บทที่ 3

ผลการทดลอง

3.1 ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในใบยางพารา

3.1.1 ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่ใช้ในการบำบัดช่วงทำการทดลองแบบไม่ต่อเนื่อง

ในการสกัดเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสจากใบยางพาราพันธุ์ RRIM 600 ซึ่งมีน้ำหนัก 265 กรัม แล้วนำมาวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนและความว่องไวของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส พบว่ามีปริมาณโปรตีน 884 มิลลิกรัม หรือ คิดเป็นปริมาณโปรตีน 3.3 มิลลิกรัม/ใบยางพารา 1 กรัม มีความว่องไวของเอนไซม์ 59.8 หน่วย/ใบยางพารา 265 กรัม คิดเป็นความว่องไวของเอนไซม์ 0.22 หน่วย/ใบยางพารา 1 กรัม และ 0.04 หน่วย/สารสกัด 1 มิลลิลิตร โดยความว่องไว 1 หน่วย หมายถึง ความสามารถในการเปลี่ยน 1 μmol ของ o-dianisidine ที่ไม่มีสีให้มีสีน้ำตาลแดง และ ดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 460 นาโนเมตร ในเวลา 1 นาที คิดเป็นความว่องไวจำเพาะของเอนไซม์ 0.068 หน่วย/มิลลิกรัมโปรตีน

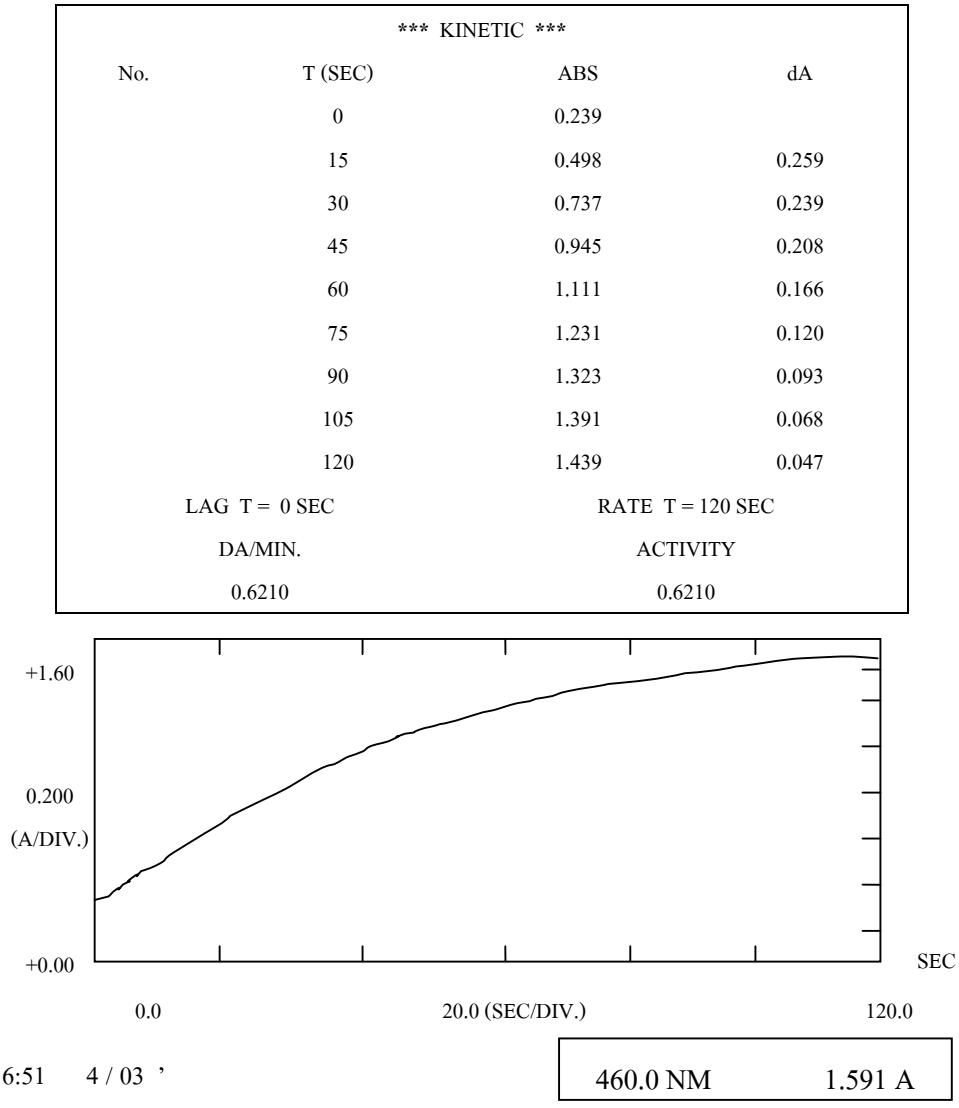
3.1.2 ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่ใช้ในการบำบัดช่วงทำการทดลองแบบต่อเนื่อง

ในการสกัดเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสจากใบยางพาราพันธุ์ RRIM 600 ซึ่งมีน้ำหนัก 202 กรัม แล้วนำมาวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนและความว่องไวของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส พบว่ามีปริมาณโปรตีน 623 มิลลิกรัม หรือ คิดเป็นปริมาณโปรตีน 3.1 มิลลิกรัม/ใบยางพารา 1 กรัม มีความว่องไวของเอนไซม์ 375.9 หน่วย/ใบยางพารา 202 กรัม คิดเป็นความว่องไวของเอนไซม์ 1.86 หน่วย/ใบยางพารา 1 กรัม คิดเป็นความว่องไวจำเพาะของเอนไซม์ 0.604 หน่วย/มิลลิกรัมโปรตีน และ 0.4 หน่วย / สารสกัด 1 มิลลิลิตร

ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในใบยางพาราที่สกัดได้ ณ ช่วงเวลาต่างๆที่ทำการศึกษาจะแตกต่างกันไปดังตาราง 5 และผลการวัดความว่องไวของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสแสดงไว้ในภาพประกอบ 8

ตาราง 5 ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในใบยางพาราที่สกัดได้ ณ ช่วงเวลาต่างๆ

วันที่	น้ำหนักใบยางพารา (g)	ปริมาตร (mL)	ความว่องไว (Units / mL)	Total activity (Units)	Protein (mg/mL)	Total protein (mg)	Specific activity (Units / mg)
13 ม.ค. 46	100	448	0.11	50.8	26.8	12,006	0.004
2 เม.ย. 46	101	460	0.62	285.5	9.8	4,515	0.063
19 พ.ค. 46	269	1,292	0.21	268.2	1.8	2,326	0.115
10 ก.ย. 46	267	1,329	0.25	330.5	2.8	3,681	0.09
1 ต.ค. 46	265	1,382	0.04	59.8	0.6	884	0.068
27 เม.ย. 47	202	916	0.41	375.9	0.7	623	0.604



ภาพประกอบ 8 ตัวอย่างผลการวัดความว่องไวของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส

3.2 ปริมาณและลักษณะน้ำทิ้งในบ่อสุดท้ายของโรงงานน้ำมันปาล์ม

การศึกษาและวิเคราะห์ปริมาณน้ำเสียทางกายภาพและทางเคมี โดยมุ่งเน้นศึกษาเฉพาะน้ำทิ้งบ่อสุดท้ายของโรงงานน้ำมันปาล์มนั้น ในวันที่โรงงานมีการผลิตจะทำการผลิตเป็นเวลา 9 ชั่วโมง คือ ตั้งแต่ 08.00 น. ถึง 17.00 น. ลักษณะน้ำที่นำมาใช้ในการทดลองได้แสดงไว้ในตาราง 6 สำหรับข้อมูลของลักษณะน้ำทิ้ง ณ ช่วงเวลาต่างๆกันได้แสดงไว้ในตาราง 7

ตาราง 6 ลักษณะน้ำที่ใช้ในช่วงที่ทำการทดลองแบบไม่ต่อเนื่องและทดลองแบบต่อเนื่อง

ตัวแปรคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่าที่วิเคราะห์ได้	
		ช่วงที่ทำการทดลองแบบไม่ต่อเนื่อง	ช่วงที่ทำการทดลองแบบต่อเนื่อง
pH		8.35	7.61
Temperature	^{0}C	31	30
Color	Chloroplatinate	3,300	3,500
Phenol	mg/L	1.508	1.065
COD	mg/L	2,640	978
SS	mg/L	2,998	1,680
TDS	mg/L	8,283	6,900
TS	mg/L	11,281	8,580

ตาราง 7 ลักษณะน้ำทิ้งบ่อสุดท้ายของโรงงานน้ำมันปาล์ม ณ เวลาต่างๆ

วันเดือนปี / ตัวแปรคุณภาพน้ำ	โรงงานแห่งหนึ่งในจังหวัดกระบี่		โรงงานแห่งหนึ่งในจังหวัดสงขลา			
	26 ก.ย. 46	20 มี.ค. 46 *	1 ส.ค. 46	6 ต.ค. 46 **	3 พ.ค. 47	14 มิ.ย. 47 ***
pH	NA	7.84	8.35	8.35	8.01	7.61
Temperature (^{0}C)	NA	36	34	31	30	30
Color (Chloroplatinate)	NA	6,600	3,653	3,300	5,556	3,500
Phenol (mg/L)	5.97[a] 7.12[b]	12	1.63	1.508	5.727	1.065
COD (mg/L)	NA	3,036	2,760	2,640	2,966	978
SS (mg/L)	NA	638	1,100	2,998	1,280	1,680
TDS (mg/L)	NA	9,155	5,400	8,283	6,150	6,900
TS (mg/L)	NA	9,793	6,500	11,281	7,430	8,580

หมายเหตุ

* ค่าที่วิเคราะห์ได้อาจสูงกว่าค่าจริง เนื่องจากเป็นช่วงที่โรงงานกำลังขุดลอกและปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสีย

** เก็บตัวอย่างน้ำเวลา 09.00 น. แต่ 5 ต.ค. 46 ฝนตกตั้งแต่ 16.00 น. หยุดตกประมาณเที่ยงคืน

*** สภาพอากาศปลอดโปร่ง แต่ 13 มิ.ย. 46 ฝนตกหนักช่วงบ่ายถึง 18.00 น.

NA คือ ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

a คือ ค่าที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่างน้ำที่เก็บจากหม้อนึ่งปาล์ม

b คือ ค่าที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่างน้ำที่เก็บจากบ่อน้ำเสียรวม

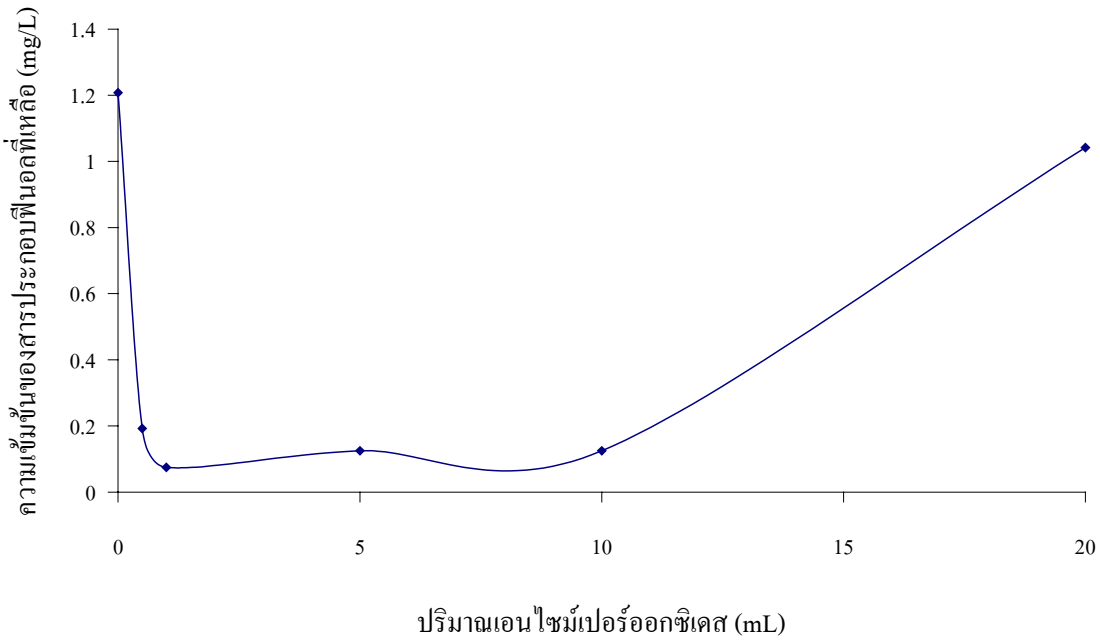
จากตารางจะเห็นว่าน้ำทิ้งจากโรงงานที่ต่างกันและช่วงเวลาที่เก็บต่างกันจะมีลักษณะต่างๆ กันไป โดยเฉพาะความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลจะอยู่ในช่วงกว้างตั้งแต่ต่ำสุด 1.065 มิลลิกรัมต่อลิตร จนถึง 12 มิลลิกรัมต่อลิตร ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างและแหล่งที่เก็บตัวอย่าง

3.3 ผลของการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ต่อเนื่องโดยการทำจาร์เทสต์

3.3.1 น้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

3.3.1.1 ผลของการปริมาณเปอร์ออกซิเดสในการบำบัดน้ำเสีย

น้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่มีสารประกอบฟีนอล 1.508 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ 500 มิลลิลิตร ที่บำบัดด้วยเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส 0, 0.5, 1, 5, 10 และ 20 มิลลิลิตร ตามลำดับ โดยไม่เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ กวนด้วยอัตราเร็ว 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที พบว่า แม้จะไม่เติมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสแต่มีการกวนผสม สามารถลดปริมาณสารประกอบฟีนอลได้เพียงเล็กน้อย (20%) แต่เมื่อเพิ่มปริมาณเอนไซม์เพียงอย่างเดียวเป็น 1 มิลลิลิตร สามารถลดปริมาณสารประกอบฟีนอลได้มากที่สุด (95%) และหากเพิ่มปริมาณเอนไซม์มากขึ้นก็ไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการกำจัดสารประกอบฟีนอลให้สูงขึ้น และถ้าเพิ่มมากกว่า 10 มิลลิลิตร ประสิทธิภาพก็จะค่อยๆลดลงดังภาพประกอบ 9 การเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลนั้นอาจเกิดจากปริมาณตะกอนที่ปะปนไปในตัวอย่างน้ำที่นำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอล ซึ่งมีขนาดและปริมาณตะกอนต่างกัน ทำให้ความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลในการวิเคราะห์ต่างกัน

