



































































































3. พันธุ์และการผสมพันธุ์ ผู้เลี้ยงจะพิจารณาเลือกเลี้ยงพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง แต่เลี้ยงง่ายตามสภาพแวดล้อมของท้องถิ่น ยิ่งกว่านั้นผู้เลี้ยงจะเลือกใช้วิธีการผสมพันธุ์ ที่เหมาะสมตามวัตถุประสงค์ของการผลิตว่าเป็นการผลิตพันธุ์แท้ การผลิตเพื่อขุน และการพยายามปรับปรุงคุณภาพของการเลี้ยงให้ดีขึ้นเรื่อย ๆ 4. การป้องกันโรค ได้แก่ การวางมาตรการอันเหมาะสมในการป้องกันโรค และการดูแลรักษาสุขภาพสัตว์

ระบบการเลี้ยงกระบือแบบอุตสาหกรรมอาจจำแนกได้เป็นประเภทต่าง ๆ ดังนี้ คือการเลี้ยงกระบือ ได้แก่ การเลี้ยงแบบทำไร่ปศุสัตว์ การเลี้ยงต้อนในทุ่ง และการเลี้ยงขุนในคอกการเลี้ยงกระบือเนื้อแบบทำไร่ปศุสัตว์ใช้พื้นที่กว้างขวางมาก และมีการลงทุนปรับปรุงพื้นที่ กั้นรั้วและปลูกสร้างแปลงหญ้าเลี้ยงสัตว์ การเลี้ยงแบบนี้โดยทั่วไป เป็นการเลี้ยงเพื่อขยายพันธุ์กระบือคุณภาพดี ราคาแพง มีการลงทุนสูงใช้วิชาการมาก ใช้โรงเรือนและเครื่องมืออุปกรณ์ไว้มาก ในเมืองไทยได้มีผู้ลงทุน ทำไร่ปศุสัตว์กันอยู่บ้างการต้อนเลี้ยงกระบือในทุ่ง เป็นการเลี้ยงแบบไล่ต้อนสัตว์ไปกินหญ้าในท้องกว้าง ซึ่งว่างเว้นจากการเพาะปลูกหรือทุ่งสาธารณะผู้เลี้ยงสัตว์อาจไม่มีพื้นที่เป็นขอบเขตของตนเอง หรือพื้นที่สำหรับจัดการกักขังกระบือเมื่อคราวจำเป็นเท่านั้น การเลี้ยงแบบนี้ลงทุนเกี่ยวกับสถานที่และการลงทุนน้อยมาก โดยทั่วไปไม่จำเป็นต้องมีโรงเรือนหรืออุปกรณ์มากนัก ใช้วิชาการน้อย ผู้เลี้ยงไล่ต้อนความไปเลี้ยงโดยการเดินเท้าหรือขี่ม้าแบบเคาบอยอเมริกันตะวันตก วัตถุประสงค์ของการเลี้ยงโดยทั่วไป เพื่อผลิตกระบือขาย ใช้งาน และเอาเนื้อ มีผู้เลี้ยงกระบือแบบนี้อยู่ทั่วไปในเมืองไทย การเลี้ยงแบบนี้ส่วนใหญ่เป็นการเลี้ยงกระบือในฝูงกระบือฝูงหนึ่ง ๆ มีจำนวนตั้งแต่ 200 – 300 ตัว การเลี้ยงกระบือแบบขุนในคอก เป็นการเลี้ยงกระบือเพื่อให้ขุนอ้วนแล้วส่งตลาดโดยเฉพาะ กระบือจะถูกกักบริเวณโดยได้รับอาหารที่มีพลังงานสูง ช่วยให้อ้วนเร็วการเลี้ยงแบบนี้ไม่จำเป็นต้องใช้ทุ่งหญ้าหรือพื้นที่ที่กว้างขวาง ส่วนใหญ่กระทำการแบบชานเมือง ในเมืองไทยไม่ค่อยมีการเลี้ยงแบบนี้ แต่ในอนาคตคาดว่าจะมีการเลี้ยงกระบือเกิดขึ้น เพราะราคาเนื้อแพงขึ้น ผู้บริโภคนิยมเนื้อคุณภาพสูงราคาอาหารขุนก็ไม่แพงนัก วิชาการเลี้ยงกระบือแบบนี้แพร่หลายขึ้นพร้อมทั้งความต้องการเนื้อกระบือในต่างประเทศก็สูงขึ้นด้วย

### 2.3.2 ประโยชน์ของกระบือ

การใช้เป็นแรงงาน กระบือมีรูปร่างลักษณะเหมาะสมกับการใช้เป็นแรงงานในพื้นที่เป็นโคลนตมได้ดี เพราะขาทั้งสี่ข้างรับน้ำหนักได้ดี มีกีบเท้าใหญ่และแข็งแรงเดินได้ดีในโคลน และมีข้อกีบและข้อขาที่เคลื่อนไหวคล่องตัว ทำให้เดินได้ดีในที่นาขรุขระ กระบือ เป็นแรงงานหลักที่สำคัญของชาวนา เช่น ใช้ในการเตรียมดินไถนาและคราด การนวดข้าว ลากเกวียน ไถนา หรือไถวัชพืชระหว่างร่องมันสำปะหลังหรือร่องอ้อยในบางพื้นที่ การใช้มูลและปุ๋ย มูลกระบือมีความสำคัญมากในการฟื้นฟูดินอุดมสมบูรณ์ของดิน เนื่องจากที่นาได้ใช้ปุ๋ยเคมีติดต่อกันหลายปี ทำให้ดินเสื่อมคุณภาพแข็งแรงเป็นดินดาน แต่ถ้าใส่ปุ๋ยคอกจากมูลกระบือเป็นการเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้กับดิน จะทำให้โครงสร้างของดินร่วนซุย เพิ่มธาตุอาหารให้กับพืช และให้ธาตุอาหารพืชในลักษณะต่อเนื่อง และยังทำให้การเกิดพื้นฟูสิ่งมีชีวิตในดิน เช่น จุลินทรีย์ ไส้เดือน แมลงต่างๆ จากผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในมูลกระบือ โดยพบว่า ในมูลกระบือมีธาตุไนโตรเจน 1.39 % ฟอสฟอรัส 0.97% และโปตัสเซียม 0.43 % ของน้ำหนักแห้ง สำหรับปริมาณมูลที่ผลิตได้ต่อตัว กระบือโตเต็มที่จะถ่ายมูลคิดเป็นน้ำหนักแห้งปีละ 2-3 ตัน การให้เนื้อ เนื้อกระบือถือว่าเป็นเนื้อที่มีคุณภาพต่อผู้บริโภค ด้วยเหตุผลด้านรสชาติ

ที่ดี เป็นเนื้อที่มีปริมาณไขมัน และไตรกลีเซอไรด์น้อยเมื่อเทียบกับเนื้อไก่ เนื้อโค และเนื้อปลา แต่เส้นใยมีลักษณะหยาบกว่าเนื้อโค (รุ่งเรือง พาร์ม , 2557)

## 2.4 ก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพ คือ ก๊าซที่เกิดขึ้นโดยแบคทีเรียในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ ภายใต้สภาวะ แบบ Anaerobic (ไม่ใช้อากาศ) โดยมีแบคทีเรียกลุ่ม Methanogens (กลุ่มที่ผลิตก๊าซมีเทน) ทำการย่อยสลาย สารอินทรีย์ ทำให้เกิดก๊าซชีวภาพ (ก๊าซมีเทน) ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่สำคัญ โดยก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น นี้จะผ่านกระบวนการ บำบัด หรือการทำให้ก๊าซที่ได้มีความสะอาดและปลอดภัยมากขึ้น โดยการกำจัดความชื้น รวมถึงก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดยส่วนใหญ่ก๊าซที่ได้หลังจากผ่านการบำบัดแล้ว ก็จะเข้าสู่กระบวนการผลิตพลังงาน ในรูปแบบของพลังงานไฟฟ้า และพลังงานความร้อน ในส่วนของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สามารถที่จะเชื่อมต่อ กับระบบสายส่งสาธารณะเพื่อขายให้แก่รัฐ หรือนำไปใช้โดยตรงตามที่เจ้าของโครงการต้องการ และสำหรับ พลังงานความร้อนก็สามารถนำไปใช้โดยตรงได้ เช่น การนำไปเผาไหม้ในเครื่องกำเนิดไอน้ำ (Boiler) และระบบ ของเรายังสามารถดัดแปลงเพื่อใช้กับอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อความเหมาะสม

