NUEJ
NARESUAN UNIVERSITY
ENGINEERING JOURNAL

การเพิ่มสัดส่วนก๊าซมีเทนที่แหล่งกำเนิดของน้ำเสียโรงงานน้ำมันปาล์มโดยวิธีการหมุนเวียนน้ำเสียผ่านคอลัมน์คายก๊าซ

In-situ Methane Enrichment of Palm Oil Mill Wastewater by Effluent Recirculation to Stripping Column

จีระศักดิ์ หลงมะลิ [1,2]*และ พฤกษ์ อักกะรังสี [3]
Jeerasak Longmali [1,2]* and Pruk Aggarangsi [3]

[1] นักศึกษาบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
[2] สาขาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
[3] อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
*Corresponding authors : scookter@hotmail.com

บทคัดย่อ

การนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ มักพบปัญหาการใช้งานเนื่องจากก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้มีค่าความร้อนที่ค่อนข้างต่ำซึ่งเป็นผลมาจากการเจือปนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซชีวภาพจากกระบวนการหมักย่อยแบบไม่ใช้อากาศ ส่งผลให้สัดส่วนของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพนั้นมีค่าต่ำ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอัตราการหมุนเวียนน้ำเสียจากถังหมักก๊าซชีวภาพมายังถังคายก๊าซเพื่อลดสัดส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระบบถังหมักก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียโรงงานน้ำมันปาล์ม โดยได้ทำการศึกษาอัตราการเวียนน้ำเสียเท่ากับ 0 230 330 430 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรระบบก๊าซชีวภาพ ผ่านถังคายก๊าซขนาด 11 ลิตร ติดตั้งเข้ากับถังหมักก๊าซชีวภาพแบบถังหมักรางของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (CMU-CD) มีลักษณะเป็นถังหมักไม่ใช้อากาศแบบรางขนาด 1,100 ลิตร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาอัตราการหมุนเวียนน้ำเสียที่เหมาะสมต่อการเพิ่มสัดส่วนก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ จากผลการทดลองพบว่า ที่อัตราหมุนเวียนน้ำเสีย 230 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรระบบก๊าซชีวภาพ เป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการเพิ่มสัดส่วนมีเทนในระบบก๊าซชีวภาพที่ใช้น้ำเสียโรงงานน้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบ โดยสามารถเพิ่มสัดส่วนก๊าซมีเทนเท่ากับ 71.0±6.2 เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราการคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 111±17 มิลลิลิตรก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อลิตรอากาศ มีการสูญเสียก๊าซมีเทนที่ 5.9 เปอร์เซ็นต์ จึงเป็นแนวทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มความเข้มข้นก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียโรงงานน้ำมันปาล์มได้

คำสำคัญ : ก๊าซชีวภาพ , คอลัมน์คายก๊าซ , ก๊าซมีเทน , การหมุนเวียนน้ำเสีย , น้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์ม

Abstract

Biogas utilization often experiences a relative low calorific value due to high carbon dioxide (CO_2) content, a CO_2 product from anaerobic digestion process, resulting in a low of methane (CH_4) : CO_2 ratio. The objective of research is to study the effects of the recirculation rate of wastewater from biogas fermenter tank to discharge gas tank. The goal is to reduce the CO_2 in the biogas produced from palm oil mill wastewater using anaerobic fermentation process, which would increase the proportion of methane in the biogas produced. The recirculation rates were studied at the rate of 0%, 230%, 330%, and 430% of the total volume of digester volume through the stripping tank size of 11 liters, which is installed with Chiang Mai University channel digester (CMU-CD) acted as an anaerobic digester size 1100 liters. The results showed that the recirculation rate at 230% of the total volume of digester volume was optimum rate for the increase of CH_4 in the biogas plant. This rate produce about 71.0±6.2% of CH_4 and remove about 111±17 milliters of CO_2 per liters of air with the loss at 5.9% of CH_4. It is therefore one alternative to enrich the concentration of methane in biogas from the palm oil wastewater.

Keywords : Biogas, Stripping Column, Methane, Recycle of Wastewater, Wastewater Palm Oil Mill

1. บทนำ

พลังงานเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญในการตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของประชาชน และเป็นปัจจัยพื้นฐานการผลิตในภาคธุรกิจและภาคอุตสาหกรรม จากราคาพลังงานที่ปรับตัวขึ้นลงทำให้ส่งผลกระทบต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ ประกอบกับความต้องการใช้พลังงานที่เพิ่มสูงขึ้นทำให้ปัจจุบันการใช้พลังงานนั้นเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นการลดต้นทุนพลังงานให้มีความเหมาะสมและไม่เป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ และตอบสนองต่อปริมาณความต้องการใช้พลังงานที่สอดคล้องกับการเจริญเติบโตของเศรษฐกิจและการเพิ่มขึ้นของประชากร รัฐบาลจึงเล็งเห็นความสำคัญในการจัดหาแหล่งพลังงานที่หลากหลายเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะพลังงานหมุนเวียน และมีนโยบายส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานทดแทนที่ผลิตได้ในประเทศ โดยได้จัดทำแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก AEDP 2015 เพื่อผลักดันให้มีการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้น [1]

ก๊าซชีวภาพ เป็นพลังงานหมุนเวียนรูปแบบหนึ่งที่รัฐบาลส่งเสริมให้มีการผลิตอย่างต่อเนื่องและใช้พลังงานทดแทนในรูปต่างๆ เช่น ทดแทนไฟฟ้า ทดแทนความร้อน และทดแทนเชื้อเพลิง เป็นต้น ดังนั้นก๊าซชีวภาพจึงจัดเป็นพลังงานทางเลือกที่สำคัญอย่างหนึ่งของประเทศ ประกอบกับประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมจึงมีวัตถุดิบที่สามารถนำมาผลิตก๊าซชีวภาพได้อย่างหลากหลาย เช่น ของเสียหรือน้ำเสียจากภาคอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร ภาคปศุสัตว์ ภาคชุมชนและสถานประกอบการต่างๆ รวมทั้งของเหลือทิ้งทางการเกษตรหรือจากพืชพลังงานต่างๆ แต่ปัจจุบันยังประสบปัญหาการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ เนื่องจากก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้มีค่าความร้อนที่ค่อนข้างต่ำเพราะสัดส่วนของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพนั้นมีน้อย

