

การพัฒนาอุปกรณ์ปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพระดับชุมชน

Development of Biogas Quality Upgrading Equipment for Community

ปฎิพัทธ์ ถนอมพงษ์ชาติ^{1*} จันลดา เจริญสุข² พรเพชร เขียวจันทร์แสง³ สร้างศิลป์ ชูภู⁴ และภคมน ปินตานา⁵^{1,2,3,4} วิศวกรรมการจัดการพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์⁵ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้Patipat Thanompongchart^{1*} Junlada Jareonsuk² Pronphet Khiaojsang³Sangsil Chuphu⁴ and Pakamon Pintana⁵^{1, 2, 3, 4} Energy Management Engineering, Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University⁵ Energy Conservation Engineering, School of Renewable Energy, Maejo University

*Email: patipat.than@uru.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและทดสอบระบบปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพโดยมีวิธีการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ โดยมีการออกแบบอุปกรณ์ดักจับก๊าซไฮโดรเจนไดออกไซด์และความชื้น โดยใช้สนิมเหล็กและถ่านกัมมันต์บรรจุในคอลัมน์และต่อให้ก๊าซชีวภาพไหลผ่านแบบอนุกรม ทำการทดลอง 3 วัน วันละ 3 ครั้ง เวลาในการตรวจวัด 3 ช่วงเวลา คือ เช้า 07:00 นาฬิกา บ่าย 13:00 นาฬิกา เย็น 19:00 นาฬิกา โดยวัดอุณหภูมิ ความชื้น อัตราการไหล ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และก๊าซมีเทน จากการทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ พบว่า สามารถกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้ 100% และมีประสิทธิภาพในการลดความชื้นได้ 46.90% ที่ปริมาณถ่านกัมมันต์จาก 0.5 กิโลกรัม จากนั้นเพิ่มปริมาณถ่านกัมมันต์เป็น 1 กิโลกรัม และ 2 กิโลกรัม พบว่า มีประสิทธิภาพการลดความชื้นเพิ่มขึ้น โดยถ่านกัมมันต์สามารถดักจับความชื้นได้ดีในช่วงแรกเมื่อเวลาผ่านไป ความสามารถในการดักจับความชื้นจะลดลงอย่างรวดเร็ว จึงเหมาะสำหรับนำไปใช้ในครัวเรือนที่มีการหุงต้มอาหาร ซึ่งใช้เวลาไม่นาน

คำสำคัญ: ก๊าซชีวภาพ, ถ่านกัมมันต์, สนิมเหล็ก, ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

Abstract

The objective of this study is to establish and to test the biogas quality improvement system. In order to improve the quality of biogas, the defector is designed for detection the hydrogen and the humidity by using rusted steel and activated charcoal. Three times test a day for three days are collected at 7:00 in the morning, 1:00 in the afternoon and 7:00 in the evening. The measurement factors include temperature, moisture content, biogas flow rate, hydrogen sulfide content, and methane content. The results found that the efficiency of

0.5 kg activated charcoal can be eliminated 100 percent for hydrogen sulfide and 46.90 percent of moisture content. The increasing of the amount of charcoal from 0.5 kg to 1 kg and 2 kg shows that the performance of moisture content reduction is increased. Also, the activated charcoal is able to trap moisture well through the time and rapidly decrease later. Therefore, it is suitable to apply in short time cooking households.

