

บทที่ 4 ผลการวิจัย

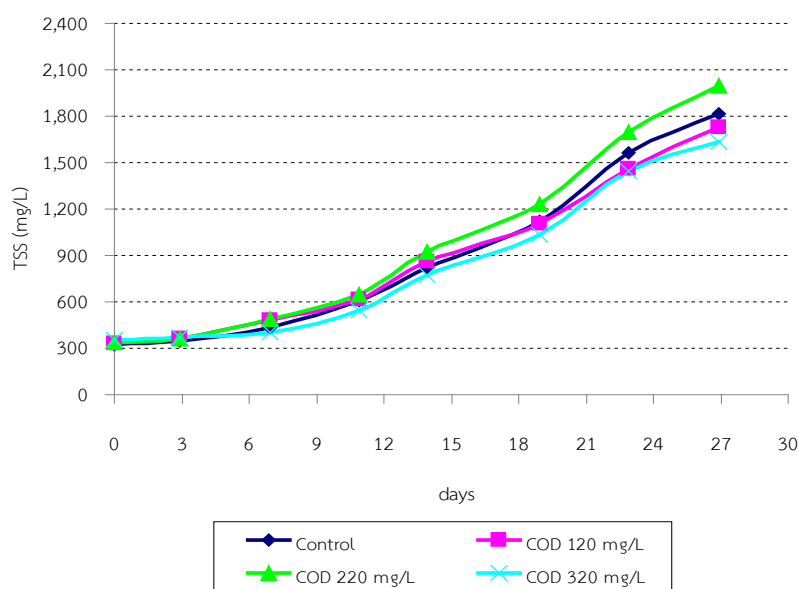
4.1 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็ก

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูลีนา สายพันธุ์ TISTR 8222 ในครั้งนี้ ใช้อาหารสูตรซาร์รุกที่มีการเติมสารอินทรีย์ (กลูโคส) ในรูปของซีโอดี โดยเริ่มต้นที่ปริมาณซีโอดีต่ำที่สุด คือ 120 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับชุดทดลองที่ 1 และเพิ่มสูงขึ้นเป็น 220 และ 320 มิลลิกรัมต่อลิตร ในชุดทดลองที่ 2 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งจากการทำ pre-test เพื่อเพาะเลี้ยงสาหร่ายดังกล่าวนี้ก่อนทำการทดลองเติมสารอินทรีย์ในอาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยง พบว่า ใช้ระยะเวลาการเพาะเลี้ยงโดยประมาณ 27 วัน โดยผลการทดลองเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูลีนาเมื่อทำการเติมสารอินทรีย์ลงในอาหารสูตรซาร์รุก มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1.1 ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS)

จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดที่ได้จากการการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูลีนาเป็นระยะเวลา 27 วัน โดยใช้อาหารสูตรซาร์รุกที่มีการเติมสารอินทรีย์ (กลูโคส) ในรูปของซีโอดีที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน มีค่าใกล้เคียงกัน คือ ชุดทดลองที่ 1 อาหารสูตร ก (ซีโอดีต่ำ) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 867.63 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองที่ 2 อาหารสูตร ข (ซีโอดีปานกลาง) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 961.13 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองที่ 3 อาหารสูตร ค (ซีโอดีสูง) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 820.38 มิลลิกรัมต่อลิตร และชุดทดลองที่ 4 อาหารสูตรซาร์รุก (ชุดควบคุม) ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 879.38 มิลลิกรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 3)

แผนภูมิที่ 3 ปริมาณผลผลิตชีวมวลจากการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูไลนา สายพันธุ์ TISTR 8222

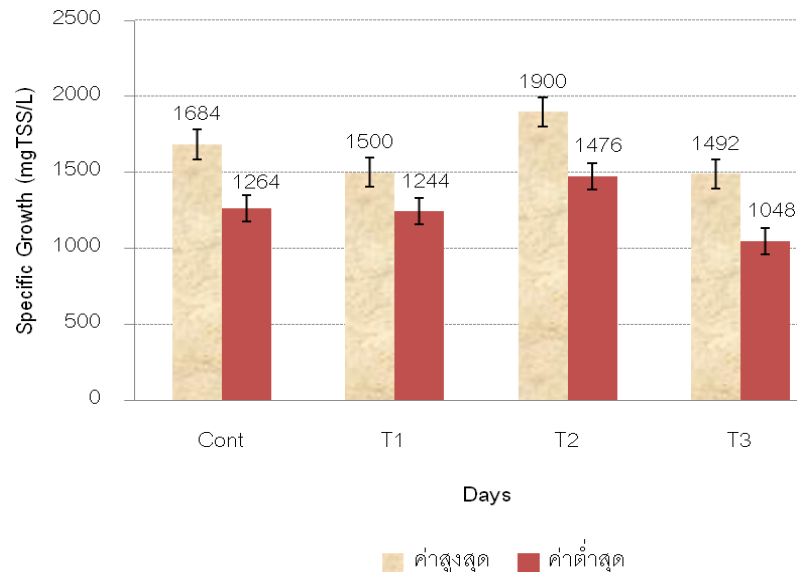


สำหรับอัตราการเพิ่มผลผลิตชีวมวลของสาหร่ายขนาดเล็กจากการทดลองครั้งนี้ มีค่า 52.0, 61.5, และ 47.7 mg/L/d สำหรับชุดการทดลองที่ 1, 2, และ 3 ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุม มีค่า 55.4 mg/L/d (ตารางที่ 5) โดยมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ เท่ากับ 1,500, 1,900, 1,492 mgTSS/L สำหรับชุดการทดลองที่ 1, 2, 3 และชุดควบคุมเท่ากับ 1,684 mgTSS/L (แผนภูมิที่ 4) ซึ่งผลการแสดงอัตราการเพิ่มผลผลิตชีวมวลของสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูไลนา สายพันธุ์ TISTR 8222 สำหรับการศึกษานี้แสดงดังแผนภูมิที่ 5

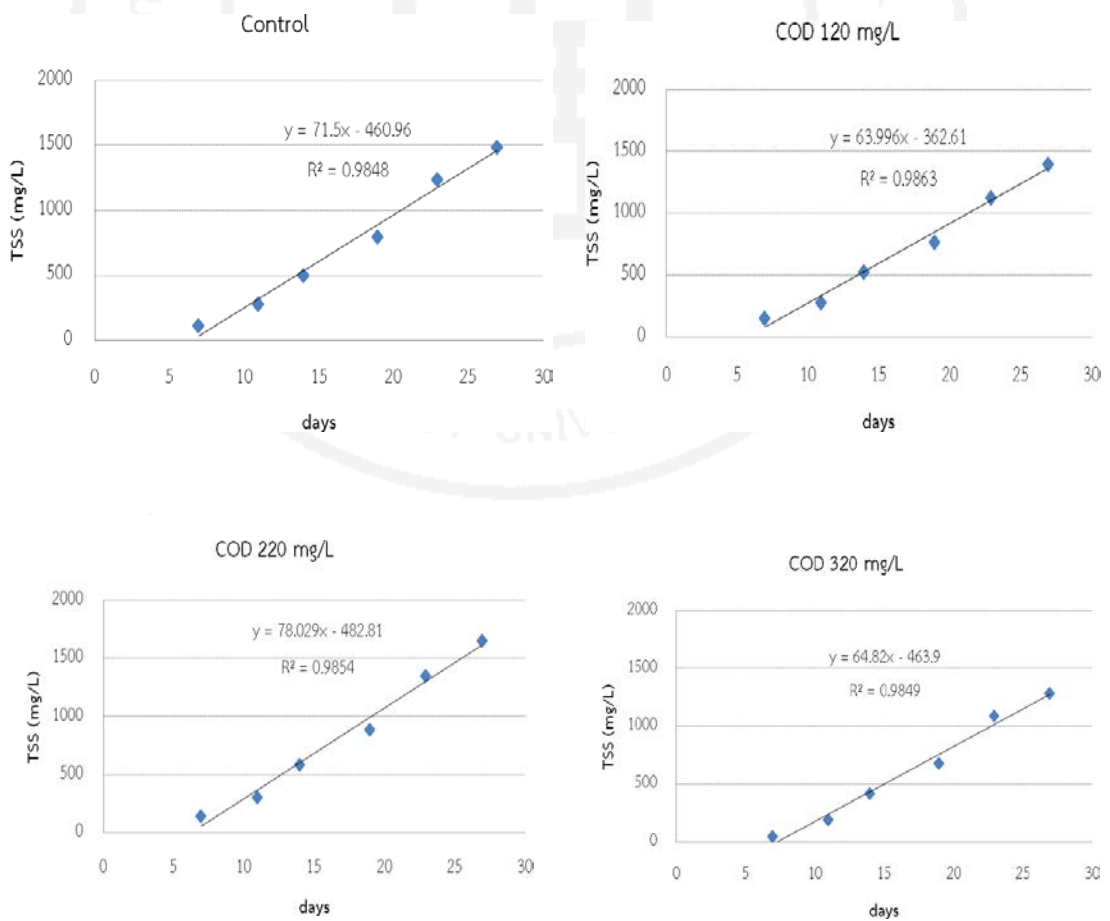
ตารางที่ 5 อัตราการเพิ่มผลผลิตชีวมวลของสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูไลนา สายพันธุ์ TISTR 8222

	อาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยง			
	ชุดควบคุม (ซาร์ร็อค)	ซาร์ร็อค + COD 120 mg/L	ซาร์ร็อค + COD 220 mg/L	ซาร์ร็อค + COD 320 mg/L
อัตราการเพิ่ม ผลผลิต (Growth rate, gTSS/L/d)	55.4 (SD = 7.86)	52.0 (SD = 4.57)	61.5 (SD = 7.05)	47.7 (SD = 7.46)

แผนภูมิที่ 4 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูลีนา สายพันธุ์ TISTR 8222



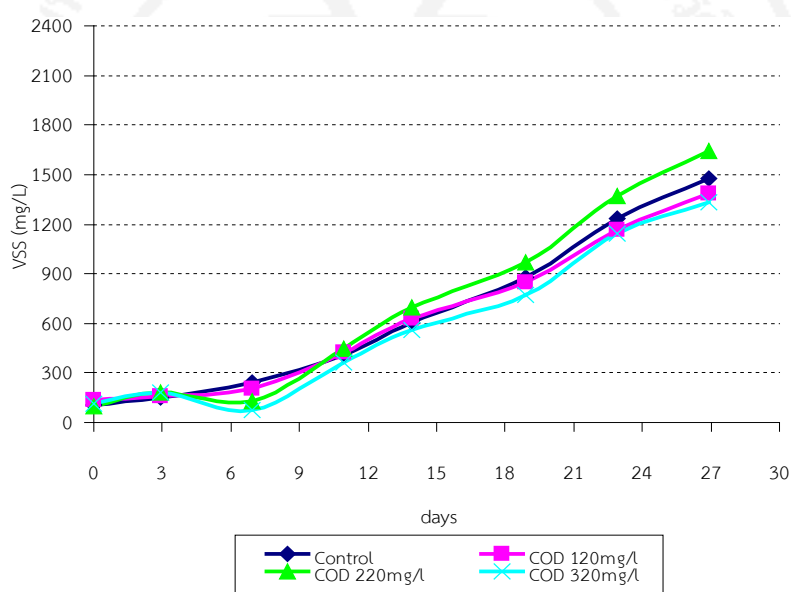
แผนภูมิที่ 5 สมการแสดงอัตราการเพิ่มผลผลิตชีวมวลของสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูลีนาสายพันธุ์ TISTR 8222



4.1.2 ของแข็งแขวนลอยระเหย (VSS)

จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณของแข็งแขวนลอยระเหยจากการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็ก สไปรูลีนาเป็นระยะเวลา 27 วัน โดยใช้อาหารสูตรซาร์รูกที่มีการเติมสารอินทรีย์ (กลูโคส) ในรูปของซีโอดี ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน มีค่าใกล้เคียงกัน คือ ชุดทดลองที่ 1 อาหารสูตร ก (ซีโอดีต่ำ) มีค่าของแข็งแขวนลอยระเหย เฉลี่ยเท่ากับ 618.88 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองที่ 2 อาหารสูตร ข (ซีโอดีปานกลาง) มีค่าของแข็งแขวนลอยระเหยเฉลี่ยเท่ากับ 692.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองที่ 3 อาหารสูตร ค (ซีโอดีสูง) มีค่าของแข็งแขวนลอยระเหยเฉลี่ยเท่ากับ 567.75 มิลลิกรัมต่อลิตร และชุดทดลองที่ 4 อาหารสูตรซาร์รูก (ชุดควบคุม) มีค่าของแข็งแขวนลอยระเหยเฉลี่ยเท่ากับ 638.50 มิลลิกรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 6)

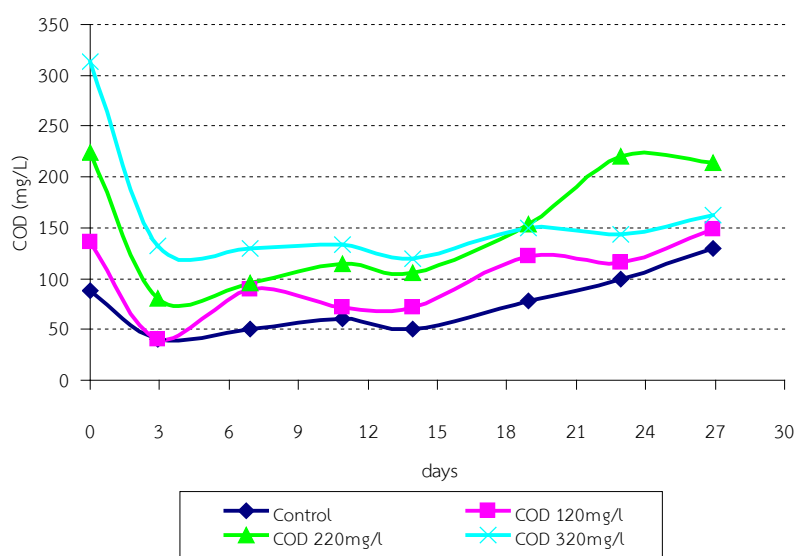
แผนภูมิที่ 6 ปริมาณของแข็งแขวนลอยระเหยตลอดระยะเวลาการเพาะเลี้ยง



4.1.3 ซีโอดี (COD)

จากผลการทดลองพบว่า ค่าซีโอดีตลอดการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็ก ใช้อาหารสูตรซาร์รูกที่มีการเติมสารอินทรีย์ (กลูโคส) ในรูปของซีโอดี 120 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าอยู่ในช่วง 40 – 148 มิลลิกรัมต่อลิตร 80 – 220 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 120 – 162 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 94.29, 140.57, และ 138.86 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับชุดการทดลองที่ 1-3 ตามลำดับ ส่วนในชุดทดลองที่ 4 อาหารสูตรซาร์รูก (ชุดควบคุม) มีค่าซีโอดีตลอดระยะเวลาการเพาะเลี้ยงอยู่ในช่วง 40 – 130 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 72.57 มิลลิกรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 7)

แผนภูมิที่ 7 ปริมาณซีโอดีตลอดระยะเวลาการเพาะเลี้ยง



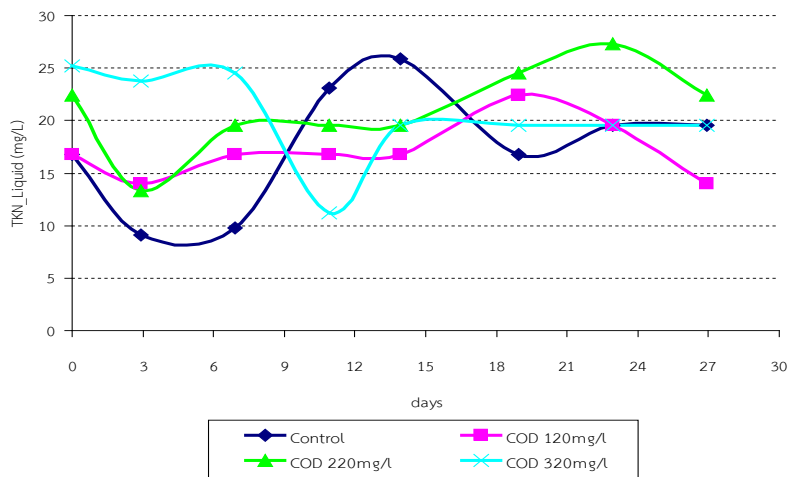
4.1.4 ทีเคเอ็น (TKN ส่วนที่เป็นของเหลวและของแข็ง)

จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณทีเคเอ็นในส่วนที่เป็นของเหลวจากการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็ก โดยใช้อาหารสูตรซาร์รุกที่มีการเติมสารอินทรีย์ (กลูโคส) ในรูปของซีโอดี สำหรับชุดทดลองที่ 1 อาหารสูตร ก (ซีโอดีต่ำ) มีค่าอยู่ในช่วง 14.00 – 22.40 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.20 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองที่ 2 อาหารสูตร ข (ซีโอดีปานกลาง) มีค่าอยู่ในช่วง 13.30 – 27.30 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20.90 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองที่ 3 อาหารสูตร ค (ซีโอดีสูง) มีค่าอยู่ในช่วง 11.20 – 24.50 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.70 มิลลิกรัมต่อลิตร และชุดทดลองที่ 4 อาหารสูตรซาร์รุก (ชุดควบคุม) มีค่าอยู่ในช่วง 9.10 – 25.90 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.70 มิลลิกรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 8 ก)

