



ต้นแบบ Smart Biogas

โดย

คณะวิจัยสิ่งแวดล้อม โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี

โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี

ตำบลหนองซาก อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี

สนับสนุนโดย : กองทุนสุขภาพกับสภาวะโลกร้อนและมูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย



ต้นแบบ Smart Biogas

โดย

คณะวิจัยสิ่งแวดล้อม โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี

ประกอบด้วย

นายสุภกร กอกล้อย นายพิชญ กองกาญจน์

และ นายธรรมนิตย์ เจนสินธนานันท์

ครูที่ปรึกษา

นายวิเชียร ดอนแรม

ประธานที่ปรึกษา

นายวิทยา อรุณแสง

ผู้อำนวยการโรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง ต้นแบบ Smart Biogas
 โดย คณะวิจัยสิ่งแวดล้อม โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย ชลบุรี
 ครูที่ปรึกษา นายวิเชียร ดอนแรม
 หน่วยงานที่ปรึกษา นายวิทยา อรุณแสง ผู้อำนวยการโรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย ชลบุรี

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำต้นแบบ Smart Biogas สนับสนุนให้มีการจัดการสิ่งแวดล้อม โดยพัฒนาระบบก๊าซชีวภาพที่ใช้ในครัวเรือน ให้มีประสิทธิภาพ และมีความพึงพอใจในการใช้ระบบก๊าซชีวภาพ ต้นแบบ Smart Biogas คือระบบก๊าซชีวภาพเพื่อใช้ในครัวเรือนที่มีประสิทธิภาพและ เครื่องวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทนที่สามารถใช้ได้จริง ในชุมชนมีแหล่งก๊าซชีวภาพจากฟาร์มสุกรของนายสะอาด แซ่เฮง เกษตรกรเลี้ยงสุกร โดยนายสะอาด แซ่เฮงได้แบ่งก๊าซชีวภาพส่วนหนึ่งให้กับโรงเรียนบ้านห้วยยางเพื่อใช้แทนก๊าซหุงต้ม คณะผู้วิจัยจึงลงสำรวจพื้นที่และสัมภาษณ์การใช้งานก๊าซชีวภาพในครัวเรือน พบว่าระบบก๊าซชีวภาพที่ใช้ในปัจจุบันนั้นระบบมีความไม่มั่นคงแข็งแรงทางคณะผู้วิจัยได้คิดแนวทางการพัฒนาปรับปรุงระบบก๊าซชีวภาพให้มีความมั่นคงแข็งแรงและปลอดภัยในการใช้มากขึ้น โดยใช้แคลมป์รัดยึดท่อส่งก๊าซชีวภาพติดกับผนังห้องครัว และแทรกเครื่องเพิ่มประสิทธิภาพก๊าซชีวภาพในแนวตั้งของระบบก๊าซชีวภาพ และจัดทำเครื่องวัดก๊าซมีเทนที่สามารถประดิษฐ์ได้ด้วยตนเองเพื่อใช้วัดความเข้มข้นของก๊าซมีเทนที่ต้นแบบ Smart Biogas สามารถผลิตได้ โดยใช้ Sensor MQ-4 และ Arduino เป็นตัววัดและตัวควบคุมและสั่งการในการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทนในระบบและสามารถแสดงค่าที่วัดออกมาได้ นอกจากนี้ยังมีเครื่องวัดปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ ที่ประดิษฐ์จาก Sensor DHT11 และ Arduino เพื่อวัดปริมาณการเปลี่ยนแปลงของความชื้นสัมพัทธ์ก่อนและหลังผ่านเข้าเครื่องเพิ่มประสิทธิภาพก๊าซชีวภาพและ ต้นแบบระบบ Smart Biogas จัดทำโดย ใช้ก๊าซชีวภาพจากการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน โดยมีมูลสุกรจากฟาร์มเลี้ยงสุกรของนายสะอาด แซ่เฮง หมู่ 5 ตำบลมาบไฟ อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี เป็นวัตถุดิบในการหมักและได้จัดทำเครื่องเพิ่มประสิทธิภาพก๊าซชีวภาพสำหรับดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และ ความชื้นออกจากก๊าซชีวภาพ ด้วยวัสดุ PVC เพื่อให้ก๊าซชีวภาพมีความเข้มข้นของก๊าซมีเทนมากขึ้น ซึ่งใช้วิธีการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์แบบแห้งด้วยเหล็กออกไซด์และซิลิกา ในการดูดซับก๊าซ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และ ความชื้น ตามลำดับ เมื่อได้ก๊าซชีวภาพที่ผ่านเครื่องเพิ่มประสิทธิภาพก๊าซชีวภาพแล้วผู้จัดทำได้นำก๊าซชีวภาพที่ได้มาวัดความเข้มข้นก๊าซมีเทนด้วยเครื่องวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทนเพื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของก๊าซมีเทน (ppm) ก่อนและหลังผ่านเครื่องเพิ่มประสิทธิภาพก๊าซชีวภาพ และวัดความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) เปรียบเทียบก่อนและหลังผ่านเครื่องเพิ่มประสิทธิภาพก๊าซชีวภาพ ด้วยเครื่องวัดปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ จากนั้นจึงประเมินความพึงพอใจในระบบ Smart Biogas ด้วยแบบสอบถาม จากการทดลอง พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์ลดลงเฉลี่ย 13.20 %RH คิดเป็นร้อยละ 14.10 ส่วนความเข้มข้นก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพมีมากขึ้นเฉลี่ย 80.6 ppm คิดเป็นร้อยละ 17.22 จากการวัด 5 ครั้ง และจากการสอบถามความคิดเห็น พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นสูงสุดอยู่ในระดับมากที่สุดเท่ากัน คือ การลดกลิ่นไม่พึงประสงค์ และความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ร้อยละ 98.46 เท่ากัน รองลงมาอยู่ในระดับมากที่สุด คือ ความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้ และความเหมาะสมในรูปแบบการใช้งาน ร้อยละ 96.92 เท่ากัน และรองลงมาอยู่ในระดับมากที่สุด คือ ความเหมาะสมของขนาด ร้อยละ 95.38 ส่วนที่มีความคิดเห็นน้อยที่สุดอยู่ในระดับน้อย คือ ความสะดวกในการเปลี่ยน Purifier ร้อยละ 55.38

คำสำคัญ : ต้นแบบเครื่องวัดก๊าซมีเทน, ต้นแบบ Smart Biogas, Arduino, Sensor MQ-4, DHT11

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องต้นแบบ Smart Biogas สำเร็จได้ด้วยความกรุณาของนายวิเชียร ดอนแรม ที่ปรึกษา และนายจเร มากทรัพย์ รักษาการผู้อำนวยการโรงเรียนบ้านห้วยยาง อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการจัดทำงานวิจัย ตลอดจนจัดหาเอกสารและอุปกรณ์ต่างๆ ที่เป็นประโยชน์สำหรับการศึกษาค้นคว้า ตลอดจนช่วยตรวจสอบความเรียบร้อยของโครงงาน ขอขอบคุณบุคลากรโรงเรียนบ้านห้วยยางที่ให้ความช่วยเหลือ และผู้ปกครองที่เป็นกำลังใจและคำแนะนำในการจัดทำงานวิจัยครั้งนี้ด้วย ทางคณะผู้วิจัยขอขอบคุณท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ท้ายที่สุดนี้ถ้ามีข้อบกพร่องประการใด คณะผู้จัดทำยินดีน้อมรับไว้ด้วยความยินดียิ่ง ทั้งนี้ เพื่อจะได้นำไปพัฒนาผลงานในอนาคตให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญภาพ	จ
สารบัญตาราง	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 สมมติฐานของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 วิธีวิจัย	2
1.6 ขอบเขตการศึกษาค้นคว้า	2
1.7 สถานที่ทำวิจัย/พื้นที่เป้าหมาย	3
1.8 นิยามคำศัพท์เฉพาะ	3
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 การเกิดปัญหาจากฟาร์มปศุสัตว์	4
2.2 ภาวะเรือนกระจก (Greenhouse effect)	6
2.3 ก๊าซชีวภาพ	9
2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ	11
2.5 เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพที่ใช้ในประเทศไทย	12
2.6 ก๊าซมีเทน (CH ₄)	19
2.7 แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558 – 2579	19
2.8 แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 – 2579	21
2.9 พลาสติกพอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinylchloride: PVC)	22
2.10 เทคโนโลยีการบำบัดก๊าซชีวภาพ	25
2.11 Arduino	29

สารบัญ (ต่อ)

2.12 โมดูลเซนเซอร์ตรวจจับก๊าซมีเทน (CH ₄).....	29
2.13 โมดูลตรวจวัดความชื้น DHT11.....	32
2.14 Tinkercad	34
2.15 โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (UNEP).....	37
2.16 องค์การอุตุนิยมวิทยาโลก WMO (WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION) ..	38
2.17 องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (TGO)	40
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงาน	42
3.2 วิธีการดำเนินงาน	43
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	61
4.1 ผลการวัดปริมาณความชื้นสัมพัทธ์	61
4.2 ผลการวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทน.....	62
4.3 ความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามที่มีต่อต้นแบบ Smart Biogas	63
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	66
5.1 สรุปผล.....	66
5.2 อภิปรายผล	67
5.3 ข้อเสนอแนะ	68
บรรณานุกรม	69
ภาคผนวก	71
ภาคผนวก ก แบบบันทึกการทดสอบประสิทธิภาพของก๊าซชีวภาพ.....	72
ภาคผนวก ข ภาพประกอบการทำวิจัย.....	75
ภาคผนวก ค ภาพเกียรติบัตรและการรับรางวัล	78

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 สถิติจำนวนปศุสัตว์ ณ วันที่ 1 มกราคม 2551-2560	4
2.2 การเกิดภาวะเรือนกระจก.....	6
2.3 ปริมาณพลังงานความร้อนสะสมอันเกิดจากก๊าซเรือนกระจกและตัวการอื่นๆ	8
2.4 ปริมาณพลังงานความร้อนสะสมอันเป็นผลมาจากก๊าซเรือนกระจก	8
2.5 Floating drum digester	12
2.6 Separate Floating drum digester	13
2.7 ระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบโอ่งพร้อมฝาครอบเก็บก๊าซ	13
2.8 Fixed dome digester	14
2.9 ป่อ UASB	14
2.10 H-UASB	15
2.11 Plug Flow digester	15
2.12 Mini CD	16
2.13 ป่อหมักก๊าซชีวภาพแบบถุง PVC	16
2.14 Covered lagoon.....	17
2.15 กรอบประมาณการสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงของแผน PDP2015 ในปี 2579.....	20
2.16 ผลการดำเนินงานด้านพลังงานทดแทน ปี 2555 - 2557	21
2.17 โครงสร้างโมเลกุลของ PVC	22
2.18 การเผาไหม้และติดไฟของพลาสติก.....	23
2.19 การปล่อยความร้อนของพลาสติก	23
2.20 สภาพทางกายภาพของ PVC	24
2.21 แผนผังการบำบัดก๊าซชีวภาพ.....	25
2.22 การดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพ.....	26
2.23 การดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยสารละลายต่าง.....	26
2.24 แผนผังเตาชีวมวล	28
2.25 Arduino.....	29
2.26 คุณสมบัติของ MQ-4.....	30

สารบัญภาพ (ต่อ)

2.27 โครงสร้าง MQ-4	31
2.28 ลักษณะความไวของ MQ-4	31
2.29 โมดูลเซนเซอร์ MQ-4 สำหรับตรวจวัดก๊าซมีเทน	32
2.30 การต่อใช้งานโมดูล DHT11	33
2.31 การส่งสัญญาณระหว่าง MCU กับ DHT11.....	33
2.32 Tinkercad	34
2.33 Dashboard	35
2.34 หน้าต่างการใช้งานโปรแกรม Tinkercad.....	36
2.35 หน้าต่างควบคุมการใช้งานโปรแกรม Tinkercad.....	36
2.36 ตราสัญลักษณ์โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (UNEP)	36
2.37 ตราองค์การอุตุนิยมวิทยาโลก WMO.....	36
2.38 สัญลักษณ์องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (TGO).....	36
3.1 พิกัดทางภูมิศาสตร์ของโรงเรียนบ้านห้วยยางที่13°20'13.4"N 101°05'18.5"E.....	43
3.2 บ่อหมักก๊าซชีวภาพของนายสะอาด แซ่เฮงระหว่างปรับปรุงโดยการปูผ้าใบเก็บก๊าซใหม่.....	44
3.3 บ่อหมักก๊าซชีวภาพของนายสะอาด แซ่เฮงเมื่อเริ่มมีการหมักก๊าซชีวภาพ.....	44
3.4 การต่อก๊าซชีวภาพจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพเข้าห้องครัวของโรงเรียนบ้านห้วยยาง	45
3.5 การต่อท่อก๊าซชีวภาพมายังหัวเตาสำหรับก๊าซชีวภาพด้านในห้องครัว	45
3.6 แบบการพัฒนาระบบก๊าซชีวภาพเพื่อใช้ในครัวเรือนโดยโปรแกรม SketchUp Pro 2018.....	46
3.7 การนำเสนอแผนการพัฒนาระบบก๊าซชีวภาพ.....	47
3.8 สนิมเหล็ก	47
3.9 เเจาะรูถึงสี่และปีบสำหรับใส่ถังสี่.....	47
3.10 การเจาะรูด้านข้างของปีบ.....	48
3.11 การดัดแปลงพัดลมและนำมาประกอบเข้ากับตัวปีบ.....	48
3.12 ลักษณะซี่เหล็กที่ได้จากการเผาเหล็ก	49
3.13 ลักษณะของซิลิกาจากเหล็กเมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์	49
3.14 นำสนิมเหล็กและซิลิกาจากเหล็กใส่ท่อ PVC.....	49
3.15 วงจรเครื่องวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทน	50

สารบัญภาพ (ต่อ)

3.16 การเขียนชุดคำสั่งด้วยโปรแกรม Arduino	50
3.17 ทดสอบเซนเซอร์ MQ-4.....	51
3.18 การออกแบบจูนนิ่งโดยใช้เว็บไซต์ Tinkercad.com สำหรับการออกแบบ	51
3.19 เครื่องตรวจวัดปริมาณก๊าซมีเทน.....	51
3.20 ผังงานสร้างเครื่องวัดปริมาณก๊าซมีเทน.....	52
3.21 วงจรเครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์	52
3.22 การเขียนโค้ดคำสั่งด้วยโปรแกรม Arduino.....	53
3.23 ผังงานสร้างเครื่องวัดปริมาณความชื้นสัมพัทธ์.....	53
3.24 การเตรียมอุปกรณ์ท่อPVCสำหรับพัฒนาระบบก๊าซชีวภาพ.....	54
3.25 การเตรียมข้อต่อท่อPVCสำหรับพัฒนาระบบก๊าซชีวภาพ	54
3.26 การปรับปรุงระบบก๊าซชีวภาพ 1	54
3.27 การปรับปรุงระบบก๊าซชีวภาพ 2	55
3.28 การปรับปรุงระบบก๊าซชีวภาพ 3	55
3.29 การปรับปรุงระบบก๊าซชีวภาพ 4	56
3.30 การปรับปรุงระบบก๊าซชีวภาพ 5	56
3.31 การปรับปรุงระบบก๊าซชีวภาพ 6	56
3.32 ตรวจสอบความเรียบร้อยของระบบก๊าซชีวภาพ.....	57

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 แบบบันทึกค่าความชื้นสัมพัทธ์ของก๊าซมีเทน.....	57
3.2 แบบบันทึกค่าปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทน.....	58
3.3 แบบแสดงความคิดเห็นที่มีต่อต้นแบบ Smart Biogas	58
4.1 ผลการวัดปริมาณความชื้นสัมพัทธ์.....	62
4.2 ผลการวัดปริมาณก๊าซมีเทน	62
4.3 บทบาทหน้าที่ของผู้ตอบแบบสอบถาม.....	63
4.4 แสดงระดับคะแนนในแบบสอบถาม	64

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ภาวะโลกร้อนเป็นอีกหนึ่งปัญหาที่ทำให้ปัจจุบัน สภาพดิน ฟ้า อากาศ มีความแปรปรวนเป็นอย่างมาก โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ(United Nations Environmental Program) และ องค์การอุตุนิยมวิทยาโลก(WMO) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศที่ร้อนขึ้นนี้เป็นผลของภาวะเรือนกระจก(greenhouse effect) โดยมีสาเหตุจากก๊าซเรือนกระจกสามารถแบ่งได้เป็น 2 แหล่งใหญ่ๆ คือ แหล่งธรรมชาติ และแหล่งที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์สร้างขึ้น ซึ่งก๊าซเรือนกระจกนี้จะประกอบด้วย ก๊าซมีเทน(CH_4) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2) ก๊าซไนตรัสออกไซด์(N_2O) และ สารประกอบคลอโรฟลูออโรคาร์บอน(CFC) เป็นส่วนใหญ่ โดยก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซที่มีผลทำให้ชั้นบรรยากาศของโลกอบอุ่นมากกว่าก๊าซชนิดอื่นๆ โดย ก๊าซมีเทนมีศักยภาพทำให้ชั้นบรรยากาศร้อนมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 25 เท่าเมื่อก๊าซทั้งสองมีน้ำหนักเท่ากัน การปล่อยก๊าซมีเทนออกมาที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น ปศุสัตว์ นาข้าว และการบำบัดน้ำเสีย

การเกษตรในประเทศไทยถือเป็นบทบาทที่สำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศ เพราะเป็นอาชีพของคนส่วนใหญ่ในประเทศ และมีการทำปศุสัตว์ควบคู่ไปด้วยเช่นกัน การปศุสัตว์ที่มีบทบาททางเศรษฐกิจได้แก่ สุกร โค กระบือ และไก่เนื้อ เป็นต้น จึงทำให้ผู้ประกอบการหันมาทำปศุสัตว์มากขึ้น และหนึ่งในปัญหาที่ตามมาคือ ไม่มีการจัดการที่ดีจนทำให้สิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศเกิดความเสียหาย เช่น การปล่อยมูลสัตว์สู่แหล่งน้ำทำให้แหล่งน้ำนั้นเกิดการเน่าเสีย อาจส่งกลิ่นเหม็นรบกวนผู้อื่นในชุมชน อีกทั้งในมูลสัตว์นั้นเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของแมลงวันที่เป็นพาหะในการนำเชื้อโรคและสิ่งสกปรกสู่ผู้ที่อยู่ในบริเวณนั้น ทำให้เกิดโรค เช่น อหิวาตกโรค อาหารเป็นพิษ โรคที่เกิดจากหนอนพยาธิ ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการรักษา นอกจากนี้มูลสัตว์ยังปล่อยก๊าซมีเทนสู่ชั้นบรรยากาศจำนวนมากประมาณ 76-92 ตันต่อปี (ข้อมูลจาก Global Bovine Emissions) ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน

คณะผู้จัดทำจึงเล็งเห็นว่า หากมีการจัดการสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมเราจะสามารถใช้ประโยชน์จากของเสียที่เกิดจากการปศุสัตว์ให้เกิดมูลค่าทางเศรษฐกิจได้ หรือช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในครัวเรือน และเป็นการช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมได้ เช่น ก๊าซมีเทนที่เกิดจากมูลสัตว์นั้นสามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นก๊าซหุงต้มในครัวเรือน เนื่องจากก๊าซมีเทนมีคุณสมบัติติดไฟ และเป็นการแก้ปัญหากลิ่นเหม็นจากมูลสัตว์ที่ส่งผลกระทบต่อชุมชน เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพและความพึงพอใจในการใช้งาน ผู้จัดทำจึงจัดทำระบบ Smart Biogas นำก๊าซชีวภาพมาผ่านกระบวนการ Purifier เพื่อเพิ่มความเข้มข้นของก๊าซมีเทนและลดกลิ่นไม่พึงประสงค์ของก๊าซชีวภาพ อีกทั้งยังทำเครื่องวัดปริมาณก๊าซมีเทนเพื่อตรวจสอบความเข้มข้นของก๊าซชีวภาพหากมีการรั่วไหลเกิดขึ้น ทั้งนี้ต้นแบบระบบ Smart Biogas จัดทำขึ้นเพื่อสนับสนุนให้มีการจัดการระบบสิ่งแวดล้อมที่ดี เพื่อเป็นต้นแบบในการพัฒนาระบบหรือชิ้นงานอื่น ๆ ที่ช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมต่อไปในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อสนับสนุนให้มีการจัดการสิ่งแวดล้อม โดย พัฒนาระบบก๊าซชีวภาพที่ใช้ในครัวเรือนให้มีประสิทธิภาพ และมีความพึงพอใจในการใช้ระบบก๊าซชีวภาพ

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

- 1.3.1. ระบบก๊าซชีวภาพมีประสิทธิภาพมากขึ้น
- 1.3.2 สามารถลดกลิ่นไม่พึงประสงค์ได้
- 1.3.3 มีการจัดการสิ่งแวดล้อมที่ดี

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1. สามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซมีเทนสู่ชั้นบรรยากาศ
- 1.4.2. ช่วยบรรเทากลิ่นเหม็นจากมูลสุกรของฟาร์มของเกษตรกร
- 1.4.3. สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในชีวิตประจำวันได้

1.5 วิธีการวิจัย

- 1.5.1. สำรวจแหล่งก๊าซชีวภาพภายในชุมชน
- 1.5.2. ลงพื้นที่สำรวจเบื้องต้น
- 1.5.3. สรุปการลงพื้นที่เบื้องต้นว่าข้อควรพัฒนาปรับปรุงส่วนใดของระบบบ้าง
- 1.5.4. ออกแบบระบบก๊าซชีวภาพเพื่อใช้ในครัวเรือนจากข้อควรพัฒนาปรับปรุง
- 1.5.5. นำเสนอแบบระบบก๊าซชีวภาพพร้อมข้อควรพัฒนาระบบก๊าซชีวภาพ
- 1.5.6. จัดเตรียมและทำการปรับปรุงระบบก๊าซชีวภาพ
- 1.5.7. เตรียมแบบบันทึกทดสอบประสิทธิภาพก๊าซชีวภาพและแบบสอบถามความพึงพอใจ
- 1.5.8. ประเมินประสิทธิภาพของระบบ Smart Biogas และสอบถามความพึงพอใจ
- 1.5.9. นำข้อมูลที่ได้มาประมวลผลและสรุปอภิปราย

1.6 ขอบเขตการศึกษาค้นคว้า

1.6.1 Purifier ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนเพื่อเพิ่มความเข้มข้นของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ ได้แก่ การดูดซับแบบแห้งด้วยเหล็กออกไซด์ ในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และใช้ซิลิกาจากแกลบ ในการดูดซับความชื้น

1.6.2 จัดทำต้นแบบเครื่องวัดปริมาณก๊าซมีเทนโดยใช้เซนเซอร์ MQ-4 สำหรับการตรวจวัดปริมาณก๊าซมีเทน ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino และจอ LCD

1.6.3 จัดทำต้นแบบเครื่องวัดปริมาณความชื้นสัมพัทธ์โดยใช้เซนเซอร์ DHT11 สำหรับวัดปริมาณความชื้น ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino และจอ LCD

1.6.4 ใช้แหล่งก๊าซชีวภาพจากมูลสุกรจากโรงเรียนบ้านห้วยยาง หมู่ 5 ตำบลมาบไฟ อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี

1.6.5 ซิลิกาจากแกลบ ได้จากการเผาแกลบในเตาชีวมวลประดิษฐ์เอง

1.7 สถานที่ทำวิจัย/พื้นที่เป้าหมาย

โรงเรียนบ้านห้วยยาง หมู่ 5 ตำบลมาบไฟ อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี

1.8 นิยามศัพท์เฉพาะ

Purifier หมายถึง เครื่องเพิ่มประสิทธิภาพก๊าซชีวภาพ โดยประกอบด้วยการดูดซับ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และ ไอน้ำ (H_2O) เพื่อให้ก๊าซชีวภาพมีความเข้มข้นของก๊าซมีเทนมากขึ้น

ความเข้มข้นของก๊าซมีเทน หมายถึง ความเข้มข้นของก๊าซมีเทน(CH_4) ที่อ่านได้โดยใช้ MQ-4 ในการตรวจจบบมีหน่วยเป็น ppm

ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ หมายถึง อัตราส่วนความชื้นในอากาศเมื่อเทียบกับปริมาณความชื้นสูงสุดที่อากาศรับได้มีหน่วยเป็น %RH

ประสิทธิภาพ หมายถึง ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซชีวภาพที่เพิ่มขึ้นหลังผ่านกระบวนการ Purifier และค่าความชื้นที่ลดลงหลังจากผ่าน Purifier

