รายงานผลการวิจัย

เรื่อง

การจัดการและการใช้ประโยชน์ของเสียจากฟาร์มสุกรขนาดเล็กแบบครบวงจร

Integrated Waste Management and Utilization of Small Pig Farm

โดย

ฐปน ชื่นบาล และคณะ

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

2556

รหัสโครงการวิจัย มจ.1-55-060

รายงานผลการวิจัย

เรื่อง การจัดการและการใช้ประโยชน์ของเสียจากฟาร์มสุกรขนาดเล็กแบบครบวงจร

Integrated Waste Management and Utilization of Small Pig Farm

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2555

จำนวน 1,152,000 บาท

ผู้อำนวยการชุดโครงการวิจัย นายฐปน ชื่นบาล

หัวหน้าโครงการย่อย หัวหน้าโครงการย่อยที่ 1: นายฐปน ชื่นบาล

หัวหน้าโครงการย่อยที่ 2: นางสาวศรีกาญจนา คล้ายเรือง

หัวหน้าโครงการย่อยที่ 3: นางสาวมยุรา ศรีกัลยานุกูล

หัวหน้าโครงการย่อยที่ 4: นายพนมเทียน ทนคำดี

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

14 พฤศจิกายน 2556

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้อุดหนุนวิจัย ประจำปี 2555 ที่ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญในการศึกษาด้านการจัดการและการใช้ประโยชน์ของเสียจากฟาร์มสุกรขนาดเล็กแบบครบวงจร ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ศึกษาการออกแบบและสร้างถังหมักไร้อากาศแบบกวนผสม ซึ่งดำเนินการสภาวะที่เหมาะสมต่อการทำงาน การนำไปใช้ประโยชน์เพื่อนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทน ทั้งนี้เพื่อการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสุกรและการจัดการของเสียจากฟาร์มสุกรได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยในการศึกษานี้จะออกแบบให้เหมาะสมสำหรับฟาร์มสุกรขนาดเล็กหรือสุกรที่เลี้ยงในปริมาณน้อยในครัวเรือน โดยเป็นระบบที่ใช้งานง่าย มีราคาไม่สูงนัก ให้ปริมาณก๊าซมีเทนที่สามารถนำไปใช้ได้จริงในระดับครัวเรือน โดยการศึกษานี้จะสามารถกำจัดของเสียจากฟาร์มสุกรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ลดปัญหารกลิ่นและของเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละวันได้เป็นอย่างดี การอนุมัติสนับสนุนทุนวิจัยประจำปีงบประมาณ 2555 ให้กับแผนงานวิจัยนี้ จึงเป็นที่ทำให้นักวิจัยรู้สึกขอบคุณ และมีกำลังใจในการทำงานด้านการจัดการและการใช้ประโยชน์ของเสียจากฟาร์มสุกรขนาดเล็กแบบครบวงจร และหวังว่าเมื่อสิ้นสุดโครงการจะสามารถสร้างหรือให้ประโยชน์ต่อการนำไปใช้ในอนาคต และสามารถสร้างชื่อเสียงให้กับมหาวิทยาลัยต่อไป

เนื่องจากแผนงานวิจัยนี้ประกอบด้วยคณะผู้วิจัยที่บูรณการจากหลายโครงการรวม โดยเฉพาะในโครงการที่ 1 ที่เป็นโครงการวิจัยหลัก ประกอบด้วยนักวิจัยที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านในการออกแบบถังหมักแบบกวนผสมขนาดเล็กที่มีความเหมาะสมต่อฟาร์มสุกรขนาดเล็ก (ผศ. ดร. ฐปน ชื่นบาล) โครงการย่อยที่ 2 ศึกษาเรื่อง การแยกเชื้อแบคทีเรียออกซิไดซ์ซัลเฟอร์เพื่อกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟล์ (อ.ดร.ศรีกาญจนา คล้ายเรือง), โครงการย่อยที่ 3 ศึกษาเรื่อง การผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากมูลสุกรโดยใช้กระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน(อ.ดร.มยุรา ศรีกัลยานุกูล) และโครงการย่อยที่ 4 ศึกษาเรื่อง การทดสอบประสิทธิภาพของวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยน้ำหมักที่ผลิตจากกากตะกอนและน้ำล้นจากถังหมักไร้อากาศแบบกวนผสมต้นแบบต่อการเจริญของพืชผัก (นายพนมเทียน ทนคำดี) ซึ่งแต่ละท่านได้ใช้ความสามารถ และความเชี่ยวชาญเฉพาะดำเนินการวิจัยตามที่กำหนดไว้ ทำให้ผลงานออกมาเป็นที่น่าพอใจยิ่ง จึงใคร่ขอขอบพระคุณในการร่วมมือในการวิจัยดังกล่าว ไว้ ณ โอกาสที่นี้ด้วย

สุดท้ายขอขอบคุณผู้ช่วยนักวิจัยทุกท่าน และนักศึกษาที่เกี่ยวข้องทุกคน ที่เป็นกำลังใจสำคัญที่ทำให้ผลงานวิจัยออกมาได้ด้วยดี และเจ้าหน้าที่ผู้ประสานงานของแผนงานวิจัยในการประสานงานนักวิจัยและติดตามต้นฉบับ จนทำให้สามารถจัดทำรูปเล่มรายงานครั้งนี้ได้และพร้อมส่งให้กับสำนักวิจัยฯ ได้ตามกำหนด

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานวิจัยครั้งนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้พบเห็นหรือผู้ที่สนใจไม่มากก็น้อย

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	ข
สารบัญภาพ	ค
บทคัดย่อ	1
Abstract	3
รายละเอียดชุดโครงการ	5
คำนำ	7
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	9
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	10
เป้าหมายเชิงยุทธศาสตร์ของแผนงานวิจัย	11
การตรวจเอกสาร	12
กรอบแนวความคิดในการดำเนินงานวิจัย	19
การบริหารแผนงานวิจัยและกิจกรรมภายใต้แผนงานวิจัย	20
แผนการดำเนินการวิจัย	22
ความเสี่ยงและแนวทางการบริหารความเสี่ยงของแผนงานวิจัย	24
อุปกรณ์และวิธีการ	25
สรุปผลการดำเนินการวิจัย	28
เอกสารอ้างอิง	30

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 กิจกรรมการบริหารแผนงานวิจัย 20

ตารางที่ 2 แผนการดำเนินการวิจัย 22

ตารางที่ 3 ความเสี่ยงและแนวทางบริหารความเสี่ยงของแผนงานวิจัย 24

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ MAEJO UNIVERSITY แม่โจ้ ๒๘๙๗

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 กรอบแนวความคิดของแผนงานวิจัย และผลที่คาดว่าจะได้ เมื่อสิ้นสุดงานวิจัย 19

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ MAEJO UNIVERSITY

การจัดการและการใช้ประโยชน์ของเสียจากฟาร์มสุกรขนาดเล็กแบบครบวงจร

Integrated Waste Management and Utilization of Small Pig Farm

ฐปน ชื่นบาล[1] ศรีกาญจนา คล้ายเรือง[1] มยุรา ศรีกัลยานุกูล[1] พนมเทียน ทนคำดี[2]

Tapana Cheunban[1], Srikanjana Klayraung[1], Mayura Srikanlayanukul[1] and Panomtian Thonkamdee[2]

[1]คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ 50290

[2]กองสวัสดิการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

แผนงานวิจัยเรื่อง การจัดการและการใช้ประโยชน์ของเสียจากฟาร์มสุกรขนาดเล็กแบบครบวงจร เป็นแผนงานที่เสนอรับทุนสนับสนุน 2 ปี ในการดำเนินงานวิจัยตามแผนนี้ได้แยกเป็น 4 โครงการย่อย ได้แก่ โครงการที่ 1 การออกแบบและพัฒนาถังหมักไร้อากาศแบบกวนผสมต้นแบบสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพจากฟาร์มสุกรขนาดเล็ก โครงการที่ 2 การแยกเชื้อแบคทีเรียออกซิไดซ์ซัลเฟอร์เพื่อกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟล์ โครงการที่ 3 การผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากมูลสุกรโดยใช้กระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน และโครงการที่ 4 การทดสอบประสิทธิภาพของวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยน้ำหมักที่ผลิตจากกากตะกอนและน้ำล้น จากถังหมักไร้อากาศแบบกวนผสมต้นแบบต่อการเจริญของพืชผัก ซึ่งการดำเนินงานทั้ง 4 โครงการย่อยมีความก้าวหน้าที่พอใจที่สามารถดำเนินการในปีที่ 2 ได้

แผนงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการกวนที่มีต่อการหมักแบบไร้อากาศในการผลิตก๊าซชีวภาพและการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรในระดับอุตสาหกรรม โดยใช้ถังหมักขนาด 1000 ลิตร โดยแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 4 ชุดคือ กวนวันละ 2, 4 และ 8 ครั้ง (ครั้งละ 30 นาที) และ (ชุดควบคุม) ไม่มีการกวน เติมน้ำเสียจากฟาร์มสุกรหมักจนเกิดก๊าซจึงเริ่มเติมน้ำเสียวันละ 100 ลิตรทุกถังตลอดการทดลอง จากนั้นทำการตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพ โดยพบว่าการกวนผสมมีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพและการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกร

ตัวอย่างดินจากธรรมชาติ ฟาร์มสุกร และบริเวณโรงงานอุตสาหกรรม รวมทั้งกากตะกอนน้ำเสีย จำนวน 30 แหล่งตัวอย่าง เมื่อนำมาคัดแยกเชื้อ Sulfur-Oxidizing Bacteria บนอาหาร Thiosulfate Broth และ Thiosulfate Agar ที่ระดับ pH 4 และ 7 ได้เชื้อบริสุทธิ์ที่เก็บไว้ทั้งสิ้น 51 ไอโซเลต มีเพียง19ไอโซเลตที่สามารถเจริญได้ในน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร พบว่าเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดไม่สามารถเจริญที่ pH 3 เท่านั้น และมีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดซัลไฟด์ที่ pH เริ่มต้นเท่ากับ 8 เมื่อนำเชื้อแบคทีเรีย WI023, WI048 และ SLP02 ไปจำแนกชนิดด้วยลำดับเบสของ 16S rRNA พบว่าเป็นเชื้อแบคทีเรีย *Thiobacillus* sp., *Thiobacillus ferrooxidans* และ *Acinetobacter* sp. ตามลำดับ

ศึกษาการผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากน้ำทิ้งฟาร์มสุกรโดยใช้กระบวนการหมักแบบ 2 ขั้นตอน ทำการปรับสภาพตะกอนหัวเชื้อโดยการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 ^{O}C เป็นเวลา 30 นาที ทำการออกแบบถังปฏิกรณ์ที่ใช้ในการผลิตก๊าซไฮโดรเจนโดยกระบวนการหมักแบบ 2 ขั้นตอน ประกอบด้วยถังผลิตกรด และถังผลิตก๊าซไฮโดรเจน ขนาด 60 ลิตร ทำการศึกษาระยะเวลาการกักเก็บ (HRT) ที่ 12, 24, 36 และ 48 ชั่วโมง ต่อการผลิตก๊าซไฮโดรเจนทำการหมักที่มีการควบคุม pH ที่ 5.0 พบว่าระยะเวลาการกักเก็บที่ 24 ชั่วโมง สามารถผลิตก๊าซไฮโดรเจนได้สูงสุด

ศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยน้ำหมักที่ผลิตได้จากกากตะกอนและน้ำล้นจากถังหมักไร้อากาศแบบกวนผสมต้นแบบ ทดสอบกับของเสียมูลสุกรของคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยออกแบบให้มีการวนน้ำที่ล้นออกจากระบบ 8 ครั้งต่อวันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ โดยเมื่อนำกากตะกอนและน้ำล้นไปทดสอบดัชนีการงอกของเมล็ดพืช พบว่ากากตะกอนและน้ำล้นมีค่าดัชนีการงอกที่ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ อีกทั้งการใช้กากตะกอนยังเป็นการเพิ่มอินทรียวัตถุในดินอีกด้วย

คำสำคัญ: ถังหมักไร้อากาศ วัสดุปรับปรุงดิน ก๊าซไฮโดรเจน น้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร

Abstract

Research project on Integrated Waste Management and Utilization of Small Pig Farm was firstly planned for 2 years and comprised of 4 subprojects. There are 1) Design and Development of Prototype of Mixed Anaerobic Digester for Biogas Production from Small Pig Farm, 2), Isolation of sulfur oxidizing bacteria for hydrogen sulfide removal, 3) Bio-Hydrogen Production from Swine Manure Using Anaerobic Fermentation and 4) The Study on the Efficient Testing of Soil Amendment and Fermented Liquid Fertilizer Production from Sludge and Effluent from Prototype of Mixed Anaerobic Digester for Vegetable Production. All subprojects showed progressive results and hopefully, beneficial enough for the project next year

The objective of this research is to study the effect of mixing on anaerobic digestion, biogas production and swine wastewater treatment in pilot scale. Four sets of experiments were performed using swine wastewater feed and gas began to fill up of water a day in the different mixing 2, 4 and 8 times a day (30 min/times) and (control) unmix were performed in 1000 liters bioreactor .Bioreactor ware started up by swine wastewater, and operated biogas produced. After that, swine wastewater was feed to all reactors 100 liters per day throughout experiment**.** It was found that efficiency that the mixing had affected to biogas production and swine wastewater treatment efficiency.

Soil samples were collected from natural farms and factories. Include sewage sludge sample of 30 sources. When taken into isolation. Sulfur-Oxidizing Bacteria on culture medium, Thiosulfate Agar and Thiosulfate Broth at pH 4 and 7 were purified, stored total 51 isolates; only 19 isolates were able to grow in wastewater from pig farms. Found that the bacteria were not able to grow at pH 3 only, and were highly effective in the removal of sulfide at pH starting at 8 when bacteria WI023, WI048 and SLP02 to classification by sequencing of 16S. rRNA showed that the bacteria *Thiobacillus sp., Thiobacillus ferrooxidans* and *Acinetobacter sp*. respectively.

Biohydrogen production from swine farm wastewater by two-phase anaerobic fermentation was investigated in this research. The inoculum sludge was heat-treated at 100 ^{O}C for 30 minutes. The two-phase bioreactors for hydrogen production consisting of acid tank and hydrogen production tank with 60 L in total volume and 36 L in working volume were design. The hydraulic retention times (HRT) of 12, 24, 36, and 48 h under controlled pH at 5.0 were studied. The maximum hydrogen concentration of 540 mg/m^3 was occurred at HRT of 24 h.

This objective of experiment was to study the efficiency of soil amendment and liquid fertilizer production from sludge and effluent from prototype of mixed anaerobic digester. In this experiment, tests with Swine waste of Maejo University's animal science and technology, with the agitation rate to 8 times per day by the water effluent to increase the efficiency. The germination test of digester sludge and effluent water were found the germination index similar to the standard of organic fertilizer and the digester sludge also increases the organic matter in the soil.

Key words: anaerobic digestion, soil amendment, bio-hydrogen, swine farm wastewater

รายละเอียดชุดโครงการ

ชื่อโครงการวิจัยภายใต้แผนงานวิจัย

1. การออกแบบและพัฒนาถังหมักไร้อากาศแบบกวนผสมต้นแบบสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพจากฟาร์มสุกรขนาดเล็ก
   (Design and Development of Prototype of Mixed Anaerobic Digester for Biogas Production from Small Pig Farm)
2. การแยกเชื้อแบคทีเรียออกซิไดซ์ซัลเฟอร์เพื่อกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์
   (Isolation of sulfur oxidizing bacteria for hydrogen sulfide removal)
3. การผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากมูลสุกรโดยใช้กระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน
   (Bio-Hydrogen Production from Swine Manure Using Anaerobic Fermentation)
4. การทดสอบประสิทธิภาพของวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยน้ำหมักที่ผลิตจากกากตะกอนและน้ำล้นจากถังหมักไร้อากาศแบบกวนผสมต้นแบบต่อการเจริญของพืชผัก
   (The Study on the Efficient Testing of Soil Amendment and Fermented Liquid Fertilizer Production from Sludge and Effluent from Prototype of Mixed Anaerobic Digester for Vegetable Production)

ผู้รับผิดชอบการดำเนินงานวิจัย

1. ผู้อำนวยการแผนวิจัย

ผศ.ดร.ฐปน ชื่นบาล

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 50290

2. นักวิจัยร่วมโครงการ

2.1 อ.ดร.ศิราภรณ์ ชื่นบาล	คณะวิทยาศาสตร์
2.2 นางสาวณิชมน ธรรมรักษ์	สถาบันบริการตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์
2.3 ผศ.ดร.ปิยะนุช เนียมทรัพย์	คณะวิทยาศาสตร์
2.4 อ.ดร.นลิน วงศ์ขัตติยะ	คณะวิทยาศาสตร์
2.5 อ.ดร.มยุรา ศรีกัลยานุกูล	คณะวิทยาศาสตร์
2.6 นางสาวรุ่งทิพย์ กาวารี	คณะวิทยาศาสตร์
2.7 นายพนมเทียน ทนคำดี	กองสวัสดิการ
2.8 ผศ.ดร.ศุภธิดา อ่ำทอง	คณะผลิตกรรมการเกษตร
2.9 นางสาวนงคราญ พงศ์ตระกูล	คณะวิทยาศาสตร์

คำนำ

ปัจจุบันการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรด้วยวิธีการพัฒนากันอย่างแพร่หลาย ซึ่งเป็นการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางธรรมชาติที่อาศัยการทำงานของสิ่งมีชีวิต ทั้งพืชและจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ เพื่อช่วยในการบำบัดน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ระบบก๊าซชีวภาพเป็นวิธีการหนึ่งที่นอกจากระบบจะทำให้มีคุณภาพดีขึ้นแล้ว ผลพลอยได้อีกประการหนึ่งคือ ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนพลังงานอื่นได้ด้วย เป็นการลดปัญหากลิ่นเหม็น ก๊าซพิษ แหล่งเพาะเชื้อโรค และมลภาวะสิ่งแวดล้อม เป็นการจัดการปัญหามลภาวะอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน พลังงานที่ได้สามารถนำไปใช้ในฟาร์มทำให้เกิดการหมุนเวียนสามารถนำไปใช้ได้อย่างสม่ำเสมอ ส่วนมูลสุกรที่เหลือจากการหมักสามารถนำไปเป็นปุ๋ยได้อย่างดีหรือจำหน่ายแก่ฟาร์มอื่น

มูลสุกรมักจะเป็นปัญหาต่อเจ้าของฟาร์มและชุมชน เนื่องจากมีกลิ่นอันไม่พึงประสงค์ วิธีกำจัดที่ได้ผลที่ดีและได้รับการยอมรับว่าสามารถแก้ไขปัญหาเหล่านี้ได้ดีวิธีหนึ่ง คือ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ โดยได้ผลพลอยได้เป็นก๊าซชีวภาพ แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ในระบบไร้อากาศนี้ยังมีของเหลือทิ้งที่ผ่านขบวนการหมักมาแล้วได้แก่ กากตะกอน และน้ำล้น

การทำวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยน้ำหมัก จากกากตะกอนและน้ำล้นจากถังหมักไร้อากาศแบบกวนผสม นับเป็นเทคโนโลยีที่คิดค้นเพื่อแก้ไขและจัดการกับกากตะกอนและน้ำทิ้งเพื่อนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยเกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรขนาดเล็กๆ สามารถมีรายได้เพิ่มจากการขายวัสดุปรับปรุงดิน และปุ๋ยน้ำหมักเหล่านี้ หรือสามารถนำไปใช้สำหรับเพาะปลูกเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการใช้ปุ๋ยและสารเคมีในการเกษตรของตนเองลงได้ โดยในระบบไร้อากาศ นั้นพบว่า จุลินทรีย์ในระบบจะมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายหรือแปรสภาพสารอินทรีย์ที่มีอยู่มากในมูลสุกรในสภาพที่ไร้อากาศให้กลายเป็นอินทรียวัตถุที่คงรูป และเป็นประโยชน์ต่อพืช แต่อย่างไรก็ตามในแต่ละระบบของการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศนั้นก็จะมีปริมาณและองค์ประกอบของเหลือทิ้งที่เกิดขึ้นทั้งในรูปแบบของกากตะกอนและน้ำล้นที่แตกต่างกัน อีกทั้งไม่ได้รับความสนใจและนำมาพัฒนาให้เกิดประโยชน์อย่างเต็มที่ ซึ่งนับได้ว่าเป็นการสูญเสียและเปล่าประโยชน์อย่างแท้จริง

ความต้องการใช้พลังงานของโลกมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปี ทั้งในภาคอุตสาหกรรม ภาคการขนส่ง ภาคเศรษฐกิจ สังคมรวมถึงการใช้งานในชีวิตประจำวันก็เพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก ส่งผลให้เกิดผลกระทบต่ออุตสาหกรรมต่างๆ ของประเทศ ทำให้ค่าครองชีพในประเทศมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้น

ดังนั้นการหาพลังงานทางเลือกแหล่งใหม่เพื่อนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนจะสามารถช่วยบรรเทาปัญหานี้ได้

พลังงานจากก๊าซไฮโดรเจนถือได้ว่าเป็นพลังงานเชื้อเพลิงสำหรับการเผาไหม้ที่มีประสิทธิภาพสูง สะอาด และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ได้รับการคาดหมายและยอมรับว่าจะเป็นแหล่งของพลังงานเชื้อเพลิงที่สำคัญอย่างมากในอนาคต ในปัจจุบันนี้กระบวนการเปลี่ยนรูปสารไฮโดรคาร์บอนด้วยไอน้ำ (Steam Reforming of Hydrocarbons) เป็นกระบวนการที่ใหญ่ที่สุดสำหรับการผลิตพลังงานไฮโดรเจน แต่ปัญหาหลักที่สำคัญมากของกระบวนการนี้คือ การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณมากซึ่งเป็นสาเหตุของสภาวะโลกร้อนหรือปรากฏการณ์เรือนกระจก นอกจากนี้แล้วยังประสบปัญหาการขาดแคลนแหล่งของไฮโดรคาร์บอนที่นำมาใช้ในกระบวนการอีกด้วย ดังนั้นกระบวนการอื่นซึ่งเป็นทางเลือกใหม่ที่ปลอดภัย และสามารถผลิตพลังงานไฮโดรเจนได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงควรได้มีการพัฒนาขึ้นเพื่อรองรับความต้องการพลังงานไฮโดรเจนในอนาคต

คณะผู้วิจัยได้ทำศึกษาการจัดการและการใช้ประโยชน์จากของเสียจากฟาร์มสุกรขนาดเล็กแบบครบวงจรซึ่งจะดำเนินการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการทำงาน เช่น ระยะเวลาการเก็บกักที่เหมาะสม รูปแบบและเวลาการที่เหมาะสม ทั้งนี้เพื่อผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำทิ้งมูลสุกรและกำจัดของเสียจากฟาร์มสุกรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบถังหมักไร้อากาศแบบกวนผสมสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพจากฟาร์มสุกร
2. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของถังหมักไร้อากาศแบบกวนผสม
3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของถังหมักไร้อากาศแบบกวนผสม
4. เพื่อคัดเลือก และจำแนกชนิดของ Sulfur Oxidizing Bacteria ที่พบกากตะกอนน้ำเสีย และตัวอย่างดิน
5. ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ Sulfur Oxidizing Bacteria ในการกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพ
6. เพื่อเป็นแนวทางในการใช้ Sulfur Oxidizing Bacteria ร่วมกับกากตะกอน หรือหัวเชื้อในการหมักก๊าซชีวภาพ เป็นแนวทางการปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพที่ได้
7. เพื่อศึกษาหาปัจจัยที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากมูลสุกรในถังปฏิกรณ์ชีวภาพ
8. เพื่อหากระบวนที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซไฮโดรจนจากมูลสุกร
9. ทำการศึกษาและพัฒนากากตะกอนและน้ำล้นที่เหลือทิ้งจากถังหมักไร้อากาศแบบกวนผสมต้นแบบ เพื่อใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยน้ำหมักที่มีคุณภาพ
10. ทำการศึกษาการปลดปล่อยธาตุอาหารของวัสดุปรับปรุงดินที่ผลิตได้เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพและปริมาณการใช้ที่เหมาะสม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถสร้างถังหมักไร้อากาศแบบกวนผสมได้และสามารถนำไปประยุกต์ในการผลิตก๊าซชีภาพ เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ซึ่งสามารถลดปัญหาการขาดแคลนการใช้พลังงานในอนาคตและเพื่อช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อนและจัดการของเสียในแต่ละวันได้

2. เพื่อคัดเลือก Sulfur Oxidizing Bacteria จากกากตะกอนน้ำเสีย และดิน เพื่อใช้ในการควบคุมการหมักก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียในฟาร์มสุกรให้ได้ผลผลิตของก๊าซชีวภาพที่มีคุณภาพดีโดยลดการปนเปื้อนของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เหมาะสำหรับการนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทน อีกทั้งเป็นการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพของจุลินทรีย์ในการจัดการสิ่งแวดล้อม และเป็นแนวทางเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบระบบบำบัดก๊าซชีวภาพที่มีการปนเปื้อนของไฮโดรเจนซัลไฟด์ในระดับใหญ่ขึ้นต่อไป

3. เพื่อนำของเสียจากฟาร์มสุกรมาใช้ผลิตเป็นพลังงานทดแทน ซึ่งหน่วยงานภาคเอกชนสามารถนำองค์ความรู้นี้ไปพัฒนาต่อยอดเพื่อผลิตก๊าซไฮโดรเจนเป็นพลังงานทดแทนในเชิงพาณิชย์ได้ และเกิดความร่วมมือระหว่างบุคลากรภายในสาขาวิชาในการบูรณการองค์ความรู้และการทำวิจัยที่ยั่งยืนซึ่งสามารถได้ประโยชน์ และสามารถนำผลงานวิจัยมาจดอนุสิทธิบัตรเพื่อต่อยอดในทางธุรกิจได้

4. เพื่อได้วัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยน้ำหมักที่ผลิตจากกากตะกอน และน้ำล้นจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพซึ่งสามารถลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีในระบบการเกษตรได้ และเพื่อช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อน และจัดการของเสียในแต่ละวันได้

5. การนำเสนอผลงานการวิจัยของแผนงานในรูปแบบต่างๆ เช่น การนำเสนอในประชุมวิชาการ บทความตีพิมพ์ในวารสารที่มีผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบ หรือบทความปริทัศน์ทางการเกษตร รวมถึงการจัดการเสวนาวิชาการวิชาการด้านการจัดการ และการใช้ประโยชน์ของเสียจากฟาร์มสุกรขนาดเล็กแบบครบวงจร จะเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถเผยแพร่ผลงานวิจัยเพื่อประโยชน์แก่บุคคลในวงกว้างได้

เป้าหมายเชิงยุทธศาสตร์ของแผนงานวิจัย

แผนงานวิจัยนี้ตอบสนองต่อเป็นอย่างดีต่อยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2555-2559) โดยสอดคล้องกับยุทธศาสตร์ การสร้างความสมดุล และความมั่นคงของพลังงานและอาหาร ซึ่งเน้นการส่งเสริมการใช้พลังงานสะอาดและพัฒนาพลังงานทางเลือก ที่สนับสนุนการวิจัยและพัฒนาการวิจัยแล้ว จะได้ถังหมักแบบกวนผสมที่เป็นทางเลือกในการจัดการและการใช้ประโยชน์จากของเสียจากฟาร์มสุกรขนาดเล็กแบบครบวงจรที่เป็นทางเลือกให้กับผู้ที่เลี้ยงสุกร

นอกจากนี้แล้วแผนงานวิจัยดังกล่าวยังสอดคล้องกับนโยบาย และยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ (2555-2559) โดยเป็นแผนงานวิจัยที่เกี่ยวกับการสร้างศักยภาพและความสามารถเพื่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจ และพัฒนาอุตสาหกรรมผลิตทางพลังงานชีวภาพและพลังงานทางเลือกอื่น เนื่องจากวัตถุประสงค์หลักของแผนงานวิจัยเป็นการจัดการและการใช้ประโยชน์จากของเสียจากฟาร์มสุกรขนาดเล็กแบบครบวงจร ซึ่งเป็นพื้นฐานของการพัฒนา และการจัดการของเสียจากฟาร์มสุกรอย่างเต็มรูปแบบและยังสามารถนำพลังงานที่ได้นำมาใช้ประโยชน์เพื่อนำมาเป็นพลังงานในอนาคตต่อไป

