



FEAT JOURNAL

FARM ENGINEERING AND AUTOMATION TECHNOLOGY JOURNAL

วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพโดยใช้ระบบน้ำวนและระบบแผ่นกั้นแบบไม่ใช้อากาศ

Comparison of Biogas Production Efficiency by Vortex and Anaerobic Baffle System

ชุตินา คุณภักดี¹ และ รัชพล สันติวารการ^{2*}Chutima Khunpakdee¹ and Ratchaphon Suntivarakorn^{2*}

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand 40002

Received: September 2015

Accepted: January 2016

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อทำการออกแบบและสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพโดยใช้ระบบน้ำวนขนาดจำลอง การออกแบบถังหมักก๊าซชีวภาพ 2 ถังที่มีลักษณะที่แตกต่างกัน ถังหมัก D1 ใช้ระบบน้ำวน ถังหมัก D2 ใช้ระบบแผ่นกั้นแบบไม่ใช้อากาศ ถังหมัก D1 มีลักษณะเป็นวงกลม 2 ชั้นขนาด 250 ลิตร และถังหมัก D2 มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 250 ลิตร ในการทดลองจะใช้มูลไก่สด ผสมกับ เชื้อตั้งต้นด้วยสัดส่วนที่ทดลองมีดังนี้ 25:75, 50:50, 75:25 โดยปริมาตร เป็นวัตถุดิบ แต่ละสัดส่วนใช้เวลาหมัก (Hydraulic retention times : HRT) 10 วัน จากการทดลองพบว่า อัตราส่วนระหว่างมูลไก่สดกับเชื้อตั้งต้นที่เกิดก๊าซชีวภาพมากที่สุดคือ 50 : 50 โดยปริมาตร ถังหมัก D1 และถังหมัก D2 เกิดก๊าซชีวภาพ 6.53 ม³, 22.32 ม³ ตามลำดับ โดยมีสัดส่วนก๊าซมีเทนในถังหมัก D1 และถังหมัก D2 เท่ากับ ร้อยละ 62.28 และ ร้อยละ 61.2 ตามลำดับ

คำสำคัญ : ก๊าซชีวภาพ ก๊าซมีเทน มูลไก่ น้ำวน

Abstract

The purpose of this research aims to generate biogas production system by using vortex model in a pilot plant. Two different digester tanks were installed. The first digester tank (D1) applied the vortex model while the second digester tank (D2) with anaerobic baffle was applied. D1 was circular shape case core and shell, with 250 liters in volume while D2 was rectangular shape, with 250 liters in volume. Fresh chicken manure and inoculums were the main ingredients for this experiment. The ratio of the ingredients were 25:75, 50:50, and 75:25 (chicken manure : inoculums). The hydraulic retention times (HRT) is 10 days. As a result, the ratio of 50:50 was shown the optimum biogas

production. D1 generated biogas for 6.53 m^3 with methane gas of 62.28%, and D2 generated biogas for 22.32 m^3 with methane gas of 61.2%.

Keywords : Biogas, Methane, Chicken manure, Vortex

*ติดต่อ: E-mail: k.chutima@kkumail.com, ratchaphon@kku.ac.th, โทรศัพท์: 080-727-6877