ปัจจุบันได้มีการนำน้ำเสียจากโรงงานน้ำมันปาล์มมาหมักย่อยแบบไม่ใช้อากาศและมีผลพลอยได้เป็นก๊าซชีวภาพเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนของประเทศไทย จากข้อมูลภาคส่วนการผลิตโรงงานอุตสาหกรรม(สกัดน้ำมันปาล์ม) พบว่ามีจำนวนทั้งหมด 39 โรงงาน โดยมีศักยภาพการผลิตพลังงานเทียบเท่าไฟฟ้าเท่ากับ 5.17 เมกะวัตต์ หากพิจารณาภาคส่วนการผลิตของเหลือทิ้งทางการเกษตรคิดเฉพาะปริมาณที่นำมาใช้ได้นั้นคือทะลายเปล่าปาล์มน้ำมันมีจำนวน 514,253 ตัน มีศักยภาพการผลิตพลังงานเทียบเท่าไฟฟ้าเท่ากับ 2.74 เมกะวัตต์ [2] จากศักยภาพการผลิตข้างต้นนั้นหากได้รับการพัฒนาปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้นอาจสามารถเพิ่มศักยภาพการผลิตพลังงานได้มากขึ้น เพื่อการพัฒนาระบบปรับปรุงก๊าซชีวภาพในโรงงานให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานและเพิ่มศักยภาพในการนำก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียของโรงงานน้ำมันปาล์มไปใช้ประโยชน์จากการศึกษางานวิจัยของ Nordberg et al. [3] ที่ใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพที่แหล่งกำเนิดโดยมีการติดตั้งถังคายก๊าซ โดยนำน้ำเสียจากถังหมักก๊าซชีวภาพมาหมุนเวียนผ่านถังคายก๊าซ ซึ่งเป็นการเพิ่มสัดส่วนก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพโดยสามารถลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในถังหมักก๊าซชีวภาพได้ เนื่องด้วยองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพมีคาร์บอนไดออกไซด์เป็นส่วนหนึ่งและสามารถละลายอยู่ในน้ำเสีย ซึ่งเมื่อน้ำเสียผ่านถังคายก๊าซนั้นมีการเป่าอากาศจึงสามารถดึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากน้ำเสียที่ไหลผ่านชั้นตัวกลางในถังคายก๊าซได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์ก๊าซชีวภาพที่ได้นั้นมีความเข้มข้นของก๊าซมีเทนเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสามารถผลิตก๊าซมีเทนที่มีความเข้มข้นมากถึง 87 เปอร์เซ็นต์ โดยมีการสูญเสียมีเทน 8 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งยังสามารถลดค่าใช้จ่ายจากกระบวนการปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพและสามารถพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ก๊าซชีวภาพที่ได้หลังจากกระบวนการหมักย่อยแบบไม่ใช้อากาศอีกด้วย

ดังนั้นผู้จัดทำจึงทำการศึกษาผลของอัตราการหมุนเวียนน้ำเสียของโรงงานน้ำมันปาล์มที่ออกจากถังหมักก๊าซชีวภาพผ่านถังคายก๊าซที่เหมาะสมต่อสัดส่วนมีเทนที่ผลิตได้

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยมีรายละเอียดดังนี้

Nordberg et al. [3] ได้ทำการประยุกต์เทคโนโลยีการปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพจากแหล่งกำเนิดเพื่อเพิ่มปริมาณการผลิตและพัฒนาคุณภาพก๊าซชีวภาพจากการหมักก๊าซชีวภาพแบบไม่ใช้อากาศให้มีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับยานยนต์หรือก๊าซชีวภาพที่มีคุณภาพโดยไม่ต้องนำไปปรับปรุงคุณภาพก่อนนำไปใช้ ซึ่งได้ทำ

การทดลองโดยใช้ถังหมักก๊าซชีวภาพขนาด 19 ลูกบาศก์เมตร และขนาด 15 ลูกบาศก์เมตร ที่มีกวนอย่างต่อเนื่องโดยใช้วัตถุดิบเป็นกากตะกอนน้ำเสียในเขตเทศบาลเมือง และติดตั้งถังคายก๊าซขนาด 0.09 ลูกบาศก์เมตร และขนาด 0.14 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ เพื่อทำหน้าที่คายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยพบว่าระบบสามารถผลิตก๊าซชีวภาพที่มีสัดส่วนก๊าซมีเทนเท่ากับ 87 เปอร์เซ็นต์ และมีการสูญเสียก๊าซมีเทนร้อยละ 8 อย่างไรก็ตาม จากการจำลองในระบบคอมพิวเตอร์แสดงให้เห็นว่าอัตราการไหลของตะกอนหมุนเวียนผ่านถังคายก๊าซควรจะต่ำที่สุดเท่าที่เป็นไปได้เพื่อลดการสูญเสียของก๊าซมีเทน โดยพบว่าขนาดถังคายก๊าซที่เพิ่มขึ้นจะสามารถคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มมากขึ้นอีกด้วย

สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ [4] ได้ศึกษาอัตราการไหลของน้ำเสียต่ออัตราการเป่าอากาศ (L/G ratio) โดยการไล่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากน้ำเสียฟาร์มไก่ไข่ในถังคายก๊าซที่มีการไหลผ่านครั้งเดียวนั้น ซึ่งได้ทำการศึกษาที่อัตราการไหลน้ำเสียจำนวน 3 ค่า คือ 1.75 2.5 และ 3.3 ลิตรต่อนาที โดยกำหนดอัตราส่วน L/G เท่ากับ 0.67 1.25 1.94 2.5 2.92 และ 3.5 โดยมีการทดลองทั้งหมด 18 การทดลอง แต่ละการทดลองจะทำ 3 ซ้ำ ซึ่งจะพิจารณาจากอัตราการคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และความเข้มข้นของก๊าซมีเทนที่ออกจากถังคายก๊าซ จากผลการทดลองพบว่าอัตราส่วน L/G เท่ากับ 2.92 เป็นค่าที่เหมาะสม เนื่องจากมีความสามารถในการไล่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดีและการสูญเสียก๊าซมีเทนในกระบวนการคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต่ำ โดยมีอัตราการคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 0.208±0.013 0.170±0.013 และ 0.195±0.003 ลิตรก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อลิตรอากาศและมีการสูญเสียก๊าซมีเทนเท่ากับ 2.3±0.8 1.5±0.4 และ 2.6±0.0 เปอร์เซ็นต์ ที่อัตราการไหลน้ำเสียเท่ากับ 1.75 2.5 3.3 ลิตรต่อนาที ตามลำดับ โดยพบว่าอัตราการไหลน้ำเสีย 1.75 ลิตรต่อนาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการเพิ่มสัดส่วนของก๊าซมีเทนในระบบผลิตก๊าซชีวภาพที่ใช้น้ำเสียฟาร์มไก่ไข่เป็นวัตถุดิบ ซึ่งสามารถเพิ่มสัดส่วนของก๊าซมีเทนได้ร้อยละ 66.6±1.7 คิดเป็นร้อยละความเข้มข้นของก๊าซมีเทนที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 16.4 สามารถลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซชีวภาพได้ร้อยละ 32.8 โดยมีการสูญเสียมีเทนเพียงร้อยละ 5.3

