AEC-07

ผลของอัตราส่วนมูลไก่ต่อสาหร่ายคลอเรลล่าต่อประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ
Effect of Chicken Manure and Chlorella. Alga. Ratio on Biogas Production Efficiency

รัชพล ทองอินทร์[1*] และ พฤกษ์ อักกะรังสี[1]

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
239 ถ.ห้วยแก้ว อ.เมือง จ. เชียงใหม่ 50200
[*]ติดต่อ: noo_kwang_503@hotmail.com, โทรศัพท์ 085-7184841

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของอัตราส่วนมูลไก่และสาหร่ายคลอเรลล่าต่อประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ ด้วยวิธี BMP ซึ่งเป็นการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ โดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกทำการเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลล่าในน้ำทิ้งจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพของฟาร์มไก่ไข่ ที่มีค่า TKN แตกต่างกัน ซึ่งเป็นการเลี้ยงแบบ Autotrophic cultivation และทำการตรวจวิเคราะห์ค่า pH, COD, TS, VS, TKN, TP, VFA, Alk และคลอโรฟิลล์เอ โดยหยุดการทดสอบหลังพบว่าอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายคลอเรลล่าลดลง เพื่อทำการศึกษาปริมาณไนโตรเจนที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายคลอเรลล่าในน้ำทิ้งจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพของฟาร์มไก่ไข่ จากการศึกษาพบค่า TKN ที่เหมาะสมที่สุดคือ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอสูงสุดถึง 1.196 มิลลิกรัมต่อลิตร ของการทดลองในวันที่ 6 ขั้นตอนที่สองเป็นการทดสอบอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักร่วมระหว่างมูลไก่ไข่และสาหร่ายคลอเรลล่า ด้วยวิธีการ BMP พบว่าอัตราการเจือจางมูลไก่ไข่ต่อน้ำสาหร่ายคลอเรลล่า 1:3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ทำให้ปริมาณก๊าซชีวภาพสูงสุดถึง 0.453 ลิตรต่อกิโลกรัม และพบอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพมีค่ามากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการหมักมูลไก่ไข่เพียงอย่างเดียว ประมาณร้อยละ 18.32%

อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้นั้นเป็นการศึกษาภายใต้การทดลองขนาดเล็กและมีการควบคุมตัวแปรที่มีผลต่อการทดลอง ดังนั้นในการศึกษาในขั้นต่อไปควรจะมีการศึกษาทดลองในขนาดใหญ่ขึ้นหรือเท่ากับขนาดฟาร์มไก่ไข่จริงซึ่งการควบคุมตัวแปรต่าง ๆนั้นทำได้ยาก

คำหลัก: สาหร่ายคลอเรลล่า, BMP, อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ, มูลไก่ไข่, การหมักย่อยร่วม

Abstract

This research is study to effect of chicken manure and Chlorella. Alga. ratio on biogas production efficiency by BMP method. Which it was experimental laboratory by divide 2 process. The first was cultured the Chlorella. Alga. in waste water from biogas production system of chicken manure by TKN dilution. Which The culturing was Autotrophic Cultivation type and measured to pH, COD, TS, VS, TKN, TP, VFA, Alk and Chlorophyll A by stop after the Chlorella Sp. lower growing. After that find Nitrogen there was effect to growing of the Chlorella. Alga. in waste water from biogas production system of chicken manure. It could be found that appropriately TKN were 250 mg/L and made Chlorophyll A high to 1.196 mg/L on the 6th. In step 2, study to co-digestion biogas production rate between chicken manure and Chlorella. Alga. by BMP method. It could be found that when diluted chicken manure and water to 1:3 by w/v made biogas high to 0.453 L/kg. And found that biogas production rate more digestion only chicken manure about 18.32%.

In conclusion, This study was done under labs scale and controlled variables that affect the trial. Therefore, the next step of studied should be real chicken farm scale with difficult to controlled variables that affect the trial

Keywords*:* Chlorella, BMP, biogas production, layered chicken manure, Co-Digestion

1. บทนำ

ปัจจุบันการทำฟาร์มไก่ไข่เป็นที่นิยมและแพร่หลายอย่างมากในสังคมไทยส่วนใหญ่จัดการของเสียภายในฟาร์ม โดยนำมาผลิตก๊าซชีวภาพ แต่เนื่องจากมูลไก่มีปริมาณไนโตรเจนค่อนข้างสูง จึงต้องเจือจางมูลไก่ด้วยน้ำก่อน ซึ่งส่งผลให้เกิดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพของไก่ไข่ในปริมาณมาก ซึ่งน้ำเสียจากมูลไก่ไข่นั้นจะพบว่ามีปริมาณไนโตรเจนในรูปของค่า TKN สูงมากกว่าในดินปกติ [1] และมากกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งของฟาร์ม จึงไม่สามารถปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำชุมชนหรือแหล่งน้ำธรรมชาติได้ จึงทำให้ผู้ประกอบการฟาร์มไก่ไข่ต้องหาวิธีการลดปริมาณไนโตรเจนเพื่อให้สามารถนำน้ำเสียปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งธรรมชาติหรือเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่ได้ซึ่งเป็นภาระทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายและสิ้นเปลืองทรัพยากรพลังงานในการดำเนินการเป็นอย่างมาก