Keyword: Biogas, Activated Carbon, Iron Rust Powder, Sulfur Dioxide Gas

1. บทนำ

ก๊าซชีวภาพ (Biogas) คือ ก๊าซที่เกิดจากการที่แบคทีเรียทำปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศหรือออกซิเจน (Anaerobic Bacteria) ซึ่งสารอินทรีย์ที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตนั้นมาจากหลายแหล่ง เช่น น้ำเสีย เศษอาหาร มูลสัตว์ เศษวัสดุทางการเกษตรหรือแม้แต่ น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ นอกจากนี้ปัจจุบันในประเทศไทยมีของเสียและน้ำเสียจากกระบวนการผลิตต่างๆ หรือจากกิจกรรมในชีวิตประจำวัน แม้แต่ในระดับชุมชนซึ่งมาจากมูลสัตว์ในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ น้ำเสีย เศษอาหาร เศษผักและผลไม้ต่างๆ เศษวัสดุทางการเกษตร ฯลฯ ซึ่งมีปริมาณมากพอในการผลิตก๊าซชีวภาพ ก๊าซชีวภาพประกอบไปด้วย ก๊าซมีเทน (CH_4) ประมาณ 50-70% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประมาณ 30-50% และก๊าซอื่นๆ อีก เช่น แอมโมเนีย (NH_3) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และไอน้ำ (H_2O) (กระทรวงพลังงาน, 2560) ซึ่งมีคุณสมบัติติดไฟได้ง่าย จึงสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหุงต้มได้ ก๊าซชีวภาพนั้นยังมีผลเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตอยู่ ซึ่งเกิดจากสารประกอบบางอย่างที่ออกมาจากกระบวนการผลิต คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และไอน้ำหรือความชื้น ซึ่งส่วนประกอบของก๊าซเหล่านี้ส่งผลเสียต่อกระบวนการผลิต คือ ทำให้อุปกรณ์หรือเครื่องมือเกิดการสึกหรอ มีการอุดตันภายในท่อของระบบและเกิดการกัดกร่อนวัสดุ ทำให้อุปกรณ์เกิดการเสียหาย จึงมีการคิดระบบบำบัดก๊าซชีวภาพขึ้นเพื่อกำจัดก๊าซที่ออกมาจากกระบวนการผลิตเหล่านี้ออกไป เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพและลดปัญหาการสึกกร่อนของอุปกรณ์ (Clean Technology, 2559) โดยวิธีการบำบัดส่วนใหญ่ที่นิยมเลือกใช้คือ เทคนิคการดูดซับด้วยสารละลายต่าง เช่น สารละลายปูนขาว สารละลาย NaOH และอื่นๆ (Kapdi, S. S. et.al., 2005) สำหรับงานวิจัยนี้ได้ใช้เทคนิคการปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพผลิตก๊าซชีวภาพในระดับชุมชนที่สามารถทำได้ง่าย วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้หาไม่ยาก ขั้นตอนไม่ยุ่งยาก ดูแลรักษาง่าย มีประสิทธิภาพมากพอในการบำบัดและมีราคาถูก โดยได้พิจารณาการนำผงสนิมเหล็กและถ่านกัมมันต์มาใช้ร่วมกันในการปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพและความเหมาะสมต่อการนำมาใช้ประโยชน์ในด้านการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และความชื้นในก๊าซชีวภาพ สำหรับการนำมาใช้ประโยชน์ในระดับชุมชนต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 2.1 เพื่อสร้างและทดสอบอุปกรณ์ปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพต้นแบบสำหรับชุมชน
- 2.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดก๊าซชีวภาพโดยใช้สนิมเหล็กและถ่านกัมมันต์ร่วมกัน

3. ขอบเขตของการศึกษา

- 3.1 ก๊าซชีวภาพที่ใช้ในการทดลอง ใช้ก๊าซชีวภาพที่ผลิตในชุมชนเป็นหลัก
- 3.2 วัสดุที่นำมาใช้สำหรับบำบัดก๊าซชีวภาพคือ ผงสนิมเหล็กอัดเม็ดและถ่านกัมมันต์
- 3.3 ระบบบำบัดก๊าซชีวภาพที่พัฒนาขึ้นเป็นต้นแบบ ขนาดห้องปฏิบัติการ

4. วิธีการวิจัย

4.1 การออกแบบโครงสร้างระบบบำบัดก๊าซชีวภาพ

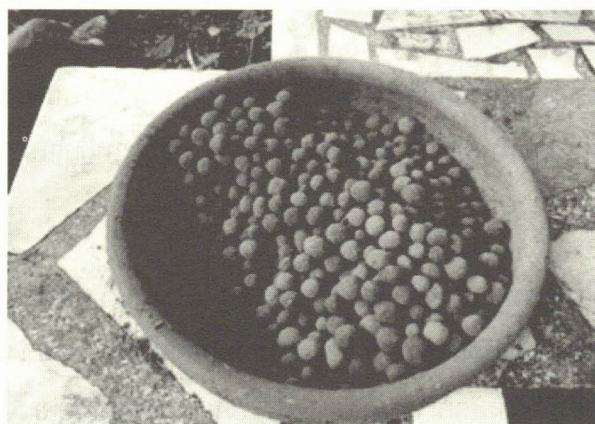
หลักการออกแบบชุดพัฒนาอุปกรณ์ปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพระดับชุมชน มีการต่อยอดชุดกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพ โดยอุปกรณ์หลักที่ใช้คือ ท่อ PVC ซึ่งเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายและเหมาะสมกับชุมชน ซึ่งประกอบไปด้วยคอลัมน์สนิมเหล็ก และคอลัมน์ถ่านกัมมันต์ ต่ออนุกรมกันโดยมีก๊าซชีวภาพไหลเข้าทางด้านล่างและไหลออกทางด้านบนของคอลัมน์