1. บทนำ

ปัจจุบันโลกมีความต้องการใช้พลังงานมากขึ้นเราจึงต้องหาพลังงานทดแทนมาใช้ ก๊าซชีวภาพเป็นอีกหนึ่งตัวเลือกที่น่าสนใจ ได้ทั้งพลังงานและได้กำจัดของเสียที่เกิดขึ้นอีกด้วย เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพที่ใช้ในปัจจุบันได้แก่ ถังปฏิกรณ์แบบกวนผสม (Continuous Stirred Tank Reactor : CSTR), ถังแบบ AC, ถังปฏิกรณ์แบบตะกอนลอย (Upflow Anaerobic Sludge Blanket : UASB), ระบบบ่อบิดแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Covered Lagoon), ระบบบ่อบิดแบบไม่ใช้อากาศดัดแปลง (Modified Covered Lagoon), ระบบแผ่นกั้นแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Baffle Reactor : ABR), ระบบบ่อแบบราง (Plug flow anaerobic digester) [1] ถังหมัก D1 จะใช้ระบบน้ำวน แนวทางที่ใช้ในการออกแบบถังหมักจะเพิ่มการวนน้ำเพื่อให้เกิดลักษณะคล้ายการกวนเพราะการกวนมีผลต่อการหมักทำให้จุลินทรีย์สัมผัสกันมากขึ้นจะทำให้เกิดก๊าซชีวภาพมากขึ้น [2] และป้องกันการไหลลัดวงจรระหว่างกระบวนการหมักโดยภายในถังหมักจะแบ่งเป็น 2 ช่วงการหมักช่องด้านบนก่อสร้างกรดมีปั๊มสำหรับวนน้ำ ช่องด้านในสร้างก๊าซมีเทน ถังหมัก D2 จะไม่ใช้ระบบน้ำวน แนวทางที่ใช้ในการออกแบบถังหมักคือระบบแผ่นกั้นแบบไม่ใช้อากาศ ระบบนี้สามารถป้องกันการเชื่อมจุลินทรีย์หลุดออกจากระบบ ทำให้รักษาเชื้อไว้ในระบบได้ทำให้ระบบมีความเสถียรสามารถทำงานได้ปกติ [3]

2. อุปกรณ์การทดลองและวิธีการทดลอง

2.1 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

ตัวแปรต้นในการออกแบบ

- สัดส่วนมูลไก่สดกับเชื้อตั้งต้น

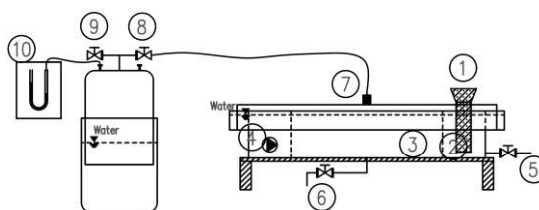
ตัวแปรตามในการออกแบบ

- ปริมาณก๊าซชีวภาพ
- ปริมาณก๊าซมีเทน (CH_4)

2.2 อุปกรณ์การทดลอง

2.2.1 ถังหมักก๊าซชีวภาพ D1

แผนผังถังหมักก๊าซชีวภาพ D1

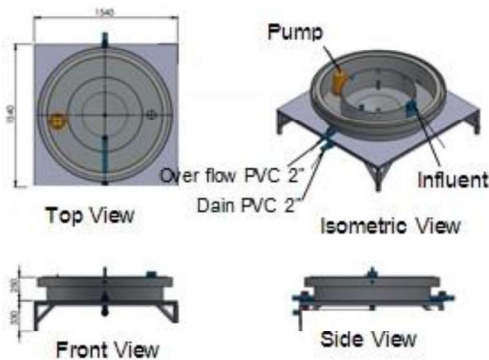


รูปที่ 1 แผนผังการทำงานถังหมักก๊าซชีวภาพ D1

- จุดที่ 1 ช่องเติมวัตถุดิบ
- จุดที่ 2 ถังหมักส่วนแรก
- จุดที่ 3 ถังหมักส่วนที่ 2
- จุดที่ 4 ปั๊ม (สำหรับสูบน้ำวน) ติดตั้งในถังหมักส่วนแรก
- จุดที่ 5 ทางออกสำหรับปล่อยตะกอนและน้ำส่วนเกิน ในถังหมักส่วนแรก

- จุดที่ 6 ทางออกสำหรับปล่อยตะกอนและน้ำส่วนเกิน ในถังหมักส่วนที่ 2
- จุดที่ 7 ทางออกก๊าซชีวภาพที่เกิดจากถังหมักเข้าถังเก็บก๊าซชีวภาพ
- จุดที่ 8 วาล์วทางเข้าถังเก็บก๊าซชีวภาพ
- จุดที่ 9 วาล์วสำหรับปล่อยก๊าซทิ้ง (ในกรณีก๊าซเต็มถังเก็บก๊าซชีวภาพ)
- จุดที่ 10 จุดวัดองค์ประกอบก๊าซชีวภาพ (ใช้เครื่องวิเคราะห์ห้องประกอบก๊าซชีวภาพ) วัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน

2.2.1.2 รูปแบบถังหมักก๊าซชีวภาพ D1



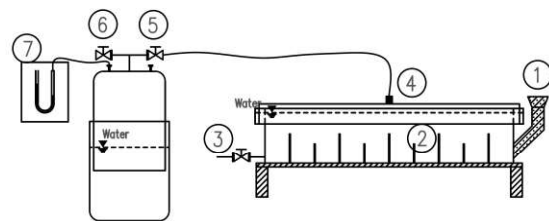
รูปที่ 2 รูปแบบถังหมักก๊าซชีวภาพ D1

ถังมีลักษณะเป็นทรงกลมสองชั้น เส้นผ่าศูนย์กลางช่องด้านนอกยาว 1.25 ม. สูง 0.225 ม. เส้นผ่าศูนย์กลางช่องด้านใน 0.8 ม. สูง 0.25 ม. ปริมาตร 250 ลิตร ช่องด้านในเจาะรูขอบบนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้วเพื่อให้วัตถุดิบที่ไหลลงจากช่องด้านนอกเข้าสู่ช่องด้านใน ดังแสดงในรูปที่ 2 มีท่อสำหรับเติมวัตถุดิบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว มีท่อ

สำหรับระบายตะกอนและน้ำส่วนเกิน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว ด้านบนมีฝาปิด และมีรูระบายก๊าซออกจากถังหมักขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว มีรางน้ำขนาด $0.1 \times 0.1 \times 0.1$ m. รอบบริเวณขอบถังด้านบนเพื่อป้องกันก๊าซรั่ว

2.2.2 ถังหมักก๊าซชีวภาพ D2

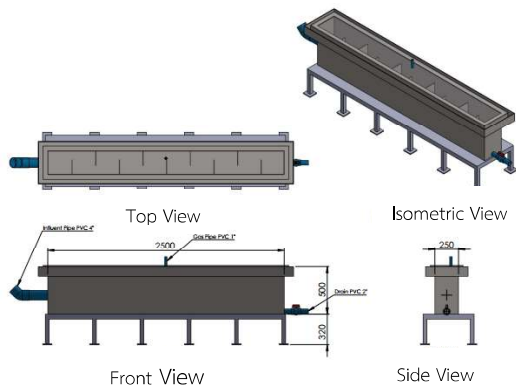
2.2.2.1 แผนผังถังหมักก๊าซชีวภาพ D2



รูปที่ 3 แผนผังการทำงานถังหมักก๊าซชีวภาพ D2

- จุดที่ 1 ช่องเติมวัตถุดิบ
- จุดที่ 2 ถังหมัก
- จุดที่ 3 ทางออกสำหรับปล่อยตะกอนและน้ำส่วนเกิน ในถังหมัก
- จุดที่ 4 ทางออกก๊าซชีวภาพที่เกิดจากถังหมักเข้าถังเก็บก๊าซชีวภาพ
- จุดที่ 5 วาล์วทางเข้าถังเก็บก๊าซชีวภาพ
- จุดที่ 6 วาล์วสำหรับปล่อยก๊าซทิ้ง (ในกรณีก๊าซเต็มถังเก็บก๊าซชีวภาพ)
- จุดที่ 7 จุดวัดองค์ประกอบก๊าซชีวภาพ (ใช้เครื่องวิเคราะห์ห้องประกอบก๊าซชีวภาพ), วัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน

2.2.2.2 รูปแบบถังหมักก๊าซชีวภาพ D2



รูปที่ 4 รูปแบบถังหมักก๊าซชีวภาพ D2

ถังมีลักษณะเป็นทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า กว้าง 0.25 ม. ยาว 2.5 ม. สูง 0.5 ม. ปริมาตร 250 ลิตร ดังแสดงในรูปที่ 2 มีท่อสำหรับเติมวัตถุดิบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว มีท่อสำหรับระบายตะกอนและน้ำส่วนเกินขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว ด้านบนมีฝาปิด และมีระบายก๊าซออกจากถังหมักขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว มีรางน้ำขนาด 0.1 x 0.1 x 0.1 m. รอบบริเวณขอบถังด้านบนเพื่อป้องกันก๊าซรั่ว

