

การเลี้ยงสาหร่ายน้ำมันด้วยก๊าซชีวภาพและธาตุอาหารจากระบบถังหมักก๊าซชีวภาพ แบบไร้อากาศ

Algae Oil Cultivation using Biogas and Nutrient from Anaerobic Biogas Digester

นายณณนาท เสวีวัฒน์ ดิสรณ์ ประนุดโส นิพัทธ์ เล็กบุญยาสิน สาวิตย์ นาคมิตร

และ ธัญลักษณ์ ราษฎร์ภักดิ์*

Narunat Sewiwat, Diskorn Pranudso, Niphat Lekboonyasin, Sawit Nakmit and Thunyalux Ratpukdi*

ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

Department of Environmental Engineering Faculty of Engineering Khon Kaen University, 40002

Received: 2 ก.พ. 59

Accepted: 20 มิ.ย. 59

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสัดส่วนน้ำทิ้งจากถังหมักชีวภาพแบบไร้อากาศที่หมักด้วยมูลไก่ สำหรับการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเพื่อการผลิตน้ำมัน และเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตต่อปริมาณน้ำมันของ สาหร่ายที่เพาะเลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากถังหมักชีวภาพแบบไร้อากาศกับชุดทดลองที่เพาะเลี้ยงด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ โดยใช้ก๊าซชีวภาพและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 98 เป็นแหล่งคาร์บอน จากการศึกษาพบว่าสาหร่ายที่ทำการเพาะเลี้ยงด้วยน้ำเสียสังเคราะห์และเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 98 มีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด คือ 40 mg/L-day และมีปริมาณน้ำมันร้อยละ 11.84 ของน้ำหนักแห้ง ส่วนสาหร่ายที่เลี้ยงด้วยน้ำผสมน้ำทิ้งจากถังหมักชีวภาพแบบไร้อากาศที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 (v/v) มีอัตราการเจริญเติบโตที่ 20 mg/L-day และมีปริมาณน้ำมันร้อยละ 2.5 ของน้ำหนักแห้ง จากการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสายพันธุ์ *Chlorella Vulgaris* TISTR 8580 ด้วยน้ำผสมน้ำทิ้งจากถังหมักชีวภาพแบบไร้อากาศและก๊าซชีวภาพมีศักยภาพที่จะใช้เป็นพลังงานทางเลือก โดยจะต้องมีการศึกษาปรับปรุงในด้านปริมาณสารอาหารที่เหมาะสม สำหรับการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ในอนาคต

คำสำคัญ : สาหร่ายน้ำมัน น้ำทิ้งจากถังหมักแบบไร้อากาศ ก๊าซชีวภาพ อัตราการเจริญเติบโต ปริมาณน้ำมัน

Abstract

This research studies the effect of the ratio of the effluent from the biogas digester to cultivate algae to produce oil. Also the growth rates of algae and oil content were compared between the reactors fed with synthetic wastewater and fed with effluent from anaerobic digester using biogas from digester and 98% CO₂ as carbon source. The study found that the algae fed with synthetic wastewater and carbon dioxide 98% had the highest growth rate of 40 mg/L-day which had oil content 11.84% of dry weight. Algae fed with effluent from anaerobic digester at 0.5% by volume had the growth rate of 20 mg/L-day and oil content 2.5% of dry weight. The study showed that algal species *Chlorella Vulgaris* TISTR 8580 cultivated with effluent from anaerobic fermentation tank and biogas has the potential to be used as alternative fuel. The nutrient optimization has to be improved in terms of the proper nutrients for commercial cultivation in the future.

Keywords : Microalgae, Wastewater from anaerobic digester, Biogas, Growth rate, Oil content.