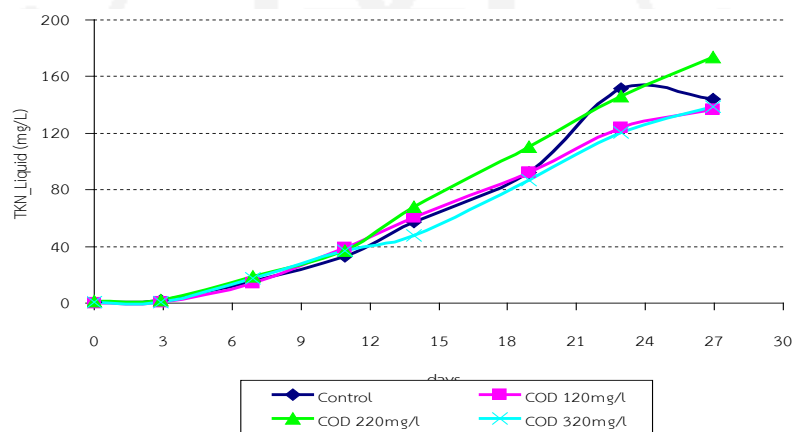
สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณทีเคเอ็นในส่วนของของแข็งจากการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กพบว่า ในชุดทดลองที่ 1 อาหารสูตร ก (ซีโอดีต่ำ) มีค่าอยู่ในช่วง 0.47 – 136.70 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 66.67 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองที่ 2 อาหารสูตร ข (ซีโอดีปานกลาง) มีค่าอยู่ในช่วง 2.33 – 174.10 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 79.53 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองที่ 3 อาหารสูตร ค (ซีโอดีสูง) มีค่าอยู่ในช่วง 0.93 – 138.60 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 64.20 มิลลิกรัมต่อลิตร และในชุดทดลองที่ 4 อาหารสูตรซาร์รุก (ชุดควบคุม) มีค่าทีเคเอ็นในส่วนของของแข็ง อยู่ในช่วง 1.87 – 151.70 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 70.80 มิลลิกรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 8 ข)

แผนภูมิที่ 8 ปริมาณที่เคเอ็นตลอดระยะเวลาการเพาะเลี้ยง

(ก) TKN ส่วนที่เป็นของเหลว



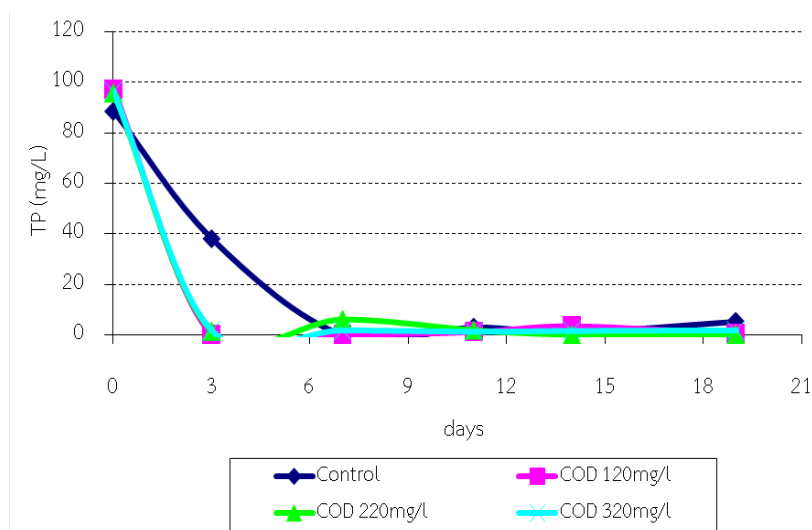
(ข) TKN ส่วนที่เป็นของแข็ง



4.1.5 ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP)

จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดจากการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็ก โดยใช้อาหารสูตรซาร์รูกที่มีการเติมสารอินทรีย์ (กลูโคส) ในรูปของซีโอดี สำหรับชุดทดลองที่ 1 อาหารสูตร ก (ซีโอดีต่ำ) มีค่าอยู่ในช่วง 0.06 – 3.43 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองที่ 2 อาหารสูตร ข (ซีโอดีปานกลาง) มีค่าอยู่ในช่วง 0.23 – 6.23 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.06 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองที่ 3 อาหารสูตร ค (ซีโอดีสูง) มีค่าอยู่ในช่วง 1.19 – 1.74 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.58 มิลลิกรัมต่อลิตร และในชุดทดลองที่ 4 อาหารสูตรซาร์รูก (ชุดควบคุม) มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.09 – 38.14 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.56 มิลลิกรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 9)

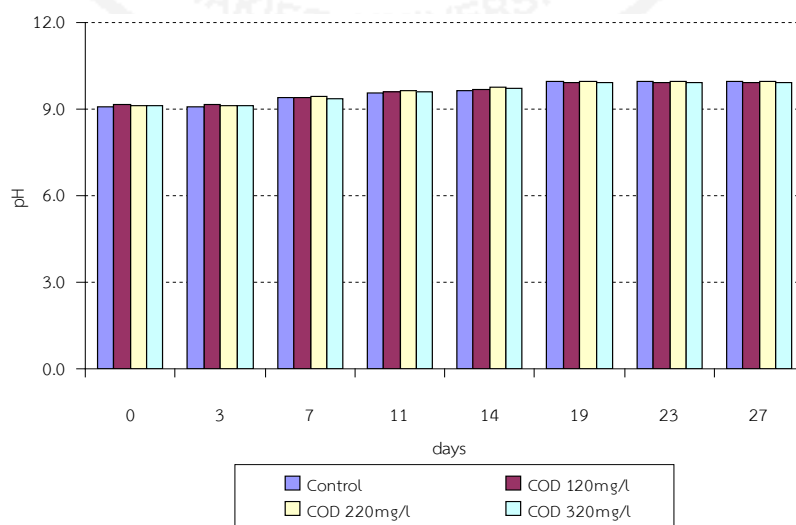
แผนภูมิที่ 9 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดตลอดระยะเวลาการเพาะเลี้ยง



4.1.6 พีเอช (pH)

จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณค่าพีเอชที่ได้จากการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กลงไปรูไลนา เป็นระยะเวลา 27 วัน โดยใช้อาหารสูตรซาร์รูกที่มีการเติมสารอินทรีย์ (กลูโคส) ในรูปของซีโอดีที่ ความเข้มข้นแตกต่างกัน มีค่าใกล้เคียงกัน คือ ชุดทดลองที่ 1 อาหารสูตร ก (ซีโอดีต่ำ) มีค่าพีเอชเฉลี่ย เท่ากับ 9.59 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองที่ 2 อาหารสูตร ข (ซีโอดีปานกลาง) มีค่าพีเอชเฉลี่ยเท่ากับ 9.62 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองที่ 3 อาหารสูตร ค (ซีโอดีสูง) มีค่าพีเอชเฉลี่ยเท่ากับ 9.59 มิลลิกรัม ต่อลิตร และชุดทดลองที่ 4 อาหารสูตรซาร์รูก (ชุดควบคุม) มีค่าพีเอชเฉลี่ยเท่ากับ 9.59 มิลลิกรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 10)

แผนภูมิที่ 10 ค่าพีเอชตลอดระยะเวลาการเพาะเลี้ยง



4.2 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของสาหร่ายขนาดเล็ก

ชุดทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูไลนา สายพันธุ์ TISTR 8222 แบ่งเป็นชุดทดลองแบบเปิด และชุดทดลองแบบเปิดเติมอากาศ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) ชุดทดลองแบบเปิดเติมอากาศที่มีการเพิ่มแสงประดิษฐ์ (T1 : Light + Aeration)
- 2) ชุดทดลองแบบเปิดที่มีการเพิ่มแสงประดิษฐ์ (T2 : Light + No Aeration)
- 3) ชุดทดลองแบบเปิดเติมอากาศที่ใช้แสงธรรมชาติ (T3 : No Light + Aeration)
- 4) ชุดทดลองแบบเปิดที่ใช้แสงธรรมชาติ (T4 : No Light + No Aeration)

ซึ่งในแต่ละชุดทดลองมีชุดควบคุม เพื่อใช้เปรียบเทียบการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติกับการบำบัดน้ำเสียด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก โดยลักษณะน้ำเสียที่นำมาใช้ในการทดลองแสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ลักษณะน้ำเสียที่นำมาใช้ในการทดลอง

ลักษณะน้ำเสีย	ค่าที่ตรวจวัดได้
ลักษณะทางกายภาพ	
สี	น้ำตาลอ่อน
กลิ่น	เหม็นมาก
ของแข็งทั้งหมด (TS)	1,725 มก./ล.
ของแข็งแขวนลอยระเหย (VS)	541 มก./ล.
ลักษณะทางเคมี	
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	10.04
ซีโอดี (COD)	376 มก./ล.
ทีเคเอ็น (TKN)	66.45 มก./ล.
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP)	15.24 มก./ล.
ปริมาณโลหะหนัก	
โครเมียม (Cr)	0.29 มก./ล.
เหล็ก (Fe)	0.22 มก./ล.
คอปเปอร์ (Cu)	0.03 มก./ล.
แมงกานีส (Mn)	0.05 มก./ล.

รายละเอียดผลการทดลองศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของสาหร่ายขนาดเล็ก มีดังนี้

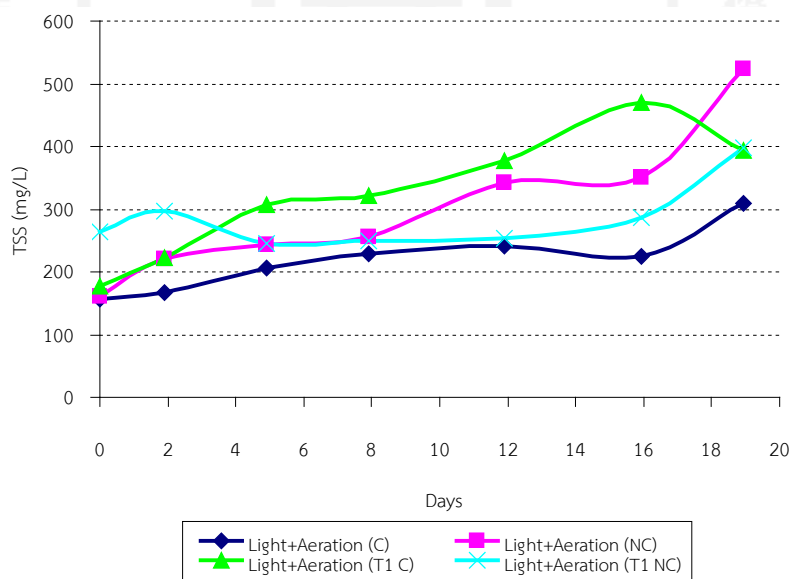
4.2.1 ผลการทดลองของแต่ละชุดการทดลอง

1) ชุดทดลองแบบเปิดเติมอากาศที่มีการเพิ่มแสงประดิษฐ์ (T1 : Light + Aeration)

1.1) ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS)

จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียของสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูลีนาเป็นระยะเวลา 19 วัน โดยชุดการทดลอง T1 ประกอบด้วย ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave ซึ่งชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 219.43 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 299.62 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 324.57 มิลลิกรัมต่อลิตร และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 284.95 มิลลิกรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 11)

แผนภูมิที่ 11 ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดของชุดการทดลองแบบเปิดเติมอากาศที่มีการเพิ่มแสงประดิษฐ์

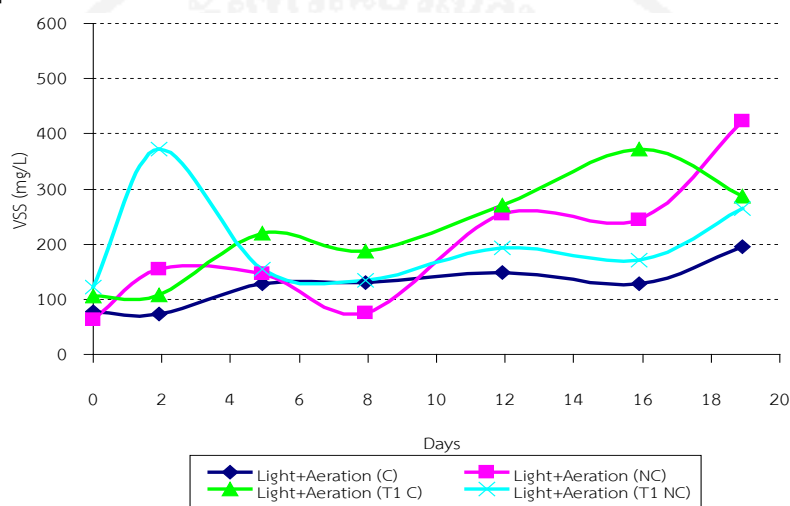


1.2) ของแข็งแขวนลอยระเหย (VSS)

จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณของแข็งแขวนลอยระเหยที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียของสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูลีนาเป็นระยะเวลา 19 วัน โดยชุดการทดลอง T1 ประกอบด้วย ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave และ

ชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave ซึ่งชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 126 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 194 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 221 มิลลิกรัมต่อลิตร และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 202 มิลลิกรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 12)

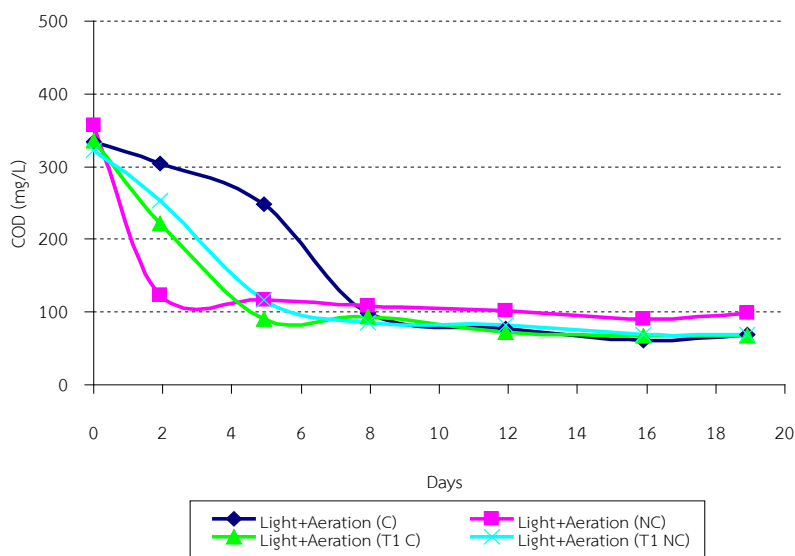
แผนภูมิที่ 12 ปริมาณของแข็งแขวนลอยระยะเหยยของชุดการทดลองแบบเปิดเติมอากาศที่มีการเพิ่มแสงประดิษฐ์



1.3) ซีโอดี (COD)

จากผลการทดลองพบว่า ค่าซีโอดีของชุดการทดลอง T1 ซึ่งประกอบด้วย ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave ซึ่งชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave มีค่าซีโอดีอยู่ในช่วง 61.33 – 98.67 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 76.67 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าซีโอดีอยู่ในช่วง 90.67 – 109.33 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave มีค่าซีโอดีอยู่ในช่วง 66.67 – 93.33 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 74.67 มิลลิกรัมต่อลิตร และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าซีโอดีอยู่ในช่วง 69.33 – 85.33 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 76.67 มิลลิกรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 13)

แผนภูมิที่ 13 ปริมาณซีโอดีของชุดการทดลองแบบเปิดเติมอากาศที่มีการเพิ่มแสงประดิษฐ์

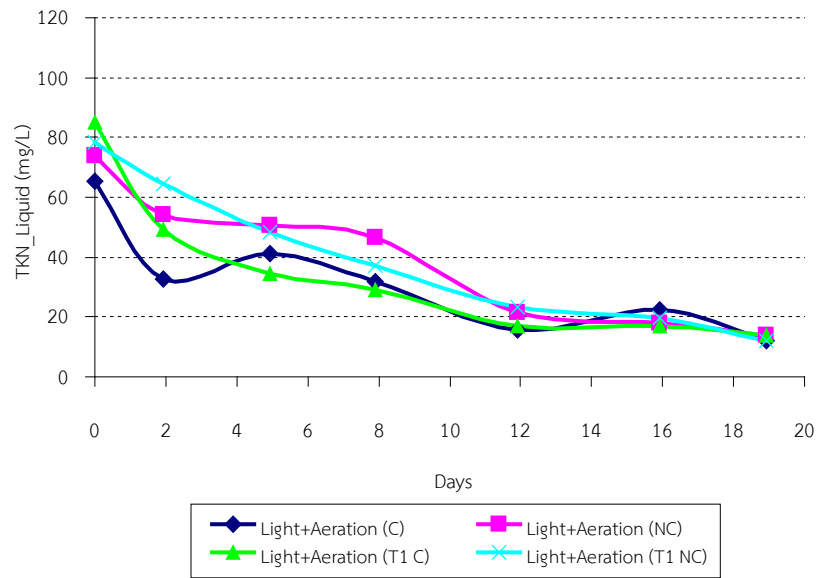


1.4) ทีเคเอ็น (TKN ส่วนที่เป็นของเหลวและของแข็ง)