## 2.5 หลักการทำงานของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพนั้นเป็นกระบวนการทางธรรมชาติ ที่อาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ จำพวกที่ไม่ชอบออกซิเจน ซึ่งจุลินทรีย์แบบไม่ชอบออกซิเจนนั้นมี ๒ พวก คือ พวกที่สร้างมีเทน (Methanogenic bacteria) และ พวกที่ไม่สร้างมีเทน (Non-methanogenic bacteria) โดยจุลินทรีย์ประเภทสร้างมีเทนนี้จะใช้ สารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนเป็นสารอาหาร และให้ผลผลิตเป็นก๊าซมีเทน (สูตรโมเลกุล  $CH_4$ ) และ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (สูตรโมเลกุล  $CO_2$ ) เป็นหลัก โดยมีก๊าซอื่นๆในปริมาณเล็กน้อยเช่น ก๊าซไข่เน่า หรือ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (สูตรโมเลกุล  $H_2S$ ) จุลินทรีย์กลุ่มนี้ไม่ชอบออกซิเจนอิสระ (สูตรโมเลกุล  $O_2$  เป็นโมเลกุล ที่มนุษย์ใช้หายใจเพื่อการดำรงชีพ) ดังนั้นในการผลิตก๊าซชีวภาพนั้นจะต้องระวังไม่ให้ออกซิเจนสามารถเข้าไป สัมผัสกับจุลินทรีย์กลุ่มที่สร้างมีเทน เพราะจะทำให้การผลิตก๊าซมีเทนด้อยประสิทธิภาพ และเนื่องจากแบคทีเรีย กลุ่มสร้างมีเทน สามารถใช้สารอาหารที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนเท่านั้น การผลิตก๊าซมีเทนจากสารอินทรีย์ที่มี โครงสร้างซับซ้อน จึงต้องอาศัยการทำงานของแบคทีเรียกลุ่มไม่สร้างมีเทน เพื่อทำการย่อยสลาย สารอินทรีย์ที่มี ความซับซ้อนสูง ให้กลายเป็นสารอินทรีย์ที่มีความซับซ้อนต่ำพอที่แบคทีเรียกลุ่มสร้างมีเทนสามารถย่อยสลายได้ ดังนั้นในการผลิตก๊าซมีเทนจะต้องอาศัยความร่วมมือของแบคทีเรียหลายๆ กลุ่มเข้าด้วยกัน โดยทั่วไปน้ำเสียและ ขยะที่มีสารอินทรีย์นั้นสามารถนำมาผลิตก๊าซชีวภาพได้

## 2.6 ระบบผลิตก๊าซชีวภาพที่นิยมใช้

เมื่อองค์ประกอบต่างๆ ครบถ้วน เช่น มีแบคทีเรีย สารอินทรีย์ อาหารเสริม และสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ที่เหมาะสมแต่ไม่มีออกซิเจน กระบวนการสร้างก๊าซชีวภาพ ก็สามารถเกิดได้ตามธรรมชาติทันที ดังนั้นในธรรมชาติ นั้นการเกิดก๊าซชีวภาพนั้นเกิดในบ่อที่มีการหมัก ในก้นแม่น้ำ ทะเลสาบ ลำไส้คนและโค ไร่นาข้าวที่มีน้ำท่วมขัง ในเปลือกไม้ที่อัดขึ้น ใต้ท้องทะเลลึก เป็นต้น

อย่างไรก็ตามการเกิดในสภาวะที่กล่าวมาแล้วข้างต้นนั้นเป็น กระบวนการที่เกิดในธรรมชาติ ซึ่งอัตราการสร้างก๊าซชีวภาพจะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับที่กำหนดโดยธรรมชาติ แต่ในเชิง วิศวกรรมแล้ว วิศวกรจะสร้างระบบขึ้นมาเพื่อควบคุมสิ่งแวดล้อมต่างๆ ให้เหมาะสม ให้แบคทีเรียสามารถ ทำงานได้รวดเร็วตามที่ต้องการ หรืออีกนัยหนึ่งคือ วิศวกรที่ออกแบบระบบผลิตก๊าซชีวภาพคือ ผู้ที่เข้าใจ ธรรมชาติของสารอินทรีย์ และสภาวะการทำงานที่เหมาะสมของแบคทีเรียกลุ่มไม่ชอบออกซิเจน และทำการสร้างสภาวะดังกล่าว เพื่อเอาใจแบคทีเรียให้สามารถทำงานได้ ตามที่มนุษย์ต้องการ ประเภทของระบบผลิต ก๊าซชีวภาพที่นิยมใช้ได้แก่

ระบบบ่อไร้อากาศ (Anaerobic Ponds) ซึ่งเป็นบ่อที่นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจาก ค่าใช้จ่ายถูกสุด แต่มีข้อเสียคือเกิดกลิ่นเหม็นรบกวน และใช้พื้นที่มาก

ระบบบ่อไร้อากาศแบบคลุมบ่อ (Anaerobic Covered Lagoons) เป็นระบบที่ดัดแปลงมาจากระบบบ่อไร้อากาศ โดยมีการคลุมบ่อเพื่อเก็บก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นและนำไปใช้ประโยชน์ ข้อดีของ ระบบนี้คือ ไม่มีกลิ่นเหม็นรบกวนและสามารถใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพได้

ระบบกวนสมบูรณ์ (CSTR) โดยทั่วไปมักเป็นถังเหล็กหรือถังคอนกรีตเสริมเหล็ก ภายในถังมีการกวนผสมน้ำอย่างทั่วถึงเพื่อให้สารอาหารสัมผัสกับแบคทีเรียอย่างเต็มที่ แต่ข้อเสียคือ น้ำทิ้งที่ไหลออกจาก ถังจะมีแบคทีเรียปนออกไปด้วย ทำให้ความสามารถของระบบต่ำลง

ระบบแอนแอโรบิคคอนแทค (Anaerobic Contact) ระบบนี้เป็นระบบที่พัฒนาจากระบบกวนสมบูรณ์ คือมีการนำน้ำที่ไหลออกจากระบบกวนสมบูรณ์ไปแยกตะกอนออกโดยใช้ถังตกตะกอน แล้วสูบ ตะกอนกลับเข้าสู่ถังกวนสมบูรณ์เพื่อทำหน้าที่ผลิตก๊าซชีวภาพต่อไป

ระบบถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter) ระบบนี้จะมีการใส่ตัวกลางซึ่งมักเป็นพลาสติก เพื่อให้แบคทีเรียยึดเกาะติด ไม่ไหลออกไปจากถังผลิตก๊าซชีวภาพเมื่อน้ำไหลออกนอกถัง ระบบนี้จะทำให้ ปริมาณของแบคทีเรียในระบบมีมาก สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ดี

ระบบยูเอเอสบี (UASB) ระบบนี้เป็นที่นิยมอย่างมากทั่วโลก แบคทีเรียในระบบจะรวมตัวจับ กันเป็นเม็ดคล้ายกับเม็ดแมงลัก ขนาด ๐.๔ – ๒ มิลลิเมตร การรวมตัวของแบคทีเรียปริมาณมาก (ซึ่งแต่ละเซลล์ มีขนาดเพียงประมาณ ๐.๐๐๑ มม.) ทำให้ตะกอนเม็ดจมตัวและสะสมในระบบผลิตก๊าซชีวภาพได้มาก ทำให้ ระบบสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ดี



รูปที่ 2.4 บ่อหมักก๊าซชีวภาพแบบ UASB

**ที่มา** (สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์งานมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ต.แม่เหียะ จ.เชียงใหม่, 2556)

ระบบอีจีเอสบี (EGSB) ระบบนี้พัฒนาต่อเนื่องมาจากระบบยูเอเอสบี เพื่อให้สามารถทำงาน ได้ดีขึ้น โดยเน้นที่การสัมผัสและการถ่ายเทมวลสารระหว่างแบคทีเรียและสารอาหารที่ดีขึ้น แต่ระบบนี้ก็ ต้องการการออกแบบและดูแลที่ดีขึ้นเช่นกัน

ระบบย่อยสลดัดจ์แบบบราว (Plug Flow Digester) มักนิยมใช้ในฟาร์มสุกร ซึ่งมีสารแขวนลอยสูง (กรมการพลังงานทหาร,2556)

## 2.7 ประสิทธิภาพของการผลิตก๊าซชีวภาพ

ประสิทธิภาพของการผลิตก๊าซชีวภาพขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 2 ประการหลักดังนี้

2.7.1 องค์ประกอบทางด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH 6.8–7.4) Alkalinity (ความต้านทาน pH) Volatile acid concentration อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส อาหารเสริมสร้าง C N<sub>2</sub>P K สารพิษ และการกวน

2.7.2 องค์ประกอบด้านการดำเนินงาน ได้แก่ วัตถุดิบ (C : N = 20 – 30:1)สถานภาพทางกายภาพของสารอินทรีย์ ปริมาณน้ำ : มูลสัตว์ = 2-1 : 1

## 2.8 องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพประกอบไปด้วยก๊าซมีเทน (CH<sub>4</sub>) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) เป็นองค์ประกอบหลัก ส่วนก๊าซอื่นๆ เช่น ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H<sub>2</sub>S) ก๊าซแอมโมเนีย และก๊าซไฮโดรเจน จะมีปริมาณเล็กน้อย เนื่องจากก๊าซมีเทนเป็นก๊าซที่ให้ค่าพลังงานความร้อนสูง โดยสามารถให้พลังงานความร้อนได้สูงถึงประมาณ 9,000 กิโลแคลอรี/ลูกบาศก์เมตร และโดยปกติก๊าซชีวภาพจะมีก๊าซมีเทนอยู่มากกว่าร้อยละ 60 จึงสามารถนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ในรูปของพลังงานได้ เช่น เผาเพื่อใช้ประโยชน์จากความร้อนโดยตรง ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับขับเคลื่อนเครื่องยนต์ หรือเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นต้น



ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของก๊าซชีวภาพ (ที่ 0 องศาเซลเซียส ความดัน 1 บรรยากาศ)

ปริมาณ CH <sub>4</sub>	65-70	% (v/v)
ปริมาณ CO <sub>2</sub>	30-35	% (v/v)
ปริมาณ H <sub>2</sub> S	1,000	Ppm
ค่าความร้อนทางต่ำ	24.48	MJ/m <sup>3</sup>
ความเร็วเปลวไฟ	25	cm/s
อัตราส่วนระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงในทางทฤษฎี	6.19	m <sup>3</sup> <sub>a</sub> /m <sup>3</sup> <sub>g</sub>
อุณหภูมิเผาไหม้ในอากาศ	650	°C
ค่าความจุความร้อน (Cp)	1.6	kg/m <sup>3</sup> °C
ค่าความหนาแน่น(ρ)	1.15	kg/m <sup>3</sup>

ที่มา : พิษณุพงษ์ กิรินทร์ (2550)

ตารางที่ 2.2 ก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตรที่มีสัดส่วนของก๊าซมีเทนร้อยละ 60 มีค่าความร้อนเทียบเท่า

ก๊าซหุงต้ม (LPG)	0.46	Kg
น้ำมันเบนซิน	0.67	L
น้ำมันดีเซล	0.60	L
น้ำมันเตา	0.55	L
ฟืนไม้	1.50	Kg
ไฟฟ้า	1.20	kWh

ที่มา : พิษณุพงษ์ กิรินทร์ (2550)

## 2.9 การนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์

### 2.9.1 การใช้เป็นเชื้อเพลิงหม้อไอน้ำ

แรงดันจากระบบจะดันก๊าซชีวภาพไปเข้าหัวเผา ซึ่งต้องออกแบบพิเศษสำหรับใช้ก๊าซชีวภาพหรือใช้ร่วมกับเชื้อเพลิงอื่น ก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตร สามารถใช้แทนน้ำมันเตาได้ประมาณ 0.6 ลิตร ก๊าซชีวภาพนี้ไม่จำเป็นต้องกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ เนื่องจากก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียทั่ว ๆ ไปมีไฮโดรเจนซัลไฟด์ปริมาณต่ำ การนำก๊าซชีวภาพไปใช้เป็นเชื้อเพลิงหม้อไอน้ำเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับอุตสาหกรรมโดยทั่วไปเนื่องจากมีค่าใช้จ่ายต่ำและโรงงานโดยทั่วไปต้องการไอน้ำสำหรับการผลิต

### 2.9.2 การเผาให้ความร้อนในกระบวนการผลิต

ในกระบวนการผลิตหลายอย่างอาจมีความต้องการเชื้อเพลิงหรือไฟฟ้าในการต้มน้ำร้อน ทำให้น้ำมันร้อน เตาเผา เป็นต้น สามารถนำก๊าซชีวภาพมาใช้ได้โดยตรงและไม่ต้องแยกหรือ

กำจัดสารใดในก๊าซชีวภาพก่อนใช้ วิธีการนี้มีความเหมาะสมมาก เนื่องจากง่ายและเสียค่าใช้จ่ายต่ำในการปรับปรุงระบบจ่ายก๊าซ

### 2.9.3 การผลิตกระแสไฟฟ้า

วิธีการนี้ต้องมีการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพ เพราะไฮโดรเจนซัลไฟด์จะทำให้เครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้าถูกกัดกร่อนได้ โดยทั่วไปเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า มีประสิทธิภาพรวมประมาณ 1.6–1.9 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อลูกบาศก์เมตรของก๊าซชีวภาพ วิธีนี้จะให้ผลตอบแทนต่ำกว่าการนำไปใช้กับหม้อไอน้ำ และราคาเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้ามีราคาสูง แต่กรณีที่โรงงานมีความต้องการไอน้ำต่ำหรือผลิตก๊าซชีวภาพได้มากเกินไปเกินความต้องการ สามารถนำก๊าซชีวภาพมาผลิตกระแสไฟฟ้าได้

### 2.9.4 การใช้ประโยชน์ทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิง

ก๊าซชีวภาพสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในภาคขนส่งได้ โดยนำมาใช้ทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้กับเครื่องยนต์ หรือใช้เป็นระบบสองเชื้อเพลิง โดยการติดตั้งระบบเก็บก๊าซชีวภาพเพิ่มเติมเข้าไป แต่ทั้งนี้จะต้องมีระบบการอัดก๊าซชีวภาพใส่ในถังแรงดันสูงเพื่อให้ใช้งานได้นาน ซึ่งในปัจจุบันนี้ยังไม่มีความคุ้มทุนที่จะทำ

### 2.9.5 การใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ (วสันต์ ปินะเต, 2559)

ก๊าซชีวภาพสามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น ๆ เช่น ใช้ก๊าซหุงต้มในโรงอาหารของโรงงานและบ้านพัก เป็นต้น ซึ่งสามารถทำได้ถ้าอยู่ไม่ห่างไกลจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพมากนัก นอกจากการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ แล้ว กากตะกอนที่เหลือ จากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพยังสามารถนำมาใช้และจำหน่ายเป็นปุ๋ยได้อีก ซึ่งจะมีคุณภาพที่ดีกว่าปุ๋ยคอก (มูลสัตว์สด) รวมทั้งยังมีคุณสมบัติที่ดีกว่าปุ๋ยเคมีเหมาะสมหรับใช้ในการปรับปรุงสภาพของดินให้ดีขึ้นอีกด้วย นอกจากนี้ การใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพนอกเหนือจากได้พลังงานแล้ว ยังสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเคมีได้ โดยเป็นสารตั้งต้นเพื่อการผลิตเคมีภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น

- 1) Acetylene
- 2) Carbon Disulphide
- 3) Carbon Tetrachloride
- 4) Hydrogen Cyanide
- 5) Methyl Chloride
- 6) Methylene Chloride

## 2.10 การเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H<sub>2</sub>S)

ไฮโดรเจนซัลไฟด์เป็นก๊าซที่พบได้ทั่วไปในธรรมชาติ เนื่องจากมีกลิ่นเหมือนไข่เน่าจึงทำให้เป็นก๊าซที่รู้จักกันอย่างกว้างขวาง ก๊าซนี้เกิดขึ้นจากการเน่าเปื่อยและย่อยสลายของอินทรีย์สาร จากปฏิกิริยาเคมีที่เรียกว่า ซัลเฟตรีดักชัน (Sulfate Reduction) แบคทีเรียไร้อากาศทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยใช้ซัลเฟตเป็นสารรีดิวซ์และเปลี่ยนเป็นซัลไฟด์ ปฏิกิริยาระหว่างซัลไฟด์ (s<sub>2</sub>-) และน้ำทำให้เกิด ไฮโดรเจนซัลไฟด์(H<sub>2</sub>S) ไฮโดรเจนซัลไฟด์(H<sub>2</sub>S)พบได้มากในบ่อพักน้ำเสียหรือในท่อระบายน้ำเสีย น้ำเสียที่มีซัลไฟด์มากเป็นน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น โรงกลั่น

น้ำมัน การเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ในระบบบำบัดน้ำเสียไร้อากาศที่บำบัดน้ำเสียที่มีซัลเฟตสูงก่อให้เกิดปัญหาหลายประการ เช่น ปัญหากลิ่นเหม็นโช้เน่า ปัญหาการสึกหรอการกัดกร่อนของโลหะปัญหาเป็นพิษต่อแบคทีเรียผลิตมีเทนและทำให้ปริมาณก๊าซมีเทนลดลง รวมทั้งมีผลต่อระบบเติมอากาศที่ตามหลังเนื่องจากซัลไฟด์เป็นสารรีดิวซ์ที่ทำให้ปฏิกิริยากับออกซิเจนได้ นอกจากนี้เมื่อนำก๊าซชีวภาพที่มีไฮโดรเจนซัลไฟด์ไปใช้ประโยชน์จะมีปัญหาการกัดกร่อนของอุปกรณ์ต่างๆ ทำให้มีความจำเป็นต้องทำความสะอาดก๊าซชีวภาพก่อนนำไปใช้ประโยชน์ เมื่อก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์หลุดสู่ชั้นบรรยากาศ จะถูกออกซิไดซ์เป็นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ภายใต้ออกซิเจนและความชื้นที่เหมาะสม เกิดเป็นละอองของกรดกำมะถันที่กระจายอยู่ในบรรยากาศที่เรียกว่า (Acid Mist) และเมื่ออากาศมีความชื้นสูงจะเกิดการควบแน่นทำให้อนุภาคเหล่านี้ตกลงมากับฝนเรียกว่า ฝนกรด (Acid Rain) (สยามเคมี, 2559)