ด้วยสาเหตุข้างต้นนั้น การลดปริมาณไนโตรเจนในน้ำที่ผ่านการบำบัด จึงเป็นเรื่องที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก ซึ่งในปัจจุบันมีการลดปริมาณไนโตรเจน ที่นิยมใช้กันคือ การนำน้ำเสียมาทำก๊าซชีวภาพ (Biogas) ไว้ใช้ภายในฟาร์ม การนำน้ำเสียมาเลี้ยงสาหร่ายเพื่อให้สาหร่ายเป็นตัวดูดซับไนโตรเจน (N) และการนำน้ำเสียมาใช้ในทางการเกษตรเพื่อเป็นการกำจัดน้ำเสีย

ในการศึกษานี้จะทำการลดปริมาณไนโตรเจน ในน้ำที่ผ่านกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยใช้น้ำที่ออกระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากฟาร์มไก่ไข่มาเพาะเลี้ยงสาหร่าย เพื่อศึกษาอัตราส่วนของค่าไนโตรเจน ในน้ำทิ้งจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพในฟาร์มไก่ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายคลอเรลล่า โดยใช้มูลไก่ไข่ต่อน้ำสาหร่าย(W/V) โดยการเจือจางด้วยน้ำสาหร่ายให้มีค่า 250, 1,000, 1,500, 2,000, 2,500 และ 3,000 มิลลิกรัม/ลิตร เพื่อสามารถเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่ได้ จากนั้นจึงนำเงื่อนไขการเลี้ยงที่ดีที่สุดและได้ปริมาณสาหร่ายมากที่สุดมาทำการศึกษาหาอัตราส่วนการหมักร่วมของมูลไข่ต่อน้ำสาหร่ายที่มีผลต่ออัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ ประสิทธิภาพของการย่อยสลายสารอินทรีย์ในรูปของ COD ด้วยวิธีการหาค่า BMP [2] ซึ่งคาดหวังว่าจะสามารถเพิ่มอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ ตลอดจนสามารถนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ภายในฟาร์ม โดยไม่ปล่อยทิ้งสู่สิ่งแวดล้อม และอาจเหมาะสมสำหรับฟาร์มไก่ไข่ที่มีปัญหาขาดแคลนน้ำผิวดินได้อีกทางหนึ่งด้วย

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อศึกษาปริมาณของในโตรเจนในการเลี้ยงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายคลอเรลล่าในน้ำทิ้งจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากฟาร์มไก่ไข่ และศึกษาอัตราส่วนการหมักร่วมของมูลไก่ไข่ต่อสาหร่ายต่ออัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ

3. วิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษานี้ คือ สาหร่ายคลอเรลล่าที่ได้ทำการเพาะเลี้ยงในสารอาหาร มาเลี้ยงในน้ำทิ้งจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากฟาร์มไก่ไข่ โดยทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ ได้แก่ COD, TS, VS, TKN, VFA และ Alk เพื่อให้ทราบค่าที่จะนำไปใช้ในการศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงการวิเคราะห์พารามิเตอร์ของสาหร่ายคลอเรลล่าที่นำมาเลี้ยง

Chlorella Sp.	This study	Unit
pH	6.5	-
COD	346	mg/l
TKN	503	mg/l
VFA	235	mg/l
Alk	55	mg/l
TS	2010	mg/l
VS	650	mg/l

ตารางที่ 2 แสดงการวิเคราะห์พารามิเตอร์ของมูลไก่ไข่ที่จะนำมาศึกษาการทำ BMP

chicken manure	This study	Unit
TKN	25,734	mg/kg
TS	523,782	mg/kg
VS	32,990	mg/kg

ตารางที่ 3 แสดงการวิเคราะห์พารามิเตอร์ของสาหร่ายที่จะนำมาศึกษาการทำ BMP

Waste water	This study	Unit
pH	7.8	-
COD	447	mg/l
TKN	359	mg/l
VFA	194	mg/l
Alk	868	mg/l
TS	1797	mg/l
VS	810	mg/l

3.2. การศึกษาปริมาณไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายคลอเรลล่า

ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้น้ำทิ้งจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากฟาร์มไก่ไข่จากบริษัท อาร์ พี เอ็ม ฟาร์ม แอนด์ฟีดจำกัดโดยนำมาตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีได้แก่ pH, COD, TS, VS, TKN, TP, VFA และ Alk แล้วจะทำการเตรียมสาหร่ายโดยนำมาตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีของสาหร่ายคลอเรลล่าซึ่งประกอบด้วย pH, COD, TS, VS, TKN, TP, VFA, Alk และ OD_{680} หลังจากทราบค่าที่ต้องการแล้วจึงเริ่มดำเนินการออกแบบการเลี้ยงสาหร่ายในน้ำทิ้งจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากฟาร์มไก่ไข่ตามเงื่อนไขที่กำหนด ให้มีค่า TKN เท่ากับ 250, 1,000, 1,500, 2,000, 2,500 และ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จำนวน 3 ซ้ำการทดลอง โดยผสมสาหร่ายต่อน้ำทิ้งจากระบบก๊าซชีวภาพในอัตราส่วน 1:5 โดยปริมาตรต่อปริมาตร และมีการตรวจวัดค่า pH, COD, TS, VS, TKN, TP, VFA, Alk และ OD_{680} ทุกๆ 2 วัน จนกระทั่งครบ 10 วัน หรือจนกว่าอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายคลอเรลล่าลดลง จึงหยุดการทดลอง ซึ่งจะได้ปริมาณไนโตรเจนที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของสาหร่ายและได้ปริมาณสาหร่ายมากที่สุดนำไปใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป ดังรูปที่ 1

สำหรับการเลี้ยงสาหร่ายนั้นใช้การเลี้ยงแบบ Autotrophic ในสภาวะที่มีแสง โดยไม่ให้อาหาร ที่ความเข้มแสง 5,200 ลักซ์ [3] อุณหภูมิ 25 – 28 องศาเซลเซียส [4] และค่าพีเอชของน้ำเท่ากับ 7 [5] โดยการเลี้ยงนั้นจะทำในขวดพลาสติกใสขนาด 6 ลิตร และใช้ปั้มน้ำขนาดเล็กให้อากาศผ่านทางหัวเติมอากาศ

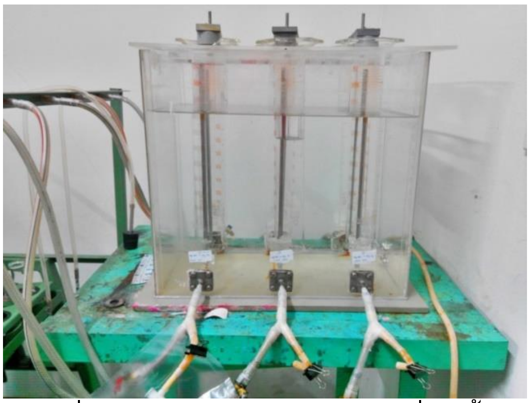
รูปที่ 1 การเลี้ยงสาหร่ายคลอเรล่าในน้ำทิ้งจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

3.3 ออกแบบและกระบวนการ BMP

การ BMP เป็นการทดลองเพื่อศึกษาศักยภาพในการผลิตก๊าซมีเทนของวัสดุหมักภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน แสดงในรูปของปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นทั้งหมดต่อกรัมซีโอดีของของเสียที่ถูกย่อยสลายไป โดยเริ่มจากการศึกษาอัตราส่วนการหมักร่วมของมูลไก่ไข่ต่อน้ำสาหร่ายคลอเรลล่าที่มีผลต่อการเกิดก๊าซชีวภาพด้วยวิธีการ BMP แล้วจึงเตรียมมูลไก่ไข่และเชื้อตั้งต้นจากขวดทดลอง นำมาวิเคราะห์ตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีของสาหร่ายคลอเรลล่าซึ่งประกอบด้วย pH, COD, TS, VS, TKN, TP, VFA, Alk และ OD_{680} เมื่อได้อัตราส่วนที่จะใช้ในการศึกษาแล้วจึงออกแบบการทดลอง BMP โดยใช้ขวดชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร(ปริมาตรการหมัก 220 มิลลิลิตร) โดยการเติมเชื้อตั้งต้น 30% ของปริมาตรการหมัก และกำหนดค่า F/M ratio เท่ากับ 0.5 ปรับอัตราส่วนเจือจางมูลไก่ไข่ต่อน้ำสาหร่ายคลอเรลล่า ในอัตราส่วน 1:3, 1:5, 1:7, 1:10 และ 0:1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ซึ่งทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำการทดลอง ดังตารางที่ 4 โดยวัดปริมาณก๊าซมีเทนโดยการแทนที่น้ำ ด้วยสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ ดังรูปที่ 2

ตารางที่ 4 แสดงการเตรียมตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

รายการ	RPM ฟาร์ม อัตราส่วนมูลไก่ไข่:น้ำ			
	เชื้อตั้งต้น (มล.)	มูลไก่ไข่ (ก.)	น้ำเสีย (มล.)	น้ำกลั่น (มล.)
1:3	66	5.525	22.1	126
1:5	66	5.516	33.1	115
1:7	66	5.525	44.2	104
1:10	66	5.536	50.9	88
Blank	66	0	0	154
มูลไก่ไข่	66	5.525	0	148
น้ำเสีย	66	0	154	0