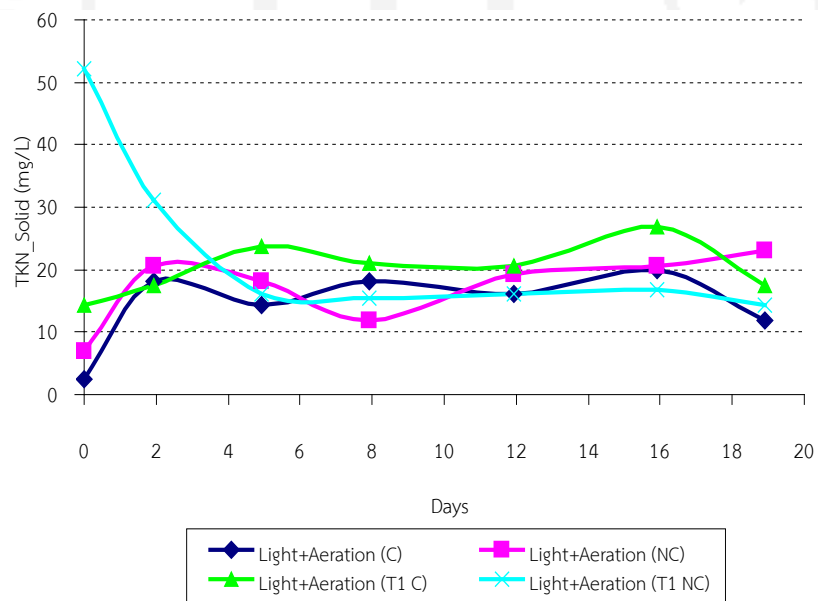
จากผลการทดลองพบว่า ค่าทีเคเอ็นของเหลวของชุดการทดลอง T1 ซึ่งประกอบด้วย ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave ซึ่งชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave มีค่าทีเคเอ็นของเหลวอยู่ในช่วง 12.13 – 31.73 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20.53 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าทีเคเอ็นของเหลวอยู่ในช่วง 14 – 46.67 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.97 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave มีค่าทีเคเอ็นของเหลวอยู่ในช่วง 14 – 28.93 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.13 มิลลิกรัมต่อลิตร และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าทีเคเอ็นของเหลวอยู่ในช่วง 12.13 – 37.33 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.10 มิลลิกรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 14 ก)

แผนภูมิที่ 14 ปริมาณที่เคเอ็นของชุดการทดลองแบบเปิดเติมอากาศที่มีการเพิ่มแสงประดิษฐ์

(ก) TKN ส่วนที่เป็นของเหลว



(ข) TKN ส่วนที่เป็นของแข็ง

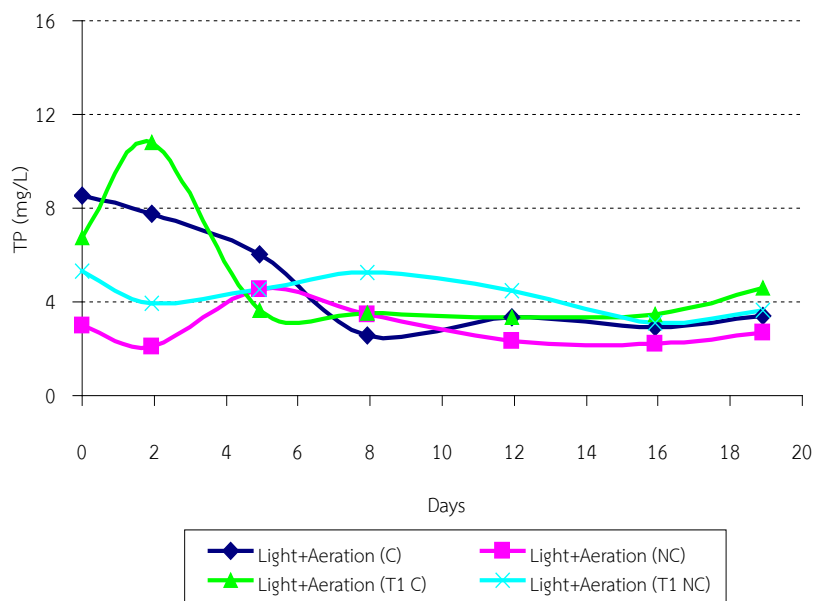


นอกจากนี้ ยังมีผลการทดลองค่าที่เคเอ็นของแข็งพบว่า ค่าที่เคเอ็นของแข็งของชุดการทดลอง T1 ซึ่งประกอบด้วย ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave ซึ่งชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave มีค่าที่เคเอ็นของแข็งอยู่ในช่วง 11.82 – 19.91 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.49 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าที่เคเอ็นของแข็งอยู่ในช่วง 11.82 – 23.02 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18.67 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave มีค่าที่เคเอ็นของแข็งอยู่ในช่วง 17.42 – 26.76 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.47 มิลลิกรัมต่อลิตร และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าที่เคเอ็นของแข็งอยู่ในช่วง 14.31 – 16.80 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.71 มิลลิกรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 14 ข)

1.5) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP)

จากผลการทดลองพบว่า ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของชุดการทดลอง T1 ซึ่งประกอบด้วย ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave ซึ่งชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในช่วง 2.57 – 3.39 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.07 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในช่วง 2.22 – 3.46 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.68 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในช่วง 3.37 – 4.57 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.73 มิลลิกรัมต่อลิตร และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในช่วง 3.10 – 5.24 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.13 มิลลิกรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 15)

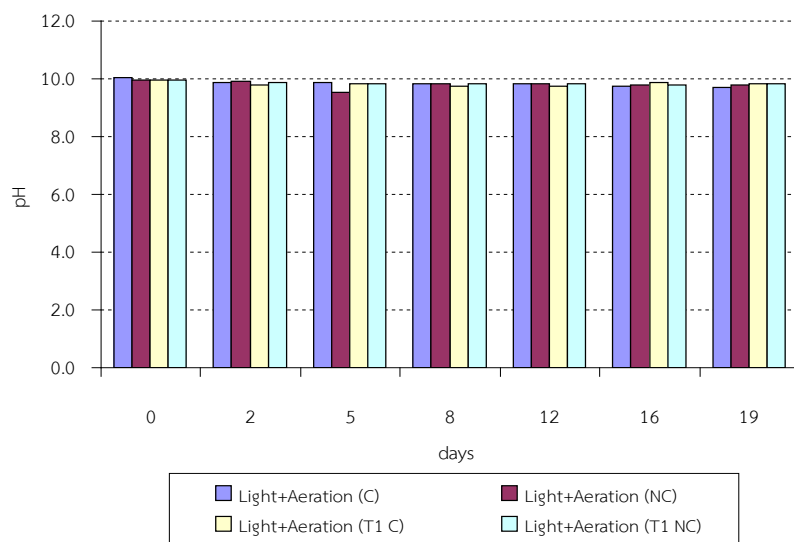
แผนภูมิที่ 15 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของชุดการทดลองแบบเปิดเติมอากาศที่มีการเพิ่มแสงประดิษฐ์



1.6) พีเอช (pH)

จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณค่าพีเอชที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียของสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูลีนาเป็นระยะเวลา 19 วัน โดยชุดการทดลอง T1 ประกอบด้วย ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave ซึ่งชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.85 ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.80 ชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.82 และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.84 (แผนภูมิที่ 16)

แผนภูมิที่ 16 ค่าพีเอชของชุดการทดลองแบบเปิดเติมอากาศที่มีการเพิ่มแสงประดิษฐ์

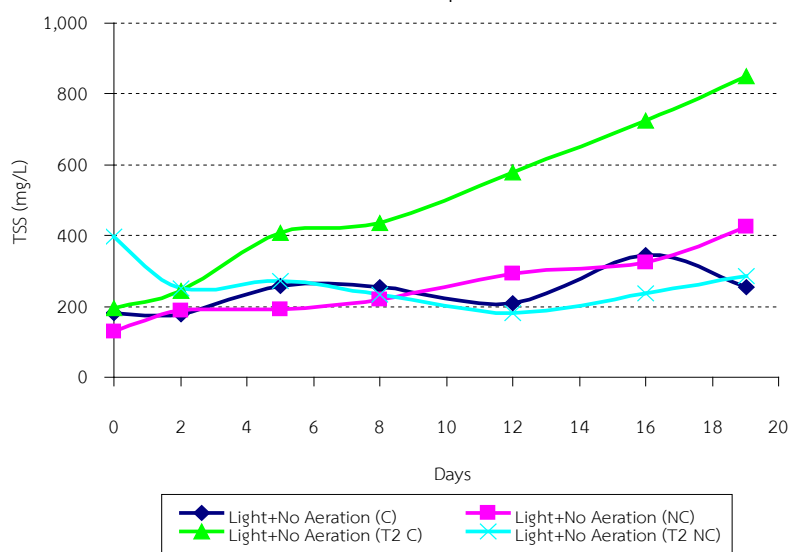


2) ชุดทดลองแบบเปิดที่มีการเพิ่มแสงประดิษฐ์ (T2 : Light + No Aeration)

2.1) ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS)

จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียของสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูลินาเป็นระยะเวลา 19 วัน โดยชุดการทดลอง T2 ประกอบด้วย ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave ซึ่งชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 240.19 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 252.38 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 491.24 มิลลิกรัมต่อลิตร และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 264.95 มิลลิกรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 17)

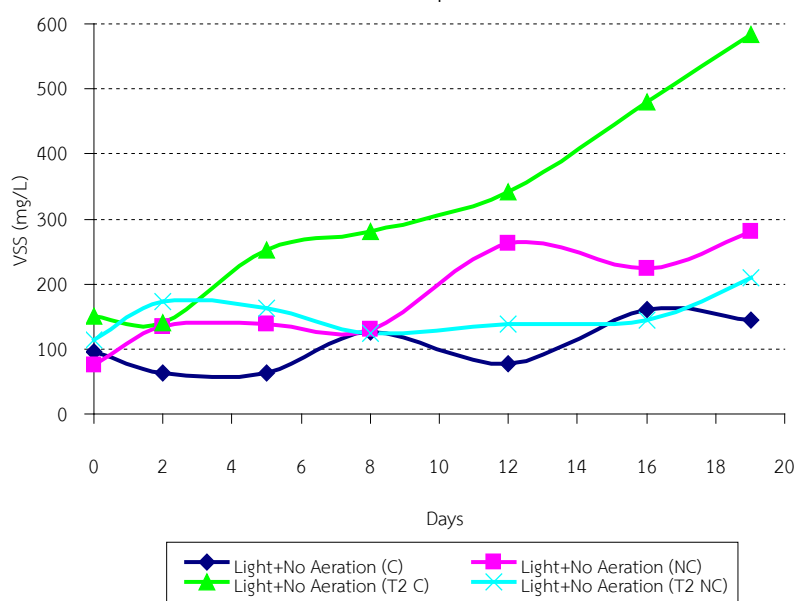
แผนภูมิที่ 17 ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดของชุดการทดลองแบบเปิดที่มีการเพิ่มแสงประดิษฐ์



2.2) ของแข็งแขวนลอยระเหย (VSS)

จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณของแข็งแขวนลอยระเหยที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียของสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูลีนาเป็นระยะเวลา 19 วัน โดยชุดการทดลอง T2 ประกอบด้วย ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave ซึ่งชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 105 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 178 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 319 มิลลิกรัมต่อลิตร และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 152 มิลลิกรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 18)

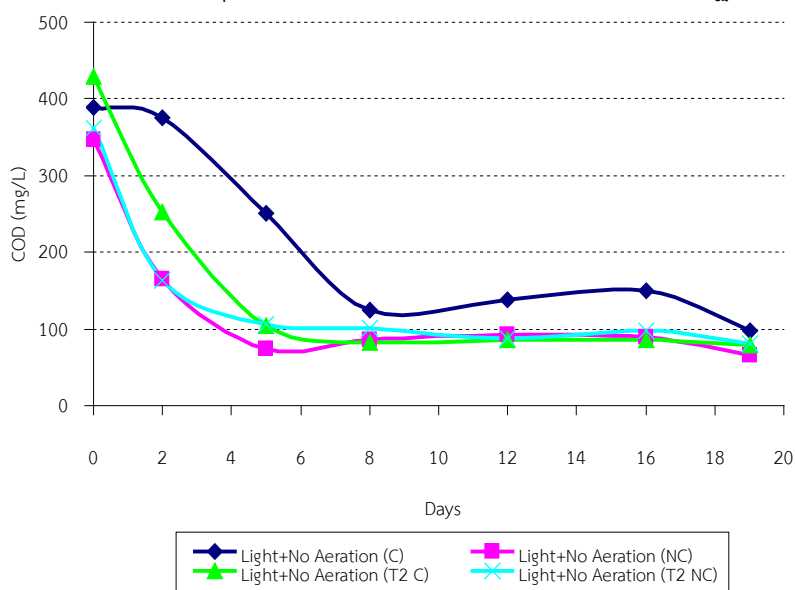
แผนภูมิที่ 18 ปริมาณของแข็งแขวนลอยระเหยของชุดการทดลองแบบเปิดที่มีการเพิ่มแสงประดิษฐ์



2.3) ซีโอดี (COD)

จากผลการทดลองพบว่า ค่าซีโอดีของชุดการทดลอง T2 ซึ่งประกอบด้วย ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave ซึ่งชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave มีค่าซีโอดีอยู่ในช่วง 97.33 – 150.67 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 218 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าซีโอดีอยู่ในช่วง 65.33 – 93.33 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 83.33 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave มีค่าซีโอดีอยู่ในช่วง 78.67 – 86.67 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 83.33 มิลลิกรัมต่อลิตร และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าซีโอดีอยู่ในช่วง 81.33 – 101.33 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 92 มิลลิกรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 19)

แผนภูมิที่ 19 ปริมาณซีโอดีของชุดการทดลองแบบเปิดที่มีการเพิ่มแสงประดิษฐ์

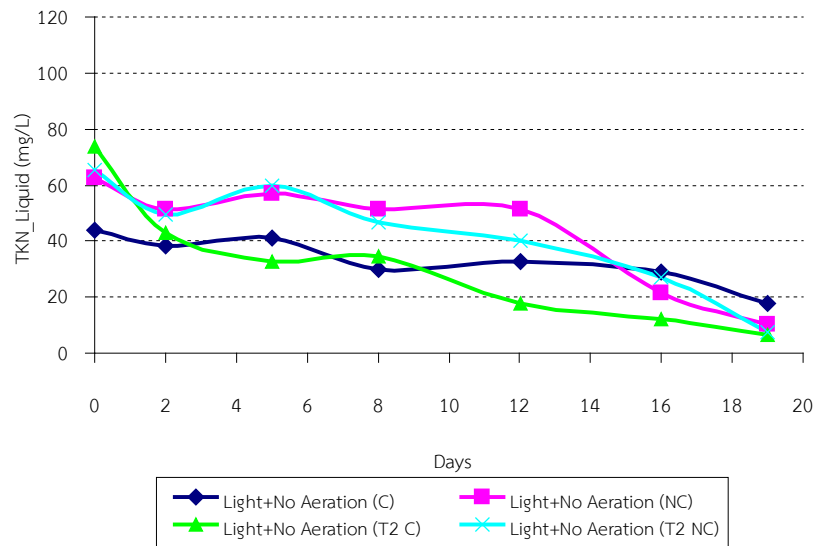


2.4) ทีเคเอ็น (TKN ส่วนที่เป็นของเหลวและของแข็ง)

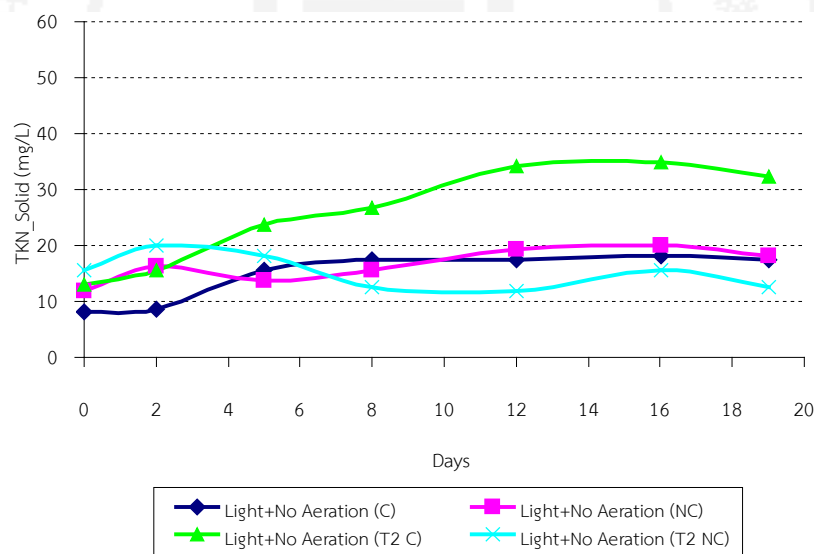
จากผลการทดลองพบว่า ค่าทีเคเอ็นของเหลวของชุดการทดลอง T2 ซึ่งประกอบด้วย ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave ซึ่งชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave มีค่าทีเคเอ็นของเหลวอยู่ในช่วง 17.73 – 32.67 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.30 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าทีเคเอ็นของเหลวอยู่ในช่วง 10.27 – 51.33 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 33.60 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave มีค่าทีเคเอ็นของเหลวอยู่ในช่วง 6.53 – 34.53 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.73 มิลลิกรัมต่อลิตร และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าทีเคเอ็นของเหลวอยู่ในช่วง 7.47– 46.67 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.33 มิลลิกรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 20 ก)