## 2.11 ผลกระทบที่เกิดจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์หรือก๊าซโช้เน่า

ทุกวันนี้คงไม่มีใครไม่รู้จักก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์แต่จะมีสักกี่คนที่รู้และตระหนักถึงอันตรายของก๊าซชนิดนี้ที่มีต่อมลพิษทางอากาศและสุขภาพความเป็นอยู่ของมนุษย์ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์หรือที่คนทั่วไปเรียกว่าก๊าซโช้เน่า คงเป็นเพราะกลิ่นของก๊าซชนิดนี้คล้ายกลิ่นของโช้เน่า ก๊าซชนิดนี้เป็นหนึ่งในสารประกอบที่ได้จากธาตุซัลเฟอร์ มีคุณสมบัติเป็นก๊าซพิษชนิดหนึ่งที่ไม่มีสี มีสูตรทางเคมีว่า  $H_2S$  น้ำหนักโมเลกุล 34.04 จุดเดือด  $-85.5^{\circ}C$  จุดหลอมเหลว  $-60.7^{\circ}C$  ความหนาแน่นของก๊าซ 1.393 g/L ที่อุณหภูมิ  $25^{\circ}C$  ความดันบรรยากาศ 1 atm ซึ่งมีน้ำหนักมากกว่าอากาศ ค่าปริมาณไอระเหยของก๊าซต่ำสุดที่สามารถเกิดการระเบิดได้ หากมีออกซิเจนเพียงพอ (Lower explosive Limit, LEL) อยู่ที่ 4% จึงจัดก๊าซชนิดนี้เป็นก๊าซที่มีความว่องไวในการลุกติดไฟได้ง่ายมากและเกิดการเผาไหม้อย่างรุนแรงและอุณหภูมิที่สามารถลุกติดไฟได้เองอยู่ที่อุณหภูมิ  $290^{\circ}C$

แหล่งกำเนิดของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยส่วนใหญ่มากจาก 2 แหล่งได้แก่ กระบวนการทางธรรมชาติและกระบวนการทางอุตสาหกรรม โดยกระบวนการทางธรรมชาติ เช่นกระบวนการย่อยสลายของซากอินทรีย์สารที่มีธาตุซัลเฟอร์เป็นส่วนประกอบโดยแบคทีเรียในสภาวะที่ไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic digestion) ซึ่งสามารถดูการเกิดขึ้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จากกระบวนการนี้ได้จากภาพถ่ายขององค์การนาซา (อังกฤษ: National Aeronautics and Space Administration - NASA) แสดงดังรูปที่ 1.5 พบว่ามีก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เกิดขึ้นเป็นจำนวนมากห่างจากแนวชายฝั่งสาธารณรัฐนามิเบีย (Namibia) เพียง 150 กิโลเมตรโดยสีเขียวในรูปภาพแสดงถึงก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากน้ำทะเลที่อยู่ชายฝั่งมีปริมาณออกซิเจนต่ำ ทำให้สิ่งมีชีวิตในทะเลตายเป็นจำนวนมากและเกิดการย่อยสลายซากอินทรีย์โดยแบคทีเรียส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ขึ้นมา ซึ่งก๊าซพิษที่เกิดขึ้นยังส่งผลย้อนกลับไปทำลายระบบนิเวศน์ของชายฝั่งซ้ำอีกด้วยทำให้เกิดความเป็นพิษต่อชายฝั่งและสิ่งมีชีวิตในทะเล ในส่วนของกระบวนการทางอุตสาหกรรม ได้แก่ กระบวนการกลั่นแยกปิโตรเลียม การผลิตสิ่งทอ การฟอกหนัง การทำเหมืองแร่ กระบวนการเกี่ยวกับการผลิตเยื่อกระดาษ กระบวนการบำบัดน้ำเสียและสิ่งปฏิกูล



รูปที่ 2.5 ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (สีเขียว) ที่เกิดขึ้นบริเวณชายฝั่งสาธารณรัฐนามิเบีย  
ที่มา : (Visible earth, 2014)

ก๊าซชนิดนี้ส่งผลเสียต่อมนุษย์ หากได้รับในระดับความเข้มข้นต่ำก็ส่งผลให้เกิดอาการระคายเคืองแต่ถ้าได้รับที่ปริมาณความเข้มข้นสูงๆ ก็อาจทำให้เสียชีวิตได้ทันที และนอกจากนี้เมื่อก๊าซพิษชนิดนี้สัมผัสกับน้ำหรือไอน้ำก็จะเปลี่ยนเป็นกรดซัลฟูริกมีฤทธิ์ทางการกัดกร่อนสูง สามารถกัดกร่อนหลังคาบ้านเรือนรวมไปถึงวัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ อย่างรุนแรง โดยเฉพาะหากก๊าซชนิดนี้เกาะตัวอยู่บนโลหะหรืออยู่ในอากาศ เมื่อฝนตกลงมาก็จะกลายเป็นไอกรด หรือฝนกรด และถ้าหากถูกผิวหนังก็จะเกิดอาการปวดแสบปวดร้อน

ก๊าซชนิดนี้ ส่งผลให้มีคนได้รับบาดเจ็บและเสียชีวิตเกิดขึ้นด้วยเช่น อุบัติภัยที่เกิดขึ้นกับบริษัทยักษ์ใหญ่ในประเทศไทย คือ บริษัท ปตท. เคมีคอล จำกัด (มหาชน) เหตุเกิดเมื่อวันที่ 13 ก.พ. 2552 จ.ระยอง สาเหตุมาจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์รั่ว ส่งผลให้คนงานและผู้รับเหมาจำนวน 27 ราย ได้รับก๊าซพิษทำให้เกิดอาการมีศีรษะแน่นหน้าอก หายใจไม่ออก จนต้องนำตัวส่งโรงพยาบาล และในปีเดียวกันก็ได้เกิดอุบัติเหตุจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์รั่วขึ้นอีกครั้งที่โรงงานไทยเรยอน จ.สระบุรี เมื่อวันที่ 19 ธันวาคม 2552 โรงงานแห่งนี้จะผลิตเรยอนโดยใช้คาร์บอนไดซัลไฟด์จากปฏิกิริยาระหว่างก๊าซมีเทนกับกำมะถันแล้วจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นคาร์บอนไดซัลไฟด์และไฮโดรเจนซัลไฟด์ ในส่วนของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จะถูกนำกลับไปผ่านกระบวนการผลิตกำมะถันกลับคืนมาใหม่อุบัติเหตุเกิดขึ้นหลังจากที่ทางโรงงานซ่อมระบบสัญญาณเตือนภัยเสร็จ และเมื่อเปิดใช้ระบบพบว่าสัญญาณเตือนแจ้งว่ามีคาร์บอนไดซัลไฟด์สะสมมากผิดปกติในบางจุด ทางวิศวกรจึงรีบเข้าไปยังที่เกิดเหตุโดยขาดความชำนาญในการรับมือกับสารเคมีดังกล่าวเป็นเหตุให้วิศวกรได้รับบาดเจ็บ 4 รายและเสียชีวิต 1 ราย จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่าก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เป็นก๊าซพิษที่ทุกคนไม่ควรมองข้าม ควรตระหนักถึงอันตรายและแนวทางป้องกันและรับมือกับก๊าซพิษชนิดนี้ ซึ่งจะนำเสนอในบทความฉบับต่อไป (สยามเคมี, 2559)

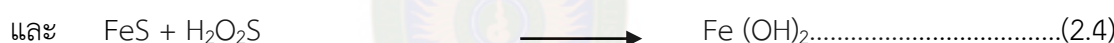
## 2.12 การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

Ferrichydroxide ที่ใช้ทรายเป็นแกนในการจับ โดยใส่ทรายในสารละลาย 1M FeCl<sub>3</sub> ทำให้แห้ง แล้วนำไปใส่ในสารละลาย 3M NH<sub>4</sub>OH ทำให้แห้งอีกครั้งแล้วนำไปบรรจุในท่อขนาด

เส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ซม. ยาว 35 ซม. ซึ่งสามารถบรรจุ เม็ดทรายที่เคลือบ Ferric hydroxide ได้ 600 cm<sup>3</sup> พบว่าสามารถกรองแบคทีเรียในน้ำได้ถึง 99.9% ปวีตราและคณะ (2548) รายงานว่า การใช้ดินเบาจาก จังหวัดลำปางเคลือบด้วย Ferrichydroxide สามารถ ดูดซับโลหะหนัก (สังกะสี ทองแดง และ แคดเมียม) ได้ถึง 92% การศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ ผลิตสารตัวกลางเคลือบด้วย Ferric hydroxide ที่มี ประสิทธิภาพในการดูดซับ H<sub>2</sub>S วิธีการศึกษา ทำการผลิตชุดตัวกรองซึ่งภายในจะ บรรจุเม็ด Ferrichydroxide ที่ได้จากการใช้ดินเบา หรือใช้ทราย ผสมกับปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนต่างๆ เพื่อหาระดับที่เหมาะสม จากนั้นนำไปทดสอบการดูดซับ H<sub>2</sub>S ที่ได้จาก บ่อก๊าซชีวภาพขนาด 8-16 ลบ.ม. ตามที่สุชนและคณะ (2553) ได้ไปส่งเสริมและสนับสนุนสร้างบ่อไว้แล้วเปรียบเทียบกับ การใช้ ฝอยเหล็กในท่อที่มีความยาว 50 ซม. เมื่อได้ชนิดของตัวกรองที่เหมาะสมแล้วนำไปใส่ในท่อที่มีความ ยาวแตกต่างกัน (50, 75 และ 100 ซม) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับ และการคืนสภาพของตัว ดูดซับ (Kaladjian ,2003)