การตรวจเอกสาร

การเลี้ยงสุกรในประเทศไทย

การเลี้ยงสุกรเป็นอาชีพหนึ่งที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของไทย และสุกรเป็นสินค้าเกษตรกรรมที่มีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ ทั้งทางด้านการผลิต การบริโภค และการค้าระหว่างประเทศ แต่การเลี้ยงสุกรในปัจจุบันได้ก่อให้เกิดปัญหาและอุปสรรคตามมาหลายประการ ทั้งในด้านการปรับปรุงคุณภาพเนื้อสุกรให้ได้มาตรฐานความปลอดภัยต่อผู้บริโภค และปัญหาการก่อมลภาวะที่มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมอันเนื่องมาจากมูลสัตว์และของเสียต่างๆ ที่เกิดจากกิจกรรมการเลี้ยงสุกรภายในฟาร์ม โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากฟาร์มที่ยังไม่สามารถกำจัดของเสียเหล่านี้ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ทำให้เกิดปัญหามลภาวะทั้งภายในฟาร์มเองและชุมชนใกล้เคียงจนกลายเป็นปัญหาต่อคุณภาพชีวิต และสิ่งแวดล้อมจากสาเหตุดังกล่าวก่อให้เกิดการพัฒนาเปลี่ยนแปลงระบบการเลี้ยงไปสู่ระบบฟาร์มมาตรฐาน ซึ่งทำให้สัตวแพทย์มิได้มีบทบาทเพียงแค่การดูแลสุขภาพสัตว์เท่านั้น ยังต้องมีความรู้ในเรื่องขององค์ประกอบ การจัดการฟาร์ม รวมถึงการจัดการสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งในการป้องกันมิให้เกิดการแพร่ระบาดของโรคสู่ภายนอก (กรมปศุสัตว์, 2546) อันเป็นหน้าที่ของสัตวแพทย์ผู้ควบคุมฟาร์มและเจ้าหน้าที่ในฐานะผู้ตรวจรับรองในระบบฟาร์มมาตรฐาน (อดิศร, 2549)

ปัจจุบันฟาร์มเลี้ยงสุกรมักจะประสพปัญหาทางด้านการสุขาภิบาล ก่อให้เกิดมลภาวะเป็นพิษต่อสภาพแวดล้อม บริเวณรอบ ๆ ฟาร์ม ไม่ว่าจะเป็นน้ำเสียมูลสุกร และกลิ่นไม่เพียงแต่จะรบกวนชุมชนที่อยู่ใกล้ ๆ แล้ว ยังเป็นแหล่งเพาะเชื้อโรคแมลงวัน และยุง ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อทั้งสุกร และคนด้วย ดังนั้นผู้ที่จะก่อตั้งฟาร์มสุกรนอกจากจะต้องเลือกทำเลที่จะตั้งฟาร์มให้เหมาะสม และกำหนดแผน นโยบายการจัดการเกี่ยวกับของเสียต่าง ๆ จากฟาร์มสุกรให้เหมาะสมเพื่อไม่ให้เกิดปัญหากับสภาพแวดล้อมรอบ ๆ ฟาร์ม

การบำบัดน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร

ระบบบำบัดน้ำเสียมีอยู่ 2 ระบบ คือ ระบบบำบัดแบบใช้ออกซิเจนกับระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน การบำบัดแบบไร้ออกซิเจนถูกนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่มีสารอาหาร และสารอินทรีย์ในปริมาณที่สูงที่มีของแข็งอยู่ด้วย และระหว่างการบำบัดก็จะผลิตก๊าซมีเทนขึ้นโดยไม่ต้องใช้พลังงาน (Feng *et al*., 2007) และผลิตก๊าซไฮโดรเจนด้วย เช่น น้ำเสียจากฟาร์มสุกรแต่ปัจจุบันมีการพัฒนารูปแบบของถังปฏิกิริยาขึ้นมาเรื่อยๆจนสามารถบำบัดน้ำเสียที่มีค่า BOD ต่ำๆ เช่นน้ำเสียจากชุมชน (เกรียงศักดิ์, 2539) เนื่องจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนเป็นระบบที่ไม่ต้องมีการเติมอากาศ จึงทำให้ประหยัดพลังงานและยังสามารถผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนในรูปของพลังงานไฟฟ้าหรือพลังงานความร้อนได้อีกด้วย (สุวิมล, 2548) ซึ่งองค์ประกอบหลักของก๊าซชีวภาพประกอบด้วยก๊าซต่างๆ คือ มีเทน (CH_4) ประมาณร้อยละ 60-70 คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประมาณร้อยละ 30-40 ไฮโดรเจน ประมาณร้อยละ 5- 10 และแก๊สอื่นๆ เช่น ไนโตรเจน (N_2) ประมาณร้อยละ 2-3 และไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ประมาณร้อยละ 1-2 (จตุพรและคณะ, 2548)

กระบวนการย่อยแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) หมายถึง การเปลี่ยนสารอินทรีย์ในน้ำเสียหรือในสลัดจ์ให้กลายเป็นก๊าซมีเทน โดยทั่วไปเมื่อกล่าวถึงการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนมักหมายถึงการย่อยแบบไม่ใช้อากาศนั่นเอง โดยสารอินทรีย์ที่อยู่ในของเสียจะถูกกำจัดไปพร้อมกับการผลิตพลังงาน ซึ่งของเสียจากปศุสัตว์และสุกรเป็นแหล่งที่ผลิตก๊าซชีวภาพที่มีความสำคัญมากกว่าของเสียอื่น ๆ (Hansen *et al*., 1997) ซึ่งก๊าซมีเทนเป็นผลผลิตของกระบวนการไม่ใช้ออกซิเจนนี้เสมอ (สุชาติ, 2536) และยังสามารถกำจัดสารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้อีกด้วย (Ndegwa *et al*., 2007)

กระบวนการแอนแอโรบิก (Anaerobic Digestion)

กระบวนการแอนแอโรบิกคือ กระบวนการทางจุลชีววิทยาใน ย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจนโดยผลิตภัณฑ์หลักที่ได้จากกระบวนการแอนแอโรบิกคือ ก๊าซชีวภาพ และ

สารอินทรีย์ที่เหลือจากการย่อยสลายซึ่งก๊าซชีวภาพเป็นก๊าซที่ติดไฟได้ง่ายมีองค์ประกอบหลักได้แก่ ก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Teodorita, *et al*., 2008)

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ

ในระบบการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน เพื่อผลิตก๊าซไฮโดรเจน จำเป็นต้องรักษาสภาวะแวดล้อม ให้มีสภาพที่เหมาะสมที่จะทำให้จุลินทรีย์เหล่านั้นเจริญ และผลิตก๊าซไฮโดรเจน ในการควบคุมระบบให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพจะต้องทำให้จุลินทรีย์อยู่ในสภาวะสมดุล ซึ่งขึ้นกับปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม และปัจจัยด้านการทำงาน

1. อุณหภูมิ (Temperature) จุลินทรีย์จะสามารถเจริญได้ในช่วงอุณหภูมิที่แตกต่างกัน แบ่งเป็น Psychrophilic (0-20 ^{o}C), Mesophili (20-42 ^{o}C) และ Thermophilic (42-75 ^{o}C) ขึ้นกับสภาพแวดล้อมและชนิดของจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการผลิตก๊าซไฮโดรเจนขึ้นกับชนิดของจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์กลุ่ม Strictly Anaerobe และ Facultative Anaerobe สามารถเจริญ และผลิตก๊าซไฮโดรเจนที่อุณหภูมิในช่วง 25-40 ^{o}C เมื่อเปรียบเทียบในช่วงอุณหภูมิดังกล่าว พบว่าเชื้อ *Clostridium* sp. และ *Enterobacter* sp.จะผลิตก๊าซไฮโดรเจนได้ดีที่อุณหภูมิประมาณ 35-40 ^{o}C

2. ค่าพีเอช (pH) เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการผลิตก๊าซไฮโดรเจน จะต้องรักษาให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม เพราะเมื่อแบคทีเรียเจริญ กรดอินทรีย์ระเหยจะถูกสร้าง และสะสมเพิ่มมากขึ้น พีเอชจึงลดต่ำอย่างรวดเร็ว พีเอชที่เหมาะสมต่อการผลิตก๊าซไฮโดรเจนขึ้นกับกลุ่มของจุลินทรีย์ในกลุ่มสังเคราะห์แสงจะมีพีเอชที่เหมาะสมในช่วง 7.0-8.0 ส่วนจุลินทรีย์ในกลุ่ม Strictly Anaerobe และ Facultative Anaerobe มีพีเอชที่เหมาะสมในช่วง 5.5-7.5

3. กรดอินทรีย์ระเหย (Volatile Fatty Acid, VFA) เกิดจากกิจกรรมการย่อยสลายสารอินทรีย์ของแบคทีเรียพวกสร้างกรด ปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยจะมีส่วนสำคัญต่อพีเอชของระบบ คือ เมื่อมีปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยสูงขึ้น พีเอชจะต่ำลง ระดับของกรดอะซิติคที่มีค่าเกิน 800 mg/ml หรือ อัตราส่วนของกรดโพรพิออนิคต่อกรดอะซิติคเกิน 1.4 g/l ทำให้ระบบหมักเกิดการ

ล้มเหลว อย่างไรก็ดีแม้ว่าปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยจะมีปริมาณมาก จุลินทรีย์บางชนิดยังสามารถเจริญ และผลิตก๊าซไฮโดรเจนได้ เนื่องจากมีปัจจัยของพีเอชเกี่ยวข้อง

4. สารพิษ (Toxic Substance) สารบางอย่างถ้ามีความเข้มข้นสูงเกินไปจะเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ได้ซึ่งระดับความเป็นพิษจะขึ้นกับชนิด และปริมาณของสารพิษ เช่น

4.1 ไอออนประจุบวกของโลหะ (Metal Cation) ไอออนประจุบวกของโลหะที่มีผลต่อการผลิตก๊าซไฮโดรเจนคือ เหล็กไอออน (Fe) เนื่องจากเหล็กไอออนเป็นส่วนประกอบในการสร้างของเอนไซม์ Hydrogenase เมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของ $FeSO_4$ 0-200 mg/l พบว่าปริมาณก๊าซไฮโดรเจนเพิ่มสูงขึ้น และเมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นเป็น 200-400 mg/l พบว่าไม่ส่งผลต่อการผลิตก๊าซไฮโดรเจน