จุฑามาศ [5] ได้ทำการศึกษาการเพิ่มความเข้มข้นของมีเทนที่แหล่งกำเนิดโดยการเวียนน้ำเสียจากฟาร์มไก่ไข่ที่ออกจากระบบก๊าซชีวภาพแบบหมักรางขนาด 1,100 ลิตร ที่ต่อเข้ากับถังคายก๊าซชนิดแบบฟอง (Bubble Column) ปริมาตรใช้งานรวม 10 ลิตร และทำการเป่าอากาศเพื่อไล่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากน้ำเสีย โดยการทำเวียนน้ำในอัตรา 50 100 และ 200 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรระบบผลิตก๊าซชีวภาพต่อวัน เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ พบว่าก๊าซชีวภาพจากระบบมีค่ามีเทนเพิ่มขึ้นจาก 55.51±0.2 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตร เป็น 67.6±2.5 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตร ที่อัตราการเวียนน้ำเสีย 200 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรระบบผลิตก๊าซชีวภาพต่อวัน โดยมีความเข้มข้นของก๊าซมีเทนที่เพิ่มขึ้นคิดเป็น 25.14±2.0 เปอร์เซ็นต์ และมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเท่ากับ 75.77±8.33 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้มีอัตราการผลิตก๊าซมีเทนเท่ากับ 0.318±0.04 ลูกบาศก์เมตรของก๊าซมีเทนต่อกิโลกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด ซึ่งจะเห็นว่าการใช้ถังคายชนิดแบบฟองก๊าซสามารถเพิ่มความเข้มข้นของมีเทนได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

ปกรณ์ [6] ได้ศึกษาการแยกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากก๊าซชีวภาพโดยใช้เทคนิคการดูดซับด้วยของเหลวในคอลัมน์อัดตัว โดยใช้สารละลายโซดาไฟ สารละลายโมโนเอทานอลเอมีน และสารละลายปูนขาว ความเข้มข้นของสารละลายคือ 0.1 0.2 และ 0.3 โมลาร์ อัตราการไหลของก๊าซชีวภาพ 1 2 และ 3 ลิตรต่อนาที รวมถึงการเปลี่ยนวัสดุเพิ่มพื้นที่ผิวที่บรรจุในคอลัมน์ที่มีลักษณะแตกต่างกัน โดยใช้ไบโอบอล ฝาขวดน้ำเจาะรู และพรมเช็ดเท้าตัด โดยขนาดของคอลัมน์ที่ใช้ทดสอบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 เซนติเมตร สูง 1 เมตร ใส่วัสดุเพิ่มพื้นที่ผิวสูง 70 เซนติเมตร พบว่าสภาวะที่เหมาะสมมากที่สุดต่อการแยกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งในด้านประสิทธิภาพและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ คือ สารละลายโซดาไฟความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ อัตราการไหลของก๊าซชีวภาพ 3 ลิตรต่อนาที โดยมีประสิทธิภาพการแยกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 94.4 เปอร์เซ็นต์ และฝาขวดน้ำเจาะรูให้ประสิทธิภาพในการแยกก๊าซคาร์บอนไซด์สูงที่สุด แต่ในด้านการนำไปใช้งานจริงควรใช้ไบโอบอลเนื่องจากง่ายต่อการนำไปใช้งาน หาซื้อง่าย และให้ประสิทธิภาพในการแยกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ใกล้เคียงกับฝาขวดน้ำเจาะรู

Lindberg and Rasmuson [7] ได้ทำศึกษาการเพิ่มสัดส่วนของก๊าซมีเทนที่แหล่งกำเนิดของกระบวนการหมักย่อยแบบไม่ใช้อากาศของกากตะกอนน้ำเสีย ทำการทดลองโดยการนำน้ำเสียผ่านถังคายก๊าซที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 เมตร

และมีความสูง 1.8 เมตร ติดตั้งไว้กับบ่อหมักก๊าซชีวภาพที่โรงบำบัดน้ำเสียในเขตเทศบาลเมือง โดยที่อากาศถูกฉีดเข้ามาช่วยในถังคายก๊าซที่ช่วงความสูงระหว่าง 1 ถึง 1.3 เมตร และมีจุลินทรีย์กลุ่มมีโซฟิลิค เป็นตัวดำเนินการในการหมักมีระยะเวลาในบ่อหมักก๊าซชีวภาพประมาณ 20 วัน จากผลการทดลองพบว่าอัตราการคายก๊าซจะสามารถคายได้ดีจะอยู่ในช่วงที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.07- 0.25 ลูกบาศก์เมตรก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อลูกบาศก์เมตรตะกอนต่อวัน และมีการสูญเสียก๊าซมีเทนต่ำสุดอยู่ที่ประมาณร้อยละ 2 ของการผลิตก๊าซมีเทนในกระบวนการ

O'Keefe et al. [8] ได้ทำการศึกษาการเพิ่มสัดส่วนก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพของระบบหมักขนาด 4,500 ลิตร โดยการเป่าอากาศเพื่อดึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากสลัดจ์ที่หมุนเวียนจากระบบหมักผ่านถังคายก๊าซขนาด 1,000 ลิตร ที่อัตราการเป่าอากาศ 46 ลิตร ต่อการเวียนน้ำออกจากถังหมัก 1 ครั้ง เพื่อสังเกตผลของการเป่าอากาศที่มีต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักย่อย โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากตำแหน่งต่างๆ ของระบบหมักย่อย และทำการตรวจวัดค่ากรดอินทรีย์ ปริมาณของแข็ง ปฏิกิริยาดีไฮโดรจีเนช (dehydrogenase activity) หาค่าความสามารถจำเพาะของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ในการผลิตมีเทน (Specific methanogenic activity, SAM) ด้วยวิธีการวิเคราะห์ด้านจุลชีววิทยา (Enzyme-linked immunosorbent assay, ELISA) ของแบคทีเรียกลุ่มต่างๆ ซึ่งผลการทดสอบพบว่าระบบสามารถเพิ่มสัดส่วนก๊าซมีเทนได้มากกว่าร้อยละ 90 และการเป่าอากาศไม่ทำให้เกิดผลกระทบต่อการสร้างกรดอินทรีย์และความสามารถในการหมักย่อยของจุลินทรีย์ในระบบแต่อย่างใด