ความพึงพอใจ หมายถึง ความคิดเห็นในด้านความปลอดภัยในการใช้งาน, ความแข็งแรงของเครื่องเพิ่มประสิทธิภาพก๊าซชีวภาพ, การลดกลิ่นไม่พึงประสงค์, ความเหมาะสมของขนาด, ความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้, ความเหมาะสมในรูปแบบการใช้งาน ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ความสะดวกในการใช้งาน และด้านความสะดวกในการเปลี่ยนเครื่องเพิ่มประสิทธิภาพก๊าซชีวภาพ ของผู้ใช้งานต้นแบบระบบ Smart Biogas

บทที่ 2

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเกิดปัญหาจากฟาร์มปศุสัตว์

จากสถิติของสำนักเศรษฐกิจการเกษตร ณ วันที่ 1 มกราคม 2560 พบว่ามีจำนวนปศุสัตว์ในประเทศไทยจำนวนมาก และมีจำนวนสัตว์แต่ละชนิดดังภาพ

ตารางที่ 69 จำนวนปศุสัตว์ ณ วันที่ 1 มกราคม ปี 2551 - 2560

Table 69 The number of livestock on 1st January, 2008 - 2017

ปี	โคเนื้อ (1,000 ตัว) Cattle (1,000 heads)	โคนม (1,000 ตัว) Dairy cow (1,000 heads)	กระบือ (1,000 ตัว) Buffalo (1,000 heads)	สุกร (1,000 ตัว) Swine (1,000 heads)	ไก่เนื้อ (1,000 ตัว) Broiler (1,000 heads)	ไก่ไข่ (1,000 ตัว) Layer hen (1,000 heads)	ไก่พื้นเมือง (1,000 ตัว) Native chicken (1,000 heads)	เป็ดเนื้อ (1,000 ตัว) Meat duck (1,000 heads)	เป็ดไข่ (1,000 ตัว) Layer duck (1,000 heads)	Year
2551	6,700	494	1,699	7,845	123,570	36,742	58,838	9,454	6,462	2008
2552	6,647	495	1,671	7,481	129,623	38,721	59,864	9,499	6,550	2009
2553	6,498	525	1,623	7,624	131,332	39,424	61,162	9,507	6,485	2010
2554	5,891	555	1,588	7,786	137,647	40,450	62,615	9,518	6,377	2011
2555	5,393	573	1,542	7,824	221,561	41,999	63,895	9,495	5,769	2012
2556	4,967	590	1,289	7,606	236,835	45,440	58,501	10,032	11,727	2013
2557	4,573	592	1,020	7,592	235,950	46,231	59,362	10,213	11,447	2014
2558	4,483	(p) 608	947	(p) 7,117	248,905	48,525	60,421	9,554	11,483	2015
2559	4,595	(p) 626	946	(p) 6,854	259,194	(p) 48,805	59,835	9,595	11,344	2016
2560	4,686	(p) 645	(p) 885	(p) 7,546	283,908	(p) 50,139	(p) 60,146	(p) 9,833	(p) 11,514	2017



ภาพที่ 2.1 สถิติจำนวนปศุสัตว์ ณ วันที่ 1 มกราคม 2551-2560

ที่มา: <http://www.oae.go.th/assets/portals/1/files/yearbook60.pdf>

1.1. ของเสียจากฟาร์มสุกร

ของเสียจากฟาร์มสุกร มี 2 ประเภทหลัก คือ ส่วนที่เป็นมูลสุกรและเศษอาหารที่ตกค้างในคอก อีกส่วนหนึ่งเกิดจากการล้างคอกด้วยน้ำ และปัสสาวะสุกรซึ่งจะกลายเป็นน้ำเสีย

1.1.1. มูลสุกร

การเลี้ยงสุกรทำให้เกิดมูลสุกรเป็นจำนวนมากหากไม่มีการจัดการที่ดี โดยเฉพาะด้านความสะอาด จะเป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็น โดยเฉพาะบนพื้นคอกที่มีการหมักหมมของมูลสุกรและใต้พื้นคอกที่มีการตกค้างของมูลสุกร ปัสสาวะ และน้ำจากการล้างคอก นอกจากนี้มูลสุกรที่เก็บกวาดออกจากพื้นคอก เมื่อนำมาตากแห้งต้องมีการดูแลโดยไม่ควรงอทิ้งมูลไว้เป็นเวลานาน เพราะความชื้นในอากาศและอุณหภูมิจะทำให้เกิดปฏิกิริยาเกิดก๊าซที่มีกลิ่นได้

1.1.2. น้ำเสีย

น้ำเสียจากฟาร์มสุกรส่วนใหญ่เกิดจากการล้างทำความสะอาดคอกและโรงเรือน ซึ่งในการทำความสะดวกควรเก็บกวาดมูลสุกรออกจากพื้นคอกก่อน เพื่อลดปริมาณความสกปรกของน้ำเสีย

1.1.3. ของเสียอื่นๆ

ในการเลี้ยงสุกรยังทำให้เกิดของเสียอื่น ๆ อีกหลายชนิดซึ่งต้องมีการกำจัดที่ถูกต้อง เช่น ขวดยา ขวดน้ำเสีย เข็มฉีดยา รก และซากสุกรที่ตายต้องมีการฝังกลบให้เรียบร้อย สำหรับถุงใส่อาหารสัตว์สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ หรือใช้เป็นถุงบรรจุมูลสุกรขายเป็นปุ๋ย เป็นต้น

1.2. การจัดการมูลสุกรและน้ำเสียจากฟาร์มสุกร

1.2.1. การจัดการมูลสุกร

มูลสุกรที่เก็บกวาดออกก่อนที่จะทำการฉีดยาล้างคอกสุกร อาจจะนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น

1.2.1.1. ขยายสด: ให้แก่เกษตรกรที่ต้องการ

1.2.1.2. ทำปุ๋ยคอก: ตากให้แห้งแล้วนำไปใช้เป็นปุ๋ยสำหรับการเกษตร

1.2.1.3. เป็นอาหารปลา: นำมูลสุกรที่ตากแห้ง หรือมูลสุกรสด ให้เป็นอาหารโดยตรง หรือผสมในสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงปลา แต่ในขณะเดียวกันต้องคำนึงถึงปริมาณที่จะใช้ ไม่ควรมากเกินไป เพราะจะทำให้ปลาเน่าและปลาตายได้

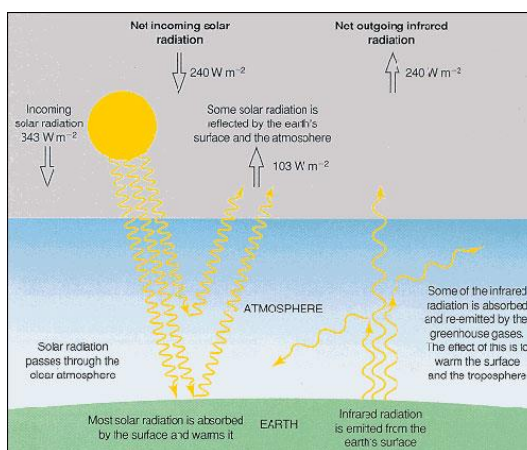
1.2.1.4. ผลิตภัณฑ์ชีวภาพ: โดยการนำมูลสุกรและน้ำเสียไปหมักในสภาพไร้อากาศ ทำให้เกิดก๊าซชีวภาพ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายรูปแบบ เช่น เป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้ม จุดตะเกียง กกลูกหมู หรือผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นต้น สำหรับมูลสุกรที่ผ่านการหมักแล้วสามารถนำไปเป็นปุ๋ยสำหรับปลูกพืชได้เป็นอย่างดี

1.2.2. การจัดการน้ำเสีย

ฟาร์มสุกรส่วนใหญ่จะเป็นฟาร์มสุกรขนาดเล็กและฟาร์มสุกรรายย่อย ดังนั้น ในการจัดการน้ำเสียอย่างง่ายควรมีหลักการ คือ ต้องแยกมูลสุกรออกจากน้ำเสีย เพื่อลดการตื่นเงินของบ่อพักน้ำเสียและลดความสกปรกของน้ำเสียที่ไหลเข้าสู่บ่อพัก บ่อพักน้ำเสียควรมีประมาณ 2 - 3 บ่อต่อเนื่องกัน น้ำจากบ่อสุดท้ายสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีก ไม่ว่าจะเป็นใช้ล้างพื้นคอก สูบใส่บ่อเลี้ยงปลา ใช้น้ำดับต้นไม้บริเวณรอบๆ ฟาร์ม สำหรับฟาร์มสุกรที่มีน้ำเสียจากหลายโรงเรือน ควรจะมีรางระบายน้ำเสียอยู่ใต้หลังคาโรงเรือนเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำฝนไหลมารวมเป็นการลดปริมาณน้ำเสียที่จะบำบัดและเพื่อป้องกันปัญหาน้ำล้นบ่อพัก

2.2 ภาวะเรือนกระจก (Greenhouse effect)

ภาวะเรือนกระจก คือ ภาวะที่ชั้นบรรยากาศของโลกกระทำตัวเสมือนกระจก ที่ยอมให้รังสีคลื่นสั้นผ่านลงมายังผิวโลกได้ แต่จะดูดกลืนรังสีคลื่นยาวช่วงอินฟราเรดที่แผ่ออกจากพื้นผิวโลกเอาไว้ จากนั้นก็จะคายพลังงานความร้อน ให้กระจายอยู่ภายในชั้นบรรยากาศและพื้นผิวโลก จึงเปรียบเสมือนกระจกที่ปกคลุมผิวโลกให้มีภาวะสมดุลทางอุณหภูมิ และเหมาะสมต่อสิ่งมีชีวิตบนผิวโลก



ภาพที่ 2.2 การเกิดภาวะเรือนกระจก

ที่มา: <https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=20>

2.1.1 ภาวะโลกร้อน (Global Warming)

ภาวะโลกร้อน เกิดจากการที่โลกมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือ

“ก๊าซเรือนกระจก” เพิ่มขึ้นในชั้นบรรยากาศอย่างรวดเร็ว และก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจกที่ผิดปกติขึ้น รวมทั้งก๊าซชนิดอื่น ๆ ที่มีคุณสมบัติกักเก็บความร้อนออกไปยังบรรยากาศของโลก ก๊าซเหล่านี้จะรวมตัวกันจนกลายเป็นผ้าห่มหนาๆ ดักจับความร้อนของดวงอาทิตย์ และทำให้โลกมีอุณหภูมิร้อนขึ้น ยิ่งก๊าซเหล่านี้เพิ่มมากขึ้น ความร้อนก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย จนกระทั่งกลายเป็นปัญหาโลกร้อน หรือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ผิดปกติ หรือมีความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศเกิดขึ้นทั่วโลก ซึ่งสาเหตุหลักๆ มาจากการใช้น้ำมัน การปล่อยสารพิษ สารเคมี การตัดไม้ทำลายป่า เป็นต้น

2.2.2 ก๊าซเรือนกระจก

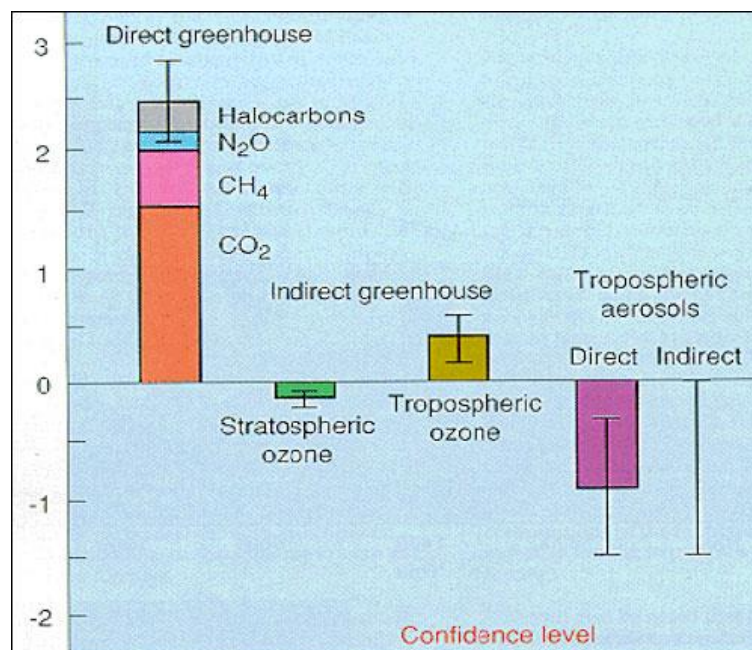
ในชั้นบรรยากาศของโลกประกอบด้วยก๊าซต่างๆ หลายชนิดแต่ละชนิดมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น และลดลงตามคุณสมบัติทางเคมีของก๊าซแต่ละชนิด ดังนั้นก๊าซที่มีมากเกินสมดุลของชั้นบรรยากาศจะสะสมอยู่ในชั้นบรรยากาศ เราอาจแบ่งก๊าซเรือนกระจกได้เป็นสองพวกตามอายุการสะสมอยู่ในชั้นบรรยากาศ คือ พวกที่มีอายุการสะสมอยู่ในชั้นบรรยากาศไม่นาน เนื่องจากก๊าซเหล่านี้สามารถทำปฏิกิริยาได้ดีกับไอน้ำ หรือก๊าซอื่นๆ จึงทำให้มันมีอายุสะสมเฉลี่ยสั้น ส่วนอีกพวกหนึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกซึ่งมีอายุสะสมเฉลี่ยยาวนานหลายปี เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน ก๊าซไนตรัสออกไซด์ และก๊าซคลอโรฟลูออโรคาร์บอน เป็นต้น ก๊าซเหล่านี้นับเป็นก๊าซที่เป็นตัวการหลักของการเกิดภาวะเรือนกระจก เนื่องจากมันมีอายุสะสมเฉลี่ยยาวนาน และสามารถดูดกลืนรังสีอินฟราเรดได้ดีกว่าก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ ทั้งยังส่งผลกระทบให้ผิวโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้นโดยทางอ้อมได้ด้วย

การปลดปล่อยก๊าซมีเทนสู่ชั้นบรรยากาศแม้จะมีมากกว่าการปล่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แต่ก๊าซมีเทนมีอายุสะสมเฉลี่ยประมาณ 11 ปี นับว่าน้อยมากเมื่อเทียบกับคาร์บอนไดออกไซด์ จึงเป็นสาเหตุให้ผลกระทบโดยตรง อันเนื่องมาจากภาวะเรือนกระจกโดยก๊าซมีเทนมีน้อยกว่าผลกระทบอันเกิดจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แต่ก็มีผลกระทบมากเป็นอันดับสองรองจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยมีรายงานว่าพลังงานเฉลี่ยรวม ที่เกิดจากผลกระทบโดยตรงของก๊าซมีเทนประมาณ 0.47 วัตต์ต่อตารางเมตร

2.2.3 ผลกระทบโดยตรงของก๊าซเรือนกระจกต่ออุณหภูมิของผิวโลก

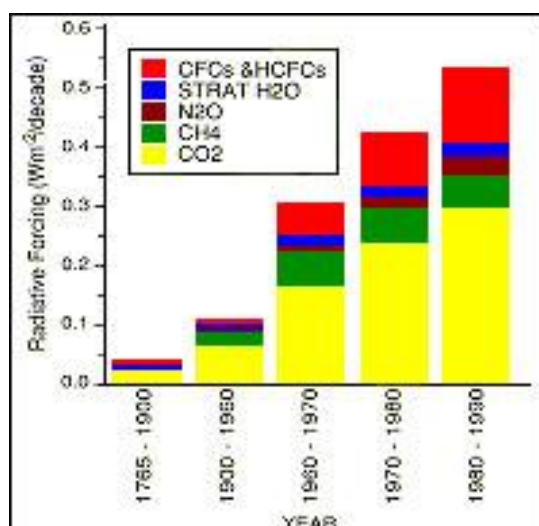
ดังได้กล่าวมาข้างต้นว่าก๊าซเรือนกระจกสามารถส่งผลกระทบโดยตรง คือทำให้โลกมีพลังงานความร้อนสะสมอยู่บนผิวโลกและชั้นบรรยากาศมากขึ้น อันเป็นต้นเหตุให้พื้นผิวโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น ผลที่ตามมา ก็คือการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม การผันแปรของสภาพภูมิอากาศของโลกและท้องถิ่น จากรายงานของ IPCC ระบุว่าพลังงานความร้อนสะสมรวมเฉลี่ยอันเกิดจากผลกระทบโดยตรงของก๊าซเรือนกระจก ตั้งแต่เริ่มมีอุตสาหกรรมเกิดขึ้นบนโลกมีค่าประมาณ 2.45 วัตต์ต่อตารางกิโลเมตร ในขณะที่ผลกระทบทางอ้อมที่มีต่อโอโซนมีค่าประมาณ 0.5 วัตต์ต่อตารางกิโลเมตร ซึ่งผลกระทบจาก

ก๊าซเรือนกระจกทั้งทางตรง และทางอ้อมนี้มีมากกว่าผลกระทบจากตัวการอื่นๆ หลายเท่า สอดคล้องกับ รายงานผลการตรวจวัดอุณหภูมิเฉลี่ยทั่วพื้นผิวโลก ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1860 จนถึงปัจจุบัน พบว่า อุณหภูมิผิวพื้นเฉลี่ยทั่วโลกมีแนวโน้มสูงขึ้นมาตั้งแต่กลางคริสต์ศตวรรษที่ 19 เป็นต้นมา และสูงขึ้น ชัดเจนในปลายศตวรรษนี้ประมาณ 0.3 - 0.6 องศาเซลเซียสโดยเฉลี่ย



ภาพที่ 2.3 ปริมาณพลังงานความร้อนสะสมอันเกิดจากก๊าซเรือนกระจกและตัวการอื่นๆ

ที่มา: <https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=20>



ภาพที่ 2.4 ปริมาณพลังงานความร้อนสะสมอันเป็นผลมาจากก๊าซเรือนกระจก

ที่มา: <https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=20>

จากข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จะเห็นได้ว่าการจัดการกับของเสียที่ทำได้ไม่ดีจะเกิดผลกระทบต่อชุมชนในหลายๆ ด้าน ดังนั้นควรมีการจัดการที่เหมาะสมกับของเสียที่เกิดขึ้นในฟาร์มปศุสัตว์ และ การผลิตก๊าซชีวภาพก็เป็นหนึ่งในวิธีแก้ปัญหานี้

2.3 ก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพ คือ ก๊าซที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ด้วยแบคทีเรียชนิดไม่อาศัยออกซิเจน (Anaerobic) องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นก๊าซมีเทน(CH_4) ประมาณ 50-70% และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2) ประมาณ 30-40% ส่วนที่เหลือเป็นก๊าซชนิดอื่นๆ เช่น ไฮโดรเจน(H_2) ออกซิเจน(O_2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์(H_2S) ไนโตรเจน(N) และไอน้ำ(H_2O)

2.3.1. กระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพ

2.3.1.1. การย่อยสลายในสภาวะไร้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion)

การย่อยสลายโดยไม่ใช้ออกซิเจน(O_2) จะเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นก๊าซชีวภาพ ดังสมการ



2.3.1.1.1. ปริมาณก๊าซมีเทน (CH_4) ที่เกิดขึ้นจากทฤษฎี

2.3.1.1.1.1. คาร์โบไฮเดรต ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) ทำให้เกิดก๊าซมีเทน (CH_4)

50% และ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 50% ของปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นทั้งหมด



2.3.1.1.1.2. โปรตีน ($\text{C}_{13}\text{H}_{25}\text{O}_7\text{N}_3\text{S}$) ทำให้เกิดก๊าซมีเทน (CH_4)

70-71% และ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 29-30% ของปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นทั้งหมด



2.3.1.1.1.3. ไขมัน ($\text{C}_{12}\text{H}_{24}\text{O}_6$) ทำให้เกิดก๊าซมีเทน (CH_4) 67-68%

และ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 32-33% ของปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นทั้งหมด



2.3.2. กระบวนการย่อยสลาย

2.3.2.1. กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Hydrolysis)

ย่อยสารเชิงเคมี จากโมเลกุลใหญ่ให้มีขนาดเล็กลง เช่น คาร์โบไฮเดรต ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) โปรตีน ($\text{C}_{13}\text{H}_{25}\text{O}_7\text{N}_3\text{S}$) และไขมัน ($\text{C}_{12}\text{H}_{24}\text{O}_6$) ไปเป็น กรดอะซิติก (CH_3COOH) กรดโพรพิโอนิก ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$) กรดบิวทีริก ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$) เอทานอล ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) เป็นต้น โดยมีปัจจัยหลายอย่างมาเกี่ยวข้อง เช่น จำนวนแบคทีเรีย ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ เป็นต้น

2.3.2.2. กระบวนการหมักกรดอินทรีย์ต่างๆ ไปเป็นกรดอะซิติก (CH_3COOH)

หรือฟอร์มेट (CHOO^-) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ดังสมการ



2.3.2.3. การสร้างก๊าซมีเทน (Methanogenesis)

จุลินทรีย์จะย่อยอะซิเตทฟอร์มेट (CH_3COOH (acetic acid)) เป็นก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซไฮโดรเจน (H_2) บางส่วน ปฏิกริยาอื่นๆที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้ได้แก่ ปฏิกริยารีดักชันของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งจะก่อให้เกิดก๊าซมีเทน (CH_4) ดังสมการ



นอกจากนี้ก๊าซมีเทน (CH_4) สามารถเกิดจากปฏิกิริยาการแตกตัวของกรดอะซิติก (CH_3COOH) ได้ ทำให้เกิดก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ดังสมการ



2.3.3. การเกิดก๊าซมีเทนจากสับสเตรท (Substrate)

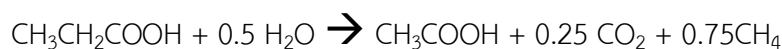
ปฏิกิริยาการเกิดก๊าซมีเทน (CH_4) จากการสับสเตรท แบ่งออกเป็น 3 ปฏิกริยา (ภาวินี ชัยประเสริฐ, 2541 : 9) คือ

- การเกิดมีเทน (CH_4) จากกระบวนการ Decarboxylation ของกรดอินทรีย์ระเหยง่าย
- การเกิดมีเทน (CH_4) จากคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และไฮโดรเจน (H_2)
- การเกิดมีเทน (CH_4) จากสารประกอบอินทรีย์เชิงเดี่ยวอื่น ๆ

2.3.3.1. ก๊าซมีเทน (CH_4) ที่เกิดจากกระบวนการ Decarboxylation ของกรดอินทรีย์ระเหยง่าย กรดอินทรีย์ระเหยง่ายทุกชนิดจะถูกย่อยสลายเป็นกรดอะซิติกแล้วเปลี่ยนเป็นก๊าซมีเทน (CH_4) ดังสมการ



ย่อยสลายกรดโพรพิโอนิก ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$) ไปเป็นกรดอะซิติก (CH_3COOH) และมีเทน (CH_4) ดังสมการ



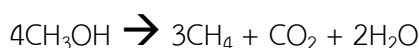
2.3.3.2. ก๊าซมีเทน (CH_4) ที่เกิดจากปฏิกิริยาของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

และไฮโดรเจน (H_2) การเกิดมีเทน (CH_4) จากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจน ดังสมการ



2.3.3.3. ก๊าซมีเทน (CH_4) ที่เกิดจากสารอินทรีย์เชิงเดี่ยวชนิดอื่น

การเกิดก๊าซมีเทน (CH_4) สามารถเกิดจากสารอินทรีย์เชิงเดี่ยวอื่นๆ ได้ เช่น Methanol (CH_3OH)



จากกระบวนการหมักก๊าซชีวภาพนี้จะได้ก๊าซมีเทนที่สามารถนำไปใช้ในการหุงต้มในครัวเรือนได้ ทั้งยังเป็นการช่วยลดต้นทุนการซื้อก๊าซหุงต้ม และ ลดปริมาณขยะในครัวเรือนอีกด้วย ซึ่งการหมักก๊าซชีวภาพนี้จะเป็นกระบวนการหลักของงานวิจัยนี้

2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ

2.4.1. อุณหภูมิ (Temperature)

โดยมีผลต่อการหมักก๊าซชีวภาพของแบคทีเรียซึ่งมีความเหมาะสมในอุณหภูมิที่ต่างกัน

2.4.2. แบคทีเรียที่ใช้ในการหมัก (Bacteria)

แบคทีเรียที่ใช้ในการ Fermentation ก๊าซชีวภาพโดยทั่วไปช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับแบคทีเรียมีอยู่ 3 ช่วง คือ

กลุ่ม Psychrophillic จะย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 5-15 องศาเซลเซียส