แผนภูมิที่ 20 ปริมาณที่เคเอ็นของชุดการทดลองแบบเปิดที่มีการเพิ่มแสงประดิษฐ์

(ก) TKN ส่วนที่เป็นของเหลว



(ข) TKN ส่วนที่เป็นของแข็ง



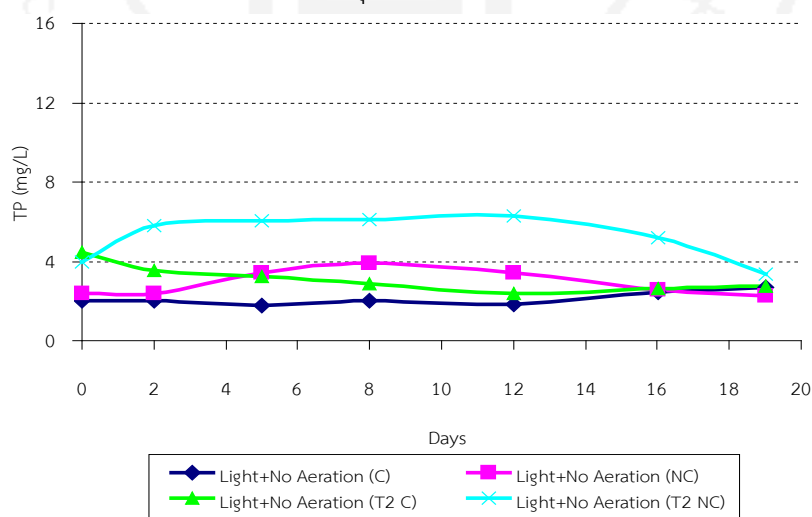
นอกจากนี้ ยังมีผลการทดลองค่าที่เคเอ็นของแข็งพบว่า ค่าที่เคเอ็นของแข็งของชุดการทดลอง T2 ซึ่งประกอบด้วย ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave และชุดทดลองใช้สารร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองใช้สารร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave ซึ่งชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave มีค่าที่เคเอ็นของแข็งอยู่ในช่วง 17.42 – 18.04 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.58 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าที่เคเอ็น

ของแข็งอยู่ในช่วง 15.56 – 19.91 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18.20 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave มีค่าที่เคเอ็นของแข็งอยู่ในช่วง 26.76 – 34.84 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.04 มิลลิกรัมต่อลิตร และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าที่เคเอ็นของแข็งอยู่ในช่วง 11.82 – 15.56 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.07 มิลลิกรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 20 ข)

2.5) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP)

จากผลการทดลองพบว่า ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของชุดการทดลอง T2 ซึ่งประกอบด้วย ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave ซึ่งชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในช่วง 1.82 – 2.68 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.24 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในช่วง 2.28 – 3.93 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.04 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในช่วง 2.37 – 2.88 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.66 มิลลิกรัมต่อลิตร และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในช่วง 3.35 – 6.30 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.24 มิลลิกรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 21)

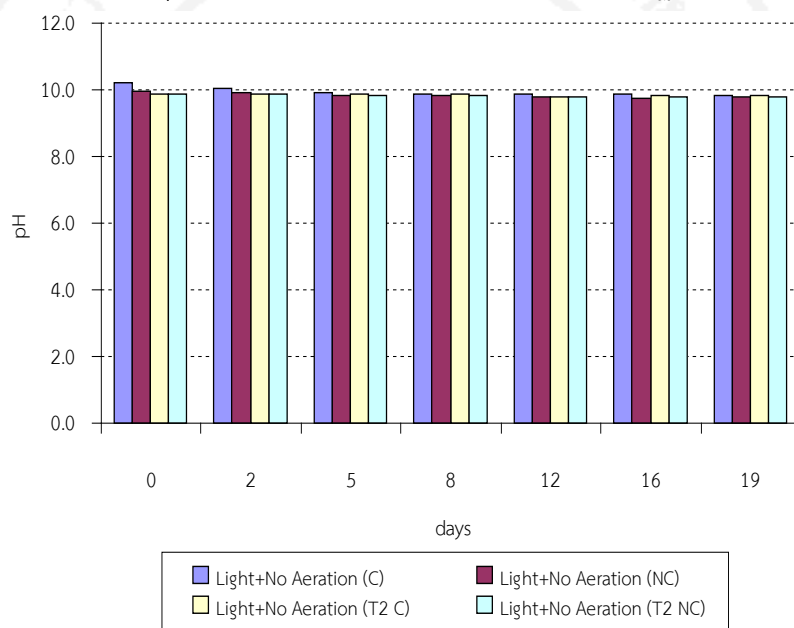
แผนภูมิที่ 21 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของชุดการทดลองแบบเปิดที่มีการเพิ่มแสงประดิษฐ์



2.6) พีเอช (pH)

จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณค่าพีเอชที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียของสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูไลนาเป็นระยะเวลา 19 วัน โดยชุดการทดลอง T2 ประกอบด้วย ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave ซึ่งชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.95 ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.84 ชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.85 และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.83 (แผนภูมิที่ 22)

แผนภูมิที่ 22 ค่าพีเอชของชุดการทดลองแบบเปิดที่มีการเพิ่มแสงประดิษฐ์



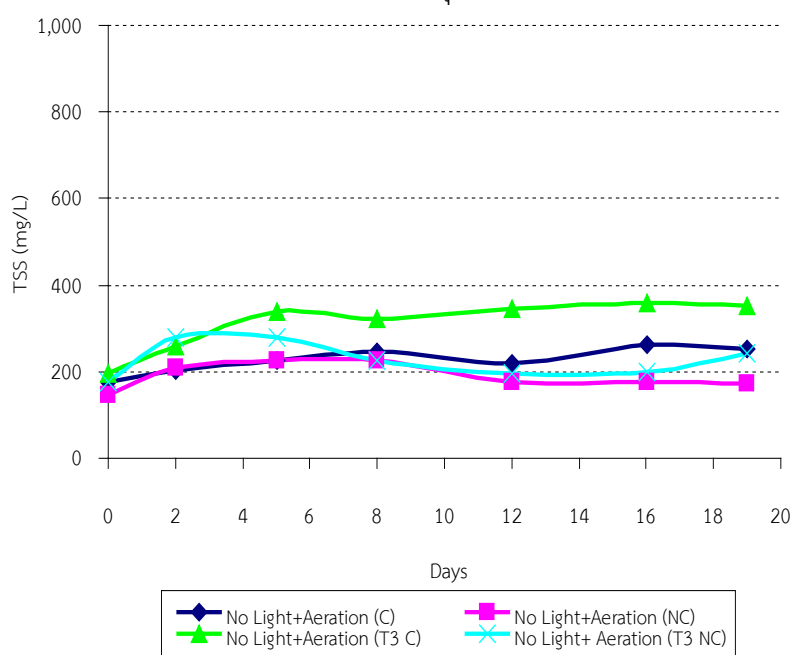
3) ชุดทดลองแบบเปิดเติมอากาศที่ใช้แสงธรรมชาติ (T3 : No Light + Aeration)

3.1) ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS)

จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียของสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูไลนาเป็นระยะเวลา 19 วัน โดยชุดการทดลอง T3 ประกอบด้วย ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave ซึ่งชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ย

เท่ากับ 226.67 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 189.90 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 310.29 มิลลิกรัมต่อลิตร และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 228.19 มิลลิกรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 23)

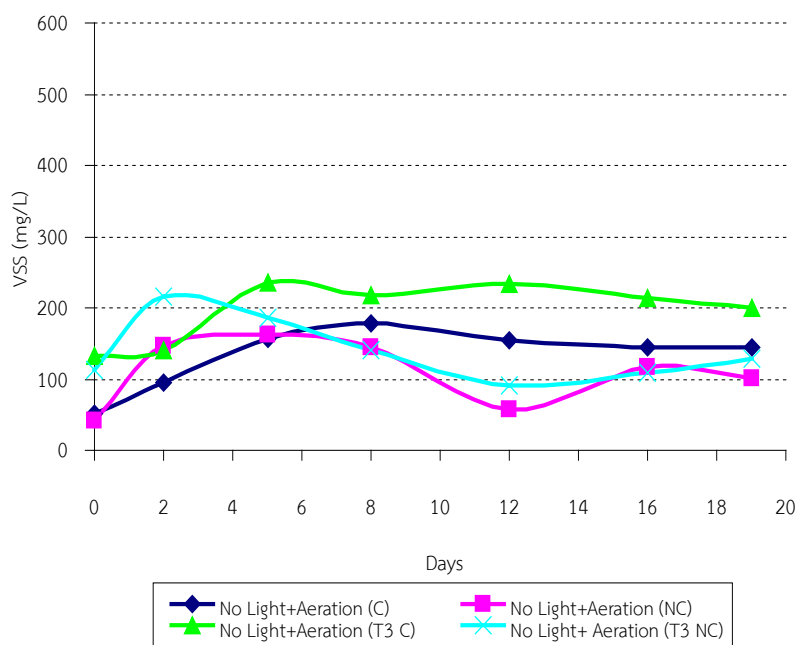
แผนภูมิที่ 23 ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดของชุดทดลองแบบเปิดเติมอากาศที่ใช้แสงธรรมชาติ



3.2) ของแข็งแขวนลอยระเหย (VSS)

จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณของแข็งแขวนลอยระเหยที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียของสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูลินาเป็นระยะเวลา 19 วัน โดยชุดการทดลอง T3 ประกอบด้วย ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave ซึ่งชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 132 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 110 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 197 มิลลิกรัมต่อลิตร และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 140 มิลลิกรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 24)

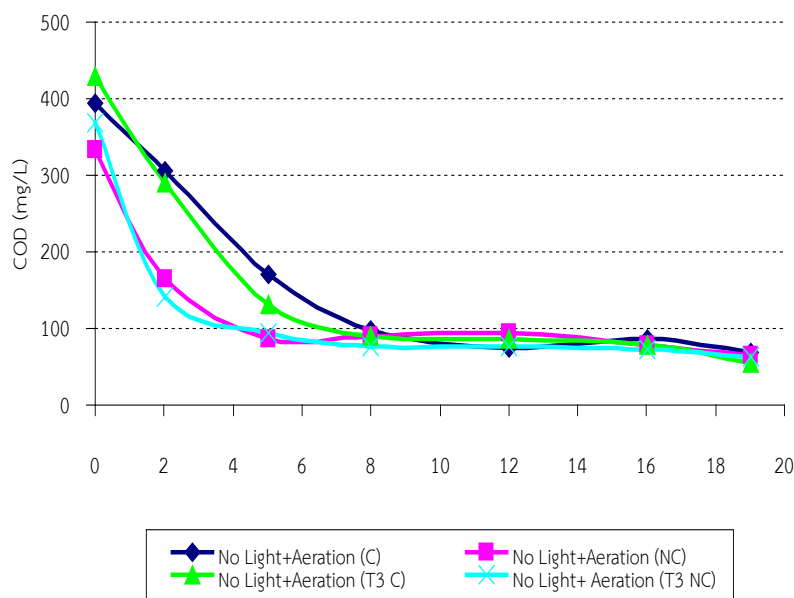
แผนภูมิที่ 24 ปริมาณของแข็งแขวนลอยระเหยของชุดทดลองแบบเปิดเติมอากาศที่ใช้แสงธรรมชาติ



3.3) ซีโอดี (COD)

จากผลการทดลองพบว่า ค่าซีโอดีของชุดการทดลอง T3 ซึ่งประกอบด้วย ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave ซึ่งชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave มีค่าซีโอดีอยู่ในช่วง 68 – 98.67 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 82 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าซีโอดีอยู่ในช่วง 65.33 – 93.33 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 82 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave มีค่าซีโอดีอยู่ในช่วง 54.67 – 90.67 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 77.33 มิลลิกรัมต่อลิตร และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าซีโอดีอยู่ในช่วง 62.67 – 77.33 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 72.67 มิลลิกรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 25)

แผนภูมิที่ 25 ปริมาณซีโอดีของชุดทดลองแบบเปิดเติมอากาศที่ใช้แสงธรรมชาติ

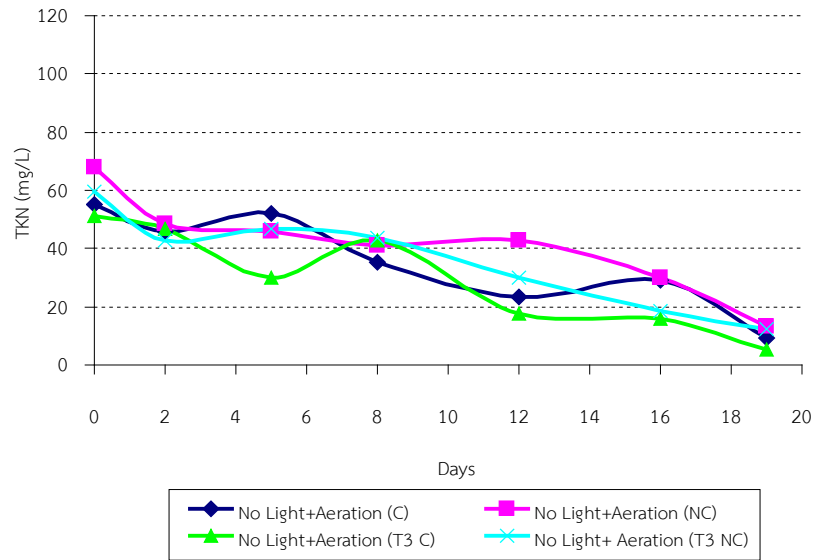


3.4) ทีเคเอ็น (TKN ส่วนที่เป็นของเหลวและของแข็ง)

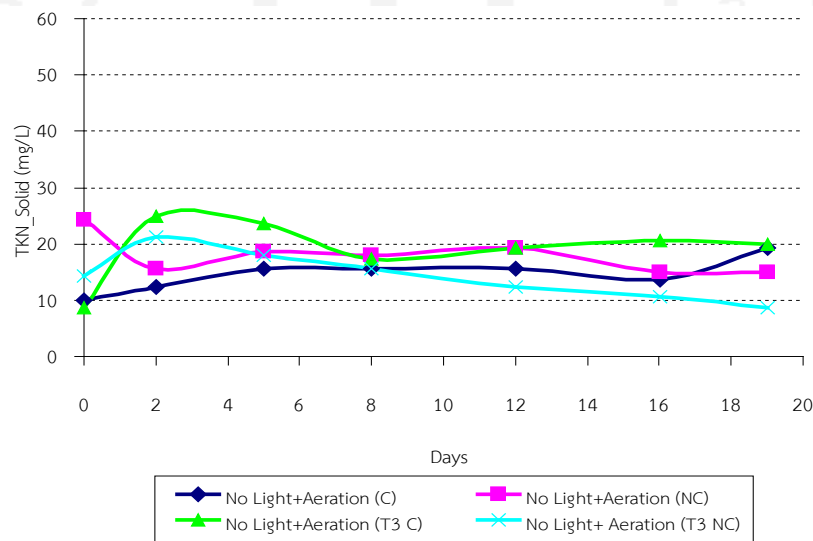
จากผลการทดลองพบว่า ค่าทีเคเอ็นของเหลวของชุดการทดลอง T3 ซึ่งประกอบด้วย ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave ซึ่งชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave มีค่าทีเคเอ็นของเหลวอยู่ในช่วง 9.33 – 35.47 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.27 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าทีเคเอ็นของเหลวอยู่ในช่วง 13.07 – 42.93 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.73 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave มีค่าทีเคเอ็นของเหลวอยู่ในช่วง 5.41 – 42.93 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20.49 มิลลิกรัมต่อลิตร และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าทีเคเอ็นของเหลวอยู่ในช่วง 12.13 – 43.87 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 26.13 มิลลิกรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 26 ก)