ทฤษฎีการเปลี่ยน FeS ให้เป็น Ferric hydroxide



การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยใช้ตัวกลาง AC (ถ่านกัมมันต์) , FH (ซึ้กลึงเหล็กปรับสภาพ) , FA ( ซึ้กลึงเหล็กไม่ปรับสภาพ ) และ AF ( ถ่านกัมมันต์ร่วมกับซึ้กลึง เหล็กไม่ปรับสภาพ) พบว่าก๊าซ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ก่อนดูดซับด้วยตัวกลาง มีค่าเท่ากับ 1,334, 1,403, 1,205 และ 1,082 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยเมื่อก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ผ่านการกำจัดโดยใช้ วัสดุดูดซับพบว่าความเข้มข้นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ลดลงเหลือเท่ากับ 937.5, 1,187.4, 358.8 และ 610.7 มิลลิกรัมต่อลิตรของวัสดุดูดซับ AC, FH, FA และ AF ตามลำดับ โดยประสิทธิภาพการกำจัด ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เท่ากับร้อยละ 29.72, 15.37, 70.22 และ 43.61 ของ วัสดุดูดซับ AC, FH, FA และ AF ตามลำดับ พบว่าวัสดุดูดซับ FA มีประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซ ไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงสุด ณ สภาวะคงที่ เนื่องจาก FA เป็นสนิมที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ (สมชัย, 2546) เป็นสารประกอบ ระหว่างเหล็กกับออกซิเจน เกิดเป็นไฮเดรตเฟอร์ริกออกไซด์ (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.XH<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) เมื่อรวมตัวกับก๊าซ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H<sub>2</sub>S) เกิดเป็นสารประกอบเหล็กซัลเฟต จึงทำให้เกิดกระบวนการดูดซับก๊าซ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ของ วัสดุดูดซับ FA มีประสิทธิภาพมากที่สุด

ประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์รองลงมาคือ AF ซึ่งเป็นการ ใช้วัสดุดูดซับ AC ร่วมกับ FA ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ลดลง ประสิทธิภาพในการดูดซับ ก๊าซ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ลำดับที่สามคือ AC เนื่องจากช่วงแรก AC จะมีความสามารถในการกำจัดที่ดี แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไปความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จะสูงขึ้นและความสามารถในการดูด ซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ของ AC จะถึง จุดอิ่มตัวเร็ว ประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ลำดับที่สี่คือ FH เนื่องจาก FH มีการปรับสภาพด้วยกรด เพื่อที่จะเร่งปฏิกิริยาให้เกิดสนิม โดยกรด HCl ความเข้มข้นร้อยละ 15 เนื่องจากกรดมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัด ทำให้ประสิทธิภาพการ

กำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ไม่ค่อยดี โดยการนำเอาวัสดุที่ใช้เป็นตัวกลางในการดูดซับควร คำนึงถึงราคาต้นทุนของวัสดุดูดซับด้วย ดังนั้น FA เหมาะสมที่สุดในการนำมาใช้ประโยชน์ในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เนื่องจากมีประสิทธิภาพการกำจัดที่ดีที่สุด และเป็นวัสดุที่เหลือทิ้งจากกระบวนการเชื่อม การกลึงเหล็ก มีค่าใช้จ่ายเพียงเล็กน้อยในการนำมาใช้ประโยชน์และยังเป็นการลดปัญหาเรื่องเศษชิ้นกลึงเหล็กตามโรงกลึงที่ไม่ มีวิธีการจัดการที่ถูกต้องด้วย ถ้าปล่อยไว้ก็จะเป็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมต่อไป ปริมาณการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่อปริมาตรวัสดุดูดซับ แสดงปริมาณการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยใช้วัสดุดูดซับที่แตกต่างกันพบว่า FA มี ประสิทธิภาพการกำจัดที่ดีที่สุด โดยจะพบว่าก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ขาเข้า เท่ากับ 1,205 ppm เมื่อเวลาผ่านไป ความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จะลดลงเรื่อยๆ จนถึงจุดอิ่มตัวและสามารถกำจัดปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ขาเข้าได้เหลือความเข้มข้นน้อยที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของวรวิทย์ (2551)

ศึกษาการพัฒนาตัวดูดซับเพื่อกำจัดก๊าซ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ออกจากกระบวนการผลิตก๊าซธรรมชาติ พบว่าเหล็กมีประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้ดีกว่าถ่านกัมมันต์มันต์ ขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการทดลอง และจากงานวิจัยนี้พบว่า AF มีระยะเวลาการ กำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ยาวนานที่สุด เนื่องจากการรวมกันของวัสดุดูดซับสองชนิดคือ AC และ FH โดยมีการ บรรจุ AC ก่อนและตามด้วย FH ทำให้วัสดุที่บรรจุไว้เกิดการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ไหลผ่าน เมื่อระยะเวลาใน การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่มากขึ้นความเข้มข้นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์มีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ จนถึงสภาวะอิ่มตัว เรียกว่า breakthrough point ซึ่งเป็นเวลาที่ความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้ค่าการดูดซับถึงจุดอิ่มตัว ค่าความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ขาออกเท่ากับขาเข้า เรียกว่า breakthrough curve โดยวัสดุดูดซับ AC, FH, FA และ AF ได้ breakthrough point ที่ระยะเวลา 95, 140, 120 และ 215 นาที ตามลำดับ ปริมาณการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่อวัสดุดูดซับที่แตกต่างกัน ณ สภาวะคงที่ พบว่า FA มีความสามารถในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงสุดเท่ากับ 2,249.68 มิลลิกรัมก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่อลูกบาศก์เซนติเมตรของ FA เนื่องจาก FA มีประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงสุด เพราะ FA เกิดการรวมตัวกับ ออกซิเจนกลายเป็นเหล็กออกไซด์ ดังนั้นเมื่อปล่อยก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เข้าสู่คอลัมน์ที่มี FA แล้ว FA จะทำการ รวมตัวกับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เกิดเป็นเหล็กซัลเฟตทำให้ FA สามารถลดความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ให้ น้อยลงได้ ส่วนวัสดุที่มีความสามารถในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์น้อยที่สุดคือ AC มีค่าเท่ากับ 338.34 มิลลิกรัมก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่อลูกบาศก์เซนติเมตรของ AC เนื่องจากอาจจะมีความสมบัติในการดูดซับน้ำเสียที่ดีแต่ ไม่ค่อยเหมาะสมกับการนำมาดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ทำให้เกิดการกำจัดที่ค่อนข้างน้อยและถึงจุดอิ่มตัวเร็วทำให้การดูดซับปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่อปริมาตรวัสดุดูดซับน้อย เมื่อเทียบกับวัสดุดูดซับ FA, AF และ FH ซึ่งมี ความสามารถในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่อปริมาตรวัสดุดูดซับเท่ากับ 2,249.68, 1,418.69 และ 438.69 มิลลิกรัมก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่อลูกบาศก์เซนติเมตรของวัสดุดูดซับ ตามลำดับ (วงศ์วิวรรธ ธนุศิลป์ และ สุนันทา เลาวัณย์ศิริ , 2555)

### 2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

**จรรย์ บุญกาญจน์ , รัตนา จรียาบุรณ์, สุดารัตน์ ถิ่นจะนะ และ พรพิมล แสนสุข (2557)** พบว่ากำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ( $H_2S$ ) จากก๊าซชีวภาพสำหรับการใช้งานในครัวเรือนเป็นสิ่งจำเป็น เพราะ  $H_2S$  เป็นก๊าซที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ มีคุณสมบัติการกัดกร่อนสูง และมีกลิ่นเหม็นที่ไม่พึงประสงค์ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดกำจัด  $H_2S$  โดยใช้กระบวนการดูดซึมทางเคมีด้วย สารละลายคีเลทไอรอน ( $Fe(III)EDTA$ ) ในคอลัมน์บรรจุ คีเลทผลของตัวแปรดำเนินการของคอลัมน์ บรรจุโดยใช้เทคนิคพื้นผิวตอบสนอง (RSM) ในการออกแบบสภาวะการทดลองการสร้างแบบจำลอง และการสภาวะดำเนินการที่เหมาะสมสำหรับการใช้งาน ผลการศึกษาพบว่าคอลัมน์บรรจุขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 ซม. ความสูง 50 ซม. บรรจุด้วยวัสดุบรรจุชนิด Raschig ring ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 ซม. และสารละลาย  $Fe(III)EDTA$  ปริมาตร 350 มล. เป็นชุดกำจัด  $H_2S$  ที่เหมาะสม และเมื่อใช้งานที่สภาวะที่เหมาะสมที่ทำนายจากแบบจำลองคืออัตราการไหลของก๊าซชีวภาพ 5 ลิตร/นาที่ ความเข้มข้นของสารละลาย  $Fe(III)EDTA$  1 โมล/ลิตร ปริมาตรของสารละลาย  $Fe(III)EDTA$  350 มล. และความเข้มข้นของก๊าซ  $H_2S$  ในก๊าซชีวภาพเท่ากับ 1000 ppm พบว่าอายุการใช้งานของชุดกำจัด  $H_2S$  คือ 8.14 ชม. และเมื่อทำการฟื้นฟูสภาพของสารละลาย  $Fe(III)EDTA$  ของชุดกำจัด  $H_2S$  โดยการเติมอากาศในอัตรา 5 ลิตร/นาที่ เป็นเวลา 12 ชม. ก็จะสามารถใช้งานชุดกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ดังกล่าวได้ใหม่โดยให้ประสิทธิภาพเท่าเดิม จึงสามารถสรุปได้ว่าชุดกำจัดก๊าซ  $H_2S$  ที่พัฒนาขึ้นนี้มีศักยภาพในการนำไปใช้งานจริงเพื่อกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพสำหรับการใช้งานในระดับครัวเรือนได้