4.2 ตัวแปรที่นำมาใช้ในการทดลอง

- 4.2.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ ถ่านกัมมันต์ และผงสนิมเหล็ก แสดงดังภาพที่ 1 และภาพที่ 2
- 4.2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และ ความชื้นในก๊าซชีวภาพในตำแหน่งตรวจวัดต่างๆ



ภาพที่ 1 แสดงภาพถ่านกัมมันต์



ภาพที่ 2 แสดงภาพสนิมเหล็ก

4.2.3 ตัวแปรควบคุม ได้แก่ ค่าพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์จะมีค่าประมาณ 600-1,000 ตารางเมตร ต่อกรัม (อภิสสิษฐ์ คงสะเสน, 2560) ปริมาณผงถ่านกัมมันต์และสนิมเหล็กที่บรรจุอยู่ในคอลัมน์สำหรับปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ

4.3 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

4.3.1 เครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา ยี่ห้อ Geotech รุ่น Biogas Check 5000 วัดค่า ก๊าซออกซิเจน (O_2) มีเทน (CH_4) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)

4.3.2 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เป็นการวัดปริมาณไอน้ำในอากาศเทียบกับปริมาณไอน้ำสูงสุดที่อากาศจะแบกรับได้ มีหน่วยเป็น % RH ยี่ห้อ Fluke รุ่น 971

4.3.3 เครื่องวัดอัตราการไหลของก๊าซ (Gas Flow) เป็นเครื่องวัดการไหลของก๊าซที่สามารถวัดปริมาณความหนาแน่นของก๊าซ ยี่ห้อ Fluke รุ่น 922

4.4.4 ชุดอุปกรณ์ปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ แสดงในภาพที่ 3 ซึ่งมีลักษณะการออกแบบเป็นคอลัมน์สำหรับบรรจุถ่านกัมมันต์และผงสนิมเหล็ก โดยปลายสุดของท่อก่อนการนำไปใช้ประโยชน์ได้ออกแบบเป็นท่อหมุนวนไว้สำหรับดักน้ำที่ควบแน่นออกมาไม่ให้หลุดไปกับก๊าซ

4.4 ลำดับขั้นตอนการทดสอบ

4.4.1 ตรวจวัดอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมและองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพจากบ่อหมัก เพื่อทดสอบหาช่วงเวลาที่เหมาะสม โดยทดลองเวลา 07:00 นาฬิกา 13:00 นาฬิกา และ 19:00 นาฬิกา

4.4.2 พัฒนาชุดอุปกรณ์ปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพแบบคอลัมน์ที่สามารถลดปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และความชื้นได้

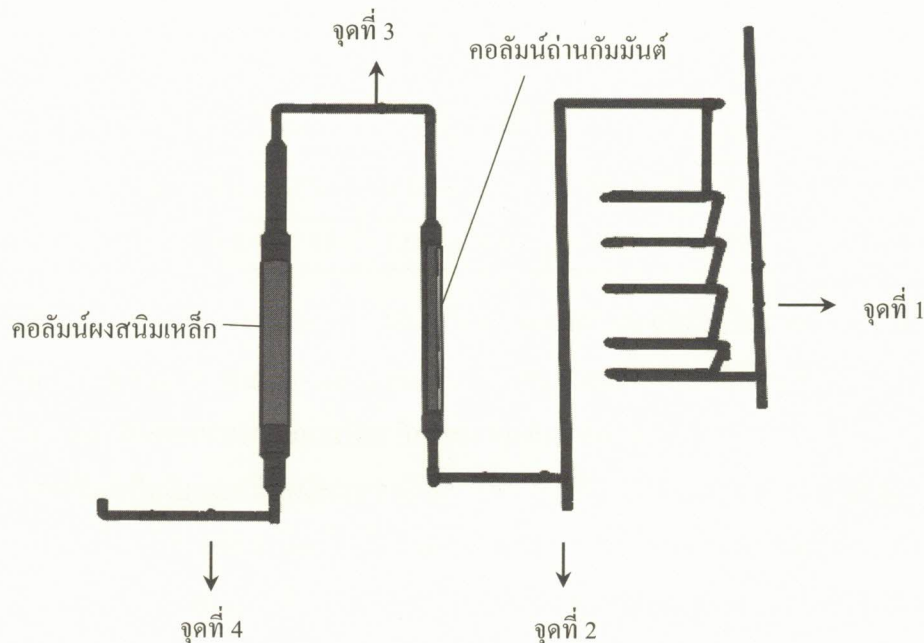
4.4.3 ติดตั้งอุปกรณ์ปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพระดับครัวเรือนเข้ากับท่อส่งก๊าซชีวภาพจากบ่อหมัก