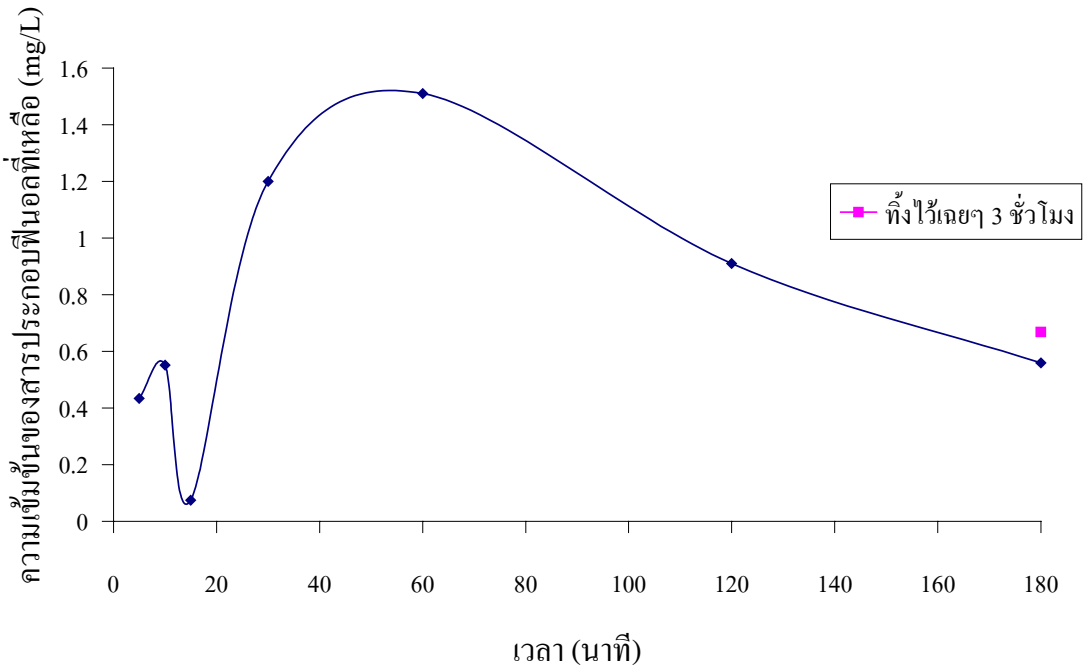


ภาพประกอบ 9 ผลของปริมาณเปอร์ออกซิเดสในการบำบัดน้ำเสียเป็นเวลา 15 นาที

3.3.1.2 ผลของระยะเวลาในการบำบัดน้ำเสียโดยการเติมเปอร์ออกซิเดส

นำน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอล 1.508 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ 500 มิลลิลิตร ไปบำบัดโดยเติมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส 1 มิลลิลิตร โดยไม่เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ กวนด้วยความเร็ว 150 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลาต่างๆกันตั้งแต่ 5 จนถึง 180 นาที เปรียบเทียบกับการทดลองชุดควบคุมที่ใช้น้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และเติมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส 1 มิลลิลิตร เพียงอย่างเดียวแต่ไม่ทำการกวนผสม ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วรินน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดไปวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลที่เหลือ พบว่า เมื่อใช้เอนไซม์เปอร์ออกซิเดสปริมาณ 1 มิลลิลิตร โดยไม่เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการบำบัด ปริมาณสารประกอบฟีนอลในน้ำทิ้งจะต่ำสุด (95%) ที่เวลา 15 นาที แต่เมื่อใช้เวลาในการบำบัดนานกว่านั้นประสิทธิภาพการกำจัดสารประกอบฟีนอลจะลดลง และเป็นที่น่าสงสัยว่าประสิทธิภาพการบำบัดจะเริ่มเพิ่มขึ้นอีกครั้งหลังบำบัด 1 ชั่วโมง แต่น้อยกว่าที่เวลา 15 นาที (ประสิทธิภาพการบำบัดที่เวลา 3 ชั่วโมง เท่ากับ 63) ในขณะที่การเติมเอนไซม์ในปริมาณ 1 มิลลิลิตร และวางทิ้ง

ไว้โดยปราศจากการกวนผสมเป็นเวลา 3 ชั่วโมง กำจัดสารประกอบฟีนอลได้ 56% ดังภาพประกอบ 10 นอกจากนี้ยังเกิดปริมาณตะกอนจากการบำบัดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นในการบำบัด อาจเป็นไปได้ว่าตะกอนที่เพิ่มขึ้นมีโอกาสปะปนในตัวอย่างน้ำสูงขึ้นด้วยจึงทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลเพิ่มขึ้นหลังการบำบัดที่เวลา 15 นาที

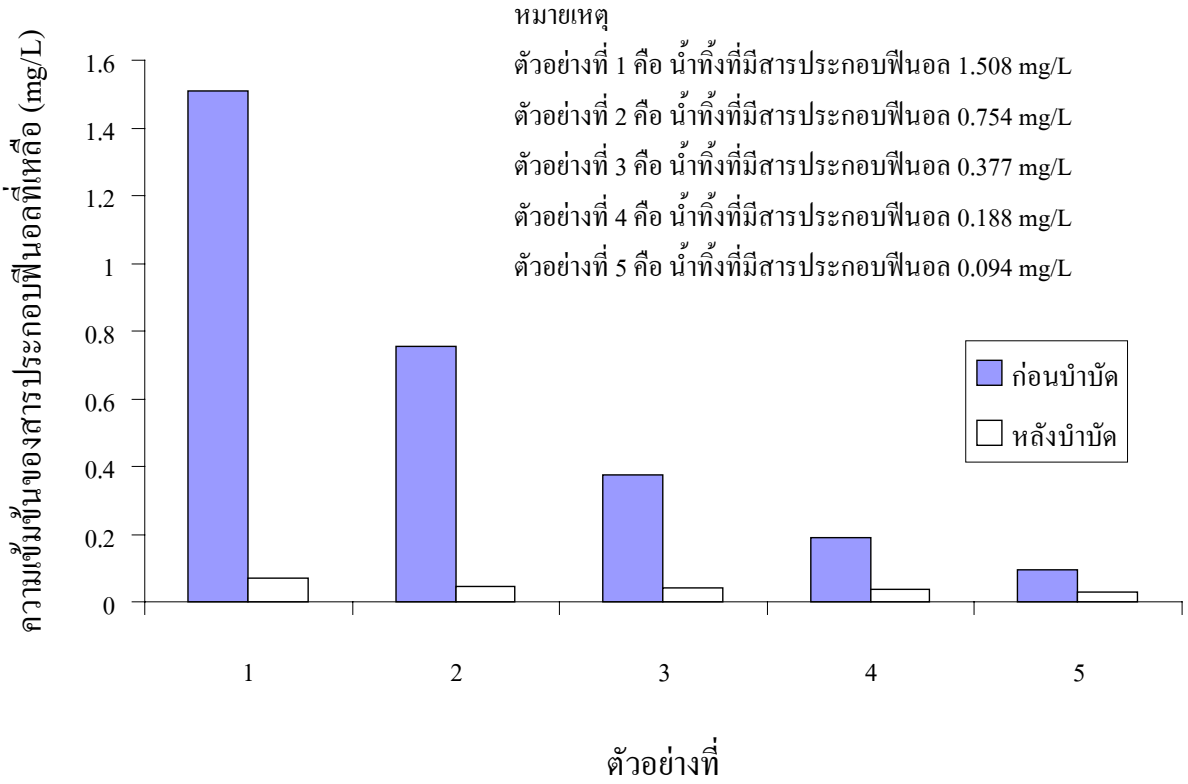


ภาพประกอบ 10 ผลของระยะเวลาในการบำบัดน้ำเสียโดยการเติมเปอร์ออกซิเดส

3.3.1.3 ผลของความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลในการบำบัดน้ำเสียโดยการเติมเปอร์ออกซิเดส

น้ำทิ้งของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่มีสารประกอบฟีนอล 1.508, 0.754, 0.377, 0.188 และ 0.094 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ 500 มิลลิลิตร เมื่อนำมาบำบัดด้วยเปอร์ออกซิเดส 1 มิลลิลิตร โดยไม่เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นเวลา 5 นาที พบว่า เอนไซม์เปอร์ออกซิเดสมีประสิทธิภาพในการกำจัดสารประกอบฟีนอลอยู่ในช่วง 77-95% และประสิทธิภาพการบำบัดจะยิ่งลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลในน้ำเสียเริ่มต้นลดลง กล่าวคือ ที่ความเข้มข้น 1.508, 0.754, 0.377, 0.188 และ 0.094 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถบำบัดได้ 95, 94, 88, 79 และ77%

ตามลำดับ ดังภาพประกอบ 11 และเป็นที่สังเกตว่าปริมาณตะกอนที่เกิดจากการบำบัดมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอล กล่าวคือ ปริมาณตะกอนจะเกิดขึ้นน้อยลงเมื่อความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลน้อยลง

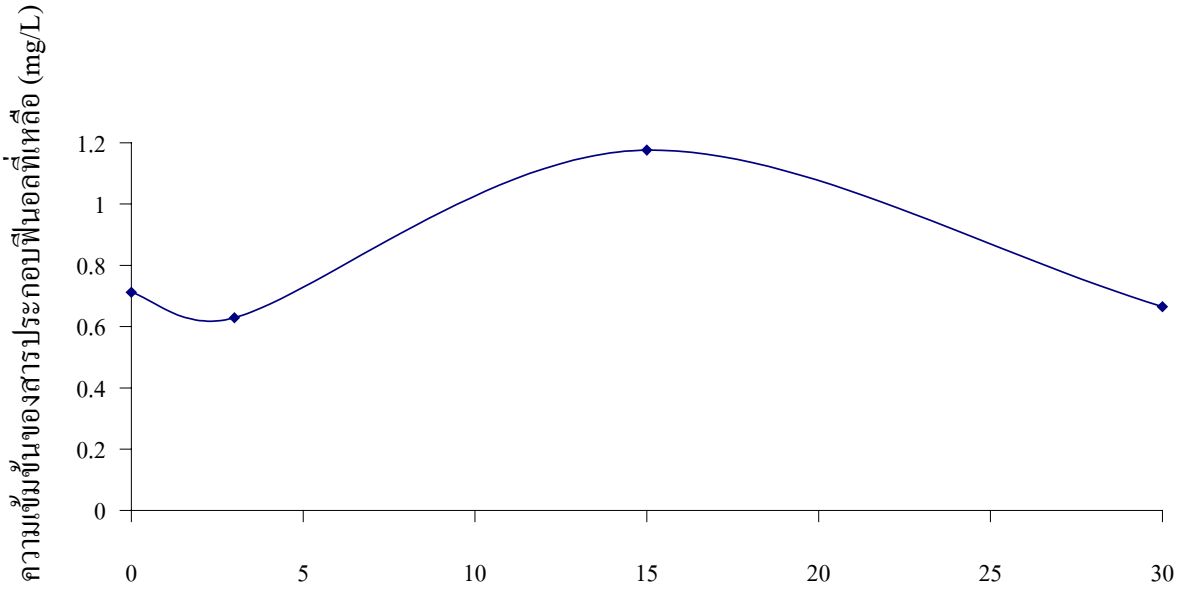


ภาพประกอบ 11 ผลของความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลในการบำบัดน้ำเสียโดยการเติมเปอร์ออกซิเดส

3.3.1.4 ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการบำบัดน้ำเสียโดยการเติมเปอร์ออกซิเดส

น้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอล 1.508 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ 500 มิลลิลิตร เมื่อนำมาบำบัดโดยเติมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส 1 มิลลิลิตร แล้วเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นต่างๆกันตั้งแต่ 0, 3, 15 และ 30% ตามลำดับ ปริมาณ 1 มิลลิลิตร กวนด้วยอัตราเร็ว 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที พบว่า การเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ไม่ได้ช่วยให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดสารประกอบฟีนอลให้เพิ่มขึ้นจากสภาวะที่เติมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส 1 มิลลิลิตร บำบัดเป็นเวลา 5 นาที จากผลการทดลองหากไม่เติม