2.3 ขอบเขตในการทดลอง

- มูลไก่สดกับหัวเชื้อที่อัตราส่วน ร้อยละ 0:100 (หัวเชื้อ 0 ลิตร มูลไก่สด 250 ลิตร) ร้อยละ 25:75 (หัวเชื้อ 62.5 ลิตร มูลไก่สด 187.5 ลิตร) ร้อยละ 50:50 (หัวเชื้อ 150 ลิตร มูลไก่สด 150 ลิตร) ร้อยละ 75:25 (กาก 62.5 ลิตร มูลไก่สด 187.5 ลิตร) ร้อยละ 75:25 (มูลไก่สด 62.5 ลิตร หัวเชื้อ 187.5 ลิตร) ปริมาตรรวม 250 ลิตรต่อถัง
- ระยะเวลาเก็บ 10 วัน

- ใช้ระบบน้ำวน ทุก 3 ชั่วโมงครั้งละ 15 นาที ในถังหมัก D1

2.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบของวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองและองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

2.4.1 เชื้อตั้งต้น

เชื้อตั้งต้นที่ใช้เป็นเชื้อจุลินทรีย์จากบ่อหมักก๊าซชีวภาพของศรีวิโรจน์ฟาร์ม จังหวัดขอนแก่น

2.4.2 มูลไก่

มูลไก่สดที่ใช้เป็นมูลไก่ไข่จากศรีวิโรจน์ฟาร์ม จังหวัดขอนแก่น

การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมีของเชื้อตั้งต้น และมูลไก่สด โดยทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆดังนี้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH), ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity), กรดอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Fatty Acid : VFA), ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand : COD), ของแข็งทั้งหมด (Total Solid : TS), ของแข็งระเหยง่าย (Volatile Solid : VS), ของแข็งละลายทั้งหมด (Total Suspended Solid : TSS), ของแข็งแขวนลอยระเหย (Volatile Suspended Solid : VSS) ซึ่งถูกตรวจวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐานของ APHA WEF AWWA, edition 22nd การวิเคราะห์องค์ประกอบก๊าซชีวภาพโดยใช้เครื่องวัดองค์ประกอบ ก๊าซชีวภาพแบบพกพา รุ่น Geotech Biogas Check

2.5 ขั้นตอนการทดลอง

- เตรียมวัตถุดิบโดยใช้มูลไก่สดที่คัดแยกสิ่งแปลกปลอมแล้วผสมกับเชื้อตั้งต้น ที่อัตราส่วน 100:0 ปริมาตร 250 ลิตร (เชื้อตั้งต้น 250 ลิตร มูลไก่สด 0 ลิตร)

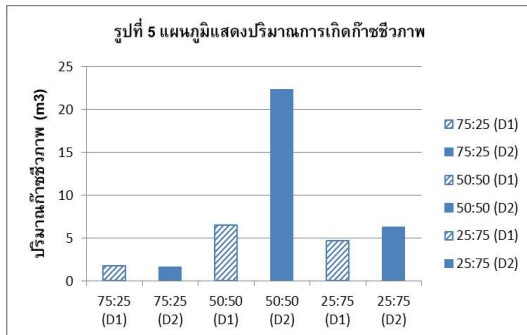
- นำตัวอย่างวัตถุดิบที่เตรียมไปตรวจวัดค่า pH, Alkalinity, COD, TSS, VSS, TS, VS ของวัตถุดิบก่อนทดลอง
- ใส่วัตถุดิบลงในถังหมักก๊าซชีวภาพ
- ตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพ อุณหภูมิ สิ่งแวดล้อม และองค์ประกอบของก๊าซที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน
- นำวัตถุดิบหลังการทดลองไปตรวจวัดค่า pH, Alkalinity, COD, TSS, VSS, TS, VS หลังจากการหมักในถังหมักก๊าซชีวภาพ 10 วัน
- ทำเหมือนข้อ 2.1.1 ถึง 2.1.5 โดยเปลี่ยนเป็นอัตราส่วน 75:25 50:50 และ 25:75

3. ผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

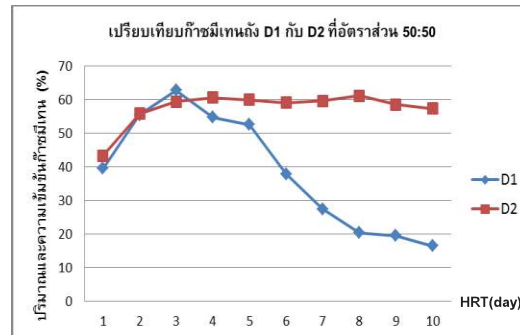
จากการทดลองถึงหมักก๊าซชีวภาพโดยใช้มูลไก่ สดผสมกับเชื้อตั้งต้นหมักในสภาวะไร้อากาศ ที่อัตราส่วน 25:75, 50:50, 75:25 หมักเป็นเวลา 10 วัน แสดงผลดังตารางที่ 1 ปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพ แสดงดังรูปที่ 5 ปริมาณการเกิดก๊าซมีเทนถึง D1 แสดงดังรูปที่ 6 ปริมาณการเกิดก๊าซมีเทนถึง D2 แสดงดังรูปที่ 7 และเปรียบเทียบปริมาณการเกิดก๊าซมีเทนของถังหมักก๊าซชีวภาพ D2 ที่อัตราส่วน 50:50 แสดงดังรูปที่ 8

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของวัตถุดิบก่อนและหลังการทดลอง

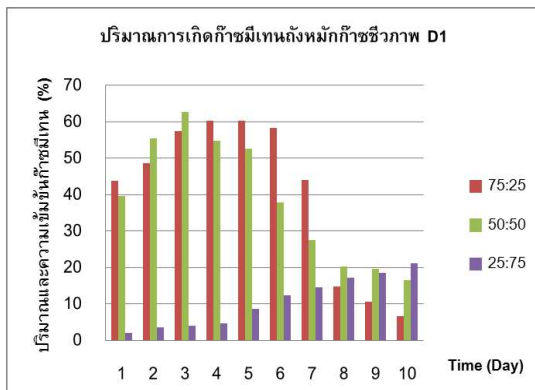
พารามิเตอร์	อัตราส่วนน้ำเสีย (เชื้อตั้งต้น : มูลไก่)								
	25:75			50:50			75:25		
	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง		ก่อนทดลอง	หลังทดลอง		ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	
	D1,D2	D1	D2	D1,D2	D1	D2	D1,D2	D1	D2
pH,	6.7	7.8	7.8	7.4	7.6	7.7	7.7	7.8	7.9
Alk, mg/l as CaCO ₃	9846	11642	13529	12890	13750	13699	15114	17657	16398
VFA, mg/l as acetic acid	13578	4407	2223	4480	2908	1494	4284	3258	2849
COD, mg/l	64962	13046	12538	75187	26800	16960	73267	11864	10808
TSS, mg/l	46050	7550	10450	48100	18725	15200	71450	48704	41887
VSS, mg/l	31450	5050	6300	32200	11950	9700	49450	31527	30308
TS, mg/l	50650	16655	17460	59350	27425	21350	84075	55145	54599
VS, mg/l	33425	8820	8080	38825	15900	12400	56275	23701	20692



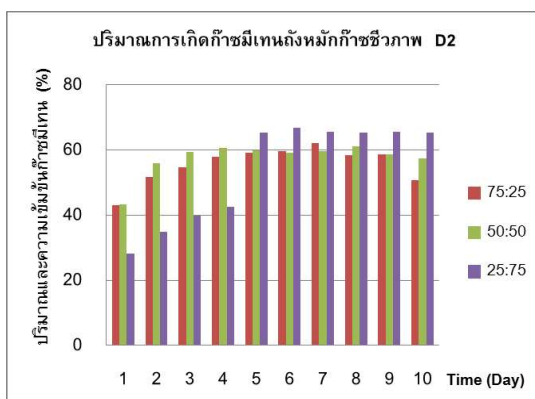
รูปที่ 5 แผนภูมิแสดงปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพ
สะสมที่ 10 วัน



รูปที่ 8 เปรียบเทียบปริมาณการเกิดก๊าซมีเทนของถัง
หมักก๊าซชีวภาพ D2 ที่อัตราส่วน 50:50