**วงศ์วิวรรธ ธนูศิลป์ และ สุนันทา เลาว์ลย์ศิริ (2555)** ได้ทำการวิจัยกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยใช้วัสดุดูดซับที่แตกต่างกัน ได้แก่ ถ่านกัมมันต์ (AC) ซีกกิ่งเหล็กปรับสภาพด้วยกรดไฮโดรคลอริก (FH) ซีกกิ่งเหล็กไม่ปรับสภาพ (FA) และ ถ่านกัมมันต์ร่วมกับซีกกิ่งเหล็กไม่ปรับสภาพ (AF) ในคอลัมน์ตัวกลางสูง 10 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.54 เซนติเมตร ทำการตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Biogas Analyzer ที่อัตราการไหล 340 มิลลิลิตรต่อนาที่ โดยวิเคราะห์แบบต่อเนื่อง จากการศึกษาพบว่า ซีกกิ่งเหล็กไม่ปรับสภาพมีประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงสุด รองลงมาคือ ถ่านกัมมันต์ร่วมกับซีกกิ่งเหล็กไม่ปรับสภาพ ถ่านกัมมันต์ และซีกกิ่งเหล็กปรับสภาพ ตามลำดับ โดยมีร้อยละการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เท่ากับ 70.22, 43.61, 29.72 และ 15.37 ตามลำดับ และ breakthrough point ที่ระยะเวลา 140, 215, 95 และ 120 นาที่ ตามลำดับ ปริมาณการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่อปริมาณวัสดุดูดซับเท่ากับ 2,249.68, 1,418.69, 338.34 และ 438.69 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ของวัสดุดูดซับซีกกิ่งเหล็กไม่ปรับสภาพ ถ่านกัมมันต์ร่วมกับซีกกิ่งเหล็กไม่ปรับสภาพถ่านกัมมันต์และซีกกิ่งเหล็กปรับสภาพตามลำดับ

**สุชน ตั้งทวีวัฒน์, องอาจ ส่องสี และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล(2555)** พบว่าก๊าซชีวภาพที่ผลิตโดยเกษตรกรรายย่อยเมื่อใช้มูลสุกรแม่พันธุ์ สุกรขุน และมูลนกกระทาไข่ มีไฮโดรเจนซัลไฟด์ ( $H_2S$ ) 480, 1,773 และ 3,509 ppm ตามลำดับ ก๊าซดังกล่าวมีกลิ่นเหม็น และกัดกร่อนโลหะเป็นอันตรายต่อหัวเตาหุงต้มหรือเครื่องยนต์ จึงควรกำจัดออกโดยใช้สารดูดซับที่แผลในสารละลายเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์และโซดาไฟ โดยใช้ปูนซีเมนต์เทาผสมดินเบาหรือทรายละเอียดเมื่อนำไปวัดในฟาร์มสุกรแม่พันธุ์ สุกรขุนและนกกระทาไข่ พบว่า การใช้ทรายผสมปูนซีเมนต์เทาสามารถลด  $H_2S$  ได้ดีกว่า

ดินเบาผสมปูนซีเมนต์เทาและการใช้ฝอยเหล็กกล้าคือ ลดได้ 99.3-97.3, 78.0-74.0 และ 69.4-49.9% ตามลำดับ ( $P < 0.01$ ) เมื่อนำตัวกลางทรายละเอียดผสมปูนซีเมนต์เทาบรรจุลงในท่อ PVC ที่มีความยาว 50, 75 และ 100 ซม. พบว่า ประสิทธิภาพในการดูดซับเพิ่มขึ้นตามความยาวของท่อ คือ ลด  $H_2S$  ได้เท่ากับ 99.3-97.3, 99.8-99.0 และ 100-99.6% ตามลำดับ โดยชุดดูดซับที่มีความยาว 100 ซม. สามารถลด  $H_2S$  จาก 2,400 ppm เป็น 0 ppm ในวันแรก และ 3 ppm หลังใช้งานนาน 30 วัน โดยตัวดูดซับจะเปลี่ยนสีจากน้ำตาลแดงเป็นสีน้ำตาลเข้ม

**ไกรฤทธิ์ นิลคุหา และคณะ (2553)** ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาระบบผลิตพลังงานไฮโดรเจนจากแหล่งพลังงานทดแทนโดยกระบวนการปฏิรูปด้วยไอน้ำ (Steam Reformation) เนื่องจากประเทศไทยมีแหล่งพลังงานก๊าซชีวภาพจากฟาร์มสุกรเป็นจำนวนมาก ซึ่งสามารถใช้เป็นแหล่งผลิตพลังงานไฮโดรเจนแบบกระจายศูนย์ (Decentralized Hydrogen Production) ในการศึกษานี้ได้แบ่งกระบวนการผลิตไฮโดรเจนออกเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกคือ การแยกก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากก๊าซชีวภาพ ซึ่งก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ถูกแยกโดยกระบวนการโลแคท (Lo-Cat) โดยใช้สารละลายของสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็ก (Fe(III) EDTA) ทำปฏิกิริยากับซัลไฟด์ไอออน จากนั้นสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็กนี้จะถูกรีเจนเนอเรตกับออกซิเจนในอากาศ ส่วนก๊าซคาร์บอน-ไดออกไซด์ถูกแยกโดยใช้การดูดซับด้วยโมเลกุลาร์ซีฟ ขั้นตอนที่สองคือการผลิตไฮโดรเจนโดยกระบวนการปฏิรูปด้วยไอน้ำของก๊าซหลังจากการแยกข้างต้น ซึ่งทำเตาปฏิริยาในเตาปฏิริยที่อุณหภูมิ 700-800 องศาเซลเซียส เมื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบแยกก๊าซและระบบผลิตไฮโดรเจน พบว่า ระบบสามารถแยกก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ และ 14.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับซึ่งก๊าซขาออกจากระบบแยกก๊าซสามารถผลิตไฮโดรเจนได้ 54 ลิตรต่อวัน

**สุภเวท มานิช และ วิโรจน์ บุญอำนาจ (2551)** พบว่าก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักของเชื้อจุลินทรีย์ โดยทั่วไปจะมีก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ผสมอยู่ประมาณ ร้อยละ 0.01-3.0 ซึ่งเป็นพิษและก่อให้เกิดการกัดกร่อนต่อวัสดุโลหะ ภายหลังขั้นตอนการผลิตก๊าซชีวภาพ จึงควรมีการกำจัดหรือลดปริมาณให้น้อยลง ในงานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้ *Thiobacillus ferrooxidans* เป็นเชื้อแบคทีเรียที่สามารถออกซิไดซ์เหล็ก เพอร์ไรต์ได้เป็นเพอร์ริก โดยที่เพอร์ริกที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาชีวภาพนี้จะทำปฏิกิริยาเคมีกับ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ทำให้เกิดเป็นซัลเฟอร์ และเพอร์ไรต์ ดังนั้นซัลไฟด์จึงถูกกำจัดออกไปในรูปซัลเฟอร์ของ แห้ง ระบบการกำจัดซัลไฟด์ในงานวิจัยนี้เป็นกระบวนการต่อเนื่องประกอบด้วย หอส้มฝัสดแพคเบด (ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มม. และสูง 1000 มม.๗ ซึ่งมีแหวน Raschig (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มม.) และถังปฏิริยแบบเลี้ยงเชื้อแบบต่อเนื่อง ปริมาตร 4.5 ลิตร (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 250 มม. และสูง 400 มม.) ในการทดลองขั้นแรก ใช้โซเดียมซัลไฟด์แทนก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เพื่อหลีกเลี่ยงความเป็นพิษของก๊าซ พารามิเตอร์ที่ได้ทำการศึกษาคือ ความเข้มข้นของสารเพอร์ริกและโซเดียมซัลไฟด์ เพอร์ริกที่ ผสมในสารอาหาร (9K Medium) ป้อนเข้าสู่เครื่องปฏิริยชีวภาพด้วยอัตราการป้อนคงที่ที่ 0.028 และ 0.28 mM/h. ในขณะที่อัตราการป้อนของโซเดียมซัลไฟด์แปรเปลี่ยนในช่วง 0.25-10.0 mM/h. ผลการ ทดลองพบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดซัลไฟด์ออกจากระบบมากกว่าร้อยละ 95 เมื่ออัตราการป้อนเชิง มวลของซัลไฟด์ต่อเพอร์ริกที่ 100 : 1 ซึ่งคาดว่าเป็นผลต่อเนื่องของปฏิกิริยาชีวเคมีกับปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น