กลุ่ม Mesophillic จะย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส

กลุ่ม Thermophillic จะย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส

ซึ่งการผลิตก๊าซจะเกิดขึ้นในอัตราสูงในช่วงอุณหภูมิ 35-55 องศาเซลเซียส

2.4.3. ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ช่วง pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียอยู่ในช่วง 6.5-7.5 ถ้าต่ำกว่า 5 จะมีอันตรายต่อแบคทีเรียที่สร้างมีเทนแต่แบคทีเรียที่สร้างกรดอินทรีย์สามารถทนต่อสภาพเป็นกรดได้ต่ำถึง 4.5 โดยไม่เป็นอันตราย

2.4.4. อัลคาลินิตี้ (Alkalinity)

หมายถึง ความสามารถในการรักษาระดับความเป็นกรด-ด่าง ถ้าค่าอัลคาลินิตี้ต่ำจะมีแนวโน้มเป็นกรดได้ง่าย ค่าอัลคาลินิตี้ที่เหมาะสมต่อระบบหมักมีค่าประมาณ 1,000-5,000 มิลลิกรัม/ลิตร ในรูปของแคลเซียม คาร์บอเนต (CaCO_3) โดยไม่เป็นอันตราย

2.4.5. กรดอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Acid)

กรดอินทรีย์ระเหยง่าย จะถูกนำไปใช้โดยแบคทีเรียพวกสร้างก๊าซมีเทน แต่ถ้าใช้ไม่ทัน จะเกิดการสะสมของกรด ส่งผลให้ค่า pH ลดลง ทำให้เกิดอันตรายต่อแบคทีเรีย โดยทั่วไปปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยง่ายในถังหมักไม่ควรเกิน 2,000 มิลลิกรัม/ลิตร แต่อาจทนได้ถึง 5,000 มิลลิกรัม/ลิตร

2.4.6. สารอาหาร (Nutrients)

ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ซึ่งอัตราส่วนที่เหมาะสมในระบบ เพื่อให้ประสิทธิภาพการย่อยสลายสารอินทรีย์ และผลิตก๊าซชีวภาพได้ดี ควรมีอัตราส่วน COD:N:P เท่ากับ 100:2.2:0.4 หรือ BOD:N:P เท่ากับ 100:1.1:0.2

2.4.7. สารยับยั้งและสารพิษ (Inhibiting and Toxic Substances)

การสะสมของสารบางชนิด เช่น กรดอินทรีย์ระเหยง่าย แอมโมเนีย ซัลไฟด์ และโลหะหนักบางชนิด เช่น โซเดียม โปแตสเซียม สามารถทำให้การย่อยสลายในสภาพไร้ออกซิเจนหยุดชะงักได้

2.4.8. การผสม (Mixing)

การผสมในถังหมักมีความสำคัญ เพราะจะทำให้แบคทีเรียมีโอกาสพบอาหารได้ทั่วถึง และสารอาหารต่าง ๆ ที่แบคทีเรีย ขับออกจะเกิดการกระจายได้ดีขึ้น

2.5 เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพที่ใช้ในประเทศไทย

ระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์

2.5.1. ระบบฝาครอบแช่ในบ่อมูล (Floating drum digester)

เป็นรูปแบบที่อยู่ในประเทศอินเดีย เนปาล ถูกนำเข้ามาเผยแพร่ประเทศไทย เมื่อประมาณปี พ.ศ.2519 เพื่อใช้ในการจัดมูลของสัตว์เลี้ยงที่กองอยู่ใต้ถุนบ้าน และแก้ปัญหาด้านสุขอนามัย กำจัดแหล่งเพาะพันธุ์เชื้อโรค ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นถือว่าเป็นเพียงผลพลอยได้

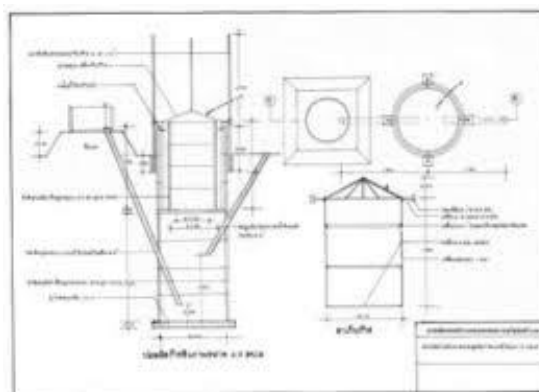


ภาพที่ 2.5 Floating drum digester

ที่มา: http://www2.dede.go.th/km_ber/Attach/Biogas-present.pdf

2.5.2. ระบบฝาคือบแช่ในน้ำ (Separate Floating drum digester)

ปรับปรุงระบบฝาคือบแช่ในบ่อมูล โดยการทำบ่อกักเก็บมูลด้านบนในส่วนที่ฝาคือบเก็บก๊าซ เป็นบ่อ 2 ชั้น เพื่อให้น้ำในวงนอกป้องกันก๊าซหนีออกและยังทำให้ฝาคือบเหล็กเก็บก๊าซแช่อยู่ในน้ำที่หล่อ ไม่สัมผัสกับมูลโดยตรง สามารถยืดอายุการใช้งานของฝาคือบ



ภาพที่ 2.6 Separate Floating drum digester

ที่มา: <http://thong0770.blogspot.com/2014/05/>

2.5.3. ระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบโถ้งพร้อมฝาคือบเก็บก๊าซ

เป็นรูปแบบที่ออกแบบโดย กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน เมื่อประมาณ พ.ศ.2522 มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการที่จะใช้วัสดุที่มีและใช้งานในท้องถิ่น สามารถนำมาประยุกต์ใช้งาน และเป็นแบบของประเทศไทยร่วมกับฝาคือบเก็บก๊าซ

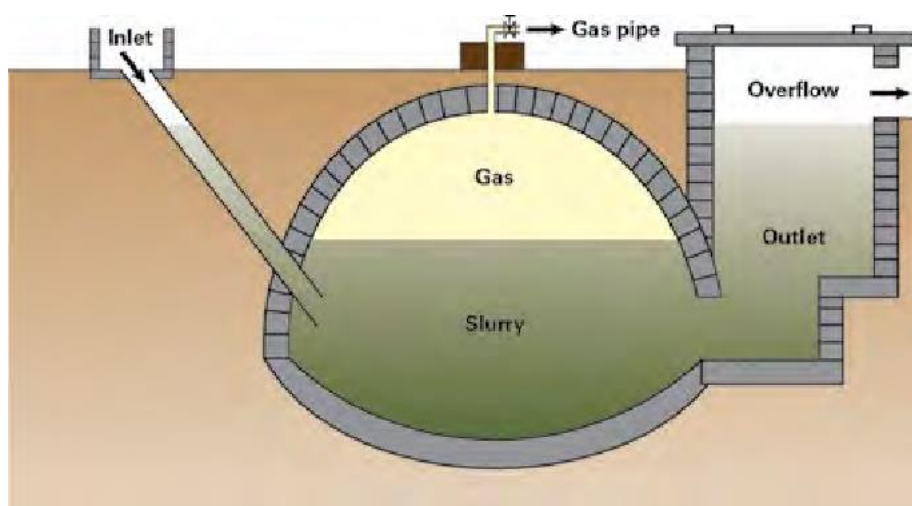


ภาพที่ 2.7 ระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบโถ้งพร้อมฝาคือบเก็บก๊าซ

ที่มา: http://www2.dede.go.th/km_ber/Attach/Biogas-present.pdf

2.5.4. บ่อหมักแบบโดมคงที่ (Fixed dome digester)

ส่วนใหญ่สร้างด้วยคอนกรีต หรือก่ออิฐโอบปูนฝังอยู่ในดิน มีท่อเพื่อเติมมูลสัตว์และท่อให้มูลสัตว์ไหลออก ส่วนเก็บก๊าซจะสร้างด้วยคอนกรีต หรือ ก่ออิฐฉาบปูนติดกับตัวบ่อหมัก ทำให้แรงดันของก๊าซไม่คงที่ ขึ้นอยู่กับปริมาณของก๊าซภายในบ่อ



ภาพที่ 2.8 Fixed dome digester

ที่มา: <https://www.researchgate.net/figure/Scheme-of-fixed-dome-digester>

2.5.5. บ่อ UASB: Up-Flow Anaerobic Sludge Blanket

น้ำเสียจะถูกสูบเข้าที่ก้นถัง ตะกอนแบคทีเรียที่ก้นถังแบ่งเป็น 2 ชั้น ชั้นล่างเป็นตะกอนเม็ด ขนาด 2-5 มม. เป็นแบคทีเรียใยยาวเกาะกัน ชั้นบนเป็นแบคทีเรียตะกอนเบา ส่วนบนของบ่อหมักจะมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แยกก๊าซและป้องกันมิให้ตะกอนแบคทีเรียหลุดออกไปกับน้ำเสีย



ภาพที่ 2.9 บ่อ UASB

ที่มา: <http://www.fristweb.com/handsite/biogas/uasb.html>

2.5.6. แบบ H-UASB (High suspension solid-Up-Flow Anaerobic Sludge Blanket)

พัฒนาจากระบบ UASB เพื่อแก้ปัญหาการอุดตันระบบหัวจ่ายน้ำ เนื่องจากตะกอนของมูลสัตว์ มี Buffer tank ทำหน้าที่แยกตะกอนแขวนลอยออกจากรู้น้ำเสียและมูลสัตว์ ให้มีปริมาณน้อยที่สุด และนำแผ่น PE ที่ใช้คลุมบ่อหมักก๊าซชีวภาพแบบราง มาคลุมบน Buffer tank ทำหน้าที่เก็บก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากระบบ UASB



ภาพที่ 2.10 H-UASB

ที่มา: <http://www.erdi.cmu.ac.th/index.php/news/1235?category=11>

2.5.7. บ่อหมักแบบราง (Plug Flow digester)

เป็นบ่อซึ่งก่อสร้างด้วยคอนกรีต ตัวบ่อมีรูปร่างยาวคล้ายรางหรือคลองส่งน้ำซึ่งมีชื่อเรียกว่า Channel digester ส่วนบนบ่อหมักมีพลาสติกคลุมเพื่อใช้เก็บก๊าซชีวภาพ ตัวบ่อหมักจะถูกฝังอยู่ในดิน มีท่อเติมมูล และท่อนำมูลออกอยู่ทางหัวและท้ายบ่อ เนื่องจากใช้พลาสติกเป็นตัวเก็บก๊าซ ดังนั้นจึงมีแรงดันก๊าซค่อนข้างต่ำ จำเป็นต้องมีอุปกรณ์เพิ่มแรงดันเพื่อนำก๊าซไปใช้งาน



ภาพที่ 2.11 Plug Flow digester

ที่มา: http://www2.dede.go.th/km_ber/Attach/Biogas-present.pdf

2.5.8. บ่อหมักแบบ Mini CD (Mini Channel Digester)

เป็นระบบที่ย่อมาจากระบบขนาดใหญ่และขนาดกลางที่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ส่งเสริมและเผยแพร่ โดยมีปริมาตรประมาณ 100 ลบ.ม. เพื่อเสริมระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบบ่อราง



ภาพที่ 2.12 Mini CD

ที่มา: http://www2.dede.go.th/km_ber/Attach/Biogas-present.pdf

2.5.9. บ่อหมักก๊าซชีวภาพแบบถุง PVC

ได้นำระบบแบบถุงของไต้หวัน มาปรับปรุงให้ใช้วัสดุที่ผลิตในประเทศ และมีราคาถูก รูปร่างมีลักษณะทรงกระบอกวงแหวนอนทำจาก PVC มีปริมาตรประมาณ 8 ลบ.ม. กำลังผลิตก๊าซชีวภาพประมาณ 2 ลบ.ม./วัน



ภาพที่ 2.13 บ่อหมักก๊าซชีวภาพแบบถุง PVC

ที่มา: http://www2.dede.go.th/km_ber/Attach/Biogas-present.pdf

2.5.10. บ่อแบบ Covered lagoon

รูปแบบของระบบนี้ได้นำรูปแบบถังยางเก็บก๊าซของบ่อแบบ Plug Flow มาสร้างครอบไปบนบ่อรวบรวมมูลสัตว์ที่มีอยู่แล้ว ซึ่งอาจเป็น บ่อคอกนกรีดหรือดินขุดก็ได้ ในกรณีที่เป้นบ่อดินขุด อาจปูแผ่นยางที่ใช้ปูสระเก็บนำมาปูทับ เพื่อไม่ให้เกิดการรั่วซึมของของเสียลงใต้ดิน



ภาพที่ 2.14 Covered lagoon

ที่มา: http://www2.dede.go.th/km_ber/Attach/Biogas-present.pdf

Covered Lagoon คือ ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพชนิดหนึ่ง ที่อาศัยจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจนจากอากาศ หรือที่เรียกว่า Anaerobic Bacteria ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ภายใต้สภาวะไร้อากาศ จากโครงสร้างบ่อที่เป็นระบบปิด ซึ่งคลุมด้วยแผ่นวัสดุที่มีความยืดหยุ่น และกันน้ำ เพื่อทำหน้าที่สร้างภาวะไร้อากาศ และช่วยกักเก็บก๊าซจากกระบวนการย่อยสลายของแบคทีเรีย ระบบนี้สามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านกายภาพ ชีวภาพ และเคมี กล่าวคือ ช่วยลดความขุ่น, กลิ่น, สี, ลดค่า BOD และ COD นอกจากนี้ยังได้ก๊าซชีวภาพ เป็นผลพลอยได้ ซึ่งประกอบด้วย ก๊าซมีเทน (CH_4), ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2), ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S), ก๊าซแอมโมเนีย (NH_4) และไอน้ำ (H_2O) ฯลฯ ซึ่งก๊าซชีวภาพนี้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ เมื่อทำการกรองก๊าซที่ไม่ต้องการ คือ คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ แอมโมเนีย และไอน้ำออกไปก่อน

2.5.10.1. องค์ประกอบหลักของระบบ Covered Lagoon

2.5.10.1.1. ระบบระบาย และรวบรวมน้ำเสีย

หน้าที่ : รวบรวมน้ำเสีย จากแหล่งกำเนิดต่างๆ มาไว้ในที่เดียวกัน และนอกจากนี้ ยังทำหน้าที่กำจัดขยะ หรือเศษวัสดุที่ไม่ต้องการออกไปด้วย

2.5.10.1.2. ระบบดักขยะ หรือตะกอนทรายก่อนเข้าสู่บ่อหมัก

หน้าที่ : คัดแยกขยะ หรือตะกอนทราย ที่ปนมากับน้ำเสียไม่ให้ลงสู่บ่อหมัก

2.5.10.1.3. ระบบกระจายน้ำเข้าสู่บ่อหมัก

หน้าที่ : ควบคุมการปล่อยน้ำเสียเข้าสู่ระบบ อย่างเหมาะสมทั้งปริมาณและความเร็ว

2.5.10.1.4. บ่อหมัก หรือบ่อ Covered Lagoon

หน้าที่ : เก็บกักน้ำเสีย ด้วยช่วงเวลาที่เหมาะสม เพื่อให้ Anaerobic Bacteria ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ภายใต้สภาวะไร้อากาศ นอกจากนี้ ยังทำหน้าที่กักเก็บก๊าซชีวภาพ ที่เกิดจากกระบวนการย่อยสลายข้างต้นด้วย

2.5.10.1.5. ระบบชักากาก หรือระบบดึงกากด้วยแรงดันน้ำ

หน้าที่ : ระบายตะกอนที่ผ่านการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์แล้ว ออกจากบ่อตามต้องการ

2.5.10.1.6. ระบบแยกตะกอนที่เหลือจากการหมัก

หน้าที่ : ทำการแยกน้ำ จากตะกอนที่ผ่านการย่อยสลายแล้ว

2.5.10.1.7. ระบบป้องกันการรั่วซึม และป้องกันโครงสร้างบ่อ

หน้าที่ : ป้องกันการซึมออกของน้ำในบ่อ และการซึมเข้าของน้ำใต้ดิน และช่วยลดการทำลายโครงสร้างดิน จากการกัดเซาะ

2.5.10.1.8. ระบบท่อนำก๊าซที่กะทัดรัด และมีประสิทธิภาพ

หน้าที่ : รวบรวม และควบคุมการระบายก๊าซชีวภาพ ไปใช้ประโยชน์

2.5.10.1.9. ระบบบำบัดโดยสมบูรณ์ขั้นสุดท้าย

หน้าที่ : ปรับปรุงคุณภาพน้ำขั้นสุดท้าย และเป็นบ่อเก็บน้ำรีไซเคิล

จากเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพที่ใช้ในประเทศไทย จะสามารถเลือกระบบที่สามารถทดลองเครื่องเพิ่มประสิทธิภาพก๊าซชีวภาพในการวิจัยอย่างเหมาะสมได้ โดยคณะผู้วิจัยได้เลือกโรงเรียนบ้านห้วยยางเป็นแหล่งก๊าซชีวภาพที่ใช้ในการวิจัย ซึ่งมีลักษณะของระบบก๊าซชีวภาพเป็นแบบ Covered lagoon และใช้วัตถุดิบในการผลิตก๊าซชีวภาพจากฟาร์มสุกร ข้อมูลนี้จึงสามารถนำไปใช้ในการออกแบบเครื่องเพิ่มประสิทธิภาพก๊าซชีวภาพได้

2.6 ก๊าซมีเทน (CH₄)

ก๊าซมีเทน (CH₄) เป็นสารไฮโดรคาร์บอนประเภทอัลเคน (alkane) หรือ พาราฟิน (paraffins) ที่ได้จากกระบวนการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุของจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน

คุณสมบัติเฉพาะ

เป็นก๊าซเรือนกระจก ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส

อุณหภูมิที่จุดไฟได้เอง (Auto Ignition) : 640-840 °C

อุณหภูมิเมื่อเผาไหม้ : 2,000 °C

ค่าความร้อนจากการเผาไหม้ : 8,260 กิโลแคลอรี/ลูกบาศก์เมตร

ความสามารถการละลายน้ำ (Solubility in Water) : 24×10^{-3} กรัม/ลิตร

ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น น้ำ (H₂O) มันเบนซิน (C₆H₆) อีเทอร์

(CH₃-CH₂-O-CH₂-CH₃) เอทานอล (CH₃CH₂OH) เป็นต้น

จากข้อมูลทำให้เรารู้ถึงคุณสมบัติของก๊าซมีเทนซึ่งเป็นก๊าซที่จะใช้ในการหุงต้มซึ่งเป็นส่วนสำคัญของการทำวิจัยครั้งนี้

2.7 แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558 – 2579

ตามที่ภาครัฐมีนโยบายใหม่ด้านพลังงานไฟฟ้า โดยมีแนวทางการจัดทำแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้า พ.ศ. 2558 – 2579 (Power Development Plan: PDP2015) พร้อมทั้งจัดทำแผนอนุรักษ์พลังงาน (Energy Efficiency Development Plan: EEDP) และจัดทำแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก (Alternative Energy Development Plan: AEDP) ให้สอดคล้องกัน ต่อมาเมื่อวันที่ 15 ธันวาคม 2557 กพข. ได้เห็นชอบกรอบการจัดทำแผนดังกล่าวโดยยึดหลักดังนี้

2.7.1 ด้านความมั่นคงทางพลังงาน (Security) ต้องจัดหาไฟฟ้าให้เพียงพอต่อความต้องการใช้ไฟฟ้าและใช้เชื้อเพลิงหลากหลาย รวมทั้งมีความเหมาะสมเพื่อลดความเสี่ยงจากการพึ่งพาเชื้อเพลิงชนิดใดชนิดหนึ่งมากเกินไป

2.7.2 ด้านเศรษฐกิจ (Economy) ต้องคำนึงถึงต้นทุนการผลิตไฟฟ้าที่เหมาะสมและคำนึงการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพในภาคเศรษฐกิจต่างๆ

2.7.3 ด้านสิ่งแวดล้อม (Ecology) ต้องลดผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมและชุมชน โดยเฉพาะเป้าหมายในการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยผลิตไฟฟ้า

ในการจัดทำแผน PDP2015 ต้องสอดคล้องกับทิศทางการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศซึ่งจัดทำและประมาณการโดยสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.)

ได้คาดการณ์ว่าจะมีการเติบโตทางเศรษฐกิจจะยาวที่ร้อยละ 3.94 ต่อปี และในส่วนของ การบูรณาการ กับแผนพลังงานที่เกี่ยวข้อง คาดว่าผลการเพิ่มประสิทธิภาพตามแผนอนุรักษ์พลังงานจะส่งผลให้เกิดการใช้ไฟฟ้าลดลงประมาณ 89,627 ล้านหน่วย (GWh) ในปี 2579 นอกจากนั้น ยังมีแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกเน้นการพัฒนาพลังงานทดแทนให้เต็มศักยภาพในแต่ละพื้นที่โดยจะมีการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงขยะชีวมวล และ ก๊าซชีวภาพ รวมทั้งพลังงานทดแทนอื่นๆ เช่น ลม แสงอาทิตย์ พร้อมขยายระบบส่งไฟฟ้าและระบบจำหน่ายไฟฟ้าของ 3 การไฟฟ้า ให้รองรับการส่งเสริมพลังงานทดแทนเป็นรายพื้นที่ ตลอดจนพัฒนาระบบ Smart Grid เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนจากนโยบายดังกล่าวได้กำหนดกรอบประมาณการสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงของ แผน PDP2015 ในปี 2579 ดังนี้

ประเภทเชื้อเพลิง	ณ ปี 2557 ประมาณร้อยละ	ณ ปี 2569 ประมาณร้อยละ	ณ ปี 2579 ประมาณร้อยละ
ซื้อไฟฟ้าพลังน้ำต่างประเทศ	7	10 - 15	15 - 20
ถ่านหินเทคโนโลยีสะอาด (รวมลิกไนต์)	20	20 - 25	20 - 25
พลังงานหมุนเวียน (รวมพลังน้ำ)	8	10 - 20	15 - 20
ก๊าซธรรมชาติ	64	45 - 50	30 - 40
นิวเคลียร์	-	-	0 - 5
ดีเซล/น้ำมันเตา	1	-	-

ภาพที่ 2.15 กรอบประมาณการสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงของแผน PDP2015 ในปี 2579

ที่มา: แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558 – 2579

สถานภาพกำลังผลิตไฟฟ้าปัจจุบัน

ณ สิ้นเดือน ธันวาคม 2557 กำลังผลิตไฟฟ้ารวมของประเทศไทยเท่ากับ 37,512 เมกะวัตต์ แยกได้เป็นกำลังผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าประเภท Firm (ในระบบ กฟผ.) จำนวน 34,668 เมกะวัตต์ รับซื้อไฟฟ้าจาก SPP Non-firm จำนวน 915 เมกะวัตต์ รับซื้อไฟฟ้าจาก VSPP จำนวน 2029 เมกะวัตต์ แบ่งตามประเภทโรงไฟฟ้า

1. พลังงานความร้อนร่วม	21,145 เมกะวัตต์	ร้อยละ 56.2
2. พลังความร้อน	7,538 เมกะวัตต์	ร้อยละ 20.0
3. พลังงานหมุนเวียน	8,476 เมกะวัตต์	ร้อยละ 22.5
4. กังหันก๊าซ เครื่องยนต์ดีเซล	153 เมกะวัตต์	ร้อยละ 0.5
5. สายส่งเชื่อมโยงไทย-มาเลเซีย	300 เมกะวัตต์	ร้อยละ 0.8
รวม	37,612 เมกะวัตต์	

2.8 แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 – 2579

สถานการณ์การพัฒนาพลังงานทดแทน

การพัฒนาพลังงานทดแทนในประเทศไทยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เป็นผลมาจากนโยบายส่งเสริมการผลิตการใช้พลังงานทดแทน โดยการใช้งานจะอยู่ในรูปของพลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน และ เชื้อเพลิงชีวภาพ โดยในปี 2557 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานทดแทนทั้งสิ้น 9,025 พันตันเทียบกับน้ำมันดิบ (ktoe) เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 9.6 หรือคิดเป็นร้อยละ 11.9 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย

พลังงานทดแทน	หน่วย	ผลการดำเนินงาน		
		2555	2556	2557
ไฟฟ้า*	เมกะวัตต์	2,786	3,788	4,494
	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	1,138	1,341	1,467
1. แสงอาทิตย์	เมกะวัตต์	376.72	823.46	1,298.51
2. พลังงานลม	เมกะวัตต์	111.73	222.71	224.47
3. พลังน้ำขนาดเล็ก	เมกะวัตต์	101.75	108.80	142.01
4. ชีวมวล	เมกะวัตต์	1,959.95	2,320.78	2,451.82
5. ก๊าซชีวภาพ	เมกะวัตต์	193.40	265.23	311.50
6. ชยะชุมชน	เมกะวัตต์	42.72	47.48	65.72
ความร้อน	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	4,886	5,279	5,775
1. แสงอาทิตย์	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	3.50	4.50	5.10
2. ชีวมวล	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	4,346.00	4,694.00	5,144.00
3. ก๊าซชีวภาพ	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	458.00	495.00	528.00
4. พลังงานชยะ	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	78.20	85.00	98.10
เชื้อเพลิงชีวภาพ	ล้านลิตร/วัน	4.20	5.50	6.10
	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	1,270	1,612	1,783
1. เอทานอล	ล้านลิตร/วัน	1.40	2.60	3.21
2. ไบโอดีเซล	ล้านลิตร/วัน	2.80	2.90	2.89
การใช้พลังงานทดแทน (พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)		7,294	8,232	9,025
การใช้พลังงานขั้นสุดท้าย (พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)		73,316	75,214	75,804
สัดส่วนพลังงานทดแทนต่อการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย (%)		9.95	10.94	11.91