แผนภูมิที่ 26 ปริมาณที่เคเอ็นของชุดการทดลองแบบเปิดเติมอากาศที่ใช้แสงธรรมชาติ

(ก) TKN ส่วนที่เป็นของเหลว



(ข) TKN ส่วนที่เป็นของแข็ง



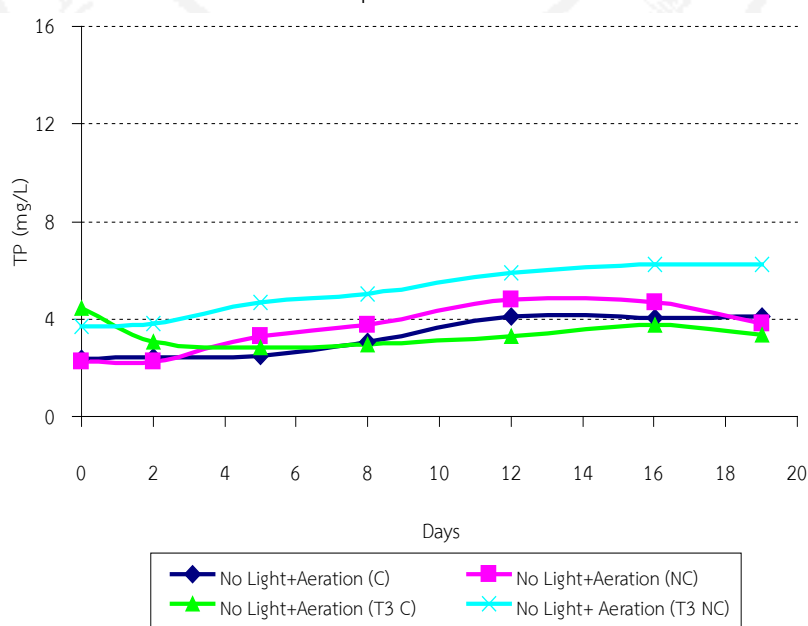
นอกจากนี้ ยังมีผลการทดลองค่าที่เคเอ็นของแข็งพบว่า ค่าที่เคเอ็นของแข็งของชุดการทดลอง T3 ซึ่งประกอบด้วย ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสีย ที่ผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave ซึ่งชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave มีค่าที่เคเอ็นของแข็งอยู่ในช่วง 13.69 – 19.29 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave

มีค่าที่เคเอ็นของแข็งอยู่ในช่วง 14.93 – 19.29 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.80 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave มีค่าที่เคเอ็นของแข็งอยู่ในช่วง 17.42 – 20.53 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.29 มิลลิกรัมต่อลิตร และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าที่เคเอ็นของแข็งอยู่ในช่วง 8.71 – 15.56 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.82 มิลลิกรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 26 ข)

3.5) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP)

จากผลการทดลองพบว่า ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของชุดการทดลอง T3 ซึ่งประกอบด้วยชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave ซึ่งชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในช่วง 3.08 – 4.08 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.82 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในช่วง 3.77 – 4.82 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.28 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในช่วง 2.97 – 3.77 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.34 มิลลิกรัมต่อลิตร และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในช่วง 5.02 – 6.24 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.84 มิลลิกรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 27)

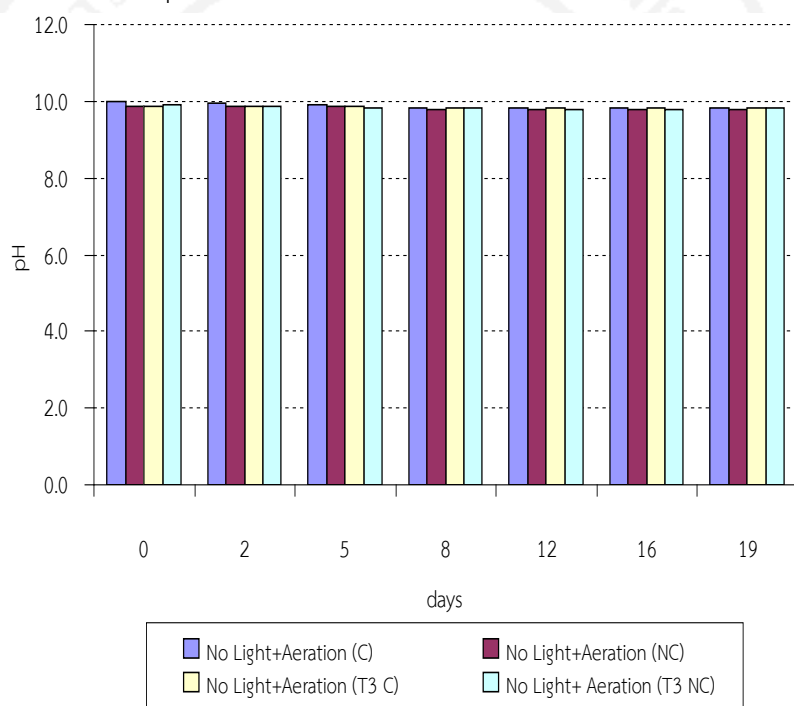
แผนภูมิที่ 27 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของชุดการทดลองแบบเปิดเติมอากาศที่ใช้แสงธรรมชาติ



3.6) พีเอช (pH)

จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณค่าพีเอชที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียของสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูลีนาเป็นระยะเวลา 19 วัน โดยชุดการทดลอง T3 ประกอบด้วย ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave ซึ่งชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.88 ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.82 ชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.84 และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.84 (แผนภูมิที่ 28)

แผนภูมิที่ 28 ค่าพีเอชของชุดการทดลองแบบเปิดเติมอากาศที่ใช้แสงธรรมชาติ



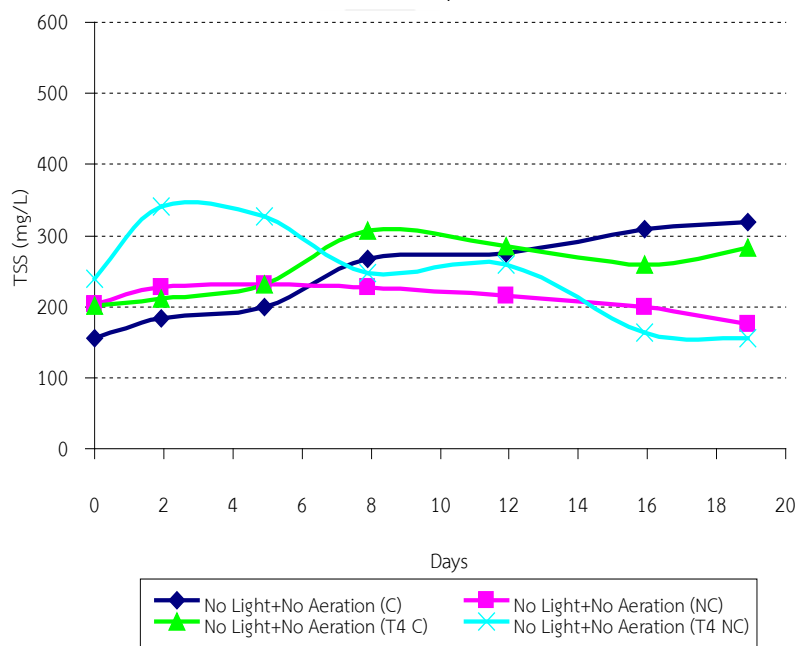
4) ชุดทดลองแบบเปิดที่ใช้แสงธรรมชาติ (T4 : No Light + No Aeration)

4.1) ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS)

จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียของสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูลีนาเป็นระยะเวลา 19 วัน โดยชุดการทดลอง T4 ประกอบด้วย ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็ก

บำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave ซึ่งชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 244 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 211.24 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 254.10 มิลลิกรัมต่อลิตร และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 247.43 มิลลิกรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 29)

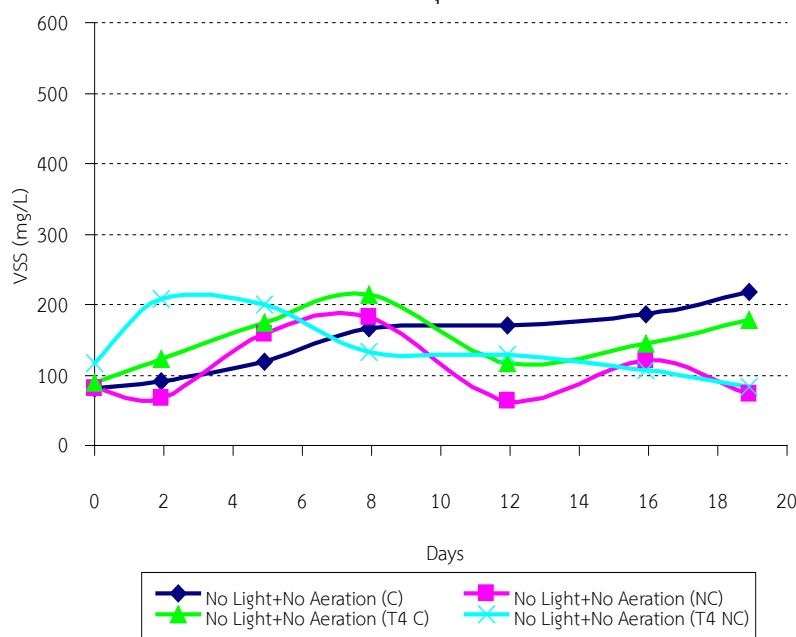
แผนภูมิที่ 29 ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดของชุดทดลองแบบเปิดที่ใช้แสงธรรมชาติ



4.2) ของแข็งแขวนลอยระเหย (VSS)

จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณของแข็งแขวนลอยระเหยที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียของสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูลินาเป็นระยะเวลา 19 วัน โดยชุดการทดลอง T4 ประกอบด้วย ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave ซึ่งชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 147 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 106 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 148 มิลลิกรัมต่อลิตร และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 139 มิลลิกรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 30)

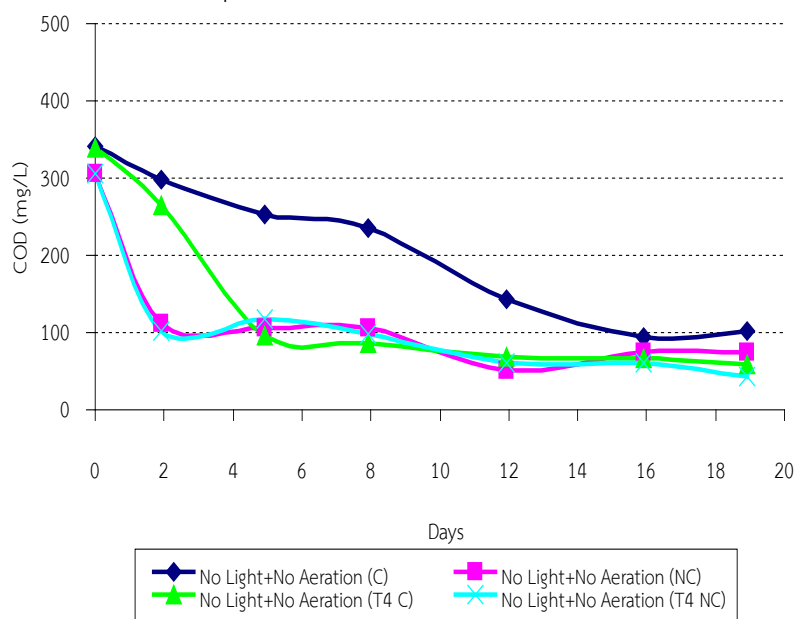
แผนภูมิที่ 30 ปริมาณของแข็งแขวนลอยระเหยของชุดทดลองแบบเปิดที่ใช้แสงธรรมชาติ



4.3) ซีโอดี (COD)

จากผลการทดลองพบว่า ค่าซีโอดีของชุดการทดลอง T4 ซึ่งประกอบด้วย ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave ซึ่งชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave มีค่าซีโอดีอยู่ในช่วง 93.33 – 234.67 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 143.33 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าซีโอดีอยู่ในช่วง 50.67 – 106.67 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 76.67 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave มีค่าซีโอดีอยู่ในช่วง 58.67 – 85.33 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 70 มิลลิกรัมต่อลิตร และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าซีโอดีอยู่ในช่วง 42.67 – 98.67 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 66 มิลลิกรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 31)

แผนภูมิที่ 31 ปริมาณซีโอดีของชุดทดลองแบบเปิดที่ใช้แสงธรรมชาติ

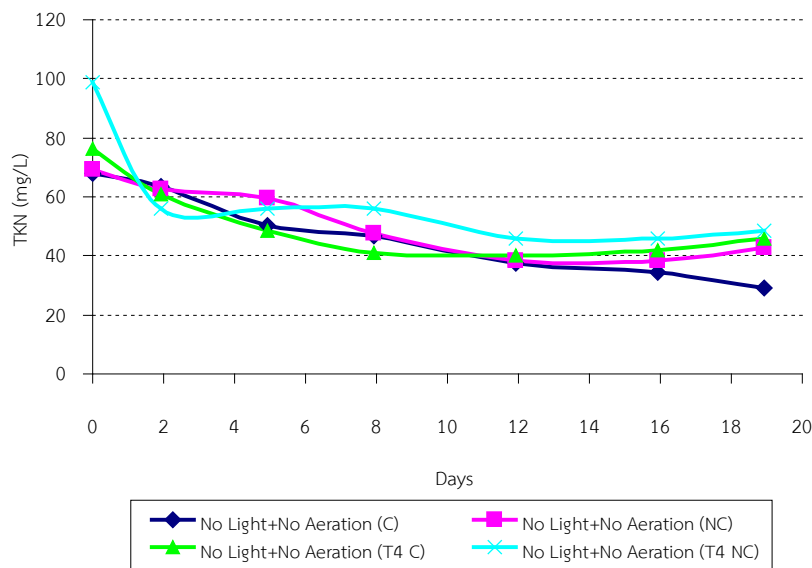


4.4) ทีเคเอ็น (TKN ส่วนที่เป็นของเหลวและของแข็ง)

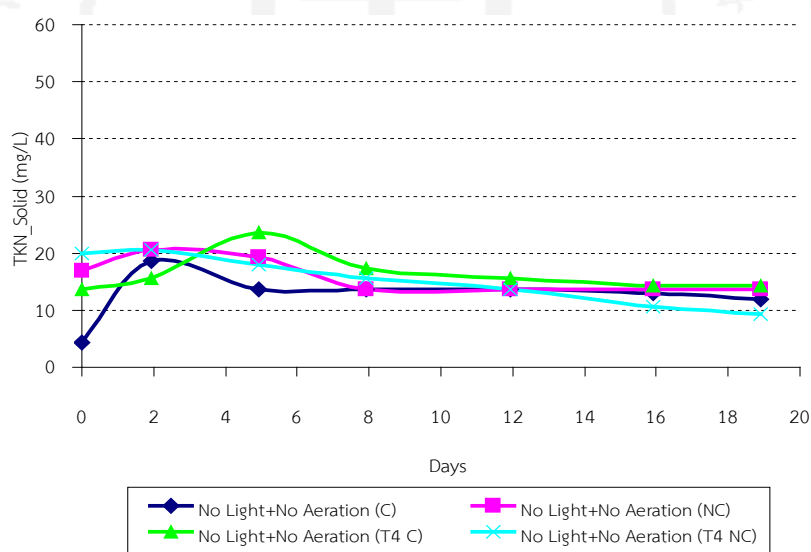
จากผลการทดลองพบว่า ค่าทีเคเอ็นของเหลวของชุดการทดลอง T4 ซึ่งประกอบด้วยชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave ซึ่งชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave มีค่าทีเคเอ็นของเหลวอยู่ในช่วง 28.93 – 46.67 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 36.87 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าทีเคเอ็นของเหลวอยู่ในช่วง 38.27 – 47.60 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 41.77 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสีย ที่ผ่านการ Autoclave มีค่าทีเคเอ็นของเหลวอยู่ในช่วง 40.13 – 45.73 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 42.23 มิลลิกรัมต่อลิตร และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าทีเคเอ็นของเหลวอยู่ในช่วง 45.73 – 56 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 49 มิลลิกรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 32 ก)

แผนภูมิที่ 32 ปริมาณที่เคเอ็นของชุดการทดลองแบบเปิดที่ใช้แสงธรรมชาติ

(ก) TKN ส่วนที่เป็นของเหลว



(ข) TKN ส่วนที่เป็นของแข็ง



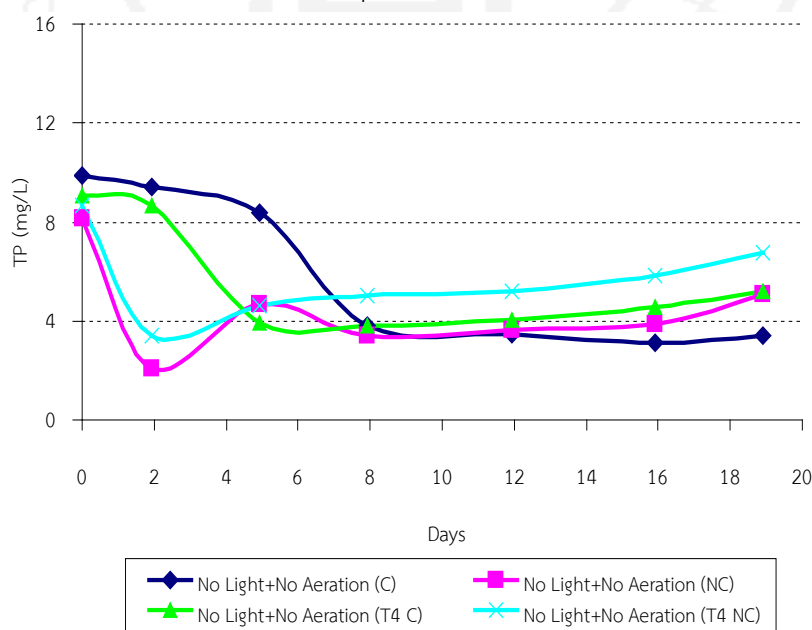
นอกจากนี้ ยังมีผลการทดลองค่าที่เคเอ็นของแข็งพบว่า ค่าที่เคเอ็นของแข็งของชุดการทดลอง T4 ซึ่งประกอบด้วย ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave ซึ่งชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave มีค่าที่เคเอ็นของแข็งอยู่ในช่วง 11.82 – 13.69 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.07 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าที่เคเอ็น