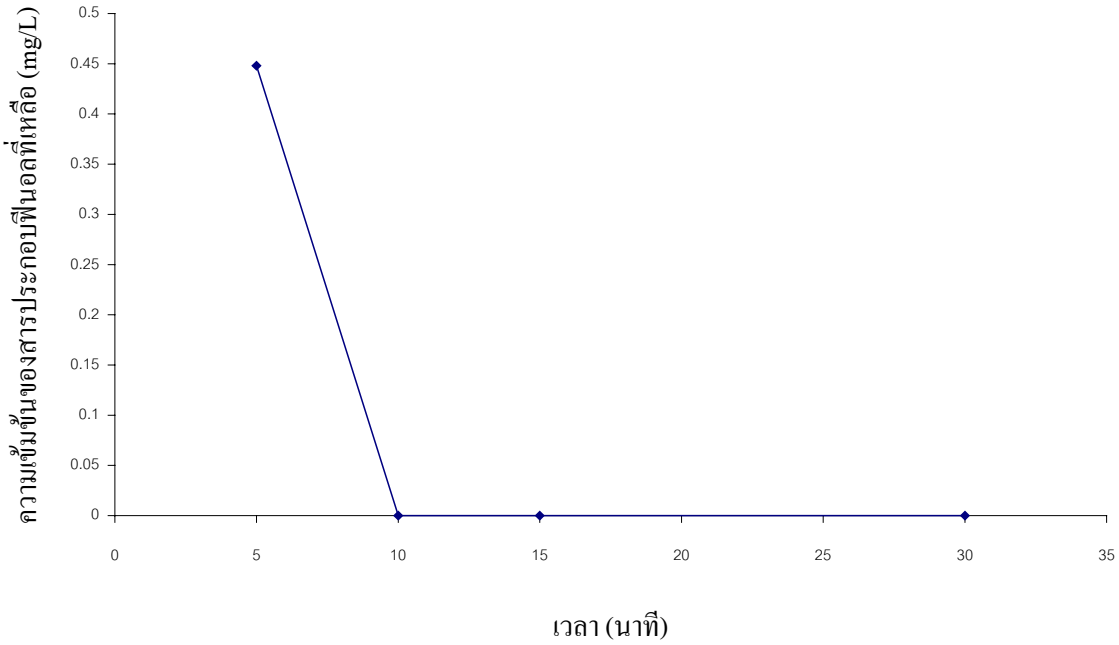
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สามารถกำจัดสารประกอบฟีนอลได้ 53% และเมื่อเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 3% สามารถบำบัดได้ 58% เมื่อความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซม์เพิ่มขึ้นประสิทธิภาพการบำบัดจะลดลง และจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งแต่ไม่มาก คือ ที่ความเข้มข้น 30% สามารถบำบัดได้เพียง 56% ซึ่งสูงกว่าการไม่เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ไม่มากและมีประสิทธิภาพการบำบัดน้อยกว่าที่ความเข้มข้น 3% ดังภาพประกอบ 12 นอกจากนี้ยังมีปริมาณตะกอนที่เกิดจากการบำบัดโดยที่ ความเข้มข้น 30% จะน้อยที่สุด



ภาพประกอบ 12 ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการบำบัดน้ำเสียโดยการเติมเปอร์ออกซิเดส

3.3.1.5 ผลของระยะเวลาในการบำบัดน้ำเสียโดยการเติมโอโซน

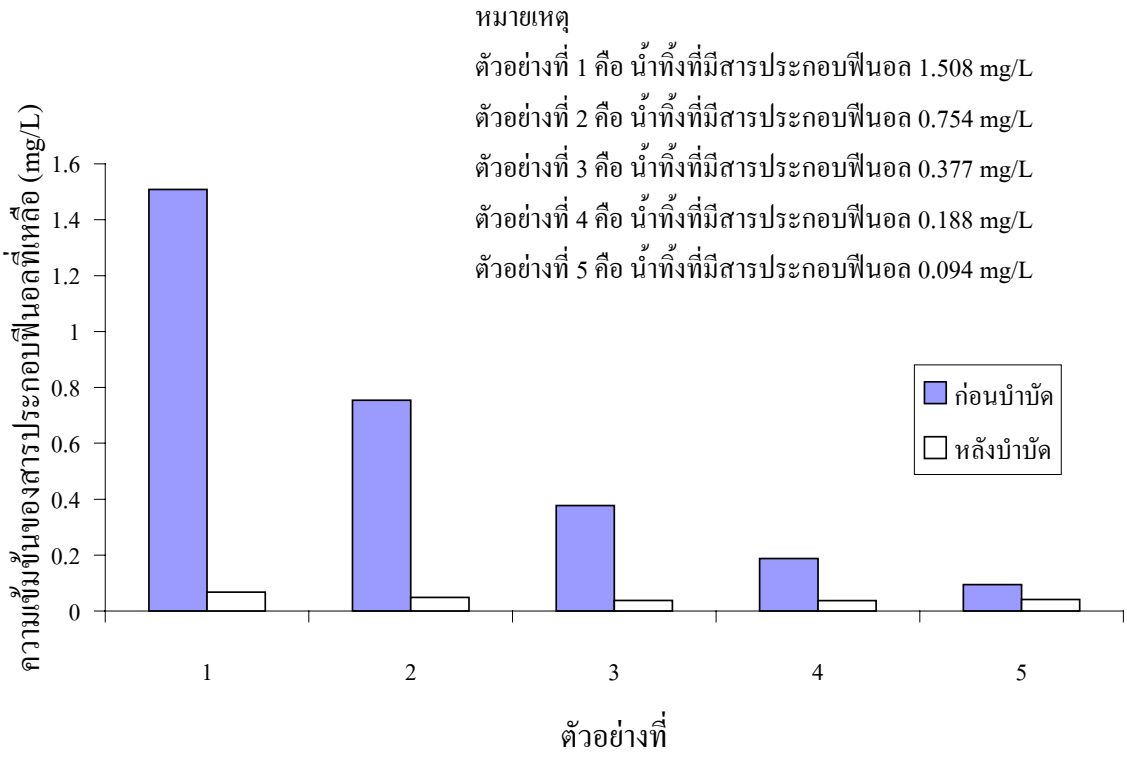
น้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่มีสารประกอบฟีนอล 1.508 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ 500 มิลลิลิตร เมื่อผ่านก๊าซโอโซนด้วยอัตราเร็ว 4 ลิตรต่อนาที เป็นระยะเวลาต่างๆกัน ตั้งแต่ 5, 10, 15 และ30 นาที ตามลำดับ พบว่า การใช้โอโซนในการกำจัดสารประกอบฟีนอลมีประสิทธิภาพ 100% อยู่ในช่วง 10-30 นาที ตะกอนที่เกิดจากการบำบัดมีปริมาณมากกว่าชุดทดลองที่ไม่มีการเติมโอโซนเพียงเล็กน้อย ประสิทธิภาพการบำบัดจะเพิ่มขึ้นจาก 70% เป็น 100% เมื่อบำบัดเป็นเวลา 10-30 นาที ดังภาพประกอบ 13



ภาพประกอบ 13 ผลของระยะเวลาในการบำบัดน้ำเสียที่มีสารประกอบฟีนอล 1.508 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการเติมโอโซน

3.3.1.6 ผลของความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลในการบำบัดน้ำเสียโดยการเติมโอโซน

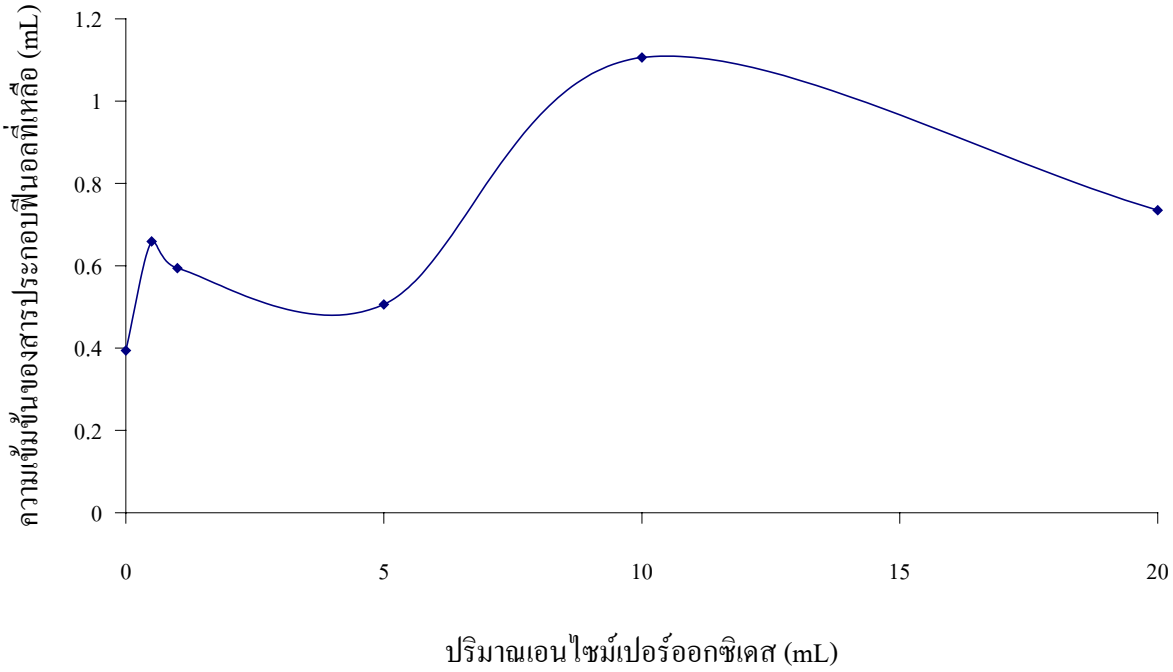
น้ำทิ้งของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่มีสารประกอบฟีนอล 1.508, 0.754, 0.377, 0.188 และ 0.094 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ 500 มิลลิลิตร เมื่อบำบัดโดยผ่านก๊าซโอโซนด้วยอัตราเร็ว 4 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลที่เหลือในน้ำทิ้ง พร้อมสังเกตตะกอนที่เกิดขึ้น พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดสารประกอบฟีนอลอยู่ในช่วง 56-96% และยิ่งความเข้มข้นในน้ำเสียเริ่มต้นลดลงประสิทธิภาพการบำบัดจะลดลง กล่าวคือ ที่ความเข้มข้น 1.508, 0.754, 0.377, 0.188 และ 0.094 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถบำบัดได้ 96, 94, 90, 80 และ 56% ตามลำดับ ดังภาพประกอบ 14 และการบำบัดตั้งแต่ 1 ชั่วโมงขึ้นไปสีของน้ำเสียมีลักษณะใสขึ้นตามลำดับ แต่จะมีกลิ่นคล้ายกลิ่นคาวปลา



ภาพประกอบ 14 ผลของความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลในการบำบัดน้ำเสียโดยการเติมโอโซน

3.3.1.7 ผลของปริมาณเปอร์ออกซิเดสที่ใช้ร่วมกับโอโซนในการบำบัดน้ำเสีย

เมื่อบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่มีสารประกอบฟีนอล 1.508 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ 500 มิลลิลิตร เติมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในปริมาณต่างๆกัน คือ 0, 0.5, 1, 5, 10 และ 20 มิลลิลิตร ตามลำดับ ไม่เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และผ่านก๊าซโอโซนด้วยอัตราเร็ว 4 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง พบว่า มีตะกอนเกิดจากการบำบัดมากขึ้นตามปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่เติมเพิ่มขึ้น สีของน้ำเสียมีลักษณะใสขึ้นตามลำดับภายหลัง 1 ชั่วโมง แต่จะมีกลิ่นคล้ายกลิ่นคาวปลา พบว่า การบำบัดโดยการเติมโอโซนนั้นไม่จำเป็นต้องเติมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ก็ให้ประสิทธิภาพในการบำบัดสูงถึง 74% แต่เมื่อเติมเอนไซม์ ประสิทธิภาพจะลดลง โดยเมื่อเติมเอนไซม์ 0.5 มิลลิลิตร มีประสิทธิภาพการบำบัด 56% และเพิ่มขึ้นเป็น 66% เมื่อเติมเอนไซม์ 5 มิลลิลิตร และเมื่อเพิ่มเอนไซม์ในปริมาณมากกว่านี้ประสิทธิภาพการบำบัดจะลดลงดังภาพประกอบ 15

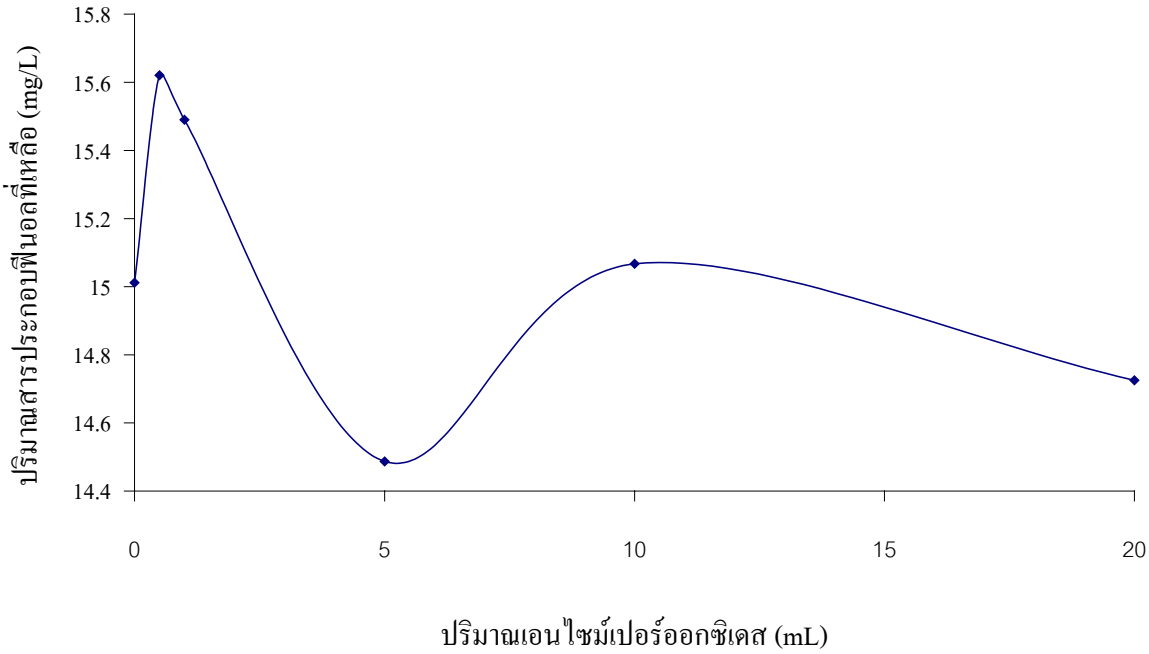


ภาพประกอบ 15 ผลของปริมาณเปอร์ออกซิเดสที่ใช้ร่วมกับโอโซนในการบำบัดน้ำเสีย

3.3.2 น้ำเสียผสมน้ำเสียสังเคราะห์

3.3.2.1 ผลของปริมาณเปอร์ออกซิเดสในการบำบัดน้ำเสียผสมน้ำเสียสังเคราะห์

น้ำเสียสังเคราะห์ (น้ำเสียผสมน้ำเสียสังเคราะห์) ความเข้มข้นรวม 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ 500 มิลลิลิตร มาบำบัดโดยเติมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในปริมาณต่างๆ กันตั้งแต่ 0, 0.5, 1, 5, 10 และ 20 มิลลิลิตร ตามลำดับ กวนด้วย อัตราเร็ว 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลที่เหลือในน้ำทิ้งหลังการบำบัด พบว่า หลังการบำบัดสารประกอบฟีนอลมีความเข้มข้นสูงกว่าความเข้มข้นตั้งต้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งหมด ลักษณะกราฟที่ได้มีลักษณะแกว่งมากโดยการเติมเอนไซม์ 5 มิลลิลิตร ให้ค่าความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลในน้ำทิ้งน้อยที่สุดคือ 14.487 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังภาพประกอบ 16 นอกจากนี้ยังเกิดตะกอนจากการบำบัดแต่มีปริมาณไม่มากนัก