*รวมการผลิตไฟฟ้านอกกริด (including off grid power generation) และไม่รวมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำขนาดใหญ่

ภาพที่ 2.16 ผลการดำเนินงานด้านพลังงานทดแทน ปี 2555 - 2557

ที่มา: แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 – 2579

จาก แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558 – 2579 และ แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 – 2579 จะสังเกตได้ว่าพลังงานทดแทนกำลังมีบทบาทมากขึ้นและจะเป็นพลังงานที่สำคัญมากขึ้นในอนาคต

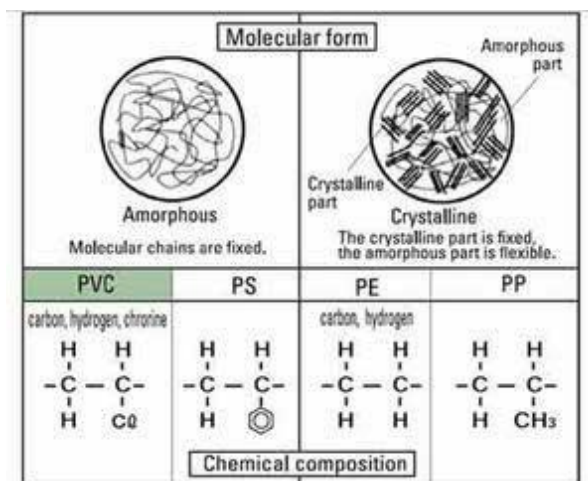
2.9 พลาสติกพอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinylchloride: PVC)

PVC (Polyvinylchloride) เป็นพลาสติกที่สามารถเปลี่ยนคุณสมบัติได้ด้วยการเติมสารเคมี โดยทั่วไป PVC มีความนิยมใช้งานในกลุ่มอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์น้อยกว่ากลุ่มอุตสาหกรรมอื่น เนื่องจาก PVC ประกอบไปด้วยสารเคมีปรุงแต่งทำให้เกิดการตกค้างของสารเคมีในบรรจุภัณฑ์ แต่มีบรรจุภัณฑ์บางชนิดที่ผลิตจาก PVC และสามารถนำมาใช้ได้โดยไม่มีสารเคมีตกค้าง เช่น พลาสติกยืดสำหรับห่อเนื้อสัตว์และผลไม้สด ถาดบรรจุอาหารแห้ง ขวดบรรจุน้ำมันพืช เป็นต้น

ในประเทศในยุโรปและอเมริกา PVC ถูกเรียกว่า "ไวนิล" ซึ่งมักจะนำไปใช้เรียกงานพลาสติกที่ต้องการความยืดหยุ่นสูงเช่น การทำพื้น และ ผนังเทียม PVC เป็น Thermoplastic ที่ประกอบด้วย คลอรีน (Cl) 57% ซึ่งเป็นผลผลิตจากแก๊สอุตสาหกรรม และ 43% มาจากคาร์บอนซึ่งสกัดมาจากน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ นอกจากนี้ PVC ยังมีคุณสมบัติทนไฟและดับไฟได้จากคุณสมบัติของสารประกอบคลอรีน (Cl)

2.9.1 โครงสร้างของพลาสติก PVC

PVC, PE, PP และ PS เป็นพลาสติกที่ใช้งานทั่วไป โดยส่วนประกอบและโครงสร้างของโมเลกุลของพลาสติกจะเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติของพลาสติก โครงสร้างโมเลกุลของพลาสติก PVC ซึ่งมีคลอรีน (Cl) เป็นส่วนประกอบ มีรูปร่างไม่แน่นอน อะตอมของคลอรีนอยู่ติดกับโครงสร้างเนื้อพลาสติก พิวซีมีคุณสมบัติเฉพาะตัวในด้านประสิทธิภาพและความยืดหยุ่นของการใช้งานที่แตกต่างเมื่อเทียบกับพลาสติกอื่นที่โครงสร้างมีแต่คาร์บอน (C) และไฮโดรเจน (H)



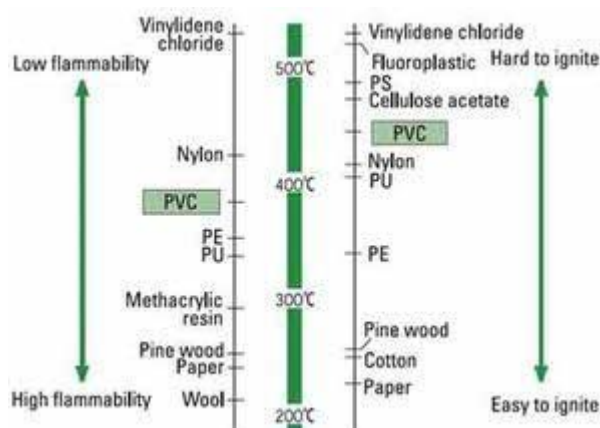
ภาพที่ 2.17 โครงสร้างโมเลกุลของ PVC

ที่มา: <http://www.kitiwatana.com/home/57>

PVC มีสมบัติความคงทนต่อปฏิกิริยาเคมี (Chemical stability) เช่นทำให้ติดไฟได้ช้า คงทน และทนต่อสารเคมีและน้ำมันการติดไฟช้าของPVC ซึ่งเป็นคุณสมบัติทั่วไปของสารที่มีธาตุฮาโลเจน เช่น คลอรีน (Cl) ประกอบอยู่

2.9.2 การติดไฟช้าของ PVC

PVC ลูกไหม้ช้าเพราะมีคลอรีน (Cl) เป็นส่วนประกอบทำให้มีความคงทน การจุดติดไฟของ PVC ต้องใช้ความร้อนมากถึง 455 องศาเซลเซียสและเป็นสารที่เสี่ยงต่อการเกิดเพลิงไหม้น้อย เพราะติดไฟได้ยากมาก



ภาพที่ 2.18 การเผาไหม้และติดไฟของพลาสติก

ที่มา: <http://www.kitiwatana.com/home/57>

ยิ่งไปกว่านั้น ความร้อนที่ที่ถูกปล่อยออกมาจากการเผาไหม้ของPVCมีน้อยเมื่อเทียบกับพลาสติก PE หรือ PP หากเกิดการติดไฟของPVC ไฟจะลุกลามหรือกระจายตัวไปยังบริเวณข้างเคียงได้น้อย ดังนั้นสินค้าที่ทำจากPVCจึงมีการใช้งานอย่างแพร่หลายและมีความปลอดภัยในการใช้งาน

Material	Maximum heat release (kW/m ²)
PVC	91
Fire resistant ABS	250
Fire resistant PS	315
ABS	746
PS	859
Polyester	1216
PE	1325
PP	1335

Source: PVC and polymer Vol.29 (1989)

ภาพที่ 2.19 การปล่อยความร้อนของพลาสติก

ที่มา: <http://www.kitiwatana.com/home/57>

2.9.3 ความทนทานของ PVC

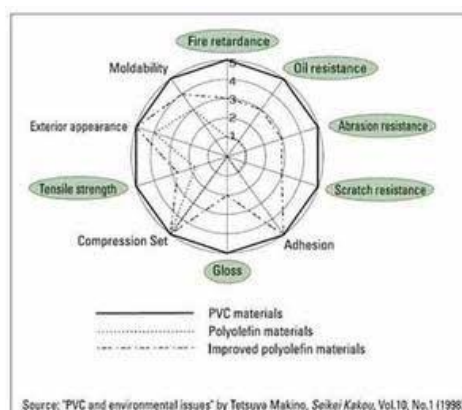
ในสภาวะปกติ ปัจจัยที่แสดงถึงความทนทานคือความต้านทานต่อการออกซิเดชันด้วยออกซิเจนในบรรยากาศ PVC มีโครงสร้างโมเลกุลที่มีอะตอมของคลอรีน (Cl) ทำพันธะกับห่วงโซ่คาร์บอน ซึ่ง PVC มีความต้านทานต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันและสามารถคงรูปอยู่ได้นาน พลาสติกอื่น ๆ ที่มีโครงสร้างจากคาร์บอนและไฮโดรเจนมีความเสี่ยงต่อการถูกทำลายด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชันเมื่อนำมาใช้งานที่นานกว่าปกติ (เช่นการนำกลับมาใช้ใหม่, การรีไซเคิล) ท่อพีวีซีแข็งที่มีอายุใช้งาน 35 ปี ยังคงสภาพเดิมไม่มีการเปลี่ยนคุณสมบัติ การทนความร้อนของ PVC ที่น้อยลงตามการใช้งานนั้นสามารถทำกลับให้เป็นเหมือนเดิมได้โดยการเติมสารเติมแต่งลงไป ดังนั้น PVC จึงสามารถนำกลับมาใช้ใหม่และรีไซเคิลได้โดยที่คุณสมบัติยังใกล้เคียงกับ PVC ใหม่

2.9.4 การทนน้ำมันและสารเคมีของ PVC

PVC ทนต่อกรดต่างและสารอินทรีย์ แม้ PVC สามารถละลายได้ในเบนซีน คีโตน และอะซิคลิกอีเธอร์ แต่ PVC ละลายในสารอินทรีย์อื่นๆได้ยาก ด้วยคุณสมบัตินี้ PVC จึงถูกนำมาใช้ในการผลิตท่อก๊าซ ท่อดัก แผ่นซีทในงานก่อสร้าง ขวด ท่อยาง และสายยาง

2.9.5 การคงสภาพทางกายภาพของ PVC

PVC ทนต่อสภาวะทางเคมีและกายภาพมาก โดยปกติพันธะของห่วงโซ่โพลิเมอร์ที่ยาวของ PVC มีความยืดหยุ่นและสามารถถูกทำลายได้เมื่อถูกแรงจากภายนอกกระทำอย่างต่อเนื่อง แม้ว่าแรงนี้จะน้อยกว่าแรงจุดแตกหัก ซึ่งการเปลี่ยนสภาพนี้เกิดจากความเครียดของวัสดุ แม้ PVC จะมีความยืดหยุ่นแต่การเปลี่ยนสภาพด้วยความเครียดนั้นมีน้อยมาก เมื่อเทียบกับพลาสติกชนิดอื่นเพราะการเคลื่อนที่ของโมเลกุลมีน้อยมากในอุณหภูมิปกติ



ภาพที่ 2.20 สภาพทางกายภาพของ PVC

ที่มา: <http://www.kitiwatana.com/home/57>

2.9.6 การแปรรูป PVC

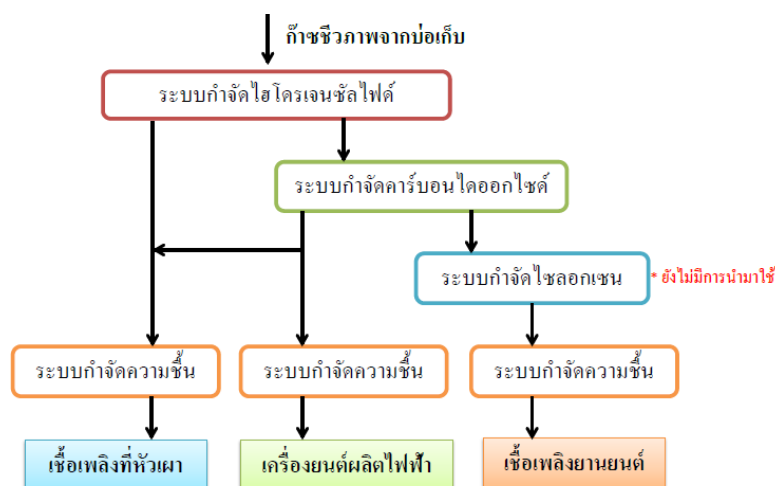
การแปรรูปของเทอร์โมพลาสติกขึ้นอยู่กับความหนืดที่จุดหลอมเหลว PVC ไม่เหมาะสำหรับงานใส่แม่พิมพ์ขนาดใหญ่เนื่องจากมีความหนืดสูงมาก ในทางกลับกันความยืดหยุ่นของ PVC ที่หลอมเหลว มีค่าคงที่ที่อุณหภูมิต่างๆ และไม่สัมพันธ์อุณหภูมิ ดังนั้นPVCเหมาะกับการงานอัดรีดในงานวัสดุที่ใช้สร้างบ้าน งานรีดแผ่นฟิล์ม งานชีทสำหรับหนังเทียม

2.9.7 คุณสมบัติอื่นๆ

PVCสามารถปรับเปลี่ยนคุณสมบัติต่างๆเช่น ความยืดหยุ่น ความนิ่ม ความแข็งแรง สี ได้ตามที่ต้องการ โดยมีPVC เรซินบางชนิดที่ต้องการคุณสมบัติเหล่านี้

จากคุณสมบัติและลักษณะต่างๆ ของ PVC ทำให้ได้วัสดุที่ใช้ในการจัดทำเครื่องเพิ่มประสิทธิภาพก๊าซชีวภาพที่มีความทนทานต่อสารเคมีและหาได้ง่ายในการทำวิจัยครั้งนี้

2.10 เทคโนโลยีการบำบัดก๊าซชีวภาพ



ภาพที่ 2.21 แผนผังการบำบัดก๊าซชีวภาพ

ที่มา: <http://php.diw.go.th/safety/wp-content/uploads/2015/02/>

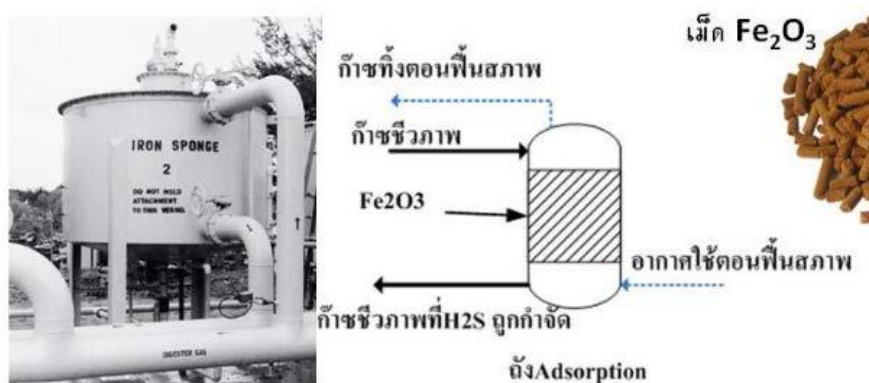
2.10.1. เทคโนโลยีที่ใช้กำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)

สามารถกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ได้ 2 วิธีคือการกำจัดแบบแห้งและแบบเปียก

2.10.1.1. การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) แบบแห้ง

สารดูดซับจะจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในขณะที่ก๊าซชีวภาพที่มีก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ไหลผ่าน สารดูดซับ เช่น Activated carbon, Iron oxide (Fe_2O_3) ในรูปผงหรือเม็ด (Pellet) Fe_2O_3 หรือใช้ฝอยเหล็กที่เป็นสนิม เมื่อมีการจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จนอิ่มตัวแล้ว

ต้องเปลี่ยนสารดูดซับใหม่ แล้วนำสารดูดซับที่อิ่มตัวไปฟื้นฟูสภาพ (Regenerate) ด้วยอากาศ และสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ กระบวนการดูดซับจะต้องมีถึงปฏิกรณ์หลายใบที่ทำงานเพื่อสำรองไว้ระหว่างฟื้นฟูสภาพและควรใช้ถังสแตนเลส เนื่องจากระหว่างการฟื้นฟูสภาพจะมีอุณหภูมิสูงมากและอาจเกิดไฟไหม้ได้



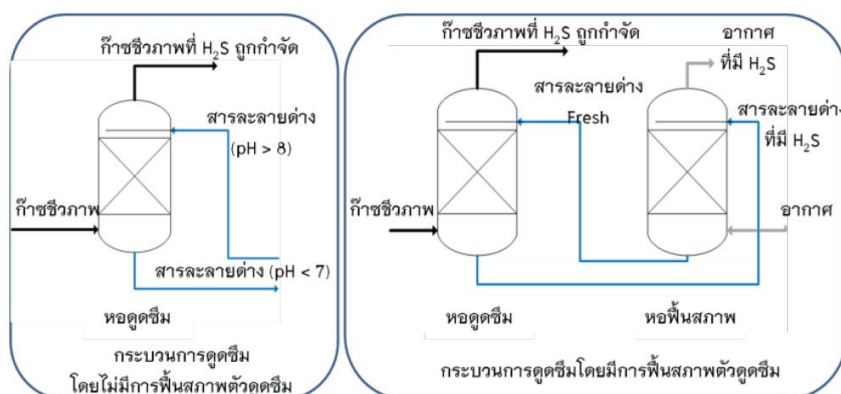
ภาพที่ 2.22 การดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพ

ที่มา: คู่มือการปฏิบัติงานเกี่ยวกับการออกแบบ การผลิต การควบคุมคุณภาพ และการใช้ก๊าซชีวภาพ (Biogas) สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

2.10.1.2. กระบวนการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยสารละลายต่าง (H₂S

Absorption)

กระบวนการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H₂S Absorption) เพื่อกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยใช้สารละลายต่าง มีทั้งแบบการฟื้นฟูสภาพตัวดูดซับ และแบบไม่มีการฟื้นฟูสภาพตัวดูดซับ ควรใช้น้ำ pH > 8 อุณหภูมิต่ำ ประมาณ 10 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 2.23 การดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยสารละลายต่าง

ที่มา: <http://php.diw.go.th/safety/wp-content/uploads/2015/02/>

2.10.2. การดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาจากแกลบ

2.10.2.1 ซิลิกา

ซิลิกา หรือ ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) เป็นสารประกอบของซิลิกอน และ ออกซิเจน มีลักษณะเป็นผลึก ไม่มีสี หรือเป็นผลึกสีขาว ไม่มีกลิ่น และรส พบมากในดิน และหิน และเป็นธาตุที่มีมากเป็นอันดับ 2 บนเปลือกโลกรองจากออกซิเจน และถูกนำมาใช้ประโยชน์ในหลายด้าน เช่น เป็นสารดูดซับความชื้น เป็นสารเพิ่มความเงา เป็นส่วนผสมของวัสดุก่อสร้าง และใช้เป็นสารเพิ่มความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ เป็นต้น

คุณสมบัติทั่วไป

ชื่อทั่วไป : silica, quartz, free crystalline silica, silica flour, silica

สูตรโมเลกุล : SiO_2

น้ำหนักโมเลกุล : 60.1

สถานะ : ของแข็งสีขาว ไม่มีกลิ่น

ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) : 2.2-2.6

จุดเดือด (Boiling Point) : มากกว่า 2200 องศาเซลเซียส

จุดหลอมเหลว (Melting Point) : 1713 องศาเซลเซียส

การละลาย :

- ไม่ละลายน้ำหรือละลายได้น้อย
- ไม่ละลายในกรดทุกชนิด ยกเว้นกรดไฮโดรฟลูออริก
- ละลายได้โดยการหลอมกับด่าง

การติดไฟ : ไม่ลุกติดไฟ

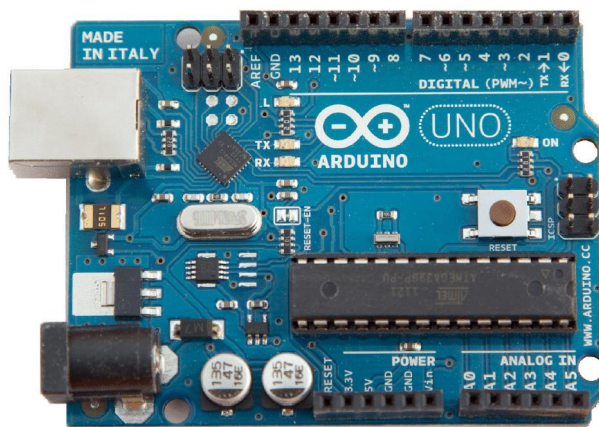
2.10.2.2. การสกัดซิลิกาจากแกลบ

คุณสมบัติการดูดซับความชื้นของซิลิกาที่สกัดจากแกลบในอัตราส่วนความชื้นและมวลที่ต่างกันโดยกำหนดให้ความหนาแน่น อุณหภูมิ และอัตราส่วนของความหนาต่อพื้นที่หน้าตัดคงที่พบว่าซิลิกาที่สกัดจากแกลบสามารถดูดซับความชื้นได้ 20 – 40% ของน้ำหนักซิลิกา โดยอัตราการดูดซับความชื้นจะแปรผันตามอัตราส่วนความชื้นภายในอากาศเมื่ออัตราส่วนความชื้นภายในอากาศลดลง ในอุณหภูมิเดียวกัน ความดันไอลดลง ความสามารถในการดูดซับความชื้นของสารดูดความชื้นก็จะลดลงและ จำนวนอนุภาคไอน้ำที่สารดูดซับความชื้นสามารถดูดซับได้จะลดลงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระยะทางที่เพิ่มขึ้น (ความหนา) (ธนาชัย จงสุวรรณไพศาล.2548)

จากเทคโนโลยีการบำบัดก๊าซชีวภาพทำให้คณะผู้วิจัยได้แนวทางในการนำเสนอหลัก และชิลิกาจาก แกลบ ที่สังเคราะห์ขึ้นเองด้วยเตาชีวมวลเข้ามาทำการบำบัดก๊าซชีวภาพในเครื่องเพิ่มประสิทธิภาพก๊าซชีวภาพในการวิจัยครั้งนี้

2.11 Arduino

Arduino คือ โครงการที่นำชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้ร่วมกันในภาษา C ซึ่งมีลักษณะเฉพาะคือมีการเขียนไบบารีของ Arduino ขึ้นมาเพื่อให้การสั่งงานไมโครคอนโทรลเลอร์ที่แตกต่างกันสามารถใช้งานโค้ดตัวเดียวกันได้โดยตัวโครงการได้ออกบอร์ดทดลองมาหลายรูปแบบเพื่อใช้งานกับ IDE ของตนเอง สาเหตุที่ทำให้ Arduino เป็นนิยมมากเพราะซอฟต์แวร์ที่ใช้งานร่วมกันสามารถโหลดได้ฟรีและตัวบอร์ดทดลองยังถูกแจกแปลนทำให้ผู้ผลิตจินนำไปผลิตและขายออกตลาดมาในราคาถูก



ภาพที่ 2.25 Arduino

ที่มา: <https://reference.wolfram.com/language/ref/device/Arduino.html>

จากข้อมูลของ Arduino ที่มีลักษณะหาซื้อได้ง่ายและออกแบบได้หลากหลาย Arduino จึงเหมาะที่จะนำมาทำเครื่องตรวจสอบการรั่วไหลของก๊าซชีวภาพ และวัดปริมาณก๊าซมีเทนที่มีในก๊าซชีวภาพในการวิจัยครั้งนี้ได้

2.12 โมดูลเซนเซอร์ตรวจจับก๊าซมีเทน (CH₄)

MQ-4 เป็นโมดูลสำหรับวัดระดับความเข้มข้นของก๊าซมีเทน (CH₄) ตั้งแต่ 200 ถึง 10000ppm มีความไวในการตรวจจับสูง สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมและภายในครัวเรือน ส่วนตรวจจับของเซนเซอร์เป็น ดีบุกไดออกไซด์ (SnO₂) ซึ่งเป็นตัวนำไฟฟ้า เมื่อมีก๊าซมีเทน (CH₄) มากขึ้นความเป็น

ตัวนำของเซนเซอร์จะมากขึ้น แล้วนำกระแสไฟฟ้าที่ได้ระหว่าง 0-5 V ออกมาเป็นสัญญาณเอาต์พุตเพื่ออ่านค่าปริมาณก๊าซมีเทน (CH_4)

คุณสมบัติ

สามารถตรวจจับก๊าซมีเทน, ก๊าซธรรมชาติได้

มีความไวในการตรวจจับแอลกอฮอล์, คว้นเล็กน้อย.