ของแข็งเท่ากับ 13.69 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.69 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave มีค่าที่เคเอ็นของแข็งอยู่ในช่วง 14.31 – 17.42 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.40 มิลลิกรัมต่อลิตร และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าที่เคเอ็นของแข็งอยู่ในช่วง 9.33 – 15.56 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.29 มิลลิกรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 32 ข)

4.5) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP)

จากผลการทดลองพบว่า ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของชุดการทดลอง T4 ซึ่งประกอบด้วยชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave ซึ่งชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในช่วง 3.13 – 3.82 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.45 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในช่วง 3.42 – 5.08 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในช่วง 3.82 – 5.17 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 มิลลิกรัมต่อลิตร และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในช่วง 5.02 – 6.75 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.69 มิลลิกรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 33)

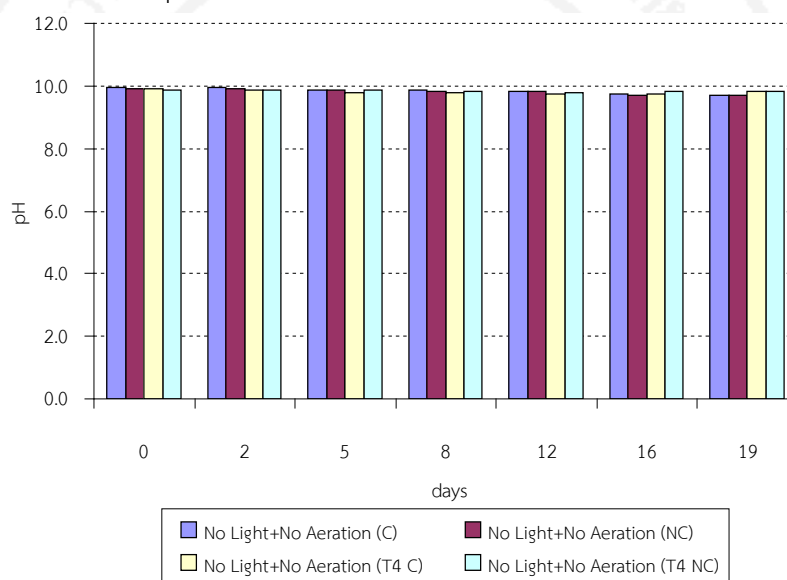
แผนภูมิที่ 33 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของชุดการทดลองแบบเปิดที่ใช้แสงธรรมชาติ



4.6) พีเอช (pH)

จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณค่าพีเอชที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียของสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูลีนาเป็นระยะเวลา 19 วัน โดยชุดการทดลอง T4 ประกอบด้วย ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave กับชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave ซึ่งชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.84 ชุดทดลองควบคุมโดยน้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.82 ชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.80 และชุดทดลองใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.84 (แผนภูมิที่ 34)

แผนภูมิที่ 34 ค่าพีเอชของชุดการทดลองแบบเปิดที่ใช้แสงธรรมชาติ



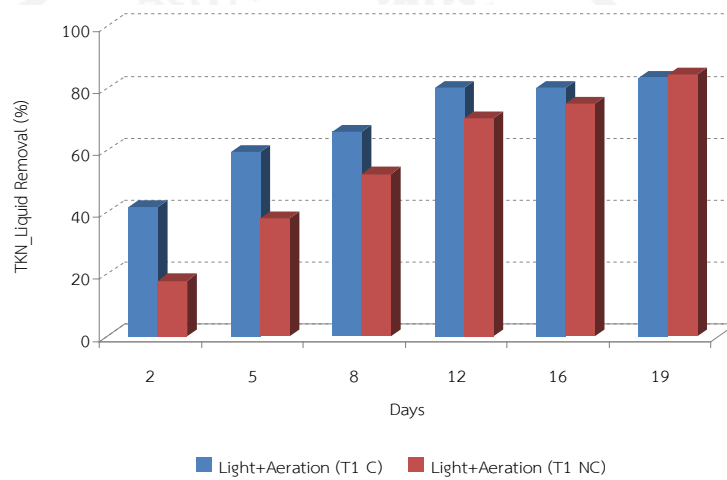
4.2.2 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของสาหร่ายขนาดเล็ก

1) การบำบัดที่เคเอ็น (TKN Removal Efficiency)

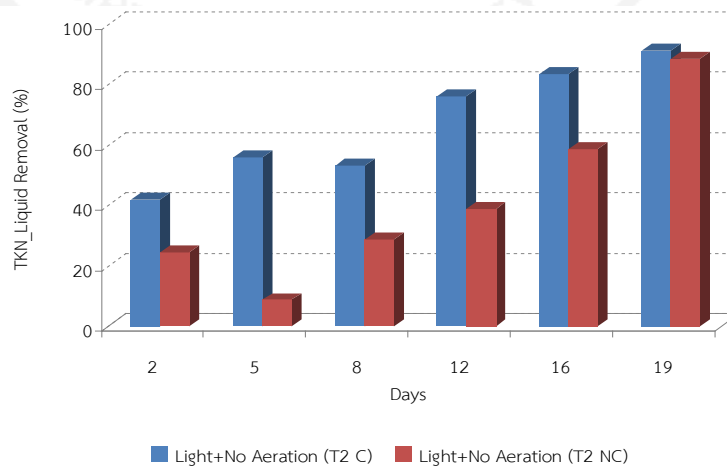
จากการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดที่เคเอ็นส่วนของของเหลว ในชุดการทดลอง T1, T2, T3 และ T4 โดยทำการบำบัดน้ำเสียเป็นระยะเวลา 19 วัน พบว่า ประสิทธิภาพการบำบัดที่เคเอ็นส่วนของของเหลวในชุดการทดลอง T1 (ใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave และใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave) มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 68.50 และร้อยละ 56.35 (แผนภูมิที่ 35 ก) ประสิทธิภาพการบำบัดที่เคเอ็นส่วนของของเหลวในชุดการทดลอง T2 (ใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave และใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสีย

ที่ไม่ผ่านการ Autoclave) มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 66.88 และร้อยละ 41.19 (แผนภูมิที่ 35 ข) ประสิทธิภาพการบำบัดที่เคเอ็นส่วนของของเหลวในชุดการทดลอง T3 (ใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave และใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave) มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 48.55 และร้อยละ 45.83 (แผนภูมิที่ 35 ค) และประสิทธิภาพการบำบัดที่เคเอ็นส่วนของของเหลวในชุดการทดลอง T4 (ใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave และใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave) มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 39.43 และร้อยละ 48.11 (แผนภูมิที่ 35 ง) ตามลำดับ

แผนภูมิที่ 35 ร้อยละของการบำบัดที่เคเอ็นของสาหร่ายขนาดเล็ก

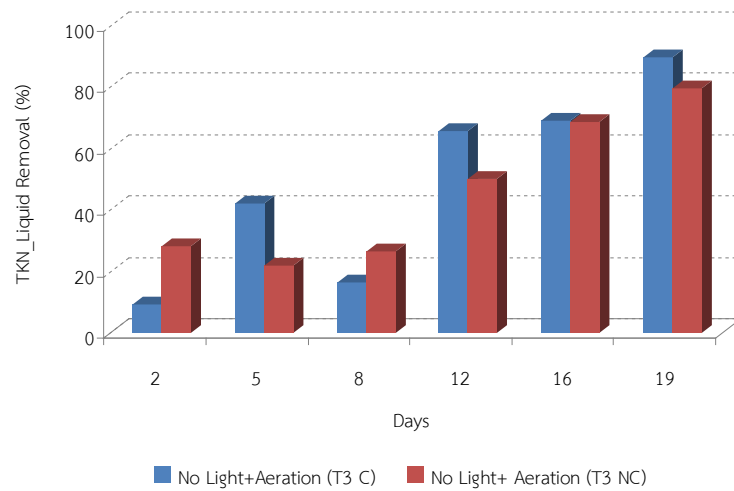


(ก)

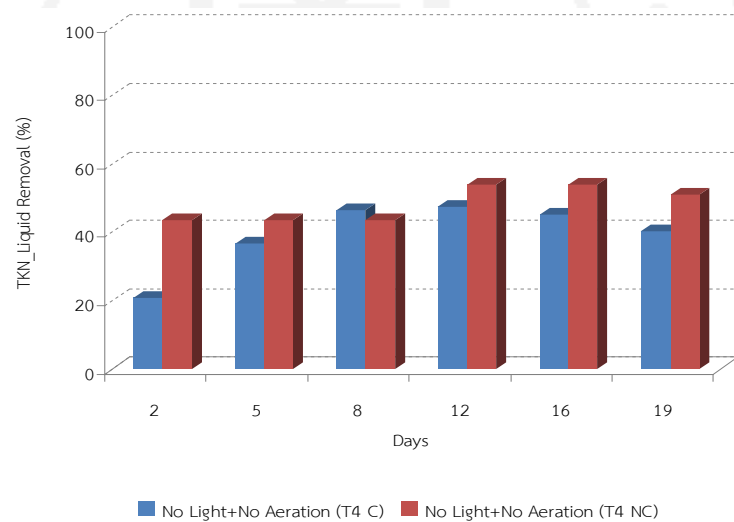


(ข)

แผนภูมิที่ 35 (ต่อ)



(ค)

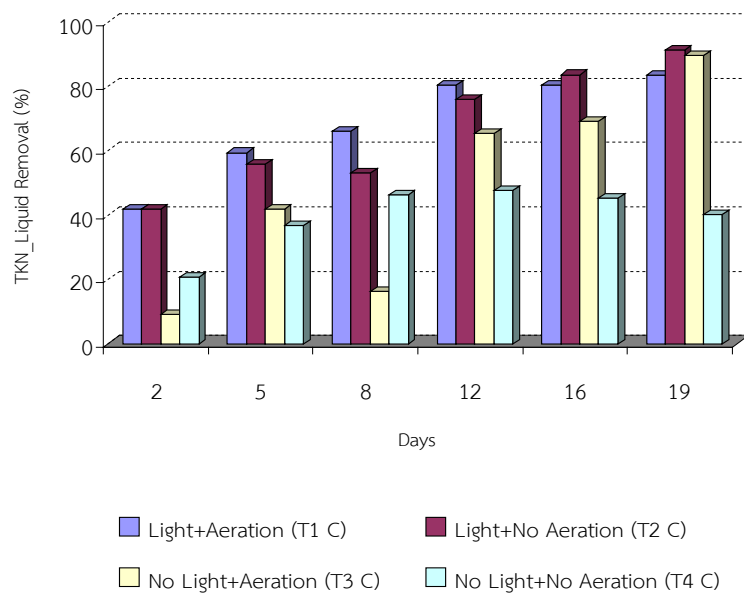


(ง)

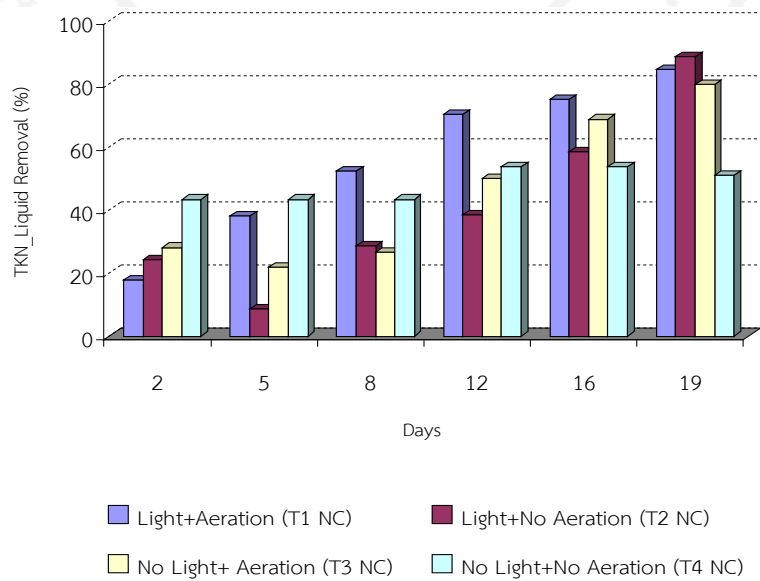
จากการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดที่เคเอ็นในน้ำเสียที่ผ่านการฆ่าเชื้อของสาหร่ายขนาดเล็กไปรูไลนาสายพันธุ์ TISTR 8222 เป็นระยะเวลา 19 วัน พบว่า ชุดการทดลองที่สามารถบำบัดที่เคเอ็นได้มากที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ 2 (T2; ชุดทดลองแบบเปิดที่มีการเพิ่มแสงประดิษฐ์) โดยมีประสิทธิภาพการบำบัด ร้อยละ 91 ในขณะที่ชุดการทดลองที่ 4 (T4; ชุดทดลองแบบเปิดที่ใช้แสงธรรมชาติ) มีประสิทธิภาพการบำบัดต่ำที่สุด คือ ร้อยละ 40 และสำหรับชุดการทดลองที่ 3 (T3; ชุดทดลองแบบเปิดเติมอากาศที่ใช้แสงธรรมชาติ) และชุดการทดลองที่ 1 (T1; ชุดทดลองแบบเปิด

เติมอากาศที่มีการเพิ่มแสงประดิษฐ์) มีประสิทธิภาพการบำบัด ร้อยละ 89 และร้อยละ 83 (แผนภูมิที่ 36 ก) นอกจากนี้ ในชุดการทดลองที่ใช้น้ำเสียที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อก็พบว่า เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการบำบัด (19 วัน) ประสิทธิภาพการบำบัดที่เคเอ็นมีลักษณะเช่นเดียวกัน (แผนภูมิที่ 36 ข)

แผนภูมิที่ 36 ประสิทธิภาพการบำบัดที่เคเอ็นของสาหร่ายขนาดเล็กในแต่ละชุดทดลอง
(ก) น้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave



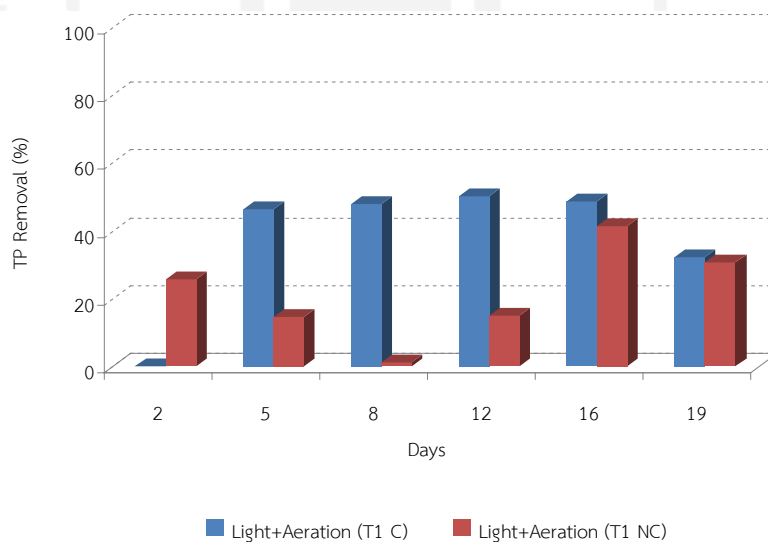
(ข) น้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave



2) การบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP Removal Efficiency)

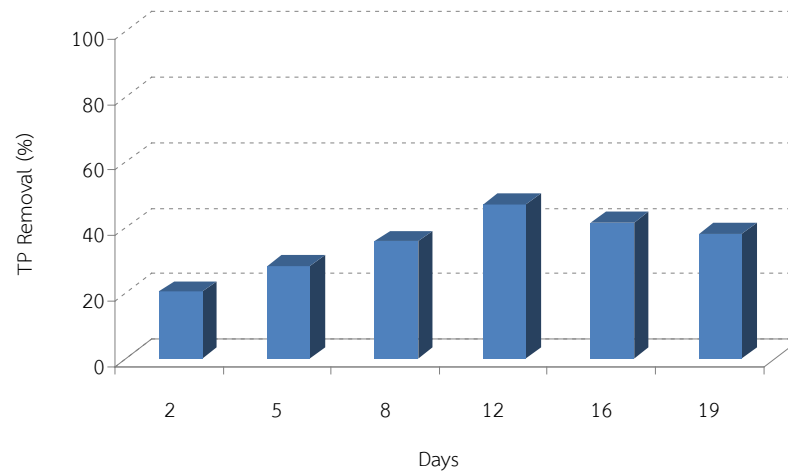
จากการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมด ในชุดการทดลอง T1,T2,T3 และ T4 โดยทำการบำบัดน้ำเสียเป็นระยะเวลาเวลา 19 วัน พบว่า ประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมด ส่วนของชุดการทดลอง T1 (ใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave และใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 27.78 และร้อยละ 24.77 (แผนภูมิที่ 37 ก) ประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมด ประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมด ในชุดการทดลอง T2 (ใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave และใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 35.20 กับไม่มีการกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำเสีย (แผนภูมิที่ 37 ข) ประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดในชุดการทดลอง T3 (ใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave และใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 27.79 กับไม่มีการกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำเสีย (แผนภูมิที่ 37 ค) และประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดในชุดการทดลอง T4 (ใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave และใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 44.57 และร้อยละ 40.61 (แผนภูมิที่ 37 ง) ตามลำดับ