*ติดต่อ: thunyalux@kku.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 043-202571 ต่อ 103

1. บทนำ

ในปัจจุบันสังคมมีความเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจที่มากขึ้นทั้งในด้านเกษตรกรรม อุตสาหกรรม และภาคธุรกิจ ซึ่งต้องพึ่งพาปัจจัยด้านการคมนาคมขนส่ง ทำให้มีความต้องการใช้ทรัพยากรเชื้อเพลิงที่สูงขึ้น ส่งผลให้น้ำมันจากแหล่งธรรมชาติซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหลักที่ใช้อยู่ในปัจจุบันถูกใช้ไปอย่างต่อเนื่องและมีปริมาณลดลง ดังนั้นจึงมีการแสวงหาน้ำมันพลังงานทางเลือกในรูปแบบต่างๆมาใช้กับระบบคมนาคมขนส่ง

เป็นที่ทราบกันดีว่าแหล่งวัตถุดิบสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงไบโอดีเซลในปัจจุบันนี้มีอยู่หลายรูปแบบ โดยเฉพาะการปลูกพืชที่ให้ผลผลิตน้ำมันที่สูง และการผลิตน้ำมันจากการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็ก

ซึ่งการผลิตน้ำมันจากสาหร่ายมีข้อดีว่าการปลูกพืชบกโดยทั่วไป เพราะให้ผลผลิตต่อพื้นที่สูงกว่าพืชบกอื่นๆ และยังไม่ส่งผลกระทบต่อการปลูกพืชเพื่อทำเป็นอาหาร [3] ทำให้การผลิตน้ำมันจากสาหร่ายมีข้อได้เปรียบ

สาหร่ายน้ำมันนอกจากใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการสังเคราะห์แสงและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการสร้างสารประกอบอินทรีย์แล้ว ปัจจัยที่มีผลต่อการเลี้ยงสาหร่ายที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ ธาตุอาหาร ซึ่งการใช้สารเคมีสังเคราะห์นั้นจะเป็นการเพิ่มต้นทุนในการเลี้ยงสาหร่าย

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายด้วยน้ำทิ้งจากถังหมักชีวภาพแบบไร้อากาศ โดยเลือกใช้สาหร่ายสายพันธุ์ *Chlorella vulgaris*

TISTR 8580 เนื่องจากเจริญเติบโตได้เร็วและมีการผลิตไขมันในปริมาณมาก ซึ่งในปัจจุบันกำลังเป็นที่สนใจในการนำมาสกัดน้ำมันสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงไบโอดีเซล

2. วิธีการทำวิจัย

2.1 ชนิดสายพันธุ์สาหร่าย

สาหร่ายที่นำมาใช้เพาะเลี้ยงครั้งนี้เป็นสาหร่ายน้ำจืดสีเขียวขนาดเล็ก (Micro algal) สายพันธุ์ *Chlorella Vulgaris* TISTR 8580 ซึ่งทำการสั่งซื้อจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) กรุงเทพมหานคร

2.2 อาหารที่ใช้ในการเลี้ยงหัวเชื้อสาหร่าย

สูตรอาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายจะใช้อาหารสูตร N8 medium ซึ่งมีองค์ประกอบของธาตุอาหารต่างๆ ดังนี้ $MgSO_4$ KNO_3 $CaCl_2$ KH_2PO_4 Na_2HPO_4 $FeSO_4$ Na_2EDTA $Al_2(SO_4)_3$ $MnCl_2$ $CuSO_4$ และ $ZnSO_4$ โดยผ่านการฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำ (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

2.3 วิธีการเพาะเลี้ยง

เมื่อทำการเลี้ยงหัวเชื้อภายใต้สภาวะธรรมชาติจนสาหร่ายเข้าสู่ระยะการเจริญเติบโต Exponential phase โดยใช้วิธีการวัดจากค่า Optical density (OD) ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับ ค่าของแข็งแขวนลอย