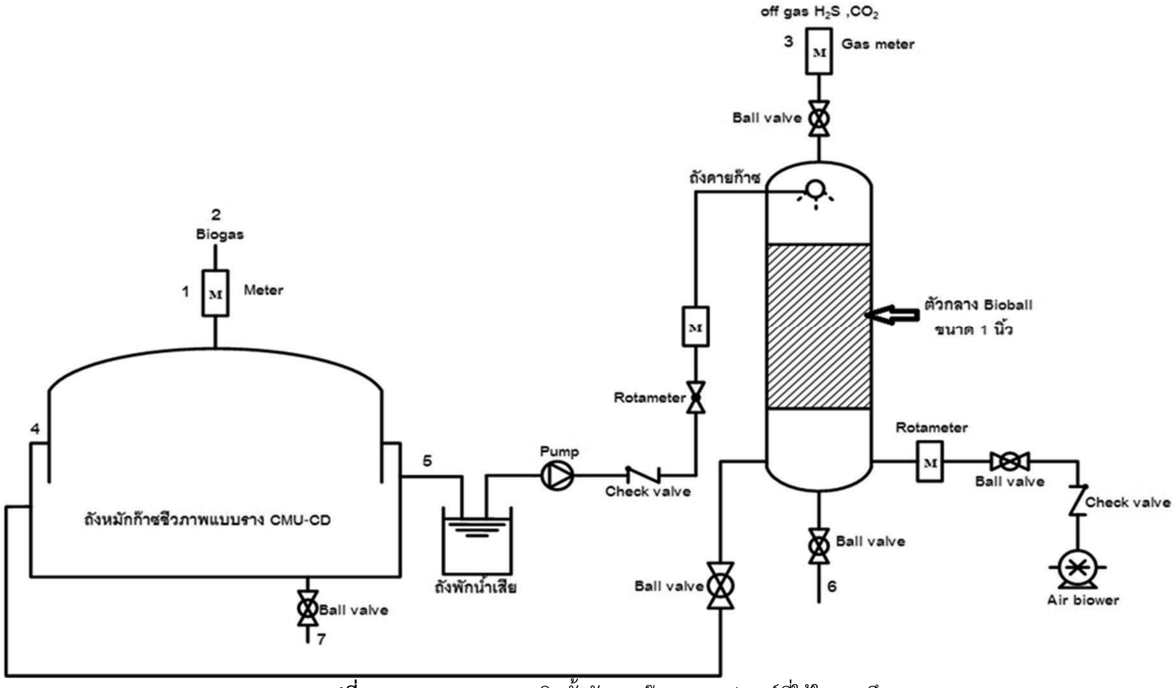
Richards et al. [9] ได้ทำการศึกษากระบวนการหมักย่อยวัตถุดิบทางการเกษตรด้วยถังหมักทรงกระบอกขนาด 12 ลิตร (เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.15 เมตร) และคอลัมน์ถังคายก๊าซขนาด 2 ลิตร (เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.1 เมตร x สูง 1.5 เมตร) โดยมีการหมุนเวียนน้ำเสียจากด้านล่างถังหมักมายังด้านบนของถังคายก๊าซและมีการอัดก๊าซไนโตรเจนเข้าด้านล่างของถังคายก๊าซที่อัตราการไหล 0.7 ลิตรต่อนาที เพื่อทำการศึกษาที่เงื่อนไขที่มีค่าความเป็นด่างเท่ากับ 2 4 และ 8 กรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต โดยมีอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 2 - 4 กรัมของแข็งระเหยต่อกิโลกรัมต่อวัน จากผลการทดลองพบว่าเงื่อนไขของการเวียนน้ำเสียที่มีค่าความเป็นด่าง 2 ถึง 4 กรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ส่งผลให้อัตราการคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดเท่ากับ 10 กรัมต่อลิตรของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และได้ก๊าซชีวภาพที่มีสัดส่วนของก๊าซมีเทนมากกว่าร้อยละ 95 โดยมีค่าพีเอชที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 7.8 - 8.1 ซึ่งหากค่าพีเอชอยู่ในช่วงสูงหรือต่ำกว่าค่าที่เหมาะสมอาจทำให้อัตราการเกิดก๊าซมีเทนในระบบลดลง โดยค่าพีเอชที่สูงเกินอาจทำให้เกิดความเข้มข้นของแอมโมเนียสูงได้ และก่อให้เกิดความเป็นพิษในระดับที่สูงกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

Boontawee and Koonaphapdeelert [10] ได้ศึกษาการเพิ่มความเข้มข้นของก๊าซมีเทน โดยใช้มูลไก่ไข่เป็นวัตถุดิบหลัก โดยใช้ถังหมักก๊าซขนาด 1000 ลิตร และถังคายก๊าซขนาด 11 ลิตร พบว่าประสิทธิภาพการคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของของเหลวและก๊าซ (L / G ratio) ในถังคายก๊าซ ซึ่งอัตราส่วนของ L / G ที่เหมาะสมถูกระบุให้เป็น 0.83 เท่า จากนั้นได้ทำการทดลองหมุนเวียนน้ำเสียมูลไก่ไข่จากถังหมักก๊าซชีวภาพมายังถังคายก๊าซด้วยอัตราการหมุนเวียนน้ำเสียที่ 200 – 400 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรถังหมัก พบว่าอัตราการหมุนเวียนน้ำเสียที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดการเพิ่มสัดส่วนก๊าซมีเทนที่สูงขึ้น โดยสามารถเพิ่มความเข้มข้นก๊าซมีเทนอยู่ในช่วง 10 - 23 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการสูญเสียก๊าซมีเทนออกจากระบบอยู่ระหว่าง 3.7-16 เปอร์เซ็นต์ โดยสภาวะที่เหมาะสมในการเดินระบบ พบว่าที่อัตราการเวียนน้ำ 400 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรถังหมัก มีประสิทธิการเพิ่มความเข้มข้นของก๊าซมีเทน 23 เปอร์เซ็นต์ และมีการสูญเสียมีเทนที่ 10เปอร์เซ็นต์

3. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ น้ำเสียโรงงานน้ำมันปาล์ม ได้นำมาจากบริษัทเสถียรปาล์ม จังหวัดกาญจนบุรี โดยน้ำเสียโรงงานน้ำมันปาล์มจะถูกป้อนเข้าระบบทุกวันปริมาณ 40 ลิตร และควบคุมระยะเวลากักเก็บน้ำเท่ากับ 27.5 วัน ให้คงที่ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา

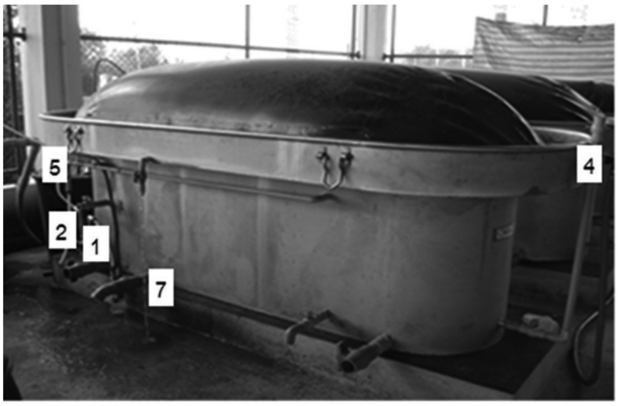


รูปที่ 1 แผนภาพแสดงการติดตั้งถังคายก๊าซและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