4.4.4 ทำการตรวจวัดองค์ประกอบก๊าซชีวภาพ ณ จุดที่ 1 ใช้เวลาในการวัด 5 นาที จากนั้นทำการอ่านค่าและบันทึกผล

4.4.5 ทำการตรวจวัด อุณหภูมิ และความชื้น โดยรอให้ค่าคงที่ประมาณ 5 นาที จากนั้นอ่านค่าและบันทึกผล และทำการตรวจวัดในจุดที่ 2 จุดที่ 3 และจุดที่ 4 ตามลำดับ

4.4.6 ปรับปริมาณการใช้ผงสนิมเหล็กและถ่านกัมมันต์ในการปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ

4.4.7 วิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ และสรุปผล



ภาพที่ 3 แสดงภาพจุดวัดชุดพัฒนาอุปกรณ์ปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพระดับชุมชน

5. ผลการวิจัยและอภิปราย

5.1 การหาเวลาที่เหมาะสมในการทดสอบ

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบหาเวลาในการหาประสิทธิภาพของอุปกรณ์ปรับปรุงคุณภาพก๊าซ เพื่อหาเวลาที่มีก๊าซความชื้นสูง โดยเลือกตรวจวัด 3 ช่วงเวลา คือ 07:00 นาฬิกา 13:00 นาฬิกา และ 19:00 นาฬิกา โดยการตรวจวัดในแต่ละเวลาจะตรวจวัด 3 ครั้ง จากตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยจากการตรวจวัดก๊าซทั้ง 3 ช่วงเวลา จะเห็นว่า ในแต่ละช่วงเวลามีอุณหภูมิและความเข้มข้นของก๊าซที่แตกต่างกัน โดยพิจารณาจากเวลาที่มีค่าความชื้น (H_2O) และค่าไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) สูงสุด นั่นคือ ช่วงบ่าย เวลา 13:00 นาฬิกา ดังนั้น เวลาที่เหมาะสมในการทดสอบประสิทธิภาพของระบบปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ คือ ช่วงเวลา 13:00 นาฬิกา

ตารางที่ 1 แสดงตารางค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัดใน 3 ช่วงเวลา

เวลา (นาฬิกา)	อุณหภูมิ สิ่งแวดล้อม เฉลี่ย $\pm$ S.D.	ก๊าซชีวภาพก่อนเข้าระบบบำบัด					
		ความเร็ว	อัตราการไหล	H ₂ S เฉลี่ย $\pm$ S.D.	CH ₄ เฉลี่ย $\pm$ S.D.	H ₂ O เฉลี่ย $\pm$ S.D.	อุณหภูมิ ก๊าซชีวภาพ เฉลี่ย $\pm$ S.D.
		(m/s)	(m ³ /s)	(ppm)	(%)	(%)	(C)
07:00	23.7 $\pm$ 0.5	3.52	0.105	558.9 $\pm$ 28.1	38.93 $\pm$ 6.0	81.26 $\pm$ 2.6	24.38 $\pm$ 1.1
13:00	31.7 $\pm$ 0.5	1.89	0.056	782.2 $\pm$ 69.2	62.72 $\pm$ 1.5	88.9 $\pm$ 1.2	32.3 $\pm$ 0.6
19:00	26.4 $\pm$ 0.9	1.21	0.036	776.7 $\pm$ 103.1	63.19 $\pm$ 3.1	80.27 $\pm$ 2.8	26.9 $\pm$ 0.5

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยที่ได้จากการตรวจสอบในแต่ละจุด จะเห็นว่าอัตราการไหลจากการตรวจวัดจากจุดที่ 1 คือ ก่อนเข้าระบบมีอัตราการไหล 0.096 m³/s และเมื่อก๊าซเดินทางไปยังจุดที่ 2 คือ ก๊าซผ่านเข้าระบบแล้วเหลือเพียง 0.070 m³/s เนื่องจากการเดินทางของก๊าซมีระยะทางจากบ่อหมักถึงชุดบำบัดค่อนข้างไกลและก๊าซยังต้องเดินทางผ่านชุดตกความชื้น ทำให้การมีอัตราการไหลช้าและเมื่อก๊าซเดินทางไปยังจุดที่ 3 ผ่านคอลัมน์สนิมเหล็กแล้วมีอัตราการไหล 0.062 m³/s และเมื่อก๊าซผ่านจุดที่ 4 โดยต้องเดินทางผ่านถ่านกัมมันต์ที่เป็นแบบเกล็ด มีความหนาแน่นสูง ทำให้อัตราการไหลเหลือเพียง 0.054 m³/s นอกจากนี้จะเห็นว่าองค์ประกอบของก๊าซมีความแตกต่างกันด้วยคือ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H₂S) และ ความชื้น (H₂O) จากจุดที่ 1 ที่มีค่าความชื้นเฉลี่ยอยู่ที่ 90.2% เมื่อผ่านมายังจุดที่ 2 มีค่าลดลง เนื่องจากสนิมเหล็กอาจจับความชื้นได้บางส่วนและเมื่อถึงจุดที่ 4 ผ่านคอลัมน์ถ่านกัมมันต์แล้ว ค่าความชื้นเหลือเพียง 47.9% เนื่องจากถ่านกัมมันต์มีลักษณะโครงสร้างรูพรุนสูง สามารถดักจับความชื้นได้ดี