4.2 ก๊าซบางชนิด

แอมโมเนีย (Ammonia) เป็นสารที่เกิดจากสารย่อยสลายอินทรีย์ที่ประกอบไปด้วยไนโตรเจนภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน เช่น โปรตีน เป็น แอมโมเนียไนโตรเจน อยู่ในรูปแอมโมเนียไอออน (NH_4) หรือก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) ขึ้นกับค่า pH ถ้าแอมโมเนียไนโตรเจนมีปริมาณมากจะยับยั้งการทำงาน และมีความเป็นพิษต่อจุลินทรีย์โดยจะยับยั้งการผลิตก๊าซไฮโดรเจนเมื่อมีปริมาณแอมโมเนียสูงกว่า 1.6 mg/l อย่างไรก็ดีแอมโมเนียไอออนจะไม่มีผลต่อการผลิตก๊าซไฮโดรเจนเมื่อมีปริมาณต่ำกว่า 0.14 g/l

ซัลไฟด์ (Sulfide) เกิดขึ้นในระบบไร้ออกซิเจน โดยเกิดจากซัลไฟด์ (sulfide) ที่มีอยู่ในของเสีย หรือเกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีซัลเฟอร์ เช่น โปรตีน เมื่อมีปริมาณซัลเฟตมากขึ้นจะมีผลยับยั้งการผลิตก๊าซไฮโดรเจน พบว่าเมื่อมีปริมาณความเข้มข้นของซัลเฟต 3000 mg/l ทำให้การผลิตก๊าซไฮโดรเจนลดลง 64% โดยปริมาณซัลเฟตที่มากขึ้น มีผลต่อ Path Way ของแบคทีเรีย ทำให้ก๊าซไฮโดรเจนผลิตได้ลดลง

5. การกวน (Mixing) เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการผลิตก๊าซไฮโดรเจนซึ่งการกวนทำให้สารอินทรีย์อยู่ในสภาพแขวนลอย เพื่อให้เกิดการสัมผัสกันระหว่างสารอาหารกับจุลินทรีย์ เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบด้วย ในกระบวนการหมัก spent brewery grains โดยเชื้อแบบ mixed

culture ที่ได้จากตะกอนจากบ่อบำบัดน้ำเสีย พบว่าการกวนที่ความเร็ว 120 rpm ให้ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนมากที่สุด

6. ระยะเวลาเก็บกัก (Hydraulic Retention Time; HRT) เป็นปัจจัยที่ใช้การควบคุมประสิทธิภาพของการผลิตก๊าซไฮโดรเจนในกระบวนการหมักแบบต่อเนื่องโดยปกติจุลินทรีย์ในกลุ่มที่ผลิตก๊าซไฮโดรเจนจะผลิตก๊าซไฮโดรเจนในช่วง 1–2 วันของการหมัก ซึ่งอัตราเร็วของการย่อยสลายจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาเก็บกักสารอินทรีย์จนถึงค่าสูงสุดค่าหนึ่งการผลิตก๊าซไฮโดรเจนเกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาที่สั้นทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์มีค่าลดลง ระยะเวลาการเก็บกักที่เหมาะสมของเชื้อกลุ่ม Facultative Anaerobe จะมีค่าประมาณ 12 ชั่วโมง

ก๊าซชีวภาพ

"ก๊าซชีวภาพ" เป็นก๊าซผสมประกอบด้วยก๊าซมีเทน (CH_4) ประมาณ 60-65% โดยปริมาตร ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประมาณ 34-39% และก๊าซอื่น ๆ ประมาณ 1% เช่น ก๊าซไนโตรเจน (N_2) และไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) เป็นต้น

ก๊าซชีวภาพเกิดจากการหมักย่อยของเสียโดยจุลินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศ ของเสียเหล่านั้นได้แก่ ของเสียจาก สุกร โค ไก่ หรือ ของเสียจากภาคอุตสาหกรรมเกษตร และขยะ เช่น โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง โรงงานน้ำมันปาล์ม และโรงงานเอทานอล เป็นต้น ซึ่งในประเทศไทยนับว่ามีของเสียเหล่านี้อยู่มาก ปัจจุบันพบว่ามีการปล่อยทิ้งของเสียดังกล่าวบางส่วนลงสู่แม่น้ำ ลำคลองสาธารณะ ทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม ก่อนหน้านี้ได้มีการบำบัดโดยใช้วิธีการเติมอากาศ ซึ่งก็ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าทำให้ต้องสิ้นเปลืองพลังงานในการบำบัด ดังนั้นระบบการผลิตก๊าซชีวภาพ จึงมีประโยชน์ในการช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อม ลดการปล่อยน้ำเสียลงสู่แม่น้ำ สาธารณะ ลดกลิ่นเหม็น ได้ปุ๋ยชีวภาพไปใช้ในการเกษตร ได้พลังงานทดแทน และยังช่วยลดภาวะโลกร้อนได้อีกด้วย โดยรูปแบบและลักษณะของการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์เป็นพลังงานทดแทน

ในการหมักก๊าซชีวภาพนี้นอกจากจะได้ก๊าซมีเทนแล้วยังได้ก๊าซไฮโดรเจนอีกด้วย เมื่อนำก๊าซไฮโดรเจนมาทำการเผาผลาญ สิ่งที่ได้ก็คือน้ำ ซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้ก๊าซไฮโดรเจนเหมาะที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนน้ำมัน โดย Liu *et al.* (2006) ได้

ทำการศึกษาการผลิตก๊าซไฮโดรเจน และก๊าซมีเทนจากขยะในครัวเรือนโดยใช้การหมักแบบสองขั้นตอน พบว่า สามารถผลิตก๊าซไฮโดรเจนได้ในขั้นตอนแรก 43 mL H_2/g volatile solid (VS) โดยมีการควบคุมค่า pH ให้อยู่ในช่วง5-5.5 และผลิตมีเทนในขั้นตอนที่สอง 500 43 mL CH_4/ g VS

กระบวนการผลิตไฮโดรเจน

กระบวนการผลิตก๊าซไฮโดรเจนโดยทั่วไปสามารถแบ่งออกเป็น 3 วิธี

1. กระบวนการผลิตก๊าซไฮโดรเจนโดยใช้อุณหภูมิสูง (thermo processes)

เป็นกระบวนการผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากก๊าซมีเทน (CH_4) หรืออาจใช้ไฮโดรคาร์บอนอื่นๆ ซึ่งทำปฏิกิริยากับน้ำ (H_2O) ภายใต้สภาวะอุณหภูมิสูง เรียกว่า กระบวน Steam Reforming เกิดเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซไฮโดรเจน (H_2)

2. กระบวนการผลิตก๊าซไฮโดรเจนโดยใช้ไฟฟ้าเคมี (electrochemical processes)

เป็นวิธีการใช้กระแสไฟฟ้าในกระบวนการผลิตก๊าซไฮโดรเจน ได้แก่ ใช้กระแสไฟฟ้าแยกโมเลกุลของน้ำโดยตรง โดยผ่านกระแสไฟฟ้าทางอิเล็กโทรดที่จุ่มในน้ำที่เพิ่มคุณสมบัติการนำไฟฟ้าโดยการเติมสารอิเล็กโตรไลด์ ได้แก่ กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) หรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ภายใต้สภาวะอุณหภูมิสูงกว่า 2500 องศาเซลเซียส จะได้ก๊าซไฮโดรเจน (H_2) ที่มีความบริสุทธิ์สูง และ ก๊าซออกซิเจน (O_2) โดยไฮโดรเจนอะตอมจะเกาะที่อิเล็กโทรดขั้วบวก อย่างไรก็ตาม วิธีนี้ต้องการกระแสไฟฟ้าถึง 90 กิโลวัตต์ จึงจะผลิตก๊าซไฮโดรเจนได้ 1000 ลูกบาศก์ฟุต

3. กระบวนการผลิตก๊าซไฮโดรเจนโดยวิธีทางชีวภาพ (biological processes)

เป็นการผลิตก๊าซไฮโดรเจนโดยใช้จุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์จะเปลี่ยนสารอินทรีย์ให้เป็นก๊าซไฮโดรเจน ก๊าซไฮโดรเจนที่ได้จากวิธีการทางชีวภาพอาจเรียกว่า ไบโอไฮโดรเจน (Biohydrogen) การผลิตไบโอไฮโดรเจนเป็นวิธีที่กำลังได้รับความสนใจอย่างมาก

กระบวนการผลิตไฮโดรเจนในระดับอุตสาหกรรมในปัจจุบันยังนิยมใช้วิธีทางกายภาพ เช่น การผลิตไฮโดรเจนจากก๊าซธรรมชาติโดยผ่านกระบวนการไอน้ำ (Steam Reforming) และวิธีการทางเคมี เช่น การแยกสลายน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า (Electrolysis) แต่ต้นทุนในการผลิตไฮโดรเจนโดยกระบวนการเหล่านี้ค่อนข้างสูงและต้องใช้พลังงานในกระบวนการผลิตสูงมาก ก่อให้เกิดอุปสรรคในการพัฒนานำเอาไฮโดรเจนมาใช้เป็นพลังงานทางเลือกใหม่ดังนั้น