Suspended solid(SS) หรือมวลสาหร่าย (ซึ่งค่า OD 540 nm ประมาณ 0.8–1.0) จึงนำเชื้อสาหร่ายไปทำการเลี้ยงในถังปฏิกรณ์ โดยเฉพาะเลี้ยงสาหร่ายในขวดรูปชมพู่ขนาด 1000 mL ที่ปริมาตร 700 mL ในสภาวะแวดล้อมธรรมชาติ ใช้ปั๊มเติมอากาศและมีการควบคุมตลอดให้โดยใช้เครื่องกวนแม่เหล็กตลอด 24 ชั่วโมง ควบคุมค่า pH ให้อยู่ในช่วง 6.5–8.5 โดยมีการวัดทุกๆ 2 ชั่วโมงเมื่อค่า pH มากกว่าหรือเท่ากับ 8.5 จะทำการเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในถังที่กำหนด

2.4 รูปแบบชุดทดลอง

ในการศึกษาจะแบ่งการเลี้ยงสาหร่ายออกเป็น 5 ชุดการทดลอง ดังนี้

1. ชุดน้ำเสียสังเคราะห์(น้ำปุ๋ย)เป็นน้ำที่มีส่วนผสมของปุ๋ยสูตร 46-0-0 ที่ 0.1 g/L ปุ๋ยสูตร 8-24-24 ที่ 0.06 g/L และเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บริสุทธิ์ร้อยละ 98
2. ชุดน้ำเสียสังเคราะห์(น้ำปุ๋ย)เป็นน้ำที่มีส่วนผสมของปุ๋ยสูตร 46-0-0 ที่ 0.1 g/L ปุ๋ยสูตร 8-24-24 ที่ 0.06 g/L และเติมก๊าซชีวภาพ
3. ชุดน้ำทิ้งจากถังหมักก๊าซชีวภาพที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยปริมาตร และเติมก๊าซชีวภาพ
4. ชุดน้ำทิ้งจากถังหมักก๊าซชีวภาพที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.3 โดยปริมาตร และเติมก๊าซชีวภาพ
5. ชุดน้ำทิ้งจากถังหมักก๊าซชีวภาพที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยปริมาตร และเติมก๊าซชีวภาพ

2.5 ก๊าซชีวภาพ

ระบบถังหมักแบบไร้อากาศถูกออกแบบให้ใช้ถึงขนาด 60 L จำนวน 2 ถัง ซึ่งใช้มูลไก่กึ่งแห้งเป็นวัตถุดิบในการหมักเพื่อให้เกิดก๊าซชีวภาพ โดยก๊าซ

ชีวภาพที่เกิดขึ้นมีองค์ประกอบเฉลี่ยดังนี้ ก๊าซไฮโดรเจน (H_2) ก๊าซไนโตรเจน (N_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) และ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในปริมาณ ร้อยละ 0.01 15.96 21.46 และ 48.96 ตามลำดับ

2.6 ลักษณะน้ำทิ้งจากถังหมักชีวภาพแบบไร้อากาศและน้ำเสียสังเคราะห์

ตารางที่ 1 ลักษณะน้ำทิ้งจากถังหมักชีวภาพแบบไร้อากาศและน้ำเสียสังเคราะห์

พารามิเตอร์	น้ำทิ้งจากถังหมักชีวภาพจากมูลไก่	ชุดเติมน้ำทิ้งจากถังหมัก ร้อยละ 0.1	ชุดเติมน้ำทิ้งจากถังหมัก ร้อยละ 0.3	ชุดเติมน้ำทิ้งจากถังหมัก ร้อยละ 0.5	น้ำเสียสังเคราะห์
HCO_3^- Alk. (mg/L as $CaCO_3$)	25,695	26	77	128	39
CO_3^{2-} Alk. (mg/L as $CaCO_3$)	0	0	0	0	60
Total					
Phosphorus (mg/L $PO_4^{3-}P$)	433	0.43	1.30	2.16	6.15
COD (mg/L)	45,700	45.7	137	228	-
Ammonia (mg/L as N)	1,870	1.87	5.61	9.35	7.42
TKN (mg/L as N)	4,760	4.76	14.28	23.8	48.92
Organic Nitrogen (mg/L as N)	2,890	2.89	8.67	14.45	41.50
Nitrate (mg/L Nitrate)	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
pH	7.33	7.39	7.37	7.40	7.10