ตอบสนองเร็ว เสถียรและใช้ได้นาน เป็นวงจรขึ้นพื้นฐาน

การประยุกต์ใช้

ใช้ในอุปกรณ์ตรวจจับการรั่วไหลของก๊าซในครัวและอุตสาหกรรมเหมาะสำหรับการตรวจจับมีเทน, ก๊าซธรรมชาติ LNG หลีกเลี้ยงแอลกอฮอล์และคว้นการปรุงอาหารและคว้นการบูห์ใช้ในอุปกรณ์ตรวจจับการรั่วไหลของก๊าซในครัวและอุตสาหกรรมเหมาะสำหรับการตรวจจับมีเทน, ก๊าซธรรมชาติ LNG

ข้อมูลจำเพาะ

A. สภาพการทำงานมาตรฐาน

สัญลักษณ์	ชื่อตัวแปร	เงื่อนไขทางเทคนิค	หมายเหตุ
V _c	Circuit voltage	5V±0.1	AC OR DC
V _H	Heating voltage	5V±0.1	AC OR DC
P _L	Load resistance	20KΩ	
R _H	Heater resistance	33Ω±5%	Room Tem
P _H	Heating consumption	less than 750mw	

B. สภาพแวดล้อม

สัญลักษณ์	ชื่อตัวแปร	เงื่อนไขทางเทคนิค	หมายเหตุ
T _{ao}	Using Tem	-10°C-50°C	
T _{as}	Storage Tem	-20°C-70°C	
R _H	Related humidity	less than 95%Rh	
O ₂	Oxygen concentration	21%(สภาพมาตรฐานปริมาณของออกซิเจนอาจส่งผลต่อความไว	ค่าน้อยที่สุดต้องมากกว่า 2%

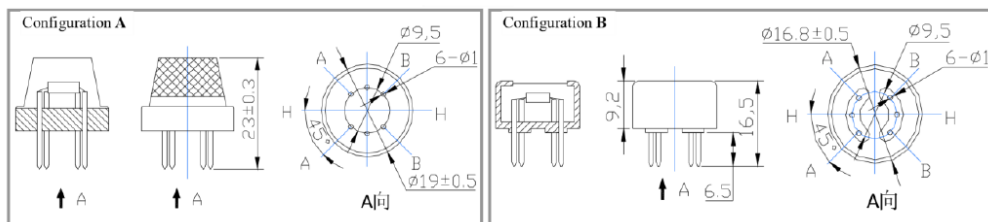
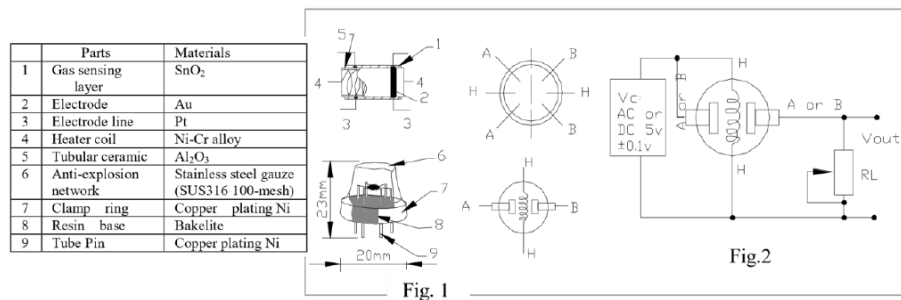
C. ลักษณะความไว

สัญลักษณ์	ชื่อตัวแปร	เงื่อนไขทางเทคนิค	หมายเหตุ 2
Rs	Sensing Resistance	10KΩ- 60KΩ (1000ppm CH ₄)	ขอบเขตความเข้มข้นที่ ตรวจจับได้ : 200- 10000ppm CH ₄ , natural gas
α (1000ppm/ 5000ppm CH ₄)	Concentration slope rate	≤0.6	
สภาพการ ตรวจจับ มาตรฐาน	Temp: 20°C±2°C Vc:5V±0.1 Humidity: 65%±5% Vh: 5V±0.1		
Preheat time (เวลาอุ่นเครื่อง มั่ง)	Over 24 hour		

ภาพที่ 2.26 คุณสมบัติของ MQ-4

ที่มา: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-4.pdf>

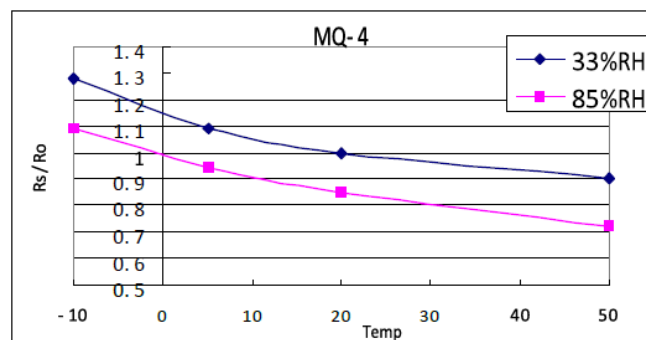
D. Structure and configuration, basic measuring circuit



ที่มา: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-4.pdf>

โครงสร้างและการกำหนดค่าของเซนเซอร์ก๊าซ MQ-4 จะแสดงเป็นดังรูปที่ (Configuration A หรือ B) เซนเซอร์ประกอบด้วยหลอดแก้วเซรามิก AL₂O₃ ขนาดเล็ก, ชั้นที่มีความไวต่อความร้อนดีบุกออกไซด์ (SnO₂), หัววัดและเครื่องทำความร้อนที่ยึดติดกับเปลือกที่ทำจากพลาสติก และตาข่ายสแตนเลส เครื่องทำความร้อนให้เงื่อนไขการทำงานที่จำเป็นสำหรับการทำงานของชิ้นส่วนที่มีความละเอียดอ่อน MQ-4 ที่ห่อหุ้มมี 6 ขา มี 4 ตัวใช้ในการดึงสัญญาณและอีก 2 ตัวใช้สำหรับให้ความร้อน วงจรการวัดค่าพารามิเตอร์ไฟฟ้าแสดงดังรูป

Fig.2 ลักษณะความไวของ MQ-4



ภาพที่ 2.28 ลักษณะความไวของ MQ-4

ที่มา: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-4.pdf>

การปรับความไว

ค่าความต้านทานของ MQ-4 แตกต่างกับชนิดต่างๆและก๊าซความเข้มข้นต่างๆ ดังนั้นเมื่อใช้ส่วนประกอบนี้การปรับความไวจึงเป็นสิ่งจำเป็นมาก แนะนำให้ปรับเทียบเครื่องตรวจจับสำหรับ 5000 ppm ของ CH_4 ในอากาศและค่าการใช้งานของความต้านทานต่อการไหล (RL) ประมาณ $20\text{K}\Omega$ ($10\text{K}\Omega$ ถึง $47\text{K}\Omega$) ควรตรวจสอบจุดเตือนภัยที่เหมาะสมสำหรับเครื่องตรวจจับก๊าซหลังจากพิจารณาถึงอุณหภูมิและความชื้น



ภาพที่ 2.29 โมดูลเซนเซอร์ MQ-4 สำหรับตรวจวัดก๊าซมีเทน

ที่มา: <https://www.dx.com/p/mq-4-methane-natural-gas-sensor-detector-module>

จากข้อมูลของโมดูลเซนเซอร์ MQ-4 ทำให้ได้อุปกรณ์ตรวจจับก๊าซมีเทนซึ่งเป็นก๊าซสำคัญในการเป็นเชื้อเพลิงของก๊าซชีวภาพ และสามารถนำไปประยุกต์เป็นเครื่องเตือนเมื่อก๊าซชีวภาพรั่วไหลได้อีกด้วย

2.13 โมดูลตรวจวัดความชื้น DHT11

Specification

ย่านวัดความชื้น 20-90% RH โดยมีค่าความแม่นยำ $\pm 5\%$ RH ความละเอียดใน

การวัด 1 % แสดงผลแบบ 8 บิต

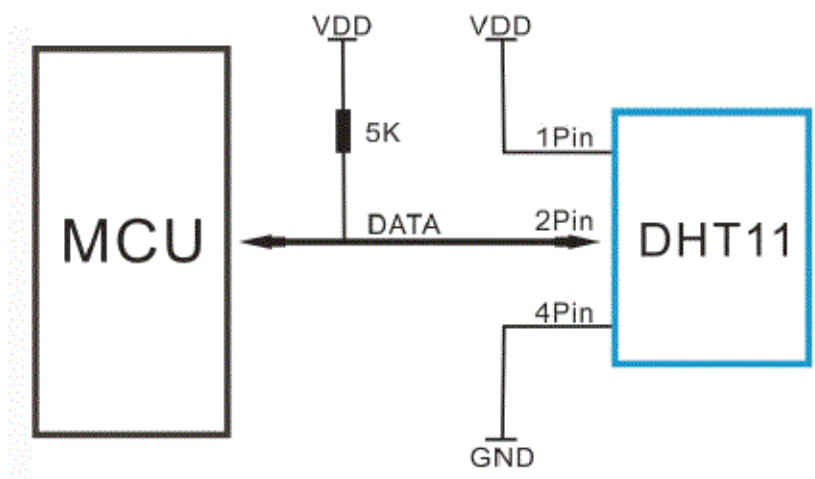
ย่านวัดอุณหภูมิ 0 -50 องศาเซลเซียส โดยมีค่าความแม่นยำ ± 2 องศาเซลเซียส

ความละเอียดในการวัด 1 องศาเซลเซียส แสดงผลแบบ 8 บิต

มี PIN 4 ขารายละเอียดดังรูปด้านบน

กินกระแส 0.5 - 2.5 mA (ขณะทำการวัดค่า) ที่ระดับแรงดัน 3 - 5.5 VDC

อ่านค่าสัญญาณ (Sample Rate) ทุก 1 วินาที



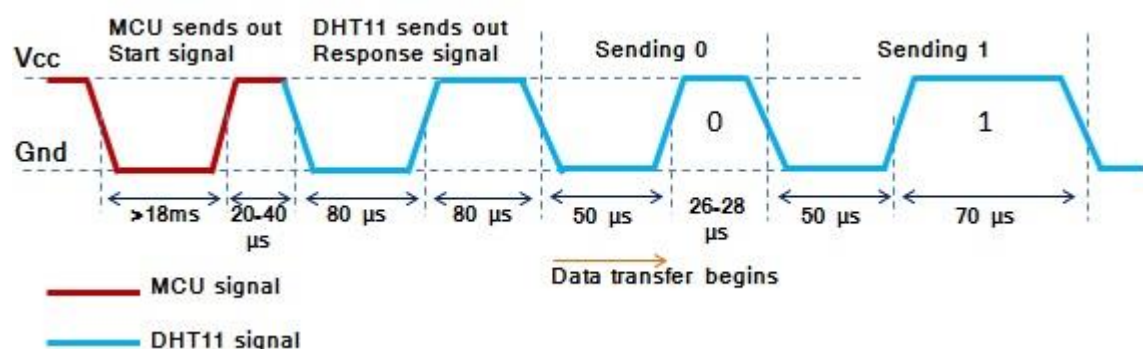
ภาพที่ 2.30 การต่อใช้งานโมดูล DHT11

ที่มา: <https://www.arduitronics.com/article/13/>

อุปกรณ์ DHT11 นี้ใช้การสื่อสารกับ MCU ของเราด้วยวิธี Single-wire Two-way Serial interface คือ การสื่อสารอนุกรมสองทางโดยใช้สายเส้นเดียว การสื่อสารแบบนี้จะใช้สายสื่อสารเพียงเส้นเดียวและส่งข้อมูลได้ทั้งจาก MCU ไปที่ตัว DHT11 และจาก DHT11 ไปยัง MCU

ในการสื่อสารโดยใช้สายเส้นเดียวนั้น จำเป็นต้องใช้โปรโตคอลที่ตกลงกันไว้ระหว่างตัว MCU และอุปกรณ์ที่ต้องการสื่อสารด้วย (Slave) อันดับแรก Master หรือ Arduino ของเราจะส่ง Start signal ที่เป็นแรงดันไฟฟ้าระดับต่ำอย่างน้อย 18 ไมโครวินาที ไปที่ Slave เพื่อให้ Slave เข้าใจว่าจะเริ่มส่งงาน แล้วรอไป 20-40 ไมโครวินาทีเพื่อรอ Slave ตอบกลับ

เพื่อให้ Master รู้ว่า Slave พร้อม Slave จะส่งแรงดันระดับต่ำกลับไป การส่งแรงดันจาก Slave กลับไปจะนาน 80 ไมโครวินาที จากนั้นจะรออีก 80 ไมโครวินาที ก่อนที่จะส่งข้อมูลบิตแรก



ภาพที่ 2.31 การส่งสัญญาณระหว่าง MCU กับ DHT11

ที่มา: <https://www.arduitronics.com/article/13/>

ในแต่ละชุดของข้อมูลที่ส่งมาจาก DH11 MCU รับข้อมูลแล้วจะต้องเอามาแปลงต่อ ว่าข้อมูลที่ส่งมาแปลว่าอะไร แต่ละชุดข้อมูลจะยาว 40 บิต และใช้เวลาส่งประมาณ 40 มิลลิวินาที

จากข้อมูลของ DHT11 เราจะได้โมดูลเซนเซอร์สำหรับวัดปริมาณความชื้นเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังผ่านเครื่องเพิ่มประสิทธิภาพได้

2.14 Tinkercad



ภาพที่ 2.32 Tinkercad

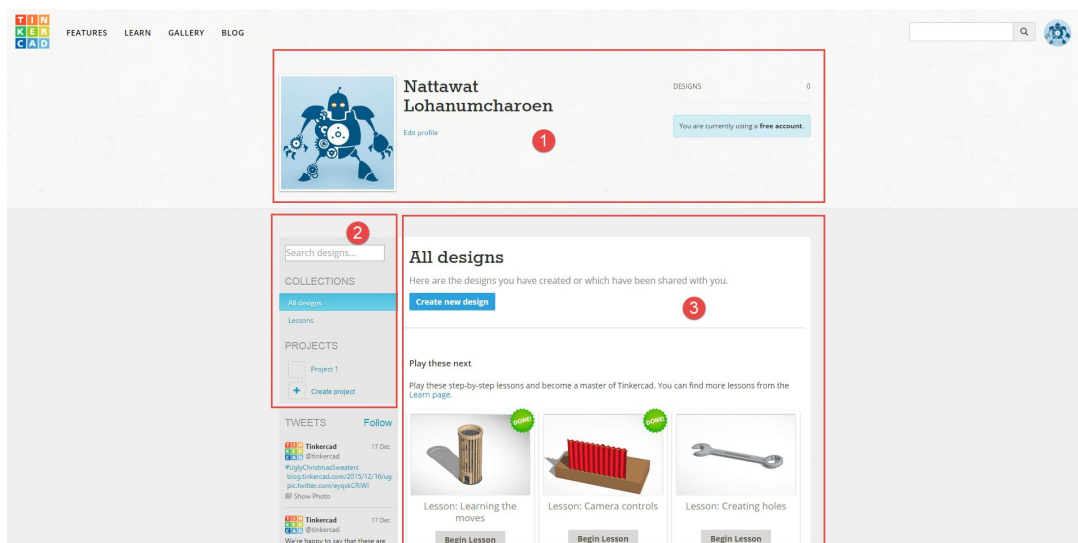
ที่มา: <https://www.g2crowd.com/products/tinkercad/reviews>

Tinkercad เป็นโปรแกรมออกแบบที่ทำงานบน Web Browser ซึ่งผู้ใช้จำเป็นต้องเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตเพื่อใช้งาน แต่ข้อดีของโปรแกรม Tinkercad คือฟรี และสามารถใช้งานได้ง่าย สามารถออกแบบแล้วบันทึกเก็บไว้เพื่อใช้กับเครื่องพิมพ์ 3D Printer โดยจุดประสงค์ของโปรแกรมนี้นี้คือถูกออกแบบมาสำหรับเด็ก ๆ เน้นรูปแบบการใช้งานที่ง่าย ไม่ซับซ้อน ซึ่งเหมาะเป็นอย่างมากสำหรับคนที่ยังออกแบบโมเดล 3 มิติ ไม่ชำนาญ

เริ่มต้นการใช้งานโปรแกรม Tinkercad

14.1 Dashboard

โปรแกรม Tinkercad จำเป็นต้องเปิดใน Web Browser โดยเข้าไปที่ www.tinkercad.com เมื่อ Sign In เรียบร้อยแล้ว จะเข้าสู่หน้าต่าง Dashboard ซึ่งเป็นที่เก็บไฟล์ที่เราออกแบบเอาไว้ แบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้



ภาพที่ 2.33 Dashboard

ที่มา: <https://www.siamregrap.com/2015/12/using-tinkercad-program-for-3d-printer/>

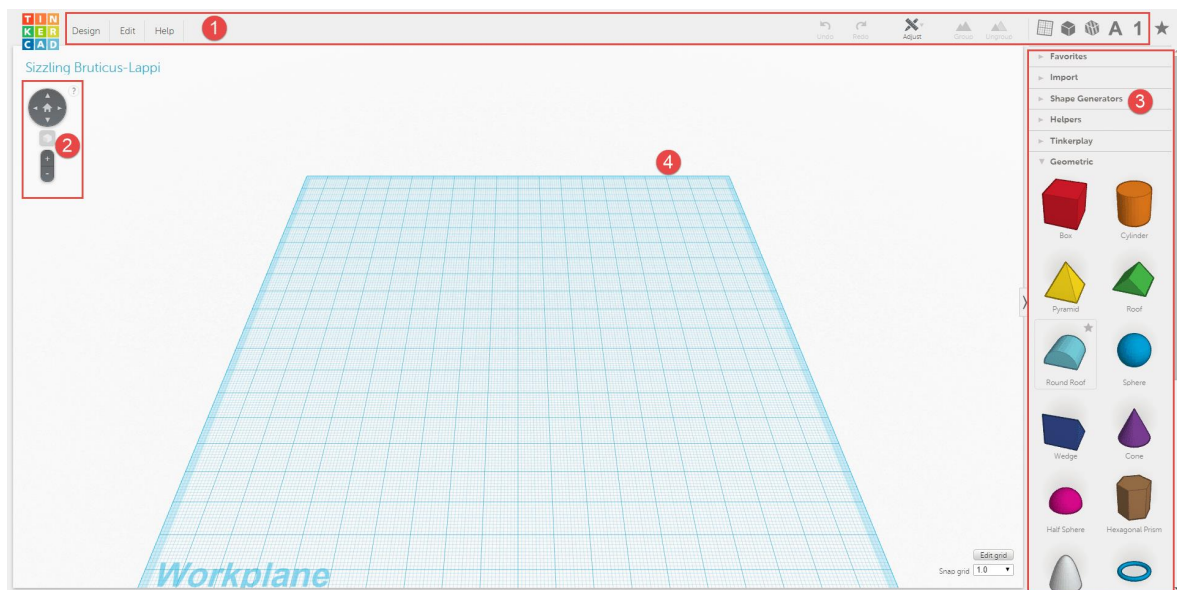
2.14.1.1. เป็นส่วนที่เอาไว้สำหรับแสดงข้อมูลเกี่ยวกับตัวผู้ใช้ เช่น รูปภาพที่ใช้สำหรับแชร์งาน และบอกสถานะของผู้ใช้ว่าเป็นสถานะอะไรเช่น free account ซึ่งตรงนี้ผู้ใช้สามารถแก้ไขข้อมูลของตัวเองได้โดยกดเลือกที่ Edit Profile

2.14.1.2. ในส่วนที่ 2 จะเป็นช่องสำหรับการค้นหา โมเดลที่ผู้ใช้ทำการ save เอาไว้ และยังมีปุ่มสำหรับสร้าง Project ซึ่งตรงนี้อเอาไว้สำหรับสร้างโครงการที่เราออกแบบ ยกตัวอย่างเช่น เราจะออกแบบโมเดล ตุ๊กตา ซึ่งมีส่วนประกอบของโมเดลหลายชิ้น เช่น หัว แขน ลำตัว เท้า เราก็ตั้งเป็น Project ขึ้นมา เวลาเขียนโมเดลเสร็จหนึ่งชิ้น ก็จะได้บันทึกอยู่ใน Project นั้น ซึ่งตรงนี้จะสะดวกมาก ในการค้นหาและแก้ไขโมเดล

2.14.1.3. ในส่วนนี้จะเป็นส่วนแสดงชิ้นงานทั้งหมดที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งถ้ายังไม่มีผลงาน มันก็จะแสดงเป็นบทเรียนในการใช้งานโปรแกรม Tinkercad ซึ่งถ้ามองไปด้านบน ก็จะมีปุ่ม Create New Design ซึ่งเอาไว้สำหรับสร้างงานโมเดลขึ้นมาใหม่

2.14.2. หน้าต่างการใช้งานโปรแกรม Tinkercad

เมื่อกดปุ่ม Create New Design แล้ว ก็จะเข้าสู่ในหน้าต่างการออกแบบของโปรแกรม Tinkercad ซึ่งประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก



ภาพที่ 2.34 หน้าต่างการใช้งานโปรแกรม Tinkercad

ที่มา: <https://www.siamreprap.com/2015/12/using-tinkercad-program-for-3d-printer/>

14.2.1. เมนูด้านบน

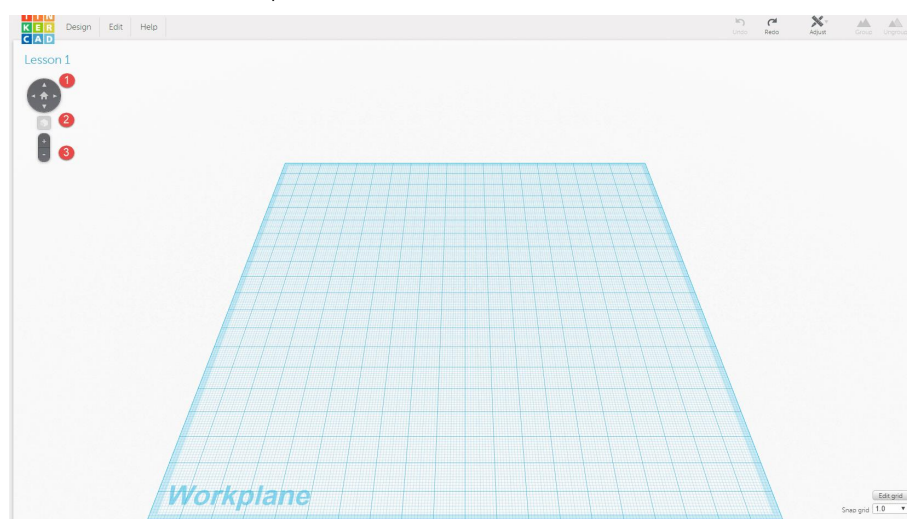
14.2.2. ส่วนควบคุมการแสดงผล

14.2.3. ส่วนการใช้งานในออกแบบ

14.2.4. พื้นที่แสดงและปรับแต่งโมเดลที่ออกแบบ

13.3. การควบคุมการแสดงผลโปรแกรม Tinkercad

สำหรับการควบคุมการแสดงผลนั้น แบ่งเป็น 3 ส่วนด้วยกัน



ภาพที่ 2.35 หน้าต่างควบคุมการใช้งานโปรแกรม Tinkercad

ที่มา: <https://www.siamreprap.com/2015/12/using-tinkercad-program-for-3d-printer/>

14.3.1. ใช้สำหรับเปลี่ยนมุมมองโดยการกดปุ่มลูกศรที่ต้องการเพื่อให้มุมมองเปลี่ยนไป

14.3.2. ใช้สำหรับ Zoom เข้าไปที่โมเดลที่ผู้ใช้กำลังทำงานอยู่

14.3.3. ใช้สำหรับ ขยายมุมมองเข้า ออก เพื่อช่วยในการออกแบบงาน

จากข้อมูลของโปรแกรม Tinkercad ทำให้สามารถออกแบบและสร้างโมเดลสามมิติเพื่อใช้เป็นบรรจุภัณฑ์เมื่อพิมพ์ด้วย 3D printer ได้

2.15 โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (UNEP)



รูปที่ 2.36 ตราสัญลักษณ์โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (UNEP)

ที่มา: <http://actionforclimate.deqp.go.th/?p=6403>

โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (UNEP) เป็นหน่วยงานด้านสิ่งแวดล้อมระดับโลกที่สำคัญ ทำหน้าที่กำหนดวาระด้านสิ่งแวดล้อมทั่วโลก ส่งเสริมการพัฒนาด้านสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนภายในระบบของสหประชาชาติและทำหน้าที่ผู้สนับสนุนสิ่งแวดล้อมโลกที่มีอำนาจ

UNEP มีหน้าที่หลัก 3 อย่าง

1. ประเมินสภาพและแนวโน้มของสิ่งแวดล้อมในระดับชาติและระดับภูมิภาค
2. พัฒนาเอกสารด้านสิ่งแวดล้อมระดับชาติและระหว่างประเทศ
3. เสริมสร้างสถาบันต่าง ๆ เพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างชาญฉลาด