หมายเหตุ : คำอธิบายหมายเลขแสดงดังตารางที่ 1

3.2 ถังคายก๊าซ และอุปกรณ์ต่างๆ

การวิจัยนี้เป็นวิจัยเชิงทดลอง โดยทำการติดตั้งถังคายก๊าซและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการศึกษาแสดงดังรูปที่ 1 ประกอบด้วย ถังหมักก๊าซชีวภาพแบบถังหมักรางของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (CMU-CD) แสดงดังรูปที่ 2 มีลักษณะเป็นถังหมักแบบไม่ใช้อากาศแบบรางขนาด 1,100 ลิตร [11] ทำการติดตั้งถังคายก๊าซปริมาตรใช้งาน 11 ลิตร แสดงดังรูปที่ 3 โดยถังคายก๊าซทำหน้าที่คายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งภายในบรรจุไบโอบอลขนาด 1 นิ้ว เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัส [6] และมีการติดตั้งปั้มลมทำหน้าที่เป่าอากาศภายนอกเข้าไปยังถังคายก๊าซ เพื่อไล่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ออกจากถังคายก๊าซ โดยมีการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมอัตราอัตราการไหลของอากาศ และติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมอัตราการไหลของน้ำเสียก่อนเข้าถังคายก๊าซ โดยมีประตูน้ำ (Gate valve) เพื่อใช้ปรับความละเอียดของอัตราการไหลของน้ำเสียในแต่ละการทดลองให้คงที่ตลอดระยะเวลาทำการศึกษาโดยจะติดตั้งถังคายก๊าซในตำแหน่งด้านหลังใกล้กับถังรับน้ำออก เพื่อเวียนน้ำเสียกลับมายังถังหมักก๊าซชีวภาพ โดยการกระจายเข้าสู่ถังหมักก๊าซชีวภาพในส่วนด้านบนตำแหน่งระดับผิวน้ำเพื่อให้ดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดี



รูปที่ 2 ถังหมักก๊าซชีวภาพที่ใช้ในการทดลอง

หมายเหตุ : คำอธิบายหมายเลขแสดงดังตารางที่ 1

รูปที่ 3 ถังคายก๊าซที่ใช้ในการทดลอง

หมายเหตุ : คำอธิบายหมายเลขแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์และความถี่ในการเก็บข้อมูล

ลำดับ	ตำแหน่ง	พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์	ความถี่ในการเก็บข้อมูล
1	ถังหมักก๊าซชีวภาพ	ปริมาณก๊าซชีวภาพ	Gas Meter	ทุกวัน
2	ท่อนำก๊าซที่ถังหมักก๊าซชีวภาพ	องค์ประกอบก๊าซ (CH_4, CO_2, O_2, H_2S)	Digital Gas Check (GA2000 Geotechnical Instruments)	ทุกวัน
3	ท่อนำก๊าซออกที่ถังคายก๊าซ	องค์ประกอบก๊าซ (CH_4, CO_2, O_2, H_2S)	Digital Gas Check (GA2000 Geotechnical Instruments)	ทุกวัน
4	น้ำเข้าเสียเข้าถังหมักก๊าซชีวภาพ	pH, COD, Alk, VFA,TS, VS	Standard Methods	2 ครั้งต่อสัปดาห์
5	น้ำเสียออกถังหมักก๊าซชีวภาพ	pH, COD, Alk, VFA,TS, VS	Standard Methods	2 ครั้งต่อสัปดาห์
6	น้ำเสียออกถังคายก๊าซ	pH, COD, Alk, VFA,TS, VS	Standard Methods	2 ครั้งต่อสัปดาห์
7	ตะกอน	pH, COD, Alk, VFA,TS, VS	Standard Methods	2 ครั้งต่อสัปดาห์

หมายเหตุ : : ความเป็นกรดด่าง (pH), ค่าซีโอดี (COD), สภาพด่างทั้งหมด (Alk), กรดไขมันระเหย(VFA), ปริมาณของแข็ง (TS), ปริมาณของแข็งระเหยง่าย (VS) ตรวจวิเคราะห์ตาม Standard Methods [12]

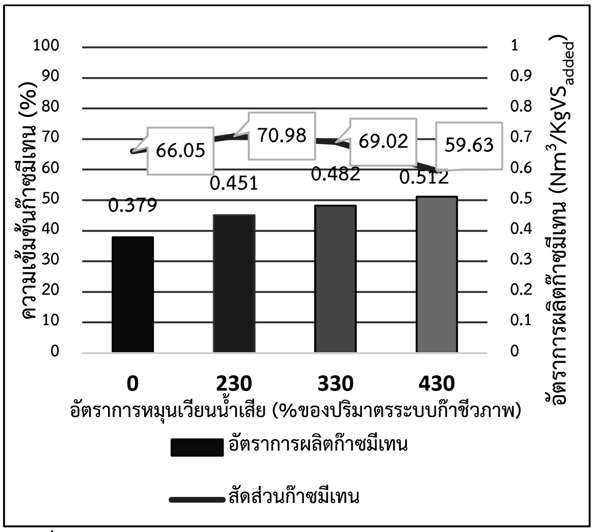
3.3 การศึกษาผลของอัตราการหมุนเวียนน้ำเสียของระบบผลิตก๊าซชีวภาพต่ออัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ

ในการศึกษาได้ควบคุมค่าอัตราการไหลของน้ำเสียเข้าสู่ถังคายก๊าซและอัตราการเป่าอากาศ (L/G ratio) เท่ากับ 2.92 ให้คงที่ตลอดระยะเวลาทำการศึกษา [4] โดยทำการศึกษาที่อัตราการเวียนน้ำเสียเท่ากับ 0 230 330 และ 430 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรระบบก๊าซชีวภาพ ซึ่งน้ำเสียที่ผ่านการคายก๊าซและอากาศที่ออกจากถังคายก๊าซจะนำวิเคราะห์ลักษณะสมบัติทางกายภาพและเคมีสำหรับการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ของน้ำเสียโดยอ้างอิงวิธีการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน [12] โดยตำแหน่งที่ทำการวัดแสดงดังรูปที่ 1 และพารามิเตอร์ต่างๆ แสดงดังตารางที่ 1 การทดลองจะดึงกากตะกอนออกทิ้ง 10 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำเสียเข้าระบบด้วยความถี่สัปดาห์ละ 2 ครั้ง ตลอดระยะเวลาทำการศึกษา

