

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการศึกษาผลของอายุสลัดจ์ต่อประสิทธิภาพการลดสารตั้งต้นของผลิตผลพลอยได้ที่เกิดจากการฆ่าเชื้อในถังปฏิกรณ์ชีวภาพเมมเบรนแบบออกซิกและแอนนออกซิก-ออกซิก โดยมีการควบคุมค่าอายุสลัดจ์ (SRT) ที่แตกต่างกันคือ 5, 10, และที่ระยะอนันต์ (ไม่มีการถ่ายเทสลัดจ์) มีการเติมอากาศในถังออกซิก 24 ชั่วโมง โดยกำหนดให้ระยะเวลาเก็บกักน้ำ (HRT) เท่ากันทุกถังคือ 10 ชั่วโมง โดยใช้น้ำเสียชุมชนจริงจากโรงบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งเป็นน้ำเสียที่ผ่านการตกตะกอนขั้นต้นก่อนที่จะเข้าถังเติมอากาศของระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ รายละเอียดของผลการทดลองประกอบไปด้วย ลักษณะเบื้องต้นของน้ำเสียชุมชน, ผลการศึกษาค่าพีเอช (pH) สภาพด่าง (Alkalinity) อุณหภูมิ (Temp) ออกซิเจนละลาย (DO), ผลการศึกษาค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย (MLSS), ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี (COD), ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ (DOC), ผลการศึกษาการกำจัดไนโตรเจน (TN), ฟลูออเรสเซนซ์สเปกโตรสโคปี (FEEM), โอกาสการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทน (THMFPS) และความสัมพันธ์ระหว่างโอกาสการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทนกับดัชนีตัวแทนสารอินทรีย์ละลายน้ำ

4.1 ลักษณะของน้ำเสีย

น้ำเสียจากโรงบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยเชียงใหม่รับน้ำเสียที่ออกมาจากบ่อเกรอะและน้ำทิ้งทั่วไปจากบ้านพัก สำนักงาน อาคารเรียนของคณะต่างๆ ในมหาวิทยาลัยทั้ง 2 พื้นที่ คือ บริเวณเชิงดอยและบริเวณสวนดอกและจะรวมน้ำเสียจากโรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ ปัจจุบันมีปริมาณน้ำเสียประมาณ 8,500 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ลักษณะน้ำเสียแสดงได้ดังตารางที่ 4.1

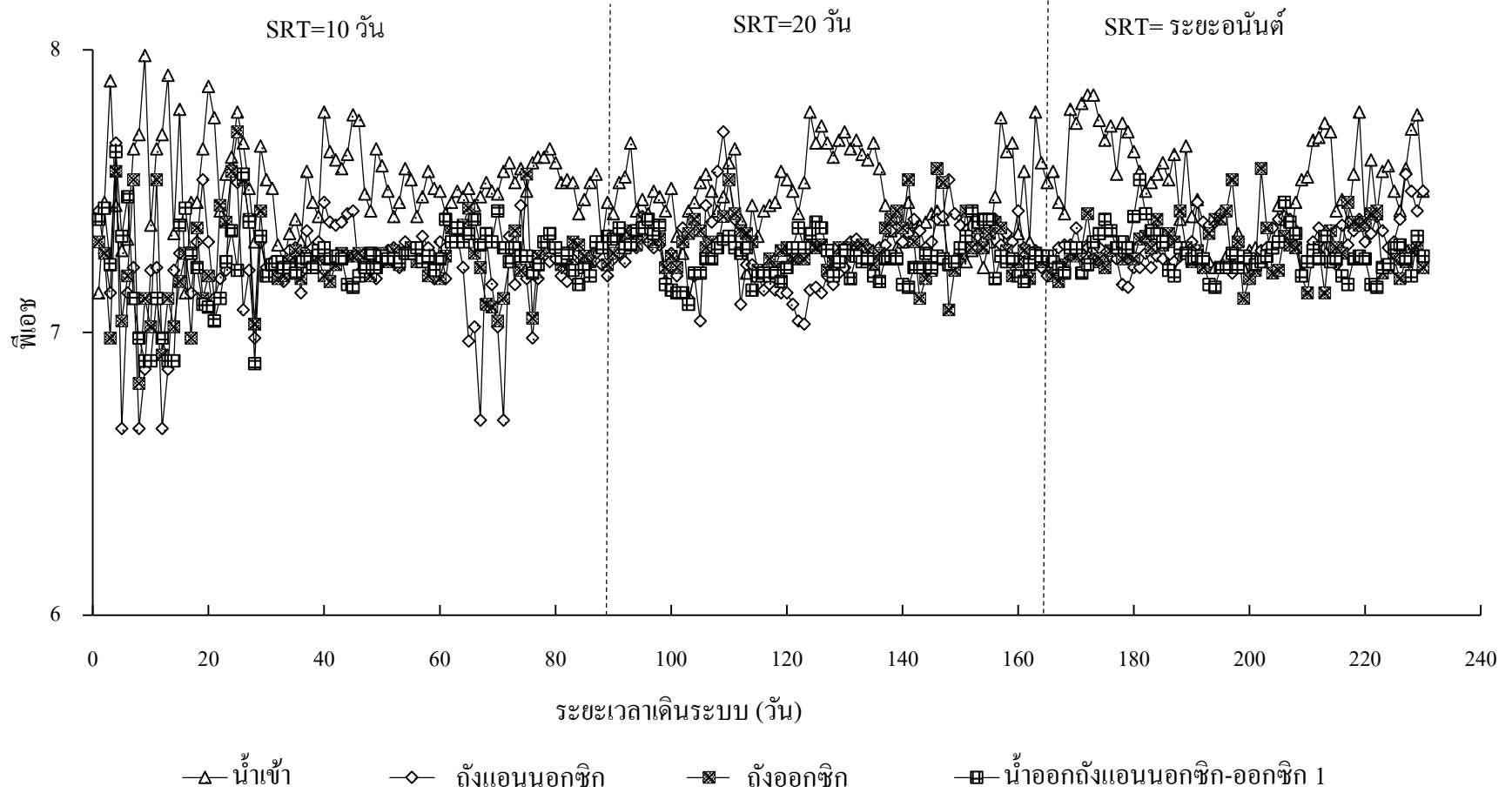
ตารางที่ 4.1 ลักษณะของน้ำเสียที่ใช้ทดลอง (n=5)

พารามิเตอร์	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	หน่วย
พีเอช	7.14-7.98	7.51 ±0.1	-
ของแข็งแขวนลอย	50-920	268.0 ±172.2	มิลลิกรัมต่อลิตร
อุณหภูมิ	20.4-33.8	28.2 ±3.1	องศาเซลเซียส
สภาพด่าง	86-176	128.5±20.2	มิลลิกรัมต่อลิตร
ซีโอดี	80-308	191.1 ±69.1	มิลลิกรัมต่อลิตร
บีโอดี	98.3-133.8	116.7±12.4	มิลลิกรัมต่อลิตร
ทีเคเอ็น	24.6-39.4	33.5±3.4	มิลลิกรัมต่อลิตร
ไนโตรเจน	0-1.8	0.4±0.4	มิลลิกรัมต่อลิตร
ไนเตรท	0-1.4	0.3 ±0.3	มิลลิกรัมต่อลิตร
ฟอสฟอรัส	1.21-1.78	1.5 ±0.2	มิลลิกรัมต่อลิตร

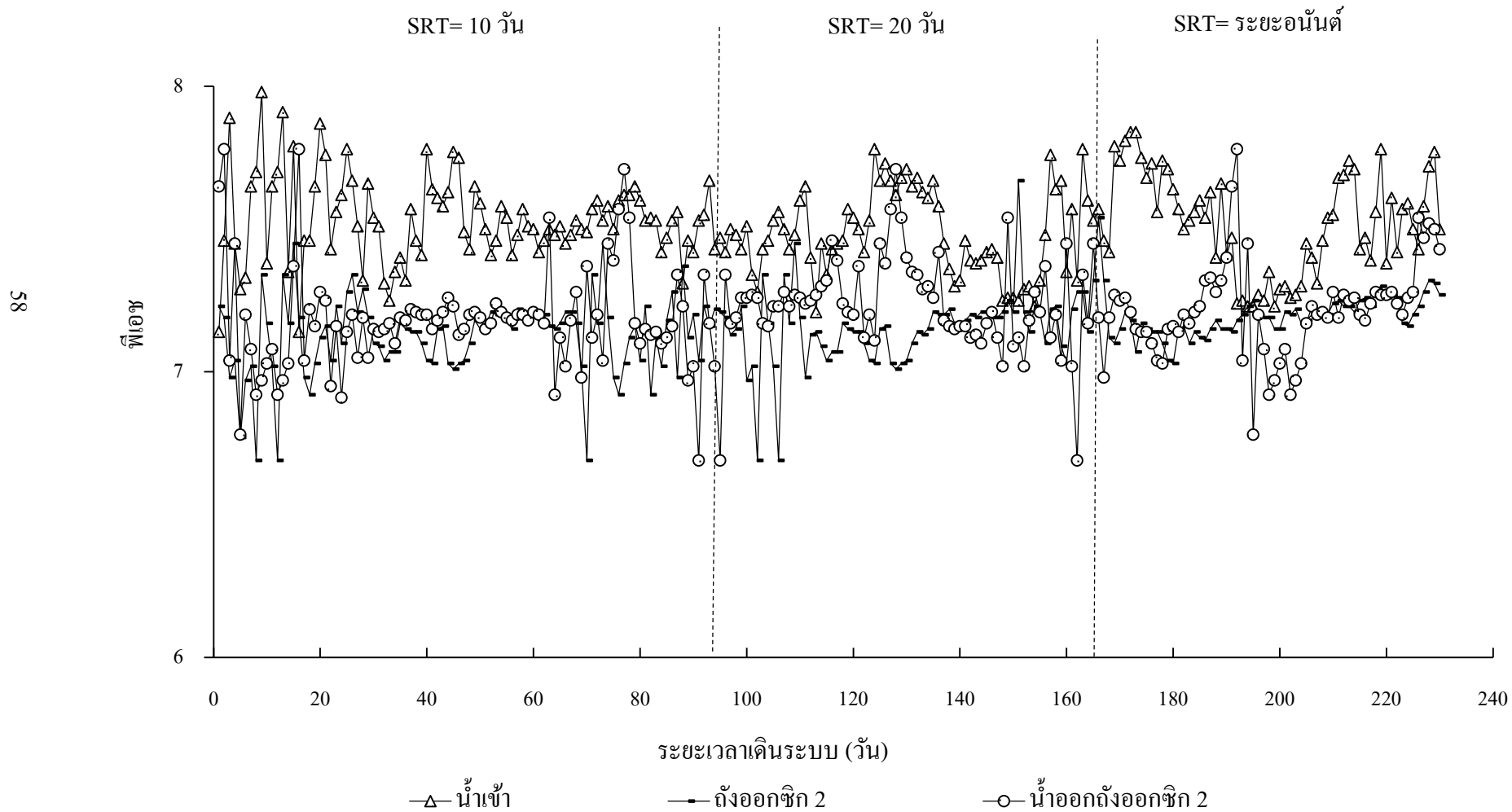
จากตารางที่ 4.1 พบว่าค่าซีโอดี บีโอดี ไนโตรเจนรวม มีค่าเกินมาตรฐาน ซึ่งค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากน้ำเสียชุมชน ต้องมีค่าบีโอดี ซีโอดีและไนโตรเจนรวมต้องไม่เกิน 20 มก/ล. 120 มก/ล.และ 20 มก/ล. ตามลำดับ (กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม) เมื่อนำไปหาอัตราส่วน BOD : TKN : P =100 : 5 : 1 เปรียบเทียบกับอัตราส่วนที่ได้จากน้ำเสียเบื้องต้น BOD : TKN : P =100 : 33 : 1.3 พบว่าน้ำเสียมีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเพียงพอในการสร้างจุลินทรีย์

4.2 ค่าพีเอช (pH) และ สภาพด่าง (Alkalinity)

กราฟแสดงค่าพีเอชของน้ำเสียของทุกๆการทดลองดังแสดงดังรูปที่ 4.1 และ 4.2



รูปที่ 4.1 ค่าพีเอชถังปฏิกรณ์แอนนออกซิก-ออกซิก 1 (ระบบ 1)

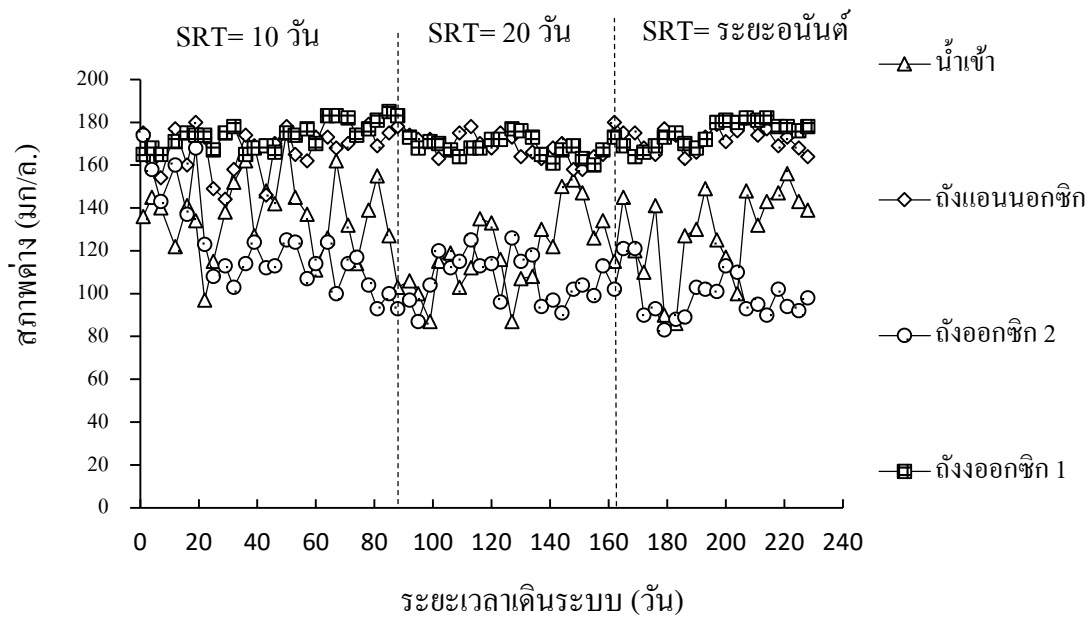


รูปที่ 4.2 ค่าพีเอสของถังปฏิกรณ์ออกซิก 2 (ระบบ 2)

ตารางที่ 4.2 ค่าพีเอชเฉลี่ยในส่วนต่างๆของการทดลอง

การทดลอง	ค่าพีเอชเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน					
	น้ำเข้า	ถังแอนน็อกซิก	ถังออกซิก 1	ถังออกซิก 2	น้ำออกถังแอนน็อกซิก-ออกซิก 1	น้ำออกถังออกซิก 2
SRT=10 วัน	7.5±0.2	7.2±0.2	7.3±0.1	7.1±0.1	7.3±0.1	7.2±0.2
SRT=20 วัน	7.5±0.1	7.3±0.1	7.3±0.1	7.1±0.1	7.3±0.1	7.2±0.1
SRT=ระยะอนันต์	7.5±0.2	7.3±0.1	7.3±0.1	7.2±0.1	7.3±0.1	7.2±0.2

จากตารางที่ 4.2 ค่าพีเอชเฉลี่ยของน้ำเสียเข้าระบบในการทดลองที่ SRT=10 วัน, SRT=20 วัน และ SRT=ระยะอนันต์ คือ 7.5 เท่ากันทั้ง 3 การทดลอง ซึ่งถือว่าน้ำมีสภาพเป็นกลาง แม้น้ำเสียจะมาจากหลากหลายอาคารสถานที่ในมหาวิทยาลัยรวมทั้งโรงพยาบาลซึ่งมีการใช้สารเคมีหลายชนิดทำให้น้ำเสียมีค่าพีเอชไม่คงที่ แต่เนื่องจากโรงบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยเชียงใหม่มีบ่อบำบัดน้ำเสียรวมซึ่งทำให้น้ำมาเจือจาง ส่งผลให้ค่าพีเอชในน้ำเสียมีค่าไม่สูงมากนัก ค่าพีเอชในถังปฏิกรณ์ในถังออกซิก 1 และออกซิก 2 (ส่วนที่เติมออกซิเจน) มีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 7.1-7.3 ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ 7.1-7.6 ซึ่งไม่เกิดการยับยั้งปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน(Liu และคณะ, 1996) ส่วนถังแอนน็อกซิกมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 7.2-7.3 ซึ่งทำให้ไม่เกิดการยับยั้งปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชัน ช่วงที่เหมาะสมที่สุดสำหรับกระบวนการไนตริฟิเคชันมากที่สุดคือช่วงระหว่างพีเอช 7-8 (Diner and Kargi,2000; Ovez,2006) ส่วนค่าพีเอชของน้ำออกทั้ง 3 การทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.2 ทั้งสามการทดลอง ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก ซึ่งกำหนดให้ต้องมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 5-9 (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม,2548)