รูปที่ 2 อุปกรณ์วัดปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้น

เตรียมตัวอย่างที่ได้จากการคำนวณ โดยเติมตัวอย่างทั้งหมดและปรับปริมาตรการหมักด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 220 มิลลิลิตร จากนั้นปรับค่าพีเอชของตัวอย่างให้อยู่ในช่วง 6.8 – 7.2 ถ้าค่าพีเอชสูงให้เติมสารละลายกรด HCl แต่หากพีเอชต่ำให้เติมสารละลาย $NaHCO_3$ ในการปรับค่าพีเอชให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม แล้วไล่อากาศในขวดออกให้หมดโดยใช้ก๊าซไนโตรเจนบริสุทธิ์ 99.99 % เป็นเวลา 3 - 5 นาที จากนั้นจึงนำตัวอย่างต่อเข้ากับชุดอุปกรณ์เขย่าตลอด 24 ชั่วโมง ดังรูปที่ 3 และใส่จุกยางเพื่อติดตั้งอุปกรณ์วัดปริมาตรก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้น

รูปที่ 3 ชุดอุปกรณ์เขย่า

ทำการอ่านค่าปริมาณก๊าซมีเทนที่ผลิตได้ในแต่ละวัน พร้อมบันทึกผลการตรวจวัดจนกระทั่งปฏิกิริยาสิ้นสุดลง หรือไม่เกิดก๊าซมีเทนติดต่อกัน เป็นระยะเวลา 7 วัน นำปริมาณก๊าซมีเทนสะสมที่ได้ในแต่ละวันมาพล็อตกราฟปริมาตรก๊าซมีเทนสะสม (มิลลิลิตร) ต่อระยะเวลาการหมักย่อย (วัน) นำปริมาตรก๊าซมีเทนสะสมที่ได้ของแต่ละการทดลองมาคำนวณหาอัตราการผลิตก๊าซมีเทน

3.4 การคำนวณหาปริมาตรก๊าซมีเทนสะสมจากการทำ BMP

$$\text{Yield Biogas} = \frac{X}{gvs}\ m^3\ CH_4/kg\ VS_{added}$$

เมื่อ X คือ ปริมาตรก๊าซสะสมทั้งหมด (m^3)

$kgvs$ คือ ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปของแข็งระเหยทั้งหมดที่นำมาย่อยสลาย (kg VS)

เมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดจะทำการนำตัวอย่างการทดลองมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในรูปของ COD โดยใช้สูตร

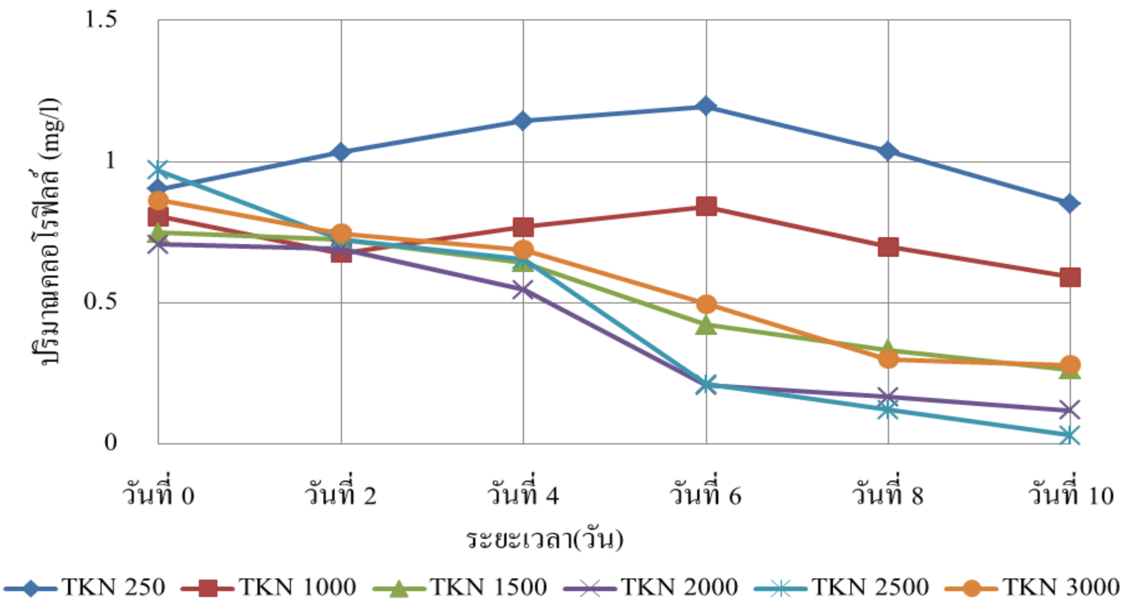
$$\frac{COD_{in} - COD_{out}}{COD_{in}}\ x\ 100$$

4. ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาปริมาณไนโตรเจนต่อระยะเวลาการเลี้ยงสาหร่าย

ผลการติดตามการเจริญเติบโตของสาหร่ายคลอเรลล่าใน น้ำทิ้งจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพ โดยตรวจวัดลักษณะทางเคมี เช่นค่า pH, COD_t, TS, VS, TKN, VFA, Alk, TP และคลอโรฟิลล์ เอ พบว่าสาหร่ายคลอเรลล่ามีการเปลี่ยนแปลงทั้งการเพิ่มปริมาณของของแข็งทั้งหมด ปริมาณของแข็งระเหย และค่าซีโอดี โดยในช่วงแรกของการเจริญเติบโตวันที่ 6 ถึงวันที่ 6 ของการทดลองพบว่าสาหร่ายคลอเรลล่ามีการปรับตัวเล็กน้อย ซึ่งพารามิเตอร์ที่ใช้บ่งชี้ถึงปริมาณสาหร่ายในน้ำเสียคือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในการทดลองนี้จะพิจารณาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เป็นหลัก ในการเลือกเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการทดลองในขั้นต่อไป

จากการทดลองพบว่าตลอดระยะเวลาการทดลองในทุกช่วงของค่าความเข้มข้นของปริมาณ TKN พบว่ามีปริมาณคลอโรฟิลล์ในน้ำทิ้งจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพ ตลอดระยะเวลาทำการทดลองมีแนวโน้มลดลง โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์ในน้ำทิ้งจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพสูงสุดและน้อยสุดที่ค่าความเข้มข้นของ TKN เท่ากับ 250และ 2,500 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 1.196 และ 0.029 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยจะพบว่าที่ค่าความเข้มข้นของปริมาณ TKN เท่ากับ 250 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร นั้นจะพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ในน้ำทิ้งจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพ ตลอดการทดลองจะไปในทิศทางใกล้เคียงกันคือ ในวันที่ 6 ของการทดลองจะเป็นช่วงที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงสุดเท่ากับ 1.196 และ 0.84 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ หลังจากนั้นจะลดลงเรื่อยๆ ส่วนที่ค่าความเข้มข้นของ TKN เท่ากับ 1,500, 2,000, 2,500 และ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร นั้นจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงเรื่อยๆ นับจากวันแรกของการทดลอง แสดงให้เห็นว่าสาหร่ายหยุดการเจริญเติบโตและตายลง เนื่องจากมีปริมาณไนโตรเจนอาจมากเกินไป ประกอบกับมีปริมาณสารอินทรีย์สูง อาจทำให้แสงจากหลอดไฟไม่สามารถส่องสว่างไปได้ทั่วทั้งขวดที่ทำการทดลอง ทำให้เกิดภาวะที่ไม่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของสาหร่ายคลอเรลล่า ซึ่งในการศึกษาในขั้นถัดไปนั้นจะใช้ชุดการทดลองที่มีค่าความเข้มข้นของ TKN เท่ากับ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากเป็นชุดการทดลองที่มีปริมาณคอลโรฟิลล์มากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 4

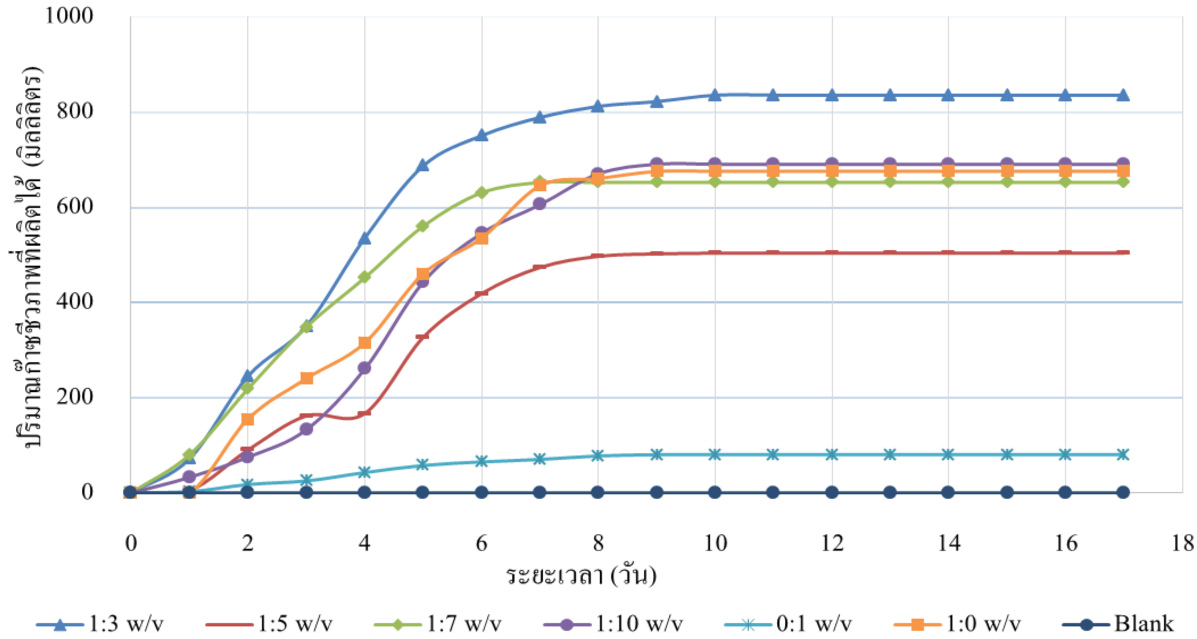


รูปที่ 4 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ตลอดระยะเวลาทำการทดลอง