**Edith Goldnik n and Thomas Turek ( 2016 )** ได้กำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จากอากาศได้โดยตัวดูดซับที่มีรูพรุนที่ซบด้วยสารละลายต่างทับทิม ในการศึกษาสามารถเตรียมการได้โดยใช้ เช่น บนดิสก์ และลักษณะการวัด Pelletizing โดดเด่นด้วยไฮโดรเจนซัลไฟด์ ในการทดลองเหล่านี้แต่ละครั้งจะเกิดปฏิกิริยาที่แตกต่างกัน เม็ด ขนาด และความเข้มข้นขาเข้าพักเวลามาวิเคราะห์ศึกษากระบวนการปฏิกิริยาภายในเม็ด , การวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์และ REM การวัดองค์ประกอบของอนุภาคแบบสแกนหลังจากเวลาปฏิกิริยาต่าง ๆ ในการวิจัย ผลลัพธ์เหล่านี้แสดงให้เห็นว่าปฏิกิริยาส่วนใหญ่เดินหน้า ปฏิกิริยาที่ค่อนข้างเร็ว เป็นวิธีการแรกหัตว์หลักประยุกต์ใช้แบบจำลองสำหรับรายละเอียดของการพัฒนาเส้นโค้งแสดงแล้วมีความสอดคล้องกับผลการทดลอง นอกจากนี้ปริมาณของรูปแบบการพัฒนา ซึ่งเป็นการพิจารณาต่อเนื่องสองปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในปริมาณอนุภาคทั้ง ในทางตรงกันข้ามกับหลักหัตว์แบบปริมาตรปฏิกิริยาแบบช่วยอธิบายการลดลงของวัดตำแหน่งของปฏิกิริยาดีโซนในข้อตกลงกับการวิเคราะห์และธาตุที่ทำให้ปฏิกิริยาตัวดูดซับแสงของเม็ด

**Lee Chung Lau et al. (2016)** พบว่าปัจจุบันรายงานเกี่ยวกับการเตรียมถ่านกัมมันต์ที่สามารถนำมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อลด  $H_2S$  จากก๊าซชีวภาพ แต่นอกเหนือจากการสังเคราะห์ของตัวดูดซับ ปฏิกิริยายังมีเงื่อนไขกระบวนการที่มีนัยสำคัญซึ่งมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการทำงานของตัวดูดซับ ดังนั้นจุดมุ่งหมายของการศึกษาคั้งนี้คือการตรวจสอบผลกระทบของภาวะของกระบวนการที่อุณหภูมิการดูดซับความเข้มข้น  $H_2S$  การไหลดูดซับอัตราและส่วนประกอบของก๊าซอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับประสิทธิภาพของใช้งานการไหลของตัวดูดซับคาร์บอนสำหรับการกำจัด  $H_2S$  ในศึกษานี้คาร์บอนถูกเปิดใช้งานโดยถูกซบด้วย  $CO_2$  และ  $NaOH$  ความจุการดูดซับ  $H_2S$  ของตัวดูดซับที่ดีที่สุด พบว่ามีการดูดซับเพิ่มขึ้นกับอุณหภูมิลดลง โดยจะดูดซับ  $H_2S$  ต่ำสุดที่ 2,000 ppm  $H_2S$  จะเพิ่มขึ้นด้วยการเพิ่มการดูดซับของการไหลสูงสุดที่ 500 มิลลิลิตร / นาทีและสูงสุดที่ 25% ความชื้นสัมพัทธ์  $CO_2$  และ  $CH_4$  พบว่าส่งผลกระทบต่ออัตราการดูดซับความจุในระดับที่แตกต่างกัน การฟื้นฟูที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือ 78% ซึ่งประสบความสำเร็จโดยใช้การรักษาความร้อนที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส โดยใช้ระยะเวลา สี่ชั่วโมงในการฟื้นฟู ตัวดูดซับที่เลือกมีคุณสมบัติการดูดซับและลักษณะของการเกิดปฏิกิริยาที่ต้องการ

**Mehmet Ferdi Fellah ( 2015 )** ได้ศึกษาการดูดซับโมเลกุลของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ผ่านกรอบทฤษฎี of metals กับแคตไอออน ( Fe , Co , Ni , ทองแดง และสังกะสี ) ในช่อง 14t zsm-12 ซีโอไลต์ cluster model วิธีนี้ใช้ในการศึกษาการทำงานกับชุด lanl2dz และ 6 - 31 g ( d, p ) ชุดพื้นฐาน จูฬา- zsm-12 พลังงานเคมี อิเล็กโทรเนกาติวิตีมากที่สุด และ พลังงานช่องว่างระหว่าง homoand lumowith ไปยังกลุ่มอื่น ๆ เพราะการลดสารความแข็งค่า ดังนั้น จากข้อมูลเหล่านี้สามารถกล่าวได้ว่า จูฬา- zsm-12 คือสัญญาณผู้สมัครตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยผ่านการกระตุ้นของ S และ H พันธบัตรมากกว่าโลหะอื่น ๆ zsm-12 ซีโอไลต์

**J.krischan et al. ( 2011 )** พบว่าวิธีหนึ่งที่เชื่อถือได้ในการเลือกกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (  $H_2S$  ) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการปรับปรุงก๊าซชีวภาพเพื่อให้ความยืดหยุ่นในการแข่งขันทางตลาด ทำให้แนวโน้มเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ desulfurization ได้มีประสิทธิภาพโดยกระบวนการแยกแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ออกนี้ต้องคำนึงถึงสภาวะไร้ออกซิเจน หรือทางดำน

นิเวศวิทยา หรือผลผลิตสารที่เป็นอันตรายจัดเป็นทางเลือกที่น่าสนใจเพื่อเทคโนโลยี desulfurization ที่มีอยู่ และในงานวิจัยนี้ ได้ทำการทดลองโดยใช้เครื่องปฏิกรณ์ถังกวนแบบต่อเนื่องและชุดในระดับห้องปฏิบัติการไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) ถูกดูดซึมจากโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ โดยเป็นสารละลายที่เตรียมจากสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ( $\text{NaOH}$ ) โซเดียมไบคาร์บอเนต ( $\text{NaHCO}_3$ ) และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) อิทธิพลของค่า pH ปฏิกริยารีดอกซ์ศักยภาพและประสิทธิภาพการดูดซับและการบริโภคของสารเคมีที่ถูกตรวจสอบ เพราะสนับสนุนปฏิกริยาออกซิเดชันของ  $\text{H}_2\text{S}$   $\text{H}_2\text{O}_2$  ละลายกับประสิทธิภาพการกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์สูง ในขณะที่  $\text{CO}_2$  absorption จะต่ำลงจากที่มีอยู่ ทำให้เกิดการปรับปรุงก๊าซชีวภาพในระดับอุตสาหกรรมนำร่องโรงงานขึ้น ซึ่งมีประสิทธิภาพ desulfurizes 180 m<sup>3</sup> /h คุณภาพก๊าซชีวภาพมีประสิทธิภาพเฉลี่ยถึง 97% นับเป็นค่าที่ค่อนข้างสูง

**Sumate Chairapat and other (2010)** ได้ทำการบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากซัลเฟตเนื่องจากผลของอุตสาหกรรมน้ำยางข้นสูง ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ( $\text{H}_2\text{S}$ ) ในการผลิตก๊าซชีวภาพ ซึ่งเป็นก๊าซมีกลิ่นเป็นพิษและกัดกร่อนอุปกรณ์ ผลของเวลาการเก็บรักษา (RT) และอัตราส่วนการผสมอากาศประสิทธิภาพการทำงานและจลนศาสตร์ของเครื่องปฏิกรณ์ไบโอฟิล์มแอโรบิกในการกำจัด  $\text{H}_2\text{S}$  ที่ถูกประเมิน พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัด  $\text{H}_2\text{S}$  เพิ่มขึ้นตามการผสมของอากาศและอัตราส่วน RT ภายใต้อัตราส่วน 1: 4 ก๊าซชีวภาพสู่อากาศระบบสามารถบรรลุที่ผลเฉลี่ย 94.7%, 87.3%, 85.6% ณ RT 160, 80 และ 40 วินาทีตามลำดับ ระบบกรองชีวภาพของเราแสดงให้เห็นความจุ amaximumelimination (ECmax) ของ 256.4 กรัม / M<sup>3</sup> / H ในการศึกษาจลนศาสตร์ของเรา เมื่อดำเนินการกับน้ำเสียที่เป็นกรดออกจากโรงงานยางข้น ระบบให้ประสิทธิภาพการทำงานเทียบเท่ากับการสังเคราะห์ของเหลว ผลยังพบว่าบางออกซิเดชันก๊าซมีเทนที่ไม่พึงประสงค์ที่เกิดขึ้นในแผ่นกรองชีวภาพ นอกจากนี้ประเภทของของเหลวที่ใช้เห็นได้ชัดว่าได้ส่งผลกระทบต่อสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่โดดเด่น แม้ว่าส่วนตรงกลางของแผ่นกรองชีวภาพที่มีจุลินทรีย์น้อยลง  $\text{H}_2\text{S}$  อาจยังคงมีประสิทธิภาพถูกแปลงเป็นกรดกำมะถันที่อาจจะนำกลับมาใช้ในอุตสาหกรรมน้ำยางข้น