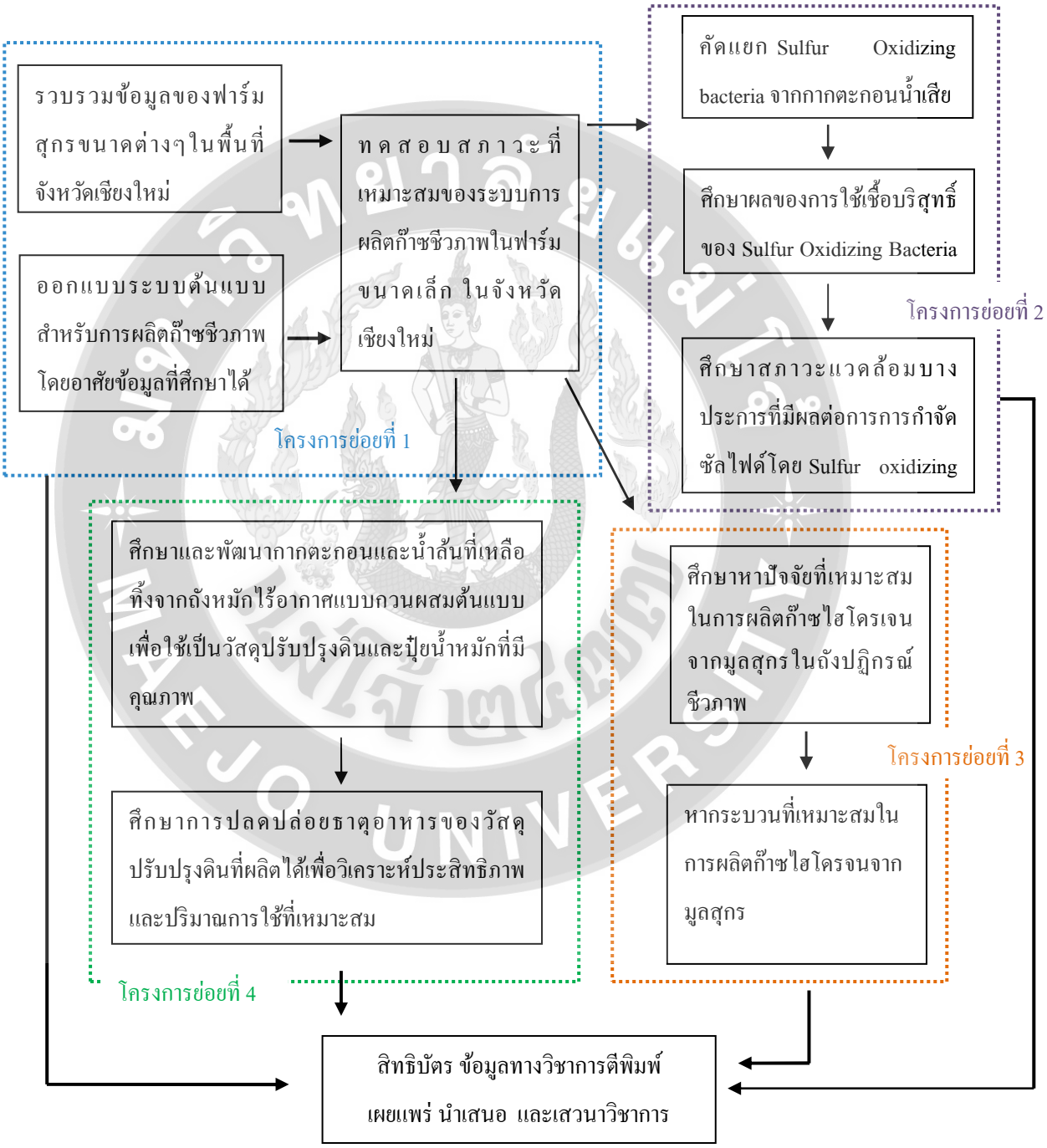
นักวิทยาศาสตร์จึงหันมาพัฒนาการผลิตไฮโดรเจนโดยกระบวนการทางชีวภาพหรือไบโอไฮโดรเจน (Biohydrogen) (Hallenbeck และ Benemann, 2002)

การใช้ประโยชน์จากกากตะกอนและน้ำล้นจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

นอกจากก๊าซชีวภาพแล้ว น้ำเสียที่ไหลออกจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพยังสามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยน้ำรดทางดิน หรือฉีดพ่นทางใบได้ และกากตะกอนที่ออกจากระบบยังสามารถนำไปใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินได้ (สุกัญญา และคณะ, 2550) จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารและจุลธาตุในน้ำที่ผ่านการบำบัดและกากตะกอน พบว่ากากตะกอนมีปริมาณธาตุอาหารมากกว่าในน้ำล้น ซึ่งเหมาะสำหรับการนำไปใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินมากกว่า โดยการนำมูลสุกรที่ผ่านระบบบำบัดผลิตก๊าซชีวภาพแล้วมาทำการตากแห้ง ซึ่งผลการทดลองของ ฐปน และคณะ (2553) พบว่ามูลสุกรแห้งมีธาตุอาหารที่เป็นที่ต้องการของพืช เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม มีปริมาณเท่ากับ 1.84, 0.70, 0.21, 7.3, 1.2 (%) ตามลำดับ สำหรับจุลธาตุนั้นพบว่ามีปริมาณ สังกะสี ทองแดง แมงกานีส และเหล็ก เท่ากับ 0.07, 0.02, 0.01 และ 0.40 (%) ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามค่า pH และค่าการนำไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ 6.23 และ 3.70 (dS/m) ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าทั้งค่า pH และค่าการนำไฟฟ้าของมูลสุกรยังมีค่าไม่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืช และสูงกว่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมพัฒนาที่ดิน ถ้ามีการนำไปใช้โดยไม่มีการปรับค่าเหล่านี้ให้มีความเหมาะสมอาจจะทำให้พืชตายหรือชงักการเจริญเติบโตได้

กรอบแนวความคิดในการดำเนินการวิจัย

กรอบแนวความคิดของแผนงานวิจัย และความเชื่อมโยงระหว่างโครงการย่อย หรือกิจกรรมต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นในการวางแผนงานวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวความคิดของแผนงานวิจัย และผลที่คาดว่าจะได้ เมื่อสิ้นสุดงานวิจัย

การบริหารแผนงานวิจัยและกิจกรรมภายใต้แผนงานวิจัย

มีโครงการย่อยจำนวน 4 โครงการ และกิจกรรมการบริหารแผนงานวิจัย รวม 21 กิจกรรม ประกอบด้วยรายละเอียดลำดับขั้นตอนและชื่อผู้รับผิดชอบกิจกรรมดังนี้

ตารางที่ 1 กิจกรรมการบริหารแผนงานวิจัย

ที่	รายละเอียดกิจกรรม	กลุ่มงาน	ผู้รับผิดชอบ
1	ประชุมวางแผนการดำเนินงาน	การบริหารแผนงาน	ฐปน
2	รวบรวมข้อมูลและเก็บตัวอย่างของเสียที่เกิดขึ้นจากฟาร์มสุกรและผู้เลี้ยงสุกรระดับครัวเรือน	โครงการย่อยที่ 1	ฐปน
3	ออกแบบและเขียนแบบถังหมักไร้อากาศแบบกวนผสม	โครงการย่อยที่ 1	ฐปน
4	สร้างถังหมักไร้อากาศแบบกวนผสม	โครงการย่อยที่ 1	ฐปน/ศิราภรณ์
5	ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเดินระบบ	โครงการย่อยที่ 1	ศิราภรณ์/ณิชมน
6	การเก็บตัวอย่างกากตะกอน และดิน	โครงการย่อยที่ 2	ศรีกาญจนา/ฐปน
7	คัดแยก chlorate reducing bacteria จากดิน และกากตะกอน	โครงการย่อยที่ 2	ศรีกาญจนา/นลิน
8	ศึกษาผลของการใช้เชื้อบริสุทธิ์ของ sulfur-oxidizing bacteria ต่อการกำจัดซัลไฟด์ในหลอดทดลอง	โครงการย่อยที่ 2	ศรีกาญจนา/
9	การจำแนกชนิด	โครงการย่อยที่ 2	ศรีกาญจนา/ปิยะนุช
10	ศึกษาผลของการใช้เชื้อ sulfur-oxidizing bacteria ต่อการกำจัดซัลไฟด์ในตัวอย่างน้ำเสียจากฟาร์มสุกร	โครงการย่อยที่ 2	ศรีกาญจนา
11	ศึกษาสภาวะแวดล้อมบางประการที่มีผลต่อการกำจัดโดยซัลไฟด์	โครงการย่อยที่ 2	ศรีกาญจนา
12	ศึกษาการใช้ sulfur-oxidizing bacteria ร่วมกับกากตะกอนน้ำเสียในการหมักก๊าซชีวภาพ	โครงการย่อยที่ 2	ศรีกาญจนา
13	การผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากมูลสุกรโดยใช้กระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน	โครงการย่อยที่ 3	มยุรา
14	ศึกษาหากระบวนที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซไฮโดรจนจากมูลสุกร	โครงการย่อยที่ 3	มยุรา/รุ่งทิพย์
15	ประชุมติดตามความก้าวหน้าทุก 6 เดือน	การบริหารแผนงาน	ฐปน

ตารางที่ 1 กิจกรรมการบริหารแผนงานวิจัย (ต่อ)

ที่	รายละเอียดกิจกรรม	กลุ่มงาน	ผู้รับผิดชอบ
16	ศึกษาและพัฒนากากตะกอนและน้ำล้นที่เหลือทิ้งจากถังหมักไร้อากาศแบบกวนผสมต้นแบบ เพื่อใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยน้ำหมักที่มีคุณภาพ	โครงการย่อยที่ 4	พนมเทียน/ นงคราญ
17	ศึกษาการปลดปล่อยธาตุอาหารของวัสดุปรับปรุงดินที่ผลิตได้เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพและปริมาณการใช้ที่เหมาะสม	โครงการย่อยที่ 4	พนมเทียน/ศุภธิดา
18	นำเสนอผลงานวิจัยเพื่อเผยแพร่หรือตีพิมพ์ผลงานทางวิชาการ/จัดเสวนาอภิปรายการจัดการและการใช้ประโยชน์ของเสียจากฟาร์มสุกรขนาดเล็กแบบครบวงจร	การบริหารแผนงาน	นักวิจัยทุกท่าน
19	จัดทำหนังสือรวบรวมการจัดการและการใช้ประโยชน์ของเสียจากฟาร์มสุกรขนาดเล็กแบบครบวงจร	โครงการย่อยที่ 1	ฐปน/ศิราภรณ์
20	ดำเนินการจดสิทธิบัตรการจัดการและการใช้ประโยชน์ของเสียจากฟาร์มสุกรขนาดเล็กแบบครบวงจร	โครงการย่อยที่ 1	ฐปน/ศิราภรณ์
21	จัดทำรายงานความก้าวหน้าและรายงานฉบับสมบูรณ์	การบริหารแผนงาน	ฐปน