สำหรับผลการศึกษาชุดการทดลองที่มีการเจือจางปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าจากการเตรียมตัวอย่างสำหรับการทดลองโดยเติมหัวเชื้อสาหร่ายคลอเรลล่าในอัตราส่วน 1:5 โดยปริมาตรต่อปริมาตร ส่งผลให้มีค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 7.7 ค่าซีโอดี 311 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด 848 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าปริมาณของแข็งระเหย 352 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าปริมาณกรดไขมันระเหยง่าย 194 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นต้น ซึ่งตลอดระยะเวลาทำการทดลอง พบว่าค่าพีเอชอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายคลอเรลล่า โดยพบว่าค่าใกล้เคียงกับการทดลองของ (ขวัญกมล พรมมา และวันวิสาข์ ทองอินทร์, 2556) ซึ่งได้ศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่าย Scenedesmus Sp. ด้วยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วพบว่าค่า pH ในการเลี้ยงสาหร่ายที่เหมาะสมนั้นอยู่ที่ช่วง 6.5-8.5 และมีค่าคงที่ตั้งแต่วันที่ 6 ถึงวันที่ 10 ของการทดลอง เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาทำการทดลองที่ 10 วัน พบว่าปริมาณไนโตรเจนลดลงร้อยละ 22.05 ค่าซีโอดีลดลงร้อยละ 21.32 ปริมาณของแข็งระเหยลดลงร้อยละ16.76 และปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายลดลงร้อยละ 49.48 ซึ่งจะเห็นได้ว่าสาหร่ายคลอเรลล่ามีการใช้สารอาหารและมีปริมาณคลอฟิลล์เพิ่มขึ้นจาก 0.902 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็น 1.196 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 6 ของการทดลอง ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงที่สุดของการทดลอง

4.2 การศึกษาอัตราส่วนการหมักร่วมของมูลไก่ไข่ต่อน้ำสาหร่ายคลอเรลล่าที่มีผลต่อการเกิดก๊าซชีวภาพด้วยวิธีการ BMP

ในการศึกษาช่วงที่ 2 นี้เป็นการทดลองเพื่อศึกษาศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพของมูลไก่ไข่กับน้ำสาหร่ายคลอเรลล่าภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน แสดงในรูปของปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นทั้งหมดต่อกิโลกรัมของของแข็งระเหยที่ป้อน จากผลการทดลองพบว่าปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากการทดลองข้างต้น จะเห็นได้ว่าอัตราส่วนการเจือจางมูลไก่ไข่ต่อน้ำสาหร่ายคลอเรลล่า ทำให้เกิดปริมาณก๊าซสูงสุดคือที่อัตราส่วน 1:3 และ 1:10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร โดยมีปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมทั้งหมดเท่ากับ 835 และ 690 มิลลิลิตร ตามลำดับ ส่วนชุดการทดลองที่มีอัตราส่วน 1:5, 1:7 และ 0:1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ในปริมาณที่น้อยกว่าการทดลองเฉพาะมูลไก่ไข่เพียงอย่างเดียวโดยชุดการทดลองมูลไก่ไข่ให้ปริมาณก๊าซชีวภาพเท่ากับ 675 มิลลิลิตร ดังแสดงในรูปที่ 5 ทั้งนี้การนำผลการทดลองไปพิจารณาเปรียบเทียบ แต่ละการทดลองจะต้องคำนวณออกมาในหน่วยลูกบาศก์เมตรต่อกิโลกรัมของแข็งระเหยที่ป้อน