รูปที่ 4.3 ค่าสภาพต่างในถังต่างๆ

ตารางที่ 4.3 ค่าสภาพต่างเฉลี่ยในส่วนต่างๆของทุกการทดลอง

การทดลอง	ค่าสภาพต่างเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	น้ำเข้า	ถังแอนนออกซิก	ถังออกซิก 1	ถังออกซิก 2
SRT=10 วัน	137.1±18.4	164.9±11.3	170.9±4.4	128.9±22.2
SRT=20 วัน	123.1±19.8	169.6±5.6	172.1±7.2	106.7±11.3
SRT=ระยะอนันต์	128.8±20.5	172.1±5.3	174.8±5.8	98.8±10.9

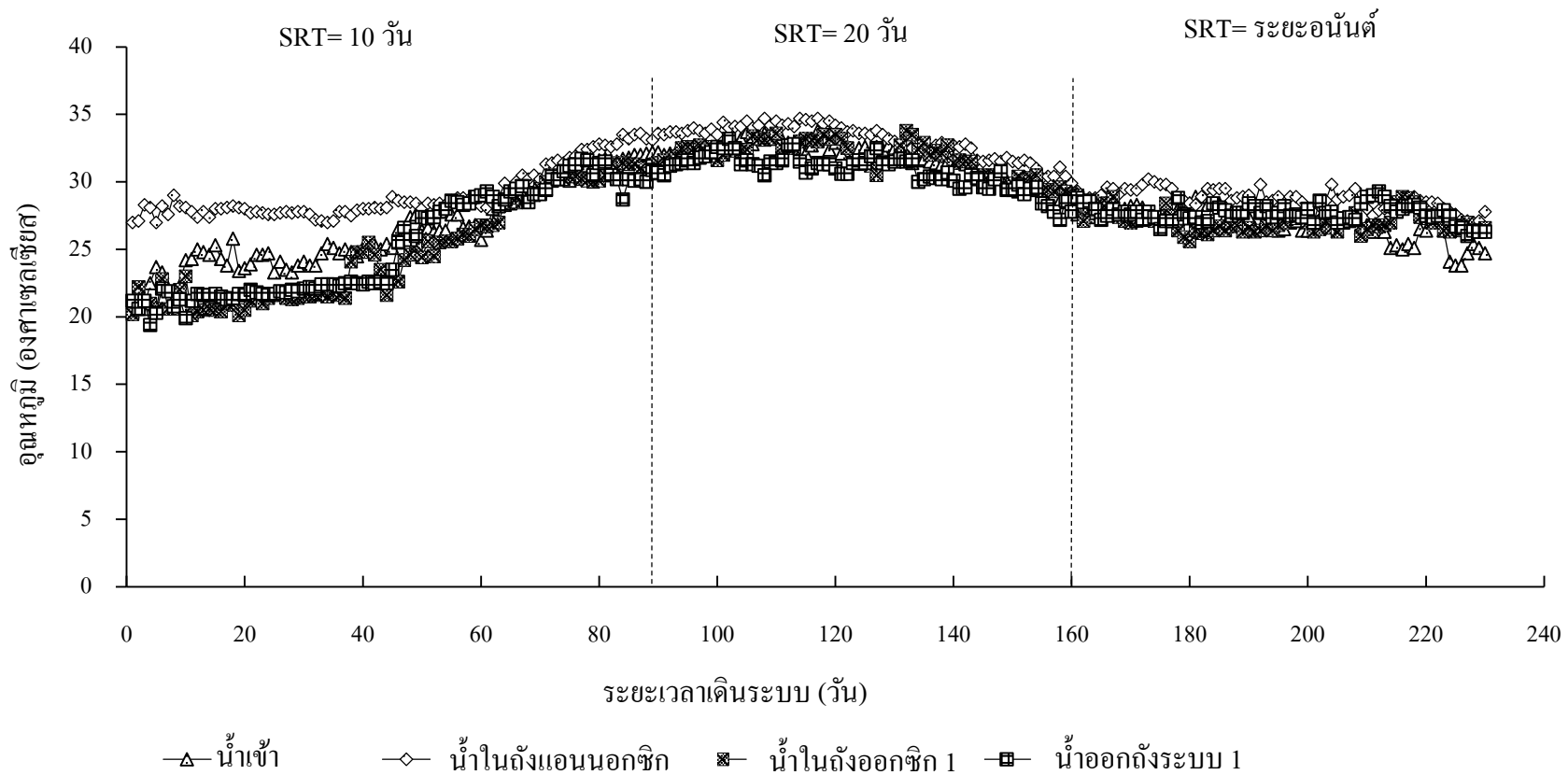
ค่าสภาพต่างอยู่ในช่วงที่เหมาะสมและเพียงพอต่อกระบวนการไนตริฟิเคชัน ในส่วนถังออกซิก 2 (ระบบ 2) สภาพต่างลดลงเนื่องจากถูกใช้ไปในปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน ส่วนในระบบ 1 ค่าสภาพต่างไม่เปลี่ยนแปลงมากนักเนื่องจาก ปฏิกิริยาคีโนไนตริฟิเคชันในถังแอนนออกซิกจะผลิตสภาพต่างคืนได้ในปริมาณครึ่งหนึ่งของสภาพต่างที่ถูกใช้ไปในปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน เมื่อค่าสภาพต่างถูกใช้ไปแต่ค่าพีเอชกลับมีค่าเพิ่มขึ้นทั้งนี้เนื่องจากการเติมออกซิเจนในระบบเสมือนการไล่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำให้ไปสู่บรรยากาศและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นี้เป็นส่วนประกอบในระบบคาร์บอนดับฟเฟอร์ เมื่อมีการไล่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกไป จึงเป็นการลดกรดคาร์บอนิกในระบบด้วย (ปรีชาวิทย์ รอดรัตน์, 2543) พีเอชจึงกลับมาเพิ่มขึ้น

4.3 อุณหภูมิ (Temp) และออกซิเจนละลาย (DO)

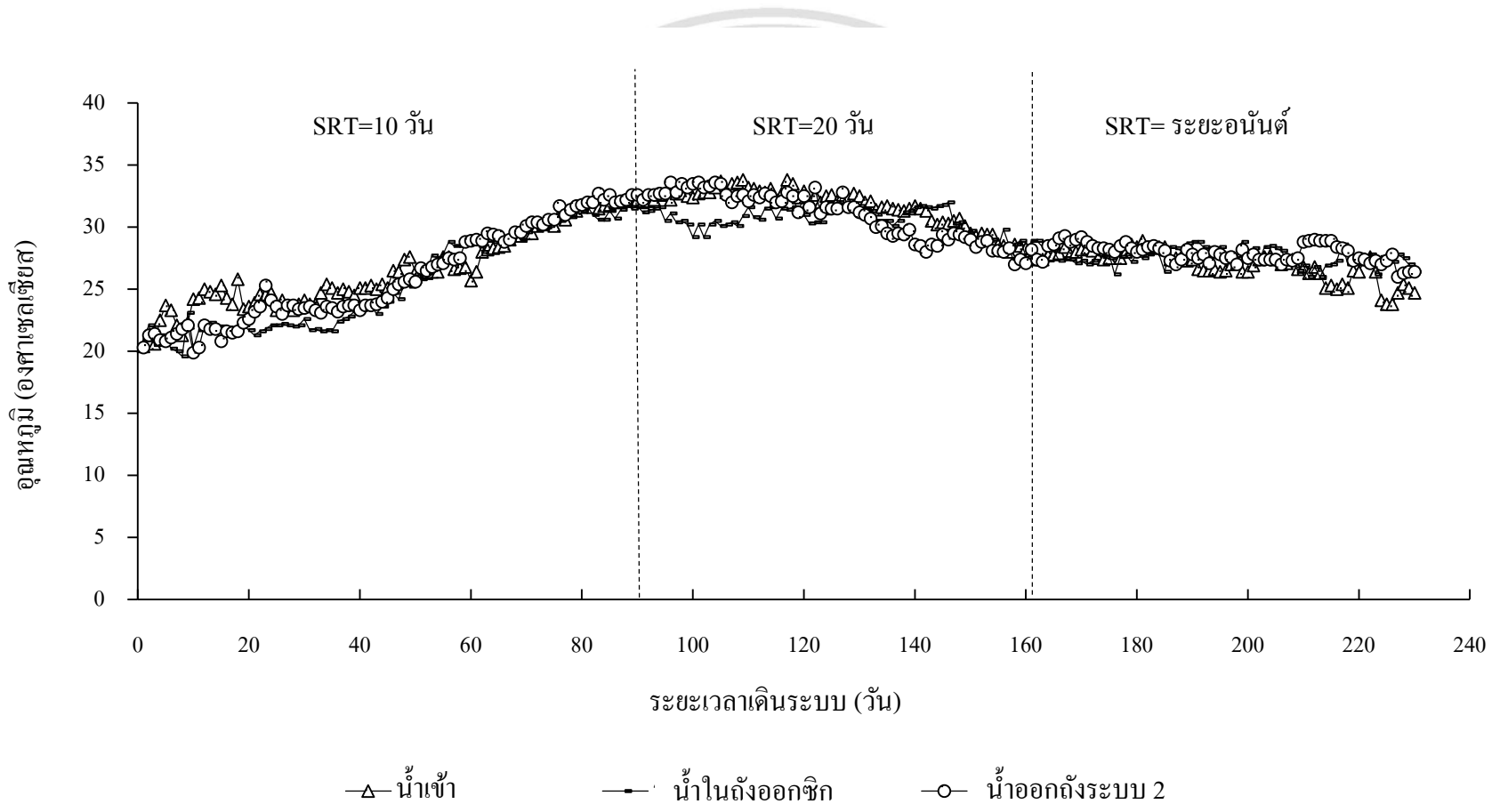
สำหรับค่าอุณหภูมิ ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลองไม่ได้มีการควบคุมอุณหภูมิ ค่าอุณหภูมิจึงเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพของบรรยากาศ ณ ขณะนั้น (เริ่มทำการทดลองเมื่อวันที่ 1/2/2559 ถึง วันที่ 17/9/2559) ดังแสดงในรูปที่ 4.4 และ 4.5 โดยที่อุณหภูมิของน้ำเสียทั้งระบบของทุกการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.4



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.4 ค่าอุณหภูมิของถังปฏิกรณ์ระบบ 1



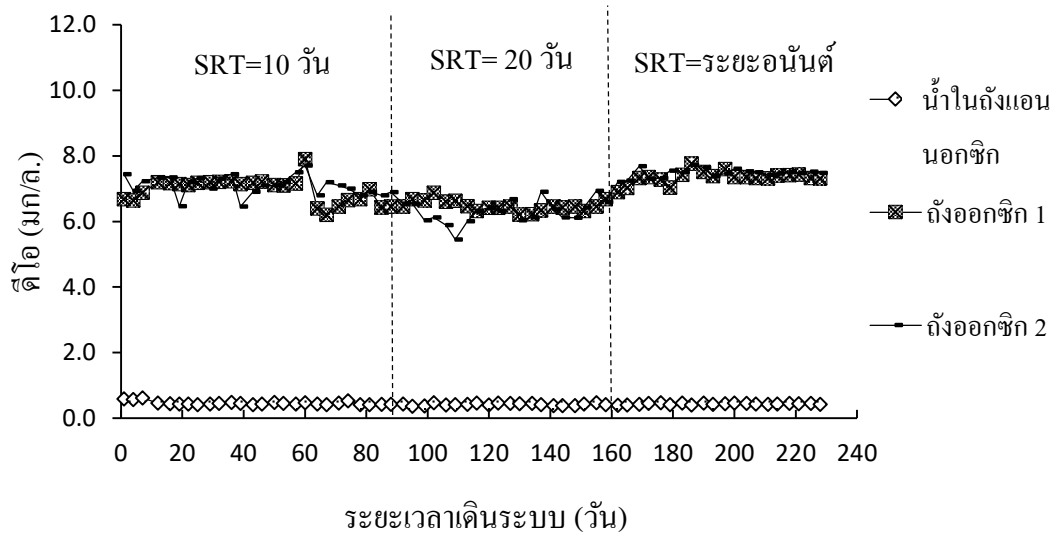
รูปที่ 4.5 ค่าอุณหภูมิของถังปฏิกรณ์ระบบ 2

ตารางที่ 4.4 ค่าอุณหภูมิในส่วนต่างๆของการทดลอง

การทดลอง	อุณหภูมิเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (องศาเซลเซียส)					
	น้ำเข้า	ถังแอนน็อกซิก	ถังออกซิก 1	ถังออกซิก 2	น้ำออกถัง ระบบ 1	น้ำออกถัง ระบบ 2
SRT=10 วัน	26.7±3.2	29.3±2.1	25.1±4.0	25.7±4.0	25.6±4.0	26.2±4.0
SRT=20 วัน	31.8±1.4	33.1±1.2	31.9±1.2	30.6±1.0	30.8±1.2	31.0±1.9
SRT=ระยะ อนันต์	27.0±1.2	28.7±0.8	27.1±0.8	27.6±0.7	27.7±0.7	27.9±0.7

จากตารางที่ 4.4 พบว่าอุณหภูมิน้ำเข้า และน้ำออกอุณหภูมิไม่แตกต่างกันมากนักเนื่องจากถูกเก็บไว้ถึงพักจึงมีอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับบรรยากาศ ส่วนในถังแอนน็อกซิกมีค่าอยู่ในช่วง 28.7-33.1 เป็นช่วงที่เหมาะสมสำหรับการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชัน โดยพบว่าอัตราการเกิดอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นเท่าตัวเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 องศา (Saleh-Lakha et al.,2009) ถังออกซิก 1 มีค่าอยู่ในช่วง 25.1-27.6และถังออกซิก 2 มีค่าอยู่ในช่วง 25.7-30.6 เหมาะแก่การเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ และพบว่าในถังปฏิกรณ์จะมีอุณหภูมิสูงกว่าบรรยากาศเล็กน้อย เนื่องจากในถังปฏิกรณ์มีอุปกรณ์เพื่อให้จุลินทรีย์ในระบบแขวนลอยอยู่ตลอดได้แก่ การกวนในถังแอนน็อกซิก และเครื่องเติมออกซิเจนในออกซิก อุปกรณ์เหล่านี้เป็นตัวนำความร้อนเข้าสู่ถังปฏิกรณ์ ส่วนน้ำออกของทั้งสองถังปฏิกรณ์อยู่ในช่วงค่ากำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก มีค่าไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส (ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 พ.ศ.2539)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.6 ปริมาณออกซิเจนละลายในถังของทุกการทดลอง

จากรูปที่ 4.6 ตลอดเวลาการทดลองนั้นอาจมีปัจจัยที่ทำให้ค่าออกซิเจนละลายลดลงต่ำกว่าปกติได้คือ

-เกิดจากการดูดซับของหัวฟูกระจายอากาศ ซึ่งเกิดจากตะกอนที่สะสมในถังเติมอากาศส่งผลให้แรงดันในการเติมลดลงและปริมาณฟองอากาศก็จะน้อยลงตามไปด้วย อย่างไรก็ตามการลดลงของปริมาณออกซิเจนในกรณีนี้ ไม่ได้ส่งผลกระทบต่อระบบมากนัก

-ในช่วงวันที่ 80-150 วันของการเดินระบบ พบว่าอุณหภูมิในน้ำเฉลี่ยสูงถึง 30 องศาเซลเซียส ทำให้ค่าออกซิเจนละลายลดลงเล็กน้อย แต่ก็ไม่ได้ส่งผลกระทบต่อระบบมากนัก

สำหรับค่าออกซิเจนละลายในถังออกซิก 1 และถังแอนนอกซิก 2 ทั้งสามการทดลองมีค่าออกซิเจนละลายที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ โดย Metcalf and Eddy (1991) ได้กำหนดไว้ว่าในถังเติมอากาศต้องมีปริมาณออกซิเจนละลายไม่ต่ำกว่า 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนถังแอนนอกซิกทั้งสามการทดลองมีค่าออกซิเจนละลายที่น้อยมากเฉลี่ยอยู่ที่ 0.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเหมาะแก่กระบวนการไนตริฟิเคชัน (Painter, 1983) ค่าเฉลี่ยของออกซิเจนละลายเฉลี่ยในถังปฏิกรณ์แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่าปริมาณออกซิเจนละลายเฉลี่ยในถังปฏิกรณ์