แผนการดำเนินการวิจัย

ตารางที่ 2 แผนการดำเนินการวิจัย

กิจกรรม	ปีที่1			
	Q1	Q2	Q3	Q4
ประชุมวางแผนการดำเนินงาน	↔			
รวบรวมข้อมูลและเก็บตัวอย่างของเสียที่เกิดขึ้นจากฟาร์มสุกรและผู้เลี้ยงสุกรระดับครัวเรือน	↔			
ออกแบบและเขียนแบบถังหมักไร้อากาศแบบกวนผสม	↔			
สร้างถังหมักไร้อากาศแบบกวนผสม	↔	↔		
ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเดินระบบ	↔	↔	↔	↔
การเก็บตัวอย่างกากตะกอน และดิน	↔	↔	↔	↔
คัดแยก chlorate reducing bacteria จากดิน และกากตะกอน	↔	↔	↔	↔
ศึกษาผลของการใช้เชื้อบริสุทธิ์ของ sulfur-oxidizing bacteria ต่อการกำจัดซัลไฟด์ในหลอดทดลอง	↔	↔	↔	↔
การจำแนกชนิด			↔	↔
ศึกษาผลของการใช้เชื้อ sulfur-oxidizing bacteria ต่อการกำจัดซัลไฟด์ในตัวอย่างน้ำเสียจากฟาร์มสุกร	↔	↔	↔	↔
ศึกษาสภาวะแวดล้อมบางประการที่มีผลต่อการกำจัดโดยซัลไฟด์	↔	↔	↔	↔
ศึกษาการใช้ sulfur-oxidizing bacteria ร่วมกับกากตะกอนน้ำเสียในการหมักก๊าซชีวภาพ	↔	↔	↔	↔
การผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากมูลสุกรโดยใช้กระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน	↔	↔	↔	↔
ศึกษาหากระบวนที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซไฮโดรจนจากมูลสุกร	↔	↔	↔	↔
ประชุมติดตามความก้าวหน้าทุก 6 เดือน		↔	↔	↔
ศึกษาและพัฒนากากตะกอนและน้ำล้นที่เหลือทิ้งจากถังหมักไร้อากาศแบบกวนผสมต้นแบบ เพื่อใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยน้ำหมักที่มีคุณภาพ	↔	↔	↔	↔

ตารางที่ 2 แผนการดำเนินการวิจัย (ต่อ)

กิจกรรม	ปีที่1			
	Q1	Q2	Q3	Q4
ศึกษาการปลดปล่อยธาตุอาหารของวัสดุปรับปรุงดินที่ผลิตได้เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพและปริมาณการใช้ที่เหมาะสม	←→	←→	←→	←→
นำเสนอผลงานวิจัยเพื่อเผยแพร่หรือตีพิมพ์ผลงานทางวิชาการ/จัดเสวนาอภิปรายการจัดการและการใช้ประโยชน์ของเสียจากฟาร์มสุกรขนาดเล็กแบบครบวงจร			←→	
จัดทำหนังสือรวบรวมการจัดการและการใช้ประโยชน์ของเสียจากฟาร์มสุกรขนาดเล็กแบบครบวงจร				
ดำเนินการจดสิทธิบัตรการจัดการและการใช้ประโยชน์ของเสียจากฟาร์มสุกรขนาดเล็กแบบครบวงจร				
จัดทำรายงานความก้าวหน้าและรายงานฉบับสมบูรณ์		←→		←→

หมายเหตุ Q= quarter หรือ ไตรมาส

ความเสี่ยงและแนวทางการบริหารความเสี่ยงของแผนงานวิจัย

แผนงานวิจัยนี้มีความเสี่ยงค่อนข้างสูงเนื่องจากเป็นแผนงานที่มีวัตถุประสงค์มุ่งเน้นถึงการปรับปรุงและพัฒนาการจัดการและการใช้ประโยชน์ของเสียจากฟาร์มสุกรขนาดเล็กแบบครบวงจร จุดที่มีความเสี่ยง และแนวทางการบริหารความเสี่ยง พอสรุปได้เป็นประเด็นดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3 ความเสี่ยงและแนวทางบริหารความเสี่ยงของแผนงานวิจัย

ที่	ความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น	แนวทางการบริหารความเสี่ยง
1	การรวบรวมข้อมูล และเก็บตัวอย่างของเสียที่เกิดขึ้นจากฟาร์มสุกรขนาดเล็กและผู้เลี้ยงระดับครัวเรือน เช่น -วิธีการจัดการปัญหาของเสียของฟาร์มในปัจจุบัน -ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นต่อวัน เป็นต้น	ประสานงานกับหน่วยงานหรือเกษตรกรที่มีการเลี้ยงสุกรไว้เป็นเครือข่ายและทำข้อตกลงร่วมกันในการจัดการของเสียที่เกิดขึ้นในฟาร์มในแต่ละวัน โดยมีการให้ความรู้ความเข้าใจในการจัดการและการใช้ประโยชน์จากของเสียที่เกิดขึ้น
2	การเดินระบบของถังหมักไร้อากาศแบบกวนผสม และการผลิตก๊าซชีวภาพที่ผลิตขึ้นได้ในแต่ละวัน	ระยะเวลาดำเนินงานของแผนการวิจัย ได้ดำเนินโครงการเผยแพร่ความรู้ความ เข้าใจสำหรับการผลิตและใช้ก๊าซชีวภาพให้ปลอดภัย เพื่ออบรมเชิงปฏิบัติการให้กับเจ้าหน้าที่ดูแลระบบผลิตก๊าซ ชีวภาพในการประเมินความเสี่ยงในแต่ละจุดของระบบผลิตก๊าซชีวภาพของตนเอง และพร้อมที่จะบรรเทาและระงับอุบัติเหตุเบื้องต้นที่เกิดขึ้นจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพอย่างถูกต้องตามหลักการ เกิดความรู้ความเข้าใจวิธีปฏิบัติเพื่อลดความวิตกกังวลของผู้ประกอบการที่มีระบบฯและใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

การบริหารแผนงานวิจัย ประกอบด้วย

- การจัดประชุมเพื่อชี้แจงแผนการทำงาน และเป้าหมายของแผนงานวิจัยและติดตามผลการดำเนินงาน โดยจะดำเนินการประชุมตามความจำเป็น แต่ไม่น้อยกว่า 6 เดือน
- จัดทำรายงานความก้าวหน้าส่งแหล่งทุนทุกรอบ 6 เดือนของการดำเนินงาน รวมถึงการจัดการรายงานฉบับสมบูรณ์เมื่อสิ้นสุดงานวิจัย
- บริหารจัดการงบประมาณของโครงการอย่างโปร่งใสและเป็นธรรม และเพียงพอต่อการดำเนินงานของทุกกิจกรรม รวมถึงการตรวจสอบและจัดเก็บหลักฐานการเงินของแผนงานวิจัย เพื่อการตรวจสอบตามระเบียบของทางราชการ
- ให้การต้อนรับผู้ทรงคุณวุฒิและรายงานความก้าวหน้าของโครงการกรณีมีการติดตามผลการดำเนินงานจากแหล่งทุน
- การจัดเสวนาวิชาการเรื่องการจัดการและการใช้ประโยชน์ของเสียจากฟาร์มสุกรขนาดเล็กแบบครบวงจรเมื่อสิ้นสุดโครงการ
- ประสานงานเรื่องการจัดการและการใช้ประโยชน์ของเสียจากฟาร์มสุกรขนาดเล็กแบบครบวงจรให้กับเกษตรหรือผู้ที่สนใจทั่วไป รวมถึงการจัดหาแหล่งทุนเพื่อการดำเนินงานในระยะต่อไป

โครงการย่อยที่ 1 ประกอบด้วย

- รวบรวมข้อมูลและเก็บตัวอย่างของเสียที่เกิดขึ้นจากฟาร์มสุกร และผู้เลี้ยงสุกรระดับครัวเรือน
- ออกแบบ และเขียนแบบถังหมักไร้อากาศแบบกวนผสม
- สร้างถังหมักไร้อากาศแบบกวนผสม
- เริ่มเดินระบบโดยใช้กากตะกอนจากถังหมักไร้อากาศจากฟาร์มสุกรเพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเดินระบบ
- ศึกษาระยะเวลาการกวน โดยแบ่งออกเป็น 4 ชุดการทดลอง คือ ไม่มีการกวน (ชุดควบคุม) กวนวันละ 2,4 และ 8 ครั้งๆละ 30 นาที

โครงการย่อยที่ 2 ประกอบด้วย

- การเก็บตัวอย่างกากตะกอน และดิน
- คัดแยก chlorate reducing bacteria จากดิน และกากตะกอน
- ศึกษาผลของการใช้เชื้อบริสุทธิ์ของ Sulfur-Oxidizing Bacteria ต่อการกำจัดซัลไฟด์ในหลอดทดลอง
- การจำแนกชนิด
- ศึกษาผลของการใช้เชื้อ Sulfur-Oxidizing Bacteria ต่อการกำจัดซัลไฟด์ในตัวอย่างน้ำเสียจากฟาร์มสุกร
- ศึกษาผลของการใช้เชื้อ Sulfur-Oxidizing Bacteria ต่อการกำจัดซัลไฟด์ในตัวอย่างน้ำเสียจากฟาร์มสุกร
- ศึกษาสภาวะแวดล้อมบางประการที่มีผลต่อการกำจัดโดยซัลไฟด์
- ศึกษาการใช้ Sulfur-Oxidizing Bacteria ร่วมกับกากตะกอนน้ำเสียในการหมักก๊าซชีวภาพ