แผนภูมิที่ 37 ร้อยละของการบำบัดปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของสาหร่ายขนาดเล็ก



(ก)

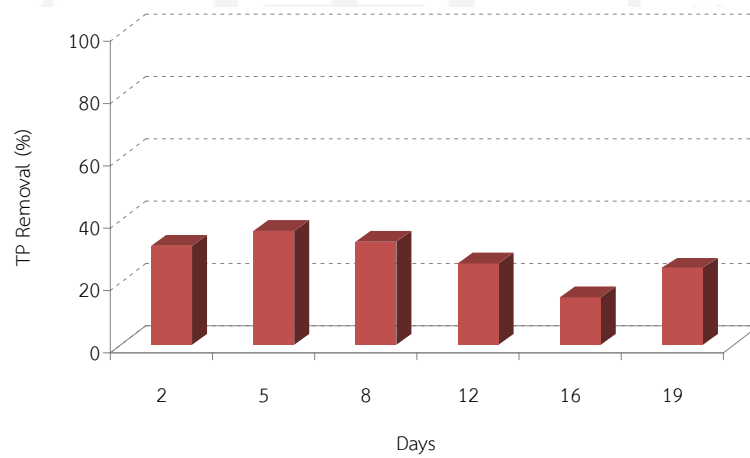
แผนภูมิที่ 37 (ต่อ)



■ Light+No Aeration (T2 C)

(ข)

ชุดการทดลอง T2 NC ไม่มีการกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมด

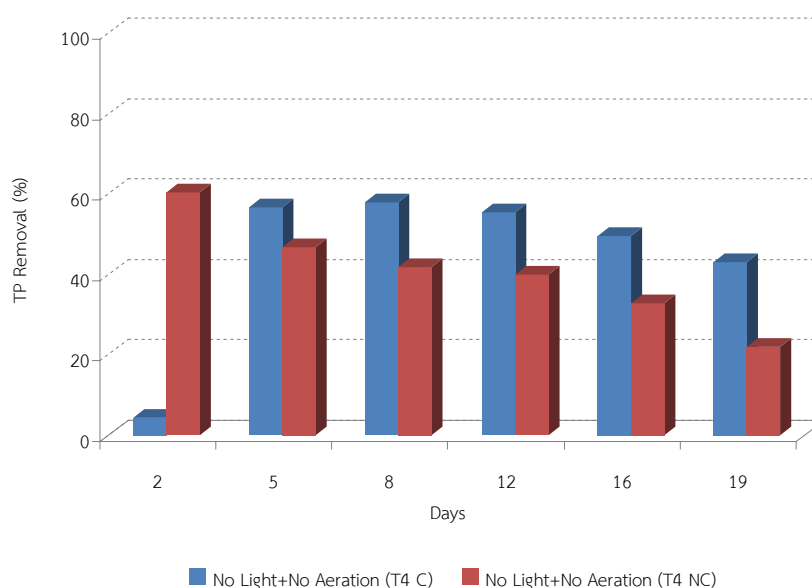


■ No Light+Aeration (T3 C)

(ค)

ชุดการทดลอง T3 NC ไม่มีการกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมด

แผนภูมิที่ 37 (ต่อ)



(ง)

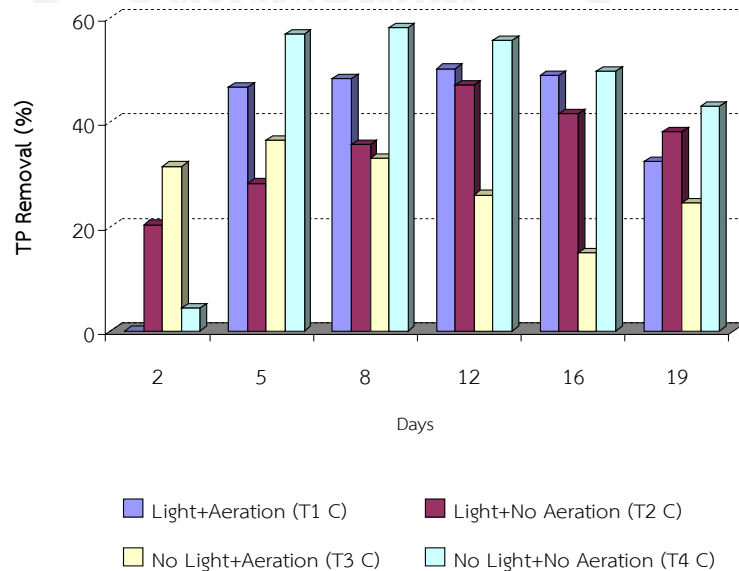
นอกจากนี้ ผลการศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูลีนา สายพันธุ์ TISTR 8222 เป็นระยะเวลา 19 วัน ชี้ให้เห็นว่า ทุกชุดการทดลองที่ใช้ น้ำเสียที่ผ่านการฆ่าเชื้อ สามารถบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดได้ระหว่างร้อยละ 37-58 โดยชุดการทดลองที่ 4 (T4; ชุดทดลองแบบเปิดที่ใช้แสงธรรมชาติ) เป็นชุดการทดลองที่สามารถบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดได้สูงที่สุด (แผนภูมิที่ 38 ก) ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใช้ น้ำเสียที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ มีเพียงบางชุดการทดลองที่สามารถบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดได้ คือ ชุดการทดลองที่ 4 (T4; ชุดทดลองแบบเปิดที่ใช้แสงธรรมชาติ) และชุดการทดลองที่ 1 (T1; ชุดทดลองแบบเปิดเติมอากาศที่มีการเพิ่มแสงประดิษฐ์) โดยมีประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดได้ ร้อยละ 60 และร้อยละ 43.86 ส่วนชุดการทดลองที่ 2 และ 3 (T2; ชุดทดลองแบบเปิดที่มีการเพิ่มแสงประดิษฐ์ และ T3; ชุดทดลองแบบเปิดเติมอากาศที่ใช้แสงธรรมชาติ) ไม่สามารถบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดออกจากน้ำเสียได้ (แผนภูมิที่ 38 ข)

3) การบำบัดซีโอดี (COD Removal Efficiency)

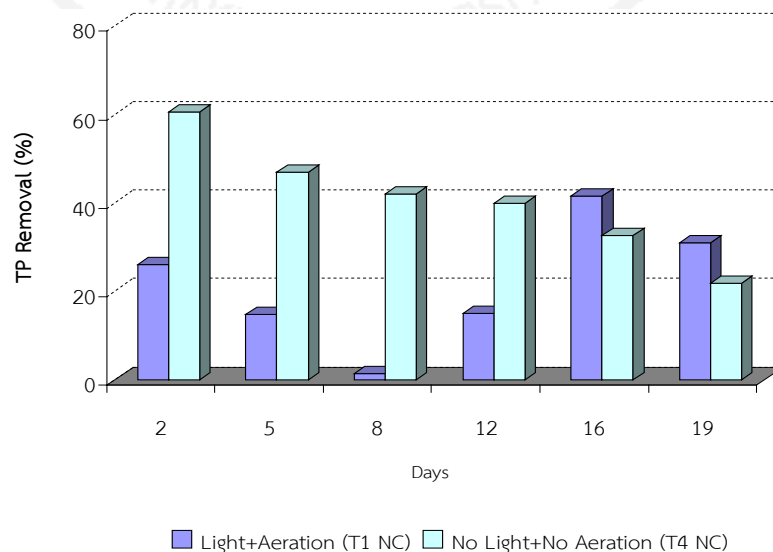
จากการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดี ในชุดการทดลอง T1, T2, T3 และ T4 โดยทำการบำบัดน้ำเสียเป็นระยะเวลาเวลา 19 วัน พบว่า ประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีในชุดการทดลอง T1 (ใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave และใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 68.12 และร้อยละ 69.84 (แผนภูมิที่ 39 ก) ประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีในชุดการทดลอง T2 (ใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave และใช้

สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 73.19 และร้อยละ 70.71 (แผนภูมิที่ 39 ข) ประสิทธิภาพการบำบัดซีโอทีในชุดการทดลอง T3 (ใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave และใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 71.64 และร้อยละ 76.21 (แผนภูมิที่ 39 ค) ประสิทธิภาพการบำบัดซีโอทีในชุดการทดลอง T4 (ใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave และใช้สาหร่ายขนาดเล็กบำบัดน้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 68.50 และร้อยละ 73.77 (แผนภูมิที่ 39 ง)

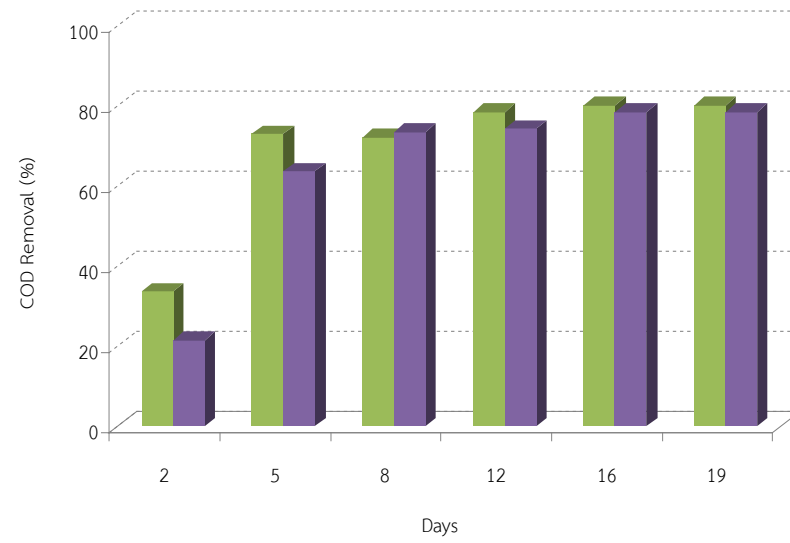
แผนภูมิที่ 38 ประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดของสาหร่ายขนาดเล็กในแต่ละชุดทดลอง (ก) น้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave



(ข) น้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave

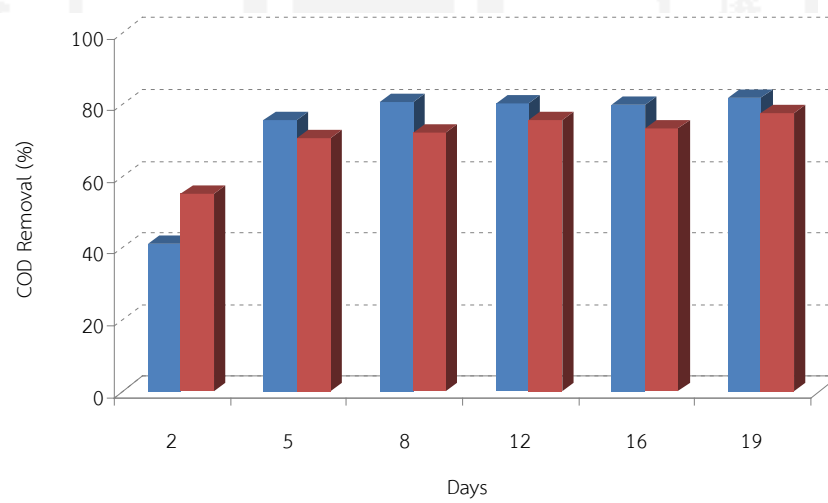


แผนภูมิที่ 39 ร้อยละของการบำบัดซีโอดีของสาหร่ายขนาดเล็ก



■ Light+Aeration (T1 C) ■ Light+Aeration (T1 NC)

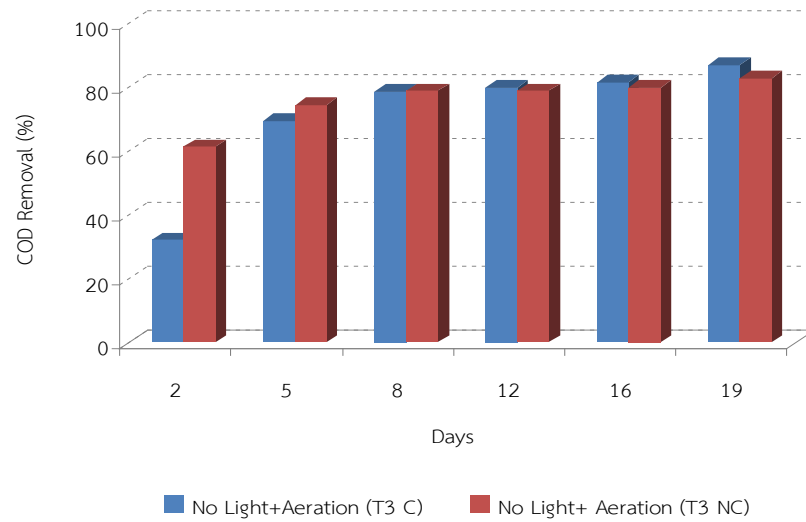
(ก)



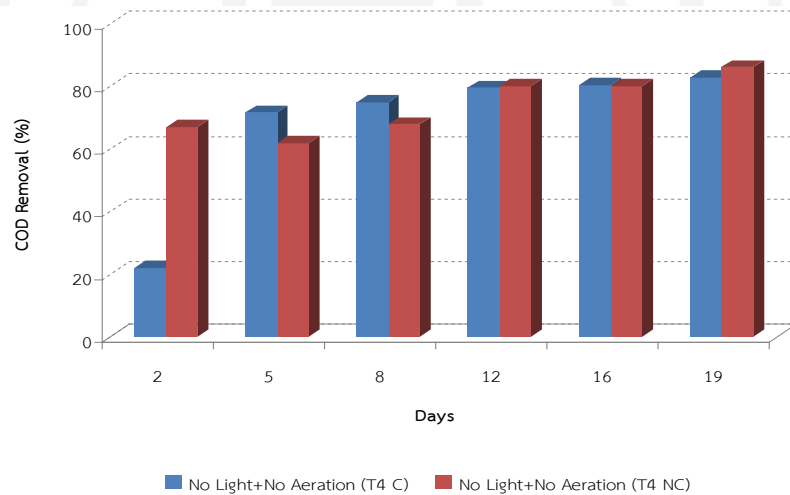
■ Light+No Aeration (T2 C) ■ Light+No Aeration (T2 NC)

(ข)

แผนภูมิที่ 39 (ต่อ)



(ค)



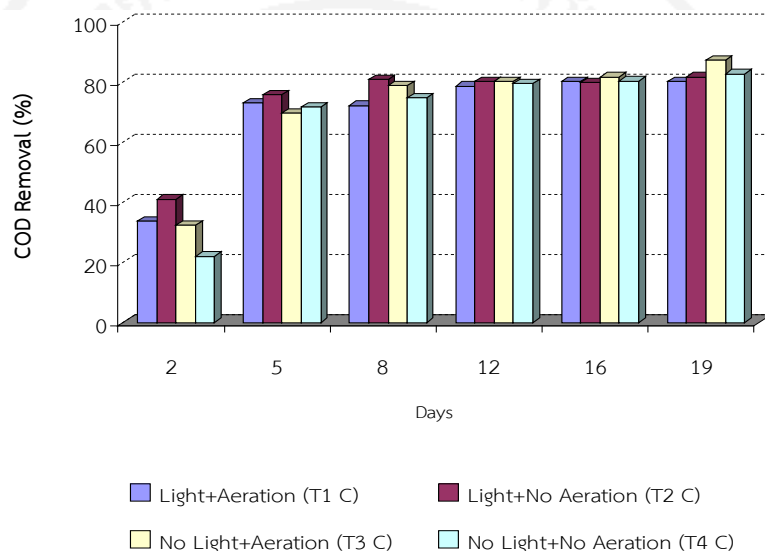
(ง)

จากการศึกษาชุดการทดลองที่มีประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีในน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave สูงที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ 3 (T3; ชุดทดลองแบบเปิดเติมอากาศที่ใช้แสงธรรมชาติ) โดยมีประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 87 (แผนภูมิที่ 40 ก) ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใช้น้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave พบว่า ชุดการทดลองที่สามารถบำบัดซีโอดีได้สูงที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ 4 (T4; ชุดทดลองแบบเปิดที่ใช้แสงธรรมชาติ) ซึ่งมีประสิทธิภาพการบำบัดใกล้เคียงกัน คือ ร้อยละ 86 โดยในชุดการทดลองที่ 2 ที่ใช้น้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave (T2; ชุดทดลองแบบเปิดที่มีการเพิ่มแสงประดิษฐ์) มีประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีต่ำที่สุด คือ ร้อยละ 78 (แผนภูมิที่ 40 ข)