4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

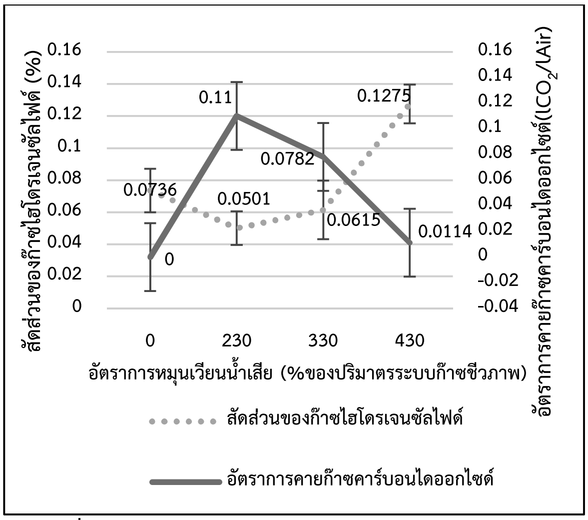
4.1 *อัตราการผลิตก๊าซมีเทนและสัดส่วนก๊าซมีเทน*

จากการศึกษาผลของอัตราการหมุนเวียนน้ำเสียจากถังหมักก๊าซชีวภาพผ่านถังคายก๊าซ พบว่าสัดส่วนของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้และอัตราการผลิตก๊าซมีเทนดังแสดงในรูปที่ 4 โดยข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นค่าเฉลี่ยเมื่อระบบก๊าซชีวภาพเข้าสู่ภาวะคงที่



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนก๊าซมีเทนและอัตราการผลิตก๊าซมีเทนต่ออัตราการหมุนเวียนน้ำเสีย

จากรูปที่ 4 แสดงให้เห็นว่าการทดลองมีแนวโน้มของอัตราการผลิตก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้นที่อัตราการเวียนน้ำเสียสูงขึ้นอาจเนื่องมาจากที่อัตราการเวียนน้ำเสียที่สูงส่งผลให้เกิดการสัมผัสของจุลินทรีย์ในถังหมักกับสารอินทรีย์ได้มากขึ้น จึงทำให้ระบบมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Bubpapung (2015) ที่ศึกษาการเพิ่มขึ้นของสัดส่วนมีเทนที่แหล่งกำเนิดโดยใช้น้ำเสียมูลไก่ไข่เป็นวัตถุดิบในการศึกษาพบว่าที่อัตราการเวียนที่สูงขึ้นส่งผลให้อัตราการผลิตก๊าซมีเทนสูงขึ้นเช่นกัน และจากการศึกษาสัดส่วนก๊าซมีเทนพบว่าการหมุนเวียนน้ำเสียเข้าสู่ระบบสามารถเพิ่มสัดส่วนก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพได้ โดยที่อัตราการหมุนเวียน 230 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรระบบก๊าซชีวภาพมีสัดส่วนก๊าซมีเทนสูงสุด คือ 70.98 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราหมุนเวียน 330 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรระบบก๊าซชีวภาพซึ่งมีสัดส่วนมีเทนลดลงเหลือ 69.02 เปอร์เซ็นต์ โดยจะเห็นได้ว่ามีค่าลดลงเพียงเล็กน้อย ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองนี้ต่างกับการศึกษาของ Boontawee & Koonaphapdeelert (2015) ที่ทำการศึกษาการเพิ่มขึ้นสัดส่วนของก๊าซมีเทนโดยใช้มูลไก่ไข่เป็นวัตถุดิบหลักจากผลการศึกษาพบว่าอัตราการหมุนเวียนน้ำเสียที่เพิ่มขึ้นสามารถเพิ่มสัดส่วนของก๊าซมีเทนได้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะสมบัติทางกายภาพของน้ำเสียโรงงานน้ำมันปาล์มมีของแข็งแขวนลอยสูงเมื่อทำการเวียนน้ำเสียที่อัตราสูงเกินไปจนเข้าใกล้ระบบที่มีการกวนแบบสมบูรณ จึงส่งผลให้เกิดการอุดตันของตะกอนของแข็งแขวนลอยที่หลุดปนออกไปกับน้ำออกระบบผลิตก๊าซชีวภาพและแทรกอยู่ระหว่างชั้นตัวกลางของถังคายก๊าซ ซึ่งสามารถสังเกตได้จากอัตราการคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงดังแสดงรูปที่ 5 จึงส่งผลให้ระบบการคายก๊าซมีประสิทธิภาพลดลงเมื่อมีอัตราการหมุนเวียนน้ำเสียที่สูงขึ้น



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และสัดส่วนของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่ออัตราการหมุนเวียนน้ำเสีย

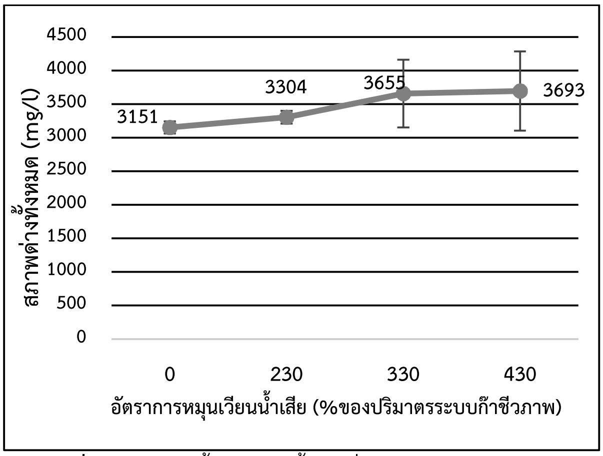
ในการศึกษาอัตราการเวียนน้ำเสียที่สภาวะต่างๆ ได้ทำการควบคุมอัตราการไหลของน้ำเสียเข้าสู่ถังคายก๊าซและอัตราการเป่าอากาศ (L/G ratio) เท่ากับ 2.92 ให้คงที่ตลอดระยะเวลาทำการศึกษา จากการพิจารณาอัตราการคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบกับอัตราการเป่าอากาศ ($lCO_2/lAir$) เพื่อประเมินความสามารถในการคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากน้ำเสียของแต่ละการทดลอง พบว่าการอุดตันของตะกอนของแข็งแขวนลอยที่หลุดปนออกไปและแทรกตัวระหว่างชั้นตัวกลางของถังคายก๊าซนั้นส่งผลให้เมื่อมีการเป่าอากาศเข้าไปทำให้อากาศไม่สัมผัสกับน้ำเสียที่ผ่านเข้าไปในถังคายก๊าซจึงไม่มีการเปลี่ยนรูปของกรดคาร์บอนิก และไบคาร์บอเนตในน้ำเสียเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์[13] ส่งผลให้อัตราการคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จึงน้อยลงที่อัตราการดังนั้นที่อัตราการเวียนน้ำเสีย 230 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรระบบก๊าซชีวภาพทำให้ระบบผลิตก๊าซชีวภาพสามารถเพิ่มสัดส่วนก๊าซมีเทนได้สูงขึ้นเนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถูกกำจัดในถังคายก๊าซได้มากที่สุด นอกจากถังคายก๊าซจะทำหน้าที่คายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แล้วนั้นยังพบผลพลอยได้อีกอย่างหนึ่งคือสามารถคายก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้อีกด้วย ซึ่งการหมักก๊าซชีวภาพในถังหมักก๊าซชีวภาพนั้นทำให้เกิดก๊าซไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบหนึ่งซึ่งเกิดจากการที่แบคทีเรียย่อยสลายซัลไฟด์ในสารอินทรีย์ เมื่อทำการเวียนน้ำเสียผ่านถังคายก๊าซทำให้ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ลดลงด้วย จากรูปที่ 5 พบว่าที่อัตราการหมุนเวียนน้ำเสีย 230 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรระบบก๊าซชีวภาพ มีสัดส่วนก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับอัตราการหมุนเวียนน้ำเสียอื่นๆ โดยการลดลงก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์นี้เป็นประโยชน์ต่อระบบก๊าซชีวภาพโดยช่วยลดการกัดกร่อนของอุปกรณ์ต่างๆภายในระบบก๊าซชีวภาพและช่วยลดการสึกหรอของเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าได้หากมีการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ [10]