รูปที่ 6 แผนภูมิแสดงปริมาณการเกิดก๊าซมีเทน
ของถังหมักก๊าซชีวภาพ D1



รูปที่ 7 แผนภูมิแสดงปริมาณการเกิดก๊าซมีเทน
ของถังหมักก๊าซชีวภาพ D2

จากการผลการทดลองที่ได้ จะเปรียบเทียบ
ถังหมัก D1 และ ถังหมัก D2 ขนาด 250 ลิตร
ที่ระยะเวลาเก็บ 10 วัน ที่อุณหภูมิ 35.7 องศา
เซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับอุณหภูมิที่เหมาะสม
สำหรับเกิดก๊าซชีวภาพ 35 ± 2 องศาเซลเซียส [4]
พบว่าที่อัตราส่วน 50:50 ถังหมัก D1 เกิดก๊าซชีวภาพ
 6.53 m^3 และถังหมัก D2 เกิดก๊าซชีวภาพ 22.32 m^3
เกิดก๊าซก๊าซมีเทน ร้อยละ 62.28, ร้อยละ 61.2
โดยปริมาตร ตามลำดับ ถังหมัก D2 จะเกิดก๊าซ
ชีวภาพมากกว่าถังหมัก D1 แต่ปริมาณความเข้มข้น
ของก๊าซมีเทนถังหมัก D1 จะมากกว่าถังหมัก D2
แสดงให้เห็นว่าการกวนมีผลต่อการเกิดก๊าซมีเทน
จากตารางที่ 1 ค่ากรดอินทรีย์ระเหยง่ายต่อค่าความ
เป็นด่าง มีค่าน้อยกว่า 0.4 ดังนั้นถังหมักทั้งสองแบบนี้
สามารถดำเนินการเปลี่ยนแปลงค่ากรดต่างได้ดี

4. สรุป

จากการศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการ
ผลิตก๊าซชีวภาพโดยใช้ระบบน้ำวนและระบบแผ่นกั้น
แบบไม่ใช้อากาศ โดยหมักมูลไก่สดร่วมกับเชื้อ ตั้ง
ต้นในสภาวะไร้อากาศผลที่ได้คืออัตราส่วนระหว่างมูล
ไก่สดกับเชื้อตั้งต้นที่เกิดก๊าซชีวภาพมากที่สุดคือ

50 : 50 โดยปริมาตร ตั้งแต่ 1 และตั้งแต่ 2 เกิดก๊าซชีวภาพ 6.53 ม³, 22.32 ม³ ตามลำดับ โดยมีสัดส่วนก๊าซมีเทนใน ตั้งแต่ 1 และตั้งแต่ 2 เท่ากับ ร้อยละ 62.28 ร้อยละ 61.2ตามลำดับ จะเห็นว่าถึงหมักก๊าซชีวภาพที่ใช้ระบบน้ำวนสามารถนำไปใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพได้จริง

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ กลุ่มวิจัยวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติมหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำงานวิจัย อุปกรณ์เครื่องมือในการทดสอบและขอขอบคุณบริษัทศรีวิโรจน์ฟาร์ม อำเภอชุมแพ จังหวัดขอนแก่น ที่เอื้อเฟื้อวัตถุดิบในการทดลอง

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานเทคโนโลยีความปลอดภัย กรมโรงงานอุตสาหกรรม. คู่มือการปฏิบัติงานเกี่ยวกับการออกแบบ การผลิต การควบคุมคุณภาพ และการใช้ก๊าซชีวภาพ (Biogas) สำหรับโรงงาน. กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม; 2553.
- [2] Khursheed, et al. Anaerobic Digestion of animal waste: Effect of mode of mixing, Chemical Reaction Engineering Laboratory(CREL). Washington: Department of Chemical Engineering, Washington University; 2005.
- [3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. คู่มือเทคโนโลยีพลังงานก๊าซชีวภาพ โครงการถ่ายทอด เผยแพร่การใช้พลังงานก๊าซชีวภาพ. กรุงเทพฯ: กระทรวงพลังงาน; 2557.
- [4] Benjamin Jr SM, Thomas TA, Johnston P. Anaerobic Co digestion of hog and poultry waste. Bioresource Technology. 2001; 76(1), 165-168.