2.7 การศึกษาการเจริญเติบโต

การศึกษาการเจริญของสาหร่ายโดยวัดค่าการดูดกลืนแสง ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร (OD 540 nm) หาปริมาณชีวมวลของสาหร่ายในรูปน้ำหนักแห้งโดยการวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS) เพื่อนำมาหาอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย (ช่วง Log phase) และหาปริมาณกรดไขมันเมื่อสาหร่ายเจริญเติบโตเข้าสู่ช่วง Log phase

2.8 การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

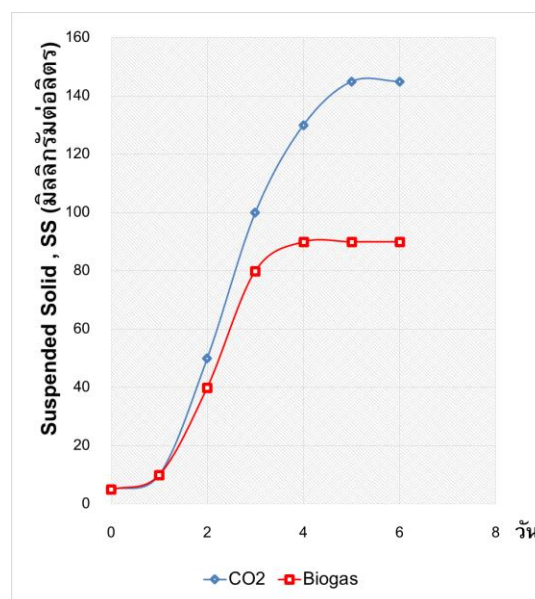
การวิเคราะห์สภาพต่างทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี Titration การวัดค่า pH วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง pH meter การวัดค่า Chemical oxygen demand (COD) ทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี Close reflux method การวิเคราะห์ฟอสฟอรัส ทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี Stannous chloride และPersulfate digestion การวัดค่า Biochemical oxygen demand (BOD) ทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี 5 days incubation and Azide modification การวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS) ทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี Gravimetric method การวิเคราะห์ไนโตรเจนทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี Kjeldahl method

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างมวลสาหร่าย (Suspended Solid , SS) กับเวลา

3.1.1 ชุดทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำเสียสังเคราะห์

ใช้ปุ๋ยสูตร 46-0-0 และสูตร 8-24-24 โดยควบคุมปริมาณไนโตรเจนให้อยู่ที่ประมาณ 50 mg/L และควบคุมปริมาณฟอสฟอรัสให้อยู่ที่ประมาณ 10 mg/L ในน้ำประปา ซึ่งจะแบ่งเป็นสองชุดทดลองคือ ชุดที่เติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บริสุทธิ์ร้อยละ 98 และชุดทดลองที่เติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีอยู่ในก๊าซชีวภาพ



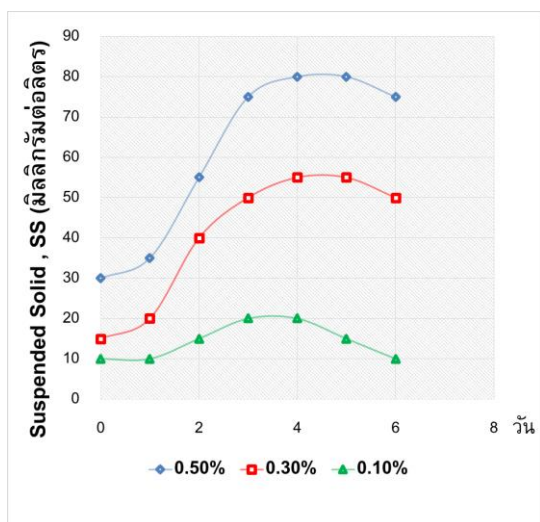
รูปที่ 1 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมวลสาหร่ายกับเวลา

เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง SS กับ เวลา พบว่า ชุดทดลองที่เพาะเลี้ยงด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บริสุทธิ์มีปริมาณ SS (Suspended Solid) หรือมวลของสาหร่ายเท่ากับ 145 mg/L ซึ่งสูงกว่ามวลของสาหร่ายชุดทดลองที่

เติมก๊าซชีวภาพที่มีปริมาณมวลสาหร่ายเท่ากับ 90 mg/L

3.1.2. ชุดทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำที่มีการผสมน้ำ ทิ้งจากถังหมักชีวภาพแบบไร้อากาศจาก มูลไก่

ทำการทดลองที่ความเข้มข้นต่างๆคือร้อยละ
0.1 0.3 และ 0.5 โดยปริมาตร แล้วใช้ก๊าซชีวภาพ
เป็นแหล่งคาร์บอนในการเลี้ยงสาหร่ายทั้งหมด



รูปที่ 2 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง SS กับ
เวลา ของการเพาะเลี้ยงสาหร่ายด้วยน้ำ
ผสมน้ำทิ้งชุดร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 โดย
ปริมาตร

เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง SS
กับเวลา พบว่าชุดทดลองที่ความเข้มข้นร้อยละ
0.5 0.3 และ 0.1 โดยปริมาตร มีปริมาณ SS
(Suspended Solid) หรือมวลของสาหร่าย
เท่ากับ 80 mg/L 55 mg/L และ 20 mg/L
ตามลำดับ

3.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง Optical density (OD) ของสาหร่ายกับเวลา

3.2.1 ชุดทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำเสียสังเคราะห์

ในช่วงวันที่ 0-2 สาหร่ายจะอยู่ในช่วง
ปรับตัวหรือช่วง Lag phase ซึ่งเป็นช่วงที่มีอัตราการ
เจริญเติบโตที่ค่อนข้างต่ำในช่วงวันที่ 2-5 สาหร่าย
จะอยู่ในช่วง Exponential phase หรือ Log phase
เป็นระยะที่เซลล์สาหร่ายมีการแบ่งตัวด้วยอัตราที่
คงที่เมื่อเข้าสู่วันที่ 5 สาหร่ายจะอยู่ในช่วง
Stationary phase เป็นช่วงที่สาหร่ายมีอัตราการ
เจริญที่ต่ำมากและสังเกตได้ว่าชุดที่เติม CO_2 มีการ
เจริญเติบโตที่ดีกว่าชุดเติม ก๊าซชีวภาพซึ่งให้ผลการ
ทดลองที่สอดคล้องกับความสัมพันธ์ระหว่าง SS กับ
เวลาของการเพาะเลี้ยงสาหร่ายด้วยชุด CO_2 และชุด
ก๊าซชีวภาพ

3.2.2 ชุดทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำที่มีการ ผสมน้ำทิ้งจากถังหมักชีวภาพแบบไร้อากาศจาก มูลไก่

ในช่วงวันที่ 0-2 สาหร่ายจะอยู่ในช่วง
ปรับตัวหรือช่วง Lag phase ซึ่งเป็นช่วงที่มีอัตราการ
เจริญเติบโตที่ค่อนข้างต่ำในช่วงวันที่ 2-4 สาหร่าย
จะอยู่ในช่วง Exponential phase หรือ Log phase
เป็นระยะที่เซลล์สาหร่ายมีการแบ่งตัวด้วยอัตราที่
คงที่เมื่อเข้าสู่วันที่ 5 สาหร่ายจะอยู่ในช่วง
Stationary phase เป็นช่วงที่สาหร่ายมีอัตราการ
เจริญที่ต่ำและจะสังเกตได้ว่าชุดผสมน้ำทิ้งร้อยละ
0.1 สาหร่ายเข้าสู่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆเร็วกว่า
ชุดผสมน้ำทิ้งร้อยละ 0.3 และ 0.5 ตามลำดับ เป็นไป
ได้ว่าอาจเกิดจากสารอาหารไม่เพียงพอต่อการ
เจริญเติบโตของสาหร่าย ซึ่งจากผลการทดลองมี

