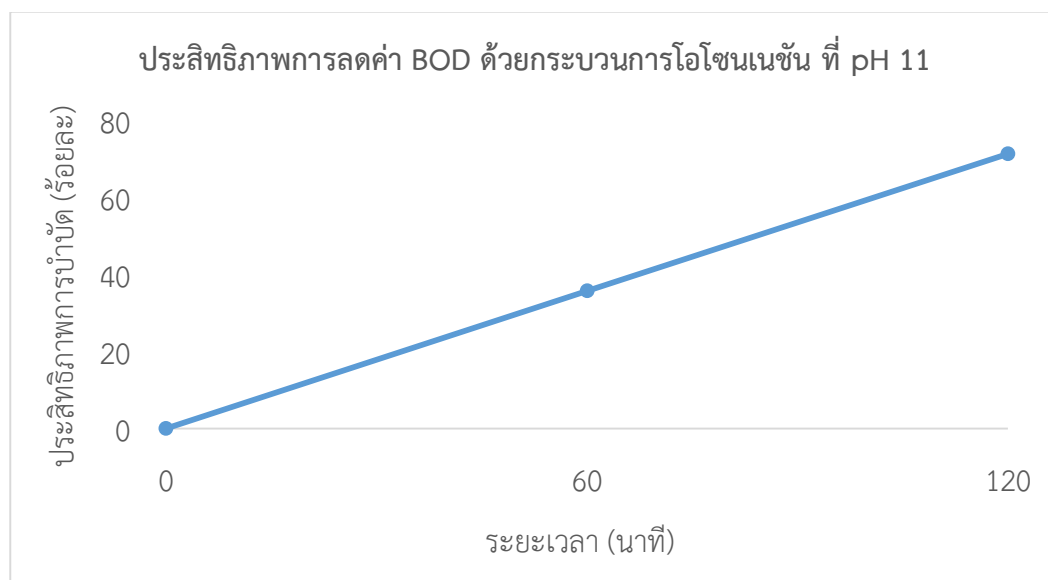
ภาพ 4.15 การศึกษาค่า pH ที่เหมาะสมในการลดสีของน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่นร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ ที่ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ 2 กรัม

#### 4.6 ประสิทธิภาพการลดค่า BOD ในสถานะที่เหมาะสมของกระบวนการโอโซนเนชั่น

จากการทดลองหาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากสีย้อมผ้าด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่นโดยน้ำเสียจากสีย้อมผ้าที่สังเคราะห์ขึ้นซึ่งมีค่า BOD 180 มิลลิกรัมต่อลิตรและหลังตกตะกอนเคมีซึ่งเป็นค่าเริ่มต้นก่อนการบำบัด พบว่ามีค่า BOD เท่ากับ 21.02 มิลลิกรัมต่อลิตรโดยทำศึกษาประสิทธิภาพในเพื่อกำจัดสีปรากฏที่อยู่ในน้ำ พบว่ามีค่า BOD 21.02 มิลลิกรัมต่อลิตรที่เป็นค่าเริ่มต้นก่อนการบำบัด โดยทำศึกษาประสิทธิภาพในการลดค่า BOD ในค่า pH ที่เหมาะสม คือ pH 11 ที่ความเข้มข้น COD เริ่มต้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นสภาวะที่ดีที่สุดในการบำบัด ในระยะเวลาเต็มโอโซน 120 นาที โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำทุก ๆ 60 นาที สามารถลดค่า BOD ได้เท่ากับ 13.51 และ 6 มิลลิกรัมต่อลิตร ในช่วงเวลา 60 และ 120 นาที คิดเป็นร้อยละในการกำจัดเท่ากับ 35.7 และ 71.45 ตามลำดับดังแสดงในตาราง 4.19 และภาพ 4.16

ตาราง 4.19 ประสิทธิภาพการลดค่า BOD ด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่นที่ pH 11

ค่า pH ที่ทำการศึกษา	BOD ที่ถูกกำจัดหลังจากผ่านการบำบัดในระยะเวลาต่างๆ (ร้อยละ)			ประสิทธิภาพในการบำบัด (ร้อยละ)
	0 นาที	60 นาที	120 นาที	
pH 11 (21.02 mg/L)	0	35.7	71.5	71.5



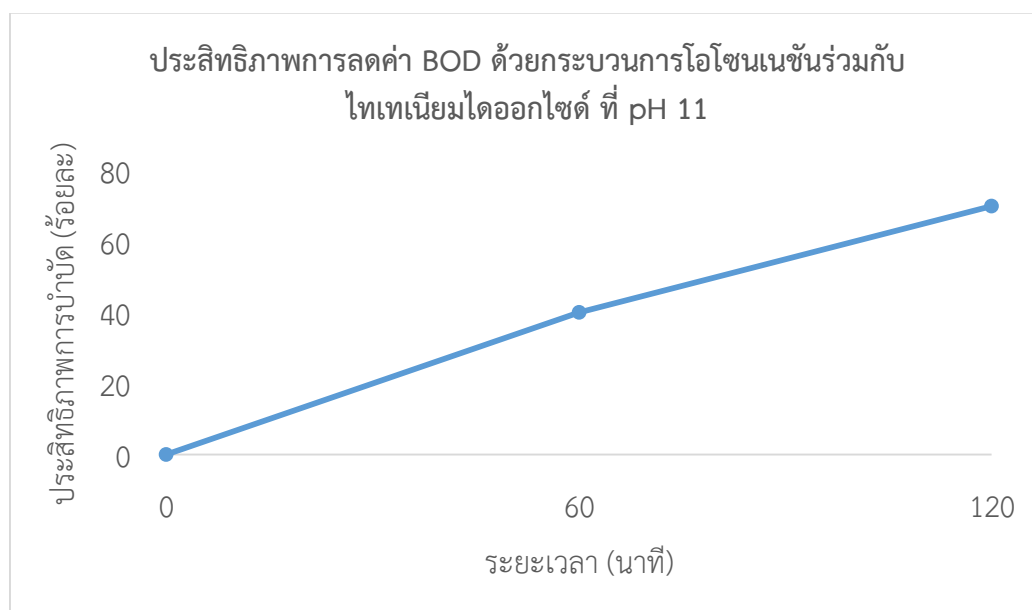
ภาพ 4.16 ประสิทธิภาพการลดค่า BOD ด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่นที่ pH 11