ลำดับความสำคัญทางยุทธศาสตร์เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเพื่อเสริมสร้างความสามารถของประเทศต่าง ๆ โดยเฉพาะประเทศกำลังพัฒนา ในการผสมผสานการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นกระบวนการพัฒนาแห่งชาติ

ประเด็น 1: การปรับตัวด้วยการสร้างความสามารถในการรับมือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ประเด็น 2: การอำนวยความสะดวกให้กับการเปลี่ยนแปลงไปสู่สังคมคาร์บอนต่ำ

ประเด็น 3: การปรับปรุงความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเชิงวิทยาศาสตร์

ประเด็น 4: การสื่อสารและสร้างความตระหนัก

การปรับตัว การวางแผน การจัดหาเงินทุนและการดำเนินมาตรการป้องกันที่คุ้มค่ากำลังถูกรวมเข้าไว้ในกระบวนการพัฒนาแห่งชาติ ซึ่งได้รับการสนับสนุนโดยข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ การประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และข้อมูลสภาพภูมิอากาศท้องถิ่น หลายประเทศกำหนดนโยบาย ใช้เทคโนโลยีและการลงทุนที่นำไปสู่การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และผลประโยชน์ร่วมกัน โดยมุ่งเน้นการใช้แหล่งพลังงานสะอาดและพลังงานทดแทน การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและการอนุรักษ์พลังงาน ผู้กำหนดนโยบายและผู้ออกกฎระเบียบของประเทศต่าง ๆ ประชาสังคมและภาคเอกชนได้รับทราบเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเชิงวิทยาศาสตร์และข้อมูลสำหรับการตัดสินใจ

2.16 องค์การอุตุนิยมวิทยาโลก WMO (WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION)



รูปที่ 2.37 ตราองค์การอุตุนิยมวิทยาโลก WMO

ที่มา: <http://th.swewe.net>

องค์การอุตุนิยมวิทยาโลก WMO (WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION) สำนักงานใหญ่ตั้งอยู่ที่กรุงเจนีวา ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ โดยที่อุตุนิยมวิทยานานาชาติเป็นงานระหว่างประเทศ เนื่องจากกระแสอากาศ เคลื่อนที่ได้ระยะทางเป็นพัน ๆ กิโลเมตร ดังนั้นการตรวจเฝ้าติดตามลมฟ้าอากาศ ต้องกระทำเป็นบริเวณกว้างในเวลาเดียวกัน

กล่าวคือต้องทำการตรวจพร้อมกันทุกแห่งทั่วโลกเพื่อที่จะวิเคราะห์อากาศได้อย่างถูกต้อง การรวบรวมและกระจายผล การตรวจอากาศจำนวนมากมายเช่นนี้จะต้องมีการรับผิดชอบและจัดการร่วมกัน มีการทำข้อตกลงเกี่ยวกับเวลาทำการตรวจวัด

หน่วยที่ใช้รหัสอุตุนิยมวิทยาวิธีการต่าง ๆ เกี่ยวกับการรับและกระจายข่าวอากาศ ตลอดจนค้นคว้าเทคนิคแผนใหม่ ๆ ร่วมกัน ด้วยสาเหตุนี้ก่อนสงครามโลกครั้งที่สองได้มีการจัดตั้งองค์การอุตุนิยมวิทยาระหว่างประเทศ (INTERNATIONAL METEOROLOGICAL ORGANIZATION) เพื่อประสานงานอุตุนิยมวิทยาแต่ละประเทศ ต่อมา พ.ศ.2490 ได้มีการประชุมหัวหน้าหน่วยบริการ อุตุนิยมวิทยาประเทศต่าง ๆ ณ กรุงวอชิงตัน จึงได้ร่วมกันก่อตั้งองค์การอุตุนิยมวิทยาโลกขึ้นและได้มีอนุสัญญาว่าด้วยอุตุนิยมวิทยาโลกเป็นหลักดำเนินการ อนุสัญญานี้ใช้บังคับตั้งแต่ 23 มีนาคม พ.ศ.2491 ประเทศไทยได้ร่วมเป็นภาคีในอนุสัญญา 23 มีนาคม 2493

16.1 วัตถุประสงค์ในการก่อตั้ง WMO

- 16.1.1. เพื่อความสะดวกในการจัดตั้งข่ายสถานีตรวจอากาศ
- 16.1.2. เพื่อส่งเสริม จัดตั้งและบำรุงรักษาระบบการแลกเปลี่ยนข่าวอุตุนิยมวิทยาให้ เป็นไปอย่างรวดเร็ว
- 16.1.3. เพื่อส่งเสริมการวางมาตรฐานการตรวจอุตุนิยมวิทยาและเพื่อเป็นหลักประกันให้มีการจัดพิมพ์ผลการตรวจและจัดทำสถิติอุตุนิยมวิทยาให้เป็นไปโดยสม่ำเสมอ
- 16.1.4. เพื่อขยายวงการใช้อุตุนิยมวิทยาในกิจการเกี่ยวกับการบิน การเดินเรือ การกลสิกรรมและกิจการอื่น ๆ ให้กว้างขวาง
- 16.1.5. เพื่อสนับสนุนการค้นคว้าและการอุตุนิยมวิทยาการบิน อากาศการบินระหว่างประเทศ INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO) เกี่ยวกับอุตุนิยมวิทยาและการเดินอากาศจะเป็นไปอย่างมีระเบียบ

2.17 องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (TGO)



รูปที่ 2.38 สัญลักษณ์องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (TGO)

ที่มา: <http://www.tgo.or.th>

คณะรัฐมนตรีมีมติเห็นชอบให้จัดตั้งองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกเป็นองค์การมหาชนตามกฎหมายว่าด้วยองค์การมหาชนเมื่อวันที่ 15 พฤษภาคม 2550 เพื่อให้การบริหารจัดการโครงการดังกล่าวมีความเป็นเอกภาพและคล่องตัวในการดำเนินงาน รวมทั้งเป็นศูนย์กลางในการประสานความร่วมมือระหว่างภาครัฐ ภาคเอกชนและองค์การระหว่างประเทศ

และได้มีการประกาศพระราชกฤษฎีกาจัดตั้งองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) พ.ศ. 2550 ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 124 ตอนที่ 31 เมื่อวันที่ 6 กรกฎาคม 2550 และได้มีการจัดตั้ง “องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) : อบก.” มีชื่อภาษาอังกฤษว่า “Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization :TGO)” ขึ้นภายใต้กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมมีวัตถุประสงค์หลักในการวิเคราะห์ กลั่นกรองและทำความเข้าใจเกี่ยวกับการให้คำรับรองโครงการที่ลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามกลไกการพัฒนาที่สะอาด รวมทั้งติดตามประเมินผลโครงการที่ได้รับคำรับรอง ส่งเสริมการพัฒนาโครงการและการตลาดซื้อขายปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ได้รับการรับรองเป็นศูนย์กลางข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ดำเนินงานด้านก๊าซเรือนกระจกจัดทำฐานข้อมูลเกี่ยวกับโครงการที่ได้รับคำรับรองและการขายปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ได้รับการรับรอง ส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพตลอดจนให้คำแนะนำแก่หน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชนเกี่ยวกับการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก

2.17.1. มีบทบาทสำคัญในเรื่องของการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Mitigation) ของประเทศ ดังนี้

2.17.1.1. ทำหน้าที่ Designated National Authority of Clean Development Mechanism (DNA-CDM) office ของประเทศไทย ตามพันธกรณีพิธีสารเกียวโต ซึ่งจะต้องทำหน้าที่วิเคราะห์ถ่วงน้ำหนัก โครงการลดก๊าซเรือนกระจกที่เรียกว่า โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด Clean Development Mechanism (CDM) และให้ความเห็นแก่คณะกรรมการบริหารองค์การก๊าซเรือนกระจก ว่าโครงการต่าง ๆ ที่ดำเนินงานในประเทศไทยควรจะได้รับความเห็นชอบ และออกหนังสือรับรองโครงการ (Letter of Approval: LOA) ให้กับผู้พัฒนาโครงการหรือไม่ ซึ่งเป็นเรื่องทางเทคนิควิชาการที่จะต้องถ่วงน้ำหนัก วิเคราะห์แต่ละโครงการว่าเป็นโครงการที่เป็นไปในหลักเกณฑ์การพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Criteria : SD Criteria) ทั้งด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคมที่ประเทศไทยกำหนดขึ้นเพื่อให้เกิดประโยชน์ทั้งด้านสิ่งแวดล้อม การลงทุนการพัฒนาเศรษฐกิจ และสังคมแก่ชุมชน ท้องถิ่นที่โครงการตั้งอยู่

2.17.1.2. มีบทบาทเป็นองค์กรที่ให้การสนับสนุนทางด้านวิชาการ ข้อมูล สถานการณ์ ที่เกี่ยวกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายในประเทศไทยและเสนอแนะแนวทางการบริหารจัดการ การจัดการก๊าซเรือนกระจกตลอดจนศักยภาพการดำเนินการด้านการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศว่าจะลดก๊าซเรือนกระจกในภาคใดบ้าง

2.17.1.3. องค์กรฯ จะมีบทบาทในการส่งเสริมและพัฒนาโครงการและการตลาดซื้อขายปริมาณก๊าซเรือนกระจก (Carbon Credit) ที่ได้รับการรับรอง รวมทั้งส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพตลอดจนให้คำแนะนำแก่หน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชนทั้งในการพัฒนาโครงการลดก๊าซเรือนกระจก (โครงการ CDM) และการบริหารจัดการเกี่ยวกับก๊าซเรือนกระจก รวมทั้ง การให้บริการข้อมูลที่ทันสมัย ทั้งเรื่องสถานการณ์ สถานะการตลาด Carbon Market และการเข้าถึงแหล่งทุน (Access to Fund) ที่จะมาลงทุนรวมทั้งจากภายนอกประเทศและภายในประเทศ

2.17.1.4. องค์กรฯ จะต้องมีบทบาทในการสนับสนุนการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงาน

อุปกรณ์ติดตั้งสำหรับพัฒนาและปรับปรุงระบบก๊าซชีวภาพ

ท่อ PVC 1.5 นิ้ว	2.5	เมตร
ท่อ PVC 1.5 นิ้ว	1.5	เมตร
ข้อต่ออง 90 องศา 1.5 นิ้ว	4	ชิ้น
ข้อต่ออง 90 องศา ¾ นิ้ว	4	ชิ้น
ข้อต่อสามทางฉาก	2	ชิ้น
บอลวาล์ว 1.5 นิ้ว	1	ชิ้น
แคลมป์รัด 1.5 นิ้ว	4	ชิ้น
แคลมป์รัดแยก ท่อหลัก 1.5 นิ้ว แยก ¾ นิ้ว	1	ชิ้น

Purifier

ท่อ PVC 1.5 นิ้ว	0.8	เมตร
ข้อต่อตรงเกลียวนอก 1.5 นิ้ว	1	ชิ้น
ข้อต่อตรงเกลียวใน 1.5 นิ้ว	1	ชิ้น
ผ้าขาวบาง	1	ตารางเมตร
สนิมเหล็ก	500	กรัม
ซีลิกาจากแคลบ	50	กรัม

เครื่องวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทน

ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3	1	ชิ้น
เซนเซอร์ตรวจจับก๊าซมีเทน MQ-4	1	ชิ้น
จอ LCD (พร้อม I2C Interface)	1	ชิ้น
สายจัมป์เปอร์	8	สาย

เครื่องวัดปริมาณความชื้นสัมพัทธ์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3	1	ชิ้น
เซนเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์ DHT11	1	ชิ้น
จอ LCD (พร้อม I2C Interface)	1	ชิ้น
สายจัมป์เปอร์	6	สาย

เตาชีวมวลทำเอง

ปี๊บขนาด 20 ลิตร	1	ถัง
ถังสังกะสีขนาด 3.5 ลิตร	1	ถัง
พัดลมตั้งโต๊ะ 7 นิ้ว	1	ตัว

ถุงดำขนาด 10 ลิตร	1	ถุง
ท่อระบายน้ำ	1	ชิ้น
อุปกรณ์อื่น ๆ		
เทปพันเกลียว	1	ม้วน
ตลับเมตร	1	ม้วน
เลื่อยมือ	1	คัน
น้ำยาประสาน PVC	1	ขวด

3.2 วิธีการดำเนินงาน

3.2.1 ออกสำรวจพื้นที่ โรงเรียนบ้านห้วยยาง หมู่ 5 ตำบลมาบไฟ อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี และฟาร์มของนายสะอาด แซ่เฮง ณ วันที่ 28 กันยายน พ.ศ. 2561

โรงเรียนบ้านห้วยยาง หมู่ 5 ตำบลมาบไฟ อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี โรงเรียนประถมศึกษาขนาดเล็ก จำนวนนักเรียน ประมาณ 130 คน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาชลบุรี เขต 1 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ โดยมีผู้บริหารสถานศึกษา นายจเร มากทรัพย์ ครูชำนาญการพิเศษ รักษาการในตำแหน่งผู้อำนวยการโรงเรียน



ภาพที่ 3.1 พิกัดทางภูมิศาสตร์ของโรงเรียนบ้านห้วยยางที่ $13^{\circ}20'13.4''\text{N}$ $101^{\circ}05'18.5''\text{E}$ (กรอบสีแดง) ฟาร์มเลี้ยงสุกรของนาย สะอาด แซ่เฮง (กรอบสีเหลือง) และบ่อหมักก๊าซชีวภาพ (กรอบสีชมพู)



ภาพที่ 3.2 บ่อหมักก๊าซชีวภาพของ นาย สะอาด แซ่เฮงระหว่างปรับปรุงโดยการปูผ้าใบเก็บก๊าซใหม่



ภาพที่ 3.3 บ่อหมักก๊าซชีวภาพของนายสะอาด แซ่เฮง เมื่อเริ่มมีการหมักก๊าซชีวภาพ



ภาพที่ 3.4 การต่อก๊าซชีวภาพจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพเข้าห้องครัวของโรงเรียนบ้านห้วยยาง

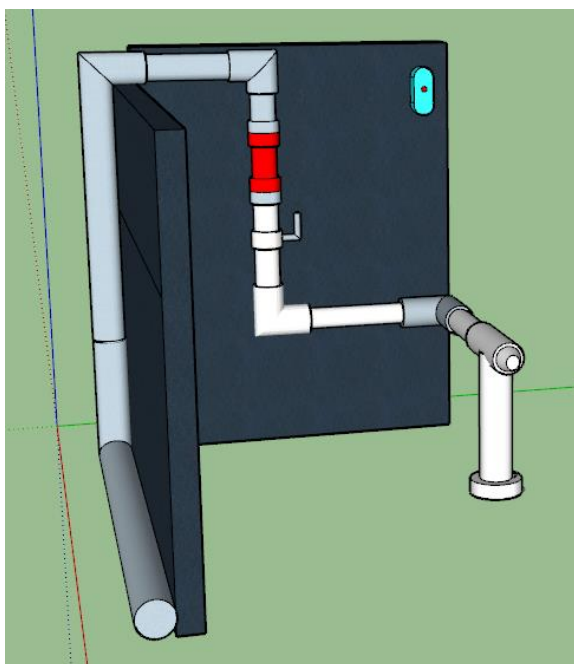


ภาพที่ 3.5 การต่อท่อก๊าซชีวภาพมายังหัวเตาสำหรับก๊าซชีวภาพด้านในห้องครัว

ลงพื้นที่สำรวจพบว่า ระบบก๊าซชีวภาพที่ต่อเข้ามาใช้ภายในครัวเรือน เมื่อต่อท่อเข้ามาบริเวณช่องใต้หลังคาและมีเพียงเชือกฟางรัดตัวต่อกับกำแพงไว้เพียงเท่านั้น และก๊าซชีวภาพมีความเข้มข้นเฉลี่ยประมาณ ประมาณ 468.4 จากการวัด 5 ครั้ง ฉะนั้นควรมีการปรับปรุงระบบให้มีความแข็งแรงมั่นคงเหมาะแก่การใช้งานมากขึ้น เพื่อความปลอดภัยต่อผู้ประกอบอาหาร

3.2.2 ออกแบบระบบก๊าซชีวภาพเพื่อใช้ในครัวเรือน

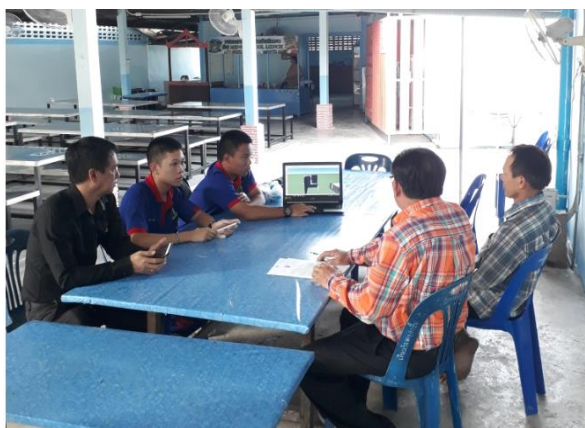
คณะผู้วิจัยมีแนวคิดว่าจะระบบก๊าซชีวภาพที่ทางโรงเรียนบ้านห้วยยางใช้นั้น มีความไม่มั่นคงแข็งแรงควรมีการปรับเปลี่ยนทิศทางการส่งก๊าซชีวภาพตั้งแต่บริเวณช่องใต้หลังคาเป็นต้นไป โดยยึดท่อส่งก๊าซติดกับผนังของห้องครัว จากนั้นแทรกPurifierบริเวณช่วงท่อในแนวตั้งของท่อก๊าซ และติดตั้งขารองท่อส่งก๊าซในบริเวณสุดท้ายเพื่อช่วยท่อก๊าซรับน้ำหนักหัวเตาที่ทำจากโลหะ ออกแบบระบบโดยใช้โปรแกรม Sketch UP Pro 2018 ให้มีรูปทรงที่เป็นสามมิติ และติดตั้งเครื่องวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทนบริเวณในห้องครัวเมื่อเกิดก๊าซรั่วออกมาจากท่อส่งก๊าซหรือตามข้อต่อPVCเมื่อเกิดการแตกหัก



ภาพที่ 3.6 แบบการพัฒนาระบบก๊าซชีวภาพเพื่อใช้ในครัวเรือนโดยโปรแกรม SketchUp Pro 2018 โดยในภาพบริเวณ Purifier (สีแดง) และ เครื่องวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทน (สีฟ้า)

3.2.3 เสนอแผนการพัฒนาระบบก๊าซชีวภาพเพื่อใช้ในครัวเรือน

คณะผู้วิจัยได้เสนอแผนการพัฒนาระบบแก่ นายจร มาททรัพย์ ครูชำนาญการพิเศษ รักษาการในตำแหน่งผู้อำนวยการโรงเรียน ว่าจากการสำรวจลงพื้นที่และสัมภาษณ์คณะผู้วิจัยได้พบว่า บริเวณท่อส่งก๊าซเข้ามาในครัวมีลักษณะที่ยังไม่มั่นคงและอาจก่อให้เกิดอันตรายได้เมื่อก๊าซรั่ว จึงเสนอให้มีการปรับปรุงระบบโดยวางแนวท่อส่งก๊าซใหม่ เพิ่มแคลมป์รัดเพื่อยึดท่อส่งก๊าซเข้ากับกำแพงเพื่อให้เกิดความมั่นคงและแข็งแรง และติดตั้งเครื่องวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทนในห้องครัวสำหรับแจ้งเตือนการรั่วไหลของก๊าซชีวภาพ



ภาพที่ 3.7 การนำเสนอแผนการพัฒนาระบบก๊าซชีวภาพ

3.2.4 การเตรียม Purifier สำหรับติดตั้ง

3.2.4.1 การเตรียมสนิมเหล็ก (iron oxide)



ภาพที่ 3.8 สนิมเหล็ก

3.2.4.2 การเตรียมซิลิกาจากแกลบ โดยการเผาในเตาชีวมวลแบบประดิษฐ์เอง
เตาชีวมวลที่ประดิษฐ์เองโดยใช้ระบบการเผาไหม้แบบ Inverted Downdraft Gasifier
มีขั้นตอนการประดิษฐ์ดังนี้

3.2.4.2.1 นำปืบมาเจาะรูด้วยสว่านไฟฟ้าเจาะถึงสี่ให้มีรูบริเวณด้านล่าง 3
แนวและด้านบน 2 แนว ส่วนปืบเจาะเป็นวงกลมให้มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 เซนติเมตร จากนั้นตัด
บริเวณส่วนกลางของปืบออกและใช้คีมปากแบนจับปืบพับให้เป็นดังภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 เจาะรูถังสี่และปืบสำหรับใส่ถังสี่

3.2.4.2.2 เจาะรูบริเวณด้านข้างของปั๊มเพื่อเป็นช่องใส่ท่อสำหรับเติมอากาศ



ภาพที่ 3.10 การเจาะรูด้านข้างของปั๊ม

3.2.4.2.3 ตัดแปลงพัดลมโดยใช้ถุงดำครอบบริเวณด้านหน้าพัดลมและเจาะรูดำให้เป็นรูมีขนาดเท่าท่อทิ้งน้ำเสีย จากนั้นนำท่อติดกับถุงดำ เพื่อเป็นทางเดินของอากาศที่จะเติมเข้าไปในเตาชีวมวลสำหรับการเผาไหม้ที่สมบูรณ์

3.2.4.2.4 นำปั๊มและพัดลมที่ดัดแปลงเสร็จเรียบร้อยแล้วมาประกอบเข้าด้วยกัน โดยจะนำท่อเสียเข้ากับช่องเติมอากาศด้านข้างของปั๊ม

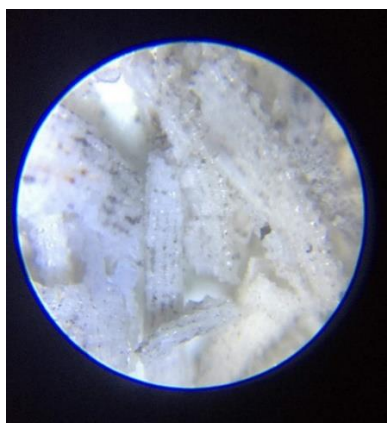


ภาพที่ 3.11 การดัดแปลงพัดลมและนำมาประกอบเข้ากับตัวปั๊ม

3.2.4.2.5 จากนั้นนำแกลบที่เหลือจากสีขาวมาเผาในเตาชีวมวลแบบประดิษฐ์เอง และได้ซื้อเถ้าของแกลบออกมา เลือกเฉพาะส่วนที่เป็นสีขาวหรือเทาเท่านั้นเป็นส่วนที่เป็นซิลิกาสำหรับดูดซับความชื้น



ภาพที่ 3.12 ลักษณะซี้เถ้าที่ได้จากการเผาเกลือ



ภาพที่ 3.13 ลักษณะของซิลิกาจากเกลือเมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์

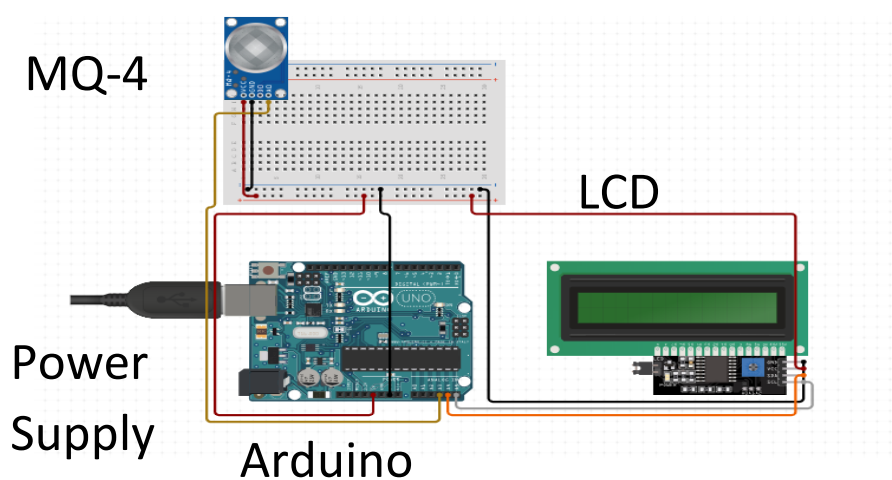
3.2.4.3 หลังจากที่ได้สนิมเหล็ก (iron oxide) และซิลิกาจากเกลือเรียบร้อยแล้วนำมาบรรจุใส่ท่อ PVC โดยเป็นข้อต่อเกลียวนอกทั้งสองด้าน ด้านจะใส่ผ้าขาวบางกันไม่ให้ซิลิกาตกลงในท่อส่งก๊าซด้านล่าง