ตารางที่ 2 แสดงตารางค่าเฉลี่ยที่ได้จากการตรวจสอบแต่ละจุด

จุดตรวจวัด	อุณหภูมิ สิ่งแวดล้อม	ความเร็ว เฉลี่ย $\pm$ S.D.	อัตราการไหล เฉลี่ย $\pm$ S.D.	H ₂ S (ppm) เฉลี่ย	H ₂ O (%) เฉลี่ย $\pm$ S.D.	อุณหภูมิก๊าซ ชีวภาพ
	°C	m/s	m ³ /s	ppm	%	°C
1	33.5	3.24 $\pm$ 0.043	0.096 $\pm$ 0.002	782.2	90.2 $\pm$ 1.35	33.9
2	33.4	2.35 $\pm$ 0.062	0.070 $\pm$ 0.005	796.7	89.6 $\pm$ 1.65	33.5
3	33.5	2.10 $\pm$ 0.056	0.062 $\pm$ 0.004	0	84.2 $\pm$ 0.95	33.7
4	33.5	1.81 $\pm$ 0.072	0.054 $\pm$ 0.002	0	47.9 $\pm$ 0.65	33.9

5.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของค่าความชื้น

การใช้ผงสนิมเหล็กสามารถกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ได้ 100% จึงไม่ทำการปรับปริมาณการใช้ผงสนิมเหล็กอีก โดยในการทดลองใช้ผงสนิมเหล็กในคอลัมน์ทั้งหมด 2.5 kg. คิดเป็นสัดส่วนต่ออัตราการไหล 26 kg.s/m^3 สำหรับในส่วนของการกำจัดความชื้น ซึ่งยังไม่สามารถปรับลดได้เท่าที่ควร จึงทำการปรับปริมาณการใช้ถ่านกัมมันต์ร่วมเข้าไป

การหาประสิทธิภาพการลดลงของความชื้น อธิบายด้วยสมการที่ 1 (Tippayawong, N., Thanompongchart, P., 2010)

$$\eta = \frac{\text{Mositure}_{in} - \text{Mositure}_{out}}{\text{Mositure}_{in}} \times 100\% \quad (1)$$

โดย Mositure_{out} คือ ความชื้นของก๊าซที่ผ่านระบบบำบัดจากชุดอุปกรณ์บำบัดก๊าซแล้ว

Mositure_{in} คือ ความชื้นของก๊าซที่ออกจากบ่อหมักก่อนได้รับการบำบัดจากชุดบำบัด

การหาประสิทธิภาพจะหาจากค่าก๊าซชีวภาพที่ออกจากระบบปรับปรุง คือ ค่าจากตารางทดสอบประสิทธิภาพ ส่วนก๊าซชีวภาพที่ไหลเข้าระบบปรับปรุงจะใช้ค่าจากตารางในการเลือกเวลาและใช้เวลา 13:00 นาฬิกา ในการมาคำนวณ โดยจะแสดงรายละเอียดองค์ประกอบของก๊าซ เมื่อผ่านชุดบำบัดก๊าซแล้วออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)

ประสิทธิภาพในการปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ พิจารณาเมื่อผ่านจุดตรวจวัดแต่ละจุด แสดงในตารางที่ 3 จะเห็นว่า จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 2 คือ จากจุดเริ่มต้นหรือก่อนเข้าระบบผ่านชุดดักความชื้น สามารถดักจับความชื้นได้ 0.66% จากจุดที่ 2 ไปจุดที่ 3 คือ จากจุดที่ก๊าซไหลจากชุดดักความชื้นผ่านคอลัมน์สนิมเหล็ก สามารถดักจับความชื้นได้ 6.02% จากจุดที่ 3 ไปจุดที่ 4 คือ จากจุดที่ก๊าซไหลจากคอลัมน์สนิมเหล็กผ่านคอลัมน์ถ่านกัมมันต์ สามารถดักจับความชื้นได้ 43.11% และจากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 4 คือ จากก่อนเข้าระบบบำบัด จนถึงจุดที่ออกจากระบบปรับปรุงคุณภาพ หรือเมื่อผ่านระบบบำบัดแล้ว สามารถดักจับความชื้นได้ 46.90% จากการใช้ถ่านกัมมันต์ 0.5 กิโลกรัม แสดงข้อมูลการลดลงของความชื้นในตารางที่ 3 ณ จุดต่างๆ โดยเมื่อสนิมเหล็กดูดซับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์แล้วจะเปลี่ยนสีจากสีแดงเป็นสีดำ เมื่อผงสนิมเหล็กดูดซับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จนอิ่มตัวแล้วจะต้องมีการเปลี่ยนผงสนิมเหล็กใหม่มาทดแทน และนำผงสนิมเหล็กที่อิ่มตัวด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไปฟื้นฟูสภาพ (Regenerate) ด้วยการนำไปตากแดดจนสีของสนิมเหล็กเปลี่ยนจากสีดำเป็นสีแดงเหมือนเดิม และนำกลับมาใช้ใหม่ได้ (เจษฎา มิ่งฉาย, 2558)

ประสิทธิภาพในการดักจับความชื้นต่อปริมาณการใช้ถ่านกัมมันต์ตามระยะเวลาในการทดสอบจะเห็นว่าที่ปริมาณถ่านกัมมันต์ 0.5 กิโลกรัม มีประสิทธิภาพการดักจับความชื้นเริ่มต้นในนาที่ที่ 1 อยู่ที่ 43.71% จากนั้นเมื่อเวลาผ่านไป 15 นาที ประสิทธิภาพการดักจับความชื้นค่อนข้างคงที่ นั่นคือ ถ่านสามารถดักจับความชื้นได้ดี เนื่องจากก๊าซสามารถไหลผ่านได้สะดวก เมื่อเพิ่มปริมาณถ่านกัมมันต์เป็น 1 กิโลกรัม ค่าการดัก

จับความชื้นในนาที่ที่ 1 อยู่ที่ 58.67% เมื่อเทียบกับตอนใช้ถ่านกัมมันต์ในปริมาณ 0.5 กิโลกรัม จะมีประสิทธิภาพการดักจับความชื้นได้น้อยลงและเมื่อเวลาผ่านไป 15 นาที จะเห็นว่าความสามารถในการดักจับความชื้นลดลงเรื่อยๆ เนื่องจากก๊าซไหลผ่านได้ยากขึ้น เมื่อผ่านไปได้ระยะหนึ่งแล้วสามารถไหลผ่านได้จึงทำให้สามารถลดความชื้นได้เพิ่มขึ้น และที่ปริมาณถ่านกัมมันต์ที่ 2 กิโลกรัม ประสิทธิภาพในการดักจับความชื้นอยู่ที่ 63.74% ซึ่งลดลง และเมื่อผ่านไป 15 นาที ความสามารถในการดักจับความชื้นลดลงเรื่อยๆ เนื่องจากก๊าซเดินทางผ่านถ่านได้ยากมากขึ้น มีที่ว่างน้อยมาก ทำให้ก๊าซมีการถูกกักหรือติดอยู่บริเวณใดบริเวณหนึ่ง ทำให้ถ่านอุ้มความชื้นไว้มากขึ้น และเมื่อก๊าซบางส่วนสามารถเดินทางไหลผ่านถ่านมาได้ ก็มีความชื้นลดลงเกือบเทียบเท่าตอนใช้ถ่านกัมมันต์ในปริมาณ 0.5 กิโลกรัม แสดงในกราฟที่ 1 ซึ่งจากกราฟแสดงให้เห็นว่าในช่วงแรกสามารถดักจับความชื้นได้ดี แต่เมื่อเวลาผ่านไประยะเวลาหนึ่ง ความสามารถในการดักจับความชื้นของถ่านก็ลดลง เกิดจากหลายปัจจัย เช่น ก๊าซเดินทางผ่านถ่านได้ไม่สะดวก ถ่านมีความละเอียดสูง มีลักษณะเป็นเกล็ด มีช่องว่างในการให้ก๊าซไหลผ่านน้อยมาก หรือใส่ Bio-Ball น้อยเกินไป (Thanompongchart, P., Tippayawong, N., 2009) ทำให้ก๊าซถูกกักอยู่ในคอลัมน์และอุ้มความชื้นไว้มาก และไม่รุกรุ่นในการดักความชื้นมากพอ ทำให้ความสามารถในการดักจับความชื้นลดลง มีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมคือ อาจมีการออกแบบรูปแบบภายในคอลัมน์ใหม่ ให้ก๊าซสามารถไหลผ่านได้สะดวกขึ้น จะช่วยให้ก๊าซไม่ถูกกักและถ่านไม่อุ้มความชื้น ถ่านจึงจะสามารถดักจับความชื้นได้ดีขึ้น