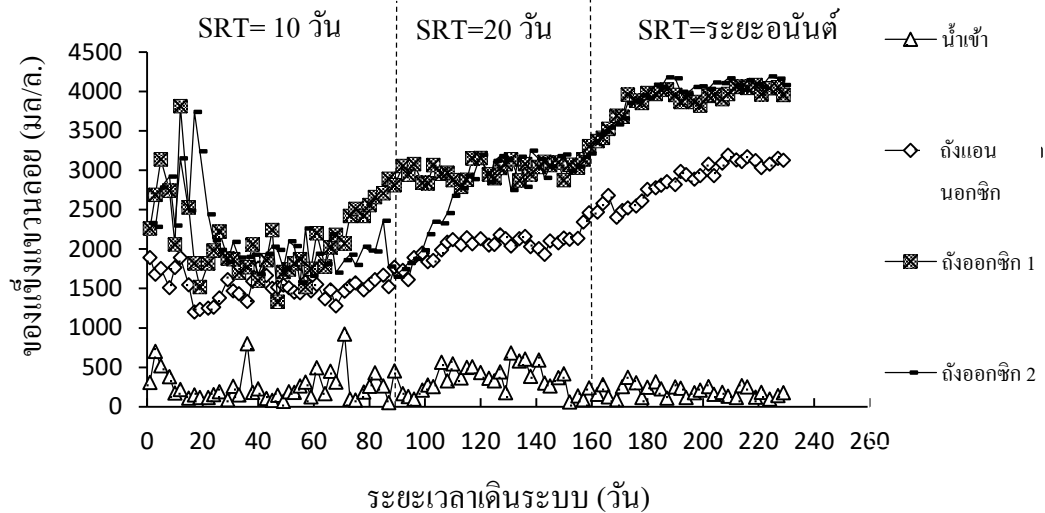
การทดลอง	ค่าปริมาณออกซิเจนละลายเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (มิลลิกรัมต่อลิตร)		
	น้ำในถังแอนน็อกซิก	น้ำในถังออกซิก 1	น้ำในถังออกซิก 2
SRT=10 วัน	0.5±0.1	6.9±0.4	7.1±0.3
SRT=20 วัน	0.4±0.0	6.5±0.2	6.3±0.4
SRT=ระยะอนันต์	0.4±0.0	7.3±0.2	7.5±0.1

4.6 ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย (MLSS)

ตารางที่ 4.6 ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยในถังปฏิกรณ์ในช่วงสภาวะสมดุล

การทดลอง	ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	น้ำเข้า	ถังแอนน็อกซิก	ถังออกซิก 1	ถังออกซิก 2
SRT=10 วัน	303±205	2273±90	2166±358	1940±213
SRT=20 วัน	397±168	2983±121	3019±88	3050±159
SRT=ระยะอนันต์	198±74	4452±133	3965±71	4059±92

จากตารางที่ 4.6 ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยของน้ำเสียเข้ามีค่าไม่มากนัก เนื่องจากจุดที่ไปเก็บน้ำตัวอย่างผ่านตะแกรงและรางดักทราย ที่การทดลองที่ SRT= 10 วัน ถังแอนน็อกซิก ถังออกซิก 1 และถัง ออกซิก 2 มีค่าใกล้เคียงกัน กล่าวคือช่วงแรกๆเมื่อเริ่มการทดลองค่า MLSS มีค่าไม่คงที่ เนื่องจากเป็นช่วงที่กำลังเริ่มต้นระบบและมีการดีดตะกอนออกอย่างสม่ำเสมอ (1.5 ลิตรต่อวัน) จนเมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่งจะค่อนข้างคงที่ ส่วนที่ SRT=20 วัน ค่า MLSS ไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงมากนักเนื่องจากมีการดีดตะกอนน้อยลง (0.75 ลิตรต่อวัน) ทำให้ค่า MLSS มีความเข้มข้นสูงขึ้นกว่าเดิม สำหรับที่ SRT=ระยะอนันต์ ค่า MLSS มีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆจนถึงค่าประมาณ 4000 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากไม่มีการถ่ายเทตะกอนออกเลย ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยแสดงได้ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ค่าปริมาณ MLSS ของแต่ละถัง

ในการทดลองยังได้มีการตรวจหาค่าของแข็งแขวนลอยระเหย (MLVSS) ของระบบ เพื่อหาอัตราส่วนของมวลจุลินทรีย์เมื่อเทียบกับมวลของแข็งแขวนลอยหรือ MLVSS/MLSS จากผลการทดลองที่ SRT=10 วันพบว่าอัตราส่วน MLVSS/MLSS ในถังปฏิกรณ์มีค่าประมาณ 0.59-0.67 ที่ SRT= 20 วัน มีค่าประมาณ 0.71-0.74 และที่ SRT=ระยะอนันต์มีค่าประมาณ 0.62-0.66 ซึ่งมีค่าค่อนข้างน้อยเนื่องจากการสะสมตัวของของแข็ง รายละเอียดดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 อัตราส่วน MLVSS/MLSS ในช่วงสภาวะสมดุลในถังปฏิกรณ์

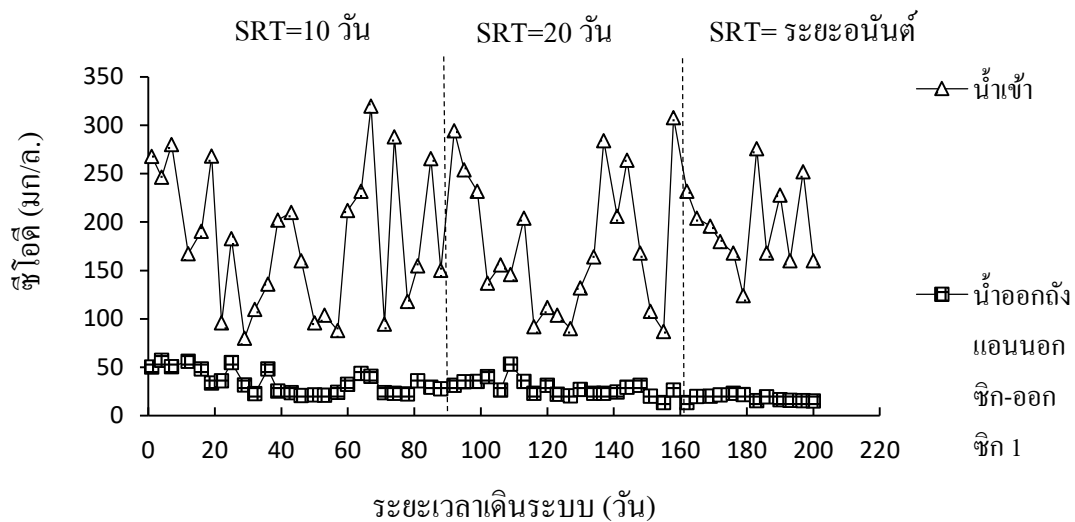
การทดลอง	อัตราส่วน MLVSS/MLSS เฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	น้ำเข้า	ถังแอนนอกซิก	ถังออกซิก 1	ถังออกซิก 2
SRT=10 วัน	0.58±0.46	0.53±0.07	0.62±0.10	0.67±0.08
SRT=20 วัน	0.49±0.13	0.57±0.05	0.73±0.04	0.71±0.04
SRT=ระยะอนันต์	0.38±0.09	0.61±0.05	0.66±0.03	0.66±0.03

จากตารางที่ 4.7 พบว่าค่า MLSS และ MLVSS ของส่วนต่างๆในถังปฏิกรณ์มีค่าไม่เท่ากัน ซึ่งในส่วนถังออกซิก (เติมออกซิเจน) จะมีค่าสูงกว่าถังแอนนอกซิก ทั้งนี้เกี่ยวข้องกับกลไกการกำจัดชีโอดี ซึ่งในส่วนถังแอนนอกซิกจุลินทรีย์ในระบบจะดึงสารอินทรีย์คาร์บอนภายนอกเซลล์มาเก็บสะสมไว้ในเซลล์ ในอัตราที่สูงกว่าการนำไปใช้ในการสังเคราะห์เซลล์ (Dionisi และคณะ,2001) ทำให้ในส่วนแอนนอก

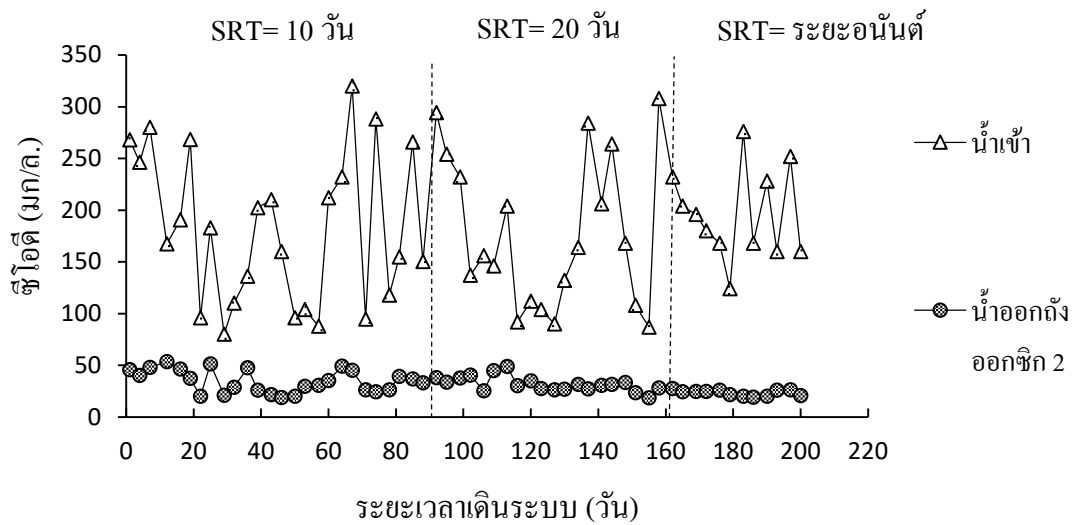
ซึ่งมีอัตราการสังเคราะห์เซลล์ที่ต่ำ ซึ่งในส่วนที่เติมออกซิเจนจุลชีพที่เก็บกักสารอินทรีย์คาร์บอนไว้ จึงจะใช้สารอินทรีย์คาร์บอนที่สะสมไว้ในการสังเคราะห์เซลล์ ดังนั้นการเจริญเติบโตของจุลชีพในระบบส่วนใหญ่จึงเกิดขึ้นในส่วนเติมออกซิเจน

4.5 ค่าซีโอดี (COD) และค่าคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ (DOC)

ค่าซีโอดีของน้ำเสียเข้าถังมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ก่อนข้างไม่คงที่ เนื่องจากน้ำเสียที่ในการทดลองเป็นน้ำเสียจริง อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาพบว่าระบบสามารถรองรับค่าซีโอดีที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ดีทั้งถังแอนน็อกซิก-ออกซิก 1 และถังออกซิก 2 ดังแสดงในรูปที่ 4.8 และ 4.9



รูปที่ 4.8 ค่าซีโอดีก่อนเข้าถังของระบบ 1 และน้ำออกจากถังระบบ 1
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

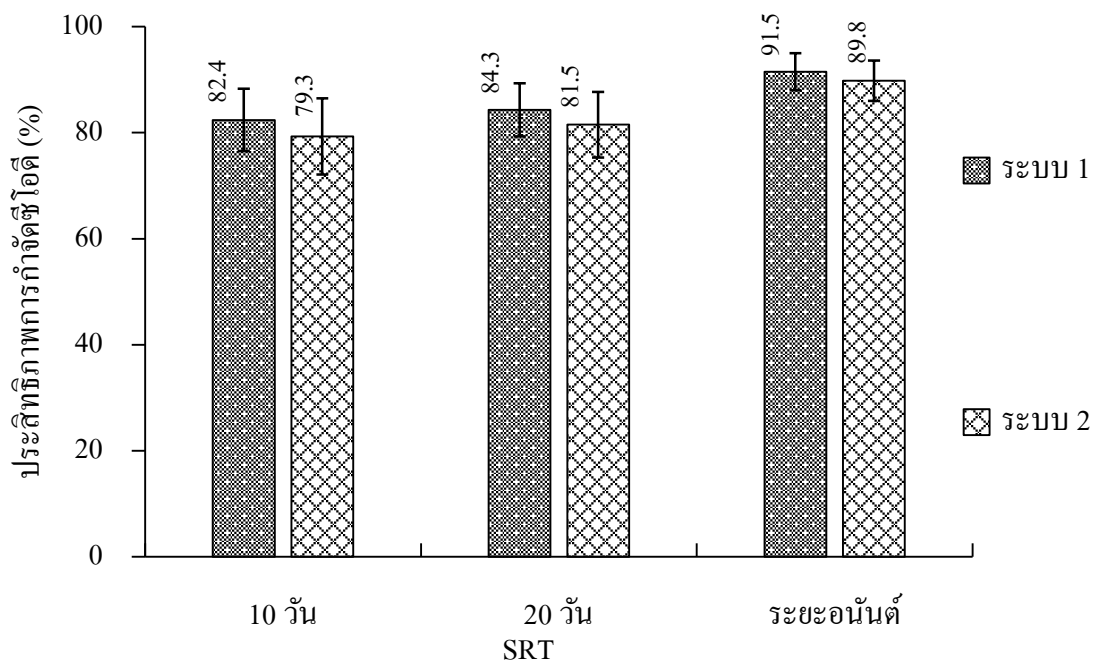


รูปที่ 4.9 ค่าซีโอดีก่อนเข้าถังระบบ 2 และน้ำออกจากถังระบบ 2

ตารางที่ 4.8 ค่าของซีโอดีเฉลี่ยของระบบในช่วงสภาวะสมดุล

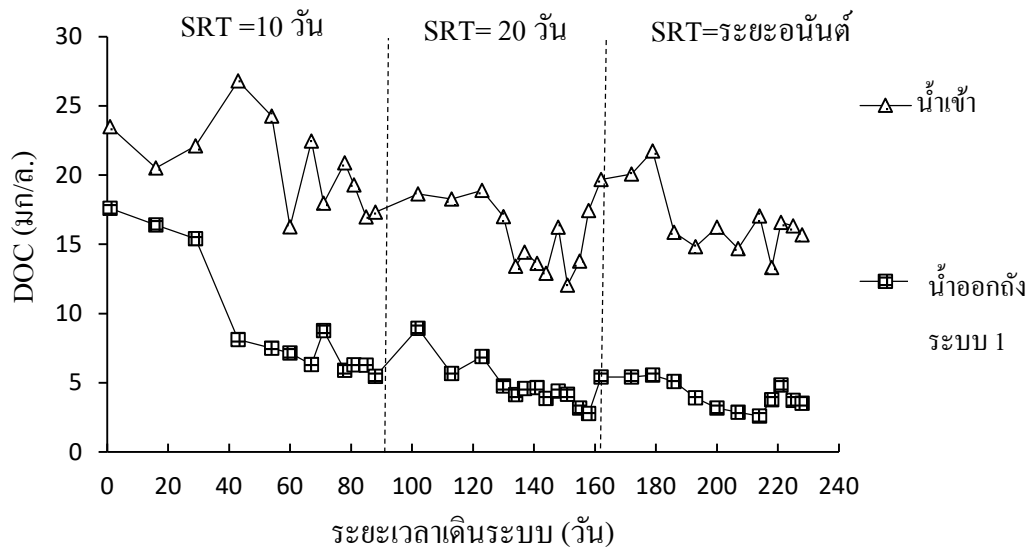
การทดลอง	ค่าซีโอดีเฉลี่ยช่วงสภาวะสมดุล±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (มิลลิกรัมต่อลิตร)		
	น้ำเข้า	น้ำออกถังระบบ 1	น้ำออกถังระบบ 2
SRT=10 วัน	201.8±89.9	28.9±8.9	29.3±10.7
SRT=20 วัน	174.1±76.8	28.9±5.1	30.5±3.7
SRT=ระยะอนันต์	218.2±59.3	17.4±4.1	21.2±4.2