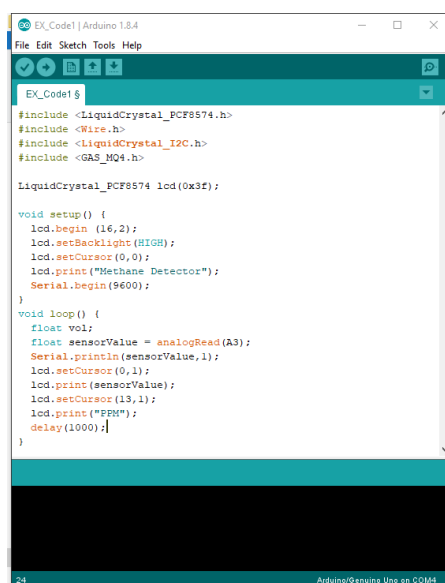
ภาพที่ 3.14 นำสนิมเหล็กและซิลิกาจากเกลือใส่ท่อ PVC

3.2.5 การประดิษฐ์เครื่องวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทน

- 3.2.5.1 ต่อสายจัมป์เปอร์กับ จอLCD เซนเซอร์MQ-4 และ ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ดังแผนภาพการต่อ ดังรูปที่ 8 แผนภาพการต่อวงจร
- 3.2.5.2 อัปโหลดโค้ดคำสั่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์Arduino ด้วยคอมพิวเตอร์
- 3.2.5.3 ทดสอบเซนเซอร์MQ-4 โดยวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทนในห้องปกติ และ บริเวณเตาก๊าซหุงต้มที่เปิดก๊าซอยู่
- 3.2.5.4 ออกแบบบรรจุภัณฑ์ด้วยตนเองผ่านเว็บไซต์ www.tinkercad.com แล้วนำแบบที่ได้มาพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ
- 3.2.5.5 จากนั้นนำเซนเซอร์และแบบบรรจุภัณฑ์มาประกอบเข้าด้วยกัน



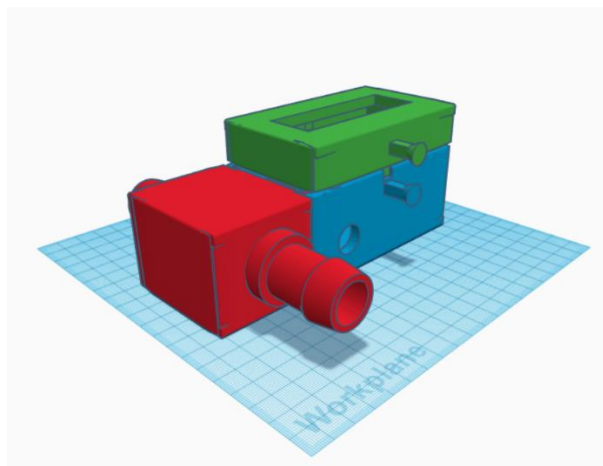
ภาพที่ 3.15 วงจรเครื่องวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทน



ภาพที่ 3.16 การเขียนชุดคำสั่งด้วยโปรแกรม Arduino



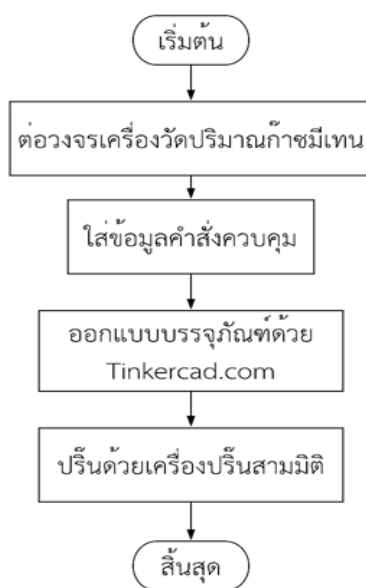
ภาพที่ 3.17 ทดสอบเซนเซอร์ MQ-4



ภาพที่ 3.18 การออกแบบรูปร่างโดยใช้เว็บไซต์ Tinkercad.com สำหรับการออกแบบ



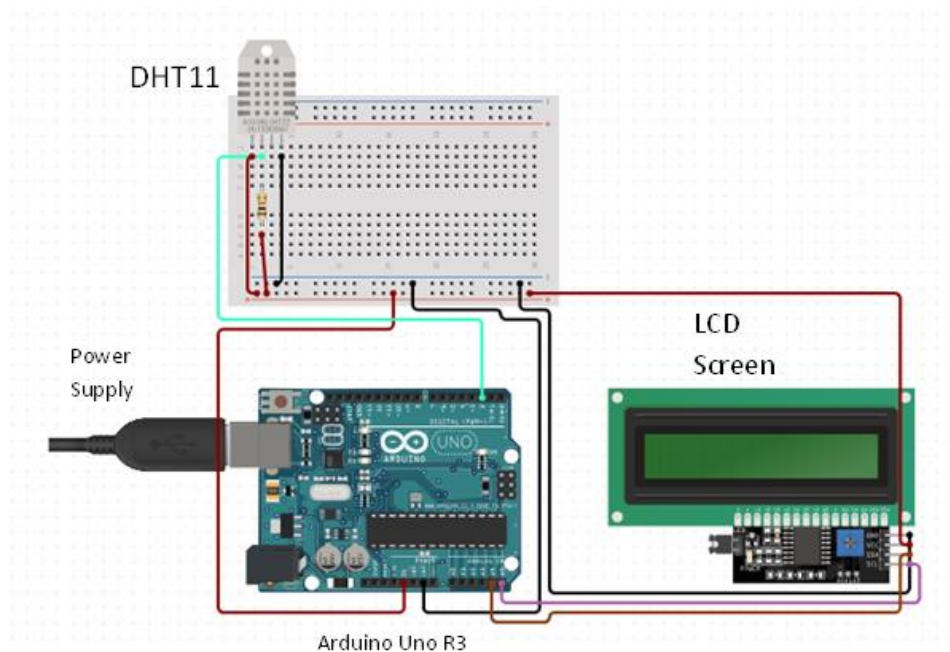
ภาพที่ 3.19 เครื่องตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทน



ภาพที่ 3.20 ผังงานสร้างเครื่องวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทน

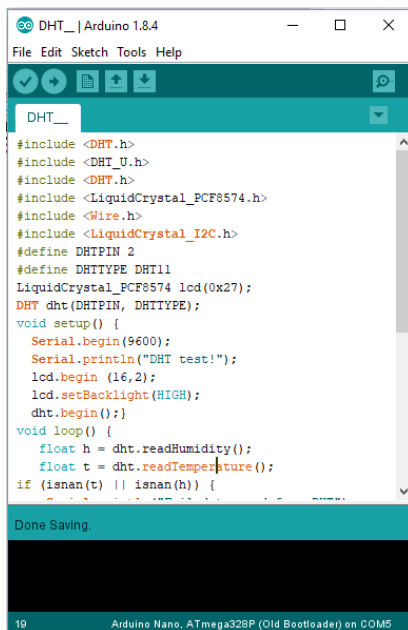
3.2.6 การประดิษฐ์เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์

3.2.6.1 ต่อสายจัมพ์เปอร์กับ จอ LCD เซนเซอร์ DHT11 และ ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ดังแผนภาพการต่อ



ภาพที่ 3.21 วงจรเครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์

3.2.6.2 อัปโหลดโค้ดคำสั่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์Arduino ด้วยคอมพิวเตอร์



ภาพที่ 3.22 การเขียนโค้ดคำสั่งด้วยโปรแกรม Arduino

ออกแบบและสร้างบรรจุกณ์ด้วยอะคริลิก



ภาพที่ 3.23 ฟังงานสร้างเครื่องวัดปริมาณความชื้นสัมพัทธ์

3.2.7 การลงมือเตรียมและติดตั้งอุปกรณ์เพื่อปรับปรุงระบบก๊าซชีวภาพ

3.2.7.1 วางแผนลำดับการขั้นตอนการทำงานและเตรียมอุปกรณ์ให้พร้อมสำหรับการติดตั้งระบบก๊าซชีวภาพ



ภาพที่ 3.24 การเตรียมอุปกรณ์ท่อPVCสำหรับพัฒนาระบบก๊าซชีวภาพ



ภาพที่ 3.25 การเตรียมข้อต่อท่อPVCสำหรับพัฒนาระบบก๊าซชีวภาพ

3.2.7.2 ทำการปรับปรุงระบบ เริ่มจากตัดท่อบริเวณส่วนต้นของท่อส่งก๊าซเข้าห้องครัว



ภาพที่ 3.26 การปรับปรุงระบบก๊าซชีวภาพ 1

3.2.7.3 งอข้อ 90 องศาหันเข้าผนังของห้องครัวและใช้ข้อต่องอ 90 องศาสำหรับต่อท่อPVCให้ติดกับผนังของห้องครัว

3.2.7.4 ต่อท่อPVC ในแนวระนาบและติดกับกำแพง จากนั้นใช้ข้องอ 90 องศาต่อลงมาในแนวระดับ และติดตั้งวาล์วสำหรับเปิดปิดใช้ก๊าซชีวภาพ ใช้แคลมป์รัดให้ท่อ PVC เข้ากับผนังของห้องครัวโดยนำสว่านไฟฟ้าเจาะนำร่องแล้วใช้สกรูหมุนยึดแคลมป์รัดกับท่อ



ภาพที่ 3.27 การปรับปรุงระบบก๊าซชีวภาพ 2



ภาพที่ 3.28 การปรับปรุงระบบก๊าซชีวภาพ 3

3.2.7.5 ต่อ Purifier แทรกในระบบก๊าซชีวภาพในแนวตั้งของท่อส่งก๊าซ



ภาพที่ 3.29 การปรับปรุงระบบก๊าซชีวภาพ 4



ภาพที่ 3.30 การปรับปรุงระบบก๊าซชีวภาพ 5

3.2.7.6 ต่อข้องอ 90 องศา ต่อกับข้อต่อเกลียวนอกเพื่อต่อที่เป็นเกลียวในกับหัวเตา ก๊าซชีวภาพ และใช้ แคลมปริ๊ดแบบแยกประกบ ต่อกับท่อก๊าซเพื่อทำเป็นขาตั้งให้กับปลายท่อส่งก๊าซ



ภาพที่ 3.31 ต่อขาตั้งท่อส่งก๊าซชีวภาพ

3.2.7.7 ตรวจสอบสภาพความเรียบร้อยของการใช้งานก๊าซชีวภาพ



ภาพที่ 3.32 ตรวจสอบความเรียบร้อยของระบบก๊าซชีวภาพ

3.2.8 เตรียมแบบบันทึกทดสอบประสิทธิภาพก๊าซชีวภาพ

3.2.8.1 วัดปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของก๊าซชีวภาพโดยใช้เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ และบันทึกผลลงตารางบันทึกผล

ตารางที่ 3.1 แบบบันทึกค่าความชื้นสัมพัทธ์ของก๊าซชีวภาพ

ครั้งที่	ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)		การเปลี่ยนแปลง	ร้อยละการเปลี่ยนแปลง
	ไม่ผ่าน Purifier	ผ่าน Purifier		
1				
2				
3				
4				
5				
$\bar{X}$				

3.2.8.2 วัดค่าปริมาณความเข้มข้นของก๊าซชีวภาพโดยเครื่องวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทน และบันทึกผลลงตารางบันทึกผล

ตารางที่ 3.2 แบบบันทึกปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทน

ครั้งที่	ความเข้มข้นของก๊าซมีเทน (ppm)		การเปลี่ยนแปลง	ร้อยละการเปลี่ยนแปลง
	ไม่ผ่าน Purifier	ผ่าน Purifier		
1				
2				
3				
4				
5				
$\bar{X}$				

3.2.8.3 จัดทำแบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อต้นแบบ Smart Biogas

แบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อต้นแบบ Smart Biogas

คำชี้แจง ขอให้ท่านได้แสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อต้นแบบ Smart Biogas โดยเขียนเครื่องหมาย (✓) ลงในช่องความคิดเห็นของท่าน พร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป

ตารางที่ 3.3 แบบแสดงความคิดเห็นที่มีต่อต้นแบบ Smart Biogas

ความคิดเห็นของผู้ตอบ แบบสอบถาม	ระดับความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะ
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	
1. ความปลอดภัยในการใช้งาน						
2. ความแข็งแรงของ Purifier						
3. การลดกลิ่นไม่พึงประสงค์						
4. ความเหมาะสมของขนาด						
5. ความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้						
6. ความสะดวกในการใช้งาน						
7. ความเหมาะสมในรูปแบบการใช้งาน						
8. ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์						
9. ความสะดวกในการเปลี่ยนไส้กรอง Purifier						

3.2.9 บันทึกผลการการประเมินประสิทธิภาพ

3.2.9.1 วัดและบันทึกค่าความชื้นสัมพัทธ์ของก๊าซชีวภาพโดยใช้เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ วัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ของก๊าซชีวภาพก่อนผ่าน Purifier และหลังผ่าน Purifier อย่างละ 5 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย แล้วบันทึกผลลงแบบบันทึกค่าความชื้นสัมพัทธ์ของก๊าซชีวภาพ



ภาพที่ 3.33 วัดปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของก๊าซชีวภาพก่อนและหลังผ่าน Purifier

3.2.9.2 วัดและบันทึกปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทน โดยใช้เครื่องวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทน วัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพก่อนผ่าน Purifier และหลังผ่าน Purifier แบบละ 5 ครั้งแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย แล้วบันทึกผลลงแบบบันทึกค่าปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทน



ภาพที่ 3.34 วัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทนก่อนและหลังผ่าน Purifier

3.2.9.3 สอบถามความพึงพอใจในการใช้ระบบ Smart Biogas โดยให้แบบสำรวจความพึงพอใจแก่ คุณครู แม่ครัว ภารโรง นักเรียนโรงเรียนบ้านห้วยยาง และผู้ทำฟาร์ม ประเมินระบบ Smart Biogas แล้วนำผลความพึงพอใจมาสรุปผล

3.2.10 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติพื้นฐานในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่ารวมจากสูตร (ล้วน สายยศ และ
อังคณา สายยศ. 2538 : 37)

จากสูตรการหาค่าเฉลี่ย

$$\bar{x} = \frac{\sum X}{n}$$

เมื่อ

$\bar{x}$	แทน ค่าคะแนนเฉลี่ย
$\sum X$	คือ ผลรวมคะแนนทั้งหมด
n	คือ จำนวนครั้งที่วัด

โดยการแปลความหมายระดับความคิดเห็นตามเกณฑ์ ดังนี้

ความคิดเห็นร้อยละ	80 - 100	มากที่สุด
ความคิดเห็นร้อยละ	70-79	มาก
ความคิดเห็นร้อยละ	60-69	ปานกลาง
ความคิดเห็นร้อยละ	50-59	น้อย
ความคิดเห็นร้อยละ	1 - 50	น้อยที่สุด

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองและแปลความหมายของผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษา ผู้จัดทำได้กำหนดสัญลักษณ์ต่างๆ ที่ใช้แทนความหมาย ดังต่อไปนี้

$\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย

จากการดำเนินการวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทน และความชื้นได้ผลการทดสอบดังนี้

4.1 ผลการวัดปริมาณความชื้นสัมพัทธ์

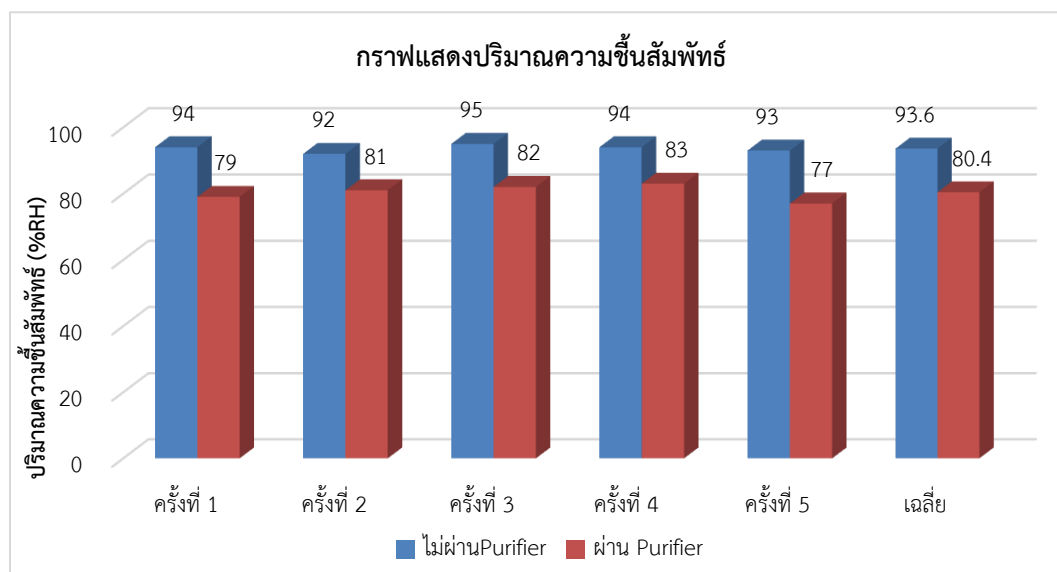
จากการทดสอบโดยใช้เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ได้ค่าดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวัดปริมาณความชื้นสัมพัทธ์

ครั้งที่	ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)		การเปลี่ยนแปลง	ร้อยละการเปลี่ยนแปลง
	ไม่ผ่าน Purifier	ผ่าน Purifier		
1	94	79	-15	15.96
2	92	81	-11	11.96
3	95	82	-13	13.68
4	94	83	-11	11.70
5	93	77	-16	17.20
$\bar{X}$	93.60	80.40	-13.20	14.10

จากตารางที่ 4.1 พบว่า เมื่อวัดปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ด้วยเซนเซอร์ ก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านเครื่องเพิ่มประสิทธิภาพก๊าซชีวภาพมีความชื้นเฉลี่ย 93.60 %RH เมื่อนำก๊าซชีวภาพมาผ่านเครื่องเพิ่มประสิทธิภาพก๊าซชีวภาพแล้วจะมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 80.40 %RH ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงลดลงเฉลี่ย 13.20 %RH คิดเป็นร้อยละ 14.10 สามารถแสดงกราฟเปรียบเทียบได้ดังนี้

กราฟที่ 4.1 ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์



4.2 ผลการวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทน

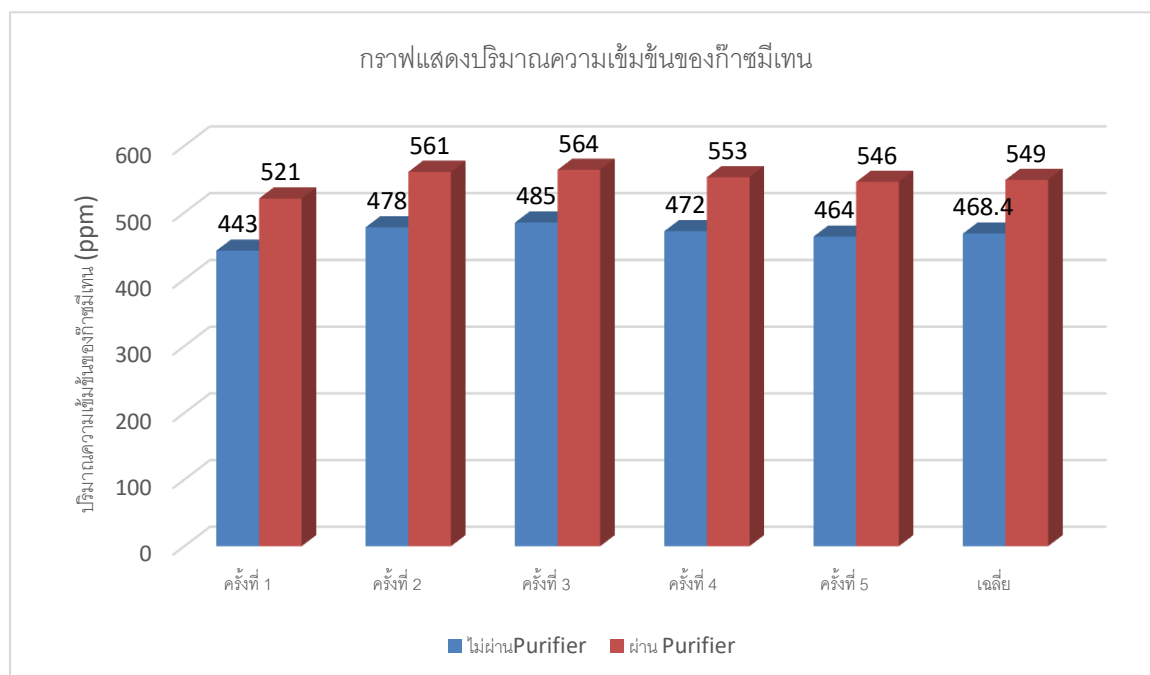
จากการทดสอบโดยใช้เครื่องวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทนได้ค่าดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทน

ครั้งที่	ความเข้มข้นก๊าซมีเทน (ppm)		การเปลี่ยนแปลง	ร้อยละการเปลี่ยนแปลง
	ไม่ผ่าน Purifier	ผ่าน Purifier		
1	443	521	+78	17.61
2	478	561	+83	17.36
3	485	564	+79	16.29
4	472	553	+81	17.16
5	464	546	+82	17.67
$\bar{X}$	468.4	549	+80.60	17.22

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านเครื่องเพิ่มประสิทธิภาพก๊าซชีวภาพมีค่าความเข้มข้นของก๊าซมีเทนเฉลี่ยที่ 468.4 ppm และเมื่อนำก๊าซชีวภาพมาผ่านเครื่องเพิ่มประสิทธิภาพก๊าซชีวภาพ พบว่า ความเข้มข้นของก๊าซมีเทนมีค่าเฉลี่ยที่ 549 ppm โดยมีผลการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 80.60 ppm คิดเป็นร้อยละ 17.22 สามารถแสดงกราฟเปรียบเทียบได้ดังนี้

กราฟที่ 4.2 ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทน



3. ความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามที่มีต่อต้นแบบ Smart Biogas

จากการสำรวจความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามที่มีต่อต้นแบบ Smart Biogas ปรากฏผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ผู้ตอบแบบสอบถาม	จำนวน	ร้อยละ
ครู	4	30.77
แม่ครัว	1	7.69
นักการภารโรง	2	15.38
ผู้ทำฟาร์มสุกร	3	23.08
นักเรียน	3	23.08
รวม	13	100.00

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามเป็นครูมีจำนวนมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 30.77 รองลงมาเป็นผู้ทำฟาร์มสุกร และนักเรียน คิดเป็นร้อยละ 23.08 เท่ากัน และรองลงมาเป็นนักการภารโรง คิดเป็นร้อยละ 15.38 ส่วนที่น้อยที่สุดเป็นแม่ครัว คิดเป็นร้อยละ 7.69

ตารางที่ 4.4 ระดับความคิดเห็นที่มีต่อต้นแบบ Smart Biogas ของผู้ตอบแบบสอบถาม

ความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม	ร้อยละของความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น	ลำดับที่
1. ความปลอดภัยในการใช้งาน	93.85	มากที่สุด	6
2. ความแข็งแรงของ Purifier	87.69	มากที่สุด	7
3. การลดกลิ่นไม่พึงประสงค์	98.46	มากที่สุด	1
4. ความเหมาะสมของขนาด	95.38	มากที่สุด	5
5. ความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้	96.92	มากที่สุด	3
6. ความสะดวกในการใช้งาน	78.46	มาก	8
7. ความเหมาะสมในรูปแบบการใช้งาน	96.92	มากที่สุด	3
8. ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	98.46	มากที่สุด	1
9. ความสะดวกในการเปลี่ยน Purifier	55.38	น้อย	9

จากตารางที่ 4.4 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นสูงสุด คือ การลดกลิ่นไม่พึงประสงค์ และความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ร้อยละ 98.46 อยู่ในระดับมากที่สุดเท่ากัน รองลงมา คือ ความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้ และความเหมาะสมในรูปแบบการใช้งาน ร้อยละ 96.92 อยู่ในระดับมากที่สุดเท่ากัน และรองลงมา คือ ความเหมาะสมของขนาด ร้อยละ 95.38 อยู่ในระดับมากที่สุด ส่วนที่มีความคิดเห็นน้อยที่สุด คือ ความสะดวกในการเปลี่ยน Purifier ร้อยละ 55.38 อยู่ในระดับน้อย

หมายเหตุ : ข้อมูลเพิ่มเติม มีดังนี้

1. ความปลอดภัยในการใช้งาน

ผู้ประเมิน 10 คน มีความคิดเห็นในระดับมากที่สุด
 2 คน มีความคิดเห็นในระดับมาก
 และ 1 คน มีความคิดเห็นในระดับปานกลาง