โครงการย่อยที่ 3 ประกอบด้วย

- การศึกษาตะกอนหัวเชื้อจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพที่ปรับสภาพ
- การศึกษาระยะเวลาการเก็บกักต่อการผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากน้ำทิ้งฟาร์มสุกรร่วมตะกอนหัวเชื้อที่ปรับสภาพที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส
- การศึกษาความเข้มข้นของน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรด้วยกระบวนการหมักแบบ 2 ขั้นตอน

โครงการที่ 4 ประกอบด้วย

- ศึกษาองค์ประกอบของกากตะกอนและน้ำล้นที่ผ่านการหมักแบบไร้อากาศของฟาร์มสุกรทั่วไป
- ศึกษาองค์ประกอบของกากตะกอนและน้ำล้นที่ออกจากถังหมักไร้อากาศแบบกวนผสมต้นแบบ
- ศึกษาและปรับปรุงกากตะกอนให้เป็นวัสดุปรับปรุงดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช
- ศึกษาและปรับปรุงน้ำล้นให้เป็นปุ๋ยน้ำหมักสำหรับฉีดพ่นทางใบที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช
- ศึกษาความเป็นพิษต่อพืชของวัสดุปรับปรุงดินที่ผลิตได้
- ศึกษาการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชของกากตะกอน

สรุปผลการดำเนินการวิจัย

จากการดำเนินงานทั้ง 4 โครงการวิจัยย่อยภายใต้แผนงานวิจัยนี้ สามารถสรุปผลการดำเนินงานในปี 2555 โดยรวมว่ามีความก้าวหน้าที่เป็นที่น่าพอใจ ทั้งเรื่องการศึกษาลักษณะการจัดการของเสียที่เกิดขึ้นจากฟาร์มสุกรขนาดเล็กในแต่ละวัน โดยการศึกษาการกำจัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรโดยระบบการหมักแบบไร้อากาศ ให้ประโยชน์ในการกำจัดสารอินทรีย์ซึ่งเป็นสาเหตุของมลภาวะเป็นพิษ จากการบำบัดดังกล่าวจะได้ก๊าซชีวภาพเป็นผลพลอยได้ และเพื่อเป็นการพัฒนาขบวนการหมักให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ในการทดลองนี้จึงมีการประยุกต์ใช้การกวนเข้ามาในถังหมักแบบไร้อากาศเพื่อช่วยในการย่อยสลายสารอินทรีย์ซึ่งทำให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดีและสามารถผลิตก๊าซชีวภาพเพิ่มขึ้น

ผลการทดลองพบว่า ชุดการทดลองที่มีการกวนวันละ 8 ครั้งมีประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์โดยสามารถลดสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีและซีโอดีได้สูง ซึ่งการกำจัดของเสียเข้าระบบในรูปซีโอดีเฉลี่ยตลอดการทดลองจาก 4509.5 ppm. เหลือในน้ำทิ้งออกจากระบบเฉลี่ยเท่ากับ 934.8 ppm. ระบบถังหมักแบบไร้อากาศแบบกวนผสมนี้สามารถลด COD ได้โดยประสิทธิภาพการกำจัดคิดเป็นร้อยละ 79.3

จากการเก็บตัวอย่างดินจากธรรมชาติฟาร์มสุกร และบริเวณโรงงานอุตสาหกรรม รวมทั้งกากตะกอนน้ำเสีย จำนวน 30 แหล่งตัวอย่างของโครงการย่อยที่ 2 ได้นำตัวอย่างดินมาคัดแยกเชื้อ Sulfur-Oxidizing Bacteria บนอาหาร Thiosulfate Broth และ Thiosulfate Agar ที่ระดับ pH 4 และ 7 ได้เชื้อบริสุทธิ์ที่เก็บไว้ทั้งสิ้น 51 ไอโซเลต มีเพียง 19 ไอโซเลตที่สามารถเจริญได้ในน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร พบว่าเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดไม่สามารถเจริญที่ pH 3เท่านั้น และมีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดซัลไฟด์ที่ pH เริ่มต้นเท่ากับ 8 เมื่อนำเชื้อแบคทีเรีย WI023, WI048 และ SLP02 ไปจำแนกชนิดด้วยลำดับเบสของ 16S rRNA พบว่า เป็นเชื้อแบคทีเรีย *Thiobacillus* sp., *Thiobacillus ferrooxidans* และ *Acinetobacter* sp. ตามลำดับ

การดำเนินงานวิจัยของโครงการย่อยที่ 3 เป็นการทดลองเพื่อหาสภาวะของการปรับสภาพของตะกอนหัวเชื้อ (seed sludge) ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตก๊าซไฮโดรเจนในกระบวนการหมัก 2 ขั้นตอนแบบไร้ออกซิเจนคือ ตะกอนหัวเชื้อที่ถูกปรับสภาพด้วยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100

องศาเซลเซียส ให้ผลของค่า pH ได้ดีมีค่าความเป็นกรด–ด่าง ลดลง เนื่องจากตะกอนหัวเชื้อที่ใช้ผ่านการปรับสภาพเพื่อยับยั้งจุลินทรีย์กลุ่มผลิตก๊าซมีเทน ทำให้เกิดค่าความเป็นกรดในการผลิตก๊าซไฮโดรเจน

ระยะเวลาเก็บกักที่ 24 ชั่วโมงสามารถผลิตก๊าซไฮโดรเจนสูงสุดเท่ากับ 540 mg/m^3 สามารถผลิตกรดอินทรีย์ระเหยง่ายได้แก่ กรดอะซิติก กรดบิวทิริก และ กรดโพรไพโอนิก ได้

สำหรับการดำเนินงานวิจัยของโครงการย่อยที่ 4 เป็นการทดลองเพื่อผลิตวัสดุปรับปรุงดินที่ผลิตจากกากตะกอน และน้ำล้นจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพต้นแบบ โดยใช้กากตะกอนที่ได้จากฟาร์มสุกรขนาดเล็กที่มีจำนวนสุกร 100-200 ตัว มีค่าของแข็งที่เข้าระบบในปริมาณน้อย จึงทำให้กากตะกอนที่ผลิตได้มีปริมาณน้อยไปด้วย ดังนั้นในการนำไปใช้งานจริงสามารถเพิ่มของแข็งเข้าในระบบได้เพื่อเพิ่มอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ และเพิ่มปริมาณกากตะกอนที่อยู่ในถัง ส่วนการนำกากตะกอนและน้ำล้นที่ผลิตได้จากถังต้นแบบนี้ไปใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินจำเป็นต้องมีการทดสอบการเจริญเติบโตของพืชเปรียบเทียบกับวัสดุที่เป็นการค้า เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของวัสดุปรับปรุงดินว่ามีความเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช

ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง มีประโยชน์ในด้านการนำระบบถังหมักแบบไร้อากาศไปใช้ในการจัดการของเสียที่เกิดจากฟาร์มสุกรขนาดเล็ก นอกจากก๊าซชีวภาพที่เกิดจากกระบวนการหมักแล้วผลพลอยได้ยังสามารถใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินที่ดี เป็นการประหยัดค่าปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ทางการค้า รวมไปถึงการลดปริมาณของเสียที่เข้าสู่สิ่งแวดล้อมอีกทางหนึ่งด้วย

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2546. **คู่มือการเลือกใช้และการบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกรตามแบบมาตรฐานกรมปศุสัตว์.** สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ: กรุงเทพฯ. 33 น.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2539. **การบำบัดน้ำเสีย**. มิตรนราการพิมพ์: กรุงเทพฯ. 442 น.จตุพร แก้วอ่อน, ภักดิ์ ชูขาว และ สัมภาส ฉีดเกตุ. 2548. **การผลิตแก๊สชีวภาพจากน้ำทิ้งฟาร์มสุกรและการประยุกต์ใช้ในครัวเรือนในจังหวัดพัทลุง**. จาก http://e-nett.sut.ac.th/ download/ECI/ECI05.pdf [30 พฤศจิกายน 2551].

ฐปน ชื่นบาล, ศุภธิดา อ่ำทอง และณิชมน ธรรมรักษ์. 2553. **รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการผลิตวัสดุปรับปรุงดินจากมูลสุกรที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดแบบไร้อากาศ**. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

สุวิมล สวยสม. 2548. **ระบบบำบัดน้ำเสียแบบยูเอเอสบี: UASB**. เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ 2(4): 6.

อดิศร จันทรประภาเลิศ.**การจัดการฟาร์มสุกร.**2549. สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าปศุสัตว์. ส่วนพัฒนาสิ่งแวดล้อมด้านปศุสัตว์

สุกัญญา จตุรพรพงษ์. 2550. **การใช้ประโยชน์จากมูลสัตว์และน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์เป็นปุ๋ยอินทรีย์แบบต่างๆ สำหรับพืชเศรษฐกิจ.** สถาบันสุวรรณวาจกกสิกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม

Feng, C., S. Shimada, Z. Zhang and T. Maekawa. 2007. A pilot plant two-phase anaerobic digestion system for bioenergy recovery from swine wastes and garbage. **Waste Management** 28 (10): 1827-1834.

Hallenbeck, P.C. and Benemann, J.R. 2002. Biological hydrogen production; fundamentals and limiting processes. **International Journal of Hydrogen Energy**. 27(11): 1185-1193.

Hansen, K.H., A.Irini and K. A. Birgite. 1997. Anaerobic digestion of swine manure: inhibition by ammonia. **Water research** 32: 5-12.

Liu, D., Zeng, R. J. and Angelidaki, I. 2006. Hydrogen and methane production from household solid waste in the two-stage fermentation process. **Water Research.** 40: 2230-2236.

Ndegwa, P. M., D. W. Hamilton, J.A.Lalman and H. J. Cumba. 2007. Effects of cycle-frequency and temperature on the performance of anaerobic sequencing batch reactors (ASl treating swine waste. **Bioresource Technology** 99. 1972-1980.

Teodorita, A. S. et al. 2008. Biogas Handbook. Esbjerg: University of Southern Denmark Esbjerg