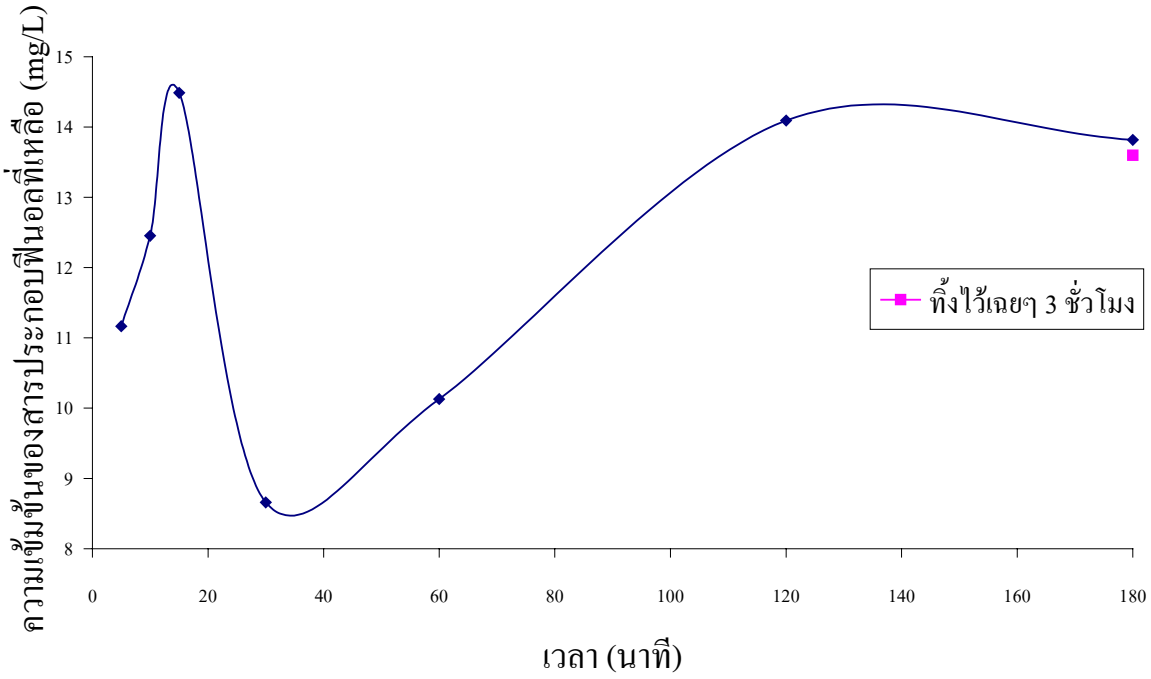


ภาพประกอบ 16 ผลของปริมาณเปอร์ออกซิเดสในการบำบัดน้ำเสียผสมน้ำเสียสังเคราะห์

3.3.2.2 ผลของระยะเวลาในการบำบัดน้ำเสียผสมน้ำเสียสังเคราะห์โดยการเติมเปอร์ออกซิเดส

เมื่อบำบัดน้ำเสียผสมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีสารประกอบฟีนอลรวม 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ 500 มิลลิลิตร เติมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส 5 มิลลิลิตร โดยไม่เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ กวนด้วยความเร็ว 150 รอบต่อนาที เป็นเวลาต่างๆกันตั้งแต่ 5, 10, 30, 60, 120 และ 180 นาที ตามลำดับ เทียบกับชุดควบคุมอีก 1 ชุด ที่ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ดังกล่าวปริมาณ 500 มิลลิลิตร โดยเติมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส 5 มิลลิลิตร เพียงอย่างเดียว แต่ไม่กวนผสม ตั้งทิ้งไว้ 3 ชั่วโมง แล้ววิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลที่เหลือ พบว่า ในช่วง 15 นาทีแรกตั้งแต่เริ่มทำการบำบัดปริมาณของสารประกอบฟีนอลจะค่อยๆเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยที่เวลา 5 นาที มีสารประกอบฟีนอล 11.165 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากทำการบำบัด 15 นาที ปริมาณสารประกอบฟีนอลจะค่อยๆลดลง จนกระทั่งที่เวลา 30 นาที และต่ำสุดที่ 8.658 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพการบำบัดเพียง 13% จากกราฟจะเห็นว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลมีแนวโน้มต่ำสุดที่เวลา 35 นาที เมื่อเพิ่มระยะเวลาการบำบัดสารประกอบฟีนอลจะเพิ่มขึ้นแล้วลดลงอีกเล็กน้อย ดังภาพประกอบ 17 นอกจากนี้ตะกอนจากการบำบัดมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบฟีนอลที่เหลือ

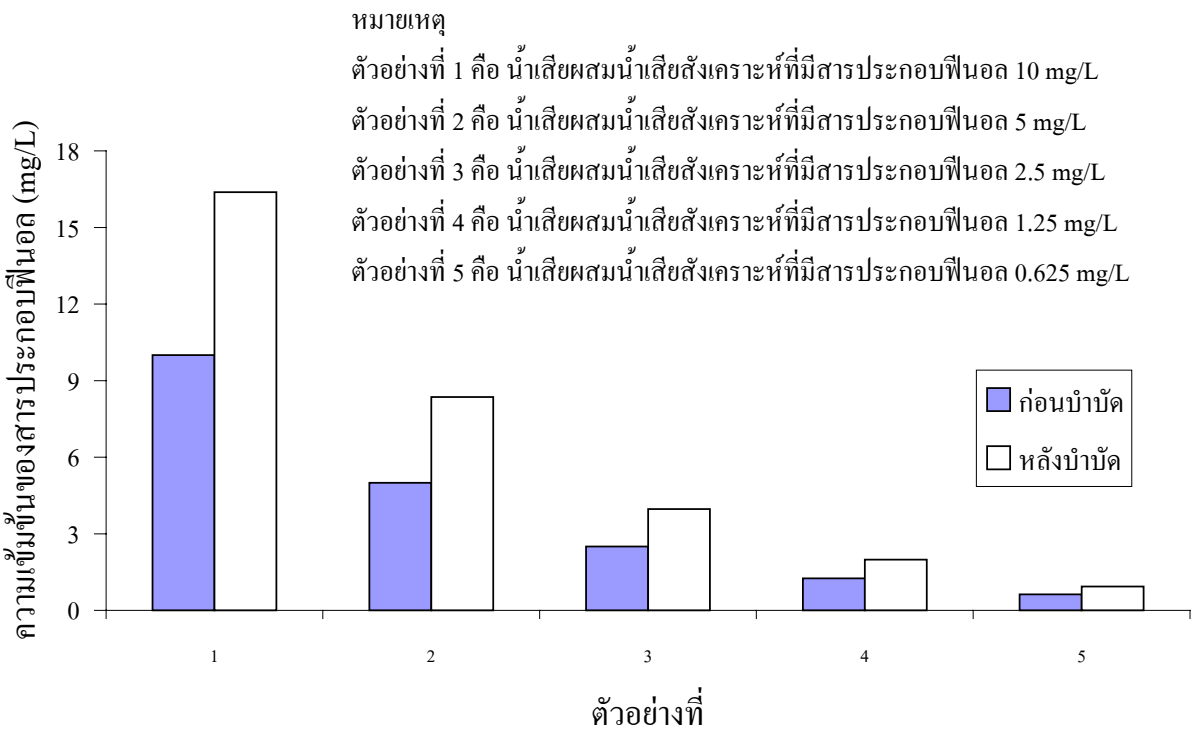
หลังการบำบัด กล่าวคือ ปริมาณตะกอนจะเกิดขึ้นเมื่อสารประกอบฟีนอลที่เหลือหลังการบำบัดมากด้วย



ภาพประกอบ 17 ผลของระยะเวลาในการบำบัดน้ำเสียผสมน้ำเสียสังเคราะห์ โดยการเติมเปอร์ออกซิเดส

3.3.2.3 ผลของความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลในการบำบัดน้ำเสียผสมน้ำเสียสังเคราะห์โดยการเติมเปอร์ออกซิเดส

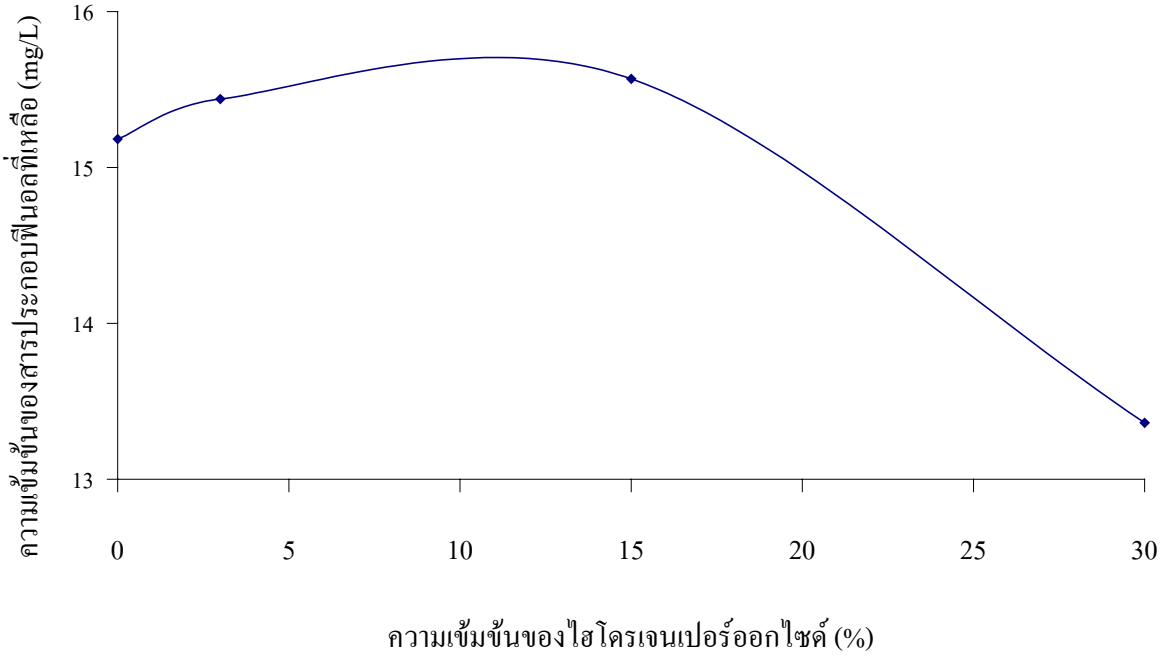
น้ำเสียผสมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีสารประกอบฟีนอลรวม 10, 5, 2.5, 1.25 และ 0.625 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ 500 มิลลิลิตร เมื่อบำบัดด้วยเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส 5 มิลลิลิตร เพียงอย่างเดียวในเครื่องจาร์เทสต์ ที่กวนด้วยอัตราเร็ว 150 รอบต่อนาที 60 นาที พบว่าเปอร์ออกซิเดสไม่อาจกำจัดสารประกอบฟีนอลในน้ำเสียสังเคราะห์ได้ ยิ่งไปกว่านั้นยังทำให้ความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลเพิ่มขึ้น โดยน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีฟีนอลความเข้มข้น 10, 5, 2.5, 1.25 และ 0.625 มิลลิกรัมต่อลิตร มีสารประกอบฟีนอลที่เหลือหลังการบำบัดเท่ากับ 16.379, 8.357, 3.962, 1.985 และ 0.933 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังภาพประกอบ 18



ภาพประกอบ 18 ผลของความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลในการบำบัดน้ำเสียผสมน้ำเสียสังเคราะห์โดยการเติมเปอร์ออกซิเดส

3.3.2.4 ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการบำบัดน้ำเสียผสมน้ำเสียสังเคราะห์โดยการเติมไซม์เปอร์ออกซิเดส