จากตารางที่ 4.8 การทดลองที่ SRT= 10 วัน มีค่าซีโอดีเฉลี่ยเมื่อเข้าสู่สภาวะสมดุล (วันที่ 53 เป็นต้นไป) น้ำเข้ามีค่าเท่ากับ 201.8 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกถังแอนนออกซิก-ออกซิก 1 เท่ากับ 28.9 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำออกถังออกซิก 2 เท่ากับ 29.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ SRT= 20 วัน มีค่าซีโอดีเฉลี่ยเมื่อเข้าสู่สภาวะสมดุล น้ำเข้ามีค่าเท่ากับ 174.1 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกถังแอนนออกซิก-ออกซิก 1 เท่ากับ 28.9 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำออกถังออกซิก 2 เท่ากับ 30.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ SRT= ระยะอนันต์ มีค่าซีโอดีเฉลี่ยเมื่อเข้าสู่สภาวะสมดุล (วันที่ 173 เป็นต้นไป) น้ำเข้ามีค่าเท่ากับ 218.2 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกถังแอนนออกซิก-ออกซิก 1 เท่ากับ 17.4 มิลลิกรัมต่อลิตรและน้ำออกถังออกซิก 2 เท่ากับ 21.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

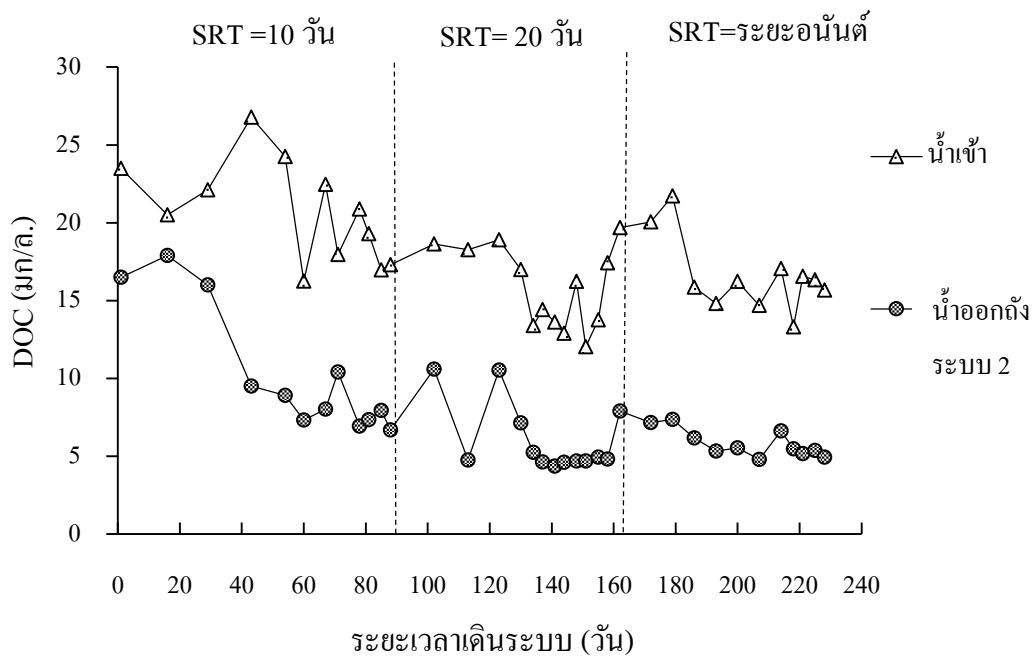


รูปที่ 4.10 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังระบบ 1 และถังระบบ 2

จากรูปที่ 4.10 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังแอนน็อกซิก-ออกซิก 1 และถังออกซิก 2 ที่ SRT=10 วันจะเห็นได้ว่าที่ SRT=10 วันที่ค่าเท่ากับ 82.4% กับ 79.3 %ตามลำดับ ส่วนที่ SRT=20 วันมีค่าเท่ากับ 84.3% กับ 81.5% ตามลำดับ ที่ SRT= ระยะอนันต์ มีค่าเท่ากับ 91.5% กับ 89.8% ตามลำดับ ค่าซีโอดีที่หายไปทั้งสามการทดลอง เกิดจากเปลี่ยนรูปของสารอินทรีย์ไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ทางชีวภาพ โดยสารอินทรีย์จะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และเซลล์จุลชีพ โดยเฉพาะระบบปฏิกรณ์ชีวภาพเมมเบรนซึ่งมีการทิ้งสลัดจ์ส่วนเกินออกจากระบบน้อยกว่าระบบบำบัดแบบทั่วไป ทำให้สารอินทรีย์ที่ถูกใช้ในการสังเคราะห์เซลล์มีค่าต่ำกว่า ดังนั้นซีโอดีที่หายไปส่วนใหญ่จึงเกิดจากการเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีไม่ถูกกำจัดเนื่องจากการถ่ายเทสลัดจ์ที่ลดลง สอดคล้องกับ Wagner และ Rosenwinkel (2000) ซึ่งทดลองระบบถังปฏิกรณ์ชีวภาพเมมเบรนโดยไม่ทิ้งสลัดจ์ส่วนเกินเป็นเวลา 1 ปี พบว่าสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) ในน้ำเสียถูกย่อยสลายโดยจุลชีพในระบบและออกถูกกำจัดโดยเปลี่ยนไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ซีโอดีบางส่วนยังถูกใช้ไปในปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันที่เกิดขึ้นในถังแอนน็อกซิก ซีโอดีถูกรีดิวซ์ในตรงไปเป็นก๊าซไนโตรเจน



รูปที่ 4.11 ค่าคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำของน้ำเข้าถังและน้ำออกจากถังระบบ 1

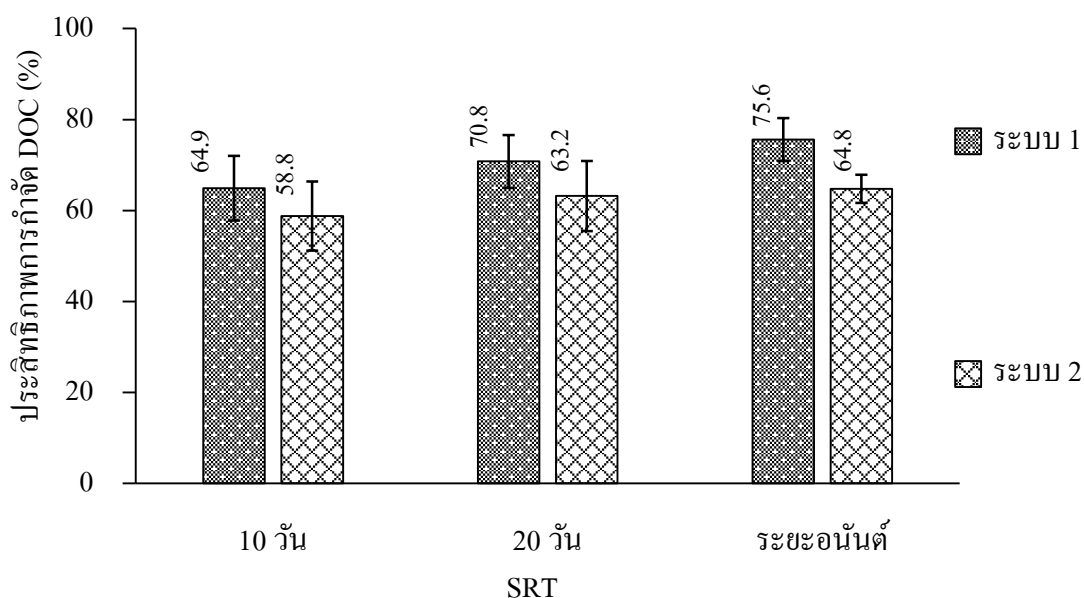


รูปที่ 4.12 ค่าคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำของน้ำเข้าถังและน้ำออกจากถังระบบ 2

ตารางที่ 4.9 ค่าของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำเฉลี่ยของระบบในช่วงสภาวะสมดุล

การทดลอง	ค่าดีไอซีเฉลี่ยช่วงสภาวะสมดุล±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (มิลลิกรัมต่อลิตร)		
	น้ำเข้า	น้ำออกถึงระบบ 1	น้ำออกถึงระบบ 2
SRT=10 วัน	20.4±3.3	7.7±2.7	8.9±2.6
SRT=20 วัน	15.6±2.4	4.8±1.6	5.9±2.2
SRT=ระยะอนันต์	16.8±2.4	4.2±1.0	6.0±1.0

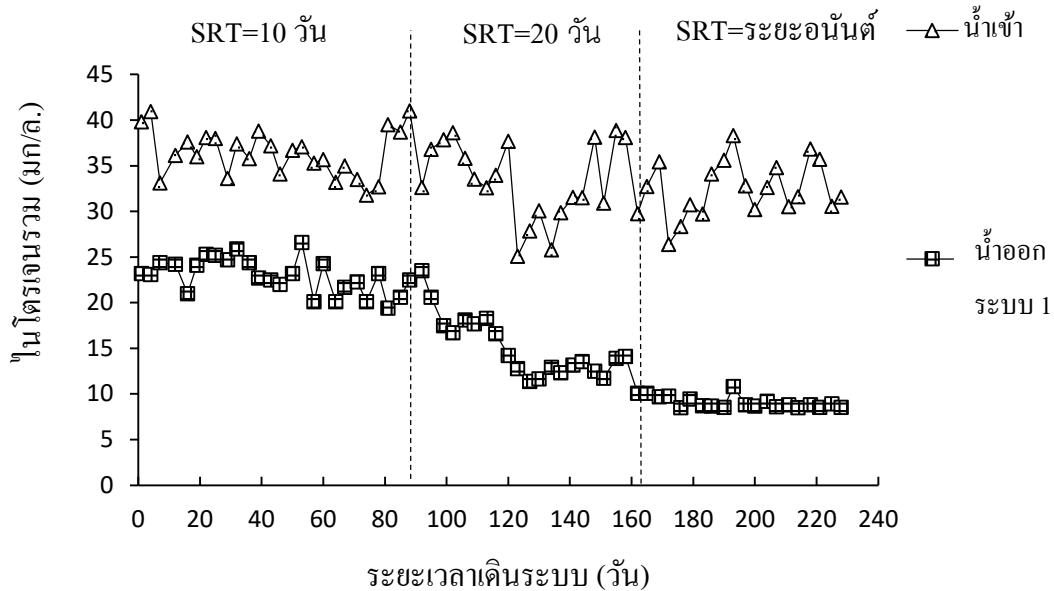
จากตารางที่ 4.9 การทดลองที่ SRT= 10 วัน มีค่าคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำเฉลี่ยเมื่อเข้าสู่สภาวะสมดุล น้ำเข้ามีค่าเท่ากับ 20.4 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกถึงแอนนออกซิก-ออกซิก 1 เท่ากับ 7.7 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำออกถึงออกซิก 2 เท่ากับ 8.9 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ SRT= 20 วัน มีค่าคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำเฉลี่ยเมื่อเข้าสู่สภาวะสมดุล น้ำเข้ามีค่าเท่ากับ 15.6 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกถึงแอนนออกซิก-ออกซิก 1 เท่ากับ 4.8 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำออกถึงออกซิก 2 เท่ากับ 5.9 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ SRT= ระยะอนันต์ มีค่าคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำเฉลี่ยเมื่อเข้าสู่สภาวะสมดุล น้ำเข้ามีค่าเท่ากับ 16.8 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกถึงแอนนออกซิก-ออกซิก 1 เท่ากับ 4.2 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำออกถึงออกซิก 2 เท่ากับ 6.0 มิลลิกรัมต่อลิตร



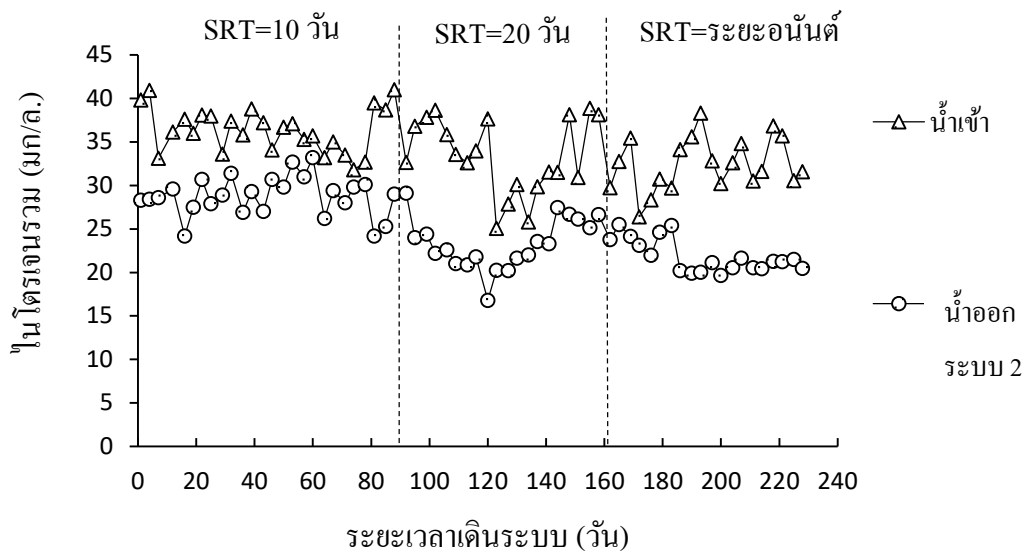
รูปที่ 4.13 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำของถังระบบ 1 และถังระบบ 2

จากรูปที่ 4.13 ประสิทธิภาพการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำของถังแวนออกซิก-ออกซิก 1 และ ถังออกซิก 2 จะเห็นได้ว่าที่ SRT=10 วันที่มีค่าเท่ากับ 64.9% กับ 58.8% ตามลำดับ ส่วนที่ SRT=20 วัน มีค่าเท่ากับ 70.8% กับ 63.2% ตามลำดับ ที่ SRT=ระยะอนันต์ มีค่าเท่ากับ 75.6% กับ 64.8% พบว่า แนวโน้มประสิทธิภาพการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุสลัดจ์ที่เพิ่มขึ้น จะเห็นได้ว่าที่ SRT=ระยะอนันต์ มีประสิทธิภาพการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำสูงสุดทั้งถังแวนออกซิก-ออกซิก 1 และถังออกซิก 2 ซึ่งถังแวนออกซิก-ออกซิก 1 จะสามารถกำจัดสารอินทรีย์ละลายน้ำได้ดีกว่าเนื่องจากถังแวนออกซิก-ออกซิก มีการเวียนสลัดจ์ซึ่งมีค่าแนวโน้มไปในทางเดียวกับค่าซีไอดี

4.6 ค่าไนโตรเจน



รูปที่ 4.14 ค่าไนโตรเจนรวมของน้ำเข้าและน้ำออกระบบ 1



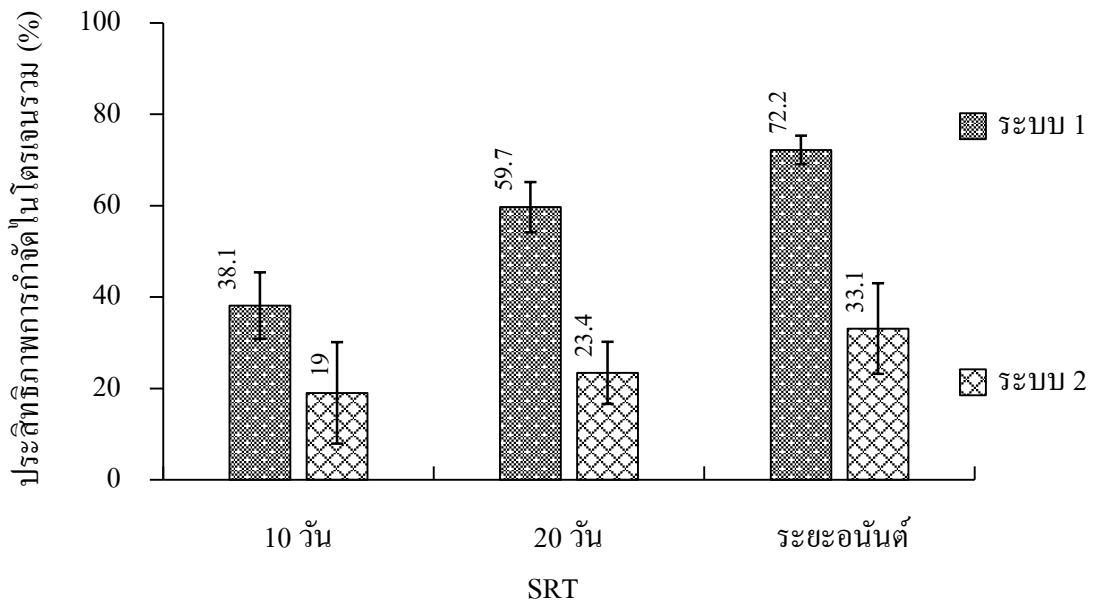
รูปที่ 4.15 ค่าไนโตรเจนรวมของน้ำเข้าและน้ำออกระบบ 2