สอดคล้องกับความสัมพันธ์ระหว่าง SS กับเวลาของการเพาะเลี้ยงสาหร่ายด้วยชุดผสมน้ำที่ถึงจากถึงหมักชีวภาพแบบไร้อากาศจากมูลไก่ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 โดยปริมาตร

3.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง Optical density (OD) และปริมาณ SS (Suspended Solid) ของสาหร่าย

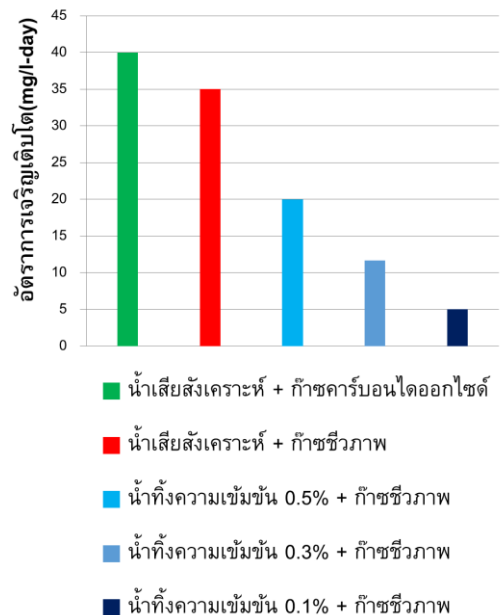
จากค่าการศึกษาค่า OD ผู้ทำการวิจัยจึงได้สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า OD กับ SS ขึ้นเนื่องจากค่า OD เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความทึบแสงของน้ำในระบบที่มีมวลของสาหร่ายปะปนอยู่และค่า OD จะแปรผันตรงกับปริมาณของสาหร่ายที่มีในระบบ

จากการพิจารณาความสัมพันธ์ทำให้ทราบว่าชุดทดลองที่ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นแหล่งอาหารคาร์บอนจะมีความสอดคล้องระหว่างค่า OD กับ SS มากกว่าชุดทดลองที่ใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นแหล่งอาหารคาร์บอน โดยสาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำที่ผสมน้ำที่ถึงจากถึงหมักก๊าซชีวภาพชุดที่มีความสอดคล้องของค่า OD กับ SS คือ ชุดน้ำผสมน้ำที่ถึงความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5

3.4 อัตราการเจริญเติบโต

การเพิ่มจำนวนของเซลล์สาหร่ายที่จะบอกว่าสาหร่ายเจริญเติบโตเร็วหรือช้านั้นสามารถดูจากค่าอัตราการเจริญเติบโต(Growth rate) ซึ่งเป็นค่าที่แปรผันตามการเพิ่มจำนวนของเซลล์ต่อเวลาสามารถหาได้จากค่าความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง

ปริมาณของสาหร่ายและเวลาช่วง Log phase ของแต่ละชุด



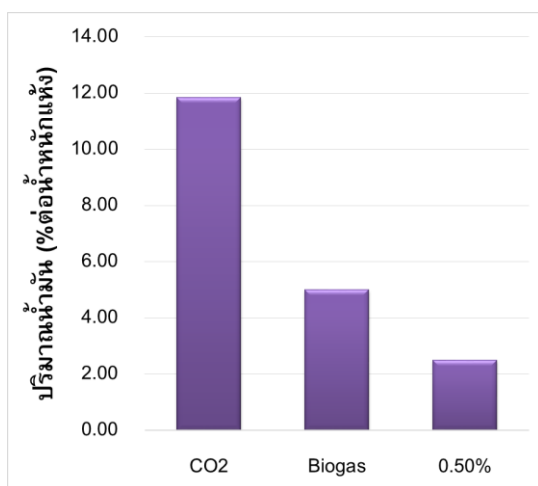
รูปที่ 3 แผนภูมิเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของทุกชุดการทดลอง

ค่าอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายแต่ละชุดเป็นดังนี้ ชุดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าอัตราการเจริญเติบโตที่มากที่สุด 40 mg/L-day ชุดก๊าซชีวภาพ 35mg/l-day ชุดผสมน้ำที่ถึงจากถึงหมักร้อยละ 0.1 มีค่าอัตราการเจริญเติบโตที่ต่ำที่สุด 5 mg/L-day ชุดน้ำผสมน้ำที่ถึงจากถึงหมักร้อยละ 0.3 มีค่าอัตราการเจริญเติบโต 11.7 mg/L-day และชุดผสมน้ำที่ถึงจากถึงหมักร้อยละ 0.5 มีค่าอัตราการเจริญเติบโต 20 mg/L-day ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบจะเห็นว่าชุดน้ำเสียสังเคราะห์จะมีอัตราการเจริญเติบโตที่ต่ำกว่า ชุดที่เลี้ยงด้วยน้ำที่ผสมน้ำ

ทั้งจากถังหมักชีวภาพอย่างเห็นได้ชัดเจน เป็นไปได้ว่าในน้ำทิ้งนั้นมีปริมาณสารอาหารที่ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายและลักษณะบางประการของน้ำในระบบที่ใช้เลี้ยงไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต

3.5 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำมัน

ทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันโดยใช้เครื่องสกัดน้ำมันแบบซอกซ์เลต (Soxhlet extractor) ด้วยตัวทำละลายเฮกเซน (Hexane) และใช้น้ำเป็นตัวหล่อเย็น ซึ่งจะทำให้การวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันของชุดทดลองที่เลี้ยงด้วยสัดส่วนน้ำทิ้งที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด และชุดทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ โดยใช้ก๊าซชีวภาพเป็นแหล่งคาร์บอน



รูปที่ 4 แผนภูมิเปรียบเทียบปริมาณน้ำมัน (%ต่อน้ำหนักแห้ง)

จากการทดลองพบว่าชุดทดลองที่ทำการเลี้ยงด้วยน้ำที่ผสมน้ำทิ้งจากถังหมักชีวภาพที่สัดส่วนน้ำทิ้ง ร้อยละ 0.5 โดยปริมาตร โดยใช้ก๊าซชีวภาพเป็นแหล่งคาร์บอน มีอัตราการเจริญเติบโต

สูงสุดและมีปริมาณน้ำมันร้อยละ 2.5 ของน้ำหนักแห้ง ในส่วนของชุดทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นแหล่งคาร์บอน มีปริมาณน้ำมัน ร้อยละ 5.0 ของน้ำหนักแห้ง และชุดทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บริสุทธิ์ร้อยละ 98 มีปริมาณน้ำมันร้อยละ 11.84 ของน้ำหนักแห้ง

โดยสาเหตุที่ชุดการทดลองที่เติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บริสุทธิ์ร้อยละ 98 มีปริมาณน้ำมันมากกว่าชุดทดลองอื่นๆจะเนื่องมาจากชุดการทดลองที่เติมก๊าซชีวภาพนั้น ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นองค์ประกอบในก๊าซชีวภาพไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตเท่ากับชุดที่เติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บริสุทธิ์