รูปที่ 5 แสดงปริมาณก๊าซชีวภาพของมูลไก่ไข่ต่อน้ำสาหร่ายคลอเรลล่าที่

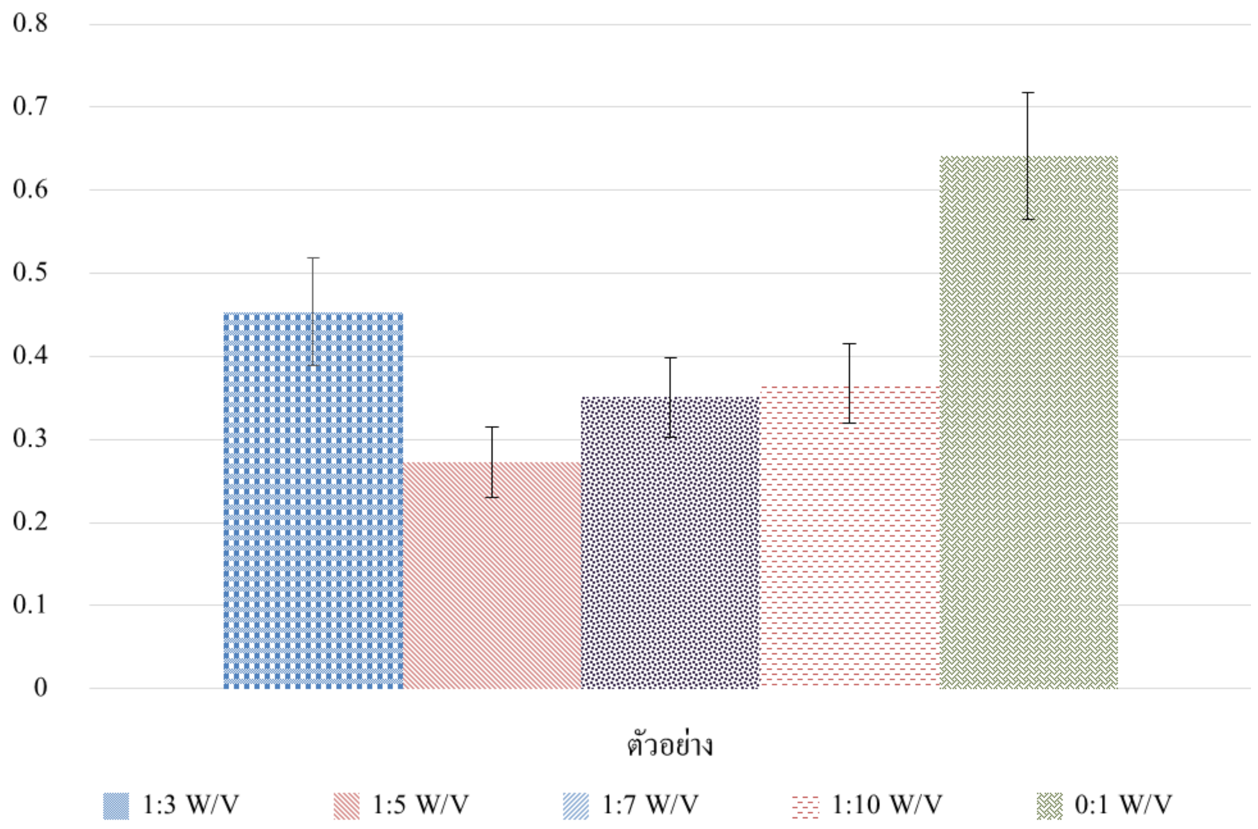
AEC-07

จากอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพของแต่ละการทดลองพบว่า อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพที่อัตราส่วนการเจือจางมูลไก่ไข่ต่อน้ำสาหร่ายคลอเรลล่าที่ 1:3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.453 ลิตรต่อกิโลกรัมของของแข็งระเหยที่ป้อน รองลงมาคือ 1:7, 1:10 และ 1:5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ตามลำดับ โดยจะได้ค่าอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพเท่ากับ 0.350, 0.196 และ 0.108 ลิตรต่อกิโลกรัมของของแข็งระเหยที่ป้อนตามลำดับ ส่วนชุดทดลอง ที่มีเฉพาะน้ำเสีย และมูลไก่ไข่นั้นพบว่ามีค่าอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพเท่ากับ 0.192 และ 0.370 ลิตรต่อกิโลกรัมของของแข็งระเหยที่ป้อนตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 6

จากชุดการทดลองที่มีที่อัตราส่วนการเจือจางมูลไก่ไข่ต่อน้ำสาหร่ายคลอเรลล่าที่ 1:3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ซึ่งเป็นชุดการทดลองที่มีอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพมากทีสุดนั้น จะพบว่าค่า Yield ของก๊าซชีวภาพที่ได้นั้น เมื่อเปรียบเทียบกับการหมักที่มีการใช้น้ำเสีย หรือมูลไก่ไข่เพียงอย่างเดียวนั้นจะมีค่ามากกว่าถึง 57.61% และ 18.32% ตามลำดับ

4.3 อภิปรายผลการทดลอง

การศึกษาการเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลล่าในน้ำทิ้งจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพในฟาร์มไก่ไข่ เป็นวิธีที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย เพื่อเป็นการบำบัดน้ำเสียให้มีค่าไนโตรเจนลดลงก่อนที่จะน้ำเสียไปปล่อยทิ้งสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ จากการศึกษานี้พบว่าตลอดระยะเวลาการเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลล่าในน้ำทิ้งจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพในฟาร์มไก่ไข่ นั้นจะพบว่า ปริมาณไนโตรเจน และปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำ นั้นจะมีค่าลดลงตลอดระยะเวลาการทดลอง เนื่องจากถูกย่อยสลายโดยสาหร่ายคลอเรลล่า และจากการศึกษากระบวนการ BMP ทำให้ทราบว่าการหมักร่วมระหว่างมูลไก่ไข่นั้น สามารถทำให้เกิดก๊าซชีวภาพได้จริง