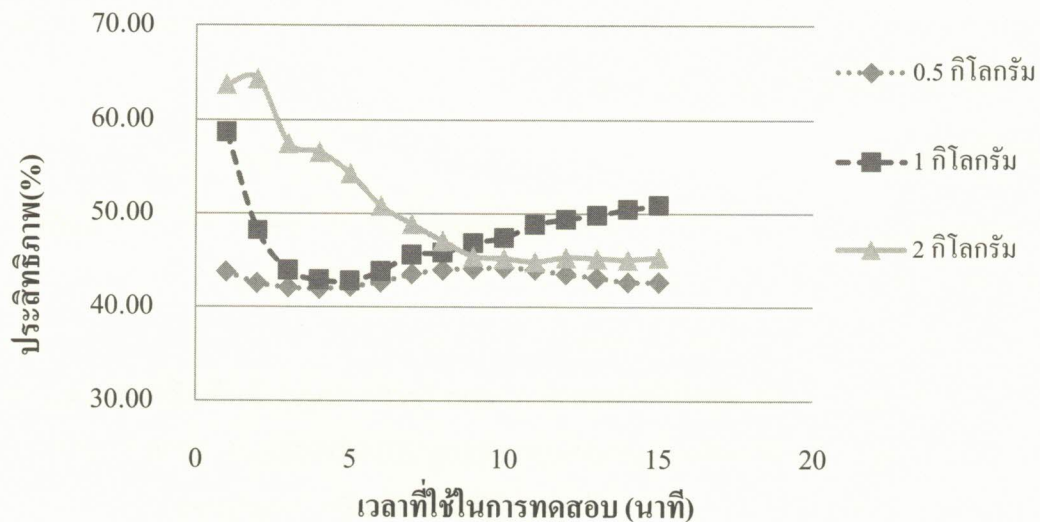
ตารางที่ 3 แสดงตารางประสิทธิภาพในการลดความชื้น

ตำแหน่งการวัดค่า	ประสิทธิภาพในการลดความชื้น (%)
จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 2	0.66
จากจุดที่ 2 ไปจุดที่ 3 (ผ่านคอลัมน์สนิมเหล็ก)	6.02
จากจุดที่ 3 ไปจุดที่ 4 (ผ่านคอลัมน์ถ่านกัมมันต์ 0.5 กิโลกรัม)	43.11
จากจุดที่ 1 เริ่มต้น จนถึงจุดที่ 4	46.90

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยค่าความชื้นของก๊าซ โดยปริมาณถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการตั้งต้น คือ 0.5 กิโลกรัม สามารถวัดค่าความชื้นได้ 47.9% จากก๊าซขาเข้า 84.2% คือ ถ่านกัมมันต์สามารถดักความชื้นได้ 46.90% จากนั้นจึงทำการเพิ่มปริมาณถ่านกัมมันต์เป็น 1 กิโลกรัม วัดปริมาณความชื้นได้ 45.0% คือ ถ่านกัมมันต์สามารถกำจัดความชื้นได้ 47.6 และเมื่อเพิ่มถ่านกัมมันต์เป็น 2 กิโลกรัม ตรวจวัดความชื้นได้ 42.7% คือ ถ่านกัมมันต์สามารถลดความชื้นได้ 50.61% โดยเมื่อเพิ่มปริมาณถ่านกัมมันต์แล้ว ถ่านกัมมันต์สามารถดักจับความชื้นได้ดีขึ้นเนื่องจากถ่านกัมมันต์มากขึ้น จึงมีรุกรุ่นในการดักจับความชื้นมากขึ้นในขณะเดียวกัน อัตราการไหลลดลงเรื่อยๆ เมื่อเพิ่มถ่านกัมมันต์ เนื่องจากถ่านมีความละเอียด มีลักษณะเป็นเกล็ด ทำให้ก๊าซเดินทางผ่านได้ยาก จึงมีอัตราการไหลน้อยมาก หากต้องการให้ถ่านกัมมันต์สามารถดักจับความชื้นได้ดีขึ้น สามารถ

เพิ่มปริมาณถ่านกัมมันต์ขึ้น แต่ควรออกแบบพื้นที่ในคอลัมน์ให้มากขึ้นหรือเพิ่มปริมาณช่องว่างในคอลัมน์ให้ก๊าซสามารถไหลได้สะดวกขึ้น

ชุดปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพที่สร้างขึ้นมีต้นทุนในการสร้าง 350 บาท และถ่านกัมมันต์ที่ใช้ผสมนิมเหล็ก สามารถหาได้ตามท้องถิ่น ราคาไม่แพง จึงทำให้ระบบปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพที่สร้างขึ้นมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ มีความน่าลงทุนในการพัฒนาต่อยอดให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นต่อไป



กราฟที่ 1 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพในการดักจับความชื้นของการใช้ปริมาณถ่านกัมมันต์ต่อเวลา

ตารางที่ 4 แสดงตารางค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลองหาปริมาณถ่านกัมมันต์

ปริมาณ ถ่านกัมมันต์ (กิโลกรัม)	ก๊าซเข้า (H ₂ O)	ความเร็วลม เฉลี่ย $\pm$ S.D (m/s)	อัตราการไหล เฉลี่ย $\pm$ S.D (m ³ /s)	H ₂ O เฉลี่ย $\pm$ S.D (%RH)	ประสิทธิภาพ (%)
0.5	84.2	1.81 $\pm$ 0.072	0.054 $\pm$ 0.002	47.9 $\pm$ 0.657	46.90
1	85.9	1.31 $\pm$ 0.320	0.039 $\pm$ 0.010	45.0 $\pm$ 3.514	47.6
2	86.6	45.0 $\pm$ 3.514	0.022 $\pm$ 0.004	42.7 $\pm$ 6.045	50.61

6. สรุป

ผลจากการทดสอบคือ ในช่วงแรกสามารถดักจับความชื้นได้ดี แต่เมื่อเวลาผ่านไประยะเวลาหนึ่งความสามารถในการดักจับความชื้นของถ่านก็ลดลง เกิดจากหลายปัจจัย เช่น ก๊าซเดินทางผ่านถ่านได้ไม่สะดวก ถ่านมีความละเอียดสูง มีลักษณะเป็นเกล็ด มีช่องว่างในการให้ก๊าซไหลผ่านน้อยมาก หรือใส่ Bio-Ball น้อยเกินไป ทำให้ก๊าซถูกกักอยู่ในคอลัมน์และอุ้มความชื้นไว้มาก และไม่มีรูพรุนในการดักความชื้นมากพอทำให้ความสามารถในการดักจับความชื้นลดลง นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มปริมาณถ่านไม่ได้ช่วย

ให้สามารถดักจับได้ดีขึ้น แต่ทำให้ความสามารถในการดักจับความชื้นลดลง แต่แนวทางแก้ไขคือ อาจมีการออกแบบรูปแบบภายในคอลัมน์ใหม่ ให้ก๊าซสามารถไหลผ่านได้สะดวกขึ้น จะช่วยให้ก๊าซไม่ถูกกักและถ่านไม่อุ้มความชื้น ถ่านจึงจะสามารถดักจับความชื้นได้ดีขึ้น

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ และคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษา ปริญญาพันธ์ อาจารย์ และเจ้าหน้าที่ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ และชุมชน หมู่ที่ 7 ตำบลป่าเช่า อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์

8. เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. (2550). *การออกแบบการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์*. กรุงเทพฯ: กรมควบคุมมลพิษ.
- เจษฎา มิ่งฉาย. (2558). ชุดกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพ: กิจการเพื่อสังคมสำหรับเกษตรกรรายย่อย. *วารสารวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่*, 7(1), 47-58.
- สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. (2556). *เทคโนโลยีสะอาด (Clean Technology)*. สืบค้นเมื่อ 20 มิถุนายน 2560, จาก http://www.thaitextile.org/index.php/blog/2016/06/Ebook_0206201601
- อภิสิทธิ์ คงสะเสน. (2560). *การเตรียมถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่*. สืบค้นเมื่อ 4 กรกฎาคม 2560, <https://pirun.ku.ac.th/~fscias/PDF/special%20lecture/preparation-activated-C-form-bamboo.pdf>
- Kapdi, S. S., Vijay, V. K., Rajesh, S. K., Prasad, R., (2005), Biogas scrubbing, compression and storage: perspective and prospectus in Indian context. *Renewable Energy*, 30(8), 1195-1202.
- Tippayawong, N., Thanompongchart, P., (2010), Biogas quality upgrade by simultaneous removal of CO₂ and H₂S in a packed column reactor. *Energy*, 35(12), 4531-4535.
- Thanompongchart, P., Tippayawong, N., (2009), Separation of carbon dioxide from biogas using monoethanolamine absorption in a packed column, 5th Conference on Energy Network of Thailand, 29 April - 1 May, Phitsanulok, Thailand.