ตารางที่ 4.10 ค่าไนโตรเจนรวมเฉลี่ยของระบบในช่วงสภาวะสมดุล

การทดลอง	ค่าไนโตรเจนรวมเฉลี่ยช่วงสภาวะสมดุล±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (มิลลิกรัมต่อลิตร)		
	น้ำเข้า	น้ำออกถังระบบ 1	น้ำออกถังระบบ 2
SRT=10 วัน	35.5±2.9	22.0±2.0	29.0±2.6
SRT=20 วัน	31.6±4.6	12.7±0.9	23.9±2.5
SRT=ระยะอนันต์	32.4±3.1	8.9±0.6	21.4±1.6

จากตารางที่ 4.10 การทดลองที่ SRT= 10 วัน มีค่าไนโตรเจนรวมเฉลี่ยเมื่อเข้าสู่สภาวะสมดุล น้ำเข้ามีค่าเท่ากับ 35.5 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกถังแอนนออกซิก-ออกซิก 1 เท่ากับ 22.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำออกถังออกซิก 2 เท่ากับ 29.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ SRT= 20 วัน มีค่าไนโตรเจนรวมเฉลี่ยเมื่อเข้าสู่สภาวะสมดุล น้ำเข้ามีค่าเท่ากับ 31.6 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกถังแอนนออกซิก-ออกซิก 1 เท่ากับ 12.7 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำออกถังออกซิก 2 เท่ากับ 23.9 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ SRT= ระยะอนันต์ มีค่าไนโตรเจนรวมเฉลี่ยเมื่อเข้าสู่สภาวะสมดุล น้ำเข้ามีค่าเท่ากับ 32.4 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกถังแอน

นอกซิก-ออกซิก 1 เท่ากับ 8.9 มิลลิกรัมต่อลิตร

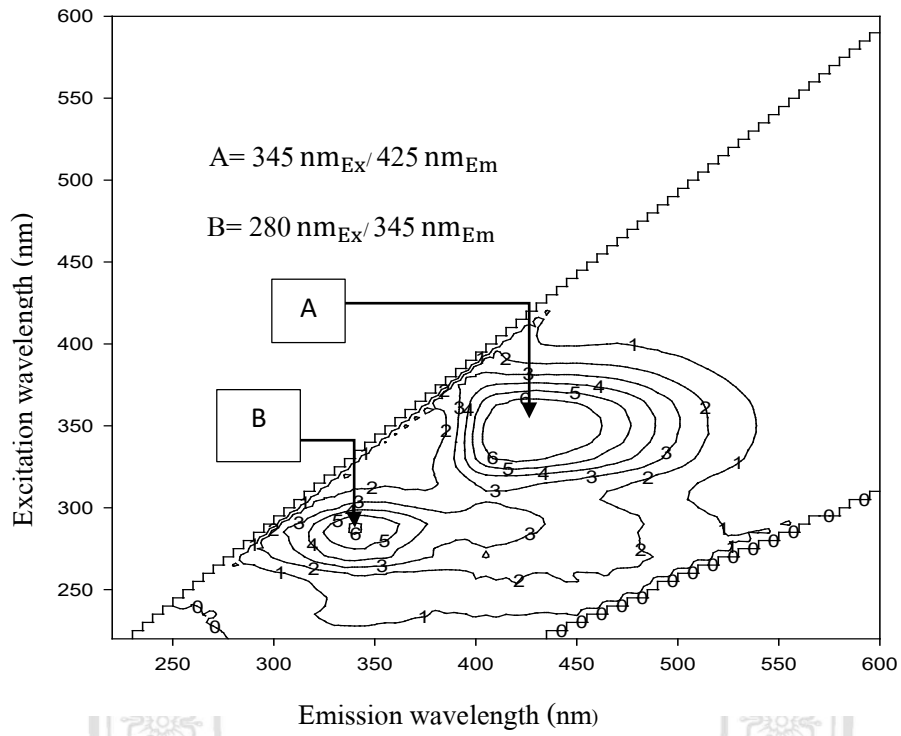


รูปที่ 4.16 ประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนของถังระบบ 1 และถังระบบ 2

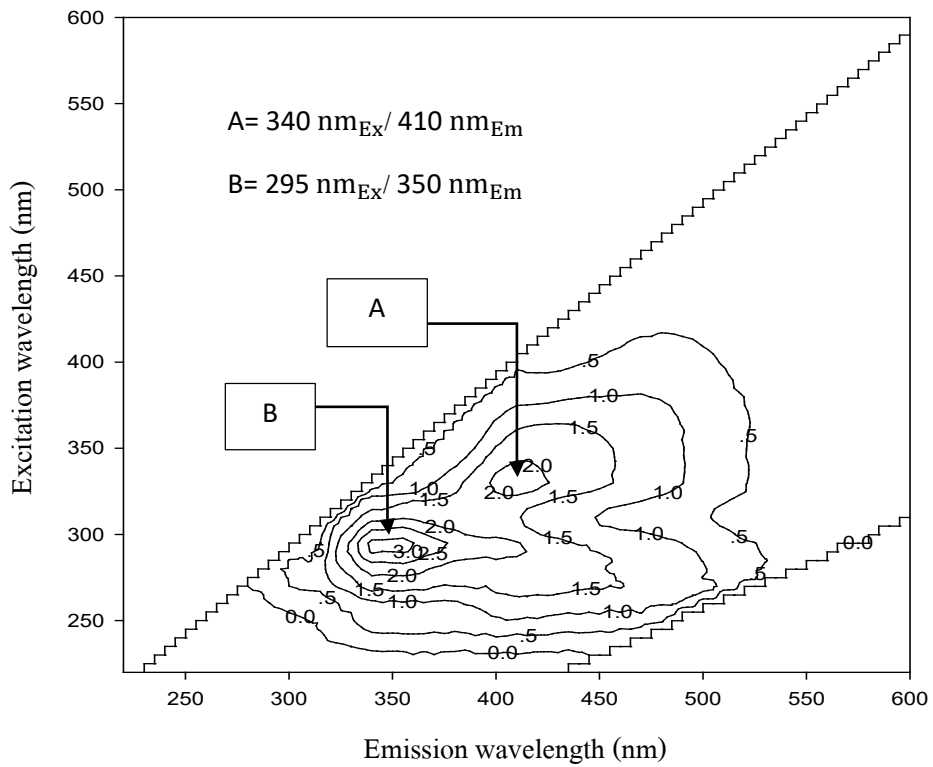
จากรูปที่ 4.16 ประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนรวมของถังแอนนออกซิก-ออกซิก 1 และถังออกซิก 2 จะเห็นได้ว่าที่ SRT=10 วันที่มีค่าเท่ากับ 38.1% กับ 19.0% ตามลำดับ ส่วนที่ SRT=20 วันมีค่าเท่ากับ 59.7% กับ 23.4% ตามลำดับ ที่ SRT= ระยะอนันต์ มีค่าเท่ากับ 72.2% กับ 33.1% พบว่าแนวโน้มประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุสัปดาห์ที่เพิ่มขึ้น และถังแอนนออกซิก-ออกซิกจะกำจัดไนโตรเจนได้ดีกว่า เนื่องจากถังแอนนออกซิกเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันทำให้ไนเตรทไนโตรเจนถูกรีดิวซ์ไปเป็นก๊าซไนโตรเจน ส่วนถังออกซิก 2 เกิดการกำจัดไนโตรเจนเพียงเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Fan และคณะ ซึ่งใช้เพียงถังเติมออกซิเจนเพียงใบเดียวจึงไม่สามารถกำจัดไนเตรทไนโตรเจนที่เกิดจากปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันได้

4.7 ฟลูออเรสเซนซ์สเปกโตรสโคปี (FEEM)

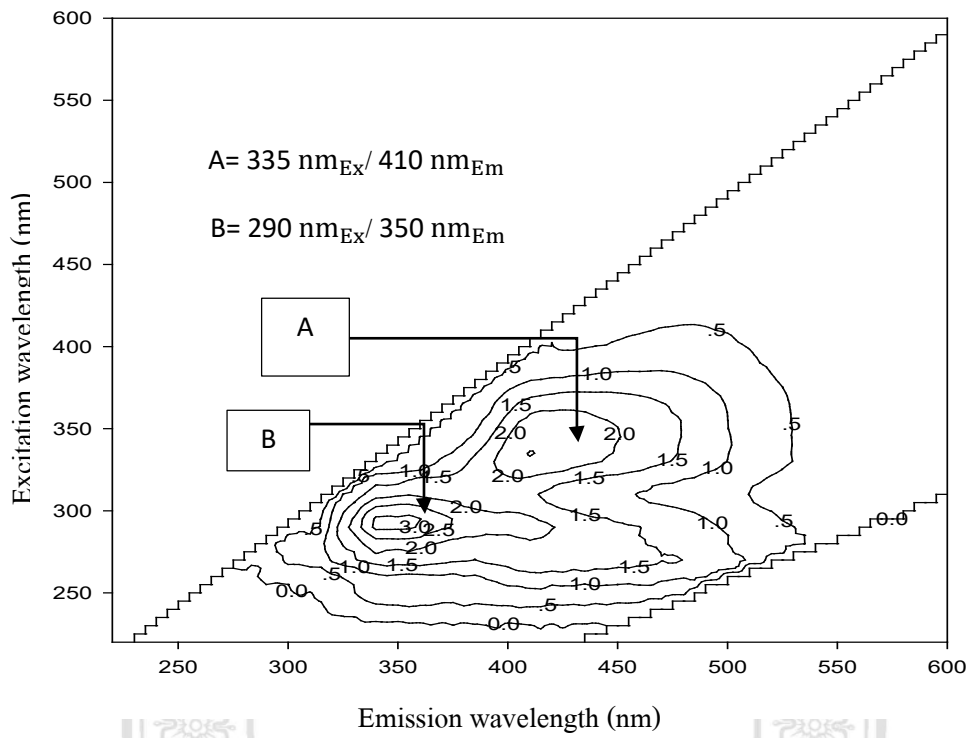
เมื่อนำน้ำเสียก่อนเข้าถังและน้ำที่ออกจากในถังปฏิกรณ์ชีวภาพเมมเบรนแบบออกซิกและแอนนออกซิก-ออกซิกและในถังปฏิกรณ์ชีวภาพเมมเบรนแบบออกซิก มาวิเคราะห์ค่า FEEM ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในรูปที่ 4.17-4.25



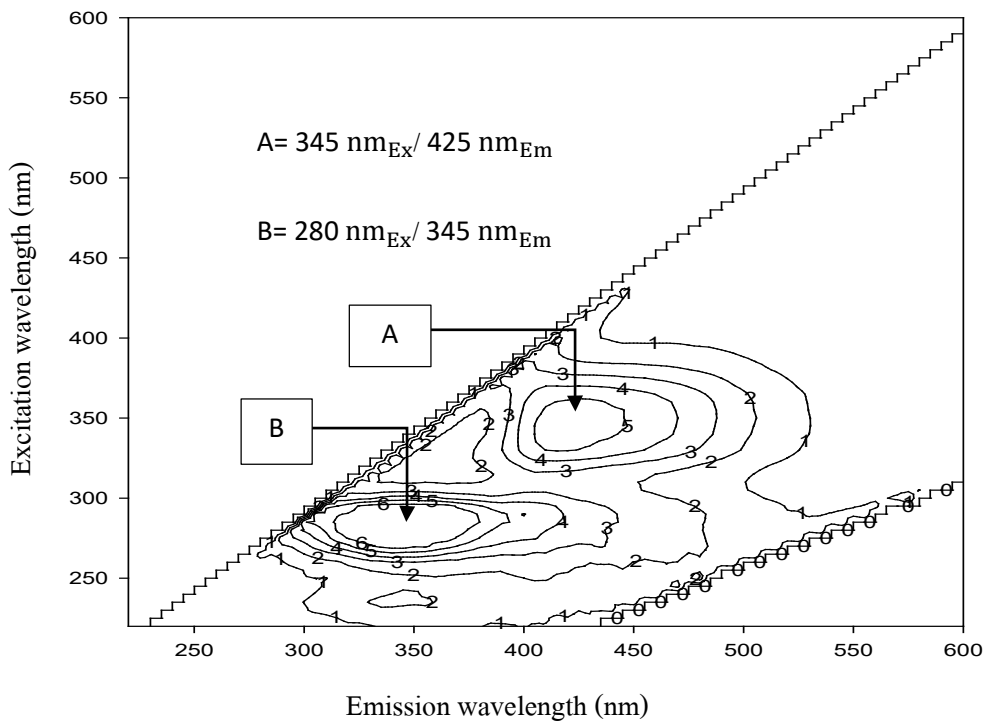
รูปที่ 4.17 ค่า FEEM ของน้ำก่อนเข้าถัง ที่ SRT= 10 วัน



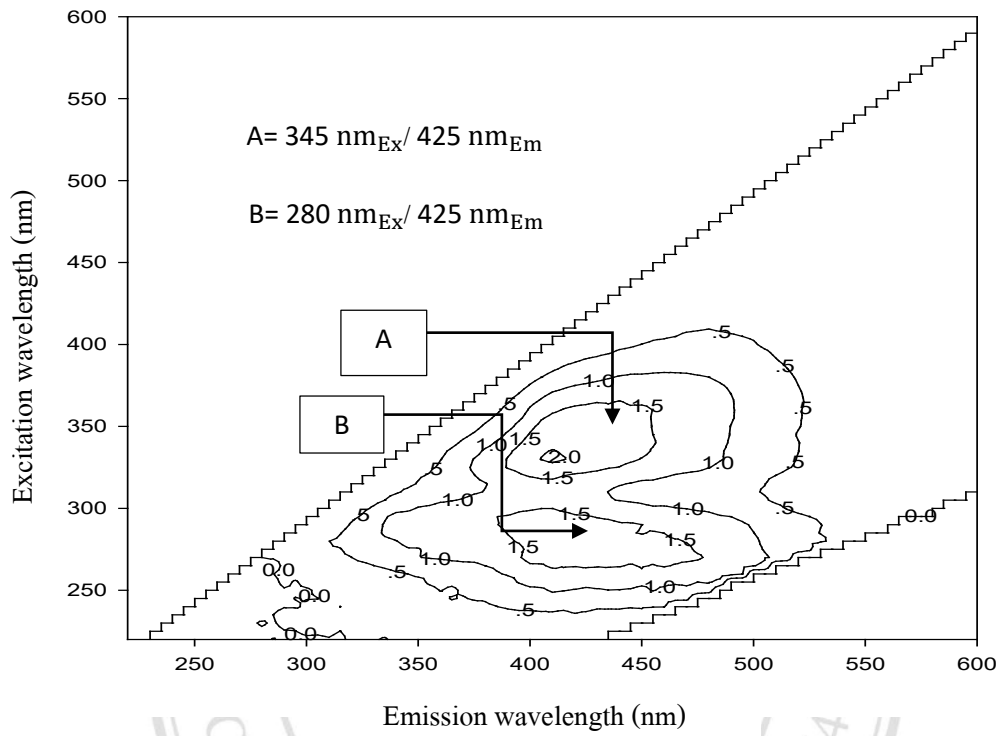
รูปที่ 4.18 ค่า FEEM ของน้ำออกถังระบบ 1 ที่ SRT= 10 วัน



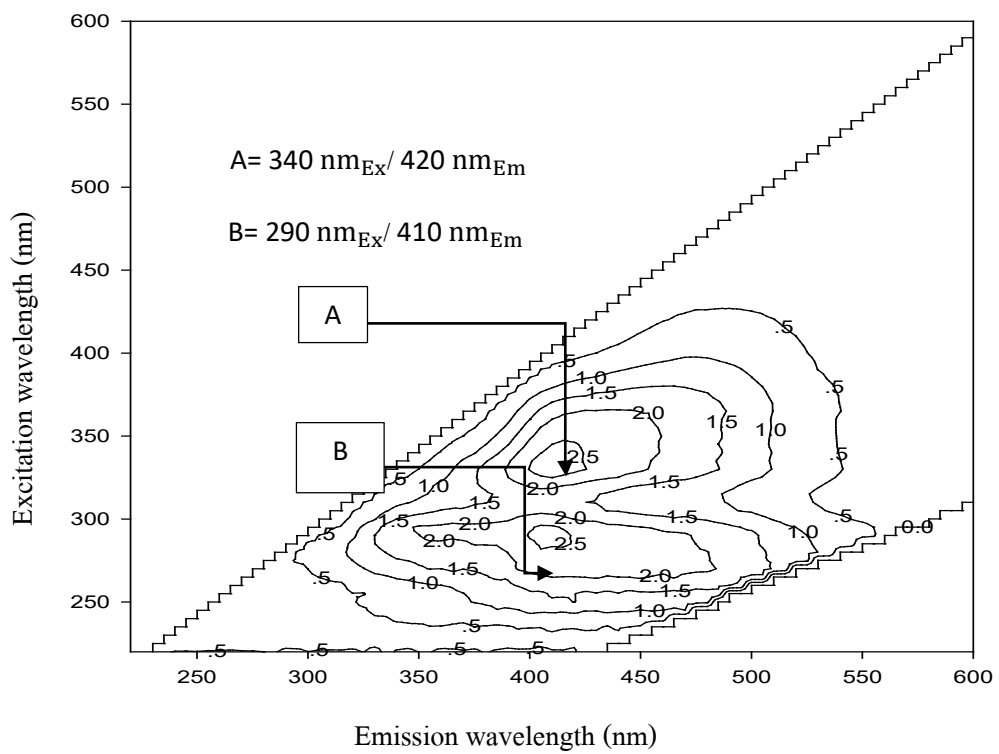
รูปที่ 4.19 ค่า FEEM ของน้ำออกถึงระบบ 2 ที่ SRT= 10 วัน