4.2 สภาพด่างทั้งหมดและค่าพีเอช

พารามิเตอร์สำคัญในการวิเคราะห์น้ำเสียที่เกี่ยวข้องกับการคายก๊าซในถังคายก๊าซนั้นประกอบด้วย สภาพด่างทั้งหมดและค่าพีเอช โดยเมื่อมีการหมุนเวียนน้ำเสียที่ออกจากถังหมักก๊าซชีวภาพผ่านถังคายก๊าซจะส่งผลให้ลักษณะสมบัติทางเคมีของน้ำเสียมีการเปลี่ยนแปลง

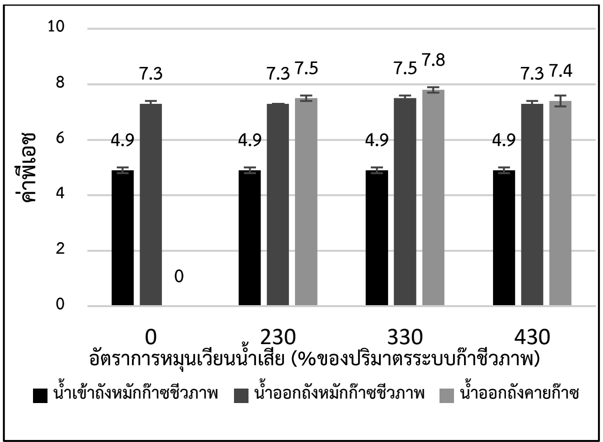
สภาพด่างทั้งหมดเป็นตัวถึงความสามารถในการต้านการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของน้ำเสียภายในถังหมักก๊าซชีวภาพแบบไม่ใช้อากาศโดยอยู่ในรูปของไบคาร์บอเนตทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ให้แก่ระบบ โดยมีหน้าที่ในการสะเทินคาร์บอนไดออกไซด์และกรดไขมันระเหยในระบบถังหมักก๊าซชีวภาพเพื่อปรับค่าพีเอชให้เป็นกลาง หากสภาพด่างไม่เพียงพอที่จะทำปฏิกิริยากับกรดไขมันระเหยทำให้ปริมาณกรดไขมันสะสมเพิ่มขึ้น ค่าพีเอชภายในถังหมักก๊าซชีวภาพมีค่าต่ำลงส่งผลให้จุลินทรีย์สร้างก๊าซมีเทนไม่สามารถทำงานได้ [13] โดยสภาพด่างทั้งหมดของน้ำเสียที่ออกจากถังหมักก๊าซชีวภาพแสดงดังรูปที่ 6 ซึ่งผลการทดลองพบว่าสภาพด่างอยู่ในช่วงปกติในทุกการทดลองโดยมีค่าอยู่ในช่วง 3,151 -3,655 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 6 สภาพด่างทั้งหมดของน้ำเสียที่ออกถังหมักก๊าซชีวภาพ

เนื่องจากในน้ำเสียโรงงงานน้ำมันปาล์มมีแอมโมเนียอยู่ทำให้เกิดสภาพด่างทั้งหมดได้ โดยสภาพด่างภายในถังหมักก๊าซชีวภาพแบบไม่ใช้อากาศได้มาจากเกลือของแอมโมเนีย คือ แอมโมเนียมไบคาร์บอเนต (NH_4HCO_3) และแอมโมเนียมอะซิเตท (CH_3COONH_4) เมื่อกระบวนการหมักแบบไม่ใช้อากาศเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์จากน้ำเสียโรงงานปาล์มได้ผลิตภัณฑ์แอมโมเนียมไบคาร์บอเนตทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์โดยจะลดความเป็นกรดจากกรดอินทรีย์ระเหยได้เป็นแอมโมเนียมอะซิเตท ซึ่งแอมโมเนียมอะซิเตทนี้ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์สร้างก๊าซมีเทนได้แอมโมเนียมไบคาร์บอเนตกลับคืนมา

ส่วนค่าพีเอชบอกถึงการทำงานของจุลินทรีย์ในระบบในการผลิตก๊าซชีวภาพโดยการหมักแบบไม่ใช้อากาศจุลินทรีย์ทำงานได้ดีในช่วงค่าพีเอช 6.8-7.4 หากมีการเวียนน้ำกลับเข้าสู่ถังหมักก๊าซชีวภาพที่ค่าพีเอชสูงอาจส่งผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในระบบผลิตชีวภาพได้โดยต้องควบคุมให้น้ำที่เวียนเข้าสู่ถังหมักก๊าซชีวภาพมีค่าพีเอชไม่เกิน 8.1 [9] โดยแสดงค่าพีเอชของน้ำเสียเข้าถังหมักก๊าซชีวภาพ น้ำออกถังหมักก๊าซชีวภาพและน้ำออกถังคายก๊าซดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ค่าพีเอชของน้ำเข้าและออกถังหมักก๊าซชีวภาพ และน้ำออกถังคายก๊าซ

จากรูปที่ 7 จะเห็นว่าค่าพีเอชน้ำเข้าถังหมักก๊าซชีวภาพซึ่งหมายถึงน้ำเสียเสียโรงงานน้ำมันปาล์มที่ยังไม่ได้เข้าสู่ระบบมีค่าคงที่ในช่วง 4.9 เมื่อเปรียบเทียบค่าพีเอชของน้ำออกถังหมักก๊าซชีวภาพและน้ำออกถังคายก๊าซ จะเห็นได้ว่าน้ำออกถังคายก๊าซมีค่าสูงกว่าน้ำเสียที่ออกจากถังหมักก๊าซชีวภาพซึ่งเป็นไปตามสมดุลระบบคาร์บอนิก เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายในน้ำเสียในรูปของไบคาร์บอเนตและคาร์บอนิกไหลผ่านถังคายก๊าซเมื่อสัมผัสอากาศในถังคายก๊าซทำให้อนุมูลคาร์บอนิกถูกไล่ออกจากน้ำเสียในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ส่งผลให้ค่าพีเอชในน้ำเสียที่ออกถังคายก๊าซมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าพีเอชน้ำเสียที่ออกจากถังหมักกาซชีวภาพมีค่าอยู่ในช่วงเท่ากับ 7.3 - 7.5 และค่าพีเอชน้ำออกถังคายก๊าซอยู่ในช่วง 7.4 - 7.8 หากค่าพีเอชมีความแปรผันไปจากช่วงดังกล่าวอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของ

จุลินทรีย์สร้างก๊าซมีเทน ซึ่งการศึกษานี้ไม่มีการควบคุมค่าพีเอชของระบบเนื่องจากใช้น้ำเสียจริงตลอดระยะเวลาทำการทดลอง จะเห็นว่าการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียโรงงานน้ำมันปาล์มสามารถรักษาค่าพีเอชที่เหมาะสมได้

5. สรุปผลการทดลอง

จากผลการศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียโรงงานน้ำมันปาล์มที่อัตราการเวียนน้ำเสียเท่ากับ 0 230 330 และ 430 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรระบบก๊าซชีวภาพ พบว่าระบบมีอัตราการผลิตก๊าซมีเทนเท่ากับ 0.451±0.190 0.482±0.083 และ 0.518±0.333 ลูกบาศก์เมตรมาตรฐานต่อกิโลกรัมของแข็งระเหยที่ป้อนตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อมีการเวียนน้ำที่อัตราที่สูงขึ้นส่งผลให้อัตราการผลิตก๊าซมีเทนมีแนวโน้มสูงขึ้นเช่นกัน และสามารถผลิตก๊าซชีวภาพที่มีสัดส่วนก๊าซมีเทนเท่ากับ 66.1±1.9 71.0±6.2 69.0±2.2 และ 59.6±1.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้นการหมุนเวียนน้ำเสียเข้าสู่ระบบสามารถเพิ่มสัดส่วนก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ แต่ที่อัตราการเวียนน้ำเสียที่สูงเกินไปถึง 430 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรระบบก๊าซชีวภาพ อาจมีผลกระทบต่อสัดส่วนก๊าซมีเทนในระบบให้ลดลงได้ โดยที่อัตราการเวียนน้ำเสีย 230 330 และ 430 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรระบบก๊าซชีวภาพ มีอัตราการก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.111±0.017 0.078±0.041 และ 0.081±0.010 ลิตรก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อลิตรอากาศ จากผลการทดลองดังกล่าวจะเห็นได้ว่าที่อัตราการเวียนน้ำเสีย 230 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรระบบก๊าซชีวภาพเป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการเพิ่มสัดส่วนของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ ซึ่งสามารถเพิ่มสัดส่วนความเข้มข้นของก๊าซมีเทนได้มากขึ้น 7.4 เปอร์เซ็นต์ และสามารถลดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้ 31.9 เปอร์เซ็นต์ โดยมีการสูญก๊าซมีเทนเท่ากับ 5.9 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามระบบการผลิตก๊าซชีวภาพโดยเวียนน้ำเสียโรงงานน้ำมันปาล์มผ่านถังคายก๊าซทำให้เพิ่มสัดส่วนของก๊าซมีเทนแต่คุณภาพของก๊าซยังไม่เหมาะสมหากนำไปใช้กับยานยนต์แต่สามารถนำไปใช้ทดแทนความร้อนภายในโรงงานได้

6. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณ กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานนโยบายและแผนกระทรวงพลังงาน ศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านพลังงานมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และ สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย วัสดุอุปกรณ์ สถานที่ และอำนวยความสะดวกในการทดลองวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Department of Alternative Energy Development and Efficiency. (2015). Alternative Energy Development Plan :AEDP2015, Report, Ministry of Energy. (In Thai)

[2] Ministry of Energy [Online], Available : http://biogas . dede.go.th/biogas/web_biogas/ [2017, 8 March] (In Thai)

[3] Nordberg, A., Edstrom, M., Uusi-Pentilla, M. & Rasmuson, A. (2012). Selective Desorption of Carbon Dioxide from Sewage Sludge for In-situ Methane Enrichment :Enrichments in Pilot Scale. Biomass and Bioenergy, 37, 196 – 204.

[4] Energy Research and Development Institute – Nakornping Chiang Mai University. (2016). In-situ Methane Enrichment, Report. Energy Policy and Planning Office: Ministry of Energy,32-38. (In Thai)

[5] Bubpapung, J. (2015). In-situ Biomethane Enrichment by Effluent Recirculation from Stripping Column. Master of Engineering Program in Environmental Engineering Thesis, Chiang Mai University. (In Thai)

[6] Thanompongchart, P. (2009). Separation of carbon dioxide from biogas using liquid absorption in a packed column. Master of Engineering Program in Mechanical Engineering Thesis, Chiang Mai University. (In Thai)

[7] Lindberg, A. & Rasmuson, A. (2006). Selective desorption of Carbon Dioxide from sewage sludge for In Situ Methane Enrichment – Part I: Pilot – Plant Experiments. Wiley InterScience, 95, 794 – 830.

[8] O'Keefe, D. M., Brigmon, R. L., & Chynoweth,D. P. (2000). Influence of Methane Enrichment by Aeration of Recirculated Supernatant on Microbial Activities During Anaerobic Digestion. Bioresource Technology, 71(3), 217-224.

[9] Richards, B. K., Herndon, H. G., Jewell, W.J., Cummings, R. J., & White, T.E. (1994). In Situ Methane Enrichment in Methanogenic Energy Crop Digesters. Biomass and Bioenergy, 6, 275-282.

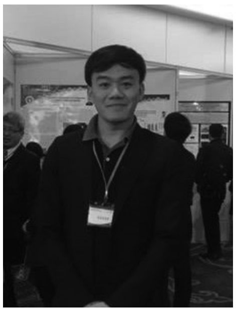
[10] Boontawee, S. & Koonaphapdeelert, S. (2015). In-situ Biomethane Enrichment by Recirculation of Biogas Channel Digester Effluent Using Gas Stripping Column. Energy Procedia, 89, 78 – 84.

[11] Energy Research and Development Institute – Nakornping Chiang Mai University [online], Available: http://www.erdi.Cmu.ac.th/index.php/services/view?pid=*1* [2017, 10 March] (InThai)

[12] APHA-AWWA-WPCF. (1992). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington D.C. USA. : American Public Health Association

[13] Metcalf & Eddy, Inc. (2003). Wastewater Engineering : Treat and Reuse. 4th / revised by George Tchobanoglous. Boston USA.

8. ประวัติ



นาย จีระศักดิ์ หลงมะลิ
นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ผศ.ดร. พฤกษ์ อักกะรังสี
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่