รูปที่ 6 แสดงผลของอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพแต่ละการทดลองผลิตได้

5. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการปริมาณไนโตรเจนที่เหมาะสมในการเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลล่า โดยนำชุดทดลองที่มีอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่ดีที่สุด มาทำการศึกษาการหมักร่วมกับมูล ไก่ไข่ที่อัตราส่วนการเจือจางต่างๆ เพื่อศึกษาอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยสรุปผลการทสอบได้ดังนี้

5.1 การศึกษาปริมาณไนโตรเจนต่อระยะเวลาการเลี้ยงสาหร่าย

จากผลการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ 250 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตรส่งผลให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์ของสาหร่ายคลอเรลล่ามากที่สุดเท่ากับ 1.196 และ 0.840 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยมีระยะเวลาการเลี้ยงที่เหมาะสมที่สุดคือ 6 วัน ซึ่งหลังจากระยะเวลาการเลี้ยงวันที่ 6 ปริมาณคลอโรฟิลล์จะมีค่าลดลงเรื่อยๆ

5.2 ผลการศึกษาอัตราส่วนการหมักร่วมของมูลไก่ไข่ต่อน้ำสาหร่ายคลอเรลล่าที่มีผลต่อการเกิดก๊าซชีวภาพด้วยวิธีการ BMP

ผลการศึกษาพบว่าการหมักร่วมระหว่างมูลไก่ไข่ต่อน้ำสาหร่ายคลอเรลล่า สามารถทำให้เกิดก๊าซชีวภาพได้จริง โดยอัตราส่วนมูลไก่ไข่ต่อน้ำสาหร่ายคลอเรลล่าที่ทำให้เกิดปริมาณก๊าซชีวภาพสูงสุด และสูงกว่าการหมักแต่มูลไก่ไข่เพียงอย่างเดียวคือที่อัตราส่วน 1:3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ซึ่งจะทำให้มีอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพเท่ากับ 0.453 ลิตรต่อกิโลกรัมของแข็งระเหยที่ป้อน ส่วนชุดการทดลองที่ใส่เฉพาะมูลไก่ไข่เพียงอย่างเดียวนั้นจะพบว่ามีอัตราส่วนการผลิตก๊าซชีวภาพเท่ากับ 0.370 ลิตรต่อกิโลกรัมของแข็งระเหยที่ป้อน เมื่อเปรียบเทียบกับการหมักเฉพาะมูลไก่ไข่เพียงอย่างเดียว พบว่าอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพของการหมักที่อัตราส่วน 1:3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร นั้นมีค่ามากกว่าการถึง 18.32%

5.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาภายใต้การทดลองขนาดเล็กและมีการควบคุมตัวแปรที่มีผลต่อสาหร่ายที่ได้จากการทดลอง หากมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะของสถานที่เลี้ยงเช่น การเลี้ยงในบ่อเปิดอาจส่งผลกระทบต่อปริมาณสาหร่ายที่จะได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ (ERDI) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือ ทุนสำหรับทำการวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Oagile Dikinya and Namasiku Mufwanzala, (2010), Chicken manure-enhanced soil fertility and Productivity : Effects of application rates Department of Environmental Science, University of Botswana, Private Bag 0022, Gaborone, Botswana. Accepted 19 April, 2010.

[2] สิริชัย แย้มแบน. (2554). การผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลไก่ไข่ด้วยระบบบ่อหมักรางของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่. บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน.

[3] เสาวภา อังสุภานิช, พิมพรรณ ตันสกุล, พูนสุข ประเสริฐสรรพ์ และ กรองจันทร์ รัตนประดิษฐ์ (2536). การเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลล่าในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล, *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*, ครั้งที่ 31, สาขาคหกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ อุตสาหกรรมเกษตร เศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ ศึกษาศาสตร์ มนุษยศาสตร์ การจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม, 3-6 กุมภาพันธ์ 2536.

[4] อัญชลี เขื่อนเพชร. (2546). การเพาะเลี้ยงสาหร่าย Spirulina platensis ในระดับนำร่องด้วยน้ำเสียในบ่อปรับเสถียรภาพจากระบบก๊าซชีวภาพในฟาร์มเลี้ยงสุกร. บัณฑิตวิทยาลัย,มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[5] กิตติพล กสิภาร. (2555). การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยง Chlorella vulgaris ด้วย วิธีการออกแบบการทดลองแบบพื้นผิวตอบสนอง. คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.