### บทที่ 3

#### ระเบียบวิธีดำเนินงานวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัยนี้ ต้องการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จากก๊าซชีวภาพชุมชนในเขตพื้นที่ ต.กุดรัง อ.กุดรัง จ.มหาสารคาม โดยใช้สารเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์และฟลอยด์เหล็ก ซึ่งแบ่งวิธีการศึกษาดังต่อไปนี้

#### 3.1 อุปกรณ์

##### 3.1.1 วัสดุอุปกรณ์สำหรับทำบ่อหมักขนาด 8 ลูกบาศก์เมตร

1. พลาสติกพีวีซี ความหนา 0.25 มิลลิเมตร กว้าง 1.8 เมตร ยาว 6 เมตร

จำนวน 3 ผืน



รูปที่ 3.1 พลาสติกพีวีซี

2. ท่อพีวีซีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ยาว 1.2 เมตร จำนวน 2 ท่อน



รูปที่ 3.2 ท่อพีวีซีขนาด 4 นิ้ว

3. กาวอีแฉีป ½ กระป๋อง พร้อมแปรง



ก.) กาวอีแฉีป

ข.) กาวพีวีซี

รูปที่ 3.3 กาว

4. เกลียวนอก-ใน พีวีซี ¼-1 นิ้ว จำนวน 1 ชุด



รูปที่ 3.4 เกลียวนอก-ใน พีวีซี

5. ยางไนโรจจักรยานยนต์เก่า



รูปที่ 3.5 ยางไนโรจจักรยานยนต์

6. แผ่นพลาสติกแข็ง ขนาด 3 นิ้ว 2 แผ่น (กระป๋องน้ำมันเครื่องเก่า)



รูปที่ 3.6 พลาสติกแข็ง

7. ท่อพีอี หรือท่อพีวีซี ข้อต่อ ขนาด  $\frac{3}{4}$ -1 นิ้ว จำนวนขึ้นกับความยาวของท่อส่งก๊าซที่ต้องการ (20 เมตร)



รูปที่ 3.7 ท่อพีอี ขนาด  $\frac{3}{4}$  -1 นิ้ว

8. สามทางพีวีซี  $\frac{3}{4}$ -1 นิ้ว จำนวน 1 อัน



รูปที่ 3.8 สามทางพีวีซี

## 9. ขวดสำหรับทำวาล์วน้ำ



รูปที่ 3.9 ขวดน้ำดื่มที่ใช้แล้ว(ขวดทำวาล์วน้ำ)

## 10. วาล์วพีวีซีขนาด4 หุน หรือบอลวาล์ว จำนวน 1 อัน



รูปที่ 3.10 วาล์วพีวีซี

## 11. หัวก๊าซ 1 หัว



รูปที่ 3.11 หัวเตาก๊าซ

12. สายส่งก๊าซความยาว 2 เมตร



รูปที่ 3.12 สายส่งก๊าซ

13. ปูนซีเมนต์ 1 ถุง พร้อมทราย



รูปที่ 3.13 ปูนซีเมนต์และทราย

14. วงบ่อ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80-100 ซม.



รูปที่ 3.14 วงบ่อ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80-100 ซม.

### 3.1.2 วัสดุอุปกรณ์สำหรับทำชุดดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

1. กระจกพลาสติกสำหรับใส่วัสดุดูดซับ ขนาด 3 ลิตร



รูปที่ 3.15 กระจกพลาสติก

2. เฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ ขนาด 3 ลิตร



รูปที่ 3.16 ชุดดูดซับเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์

3. ฝอยเหล็ก ขนาด 3 ลิตร



รูปที่ 3.17 ชุดดูดซับฝอยเหล็ก



4. ข้ออลดเกลียวใน pvc 1/2 นิ้ว ชุดดูดซับละ 2 ตัว



รูปที่ 3.18 ข้ออลดเกลียวใน

5. ท่อสั้นเกลียวนอก pvc 1/2 นิ้ว ชุดดูดซับละ 2 ตัว



รูปที่ 3.19 ท่อสั้นเกลียวนอก

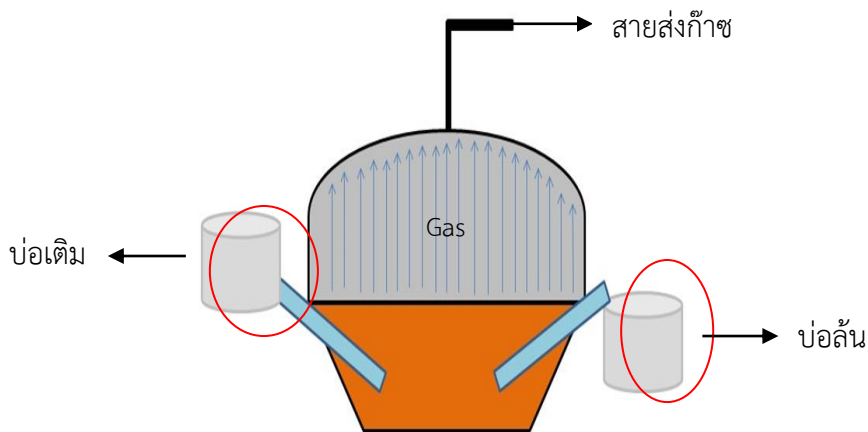
### 3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

เครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา รุ่น Biogas 5000



รูปที่ 3.20 เครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพ

### 3.2 วิธีดำเนินงานวิจัย



รูปที่ 3.21 โครงสร้างบ่อหมักก๊าซชีวภาพ

#### 3.2.1 การสร้างบ่อหมักและผลิตก๊าซชีวภาพ

##### ส่วนที่ 1.1 การประกอบบ่อหมักก๊าซชีวภาพ

ขั้นที่ 1 ตัดพลาสติกพีวีซีขนาดกว้าง 1.8 เมตร ยาว 6 เมตร จำนวน 3 ผืน ข้อควรระวังในขั้นตอนนี้ คือ ควรวางแผ่นพลาสติกบนพื้นราบ ไม่มีกวางด หิน หรือ ทราย เพราะจะทำให้พลาสติกเป็นรอยขีดข่วน หรือรั่วได้ ดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 พลาสติกพีวีซีที่ตัดแล้ว

ขั้นที่ 2 วางแผ่นพลาสติกที่ตัดแล้วทั้ง 3 ผืน ตามแนวยาวให้ด้านข้างทับกันประมาณ 4 นิ้ว จากนั้นติดพลาสติกเข้าด้วยกาวอีแวนป์ ใช้มีดกด/รีดบริเวณที่ทาขาวเบาๆ เพื่อให้พลาสติกติดกันแน่นขึ้นและเป็นการตรวจสอบรอยรั่วอีกทางหนึ่ง ข้อแนะนำสำหรับเกษตรกร









- 4) วัดปริมาตรก๊าซที่เกิดขึ้น ก่อนติดตั้งชุดดูดซับด้วยเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์และฝอยเหล็ก โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา (Biogas 5000)
- 5) วัดปริมาตรก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น (โดยนำชุดวัดปริมาตรต่อกับวาล์วควบคุมก๊าซที่สายส่งก๊าซเพื่อวัดปริมาตรก๊าซที่เกิดขึ้นถึงหมักเป็นเวลา 16 วัน เก็บข้อมูลเป็นรายวัน)

### 3.2.2 การวิเคราะห์ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

- 1) เก็บตัวอย่างก๊าซในการทดลองโดยเก็บก๊าซในถังหมัก 3 ถัง เพื่อตรวจหาก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพ เป็นเครื่องพกพาสามารถตรวจองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพจากถังหมักโดยตรงได้เลย
- 2) ใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซ ในการวิเคราะห์ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่อยู่ภายในถังหมัก ก่อนติดตั้งชุดดูดซับด้วยเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์และฝอยเหล็ก
- 3) ใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซ ในการวิเคราะห์ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่อยู่ภายในถังหมัก หลังติดตั้งชุดดูดซับด้วยเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์และฝอยเหล็ก
- 4) บันทึกค่าปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เกิดจากถังหมัก
- 5) ทำตามข้อ 1-3 กับบ่อหมักทั้งมูลสุกร โค และกระบือ

### 3.2.3 เปรียบเทียบก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ได้จากการหมักมูลของ สุกร โค และกระบือ

- 1) นำข้อมูลก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ได้จากการวิเคราะห์ โดยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพมา เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ระหว่างสารเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์กับฝอยเหล็ก
- 2) นำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบเพื่อวิเคราะห์การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จากก๊าซชีวภาพที่ได้จากบ่อหมักสุกร โค และกระบือ