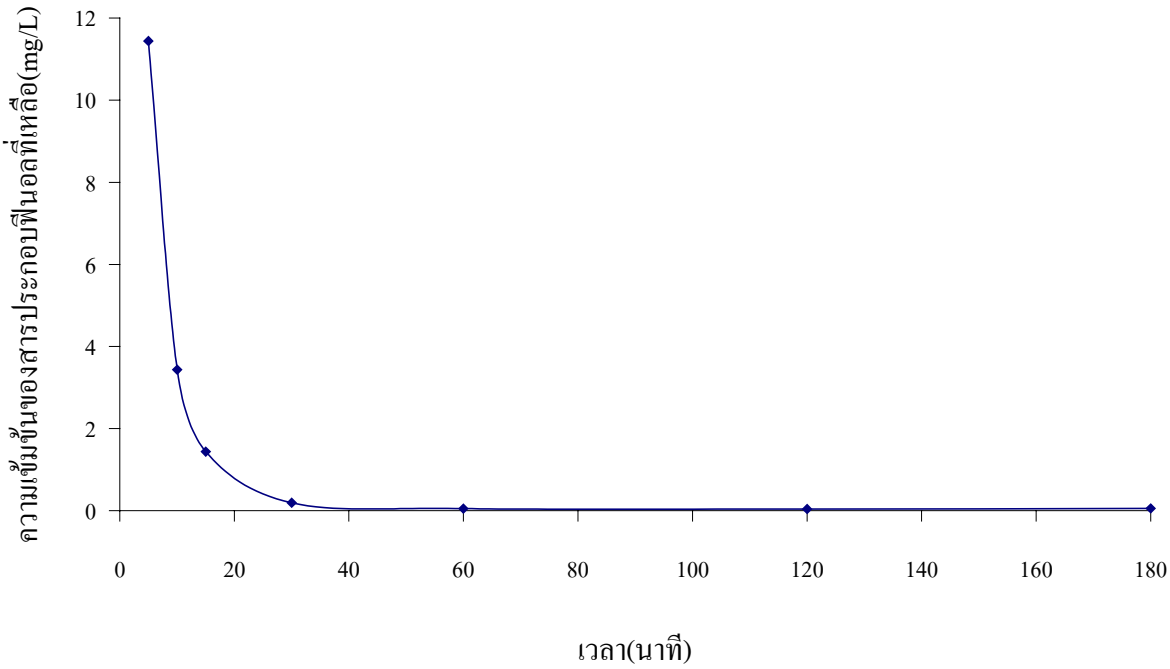
นำน้ำเสียผสมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีสารประกอบฟีนอลรวม 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ 500 มิลลิลิตร ไปบำบัดโดยเติมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส 5 มิลลิลิตร และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ความเข้มข้น 0, 3, 15 และ 30% ตามลำดับ กวนด้วยอัตราเร็ว 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 60 นาที พบว่า ในช่วง 0-15% ของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ไม่ได้ช่วยให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสารประกอบฟีนอลเพิ่มขึ้น การเติมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส 5 มิลลิลิตร บำบัดน้ำเสียเป็นเวลา 60 นาที พบว่า สารประกอบฟีนอลที่เหลือหลังการบำบัดสูงกว่า 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังภาพประกอบ 19 และไม่มีตะกอนเกิดขึ้น จากกราฟจะเห็นว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพิ่มเป็น 30%



ภาพประกอบ 19 ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการบำบัดน้ำเสียผสมน้ำเสียสังเคราะห์โดยการเติมเปอร์ออกซิเดส

3.3.2.5 ผลของระยะเวลาในการบำบัดน้ำเสียผสมน้ำเสียสังเคราะห์โดยการเติมโอโซน

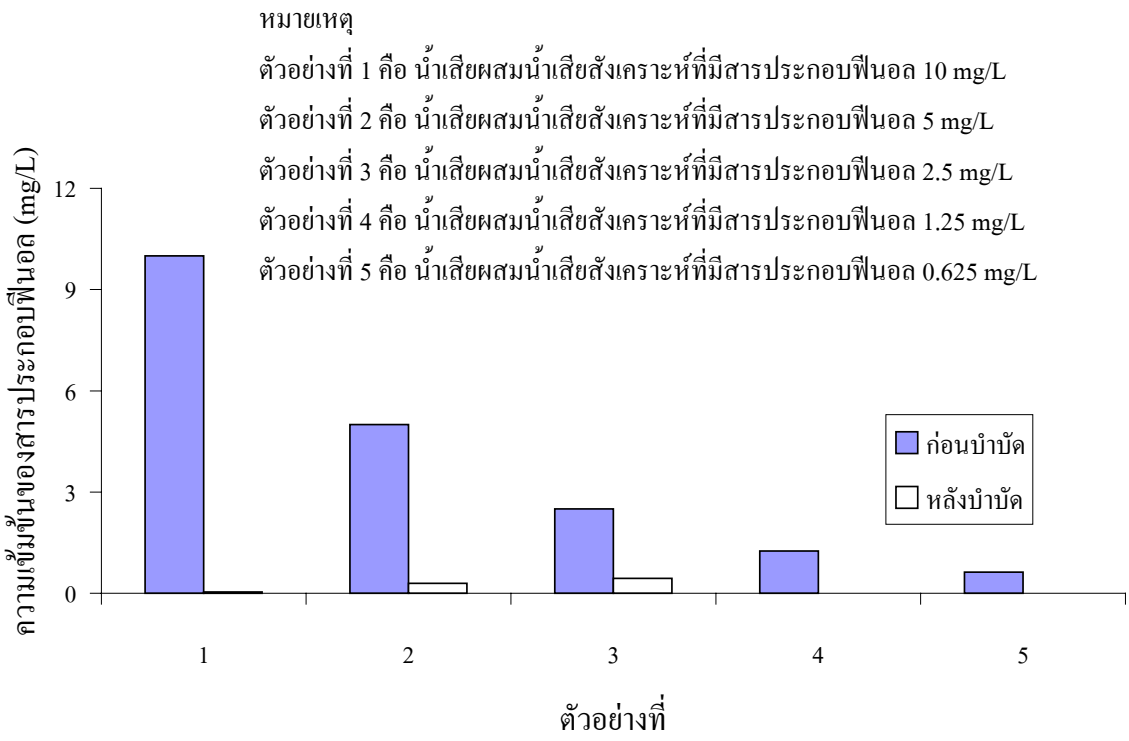
น้ำเสียผสมน้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้นรวม 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ 500 มิลลิลิตร เมื่อบำบัดด้วยก๊าซโอโซนด้วยอัตราเร็ว 4 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 5, 10, 15, 30, 60, 120 และ 180 นาที พบว่า ประสิทธิภาพของการกำจัดสารประกอบฟีนอลอยู่ในช่วง 66-99% โดยที่เวลา 5 นาที หลังจากการบำบัดปริมาณสารประกอบฟีนอลสูงถึง 11.442 มิลลิกรัมต่อลิตร สูงกว่าความเข้มข้นเริ่มต้น เมื่อบำบัดเป็นเวลา 10 นาทีขึ้นไปปริมาณสารประกอบฟีนอลจะค่อยๆลดลงจนกระทั่งทำการบำบัดเป็นเวลา 120 นาที เหลือปริมาณสารประกอบฟีนอล 0.037 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ 99% ดังภาพประกอบ 20 นอกจากนี้ตะกอนที่เกิดจากการบำบัดจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบำบัดที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่ 10-60 นาที หลังจากนั้นจะไม่มีตะกอนเกิดขึ้นแม้จะเพิ่มระยะเวลาในการบำบัดก็ตาม การบำบัด 1 ชั่วโมงขึ้นไปน้ำเสียใสขึ้นตามลำดับ แต่จะมีกลิ่นคล้ายกลิ่นคาวปลา



ภาพประกอบ 20 ผลของระยะเวลาในการบำบัดน้ำเสียผสมน้ำเสียสังเคราะห์โดยการเติมโอโซน

3.3.2.6 ผลของความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลในการบำบัดน้ำเสียผสมน้ำเสียสังเคราะห์โดยการเติมโอโซน

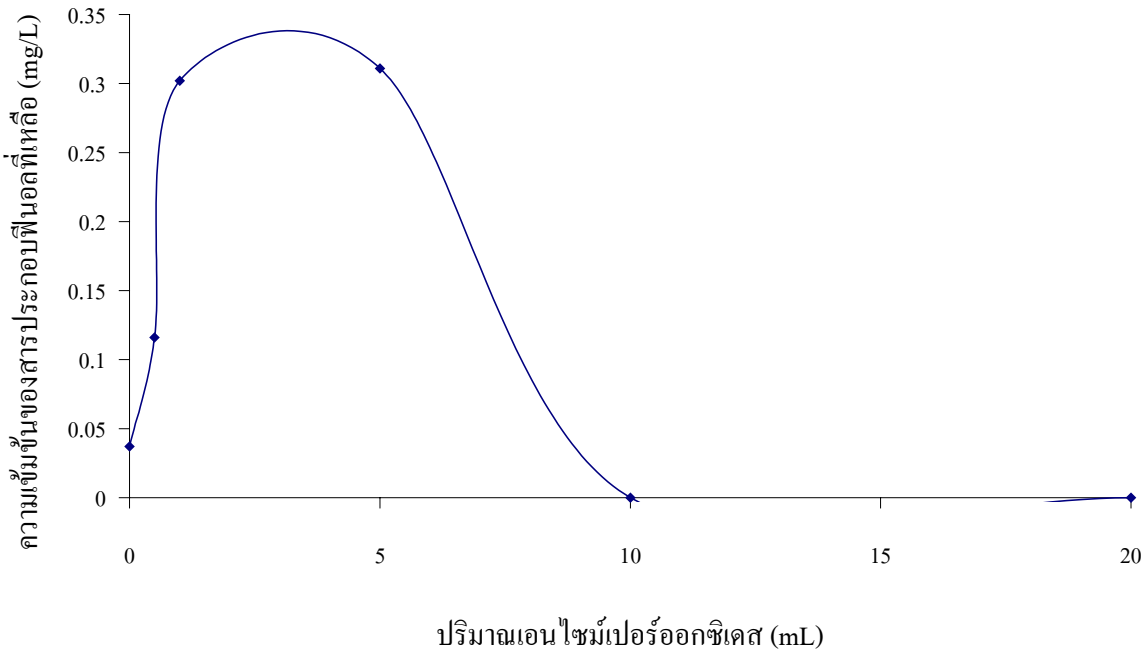
น้ำเสียผสมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีสารประกอบฟีนอลรวม 10, 5, 2.5, 1.25 และ 0.625 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ 500 มิลลิลิตร เมื่อผ่านก๊าซโอโซนด้วยอัตราเร็ว 4 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดสารประกอบฟีนอลอยู่ในช่วง 82-100% โดยเฉพาะที่ระดับความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอล 1.25 และ 0.625 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อทำการบำบัดโดยการเติมโอโซน สามารถกำจัดสารประกอบฟีนอลได้หมด ดังภาพประอบ 21 และตะกอนที่เกิดจากการบำบัดมีความสัมพันธ์กับระดับความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลเริ่มต้น โดยตะกอนที่เกิดจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลน้อย หลังการบำบัด 1 ชั่วโมง น้ำเสียมีลักษณะใสขึ้นตามลำดับ



ภาพประกอบ 21 ผลของความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลในน้ำเสียผสมน้ำเสียสังเคราะห์โดยการเติมโอโซน

3.3.2.7 ผลของปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่ใช้ร่วมกับโอโซนในการบำบัดน้ำเสียผสมน้ำเสียสังเคราะห์

นำน้ำเสียผสมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีสารประกอบฟีนอลรวม 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ 500 มิลลิลิตร มาบำบัดด้วยก๊าซโอโซนและเติมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในปริมาณต่างๆกัน คือ 0, 0.5, 1, 5, 10 และ 20 มิลลิลิตร ตามลำดับ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยไม่เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ พบว่า การเติมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสอาจจะไม่มีความจำเป็นหากทำการบำบัดโดยการเติมโอโซน เนื่องจากแม้ไม่เติมเปอร์ออกซิเดสก็สามารถกำจัดสารประกอบฟีนอลได้สูงถึง 99% (มีสารประกอบฟีนอลเหลือ 0.037 มิลลิกรัมต่อลิตร) และเมื่อเพิ่มปริมาณเอนไซม์ตั้งแต่ 0.5-5 มิลลิลิตร ประสิทธิภาพในการบำบัดจะกลับค่อยๆลดลงจาก 99% เป็น 97% โดยประมาณ แต่เมื่อเพิ่มปริมาณเอนไซม์ 10 มิลลิลิตรขึ้นไปประสิทธิภาพการบำบัดจะเพิ่มขึ้นเป็น 100% ดังภาพประกอบ 22 หลังการบำบัด 1 ชั่วโมงขึ้นไปสีของน้ำเสียจะใสขึ้นตามลำดับ



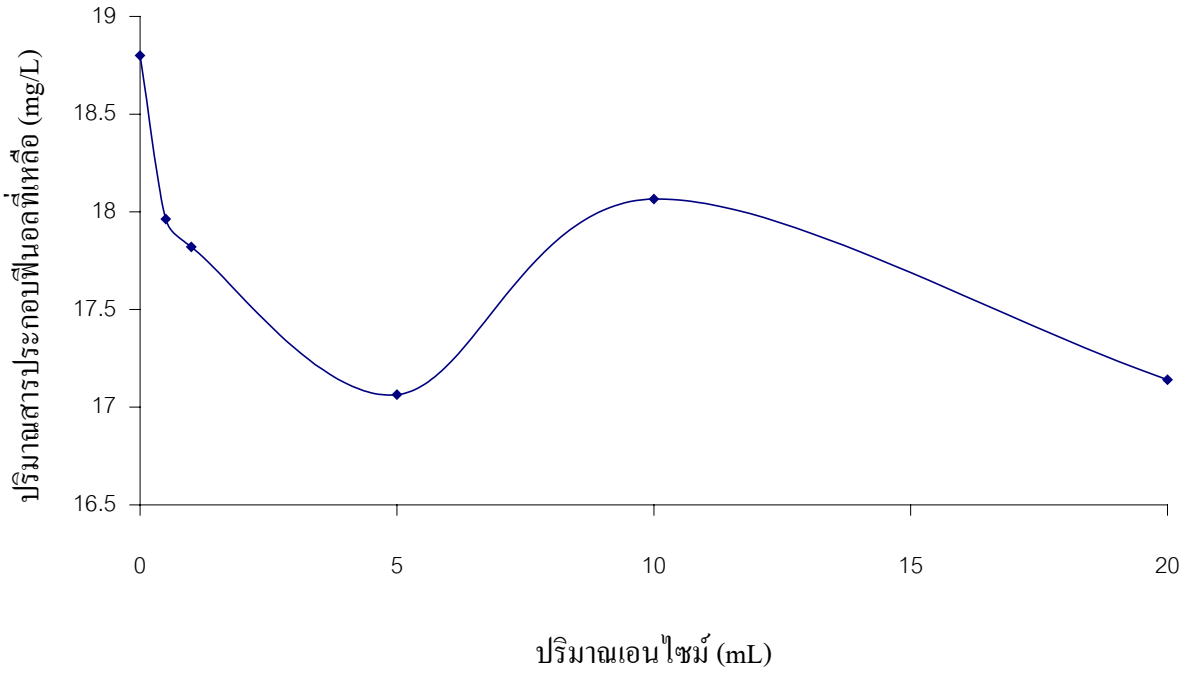
ภาพประกอบ 22 ผลของปริมาณเปอร์ออกซิเดสที่ใช้ร่วมกับโอโซนในการบำบัดในน้ำเสียผสมน้ำเสียสังเคราะห์

3.3.3 น้ำเสียสังเคราะห์

3.3.3.1 ผลของปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์

เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ 500 มิลลิลิตร ทำการบำบัดโดยการเติมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในปริมาณต่างๆกันตั้งแต่ 0, 0.5, 1, 5, 10 และ 20 มิลลิลิตร ตามลำดับ และปราศจากการเติมไฮโดรเจเปอร์ออกไซด์ กวนด้วยความเร็ว 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที พบว่า การใช้เอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเพียงอย่างเดียว ทำการบำบัดเป็นเวลา 15 นาที ไม่ว่าจะเติมในปริมาณใดก็ไม่สามารถกำจัดสารประกอบฟีนอลให้อยู่ในระดับต่ำกว่าความเข้มข้นเริ่มต้นได้ ยิ่งไปกว่านั้นยังทำให้ความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลเพิ่มขึ้น แต่การเติมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในปริมาณ 5 มิลลิลิตร ให้ค่าสารประกอบฟีนอลที่เหลือ

หลังการบำบัดได้ต่ำสุดคือ 17.064 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังภาพประกอบ 23 ซึ่งในช่วงแรกปริมาณสารประกอบฟีนอลหลังการบำบัดจะลดลงและเพิ่มขึ้นเมื่อเติมเอนไซม์ตั้งแต่ 5-10 มิลลิลิตร หากเติมเอนไซม์มากกว่า 10 มิลลิลิตร ปริมาณของสารประกอบฟีนอลที่เหลือหลังการบำบัดมีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง และในการบำบัดไม่ปรากฏว่ามีตะกอนเกิดขึ้น

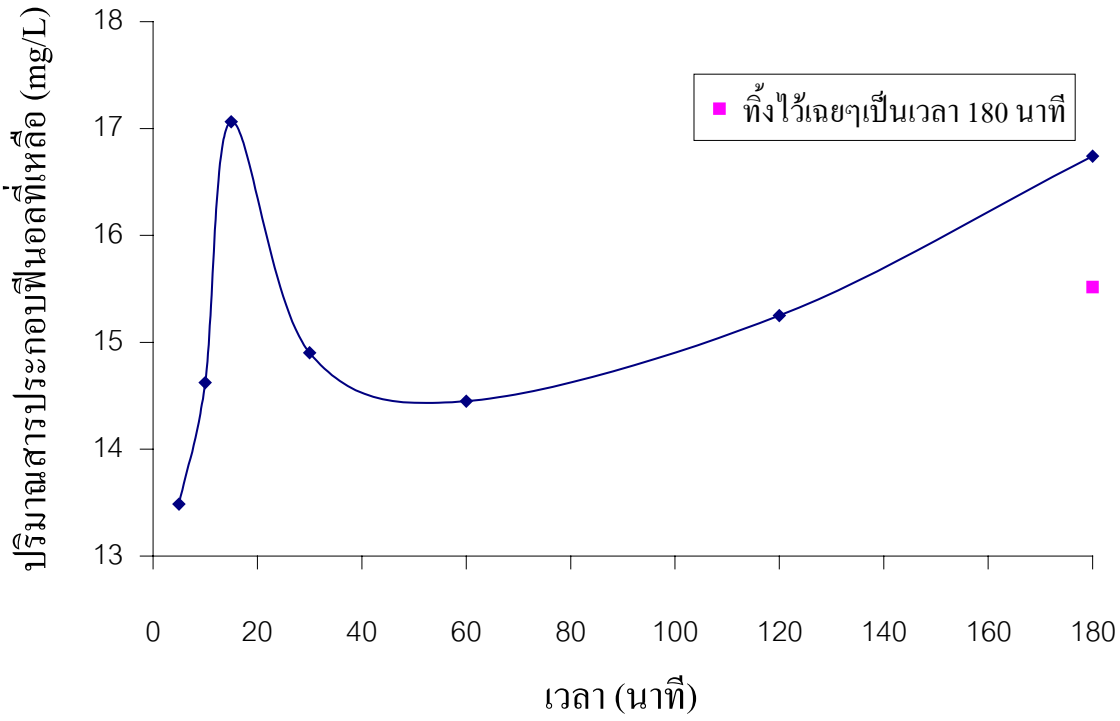


ภาพประกอบ 23 ผลของปริมาณเปอร์ออกซิเดสในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์

3.3.3.2 ผลของระยะเวลาในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์โดยการเติมเปอร์ออกซิเดส

นำน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีสารประกอบฟีนอล 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ 500 มิลลิลิตร ไปบำบัดด้วยการเติมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส 5 มิลลิลิตร โดยไม่เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ กวนด้วยอัตราเร็ว 150 รอบต่อนาที เป็นเวลาต่างๆกัน ตั้งแต่ 5, 10, 30, 60, 120 และ 180 นาที ตามลำดับ พบว่า เมื่อเติมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสปริมาณ 5 มิลลิลิตร เพียงอย่างเดียว ทำการบำบัดเป็นเวลา 5 นาที ให้ค่าความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลหลังบำบัดต่ำสุด คือ 13.485 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ยังเป็นปริมาณที่สูงกว่าความเข้มข้นเริ่มต้น ดังภาพประกอบ 24 จะเห็นว่าการเติมเอนไซม์ 5 มิลลิลิตร ในช่วง 15 นาทีแรกปริมาณของสารประกอบฟีนอลหลังบำบัดจะมี

แนวโน้มเพิ่มขึ้นและค่อยๆลดลงเมื่อเวลาผ่านไป 15 นาที และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่อระยะเวลาในการบำบัดนานกว่า 60 นาที ส่วนการเติมเอนไซม์ 5 มิลลิลิตร โดยไม่เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ แต่ตั้งทิ้งไว้เฉยๆโดยไม่กวนผสมเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ปริมาณของสารประกอบฟีนอลหลังบำบัดน้อยกว่าการบำบัดโดยการกวนผสมในระยะเวลาที่เท่ากัน คือ 3 ชั่วโมง และไม่มีตะกอนเกิดขึ้นหลังการบำบัด

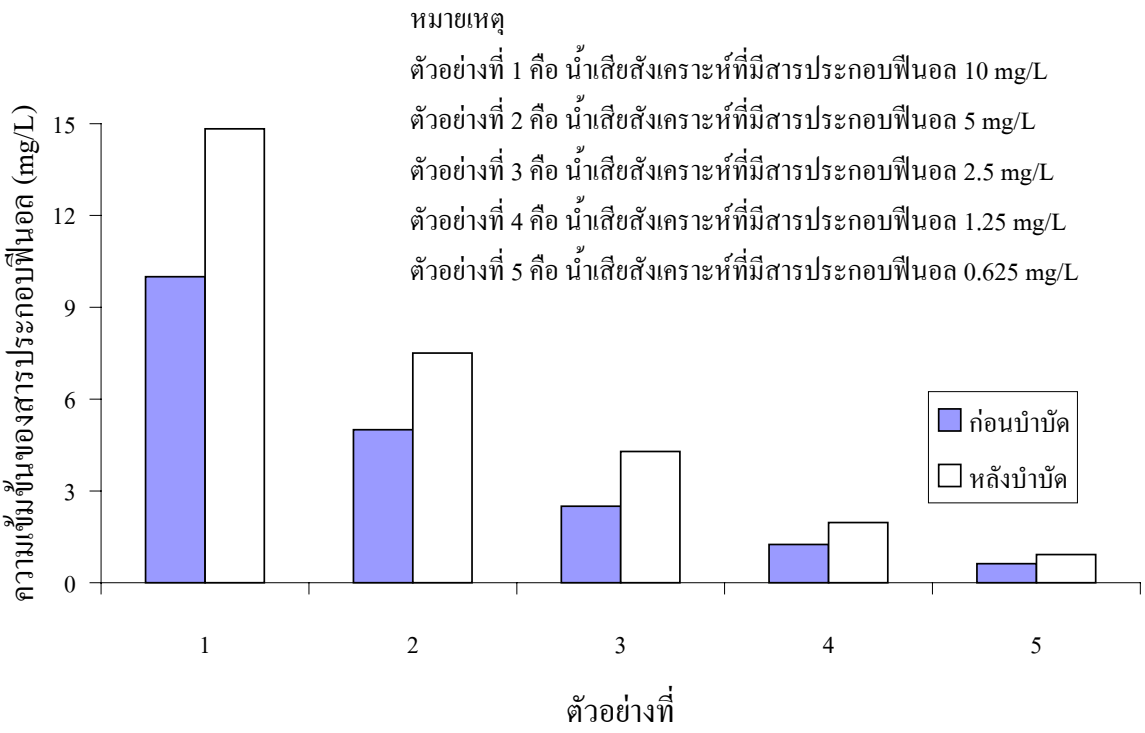


ภาพประกอบ 24 ผลของระยะเวลาในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์โดยการเติมเปอร์ออกซิเดส

3.3.17 ผลของความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์โดยการเติมเปอร์ออกซิเดส

นำน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอล 10, 5, 2.5, 1.25 และ 0.625 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ 500 มิลลิลิตร ไปบำบัดโดยเติมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส 5 มิลลิลิตร เพียงอย่างเดียว กวนด้วยความเร็ว 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที พบว่า ไม่สามารถกำจัดสารประกอบฟีนอลในน้ำเสียสังเคราะห์ให้ ลดลงได้ ยิ่งไปกว่านั้นยังทำให้มีปริมาณสารประกอบฟีนอล

เพิ่มขึ้น คือ น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีสารประกอบฟีนอลความเข้มข้น 10, 5, 2.5, 1.25 และ 0.625 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณสารประกอบฟีนอลเพิ่มขึ้นเป็น14.835, 7.502, 4.29, 2.106 และ 0.92 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังภาพประกอบ 25 และไม่มีตะกอนเกิดขึ้น

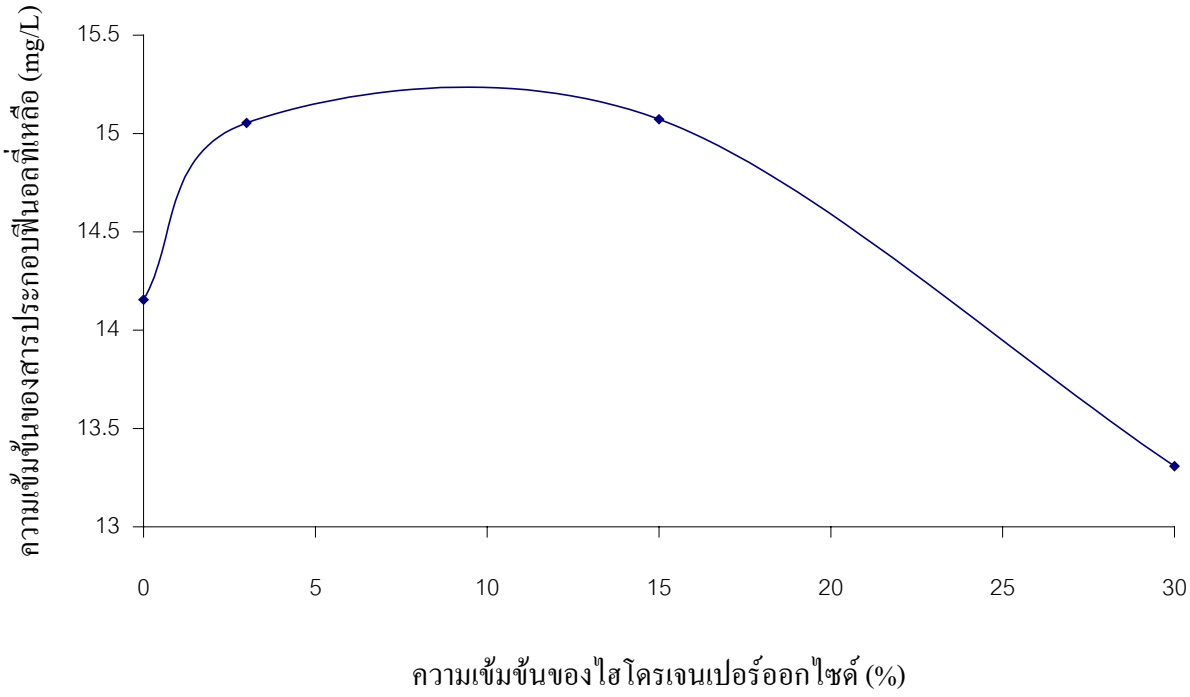


ภาพประกอบ 25 ผลของความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์โดยการเติมเปอร์ออกซิเดส

3.3.3.4 ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์โดยการเติมเปอร์ออกซิเดส

น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีสารประกอบฟีนอล 10 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อบำบัดโดยเติมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส 5 มิลลิลิตร และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นต่างๆกันตั้งแต่ 0, 3, 15 และ 30% ตามลำดับ กวนด้วยอัตราเร็ว 150 รอบต่อนาที 5 นาที พบว่า การบำบัดด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ไม่ได้ช่วยให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดสารประกอบฟีนอลให้เพิ่มขึ้นจากสภาวะที่เหมาะสมในข้างต้น คือ การเติมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส 5 มิลลิลิตร เพียงอย่างเดียว และทำการบำบัดเป็นเวลา 5 นาที การทดลองทุกชุดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลหลังการบำบัด

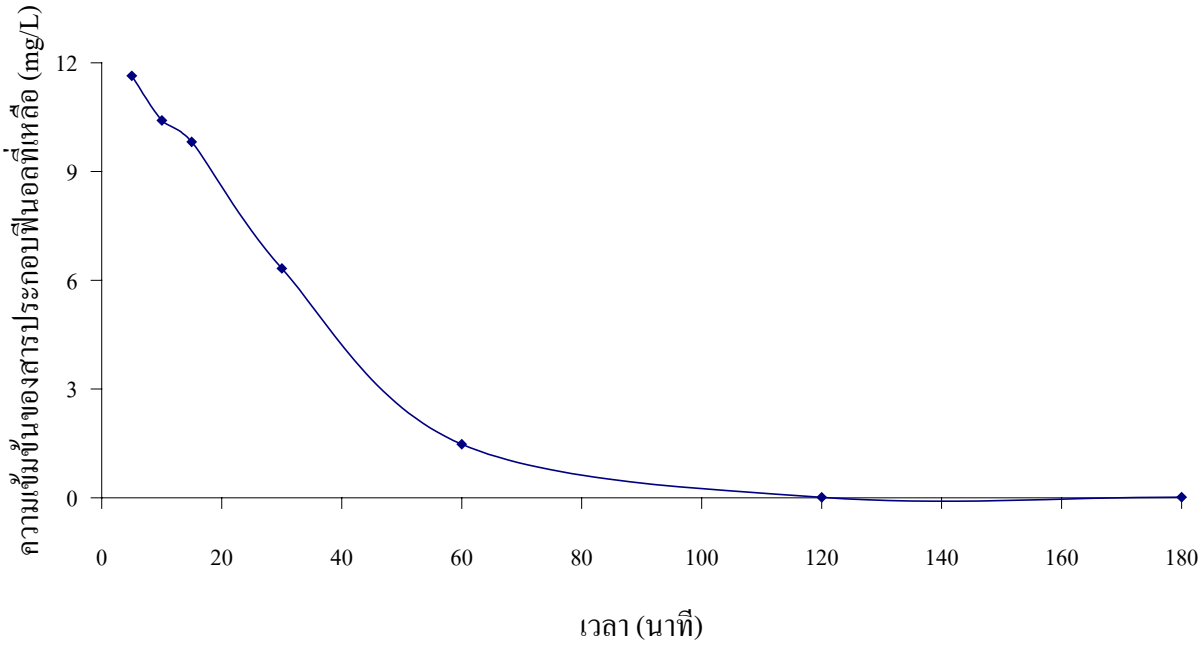
สูงกว่า 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังภาพประกอบ 26 และไม่มีตะกอนเกิดขึ้น จากกราฟจะเห็นว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลจะลดลงตามความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น



ภาพประกอบ 26 ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์โดยการเติมเปอร์ออกซิเดส

3.3.3.5 ผลของระยะเวลาในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์โดยการเติมโอโซน

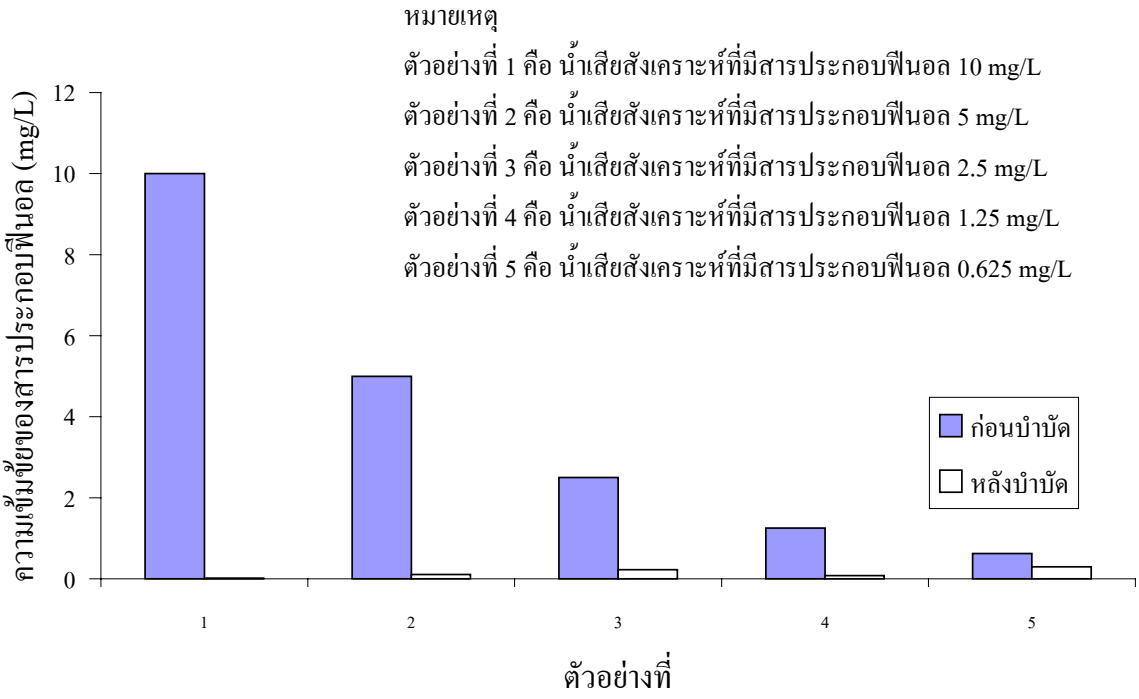
นำน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีสารประกอบฟีนอล 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ 500 มิลลิลิตรมาบำบัดโดยผ่านก๊าซโอโซนเป็นเวลา 5, 10, 15, 30, 60, 120 และ 180 นาที ตามลำดับ พบว่า การใช้โอโซนในการกำจัดสารประกอบฟีนอลมีประสิทธิภาพอยู่ในช่วง 1.82-99.86% โดยประสิทธิภาพการบำบัดจะค่อยๆเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการบำบัดที่เพิ่มขึ้น 10 นาทีแรกของการบำบัดปริมาณสารประกอบฟีนอลจะสูงกว่าความเข้มข้นเริ่มต้น แต่เมื่อใช้เวลาบำบัดตั้งแต่ 15 นาทีขึ้นไปปริมาณสารประกอบฟีนอลจะค่อยๆลดลงจนกระทั่งทำการบำบัดเป็นเวลา 120 นาที มีปริมาณสารประกอบฟีนอลเหลือ 0.014 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ 99% ดังภาพประกอบ 27 และไม่มีตะกอนเกิดขึ้น



ภาพประกอบ 27 ผลของระยะเวลาในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์โดยการเติมโอโซน

3.3.3.6 ผลของความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลในน้ำเสียสังเคราะห์ต่อการบำบัดโดยการเติมโอโซน

นำน้ำสังเคราะห์ที่มีสารประกอบฟีนอล 10, 5, 2.5, 1.25 และ 0.625 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ 500 มิลลิลิตร ไปผ่านก๊าซโอโซนด้วยอัตราเร็ว 4 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 120 นาที พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดสารประกอบฟีนอลอยู่ในช่วง 52-98% โดยประสิทธิภาพในการบำบัดจะลดลงตามระดับความเข้มข้นเริ่มต้นที่ลดลง คือ ที่ความเข้มข้น 10, 5, 2.5, 1.25 และ 0.625 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการบำบัดเท่ากับ 98, 91, 93 และ 52% ตามลำดับ ดังภาพประกอบ 28

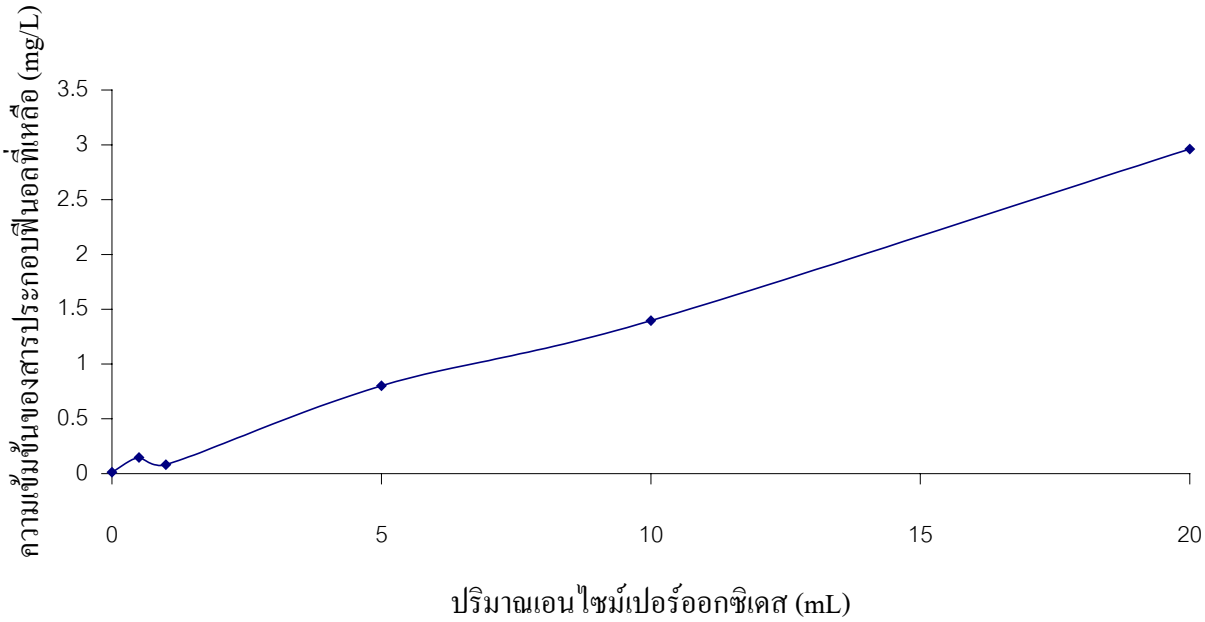


ภาพประกอบ 28 ผลของความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลในน้ำเสียสังเคราะห์โดยการเติมโอโซน

3.3.3.7 ผลของปริมาณเปอร์ออกซิเดสที่ใช้ร่วมกับโอโซนในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์

น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีสารประกอบฟีนอล 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ 500 มิลลิลิตร ทำการบำบัดโดยเติมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเพียงอย่างเดียวในปริมาณต่างๆกัน คือ 0, 0.5, 1, 5, 10 และ 20 มิลลิลิตร ตามลำดับ แล้วผ่านก๊าซโอโซนด้วยอัตราเร็ว 4 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 120 นาที พบว่า แม้ไม่เติมเอนไซม์ก็สามารถกำจัดสารประกอบฟีนอลได้ 99% (มีสารประกอบฟีนอลเหลือ 0.014 มิลลิกรัมต่อลิตร) หากเพิ่มปริมาณเอนไซม์ ประสิทธิภาพการบำบัดจะลดลง จากการทดลองเมื่อเติมเอนไซม์ 20 มิลลิลิตร ประสิทธิภาพการบำบัดลดลงเหลือ 70% (มีสารประกอบ

ฟีนอลเหลือ 2.961 มิลลิกรัมต่อลิตร) ดังภาพประกอบ 29นอกจากนี้การทดลองที่เติมเอนไซม์ 5-10 มิลลิลิตร จะมีตะกอนเกิดขึ้นมากน้อยตามปริมาณเอนไซม์ที่เติม



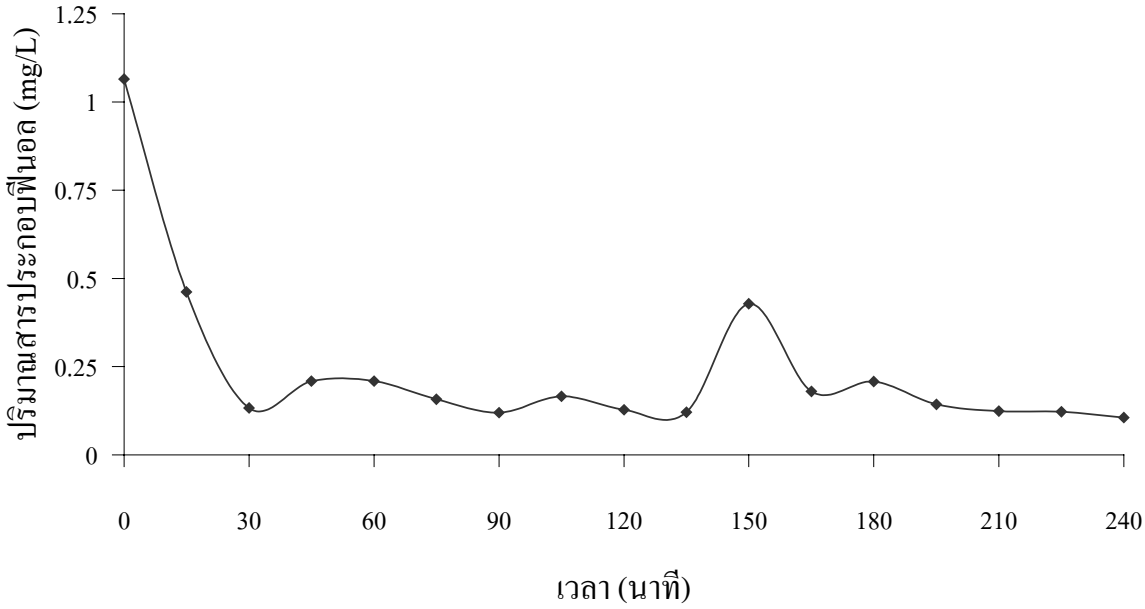
ภาพประกอบ 29 ผลของปริมาณเปอร์ออกซิเดสที่ใช้ร่วมกับโอโซนในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์

3.4 ผลการบำบัดน้ำทิ้งแบบต่อเนื่องด้วยระบบ CSTR

นำน้ำทิ้งของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่มีสารประกอบฟีนอล 1.065 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ 150 ลิตร ใส่ในถังพักน้ำเสียขนาดความจุ 220.03 ลิตร สูบน้ำทิ้งดังกล่าวลงในถังปฏิกรณ์ขนาด ความจุ 8.61 ลิตร ซึ่งมีน้ำทิ้ง 5 ลิตร และแท่งกวนแม่เหล็กขนาด 10 x 80 มิลลิเมตร อยู่ภายในถังปฏิกรณ์ที่วางอยู่บนเครื่องกวนชนิดใช้แม่เหล็ก ให้มีอัตราการไหลเท่ากับ 20 ลิตรต่อชั่วโมง (หรือ 1 ลิตรต่อ 3 นาที) โดยปรับวาล์วประตูน้ำที่ท่อ PVC ซึ่งต่อตรงจากปั๊มสูบน้ำปรับวาล์วก๊อกน้ำที่ตัวถังปฏิกรณ์ให้น้ำไหลด้วยอัตรา 20 ลิตรต่อชั่วโมง ลงในถังตกตะกอนขนาดความจุ 79.64 ลิตร เปิดเครื่องกวนชนิดใช้แม่เหล็กให้มีความเร็วรอบในการกวนผสมประมาณ 150 รอบต่อนาที พร้อมปรับอัตราการไหลของสารสกัดเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส 0.41 หน่วยต่อมิลลิลิตร ที่บรรจุในขวดให้

น้ำเกลือขนาดความจุ 500 มิลลิลิตร ให้หยดลงในถังปฏิกรณ์ในอัตรา 40 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง (หรือ 2 มิลลิลิตรต่อ 3 นาที)

จากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านการบำบัดซึ่งไหลล้นออกจากเวียร์น้ำล้นหลังจากเริ่มเดินระบบทุกๆ 15 นาทีเป็นเวลา 3 ชั่วโมง พบว่า ประสิทธิภาพของการกำจัดสารประกอบฟีนอลอยู่ในช่วง 57-90% ซึ่งค่าประสิทธิภาพการกำจัดส่วนใหญ่จะอยู่ที่ประมาณกว่าร้อยละ 80 ดังภาพประกอบ 30 ส่วนตัวแปรคุณภาพน้ำอื่นๆมีค่าเพิ่มขึ้นดังตาราง 8



ภาพประกอบ 30 ผลการกำจัดสารประกอบฟีนอลด้วยระบบ CSTR

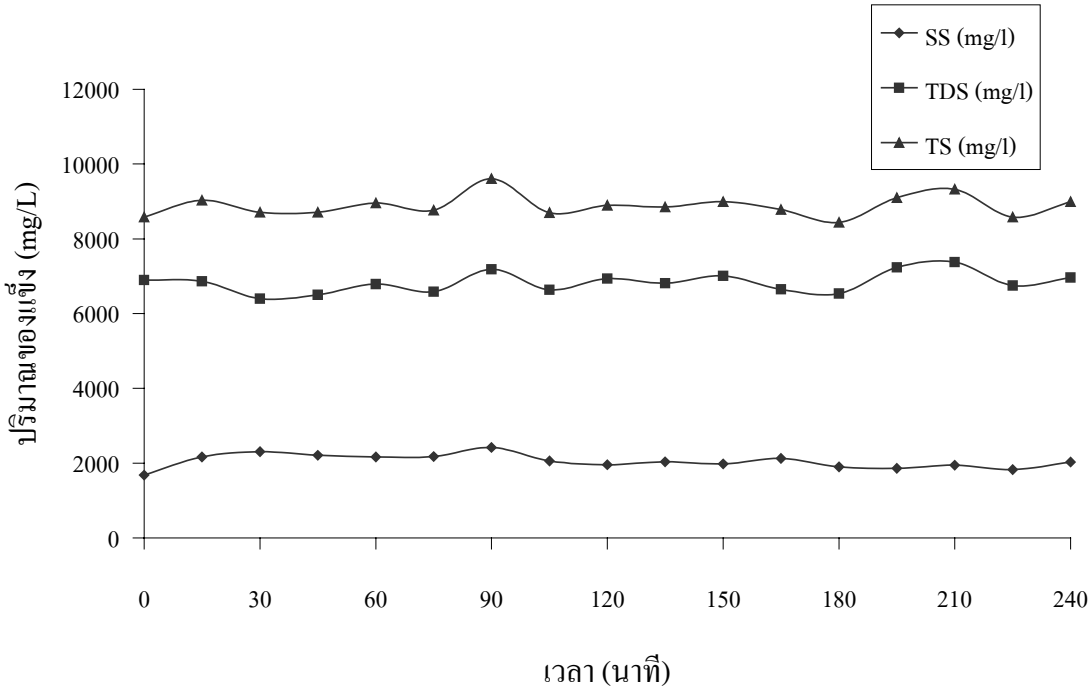
ตาราง 8 ผลการบำบัดน้ำทิ้งบ่อสุดท้ายของโรงงานน้ำมันปาล์มด้วยระบบ CSTR

เวลา (นาที)	สี (หน่วยของคลอโรแพลทติเนต)	SS (mg/L)	TDS (mg/L)	TS (mg/L)	pH	COD (mg/L)	Phenol (mg/L)	ประสิทธิภาพการบำบัด (%)
0	3,500	1,680	6,900	8,580	7.61	978	1.065	
15	4,967	2,170	6,862	9,032	7.89	1,331	0.462	57
30	3,967	2,310	6,400	8,710	7.89	1,700	0.133	88
45	4,267	2,210	6,500	8,710	7.91	1,553	0.209	80
60	4,367	2,170	6,788	8,958	7.96	1,405	0.209	80
75	3,400	2,180	6,588	8,768	7.97	813	0.158	85
90	4,167	2,420	7,188	9,608	8.10	739	0.120	89
105	4,067	2,060	6,638	8,698	7.94	1,301	0.166	84
120	3,933	1,960	6,938	8,898	7.94	1,035	0.128	88
135	3,133	2,040	6,812	8,852	8.00	813	0.121	89
150	2,767	1,980	7,012	8,992	7.96	1,848	0.428	60
165	2,667	2,130	6,650	8,780	7.96	1,331	0.180	83
180	3,613	1,900	6,538	8,438	7.93	1,109	0.208	80
195	3,680	1,860	7,238	9,098	7.91	1,360	0.143	87
210	4,003	1,950	7,375	9,325	7.91	1,257	0.124	88
225	4,177	1,830	6,750	8,580	7.91	1,390	0.122	88
240	5,830	2,030	6,962	8,992	7.84	1,479	0.106	90

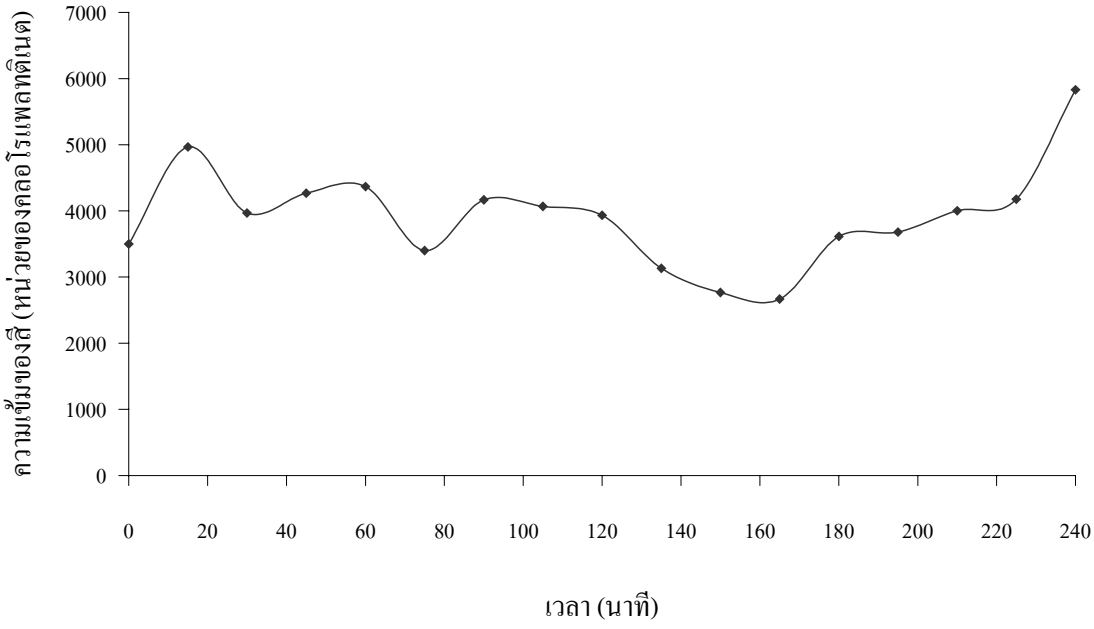
หมายเหตุ

เมื่อทำการบำบัดได้ 6 ชั่วโมง 15 นาที (195 นาที) ใช้เอนไซม์เปอร์ออกซิเดสหมด ดังนั้นตั้งแต่นาทีที่ 210 ถึง นาทีที่ 240 จึงเป็นช่วงเวลาที่ไม่มีการเติมเอนไซม์

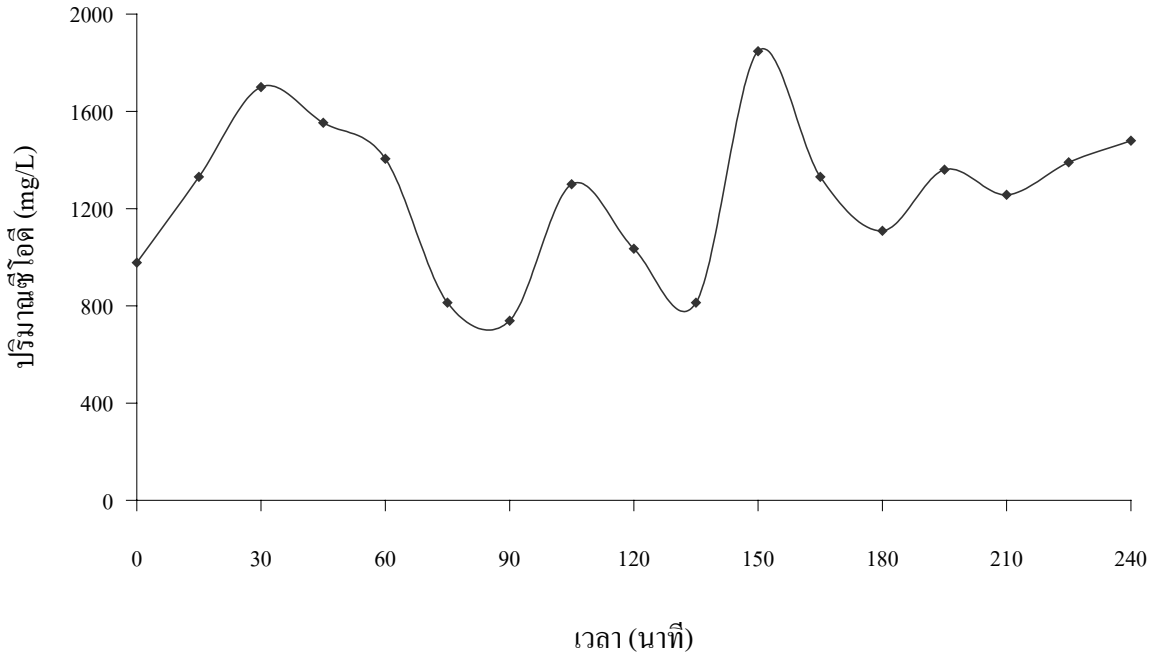
จากผลการบำบัดจะเห็นว่าปริมาณของแข็งแขวนลอยและของแข็งละลายน้ำทั้งหมดจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ดังภาพประกอบ 31 ส่วนสีของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจะมีค่าขึ้นลงไม่แน่นอน อาจเนื่องจากสีของเปอร์ออกซิเดสที่เติมลงไป ดังภาพประกอบ 32 สำหรับค่าซีโอดีจะมีค่าสูงขึ้นกว่าเดิมเป็นส่วนใหญ่ ในขณะที่พีเอชของสารละลายจะสูงขึ้นกว่าตอนเริ่มต้น ดังภาพประกอบที่ 33 และ 34



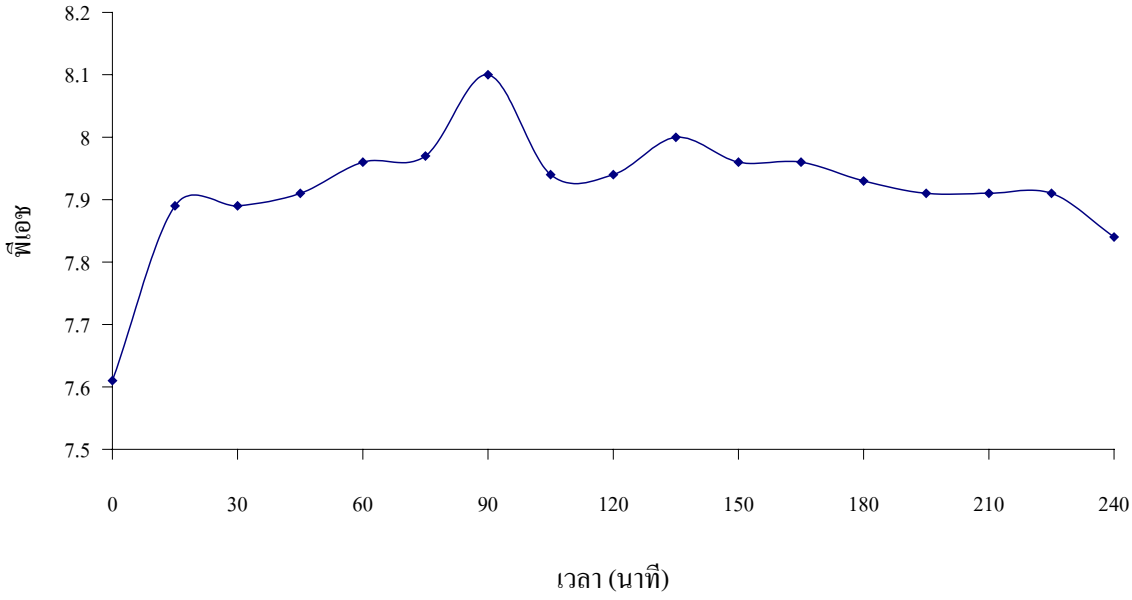
ภาพประกอบ 31 ปริมาณของแข็งหลังจากบำบัดด้วยระบบ CSTR



ภาพประกอบ 32 สีของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบ CSTR



ภาพประกอบ 33 ค่าซีโอดีของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบ CSTR



ภาพประกอบ 34 ค่าพีเอชของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบ CSTR