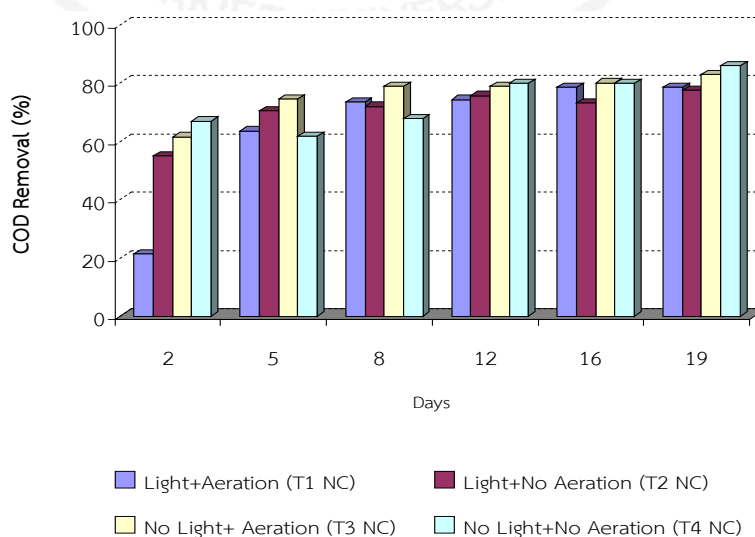
ปริมาณสารอินทรีย์ที่บำบัดต่อผลผลิตชีวมวลจากการบำบัดร่วมของสาหร่ายขนาดเล็ก และแบคทีเรียในระบบตลอดระยะเวลาการทดลอง แสดงดังแผนภูมิที่ 41 ซึ่งผลจากการนำสารอินทรีย์ ไปใช้ของสาหร่ายขนาดเล็กและการบำบัดชีโอดีของแบคทีเรีย แสดงในรูปของผลผลิตชีวมวลรวมที่วัด ในรูปของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Integrated Biomass; TSS) โดยพบว่าในชุดทดลองที่ใช้น้ำเสียที่ผ่านการ ฆ่าเชื้อมีค่าดังกล่าวสูงกว่า (มีประสิทธิภาพในการบำบัดชีโอดีสูงกว่า) ในชุดการทดลองที่ใช้น้ำเสีย ที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.52 และ 0.96, 1.79 และ 0.71, 1.9 และ 1.75, 1.39 และ 1.1 mgCOD/mgTSS⁻¹.d สำหรับชุดทดลองที่ 1-4 ตามลำดับ

แผนภูมิที่ 40 ประสิทธิภาพการบำบัดชีโอดีของสาหร่ายขนาดเล็กในแต่ละชุดทดลอง

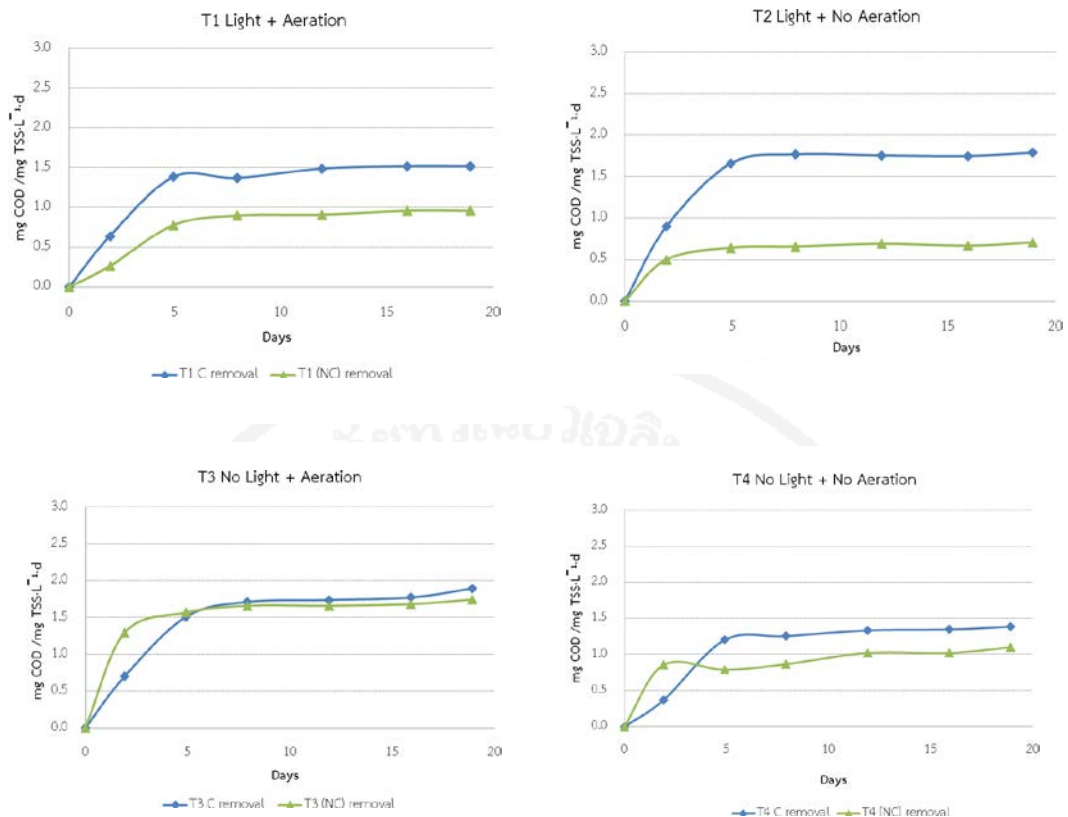
(ก) น้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave



(ข) น้ำเสียไม่ผ่านการ Autoclave



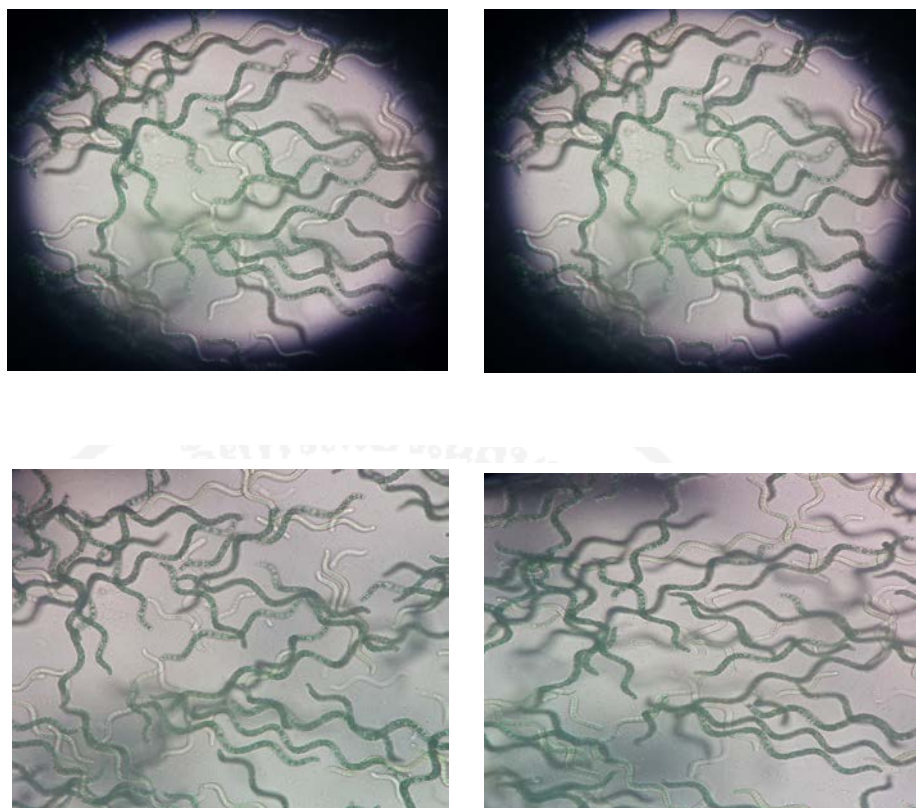
แผนภูมิที่ 41 ปริมาณซีไอดีต่อผลผลิตชีวมวลในระบบบำบัดตลอดระยะเวลาการทดลอง



4.3 ลักษณะทางกายภาพของสาหร่ายขนาดเล็กที่ได้จากการเพาะเลี้ยง

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูไลนา สายพันธุ์ TISTR 8222 ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในครั้งนี้ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 40 เท่า พบว่า มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกตลอดสาย ปลายทั้งสองข้างโค้งมน เรียงตัวต่อกันเป็นสายบิดเกลียวคล้ายลวดสปริง แต่ไม่แตกแขนง สามารถมองเห็นลักษณะสายบิดเกลียวของสาหร่าย ภายในจะมีเส้นแบ่งเป็นช่อง และสายบิดเกลียวของสาหร่ายจะมีสีเขียว (ภาพที่ 12) เนื่องจากสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูไลนาสายพันธุ์ TISTR 8222 ดังกล่าวนี้จัดเป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Blue green algae) ชนิดหนึ่ง

ภาพที่ 12 สาหร่ายขนาดเล็กจากการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์



4.4 การเก็บเกี่ยวผลผลิตชีวมวลสาหร่ายขนาดเล็กจากการเพาะเลี้ยง

จากการทดลองเก็บเกี่ยวผลผลิตชีวมวลของสาหร่ายขนาดเล็กที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในครั้งนี้อยู่ด้วยวิธีจาร์เทส โดยเลือกใช้สารเคมี 2 ชนิด คือ FeCl_3 และสารส้ม ที่ช่วงของความเข้มข้นระหว่าง 40-200 และ 60-300 มิลลิกรัมต่อลิตร และวิเคราะห์ผลที่ได้ในรูปของการลดลงของค่าความขุ่นและปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) พบว่า ปริมาณของ FeCl_3 ที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวผลผลิตชีวมวลของสาหร่ายขนาดเล็ก คือ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 42 ก และ 42 ข)

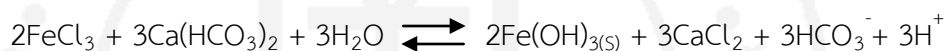
สำหรับผลการทดลองเก็บเกี่ยวผลผลิตชีวมวลของสาหร่ายขนาดเล็ก โดยการตกตะกอนด้วยสารส้ม พบว่า ปริมาณของสารส้มที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวผลผลิตชีวมวลของสาหร่ายขนาดเล็กในครั้งนี้อยู่ คือ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 43 ก และ 43 ข)

จากการที่สารส้มสามารถตกตะกอนผลผลิตชีวมวลของสาหร่ายขนาดเล็กที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้ อธิบายได้จากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเมื่อทำการเติมสารส้มลงไป จะเกิดการแตกตัวเป็นไอออนบวกและลบ โดยกลไกในการใช้ออนจากสารส้ม ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) สำหรับการดูดติดผิวคอลลอยด์ โดยมีขั้นตอนดังนี้



ไอออนบวกที่ทำหน้าที่ดูดติดผิว คือ $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$ และ $\text{Al}(\text{OH})^+$ จากสมการที่ (2) และ (3) สำหรับ Al^{3+} หรือ $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$ ในสมการ (1) ไม่สามารถดูดติดผิวคอลลอยด์ได้ เนื่องจากมีโมเลกุลของน้ำห่อหุ้มอยู่ จึงไม่สามารถเข้าถึงผิวคอลลอยด์ได้ เมื่ออนุภาคสูญเสียเสถียรภาพแล้ว การสร้างโอกาสให้คอลลอยด์สัมผัสกัน จะทำให้สามารถรวมตัวกันได้ มีขนาดใหญ่ขึ้น และตกตะกอนในที่สุด

สำหรับ FeCl_3 เป็นสารเคมีที่แตกตัวในน้ำ โดยรูปแบบของสารประกอบเหล็กเมื่อละลายน้ำนั้น จะมีประจุบวกสามารถทำให้เป็นกลางได้โดยใช้ประจุลบที่เกิดจากของแข็งในน้ำตะกอน ด้วยเหตุนี้ จึงเป็นสาเหตุของการรวมกลุ่มของตะกอน เพอริคคลอไรด์จะทำปฏิกิริยากับ Bicarbonate alkalinity ในน้ำตะกอน และเปลี่ยนรูปเป็นเหล็กไฮดรอกไซด์กับ Bicarbonate alkalinity ดังนี้



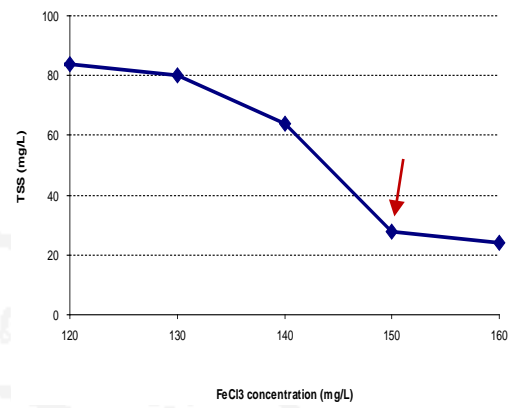
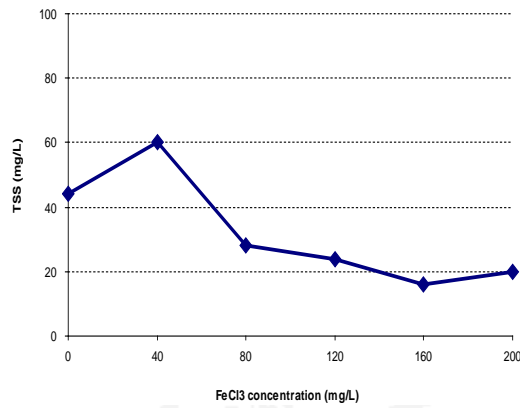
เมื่อเติม FeCl_3 ลงไป จะมีผลึกเพอริคไฮดรอกไซด์เกิดขึ้นดังนี้



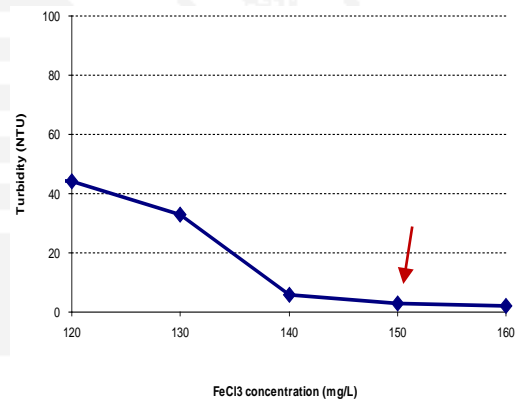
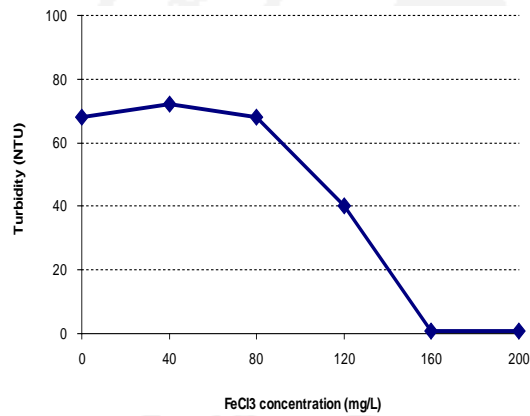
จากผลการศึกษาการเก็บเกี่ยวผลผลิตชีวมวลของสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูลีนาในครั้งนี ซึ่ให้เห็นว่า สามารถนำสารเคมีทั้งสองชนิดดังกล่าวมาใช้ในการตกตะกอนผลผลิตชีวมวลได้ อย่างไรก็ตาม อาจพิจารณาเลือกใช้สารส้ม เนื่องจากมีราคาถูกกว่า และไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม

แผนภูมิที่ 42 การเก็บเกี่ยวผลผลิตชีวมวลของสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูลีนา สายพันธุ์ TISTR 8222 ด้วยวิธีจาร์เทส โดยการใช้ FeCl_3

(ก) การลดลงของค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด

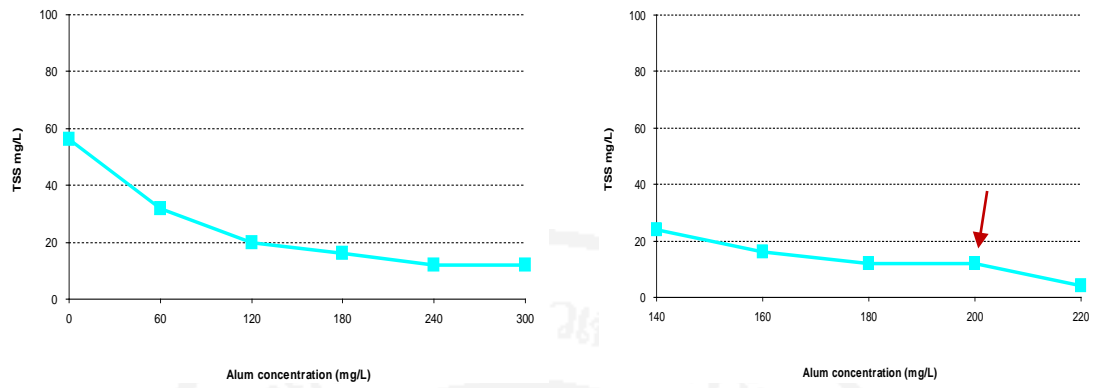


(ข) การลดลงของค่าความขุ่น



แผนภูมิที่ 43 การเก็บเกี่ยวผลผลิตชีวมวลของสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูลีนา สายพันธุ์ TISTR 8222 ด้วยวิธีจาร์เทศ โดยการใช้ Alum

(ก) การลดลงของค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด



(ข) การลดลงของค่าความขุ่น