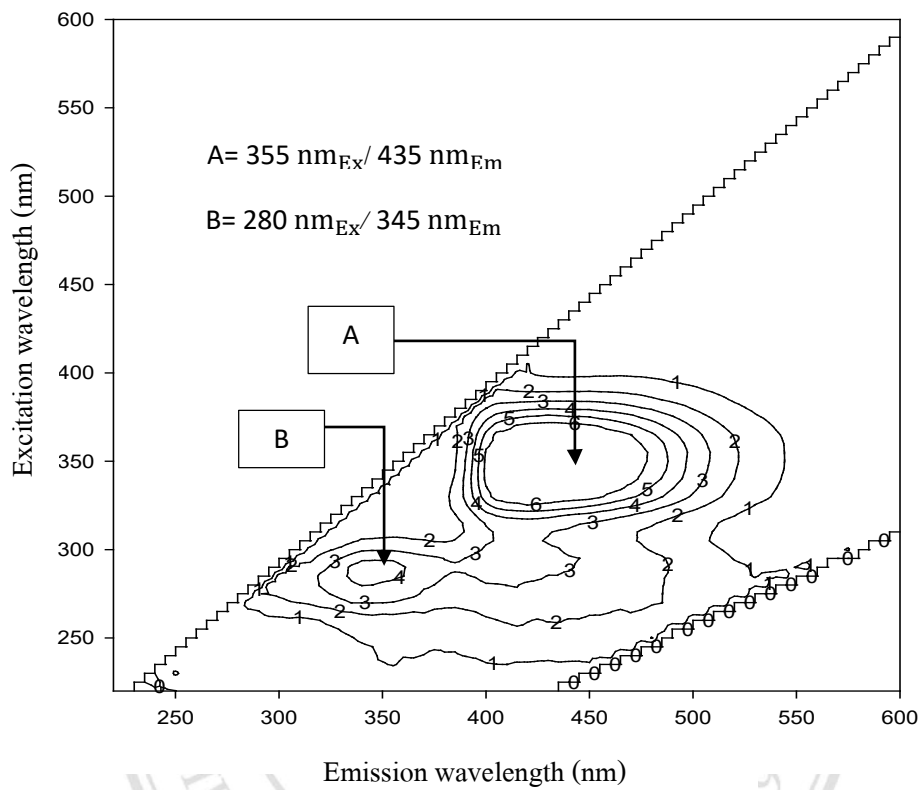
รูปที่ 4.20 ค่า FEEM ของน้ำก่อนเข้าถัง ที่ SRT= 20 วัน



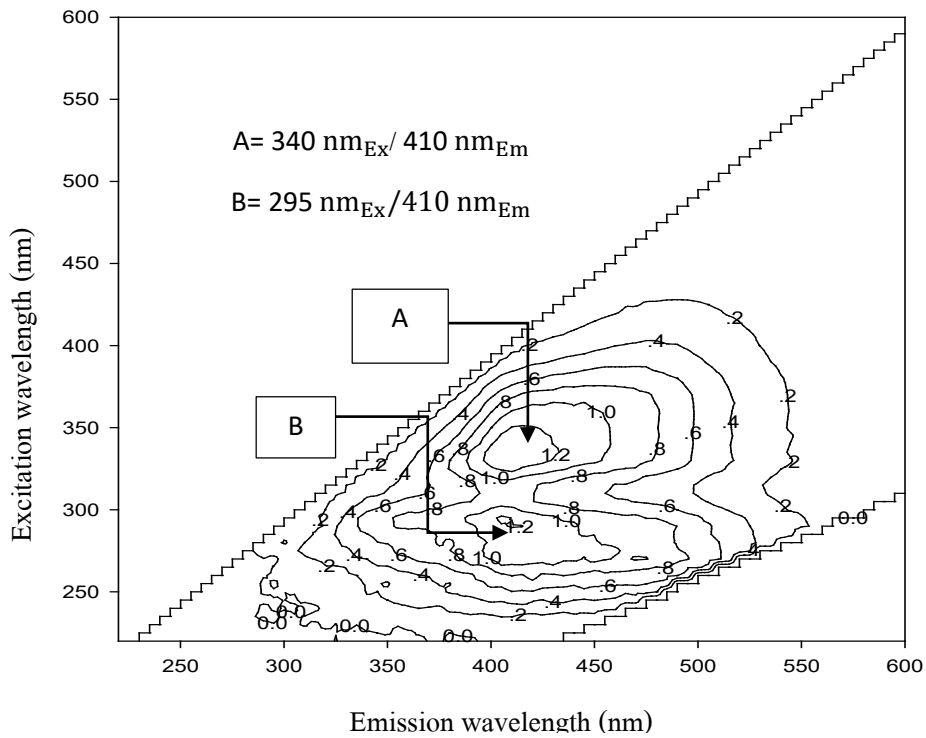
รูปที่ 4.21 ค่า FEEM ของน้ำออกถึงระบบ 1 ที่ SRT= 20 วัน



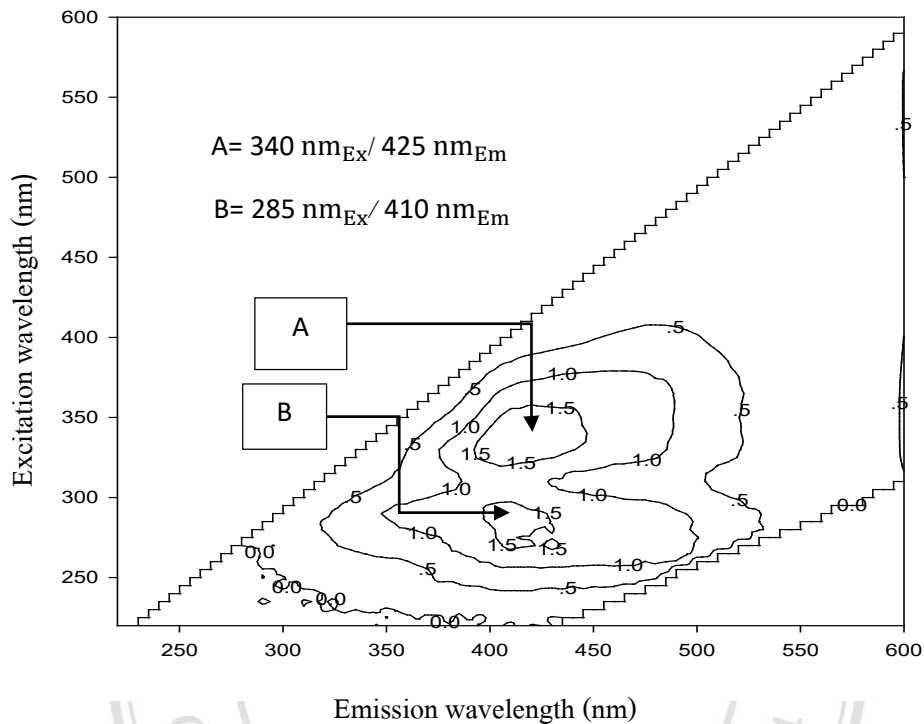
รูปที่ 4.22 ค่า FEEM ของน้ำออกถังระบบ 2 ที่ SRT= 20 วัน



รูปที่ 4.23 ค่า FEEM ของน้ำก่อนเข้าถัง ที่ SRT=ระยะอนันต์



รูปที่ 4.24 ค่า FEEM ของน้ำออกถังระบบ 1 ที่ SRT=ระยะอนันต์



รูปที่ 4.25 ค่า FEEM ของน้ำออกถังระบบ 2 ที่ SRT=ระยะอนันต์

จากรูปที่ 4.17, รูปที่ 4.20 และรูปที่ 4.23 เมื่อวิเคราะห์ FEEM ของน้ำเสียก่อนเข้าถังที่ SRT=10 วัน, SRT=20 วัน และ SRT= ระยะอนันต์ พบว่า Peak ที่จุด A อยู่ในช่วง= 345-355 nm_{Ex}/ 425-435 nm_{Em} และ B= 280-280 nm_{Ex}/ 345 nm_{Em} จากรูปที่ 4.18, รูปที่ 4.21 และรูปที่ 4.24 จากการวิเคราะห์ค่า FEEM พบว่าน้ำที่ออกจากถังแอนนออกซิก-ซิก 1 ที่ SRT=10 วัน, SRT=20 วัน และ SRT= ระยะอนันต์ พบว่า Peak ที่จุด A อยู่ในช่วง= 340-345 nm_{Ex}/ 410-425 nm_{Em} และ B= 280-295 nm_{Ex}/ 350-425 nm_{Em} จากรูปที่ 4.19, รูปที่ 4.22 และรูปที่ 4.25 จากการวิเคราะห์ค่า FEEM ของน้ำออกถังออกซิก 2 ที่ SRT=10 วัน, SRT=20 วัน และ SRT= ระยะอนันต์พบว่า Peak ที่จุด A อยู่ในช่วง= 335-340 nm_{Ex}/ 410-425 nm_{Em} และ B= 285-290 nm_{Ex}/ 350-410 nm_{Em} เมื่อนำไปจำแนกตามลักษณะของสารอินทรีย์โดยจำแนกตามช่วงค่าของ Excitation (nm_{Ex})/ Emission (nm_{Em})พบว่าที่ Peak A เป็นตัวแทนของสารอินทรีย์กลุ่ม กรดฟลูวิก (Fulvic acid) (Baker and Curry, 2004) และตำแหน่ง B เป็นตัวแทนของสารอินทรีย์กลุ่ม กรดฮิวมิก (Humic acid) (Chen et al., 2003) กรดฮิวมิกและกรดฟลูมิก เป็นสารตั้งต้นของคลอโรฟอร์มในการทำคลอรีนชันซึ่งเป็นสารในกลุ่ม THMs (Babcock and Singer, 1979)

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าแนวโน้มการกำจัดสารอินทรีย์กลุ่มกรดฟลูวิกและสารอินทรีย์กลุ่มกรดฮิวมิก ลดลงตามระยะเวลาของอายุสลัดจ์ที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งถึงแอนนออกซิก-ออกซิก 1 สามารถกำจัดสารอินทรีย์ลักษณะดังกล่าวได้ดีกว่าถึงออกซิก 2 ซึ่งผลการศึกษาได้สอดคล้องกับการศึกษาการกำจัดสารอินทรีย์ละลาย (DOC) ที่สามารถกำจัดได้เหมือนกัน

4.8 การก่อดังของสารไตรฮาโลมีเทน (THMFPs)

การก่อดังของสารไตรฮาโลมีเทนได้ทำการศึกษาในน้ำเสียเข้า น้ำออกถึงแอนนออกซิก-ออกซิก 1 และน้ำออกถึงออกซิก 2 ที่ SRT=10 วัน, SRT=20 วัน และ SRT=ระยะอนันต์ ซึ่งประกอบด้วยการศึกษาการก่อดังของคลอโรฟอร์ม(CHCl_3) การก่อดังของโบรโมไดคลอโรมีเทน(CHBrCl_2) การก่อดังของไดโบรโมคลอโรมีน(CHBr_2Cl) การก่อดังของโบรโมฟอร์ม(CHBr_3) และการก่อดังของสารไตรฮาโลมีเทนทั้งหมด TTHMFPs ซึ่งเป็นผลรวมของ CHCl_3 , CHBrCl_2 , CHBr_2Cl และ CHBr_3 ดังแสดงในตารางที่ รูปที่ 4.26, รูปที่ 4.27 และรูปที่ 4.27

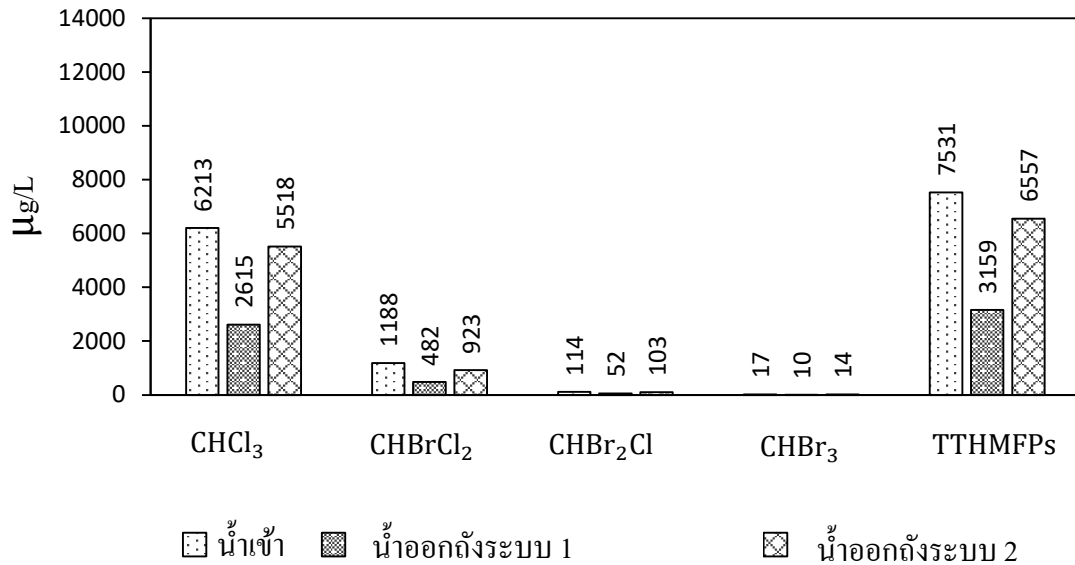
ตารางที่ 4.11 การก่อดังของสารไตรฮาโลมีเทนของทุุกๆการทดลอง

	SRT=10 วัน ($\mu\text{g/L}$)			SRT=20 วัน ($\mu\text{g/L}$)			SRT=ระยะอนันต์ ($\mu\text{g/L}$)		
	IN	A/O	O	IN	A/O	O	IN	A/O	O
CHCl_3	6213	2615	5518	7063	2168	3275	7005	696	1027
CHBrCl_2	1188	482	923	1031	739	1040	2281	310	362
CHBr_2Cl	114	52	103	52	48	70	193	81	75
CHBr_3	17	10	14	0	0	0	805	54	38
TTHMFPs	7531	3159	6557	8145	2955	4385	10284	1141	1502