3.6 ปัจจัยอื่นที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย

3.6.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา

อุณหภูมิเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายจากการศึกษาทดลองของ [1,3,4] ได้ระบุว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวสายพันธุ์ *Chlorella* sp. มีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญคือ 25-27 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงถึง 30 องศาเซลเซียส จะเป็นอันตรายต่อเซลล์ จากการทดลองอุณหภูมิของแต่ละชุด จะมีค่าเกือบเท่ากันทุกชุดเนื่องจากทำการเลี้ยงที่สภาพแวดล้อมและสถานที่เดียวกันและเมื่อดูจากกราฟจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิในช่วงที่ทำการทดลองของทุกชุดมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายคือมีค่า 27-33 องศา

เซลล์เซียส (เฉลี่ยประมาณ 31.5 องศาเซลเซียส) ทำให้สาหร่ายเจริญเติบโตได้ไม่ดีเท่าที่ควร

3.6.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง pH กับเวลา

อีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายคือ ค่า pH ซึ่งค่า pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตอยู่ในช่วง 6.5-8.5 ในการทดลองได้ทำการตรวจวัดและควบคุมค่า pH ทุกวันทุก 2 ชั่วโมงที่เวลา 10.00 12.00 14.00 16.00 18.00 20.00 และ 22.00 น. เพื่อให้ค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมโดย ชูدنน้ำเสียสังเคราะห์มีสองชุด ชุดหนึ่งเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บริสุทธิ์ร้อยละ 98 อีกชุดเติมก๊าซชีวภาพ ส่วนชุดน้ำทิ้งทุกชุดจะเติมก๊าซชีวภาพจากการทดลองพบว่า ค่า pH ของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายจะมีการเพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดจากการที่สาหร่ายในน้ำจะใช้ คาร์บอนไดออกไซด์เพื่อสังเคราะห์แสงทำให้ค่า pH สูงขึ้น คือน้ำจะมีสภาพความเป็นด่างมากขึ้นและค่อยๆ ลดลงในตอนที่สาหร่ายหยุดการสังเคราะห์แสง และจะเริ่มสูงขึ้นอีกครั้งเมื่อสาหร่ายใช้คาร์บอนไดออกไซด์เพื่อสังเคราะห์แสงในวันถัดไป

4. สรุป

จากผลการทดลองเลี้ยงสาหร่ายที่สภาวะดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าสาหร่าย *Chlorella Vulgaris* ที่ทำการเพาะเลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากถังหมักชีวภาพแบบไร้อากาศจากมูลไก่และใช้ก๊าซ

ชีวภาพเป็นแหล่งคาร์บอนมีศักยภาพในการเจริญเติบโต และสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งผลิตพลังงานเชื้อเพลิงทางเลือกได้ในอนาคตแต่ควรมีศึกษาการปรับแต่งปริมาณสัดส่วนสารอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยง การเจริญเติบโตและองค์ประกอบทางชีวเคมีของสาหร่ายด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายในรูปแบบอื่นเพิ่มเติม เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากกลุ่มวิจัยวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีควบคุมอัตโนมัติ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ผู้วิจัยขอขอบคุณ หมอวดี สัตว์ปีก คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนในการเตรียมมูลไก่สำหรับนำมาใช้ในการหมักก๊าซชีวภาพ นอกจากนี้ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการนักวิชาการวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในการวิเคราะห์ลักษณะน้ำเสีย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Promma K, Thong-in W. Algae Cultivation for Biofuel using Effluent Wastewater [MEn Thesis]. Khon Kaen: Khon Kaen University; 2013.

- [2] Kaewkannetra P, Chulalaksananukul W, Alec EJ. Potential of Biodiesel Production from Microalgal Oil. Bangkok :The Thailand Research Fund; 2009.
- [3] Lam M, Lee K. Immobilization as a Feasible Method to Simplify The Separation of Microalgae From Water for Biodiesel Production. Chemical Engineering J 2012;191: 263-268.
- [4] Scragg AH, Illman AM, Carden A, Shales SW. Growth of Microalgae with Increased Calorific Values in a Tubular Bioreactor. Biomass and Bioenergy J 2002; 23:67–73.