2. ความแข็งแรงของ Purifier

ผู้ประเมิน 7 คน มีความคิดเห็นในระดับมากที่สุด
 4 คน มีความคิดเห็นในระดับมาก
 และ 2 คน มีความคิดเห็นในระดับปานกลาง

3. การลดกลิ่นไม่พึงประสงค์

ผู้ประเมิน 12 คน มีความคิดเห็นในระดับมากที่สุด
 และ 1 คน มีความคิดเห็นในระดับมาก

4. ความเหมาะสมของขนาด

ผู้ประเมิน 10 คน มีความคิดเห็นในระดับมากที่สุด
 และ 3 คน มีความคิดเห็นในระดับมาก

5. ความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้

ผู้ประเมิน 11 คน มีความคิดเห็นในระดับมากที่สุด
และ 2 คน มีความคิดเห็นในระดับมาก

6. ความสะดวกในการใช้งาน

ผู้ประเมิน 4 คน มีความคิดเห็นในระดับมากที่สุด
6 คน มีความคิดเห็นในระดับมาก
1 คน มีความคิดเห็นในระดับปานกลาง
และ 2 คน มีความคิดเห็นในระดับน้อย

มีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ควรมีการจัดวางเตาให้มีพื้นที่สำหรับปรุงอาหารมากขึ้น
2. ควรมีการจัดวางเตาให้ได้ระนาบเพื่อลดรอยดำที่เกิดบนหม้อ

7. ความเหมาะสมในรูปแบบการใช้งาน

ผู้ประเมิน 11 คน มีความคิดเห็นในระดับมากที่สุด
และ 2 คน มีความคิดเห็นในระดับมาก

8. ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

ผู้ประเมิน 12 คน มีความคิดเห็นในระดับมากที่สุด
และ 1 คน มีความคิดเห็นในระดับมาก

9. ความสะดวกในการเปลี่ยนไส้กรอง Purifier

ผู้ประเมิน 3 คน มีความคิดเห็นในระดับมาก
4 คน มีความคิดเห็นในระดับปานกลาง
และ 6 คน มีความคิดเห็นในระดับน้อย

มีข้อเสนอแนะ ดังนี้

ควรมีการออกแบบเครื่องเพิ่มประสิทธิภาพก๊าซชีวภาพให้มีความสะดวกในการเปลี่ยนเพื่อใช้งานให้มากขึ้น

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

5.1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อสนับสนุนให้มีการจัดการสิ่งแวดล้อม โดย พัฒนาระบบก๊าซชีวภาพที่ใช้ในครัวเรือนให้มีประสิทธิภาพ และมีความพึงพอใจในการใช้ระบบก๊าซชีวภาพ

5.1.2 ขอบเขตการศึกษาค้นคว้า

5.1.2.1 Purifier ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนเพื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ ได้แก่ ใช้การดูดซับแบบแห้งด้วยเหล็กออกไซด์ ในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และใช้ซิลิกาจากแกลบในการดูดซับความชื้น

5.1.2.2 จัดทำต้นแบบเครื่องวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทนโดยใช้เซนเซอร์ MQ-4 สำหรับการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซมีเทน ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino และจอ LCD

5.1.2.3 จัดทำต้นแบบเครื่องวัดปริมาณความชื้นสัมพัทธ์โดยใช้เซนเซอร์ DHT11 สำหรับวัดปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino และจอ LCD

5.1.2.4 ใช้แหล่งก๊าซชีวภาพจากมูลสุกรจากโรงเรียนบ้านห้วยยาง หมู่ 5 ตำบลมาบไฟ อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี

5.1.2.5 ซิลิกาจากแกลบ ได้จากการเผาแกลบด้วยเตาชีวมวลประดิษฐ์เอง

5.1.3 วิธีการดำเนินงาน

5.1.3.1 สรรวจแหล่งก๊าซชีวภาพภายในชุมชน

5.1.3.2 ลงพื้นที่สำรวจเบื้องต้น

5.1.3.3 สรุปการลงพื้นที่เบื้องต้นว่าข้อควรพัฒนาปรับปรุงส่วนใดของระบบบ้าง

5.1.3.4 ออกแบบระบบก๊าซชีวภาพเพื่อใช้ในครัวเรือนจากข้อควรพัฒนาปรับปรุง

5.1.3.5 นำเสนอแบบระบบก๊าซชีวภาพพร้อมข้อควรพัฒนาระบบก๊าซชีวภาพ

5.1.3.6 จัดเตรียมและทำการปรับปรุงระบบก๊าซชีวภาพ

5.1.3.7 เตรียมแบบบันทึกทดสอบประสิทธิภาพก๊าซชีวภาพและแบบสอบถามความพึงพอใจ

5.1.3.8 ประเมินประสิทธิภาพของระบบ Smart Biogas และสอบถามความพึงพอใจ

5.1.3.9 นำข้อมูลที่ได้มาประมวลผลและสรุปอภิปราย

5.1.4 ผลการดำเนินงาน

จากการทดลอง พบว่า ระบบ Smart Biogas ที่ติดตั้งในระบบก๊าซชีวภาพ ณ โรงเรียนบ้านห้วยยาง หมู่ 5 ตำบลมาบไฟ อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ก๊าซชีวภาพในครัวเรือนได้ โดยความชื้นสัมพัทธ์ลดลงเฉลี่ย 13.20 %RH คิดเป็นร้อยละ 14.10 ส่วนความเข้มข้นก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพมีมากขึ้นเฉลี่ย 80.6 ppm คิดเป็นร้อยละ 17.22 จากการวัด 5 ครั้ง และจาก

การสอบถามความคิดเห็น พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นสูงสุดอยู่ในระดับมากที่สุดเท่ากัน คือ การลดกลิ่นไม่พึงประสงค์ และความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ร้อยละ 98.46 เท่ากัน รองลงมาอยู่ในระดับมากที่สุด คือ ความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้ และความเหมาะสมในรูปแบบการใช้งาน ร้อยละ 96.92 เท่ากัน และรองลงมาอยู่ในระดับมากที่สุด คือ ความเหมาะสมของขนาด ร้อยละ 95.38 ส่วนที่มีความคิดเห็นน้อยที่สุดอยู่ในระดับน้อย คือ ความสะดวกในการเปลี่ยน Purifier ร้อยละ 55.38 ดังนั้นสรุปได้ว่า ระบบ Smart Biogas สามารถเพิ่มประสิทธิภาพก๊าซชีวภาพได้จริง

5.2 อภิปรายผล

ระบบ Smart Biogas ที่ติดตั้ง ณ โรงเรียนบ้านห้วยยาง หมู่ 5 ตำบลมาบไฟ อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี มีการปรับปรุงและพัฒนาาระบบเดิมให้มีความมั่นคงแข็งแรงมากขึ้นด้วยการติดตั้งแคลมป์รัดท่อส่งก๊าซชีวภาพกับผนังห้องครัวเป็นระยะเพื่อให้ท่ออยู่แนวระดับและตั้งฉากกับพื้น และแทรกเครื่องเพิ่มประสิทธิภาพก๊าซชีวภาพที่ประกอบด้วย สนิมเหล็ก (Iron Oxide) และ ซิลิกาจากแกลบที่สังเคราะห์โดยใช้เตาชีวมวลประดิษฐ์เอง ซึ่งเครื่องเพิ่มประสิทธิภาพก๊าซชีวภาพสามารถลดกลิ่นไม่พึงประสงค์ถือเป็นการจัดการสิ่งแวดล้อมที่ดีเป็นไปตามสมมติฐานโดยมีรายละเอียด ดังนี้

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของก๊าซชีวภาพนั้น พบว่า เครื่องเพิ่มประสิทธิภาพก๊าซชีวภาพสามารถลดความชื้นสัมพัทธ์ในก๊าซชีวภาพได้โดย ครั้งที่ 1 มีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ลดลง 15 %RH คิดเป็นร้อยละ 15.96 ครั้งที่ 2 มีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ลดลง 11 %RH คิดเป็นร้อยละ 11.96 ครั้งที่ 3 มีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ลดลง 13 %RH คิดเป็นร้อยละ 13.68 ครั้งที่ 4 มีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ลดลง 11 %RH คิดเป็นร้อยละ 11.70 และ ครั้งที่ 5 มีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ลดลง 16 %RH คิดเป็นร้อยละ 17.20 โดยเฉลี่ยเมื่อผ่านเครื่องเพิ่มประสิทธิภาพก๊าซมีเทนแล้วจะมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ลดลง 13.20 %RH คิดเป็นร้อยละ 14.10 นอกจากนี้ เครื่องเพิ่มประสิทธิภาพก๊าซมีเทนสามารถเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทนได้ โดย ครั้งที่ 1 มีปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้น 78 ppm คิดเป็นร้อยละ 17.61 ครั้งที่ 2 มีปริมาณความเข้มข้นของเพิ่มขึ้น 83 ppm คิดเป็นร้อยละ 17.36 ครั้งที่ 3 มีปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้น 79 ppm คิดเป็นร้อยละ 16.29 ครั้งที่ 4 มีปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้น 81 ppm คิดเป็นร้อยละ 17.16 และ ครั้งที่ 5 มีปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้น 82 ppm คิดเป็นร้อยละ 17.67 โดยเฉลี่ยเมื่อผ่านเครื่องเพิ่มประสิทธิภาพก๊าซมีเทนแล้วจะมีปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้น 80.6 ppm คิดเป็นร้อยละ 17.22

จากการสอบถามความคิดเห็น พบว่า มีผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 13 คน โดยผู้ตอบแบบสอบถามมีความมีความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุดเป็นส่วนใหญ่ คือ ความปลอดภัยในการใช้งาน, ความแข็งแรงของ Purifier, การลดกลิ่นไม่พึงประสงค์, ความเหมาะสมของขนาด, ความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้, ความเหมาะสมในรูปแบบการใช้งาน และความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ มีความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก คือ ความสะดวกในการใช้งาน และมีความคิดเห็นอยู่ในระดับน้อย คือ ความสะดวกในการเปลี่ยน Purifier

มีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ควรมีการจัดวางเตาให้มีพื้นที่สำหรับปรุงอาหารมากขึ้น
2. ควรมีการจัดวางเตาให้ได้ระนาบเพื่อลดรอยไหม้ที่เกิดบนหม้อ
3. ควรมีการทำให้มีความสะดวกในการเปลี่ยนมากขึ้น

สรุปได้ว่าต้นแบบ Smart Biogas สามารถปรับปรุงระบบก๊าซชีวภาพที่ใช้ในครัวเรือนให้มีประสิทธิภาพโดยใช้เครื่องเพิ่มประสิทธิภาพก๊าซชีวภาพในการดูดซับไฮโดรเจนซัลไฟด์และความชื้นด้วย สนิมเหล็กและซิลิกาจากแกลบ และจากการสอบถามความคิดเห็น ปรากฏว่า ความคิดเห็นส่วนใหญ่อยู่ในระดับมากที่สุด โดยข้อที่มีความคิดเห็นสูงที่สุด คือ การลดกลิ่นไม่พึงประสงค์ และความสอดคล้องกับ วัตถุประสงค์ ร้อยละ 98.46 อยู่ในระดับมากที่สุดเท่ากัน รองลงมา คือ ความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้ และความเหมาะสมในรูปแบบการใช้งาน ร้อยละ 96.92 อยู่ในระดับมากที่สุดเท่ากัน และรองลงมา คือ ความเหมาะสมของขนาด ร้อยละ 95.38 อยู่ในระดับมากที่สุด และในส่วนที่ต้องปรับปรุงแก้ไข คือ ความสะดวกในการเปลี่ยน Purifier มีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับน้อย คือ ร้อยละ 55.38 และจากการวิจัยครั้งนี้สามารถทำงานได้บรรลุตามสมมติฐานที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของก๊าซชีวภาพ และลด กลิ่นไม่พึงประสงค์ของก๊าซชีวภาพได้ เป็นการจัดการสิ่งแวดล้อมที่ดี โดยไม่ก่อให้เกิดน้ำเน่าเสีย และ กลิ่นจากฟาร์มปศุสัตว์ และสามารถใช้ประโยชน์จากสิ่งเหล่านี้ได้ เช่น โรงเรียนบ้านห้วยยางที่ใช้ก๊าซ ชีวภาพภายในโรงอาหารเพื่อประกอบอาหารนักเรียนได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 การเปลี่ยนเครื่องเพิ่มประสิทธิภาพก๊าซชีวภาพ มีขั้นตอนที่ยุ่งยากและไม่สะดวกต่อการ เปลี่ยนใช้งานในครั้งต่อไป

5.3.2 ควรมีการจัดการสิ่งแวดล้อมในระบบในการวิจัยครั้งต่อไปให้มากกว่านี้

บรรณานุกรม

- การเกิดปัญหากลิ่นจากฟาร์มปศุสัตว์และการบังคับใช้กฎหมายที่เกี่ยวข้อง. (2552). (ออนไลน์).
แหล่งที่มา: <http://infofile.pcd.go.th/air/SmelleFarm1.pdf?CFID=1890220&CFTOKEN=17881765>. วันที่สืบค้น 9 กันยายน 2561.
- การจัดการมูลสุกรและน้ำเสียจากฟาร์มสุกร. (2561). (ออนไลน์). แหล่งที่มา:
http://www.pcd.go.th/info_serv/water_swine.html. วันที่สืบค้น: 12 ตุลาคม 2561.
- การทำบ่อแก๊สชีวภาพ. (2554). (ออนไลน์). แหล่งที่มา: <https://www.gotoknow.org/posts/371356>.
วันที่สืบค้น: 7 สิงหาคม 2560.
- Covered Lagoon. ระบบก๊าซชีวภาพแห่งทศวรรษ. (2548). (ออนไลน์). แหล่งที่มา:
<http://www.greenthaibogas.com/DetailPackage.aspx?id=600060&showpackid=300035&contype=ListLerning>. วันที่สืบค้น: 7 สิงหาคม 2560.
- เตาชีวมวลกลบพลังงานเพื่อเกษตรกรไทย. (2560). (ออนไลน์). แหล่งที่มา:
http://scijournal.kku.ac.th/files/Vol_45_No_1_P_163-174.pdf.
วันที่สืบค้น: 7 กุมภาพันธ์ 2560.
- ภาวะเรือนกระจก (Greenhouse effect). (2557). (ออนไลน์). แหล่งที่มา:
<https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=20>. วันที่สืบค้น: 10 พฤศจิกายน 2561.
- ศิริพรรณ สารินทร์. (2550). จุลวิทยาส่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ : ภาควิชาจุลชีววิทยาและปรสิตวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- สุขานนท์ ตีรพัฒน์กบิล. (2554). การดูดซับน้ำที่ปนในเอทานอลเข้มข้นด้วยผงซิลิกาเจลจากแกลบ
วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2560. (2560). (ออนไลน์). แหล่งที่มา:
<http://www.oae.go.th/assets/portals/1/files/yearbook60.pdf>. วันที่สืบค้น: 10 พฤศจิกายน 2561.
- โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (UNEP). (2554). (ออนไลน์). แหล่งที่มา:
<http://www.envirionnet.in.th/en/archives/1047> วันที่สืบค้น: 29 มีนาคม 2562.
- องค์การอุตุนิยมวิทยาโลก WMO (WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION). (2558).
(ออนไลน์). แหล่งที่มา: <http://www2.aeromet.tmd.go.th/KnowledgeConnection.php>
วันที่สืบค้น: 29 มีนาคม 2562.
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (TGO). (2557). (ออนไลน์). แหล่งที่มา:
<http://www.tgo.or.th/2015/thai/content.php?s1=1> วันที่สืบค้น: 29 มีนาคม 2562.
- A Technological Overview of Biogas Production from Biowaste. (2560). (Online).
Available: <https://www.sciencedirect.com/science>. Accessed 10 November 2017.

Deepali M. Pawar, Girish M.Deshmukh and Aparna Shete . (2554).

“Oxidative Absorption of Hydrogen Sulfide using Iron-chelate Based Process: Chelate Degradation” INSTITUTE OF TECHNOLOGY NIRMA UNIVERSITY.

Methane fact sheet. (2557). (Online). Available: <https://www.epa.nsw.gov.au>.

Accessed 9 November 2017.

TechnicaldataMQ4sensor. (2560). (Online). Available: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-4.pdf>. Accessed 10 January 2018.

Water Scrubbing for Removal of CO₂ (Carbon Dioxide) and H₂S (Hydrogen Sulfide) in Biogas from Manure. (2558). (Online). Available: <https://knepublishing.com>
Accessed 15 November 2017.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แบบบันทึกการทดสอบประสิทธิภาพของก๊าซชีวภาพ

แบบบันทึกค่าความชื้นสัมพัทธ์ของก๊าซชีวภาพ

ครั้งที่	ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)		การเปลี่ยนแปลง	ร้อยละการเปลี่ยนแปลง
	ไม่ผ่าน Purifier	ผ่าน Purifier		
1				
2				
3				
4				
5				
$\bar{X}$				

แบบบันทึกปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทน

ครั้งที่	ความเข้มข้นของก๊าซมีเทน (ppm)		การเปลี่ยนแปลง	ร้อยละการเปลี่ยนแปลง
	ไม่ผ่าน Purifier	ผ่าน Purifier		
1				
2				
3				
4				
5				
$\bar{X}$				



แบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อต้นแบบ Smart Biogas

คำชี้แจง ขอให้ท่านได้แสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อต้นแบบ Smart Biogas โดยเขียนเครื่องหมาย (✓) ลงในช่องความคิดเห็นของท่าน พร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป

ตาราง แบบแสดงความคิดเห็นที่มีต่อต้นแบบ Smart Biogas

ความคิดเห็นของผู้ตอบ แบบสอบถาม	ระดับความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะ
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	
1. ความปลอดภัยในการใช้งาน						
2. ความแข็งแรงของ Purifier						
3. การลดกลิ่นไม่พึงประสงค์						
4. ความเหมาะสมของขนาด						
5. ความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้						
6. ความสะดวกในการใช้งาน						
7. ความเหมาะสมในรูปแบบการใช้งาน						
8. ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์						
9. ความสะดวกในการเปลี่ยนไส้กรอง Purifier						

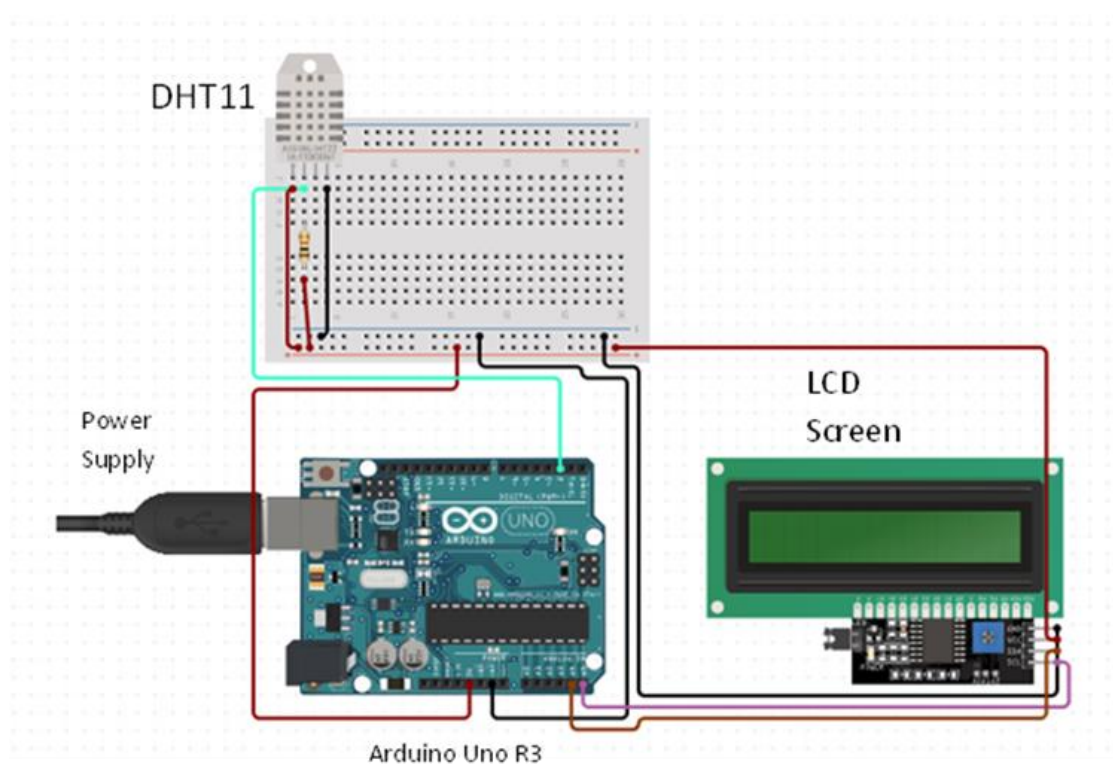
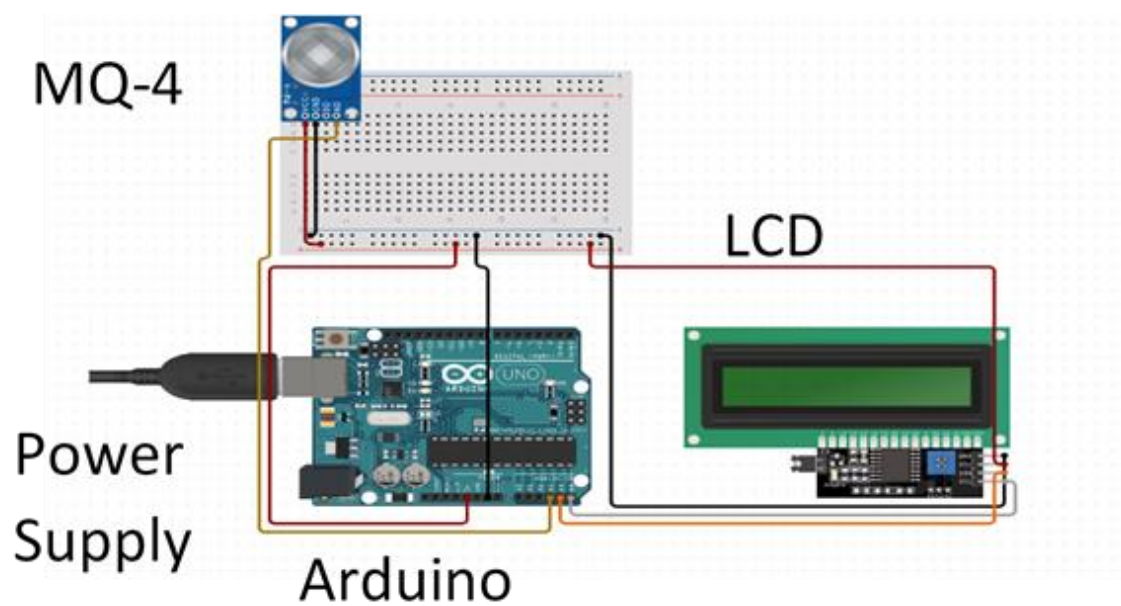
จำนวนการให้คะแนนของผู้ประเมินความคิดเห็น

ความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม	จำนวนผู้ประเมินความพึงพอใจ					เฉลี่ย
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)	
1. ความปลอดภัยในการใช้งาน	10	2	1	-	-	4.69
2. ความแข็งแรงของ Purifier	7	4	2	-	-	4.38
3. การลดกลิ่นไม่พึงประสงค์	12	1	-	-	-	4.92
4. ความเหมาะสมของขนาด	10	3	-	-	-	4.77
5. ความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้	11	2	-	-	-	4.85
6. ความสะดวกในการใช้งาน	4	6	1	2	-	3.92
7. ความเหมาะสมในรูปแบบการใช้งาน	11	2	-	-	-	4.85
8. ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	12	1	-	-	-	4.92
9. ความสะดวกในการเปลี่ยน Purifier	-	3	4	6	-	3.77
เฉลี่ย						4.56

ภาคผนวก ข
ภาพประกอบการทำงานวิจัย



การปรับปรุงระบบก๊าซชีวภาพใช้ในครัวเรือน ณ โรงเรียนบ้านห้วยยาง



วงจรเครื่องวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทนและวงจรเครื่องความชื้นสัมพัทธ์



การทดลองจุดไฟและวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทน

ภาคผนวก ค
ภาพเกียรติบัตรและการรับรางวัล

ได้รับการคัดเลือกจากสวทช.ให้ได้รับทุนสนับสนุน 10,000 บาทเพื่อพัฒนาโครงการ 4.0 ในหัวข้อ
Smart BIO-GAS PRODUCER



นำเสนอผลงานในงาน the 5th International Young Inventors Award (IYIA 2018)

ได้รับรางวัล Gold Award

วันที่ 19-22 กันยายน พ.ศ. 2561 ณ Inna Grand Bali Beach Sanur, Bali, Indonesia