IN = น้ำเข้า

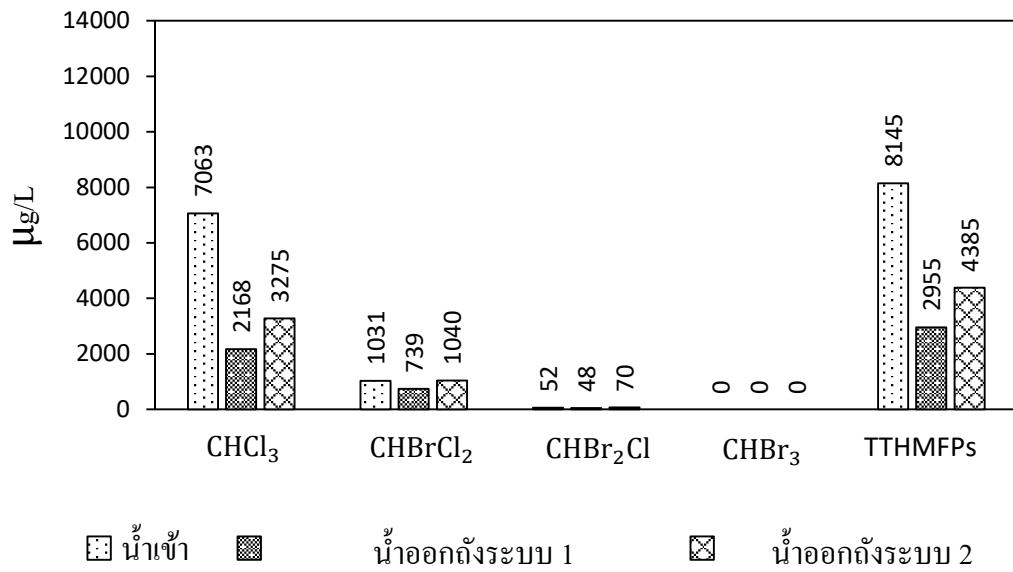
A/O = น้ำออกถึงระบบ 1

O = น้ำออกถึงระบบ 2



รูปที่ 4.26 การก่อตัวของ THMFPs ที่ SRT= 10 วัน

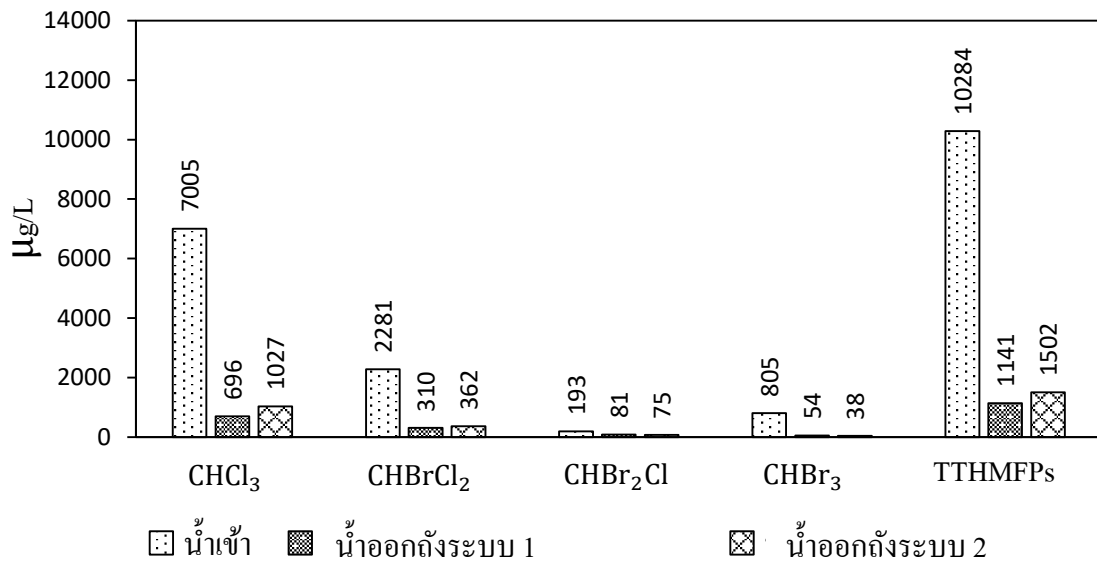
จากรูปที่ 4.26 การทดลองที่ SRT= 10 วัน พิจารณาน้ำเข้า พบการก่อตัวของ CHCl₃, CHBrCl₂, CHBr₂Cl และ CHBr₃ เท่ากับ 6213 µg/L, 1188 µg/L, 114 µg/L และ 17 µg/L ตามลำดับ คิดเป็น TTHMFPs เท่ากับ 7531 µg/L สำหรับน้ำออกถังแอนนอซิก-ออกซิก 1 พบการก่อตัวของ CHCl₃, CHBrCl₂, CHBr₂Cl และ CHBr₃ เท่ากับ 2615 µg/L, 482 µg/L, 52 µg/L และ 10 µg/L ตามลำดับ คิดเป็น TTHMFPs เท่ากับ 3159 µg/L ส่วนน้ำออกถังออกซิก 2 พบการก่อตัวของ CHCl₃, CHBrCl₂, CHBr₂Cl และ CHBr₃ เท่ากับ 5518 µg/L, 923 µg/L, 103 µg/L และ 14 µg/L ตามลำดับ คิดเป็น TTHMFPs เท่ากับ 6557 µg/L



รูปที่ 4.27 การก่อตัวของ TTHMFPs ที่ SRT= 20 วัน

จากรูปที่ 4.27 การทดลองที่ SRT=20 วัน พิจารณาน้ำเข้า พบการก่อตัวของ CHCl₃, CHBrCl₂, CHBr₂Cl และ CHBr₃ เท่ากับ 7063 µg/L, 1031 µg/L, 52 µg/L และ 0 µg/L ตามลำดับ คิดเป็น TTHMFPs เท่ากับ 8145 µg/L สำหรับน้ำออกถังแอนน็อกซิก-ออกซิก 1 พบการก่อตัวของ CHCl₃, CHBrCl₂, CHBr₂Cl และ CHBr₃ เท่ากับ 2168 µg/L, 739 µg/L, 48 µg/L และ 0 µg/L ตามลำดับ คิดเป็น TTHMFPs เท่ากับ 2995 µg/L ส่วนน้ำออกถังออกซิก 2 พบการก่อตัวของ CHCl₃, CHBrCl₂, CHBr₂Cl และ CHBr₃ เท่ากับ 3275 µg/L, 1040 µg/L, 70 µg/L และ 0 µg/L ตามลำดับ คิดเป็น TTHMFPs เท่ากับ 4385 µg/L

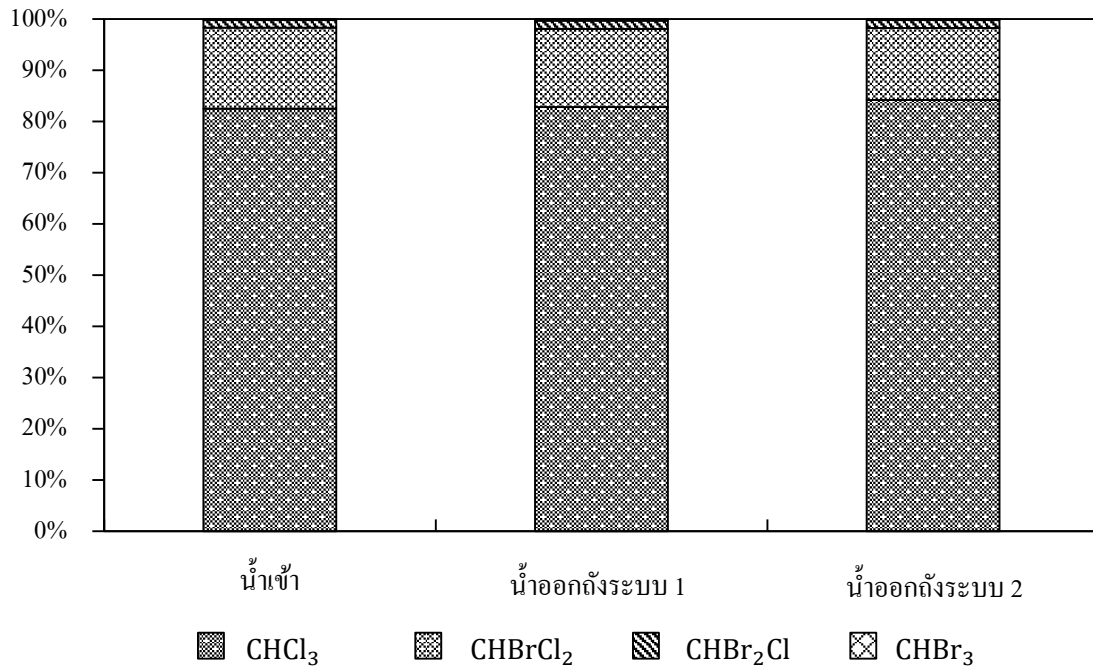
ลิขสิทธิ์ของวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



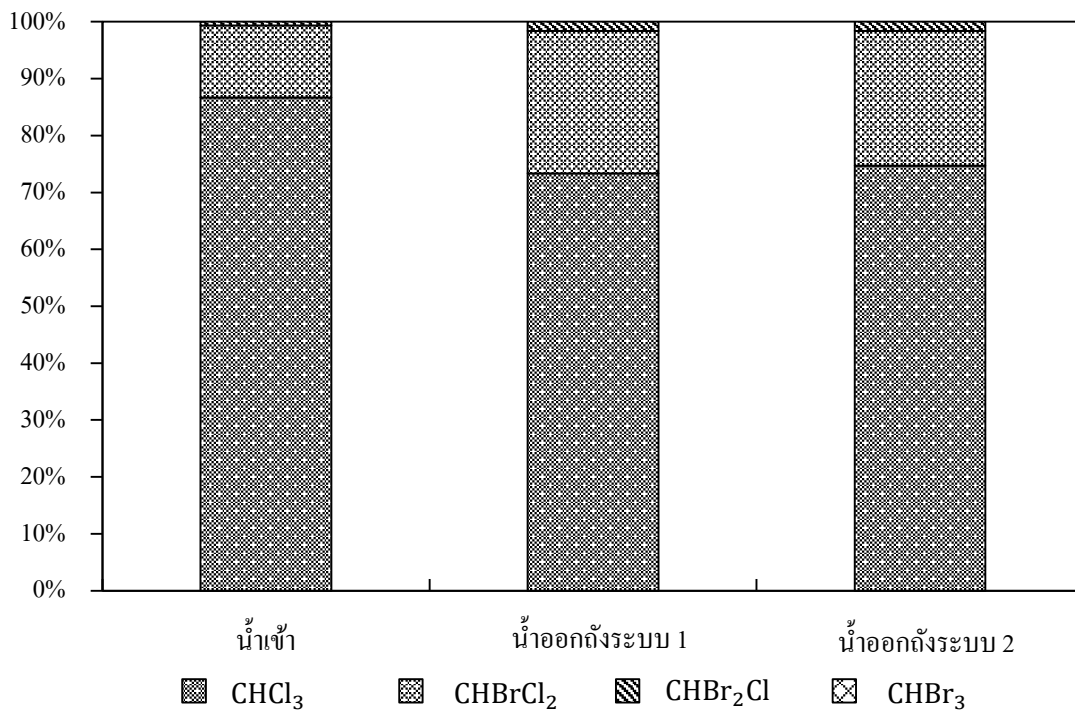
รูปที่ 4.28 การก่อดัวของ TTHMFPs ที่ SRT= ระยะอนันต์

จากรูปที่ 4.28 การทดลองที่ SRT=ระยะอนันต์ เมื่อพิจารณาน้ำเข้า พบการก่อดัวของ CHCl₃, CHBrCl₂, CHBr₂Cl และ CHBr₃ เท่ากับ 7005 µg/L, 2281 µg/L, 193 µg/L และ 805 µg/L ตามลำดับ คิดเป็น TTHMFPs เท่ากับ 10284 µg/L สำหรับน้ำออกถังแอนนอซิก-ออกซิก 1 พบการก่อดัวของ CHCl₃, CHBrCl₂, CHBr₂Cl และ CHBr₃ เท่ากับ 696 µg/L, 310 µg/L, 81 µg/L และ 54 µg/L ตามลำดับ คิดเป็น TTHMFPs เท่ากับ 1141 µg/L ส่วนน้ำออกถังออกซิก 2 พบการก่อดัวของ CHCl₃, CHBrCl₂, CHBr₂Cl และ CHBr₃ เท่ากับ 1027 µg/L, 362 µg/L, 75 µg/L และ 38 µg/L ตามลำดับ คิดเป็น TTHMFPs เท่ากับ 1502 µg/L

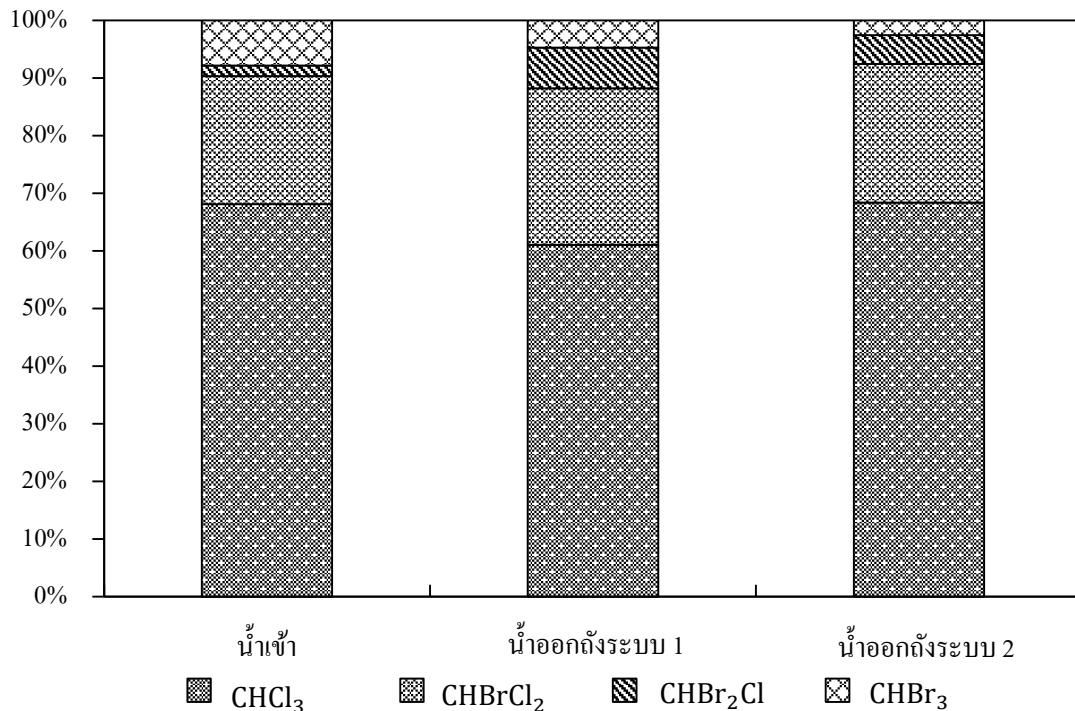
เมื่อนำค่าการก่อดัวของ CHCl₃, CHBrCl₂, CHBr₂Cl และ CHBr₃ มาคิดเป็นสัดส่วนของ TTHMFPs ของทั้งสามการทดลองได้แสดงดังรูปที่ 4.29, รูปที่ 4.30 และรูปที่ 4.31



รูปที่ 4.29 สัดส่วนของสารประกอบ THMFPs ที่ SRT= 10 วัน



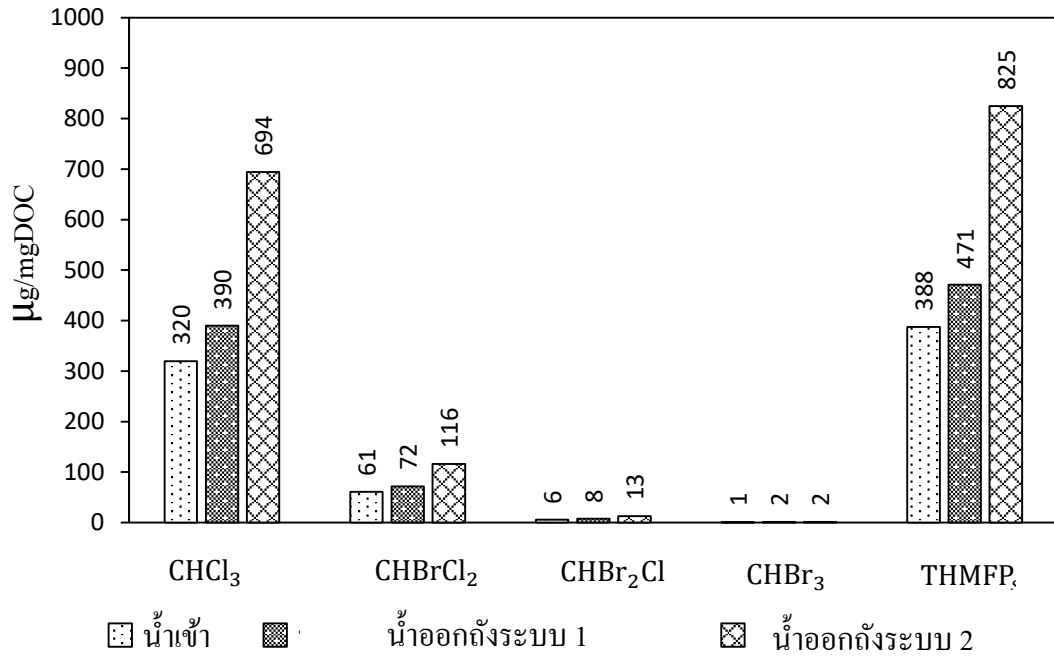
รูปที่ 4.30 สัดส่วนของสารประกอบ THMFPs ที่ SRT= 20 วัน