#### 4.7 ประสิทธิภาพการลดค่า BOD ในสถานะที่เหมาะสมของกระบวนการโอโซนเนชั่นร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์

จากการทดลองหาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากสีย้อมผ้าด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่นร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ โดยน้ำเสียจากสีย้อมผ้าที่สังเคราะห์ขึ้นมีค่า BOD 180 มิลลิกรัมต่อลิตรและหลังตกตะกอนเคมีเพื่อกำจัดสีปรากฏที่อยู่ในน้ำ พบว่ามีค่า BOD 25 มิลลิกรัมต่อลิตรที่เป็นค่าเริ่มต้นก่อนการบำบัด โดยทำศึกษาประสิทธิภาพในการลดค่า BOD ในค่า pH ที่เหมาะสม คือ pH 11 ที่ความเข้มข้น COD เริ่มต้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งเป็นสถานะที่ดีที่สุดในการบำบัด ในระยะเวลาเติมโอโซน 120 นาที โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำทุก ๆ 60 นาที สามารถลดค่า BOD ได้เท่ากับ 15 และ 7.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ในช่วงเวลา 60 และ 120 นาที คิดเป็นร้อยละในการกำจัดเท่ากับ 40 และ 70 ตามลำดับดังแสดงในตาราง 4.20 และภาพ 4.17

ตาราง 4.20 ประสิทธิภาพการลดค่า BOD ด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่นร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ pH 11

ค่า pH ที่ทำการศึกษา	BOD ที่ถูกกำจัดหลังจากผ่านการบำบัดในระยะเวลาต่างๆ (ร้อยละ)			ประสิทธิภาพในการบำบัด (ร้อยละ)
	0 นาที	60 นาที	120 นาที	
pH 11 (25 mg/l)	0	40	70	70



ภาพ 4.17 ประสิทธิภาพการลดค่า BOD ด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่นร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ pH 11

#### 4.8 ปริมาณโอโซนที่เหมาะสมต่อการบำบัด COD ด้วยกระบวนการโอโซนเนชัน

จากการทดลองพบว่าปริมาณโอโซน 1 กรัม สามารถกำจัด COD ได้ 11.5740 มิลลิกรัมต่อลิตร ด้วยปริมาณโอโซน 5.1840 กรัม ในระยะเวลา 2 ชั่วโมงผลการทดลองพบว่าปริมาณโอโซนที่เหมาะสมต่อการบำบัดมีค่าเฉลี่ยที่ 0.0431 กรัมต่อนาที ต่อน้ำเสีย 10.5 ลิตรดังแสดงในตาราง 4.21

ตาราง 4.21 ปริมาณโอโซนที่เหมาะสมต่อการบำบัดน้ำเสียจากสีย้อมผ้าด้วยกระบวนการโอโซนเนชัน

ระยะเวลา (min)	ปริมาณโอโซน (g) ระยะเวลา X ปริมาณโอโซน	COD ที่ถูกกำจัด (mg/l)	อัตราส่วนการบำบัด
0	0	0	0
30	1.2960	46.67	36.01
60	2.5920	60	23.14
90	3.8880	60	15.43
120	5.1840	60	11.57

#### 4.9 ปริมาณโอโซนที่เหมาะสมต่อการบำบัด COD ด้วยกระบวนการโอโซนเนชันร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์

จากการทดลองพบว่าปริมาณโอโซน 1 กรัม สามารถกำจัด COD ได้ 16.9515 มิลลิกรัมต่อลิตร ด้วยปริมาณโอโซน 4.4928 กรัม ร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ปริมาณ 2 กรัมต่อน้ำเสีย 1 ลิตร ในระยะเวลา 2 ชั่วโมงผลการทดลองพบว่าปริมาณโอโซนที่เหมาะสมต่อการบำบัดมีค่าเฉลี่ยที่ 0.0374 กรัมต่อนาที ต่อน้ำเสีย 10.5 ลิตร ดังแสดงในตาราง 4.22

ตาราง 4.22 ปริมาณโอโซนที่เหมาะสมต่อการบำบัดน้ำเสียจากสีย้อมผ้าด้วยกระบวนการโอโซนเนชันร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์

ระยะเวลา (min)	ปริมาณโอโซน (g) ระยะเวลา X ปริมาณโอโซน	COD ที่ถูกกำจัด (mg/l)	อัตราส่วนการบำบัด
0	0	0	0
30	1.1232	32.08	28.56
60	2.2464	32.08	14.28
90	3.3696	32.08	9.52
120	4.4928	76.16	16.95