รูปที่ 4.31 สัดส่วนของสารประกอบ THMFs ที่ SRT= ระยะอนันต์

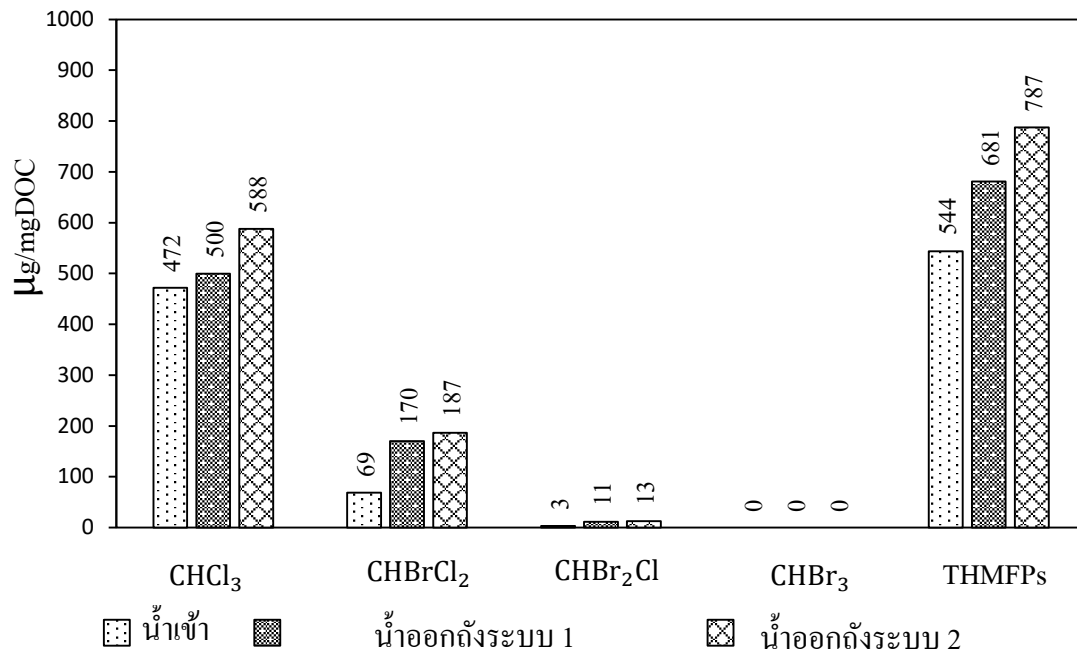
จากรูปที่ 4.29, รูปที่ 4.30 และรูปที่ 4.31 จะเห็นได้ว่า CHCl_3 เป็นสารประกอบหลักของ THMFs เนื่องจากมีสัดส่วนที่ตรวจพบมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rodriguez และคณะ (2004) และ Krutklom (2013) ส่วนสารประกอบที่พบรองลงมา ได้แก่ CHBrCl_2 และสารประกอบที่พบน้อยที่สุด ได้แก่ CHBr_2Cl หรือ CHBr_3 โดยการศึกษา น้ำเข้า น้ำออกถังแอนน็อกซิก-ออกซิก และน้ำออกถังออกซิก 2 ที่การทดลอง SRT= 10 วัน, SRT= 20 วัน และ SRT= ระยะอนันต์ เป็นไปในทิศทางเดียวกัน

เมื่อนำข้อมูล THMFs มาทำการศึกษาค่าการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทนจำเพาะ (Specific trihalomethanes formation potential, STHMFs) เพื่อศึกษาความสามารถในการก่อตัวเป็น THMFs เมื่อเทียบกับปริมาณ DOC (Imai et al, 2003) ดังแสดงในรูปที่ 4.32, รูปที่ 4.33 และ รูปที่ 4.34



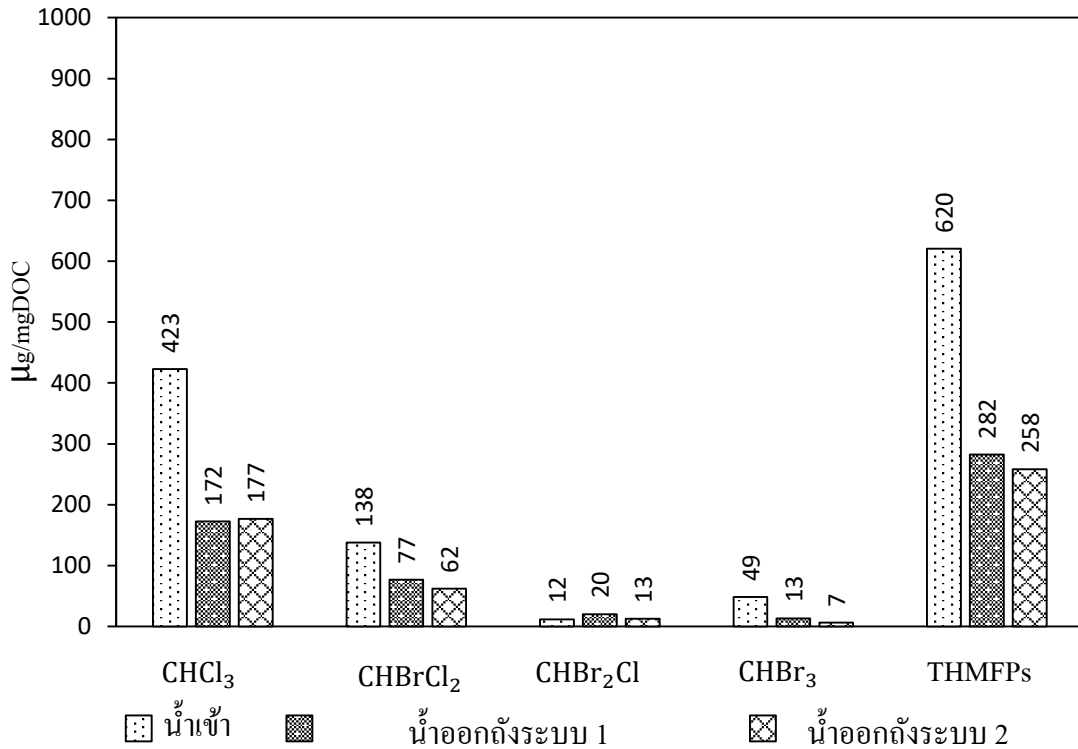
รูปที่ 4.32 การก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทนจำเพาะ (STHMFPs) ที่ SRT= 10 วัน

จากรูปที่ 4.32 ที่การทดลอง SRT= 10 วัน ในน้ำเข้าพบว่า 1 mgDOC สามารถก่อให้เกิดสารประกอบ CHCl₃, CHBrCl₂, CHBr₂Cl และ CHBr₃ เท่ากับ 320 µg, 61 µg, 6 µg และ 1 µg ตามลำดับ คิดเป็น TTHMFPs เท่ากับ 388 µg ส่วนน้ำออกถึงแอนนออกซิก-ออกซิก 1 พบว่า 1 mgDOC สามารถก่อให้เกิดสารประกอบ CHCl₃, CHBrCl₂, CHBr₂Cl และ CHBr₃ เท่ากับ 390 µg, 72 µg, 8 µg และ 2 µg ตามลำดับ คิดเป็น TTHMFPs เท่ากับ 471 µg และน้ำออกถึงออกซิก 2 พบว่า 1 mgDOC สามารถก่อให้เกิดสารประกอบ CHCl₃, CHBrCl₂, CHBr₂Cl และ CHBr₃ เท่ากับ 694 µg, 116 µg, 13 µg และ 2 µg ตามลำดับ คิดเป็น TTHMFPs เท่ากับ 825 µg



รูปที่ 4.33 การก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทนจำเพาะ (STHMFPs) ที่ SRT= 20 วัน

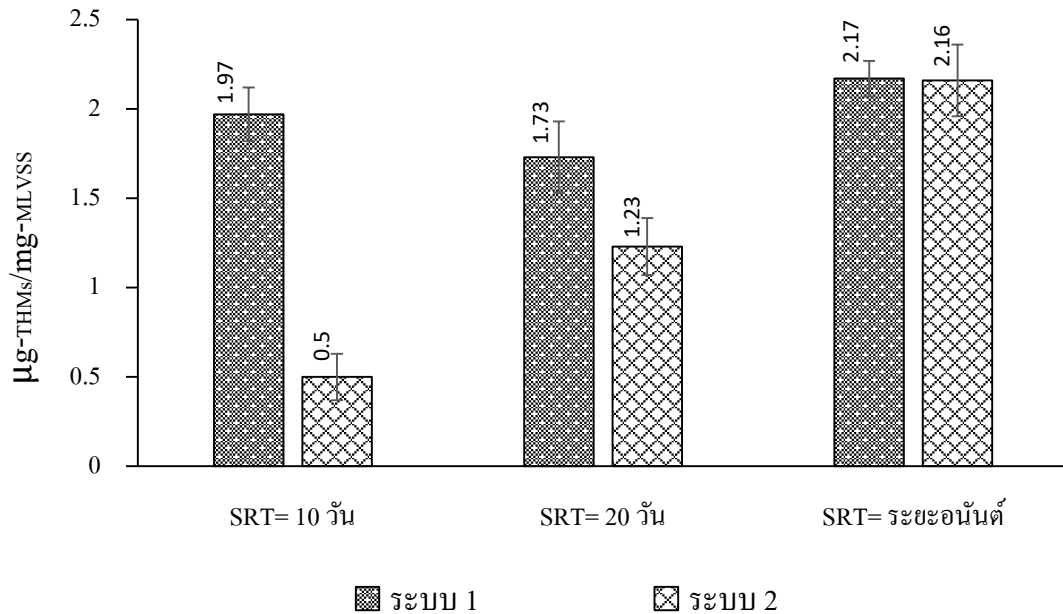
จากรูปที่ 4.33 ที่การทดลอง SRT= 20 วัน ในน้ำเข้าพบว่า 1 mgDOC สามารถก่อให้เกิดสารประกอบ CHCl₃, CHBrCl₂, CHBr₂Cl และ CHBr₃ เท่ากับ 472 µg, 69 µg, 3 µg และ 0 µg ตามลำดับ คิดเป็น TTHMFPs เท่ากับ 544 µg ส่วนน้ำออกถังแอนนอซิก-ออกซิก 1 พบว่า 1 mgDOC สามารถก่อให้เกิดสารประกอบ CHCl₃, CHBrCl₂, CHBr₂Cl และ CHBr₃ เท่ากับ 500 µg, 170 µg, 11 µg และ 0 µg ตามลำดับ คิดเป็น TTHMFPs เท่ากับ 681 µg และน้ำออกถังออกซิก 2 พบว่า 1 mgDOC สามารถก่อให้เกิดสารประกอบ CHCl₃, CHBrCl₂, CHBr₂Cl และ CHBr₃ เท่ากับ 588 µg, 187 µg, 13 µg และ 0 µg ตามลำดับ คิดเป็น TTHMFPs เท่ากับ 787 µg



รูปที่ 4.34 การก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทนจำเพาะ (STHMFPs) ที่ SRT= ระยะอนันต์

จากรูปที่ 4.34 ที่การทดลอง SRT= ระยะอนันต์ ในน้ำเข้าพบว่า 1 mg/DOC สามารถก่อให้เกิดสารประกอบ CHCl₃, CHBrCl₂, CHBr₂Cl และ CHBr₃ เท่ากับ 423 µg, 138 µg, 12 µg และ 49 µg ตามลำดับ คิดเป็น TTHMFPs เท่ากับ 620 µg ส่วนน้ำออกถังแอนน็อกซิก-ออกซิก 1 พบว่า 1 mgDOC สามารถก่อให้เกิดสารประกอบ CHCl₃, CHBrCl₂, CHBr₂Cl และ CHBr₃ เท่ากับ 172 µg, 138 µg, 12 µg และ 49 µg ตามลำดับ คิดเป็น TTHMFPs เท่ากับ 620 µg และน้ำออกถังออกซิก 2 พบว่า 1 mgDOC สามารถก่อให้เกิดสารประกอบ CHCl₃, CHBrCl₂, CHBr₂Cl และ CHBr₃ เท่ากับ 177 µg, 62 µg, 13 µg และ 7 µg ตามลำดับ คิดเป็น TTHMFPs เท่ากับ 258 µg

เมื่อนำข้อมูลทั้งสองถึงมาเปรียบเทียบอัตราส่วนการลดลงของสารไตรฮาโลมีเทนต่อปริมาณจุลินทรีย์ในระบบ ดังแสดงในรูปที่ 4.35

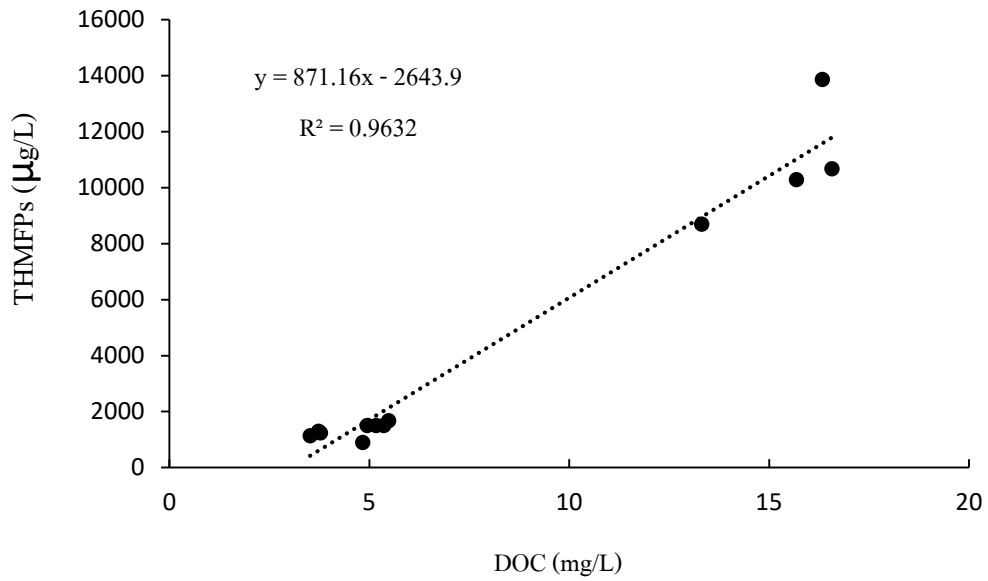


รูปที่ 4.35 อัตราส่วนการลดลงโอกาสการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทนต่อปริมาณจุลินทรีย์ในระบบ จากผลการทดลองที่การเดินระบบที่ SRT= 10 วัน และที่ SRT= 20 วัน ถึงแอนนออกซิก-ออกซิก 1 (ระบบ 1) มีประสิทธิภาพการลดโอกาสการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทนได้ดีกว่าถังออกซิก 2 (ระบบ 2) ส่วนที่การเดินระบบที่ SRT= ระยะเวลาอันันต์ พบว่าประสิทธิภาพการลดโอกาสการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทนของทั้งสองระบบไม่แตกต่างกัน การเดินระบบของถังแอนนออกซิก-ออกซิก 1 ที่ SRT ต่างกันไม่มีผลต่อการลดโอกาสการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทน ส่วนการเดินระบบของถังออกซิก 2 พบว่ายิ่ง SRT เพิ่มขึ้นทำให้ประสิทธิภาพการลดโอกาสการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทนเพิ่มขึ้น

4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีตัวแทนของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ (DOC) กับ THMFPS

ในการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีตัวแทนของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำกับ THMFPS มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ได้ดัชนีตัวแทนของสารอินทรีย์ทำนายปริมาณของ THMFPS ของน้ำเสียชุมชน

American Water Work Association (AWWA, 1993) ได้จำแนกระดับความสัมพันธ์ออกเป็น 4 ประเภท เมื่อค่าของความสัมพันธ์ (R^2) > 0.9 เป็นระดับความสัมพันธ์ดี เมื่อค่าความสัมพันธ์มีค่า $0.7 < R^2 < 0.9$ เป็นระดับความสัมพันธ์ปานกลาง เมื่อค่าระดับความสัมพันธ์มีค่าเป็น $0.5 < R^2 < 0.7$ เป็นระดับความสัมพันธ์พอใช้ และเมื่อค่าระดับความสัมพันธ์เป็น $R^2 < 0.5$ เป็นระดับความสัมพันธ์ไม่ดี การพิจารณาระดับความสัมพันธ์ที่ไม่ดีนั้นจะไม่นำมาแสดงผล เนื่องจากค่าความชัน (slope) และค่า intercept ของสมการไม่เป็นที่ยอมรับ



รูปที่ 4.36 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง DOC กับ THMFPS

จากรูปที่ 4.36 ความสัมพันธ์ระหว่าง DOC กับ THMFPS ที่ SRT= ระยะอนันต์มีค่าเท่ากับ 0.9632 ซึ่ง
เป็นความสัมพันธ์ดี จึงเหมาะที่สุดในการอธิบายปริมาณ THMFPS ที่เกิดขึ้นในน้ำเสียชุมชน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved