

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก การสนับสนุนทุนวิจัย ภายใต้โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาประจำปี 2554 ของขอบคุณคณบัญชีหาร บุคลากร โปรแกรม วิชาชีวิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา และหน่วยงานสนับสนุนภายนอกในมหาวิทยาลัย ที่ให้ความร่วมมือ ให้คำแนะนำที่มีประโยชน์และเอื้อเพื่อในทุกด้านเพื่อให้การดำเนินงานของโครงการเป็นไปได้ด้วยดี

และขอขอบคุณผู้นำชุมชน ท่านผู้ใหญ่บ้าน นายกองค์การบริหารตำบลคลองรี อำเภอสหทิงพระ จังหวัดสงขลา ที่ช่วยอนุเคราะห์หัวเชื้อ รวมถึงผู้นำชุมชน กำนันตำบลบางเขี้ยด อำเภอบ้านศานี อนามัย บ้านบางเขี้ยด ตำบลบางเขี้ยด อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลาที่เอื้อเพื่อสถานที่สำหรับการถ่ายทอดผลงานวิจัยและอำนวยความสะดวกในการจัดทำโครงการจนสำเร็จลุล่วงด้วยดีตามวัตถุประสงค์

คณบัญชี
กันยายน 2560



เลข 8104 11A2A70

วันที่ 17 ก.พ. 2561

เลขที่ ๖๖๕.๗๑๖

๖๖๕.๗๑๖

๗๒๗

บทคัดย่อ

ชื่อรายงานการวิจัย	: การพัฒนาถังผลิตก้าชชีวภาพจากขยะอินทรีย์
ชื่อผู้วิจัย	: นางสาวดวงสุข สุวรัตน์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาวนิตร์ ชอบบุญ ดร. นิศากร วิทวิจิตสมบูรณ์ ดร. อันุมัติ เดชนะ
ปีที่ทำการวิจัย	: 2554

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตก้าชชีวภาพจากขยะอินทรีย์นั้นคือ เศษอาหารและมูลโคล ผสมมูลสุกร โดยใช้ถังหมักแบบขั้นตอนเดียว ซึ่งเริ่มจากการประกอบถังจำนวน 2 ชุด ขนาดขนาด 1,000 ลิตร และใช้เศษอาหารและมูลสัตว์เป็นวัตถุดินในการผลิตก้าชชีวภาพ โดยดำเนินระบบแบบทึบ และกึ่งต่อเนื่อง ที่ช่วงอุณหภูมิเมืองพลิก (25°C ~ 30° C) ผลการทดสอบแบบทึบของเศษอาหารและมูลสัตว์ พบว่าเมื่อใช้อัตราการป้อนสารอินทรีย์ เท่ากับ 0.74 และ 0.66 กรัม VS ต่อลิตร·วัน ให้ปริมาณก้าชชีวภาพเฉลี่ยวันละ 145.04 และ 137.12 ลิตร และให้ค่าปริมาณก้าชชีวภาพทั้งหมดที่ผลิตได้ต่อสารอินทรีย์ที่เติมเข้าระบบ 0.267 และ 0.275 ลิตรต่อกรัม VS ที่เติมเข้าระบบ ตามลำดับ ขณะที่ผลการทดสอบแบบกึ่งต่อเนื่องของเศษอาหารและมูลสัตว์เมื่อใช้อัตราการป้อนสารอินทรีย์ เท่ากับ 0.82 และ 0.7 กรัม VS ต่อลิตร·วัน ให้ปริมาณก้าชชีวภาพเฉลี่ยวันละ 397.85 และ 332.85 ลิตร และให้ค่าปริมาณก้าชชีวภาพทั้งหมดที่ผลิตได้ต่อสารอินทรีย์ที่เติมเข้าระบบ 0.647 และ 0.630 ลิตรต่อกรัม VS ที่เติมเข้าระบบ ตามลำดับ จึงสามารถสรุปได้ว่าถังหมักแบบขั้นตอนเดียวเมื่อดำเนินระบบแบบทึบกึ่งต่อเนื่องสามารถเพิ่มปริมาณก้าชชีวภาพที่ผลิตได้จากการวัตถุดินเศษอาหารและมูลสัตว์ ซึ่งเพียงพอต่อการนำไปใช้ในการปรุงอาหารภายในครัวเรือนในแต่ละวัน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ABSTRACTS

Research Title : The Development of Bio-gas Generating Tank from Organic Waste

Author : Pajongsuk Sutarut

Asst. Prof. Saowanit Chob bun

Dr. Nisakorn Witthajitsomboon

Dr. Anumust Deachana

Year : 2011

The investigation of biogas production from organic waste such as food waste, the mixture of swine and cattle manure by using single-stage bio-gas generating tank was examined. Firstly, two digesters; 1000-liter tank; were conducted to observe the individual degradation and biogas production of organic wastes using both batch and semi-continuous operation at mesophilic temperature (25°C~35° C). Results from batch test, the organic loading rates (OLR) of food waste and the mixture manure were 0.74 and 0.66 g VS/l·d giving the total gas production of 145.04 and 137.12 l/d, and the biogas yield of 0.267 and 0.275 l/g VS added, respectively. In semi-continuous operation, the organic loading rates (OLR) of food waste and the mixture of manure were 0.82 and 0.7 g VS/l·d, d giving the total gas production of 397.85 and 332.85 l/d, and the biogas yield of 0.647 and 0.630 l/g VS added, respectively. Overall, the result of this study indicate that single-stage bio-gas generating tank under semi-continuous operation can give high biogas production both of food waste and the mixture manure, which are effectively used for daily cooking purposes in household.

สารบัญ

กิตติกรรมประกาศ	(1)
บทคัดย่อ	(2)
ABSTRACT	(3)
สารบัญ	(4)
สารบัญตาราง	(6)
สารบัญภาพ	(8)
สารบัญกราฟ	(9)
สัญลักษณ์คำย่อและด้วยย่อ	(10)
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 กำชีวภาพ (Biogas)	3
2.2 การย่อยสลายสารอินทรีย์ภายในสภาวะไร้อากาศ (Anaerobic Digestion)	4
2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดกำชีวภาพ	9
2.4 ระบบถังหมักภายในสภาวะไร้ออกซิเจน	12
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	15
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 พัฒนาถังผลิตกำชีวภาพจากเครื่องถังแบบ	17
3.2 ศึกษาประสิทธิภาพการใช้เศษอาหารและมูลสัตว์	25
3.3 สูตรที่ใช้ในการคำนวณ	29
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง	
4.1 พัฒนาถังผลิตกำชีวภาพจากถังถังแบบ	32
4.2 ศึกษาประสิทธิภาพการใช้เศษอาหารและมูลสัตว์	36
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	49
5.2 ประเด็นปัญหาที่พบ	50

สารบัญ (ต่อ)

5.3 ข้อเสนอแนะ	50
5.4 ผลผลิตจากการวิจัย	50
เอกสารอ้างอิง	52
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก วิธีการวิเคราะห์	57
ภาคผนวก ข ข้อมูลผลการทดลอง	65
ภาคผนวก ค วิธีการคำนวณ	70
ภาคผนวก ง ประมาณภาพการดำเนินการวิจัย	76
ภาคผนวก จ การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์	81
ภาคผนวก ฉ การถ่ายทอดผลงานวิจัยสู่ชุมชน	89
ภาคผนวก ช การนำเสนอผลงานวิจัย	101
ประวัติผู้ทำรายงานวิจัย	



สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1	องค์ประกอบก้าชชีวภาพ ตามแหล่งวัตถุดิบ	3
ตารางที่ 3.1	ตารางแสดงอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับประกอบระบบถังผลิตก้าชชีวภาพ ต่อ 1 ชุด	17
ตารางที่ 3.2	วิธีเคราะห์คุณลักษณะวัตถุดิบเศษอาหารและมูลสัตว์สำหรับการผลิตก้าช ชีวภาพ	28
ตารางที่ 3.3	แผนกวิเคราะห์จากการประมาณการหมักแบบรีอัคเตอร์ระบบแบบแบบทช (Batch)	27
ตารางที่ 3.4	แสดงการออกแบบการทดลองกระบวนการหมักแบบรีอัคเตอร์ระบบแบบกึ่ง ต่อเนื่อง (Semi-Continuous)	28
ตารางที่ 3.5	แผนกวิเคราะห์จากการประมาณการหมักแบบรีอัคเตอร์ระบบแบบกึ่งต่อเนื่อง (Semi-Continuous)	28
ตารางที่ 4.1	สรุปลักษณะของถังผลิตก้าชชีวภาพตันแบบและถังผลิตก้าชชีวภาพที่ใช้ใน การทดลอง	33
ตารางที่ 4.2	แสดงคุณลักษณะวัตถุดิบเบื้องต้น	37
ตารางที่ 4.3	แสดงคุณลักษณะของสารละลายเศษอาหารและมูลสัตว์ที่มีค่า TS ประมาณ 4%	37
ตารางที่ 4.4	ผลการผลิตก้าชชีวภาพที่เกิดขึ้นในการดำเนินระบบแบบแบบทชระหว่างเศษ อาหารและมูลสัตว์	41
ตารางที่ 4.5	เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัด COD ของเศษอาหารและมูลสัตว์ในการ ดำเนินระบบแบบแบบทช	42
ตารางที่ 4.6	เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัด VS ของเศษอาหารและมูลสัตว์ในการ ดำเนินระบบแบบแบบทช	42
ตารางที่ 4.7	ผลการผลิตก้าชชีวภาพที่เกิดขึ้นในระบบแบบกึ่งต่อเนื่องระหว่างเศษอาหาร และมูลสัตว์	45
ตารางที่ 4.8	เปรียบเทียบประสิทธิภาพ การกำจัด COD ของเศษอาหารและมูลสัตว์	45
ตารางที่ 4.9	เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัด VS ของเศษอาหารและมูลสัตว์	45

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ 4.10	เปรียบเทียบการผลิตก้าชชีวภาพในการดำเนินระบบแบบทั่วไปและแบบกึ่งต่อเนื่องของเศษอาหารและมูลสัตว์	46
ตารางที่ 4.11	เปรียบเทียบการผลิตก้าชชีวภาพจากงานวิจัยอื่นกับงานวิจัยครั้งนี้	47



สารบัญภาพ

ภาพที่ 2.1	กระบวนการย่ออย่างสลายสารอินทรีภัยได้สภาวะไว้ออกซิเจน	8
ภาพที่ 2.2	ถังหมักแบบอัตราต่ำ	13
ภาพที่ 2.3	ถังหมักแบบอัตราสูง	14
ภาพที่ 2.4	ถังหมักแบบอัตราสูงที่มีการแยกตะกอน	15
ภาพที่ 3.1	ไดอะแกรมแสดงระบบถังผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอินทรี	19
ภาพที่ 3.2	ชุดถังหมักก่อนการประกอบสมบูรณ์	20
ภาพที่ 3.3	ชุดถังเก็บก๊าซชีวภาพก่อนการประกอบสมบูรณ์	22
ภาพที่ 3.4	ชุดถังเก็บก๊าซชีวภาพเมื่อประกอบสมบูรณ์	23
ภาพที่ 3.5	ชุดเตาหุงต้ม	24



สารบัญกราฟ

+ แสดงปริมาณก้าซชีวภาพที่ผลิตได้ต่อวันในช่วงการเริ่มเดินระบบ	37
กราฟที่ 4.2 แสดงการผลิตก้าซชีวภาพแบบเบทซุดการทดลองที่ใช้เศษอาหารเป็นวัตถุดิบ	39
กราฟที่ 4.3 แสดงประสิทธิภาพการผลิตก้าซชีวภาพแบบเบทซุดการทดลองที่ใช้มูลสัตว์เป็นวัตถุดิบ	39
กราฟที่ 4.4 ก้าซชีวภาพสะสมในระบบการผลิตก้าซชีวภาพในระบบแบบเบทซ์ระหว่างเศษอาหารและมูลสัตว์	41
กราฟที่ 4.5 แสดงประสิทธิภาพการผลิตก้าซชีวภาพในระบบแบบกึ่งต่อเนื่องระหว่างเศษอาหารและมูลสัตว์	43
กราฟที่ 4.6 ก้าซชีวภาพสะสมในระบบการผลิตก้าซชีวภาพในระบบแบบกึ่งต่อเนื่องระหว่างเศษอาหารและมูลสัตว์	44



สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ

CSTR	Continuous Stirred Tank Reactor
HRT	Hydraulic retention time คือ ระยะเวลาเก็บกักของอินทรีย์ในถังหมัก
OLR	Organic loading rate คือ อัตราการป้อนสารอินทรีย์ที่เข้าสู่ระบบในแต่ละวัน
SS	Suspended Solids คือ ส่วนของของแข็งที่ไม่ละลายน้ำและแขวนลอยอยู่ในน้ำได้
COD	Chemical Oxygen Demand คือปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ใช้ในการออกซิเดช์สารอินทรีย์ด้วยวิธีทางเคมีทั้งในรูปของแข็งและรูปที่ละลายอยู่ในน้ำ
TKN	Total Kjedahl Nitrogen คือ ปริมาณไนโตรเจนที่ประกอบด้วยอินทรีย์ในโตรเจนและแอมโมเนียในโตรเจน
VS	Volatile Solids
VFA	Volatile Fatty Acid คือ กรดอินทรีย์ที่มีคาร์บอนอะตอมไม่เกิน 6 ตัว สามารถละลายน้ำได้ นำหนักไม่เลกุลต่า สามารถกลับได้ที่ความดันต่ำ



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

สืบเนื่องจากคณะกรรมการวิจัยได้มีโอกาสลงพื้นที่เพื่อนำนักศึกษาเข้าเยี่ยมชม กระบวนการผลิตก้าชชีวภาพ ณ องค์การบริหารส่วนตำบลคลองรี อำเภอสหทิพพระ จังหวัดสงขลา ที่มีกระบวนการผลิตก้าชชีวภาพอย่างง่าย โดยใช้ถังขนาด 1000 ลิตร มาเป็นถังหมัก มีสายยางเชื่อมต่อก้าชที่ได้จากการถังหมักไปสู่ชุดเก็บก้าช ซึ่งใช้ถังขนาด 200 ลิตร และ 160 ลิตร จำนวน 2 ชุด โดยถัง 200 ลิตร จะมีการใส่น้ำให้เต็ม และถังใบขนาด 160 ลิตร ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าถัง 200 ลิตร เพื่อใช้เป็นส่วนเก็บก้าช และจากจุดนี้จะมีสายยางเชื่อมต่อไปยังหัวเตา ก้าชสำหรับใช้งานต่อไป โดยถังผลิตก้าชนี้เป็นถังที่ถูกพัฒนาเพื่อให้เหมาะสมกับการผลิตก้าชชีวภาพ จากมูลสุกร ในครัวเรือนที่มีโรงเลี้ยงสุกรขนาดย่อม ซึ่งเดิมการเลี้ยงสุกรเป็นอาชีพเสริมของคนใน ตำบล คลองรี

จากการสอบถามจากผู้ใช้ถังผลิตก้าชชีวภาพชนิดนี้พบว่าคุณสมบัติของถังดังกล่าว มีข้อบกพร่องที่ต้องปรับปรุงคือ แรงดันของก้าชที่ผลิตได้มีแรงดันต่ำ ไม่สามารถใช้กับหัวเตา ก้าชปกติได้ ต้องใช้กับหัวเตาที่มีการขยายขนาดรูของหัวเตาเพิ่ม และสามารถใช้ได้เฉพาะไฟขนาดปานกลางเท่านั้น จึงใช้ระยะเวลาในการปรุงอาหาร นอกเหนือไปจากการเลี้ยงสุกรในตำบลคลองรีลดลง ทำให้เป็นการยากในการหมุนสัตว์ เพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตก้าชชีวภาพ จึงมีการนำเศษอาหารเหลือทิ้งในครัวเรือนมาเป็นวัตถุดิบแทน โดยเป็นการลองผิดลองถูกของผู้ใช้ ทำให้ปริมาณก้าชชีวภาพที่ได้ไม่แน่นอน กับทั้งบางครั้งประสบปัญหาระบบการผลิตหยุดชะงัก ซึ่งระบบนี้ยังไม่มีการศึกษาถึงประสิทธิภาพของการนำขยะอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร มูลสัตว์ มาเป็นวัตถุดิบในการเดินระบบรูปแบบต่างๆ สำหรับการผลิตก้าชชีวภาพ

คณะกรรมการวิจัยได้ระหนักรึ่งความจำเป็นในการตอบโจทย์ความต้องการของประชาชนในชุมชน ซึ่งจะเป็นการวางแผนฐานสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน ลดความเหลื่อมล้ำทางด้านรายได้ จึงได้ดำเนินการวิจัย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพถังผลิตก้าชชีวภาพขององค์การบริหารส่วนตำบล คลองรี อำเภอสหทิพพระ จังหวัดสงขลา

- 2) เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเดินระบบของถังผลิตก๊าซชีวภาพสำหรับนำขยะอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร มูลสัตว์ มาเป็นวัตถุดิบ
- 3) เพื่อถ่ายทอดความรู้ที่ได้แก่ ชุมชนและบริการความรู้แก่บุคคลทั่วไป

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

- 1) สร้างถังผลิตก๊าซชีวภาพและออกแบบเพิ่มเติมจากถังผลิตก๊าซชีวภาพดันแบบขนาด 1,000 ลิตร ขององค์การบริหารส่วนตำบลคลองรี ซึ่งเป็นระบบหมักแบบขั้นตอนเดียว (single stage digester)
- 2) สถานที่ในการศึกษาวิจัย ได้แก่ ศูนย์วิทยาศาสตร์ และอาคารปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
- 3) ใช้ขยะอินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองคือ เศษอาหารได้จากโรงอาหารมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา มูลสัตว์จากฟาร์มเลี้ยงสุกร และโรงเลี้ยงโคเนื้อ จากกลุ่มเกษตรกรจังหวัดสงขลา
- 4) หัวเชื้อเริ่มต้นได้จากหัวเชื้อจากถังหมักขององค์การบริหารส่วนตำบล คลองรี และมูลโคจากกลุ่มเกษตรกรจังหวัดสงขลา
- 5) ศึกษาศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและมูลสัตว์ด้วยระบบแบบbatch และระบบแบบกึ่งต่อเนื่อง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ได้ถังผลิตก๊าซชีวภาพที่มีประสิทธิภาพ ตรงตามความต้องการของชุมชน
- 2) ได้ข้อมูลพื้นฐานนำไปสู่กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพโดยใช้ขยะอินทรีย์เป็นวัตถุดิบ เพื่อเผยแพร่และถ่ายทอดความรู้แก่ชุมชน
- 3) เป็นแนวทางการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการลดปริมาณของเสียและปัญหาสิ่งแวดล้อมในชุมชน
- 4) ขยายเครือข่ายความร่วมมือของชุมชนกับมหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กําชชีวภาพ (Biogas)

กําชชีวภาพ คือ กําชที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายในได้สภาวะไร้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) โดยกําชชีวภาพดังกล่าวมีองค์ประกอบเป็นกําชต่างๆ หลายชนิด อาทิเช่น กําชมีเทน กําชคาร์บอนไดออกไซด์ กําชไนโตรเจน กําชไฮโดรเจน และกําชไฮโดรเจนชัลไฟร์ ตามลำดับ ดังแสดงสัดส่วน เป็นร้อยละโดยประมาณไว้ในตารางที่ 2.1 ซึ่งสัดส่วนของกําชแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมต่างๆ ในขณะการผลิตกําชชีวภาพ ได้แก่ องค์ประกอบบัตถุติด อุณหภูมิ pH ระยะเวลาการกํากีบ สารอาหาร สารพิษ (Deublein and Steinhauser. 2011)

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบกําชชีวภาพ ตามแหล่งวัตถุติด (Rasi et al. 2007)

องค์ประกอบกําชชีวภาพ	หน่วย	ขยะอินทรีย์	จากน้ำเสีย	จากพื้นที่ฟังก์ชัน
กําชมีเทน	%vol	60-70	55-65	45-55
กําชคาร์บอนไดออกไซด์	%vol	30-40	35-45	30-40
กําชไนโตรเจน	%vol	<1	<1	5-15
กําชไฮโดรเจนชัลไฟร์	ppm _v	10-2000	10-40	50-300

กําชชีวภาพสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการให้ความร้อนและเดินเครื่องยนต์ได้ เนื่องจากองค์ประกอบส่วนใหญ่จะเป็นกําชมีเทนซึ่งเป็นกําชที่มีค่าความร้อนสูงและมีสมบัติดีที่สุด

2.1.1 คุณสมบัติและการเกิดกําชชีวภาพ

กําชมีเทนมีคุณสมบัติเบากว่าอากาศประมาณครึ่งหนึ่ง (น้ำหนักโมเลกุล 16.04) ละลายน้ำได้เพียงเล็กน้อยไม่มีรสไม่มีสีไม่มีกลิ่น แต่เนื่องจากกระบวนการเกิดกําชชีวภาพจะมีกําชอื่นผสมอยู่ด้วย เช่น กําชไฮโดรเจนชัลไฟร์ จึงมีกลิ่นเล็กน้อยทำให้ไม่เป็นที่นิยมใช้ ทั้งที่แท้จริงแล้วเป็นกําชนี้ไม่ได้ทำให้รสดีของอาหารเปลี่ยนแปลงแต่ประการใด เนื่องจากเมื่อมีการเผาไหม้ กําชดังกล่าวก็

ระยะไป (มานิตย์ 野心พันธุ์. 2544) การนำกําชชีวภาพมาใช้ประโยชน์ด้านพลังงาน ค่าพลังงานที่ได้จากกําชชีวภาพจะขึ้นกับสัดส่วน (%) ของกําชมีเทนที่มีอยู่ในเนื้อกําชชีวภาพ ซึ่งมีคุณสมบัติทั่วไปดังนี้

- ค่าความร้อนประมาณ 21.5 MJ/m^3 ($\text{CH}_4 60\%$)
- ความเร็วเปลวไฟ 25 cm/s
- อัตรา A/F ในทางทฤษฎี $6.19 \text{ m}^3 \text{ air/m}^3 \text{ gas}$
- อุณหภูมิเผาไหม้ในอากาศ 650° C
- อุณหภูมิจุดติดไฟของ $\text{CH}_4 600^\circ \text{ C}$
- ค่าความจุความร้อน (C_p) $1.6 \text{ kJ/m}^3 \cdot ^\circ \text{ C}$
- ความหนาแน่น 1.15 kg/m^3

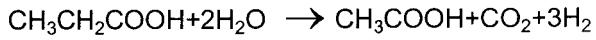
2.1.2 รูปแบบการใช้ประโยชน์จากกําชชีวภาพ

การนำกําชชีวภาพไปใช้ประโยชน์มีอยู่ 3 รูปแบบ ได้แก่

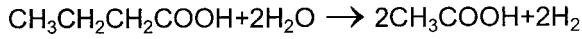
- ใช้เป็นแหล่งเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานความร้อน/ในรูปของความร้อนโดยตรง ได้แก่ การใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อต้มไอน้ำในโรงงาน (ทดแทนการใช้น้ำมันเตา) หรือใช้ทดแทนกําชหุงต้มในครัวเรือน เป็นต้น
- ใช้ในการผลิตพลังงานกล/ไฟฟ้า ได้แก่ การบ่อนกําชชีวภาพเข้าเครื่องยนต์กําชเพื่อผลิตไฟฟ้าใช้ในโรงงาน หรือจำหน่ายไฟฟ้าเข้าระบบสายส่ง หรือต่อเครื่องยนต์เข้าเครื่องสูบนำเพื่อสูบนำใช้ในการเกษตร เป็นต้น
- การผลิตพลังงานความร้อนร่วม (Cogeneration System) เป็นการผลิตพลังงานไฟฟ้า และความร้อนร่วมกันซึ่งเป็นระบบที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการใช้เชื้อเพลิงให้มีค่าสูงขึ้นมากกว่าการใช้เชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า หรือผลิตความร้อนเพียงอย่างเดียว

2.2 การย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะไร้อากาศ (Anaerobic Digestion)

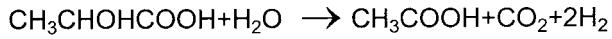
การเกิดของกําชชีวภาพนี้เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์หรือของเสียต่าง ๆ โดยอาศัยการทำงานของกลุ่มแบคทีเรียหลายชนิดต่อเนื่องกันในสภาพที่ไร้อากาศ ภายใต้อุณหภูมิที่เหมาะสม โดยที่สารอินทรีย์ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน จะถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียหลายชนิด เพื่อเปลี่ยนสารอินทรีย์ไปเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายคือ กําชมีเทนและกําชาคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งกําชาทั้งสองชนิดเป็นองค์ประกอบหลักของกําชชีวภาพ



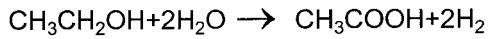
(propionate)



(butyrate)



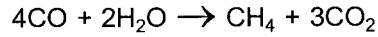
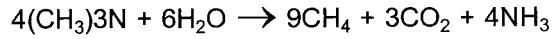
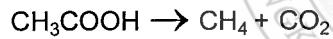
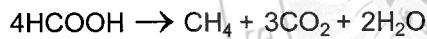
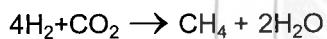
(lactate)



(ethanol)

2.2.3 กระบวนการมีท้าโนเจเนชิส (Methanogenesis)

ขั้นตอนนี้อาจเป็นขั้นตอนที่หมักย่อยสารพากกระเหยได้เป็นกําซมีเทนโดยแบคทีเรียที่เป็น acetotrophic สำหรับแบคทีเรีย hydrogenotrophic เป็นพวงที่ผลิตมีเทนจากไฮโดรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเจริญเติบโตได้ดีกว่าพวงที่ใช้กรดระเหย ดังนั้นขั้นตอนนี้กรดระเหยได้ และไฮโดรเจนกับคาร์บอนไดออกไซด์ จะถูกเปลี่ยนเป็นกําซมีเทน ดังสมการ



ชนิดของจุลินทรีย์ในการผลิตกําซมีเทน

แบคทีเรียที่ทำหน้าที่ในการผลิตกําซมีเทนเป็นแบคทีเรียชนิด Anaerobic bacteria พวง Methanogenic bacteria ซึ่งจะพบในธรรมชาติตามโคลนสีดำ ดิน มูลของสัตว์กินหญ้า ผิวน้ำ ทะเลสาบ ขยาย แหล่งน้ำเน่าๆ ฯลฯ ในปี 1956 Barker ได้ทำการแยกแบคทีเรียพวง methanogenic bacteria ออกเป็น 2 กลุ่มด้วยกันตามรูปร่าง (Morphological group) ดังนี้

1. แบคทีเรียพวง Methanogen ที่มีรูปร่างเป็นหòn

1.1 ชนิดไม่สร้างสปอร์ (non sporulating rod-shaped cells)

Methanobacterium solmgenii

Methanobacterium formicum

Methanobacterium propionicum

1.2 ชนิดสร้างสปอร์ (sporulating rod-shaped cells)

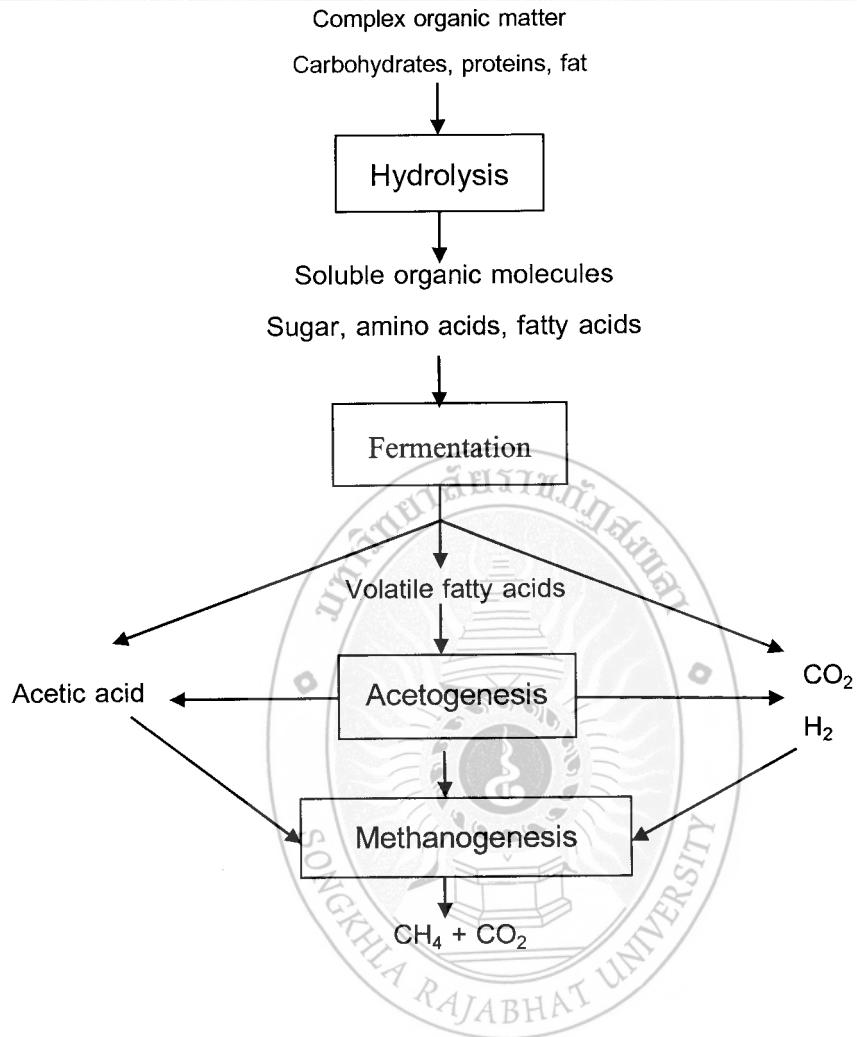
Methanobacterium omelianskii

2. แบคทีเรียพาก Methanogen ที่มีรูปร่างกลม

2.1 Cell not sarcina arrangement ได้แก่ *Methanococcus vaniellii*, *Methanococcus mazaei*

2.2 Cell in sarcina arrangement ได้แก่ *Methanosarcina methanica*, *Methabosarcina barkerii*

การดำรงชีพของแบคทีเรียพาก Methane formers มีความไวต่อการเปลี่ยนสภาพแวดล้อมมากกว่าแบคทีเรียพาก Acid formers ดังนั้นจำนวนประชากรของแบคทีเรียชนิด Methane formers จึงมีความสำคัญต่อสุขภาพของระบบการผลิตก๊าซชีวภาพมากที่สุด การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมเพียงเล็กน้อยอาจทำให้แบคทีเรียพาก Methane formers ชะงักการเจริญแต่กระนั้นแบคทีเรียพาก Acid formers ยังคงเจริญได้รวดเร็ว ทำให้มีปริมาณกรดอินทรีย์ในระบบค่อยๆ สะสมเพิ่มปริมาณขึ้นเรื่อยๆ pH จึงต่ำลงจนเป็นอันตรายต่อการดำรงชีพ



ภาพที่ 2.1 กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายในสภาวะไร้ออกซิเจน

ที่มา: : Zheng et al. (2014)

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดก้าชชีวภาพ

2.3.1 อุณหภูมิในการเดินระบบ

อุณหภูมิก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีส่วนอย่างยิ่งในระบบการย่อยแบบไร้อาการ จากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเดินระบบสำหรับการย่อยแบบไร้อาการแบ่งเป็นสองระดับตามสปีชีส์ของเมทานเจน ได้แก่ เมโซฟิลิก (Mesophilic) และเทอร์โมฟิลิก (Thermophilic) (Gerardi, M. H. 2003)

- อุณหภูมิที่เหมาะสมที่เมโซฟิลิก ทำงานได้ดีคือประมาณ 20– 45 องศาเซลเซียส แต่ที่เหมาะสมที่สุดคือ ช่วง 37– 41 องศาเซลเซียส โดยในช่วงอุณหภูมิระดับนี้แบคทีเรียมีส่วนใหญ่ในถังหมักจะเป็น เมโซฟิลิก
- เทอร์โมฟิลิก ทำงานได้ดีในช่วงอุณหภูมิที่สูงกว่า โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดคือประมาณ 50 – 52 องศาเซลเซียสแต่ก็สามารถท้างานในอุณหภูมิที่สูงขึ้นไปถึง 70 องศาเซลเซียส

แบคทีเรียมีโซฟิลิกนั้นมีจำนวนสปีชีส์มากกว่าเทอร์โมฟิลิก นอกจากนี้ยังสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าเทอร์โมฟิลิกอีกด้วย ทำให้ระบบหมักก้าชชีวภาพที่ใช้เมโซฟิลิก เสถียรกว่า แต่ขณะเดียวกันอุณหภูมิซึ่งสูงกว่าในระบบที่ใช้เทอร์โมฟิลิกเป็นการช่วยเร่งปฏิกิริยาส่งผลให้อัตราการผลิตก้าชชีวภาพสูงกว่า

2.3.2 ค่า pH (ความเป็นกรด-ด่าง)

ค่า pH ที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตก้าชชีวภาพคือระหว่าง 7.0 – 7.2 ค่า pH ในถังหมักซึ่นอยู่กับช่วงของการหมักด้วย เพราะในช่วงแรกแบคทีเรียที่สร้างกรดจะสร้างกรดเป็นจำนวนมาก และทำให้ค่า pH ลดลง ซึ่งถ้าหาก pH ลดลงต่ำกว่า 5 ก็จะหยุดกระบวนการย่อยและหมักทั้งหมด หรืออีกนัยหนึ่งก็คือแบคทีเรียตายนิร挺 (Methanogen) นั้นอ่อนไหวต่อความเป็นกรดต่างมาก และจะไม่เจริญเติบโตหาก pH ต่ำกว่า 6.5 ในช่วงท้ายของการกระบวนการ ความเข้มข้นของ NH_4 จะมากขึ้นตามการย่อยสลายในโตรเจนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ค่า pH เพิ่มโดยอาจเกิน 8 จนกระทั่งระบบผลิตเริ่มมีความเสถียร pH จะอยู่ระหว่าง 6.8 – 8 (Kondusamy และ Kalamdhad, 2014)

2.3.3 วัตถุดิบที่ป้อนเข้าระบบ

สารอินทรีย์ทุกชนิดสามารถนำมาใช้วัตถุดิบในการผลิตก้าชชีวภาพ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วนิยมใช้วัสดุที่เป็นของเสียเหลือทิ้ง เช่น น้ำเสีย และขยะอินทรีย์ มาผลิตก้าชชีวภาพ เนื่องจากเป็นการลดปริมาณของเสียไม่มีต้นทุนของวัตถุดิบ และยังเป็นการนำของเสียมาเพิ่มมูลค่า

ขยะอินทรีย์ (organic waste) คือ ขยะหรือของเสียที่เกิดจากสิ่งมีชีวิตและสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ แบ่งออกเป็น วัสดุสีน้ำตาล (brown material) คือ ขยะอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบของคาร์บอนมาก เช่น กิ่งไม้แห้ง ใบไม้แห้ง ฟางข้าว แกลง เปลือกถัว เป็นต้น วัสดุสีเขียว (green material) คือ ขยะอินทรีย์ที่มีความชื้น มีองค์ประกอบในโครงสร้างสูง เช่น เศษผักผลไม้ เศษอาหารมูลสัตว์เป็นต้น (Deublein และ Steinhauser, 2008)

จากการศึกษากระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์เพื่อผลิตก้าชชีวภาพพบว่าสามารถใช้สารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ พวกรากใบไอล์เตอร์ โปรตีน และไขมัน เป็นวัสดุที่ใช้หมักก้าชชีวภาพได้ การใส่เศษอาหารแทนมูลสัตว์จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถทำได้ เนื่องจากทั้งมูลสัตว์และเศษอาหารต่างก็เป็นสารที่มีองค์ประกอบของสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ที่เหมือนกัน ทั้งนี้บทบาทของจุลินทรีย์กลุ่มแรกที่ขับน้ำย่อยออกมาย่อยสารโมเลกุลใหญ่ พวกรากใบไอล์เตอร์ โปรตีน และไขมันให้เป็นสารโมเลกุลเล็กที่ละลายน้ำก็ยังคงเดิม ส่วนการย่อยไขมันจะย่อยได้ยากกว่าสารอินทรีย์ตัวอื่นๆ เพราะต้องการอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิปกติ ดังนั้นจึงไม่ควรใช้ขยะอินทรีย์ที่มีปริมาณไขมันจำนวนมากเดิมลงในถังผลิตก้าชชีวภาพ สำหรับจุลินทรีย์กลุ่มผลิตกรด ซึ่งจะย่อยสลายสารอินทรีย์โมเลกุลเล็กแล้วขับสารพากරะเหยย โดยจุลินทรีย์กลุ่มนี้ไม่ต้องการอากาศ ดังนั้นการออกแบบถังผลิตก้าชชีวภาพจากขยะต้องเป็นระบบปิดที่อากาศภายนอกเข้าในถังหมักไม่ได้ (Gerardi, M. H. 2003)

2.3.4 อัตราการป้อนสารอินทรีย์

อัตราการป้อนสารอินทรีย์ หรือ Organic Loading Rate, OLR เป็นปัจจัยหนึ่งที่ใช้ในการคำนวบประมาณสารอินทรีย์หรือวัตถุดิบที่เดิมเข้าสู่ถังหมักในแต่ละครั้งต่อช่วงเวลา โดยปริมาณสารตั้งต้นสามารถใช้ค่า TS, VS COD หรือ BOD เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญที่ใช้ในการกำหนดความสามารถในการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะไร้อากาศ โดยการบันทึกอัตราการป้อนสารอินทรีย์ อัตราการป้อนสารอินทรีย์ที่เหมาะสมของระบบการย่อยสลายอินทรีย์แบบไร้อากาศอยู่ในช่วงประมาณ 1-15 g VS/m³.d ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของถังหมักที่ในการผลิตก้าชชีวภาพ (Kondusamy และ Kalamdhad, 2014)

2.3.5 อัตราส่วนคาร์บอนต่อ ในโตรเจนของขยะอินทรีย์

อัตราส่วนของคาร์บอนต่อในโตรเจนของขยะอินทรีย์ที่สามารถใช้ผลิตก๊าซชีวภาพคือตั้งแต่ 8-30 แต่อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพ คือประมาณ 23 ถ้าอัตราส่วนคาร์บอนต่อในโตรเจน สูงมาก ในโตรเจนจะถูก Methanogen นำไปใช้เพื่อเสริมโปรดีนให้ด้วยเอง และจะหมดอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ได้ก๊าซน้อย แต่ถ้าหาก C/N Ratio ต่ำมากๆ ก็จะทำให้ในโตรเจน มีมากและไปเกาะกันเป็นแอมโมเนีย แอมโมเนียจะไปเพิ่มค่า pH ซึ่งถ้าหากค่า pH สูงถึง 8.5 ก็จะเริ่มเป็นพิษกับแบคทีเรียทำให้จำนวน Methanogen ลดลง นอกจากนี้หาก C/N ratio อยู่ นอกเหนือจากช่วง 8-30 จะทำให้มีสัดส่วนปริมาณก๊าซที่ได้เป็นก๊าซอื่นๆ เช่นคาร์บอนไดออกไซด์ สูงขึ้น (Zheng et al. 2014)

2.3.6 ระยะเวลาเก็บกักขยะอินทรีย์ในถังหมัก (Hydraulic Retention Time, HRT)

ระยะเวลาเก็บกักเป็นอีกปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งในการควบคุมประสิทธิภาพ ของการบวนการหมักก๊าซชีวภาพ คือระยะเวลาห้องหมัดที่สารอินทรีย์อยู่ในระบบ โดยระยะเวลาในการกักเก็บสารอินทรีย์ในถังหมักขึ้นอยู่กับปริมาณ และประเภทของสารอินทรีย์ที่เติมเข้าไปซึ่งมีลักษณะ และคุณสมบัติที่แตกต่างกันไป รวมถึงรูปแบบของระบบ/ถังหมัก หากระยะเวลาในการกักเก็บสั้นไป ก็จะไม่พอสำหรับแบคทีเรียที่จะผลิตแก๊สชีวภาพ นอกจากนี้แบคทีเรียยังจะถูกถ่ายออกจากระบบ เร็วเกินไปส่งผลให้จำนวนแบคทีเรียลดลงไป ทำให้แบคทีเรียที่เหลืออยู่อย่างไม่ทันและอาจทำให้ค่า pH ในถังหมักลดลง ขณะเดียวกันการที่ระยะเวลาเก็บนานเกินไปจะทำให้เกิดตะกอนของสารอินทรีย์ที่แบคทีเรียย่อยสลายแล้วสะสมอยู่ทำให้ถังหมักมีขนาดใหญ่โดยไม่จำเป็น ระยะเวลาในการกักเก็บส่วนใหญ่จะประมาณ 14- 60 วัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ คือ ค่า TS อุณหภูมิขนาดและ ประเภทของ digester และบริษัทสารอินทรีย์ที่เติม ระยะเวลาในการกักเก็บนั้นเป็นดัวงซึ่งว่า แบคทีเรียจะมีชีวิตได้นานเท่าไหร่โดยไม่มีการเติมอาหาร เนื่องจากระยะเวลาการกักเก็บนั้น หมายถึงระยะเวลาที่แบคทีเรียต้องการเพื่อย่อยอาหารให้หมด ดังนั้นเมื่อไหร่ก็ตามที่แบคทีเรียยัง ย่อยอาหารไม่หมดก็หมายความว่าแบคทีเรียจะยังไม่ตายจากการขาดอาหาร (อวัสดา, 2545)

ระยะเวลาที่จุลินทรีย์อยู่ในระบบ (solid retention time, SRT) หมายถึงมวลของแข็ง ภายในระบบหารด้วยมวลของแข็งที่ปล่อยออกจากระบบต่อวัน ในถังหมักแบบธรรมชาติไม่มี การหมุนเวียนตะกอน มีระยะเวลาที่จุลินทรีย์อยู่ภายในระบบจะเท่ากับระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย

(SRT=HRT) แต่ในถังหมักที่มีการหมุนเวียนต่างกัน มีระยะเวลาที่จุลินทรีย์อยู่ภายในระบบมากกว่าระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย (SRT>HRT)

$$HRT = SRT = \text{volume}/\text{flow rate} = V/Q$$

2.3.7 การกวน (Mixing)

การกวนต่างกัน น้ำ และสารอินทรีย์ เป็นส่วนที่สำคัญอีks่วน เพราะจะทำให้แบคทีเรียสัมผัสด้วยสารอินทรีย์ได้อย่างทั่วถึงป้องกันการเกิดการสะสมของสารอินทรีย์ตามจุดต่างๆ ในถังหมักรวมถึงมีส่วนช่วยในการกระจายความร้อนให้อุณหภูมิเท่ากันตลอด ทำให้แบคทีเรียทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่งผลให้การเกิดก้าซเร็วขึ้นและมากขึ้น การกวนจึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของถังหมักสำหรับกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้อากาศ การกวนผสมภายในถังหมักสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้เครื่องกวน (Mechanical mixing) เช่น ใบพัด การใช้เครื่องสูบผ่านท่อนำ (Pumping draft tube) และ หมุนเวียนต่างกันปั๊ม (Recycling of sludge by pump)

Karim และคณะ (2005) ศึกษาผลของการกวนที่มีต่อกระบวนการผลิตก้าซชีวภาพ ซึ่งใช้ถังหมักแบบ continuous stirred tank reactor (CSTR) ขนาด 3.7 ลิตร และใช้มูลวัวที่เป็นของเหลวผสมกับมูลวัวที่เป็นของแข็ง ในอัตราส่วน 5% 10% และ 15% ของมูลวัวที่เป็นของแข็ง ทำการทดลองที่อุณหภูมิ 35°C และมีระยะเวลาเก็บ (HRT) 16.2 วัน พบรезультатที่มีการกวนจะทำให้เกิดก้าซได้มากขึ้นกว่าการหมักที่ไม่มีการกวนประมาณ 10 -30% และปริมาณก้าซจะเพิ่มขึ้นตามลำดับอัตราส่วนเปอร์เซ็นต์ของมูลวัวที่เป็นของแข็งที่ใช้เป็นวัตถุดูด ดังนั้นการกวนจึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการกระบวนการหมักสำหรับวัตถุดูดที่มีส่วนผสมของแข็ง

2.3.8 สารยับยั้งการเจริญเติบโต

สารยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับระบบ ได้แก่ กรดไขมันระเหยไดไฮโดรเจน หรือแอมโมเนีย รวมถึงชาตุไอกอน, สารพิช, โลหะหนัก, สารทำความสะอาดต่างๆ เช่น สนิม น้ำยาล้างต่างๆ และยาปฏิชีวะ สามารถส่งผลยับยั้งการเจริญเติบโตและการผลิตก้าซของแบคทีเรียได้ โลหะหนักบางประเภท (เช่น ทองแดง, นิกเกิล, โครเมียม, สังกะสี, ตะกั่ว และอื่นๆ) ในปริมาณที่น้อยๆ ช่วยในการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย แต่เมื่อความเข้มข้นสูงก็จะเป็นพิษ

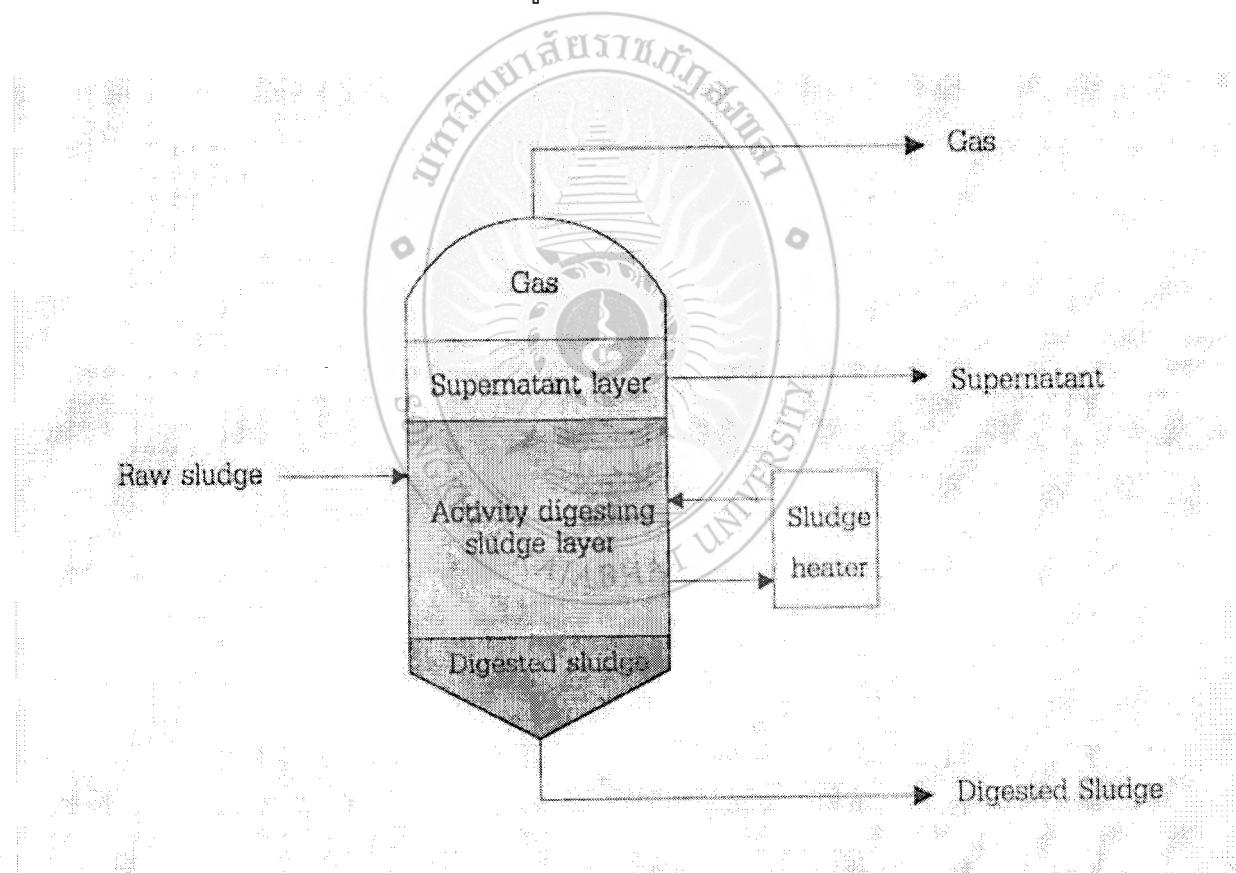
2.4 ระบบถังหมักภายในรีสอร์ฟชี Jen

ระบบถังหมักภายในรีสอร์ฟชี Jen มีอยู่ด้วยกันหลายแบบ แต่ละแบบมีลักษณะและความเหมาะสมในการใช้งานแตกต่างกัน (มั่นสิน, 2542) คือ

2.4.1 ถังหมักแบบธรรมด้า (conventional anaerobic digester) หรือถังหมักตะกอนอินทรีย์ (sludge digester) ระบบถังหมักแบบนี้ใช้ในการบำบัดตะกอนอินทรีย์ (sludge) จากระบบตะกอนเร่ง (activated sludge) แบ่งออกเป็น

ก. ถังหมักแบบอัตราต่ำ (low rate digester)

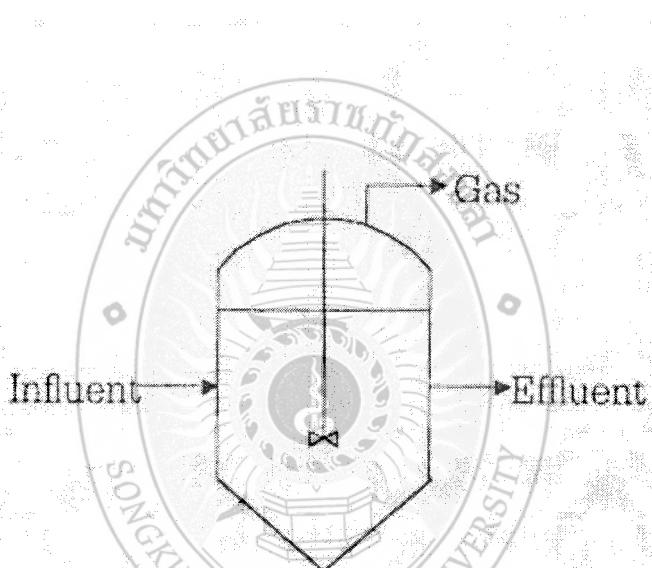
เป็นถังหมักที่ไม่มีการกวนให้กับตะกอนอินทรีย์ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นภายในถังหมักจึงช้าและไม่ทั่วถึง ของเหลวและตะกอนในถังหมักจะแยกออกจากเป็นส่วน ๆ คือ 1. Supernatant layer เป็นชั้นของน้ำที่ตะกอนแยกตัวออก 2. activity digesting sludge layer เป็นชั้นที่มีการย่อยสลายตะกอน มีจุลินทรีเจริญเติบโตหลายชนิดในชั้นนี้ 3. digested sludge เป็นตะกอนที่ย่อยสลายแล้วและตกลงสู่ก้นถัง แสดงดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ถังหมักแบบอัตราต่ำ
ที่มา: มั่นเสิง (2542)

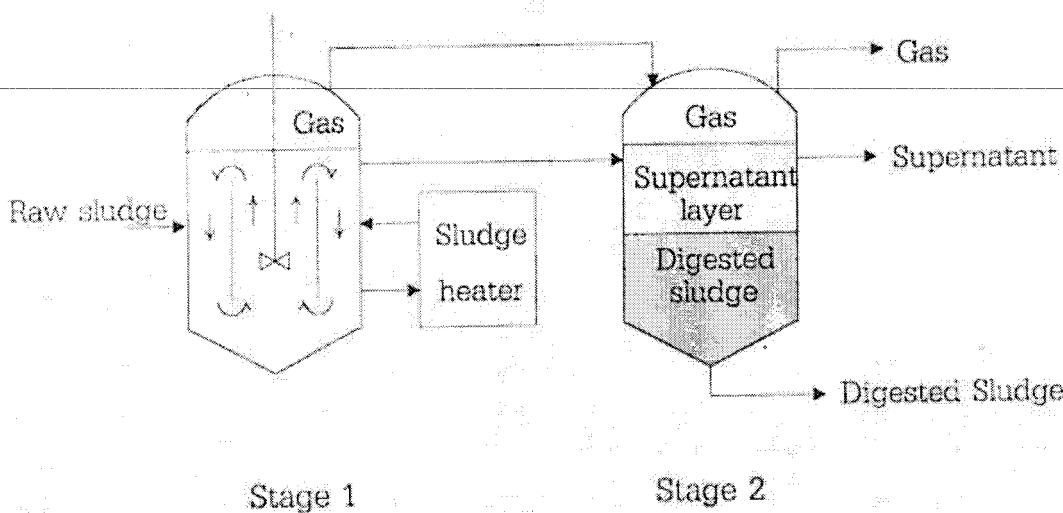
๗. ถังหมักแบบอัตราสูง (high rate digester)

เป็นถังหมักแบบ ถังหมักแบบ CSTR ที่มีการกวนผสมอย่างทั่วถึง ปฏิกริยาการกำจัดสารอินทรีย์จะเกิดขึ้นได้ดีกว่าแบบแรก เนื่องจากจุลินทรีย์จะสัมผัสกับน้ำเสียได้ทั่ว แต่น้ำที่เหลือออกมาต้องมีการแยกต่างหาก แสดงดังภาพที่ 2.2 ส่วน ภาพที่ 2.3 เป็นถังหมักแบบอัตราสูงที่มีการแยกต่างกัน โดยมีการแยกต่างกันอินทรีย์ออกจากถังชุดที่สอง ทำให้ได้ตะกอนอินทรีย์อยู่แล้วที่มีความเข้มข้นสูงและปล่อยน้ำที่มีตะกอนแขวนลอยต่ำ (มีความสกปรกน้อย)



ภาพที่ 2.3 ถังหมักแบบอัตราสูง

ที่มา: มั่นสิน (2542)



ภาพที่ 2.4 ถังหมักแบบอัตราสูงที่มีการแยกตะกอน
ที่มา: มั่นสิน (2542)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Cho และคณะ (1995) ศึกษาการพัฒนาระบบการย่อยสลายภายในได้สภาวะไร้ออกซิเจนของเศษอาหารในประเทศเกาหลีที่มีของแข็งหักหมด 20 เปอร์เซ็นต์ จากระบบขันตอนเดียว ซึ่งมีปัญหาคือเกิดการสะสมของกรดอินทรีย์ระเหยขึ้นในถังหมักทำให้ไปยับยั้งส่วนของการสร้างก้าซมีเทน เมื่อเปรียบเทียบกับระบบการย่อยสลายภายในได้สภาวะไร้ออกซิเจนของเศษอาหารแบบสองขั้นตอนที่ประกอบด้วยถังกรดขนาด 1 ลิตร และหมักก้าซขนาด 8 ลิตร พบร่วมระบบสองขั้นตอน สามารถแก้ปัญหานี้ได้ เพราะกรดอินทรีย์ระเหยที่เกิดขึ้นในถังหมักกรดจะถูกย่อยสลายอย่างสมบูรณ์ในถังหมักก้าซ โดยที่สามารถลดปริมาณของแข็งหักหมัดลงได้ 87-90 เปอร์เซ็นต์ ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ของของแข็งระเหยจะเปลี่ยนไปเป็นก้าซชีวภาพ และมี methane yield เท่ากับ 405-415 ml/g VS

Sosnowski และคณะ (2003) ศึกษาผลของการผลิตก้าซมีเทนของตะกอนของเสียและขยะเทศบาลที่ได้คัดแยก ที่สภาวะ thermophilic และ mesophilic แบ่งการทดลองออกเป็น 5 การทดลอง คือ โดยชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ใช้ระบบการหมักแบบขันตอนเดียว ในถังหมักขนาด 40 ลิตร โดยในชุดการทดลองแรก ใช้ตะกอนของเสียจากบ่อบำบัดน้ำเสียเทศบาล primary sludge และ activated sludge เป็นสารตั้งต้น หมักที่สภาวะ thermophilic และชุดการทดลองที่ 2. ใช้ตะกอนของเสียจากบ่อบำบัดน้ำเสีย (75 เปอร์เซ็นต์) ผสม

กับขยะเทศบาลที่ได้คัดแยก (25 เปอร์เซ็นต์) การทดลองที่ 3 4 และ 5 ใช้ระบบสองขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วยถังหมักการดับเบิล CSTR ที่สภาวะ thermophilic (56°C) และถังหมักก้าชที่สภาวะ mesophilic (36°C) โดยในชุดการทดลองที่ 3 ใช้ขยะเทศบาลที่ได้คัดแยกเป็นสารตั้งต้นเพียงชนิดเดียว ชุดการทดลองที่ 4 ใช้ตากอนของเสียจากบ่อบำบัดน้ำเสียเทศบาล ชุดการทดลองที่ 5 ใช้ตากอนของเสียและขยะเทศบาลที่ได้คัดแยกผสมกัน พบว่าปริมาณก้าชมีเทนมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ในทุกการทดลอง และ biogas productivity มีค่าอยู่ระหว่าง 0.4 และ 0.6 l/g VSS add ซึ่งขึ้นอยู่กับ substrate ที่ใช้และชนิดของถังหมักด้วย

Rene และคณะ (2007) ได้ศึกษาศักยภาพการผลิตก้าชชีวภาพจากการใช้วัตถุดิบหมักแบบร่วมระหว่างมูลสุกร เศษผลไม้ เศษผัก และของเสียจากโรงฆ่าสัตว์ ภายในถังหมักระบบแบบกึ่งต่อเนื่อง โดยใช้ขนาดถังหมัก 2 ลิตรและปริมาตรใช้งาน 1.8 ลิตร ภายใต้อุณหภูมิช่วงปานกลาง (mesophilic) ที่อุณหภูมิ 35°C โดยทดลองเปลี่ยนสัดส่วนอัตราการป้อนของสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบ (OLR) อยู่ในช่วง $0.14 - 0.34 \text{ kg VS/m}^3 \cdot \text{d}$ โดยควบคุมระยะเวลาการกักเก็บให้คงที่และปรับเปลี่ยนสัดส่วนของวัสดุป้อนในสัดส่วนต่างๆ ผลการทดลองพบว่าเมื่อหมักร่วมระหว่างสองวัตถุดิบขึ้นไปจะช่วยเพิ่มศักยภาพในการผลิตก้าชชีวภาพมากกว่าการใช้วัตถุดิบเพียงชนิดเดียว โดยพิจารณาจากปริมาณก้าชชีวภาพและปริมาณผลได้ของก้าชมีเทน

Nagao et al. (2012) ศึกษาผลของการผลิตก้าชมีเทนจากเศษอาหาร โดยถังหมักขั้นตอนเดียวแบบ CSTR ปริมาตรใช้งาน 3000 ลิตร ที่สภาวะ mesophilic (37°C) เมื่อป้อนของสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบในช่วง $3.7-12.9 \text{ kg VS/m}^3 \cdot \text{d}$ พบว่าระบบมีความเสถียรแม่ใช้อัตราการป้อนของสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบ ในปริมาณสูง นั่นคือ $9.2 \text{ kg VS/m}^3 \cdot \text{d}$ เมื่อดำเนินระบบแบบกึ่งต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 187 วัน โดยที่สามารถปริมาณของเชื้อราhey ได้ 91.8% เปอร์เซ็นต์ และมี methane yield เท่ากับ 455 ml/g VS

Wang และคณะ (2014) ศึกษาศักยภาพการผลิตก้าชชีวภาพจากการใช้วัตถุดิบหมักแบบร่วมระหว่างเศษอาหารและมูลไก่ ภายในถังหมัก CSTR ขนาด 5 ลิตร และปริมาตรใช้งาน 3.5 ลิตร ภายใต้สภาวะเมโซฟิลิก (35°C) ดำเนินระบบแบบกึ่งต่อเนื่อง โดยใช้เศษอาหารและมูลไก่เป็นวัตถุดิบ จากการทดลองพบว่าอัตราการผลิตก้าชชีวภาพ มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารอินทรีย์ที่เข้าสู่ระบบ โดยเมื่อป้อนของสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบ (OLR) สูงสุดที่ $2.50 \text{ kg VS/m}^3 \cdot \text{d}$ ให้ค่า methane yield สูงสุด เท่ากับ 507.58 ml/g VS และ อัตราการผลิตก้าชชีวภาพ เท่ากับ $2.11 \text{ L/L} \cdot \text{d}$

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาถังผลิตก๊าซชีวภาพ จากเครื่องตันแบบจากถังผลิต ก๊าซชีวภาพขนาด 1,000 ลิตร ขององค์กรบริหารดับเพลิงรี ศึกษาประสิทธิภาพการใช้ขยะอินทรีย์ ได้แก่ เศษอาหารและมูลสัตว์ โดยดำเนินการวิจัยและรวบรวมข้อมูล ณ อาคารปฏิบัติการ เทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ซึ่งมีรายละเอียดของการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 พัฒนาถังผลิตก๊าซชีวภาพจากเครื่องตันแบบ

3.1.1 การออกแบบและประกอบระบบถังผลิตก๊าซชีวภาพ

เป็นการทดลองออกแบบถังผลิตก๊าซชีวภาพให้เหมาะสมกับการศึกษาและติดตามระบบ โดยง่าย ต่อการเก็บด้วยมาทำการศึกษา สามารถทราบปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น เพิ่มประสิทธิภาพแรงดันก๊าซ ชีวภาพ ซึ่งจะพิจารณาถึงความปลอดภัยของผู้ใช้ควบคู่กันไปด้วย ดิตตั้ง ณ ศูนย์วิทยาศาสตร์ และทดสอบการใช้ระบบ

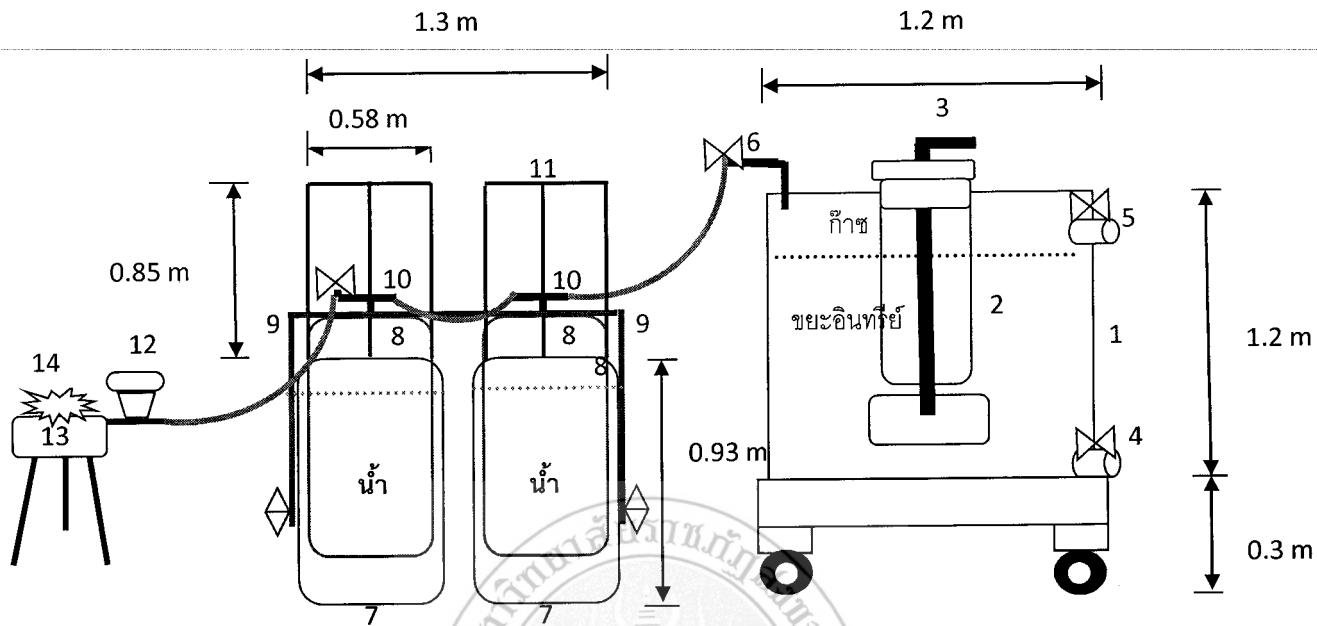
ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับประกอบระบบถังผลิตก๊าซชีวภาพ ต่อ 1 ชุด

ลำดับ	วัสดุ	จำนวน
1	ถังขนาด 1,000 ลิตร	1
2	ถังขนาด 200 ลิตร	2
3	ถังขนาด 160 ลิตร	2
4	ท่อพีวีซี ขนาด 3 นิ้ว ความยาว 4 เมตร/เส้น	1
5	ท่อพีวีซี ขนาด 1 นิ้ว ความยาว 4 เมตร/เส้น	1
6	ข้อต่อตรงเกลียวอก 3 นิ้ว	3
7	ข้อต่อตรงเกลียวใน 3 นิ้ว	3
8	ข้อต่อเกลียวอก 4 หุน (1/2 นิ้ว)	4

ลำดับ	วัสดุ	จำนวน
9	ข้อต่อเกลี่ยวใน 4 หุน (1/2 นิ้ว)	4
10	สามทาง 4 หุน (1/2 นิ้ว) เกลี่ยวนอกและเกลี่ยwithin	2
11	ข้อต่ออุดเกลี่ยว ขนาด 1 นิ้ว + ปะเก็น	2
12	แคล้มปี กึ่งปั๊บห่อ แบบ 2 ขา	8
13	บอลา瓦ล์ว	4
14	หัวเตาแก๊ซปีคนิก พร้อมขาตั้ง	1
15	สายยาง ขนาด 1/2 นิ้ว (10 เมตร)	1
16	เหล็กเส้นกลม SR-24 ขนาด RB 12 ยาว 10 เมตร	1
17	ปะเก็นยางข้อต่อ	4
18	ลูกล้อ	4
19	หัวปรับแรงดันก๊าซ	1
20	สายยางท่อ ก๊าซ ขนาด 4 เมตร	1

(1) ชุดถังหมัก (Digester)

ตัวถังทำด้วยพลาสติก High Density Polyethylene (HDPE) ทรงสี่เหลี่ยม ขนาด 1,000 ลิตร มีพื้นที่หน้าตัดขนาด 1×1.2 เมตร มีความสูง 1.16 เมตร โดยมีปริมาตรความจุ 1,000 ลิตร มีปริมาตรการหมัก (working volume) 750 ลิตร ติดตั้งท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว มีความยาว 80 เซนติเมตร เพื่อเป็นท่อสำหรับป้อนวัตถุดิบ ภายในช่องป้อนวัตถุดิบมีการติดตั้งใบพัด (Agitator) สำหรับกวน โดยที่เพลาของชุดกวนนี้ติดอยู่กับฝาของถังหมักและมีชุดประกอบเพลาลักษณะเป็นปลอกสวมเพลาอยู่ เพื่อป้องกันไม่ให้เพลาแกว่งขณะหมุนใบพัด ซึ่งอาจทำให้ถังหมักร้าวได้ มีใบพัดติดอยู่ที่ปลายเพลา มีการเจาะด้านล่างของถังต่อเป็นท่อ มีวาล์วสำหรับควบคุมการปิดเปิดเพื่อเป็นท่อสำหรับถ่ายวัสดุที่ผ่านการหมักมา วิเคราะห์ บริเวณด้านข้างของถังหมักใส่ท่อพีวีซีพร้อมวาล์วควบคุมการปิดเปิดสำหรับถ่ายของเหลวส่วนเกิน เพื่อควบคุมระดับของเหลวในถังหมักให้ปริมาตรการหมักคงที่ ส่วนด้านบนของถังหมักมีท่อต่องอ สำหรับถ่ายก๊าซที่ผลิตได้ไปยังชุดเก็บก๊าซ ไดอะแกรมแสดงระบบถังผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอินทรีย์ และชุดถังหมักก่อนการประกอบสมบูรณ์ ดังภาพที่ 3.1 และ 3.2



ชุดเตาหุงต้ม

12. หัวปรับแรงดันก๊าซ
13. ฐานรองอุปกรณ์หุงต้มขนาด
30. เชนติเมตร
14. หัวเตา

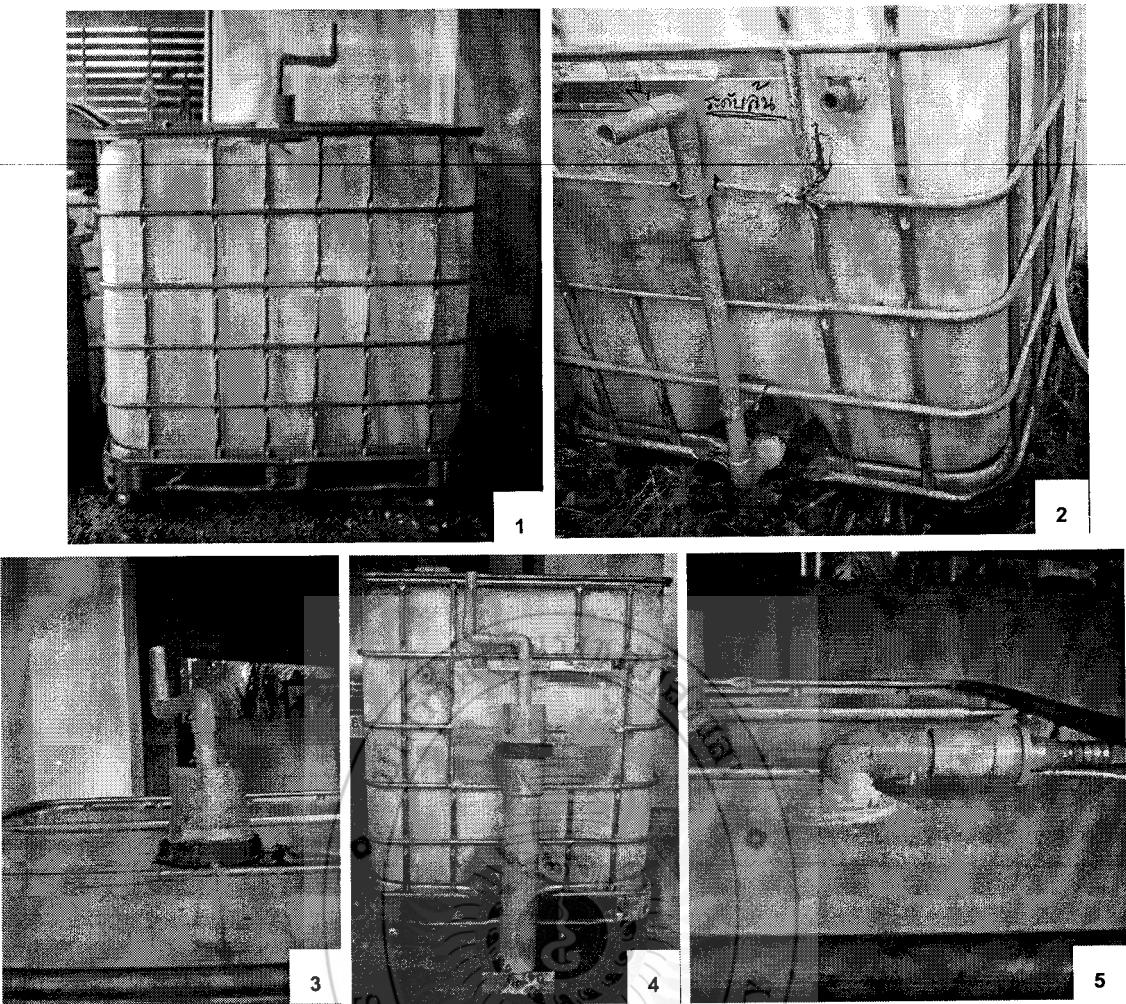
ชุดถังเก็บก๊าซเชิงพาณิชย์

7. ถัง PE ขนาด 200 ลิตร
8. ถัง PE ขนาด 160 ลิตร คว้า (ถังลูกกลอย)
9. ชุดตัวล็อกเพิ่มแรงดันก๊าซ (PVC ½ นิ้ว)
10. ชุดสามทาง PVC ½ นิ้ว
11. โครงเหล็กสำหรับควบคุมทิศทางถังลูกกลอย

ชุดถังหมัก

1. ถังพลาสติก HDPE ขนาด 1,000 ลิตร
2. ท่อเติมขยายอินทรีรีพร้อมใบพัด
3. ชุดใบพัด
4. ท่อเก็บตัวอย่าง PVC 1 นิ้ว
5. ท่อน้ำทิ้ง PVC ½ นิ้ว
6. ข้องอเก็บก๊าซ

ภาพที่ 3.1 ไดอะแกรมแสดงระบบถังผลิตก๊าซเชิงพาณิชย์จากขยายอินทรีรี

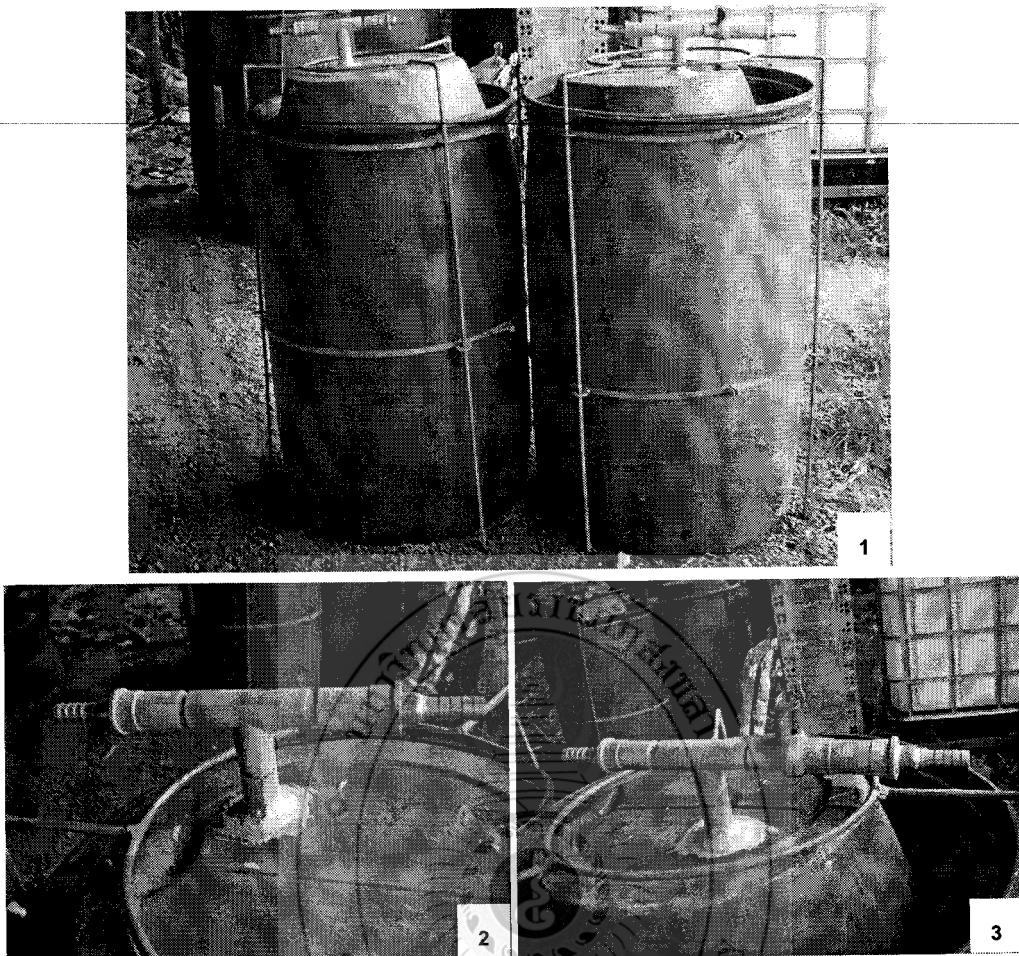


ภาพที่ 3.2 ชุดถังหมากก่อนการประกอบสมบูรณ์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) ถังหมากขนาด 1000 ลิตร
- 2) ท่อหัวลัน
- 3) ฝาปิดถังพร้อมห่อไส้วัสดุดินและชุดใบพัด
- 4) ลักษณะห่อไส้วัสดุดินพร้อมชุดใบพัด ก่อนการติดตั้งในถังหมาก
- 5) ท่อต่อสายก๊าซ

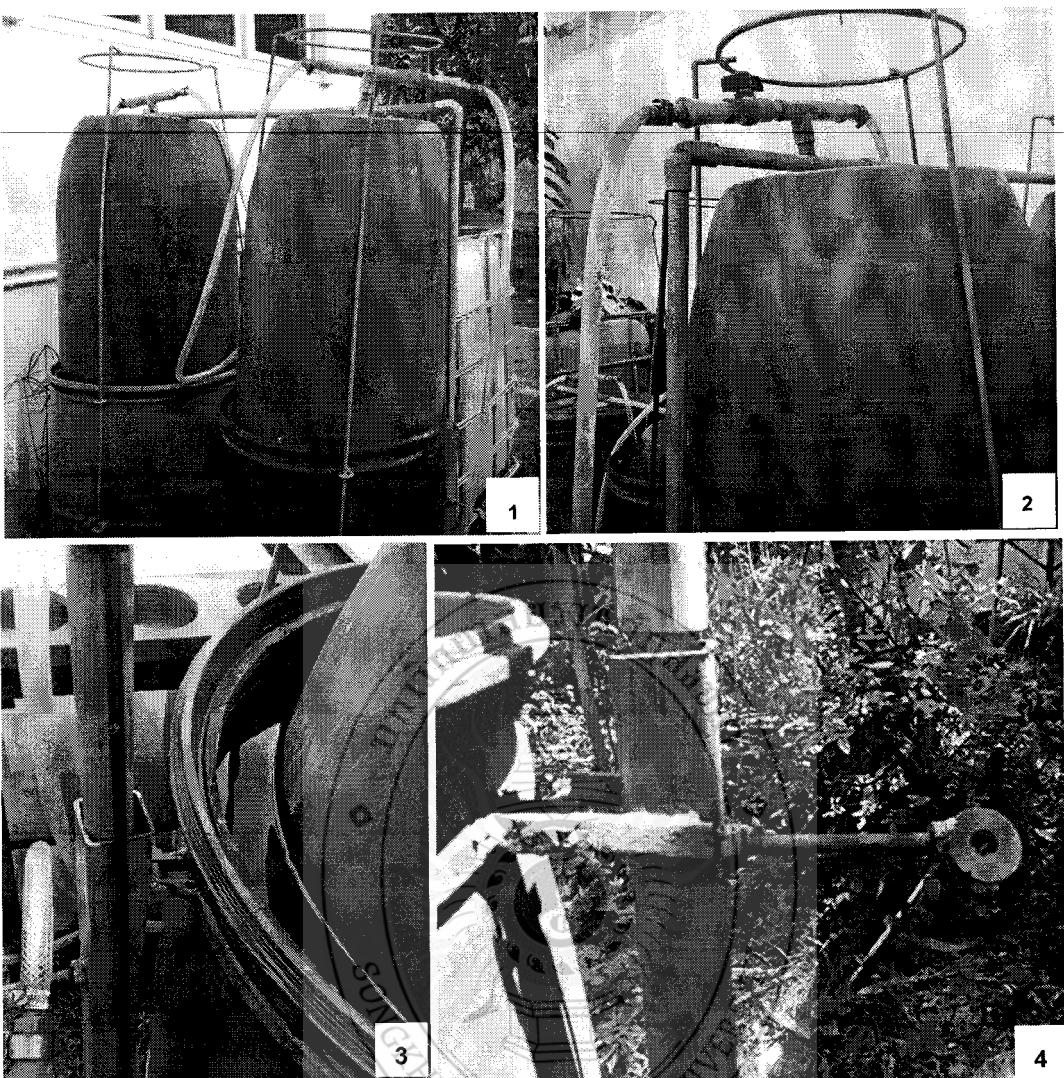
(2) ชุดถังเก็บก๊าซชีวภาพ (Gas Collector)

ประกอบด้วยชุดถังเก็บก๊าซจำนวน 2 ชุด น้ำหนักตั้งแต่ 200 ลิตร จำนวน 2 ถัง ที่ดั้งหมายเพื่อบรรจุน้ำสำหรับเป็นตัวกันไม่ให้ก๊าซรั่วออกนอกถังเก็บก๊าซ และครอบด้วยถังพลาสติกขนาด 160 ลิตร จำนวน 2 ถัง ค่าว่างในถังน้ำหนัก 200 ลิตร เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวกักเก็บก๊าซไว้ โดยตัวถังจะloyขึ้นเมื่อมีก๊าซชีวภาพถูกลำเลียงมาจากการถังหมัก โดยด้านบนของถังขนาด 160 ลิตร ชุดที่ 1 ติดตั้งชุด 3 ทางเชื่อมต่อระหว่างถังหมักและถังเก็บก๊าชชุดที่ 2 เข้าด้วยกัน ส่วนด้านบนของถังขนาด 160 ลิตร ชุดที่ 2 ติดตั้งชุด 3 ทางเชื่อมต่อระหว่างถังเก็บก๊าชชุดที่ 1 และ瓦ล์วสำหรับเปิดและปิดเพื่อนำก๊าซที่ผลิตได้ไปเข้าสู่ชุดเตาหุงต้ม ชุดถังเก็บก๊าชทั้ง 2 ชุด เสริมโครงเหล็กสีเส้นรอบถังเก็บก๊าชทั้งสองใบเพื่อความคุ้มให้ถังเก็บก๊าชทั้ง 2 loyขึ้นในแนวตรงเมื่อมีปริมาณก๊าซเกิดขึ้น เพื่อให้สอดคล้องกับสูตรที่ใช้ในการคำนวณปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นนั้นคือ ปริมาณก๊าช = $\pi r^2 h_1 + \pi r^2 h_2$ โดย r คือรัศมีของถังขนาด 160 ลิตร h_1 และ h_2 คือความสูงของถังขนาด 160 ลิตร ชุดที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ที่loyสูงขึ้นเมื่อมีการผลิตก๊าซชีวภาพ รวมถึงติดตั้งชุดตัวล็อกประกอบด้วยห่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง $\frac{1}{2}$ นิ้ว ประกอบในแนวตั้งจากกับถังขนาด 160 ลิตร ทำหน้าที่ควบคุมระดับความสูงของถังเก็บก๊าชทั้ง 2 ชุดให้เท่ากัน ด้านข้างของห่อ PVC ต่อด้วยเหล็กเส้นความยาว 85 เซนติเมตร ขนาดกับถังลูกloyขนาด 160 ลิตร ทำหน้าที่เป็น stemming ของห่อ PVC ที่ทำจากเหล็กสามารถไขล็อกปรับเปลี่ยนระดับได้ สำหรับกดถังเก็บก๊าชเพื่อเพิ่มความดันก๊าซชีวภาพขณะใช้งานคู่กับชุดเตาหุงต้ม ลักษณะของชุดถังเก็บก๊าชแสดงดังภาพที่ 3.3 และ 3.4



ภาพที่ 3.3 ชุดถังเก็บก๊าซชีวภาพก่อนการประกอบสมบูรณ์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) ถังพลาสติกขนาด 160 ลิตร คร่าวๆ ในถังน้ำขนาด 200 ลิตร จำนวน 2 ชุด
- 2) ถังชุดที่ 1 ต่อท่อก๊าซสามทาง
- 3) ถังชุดที่ 2 ต่อท่อก๊าซสามทาง พร้อมบ่อлав้า

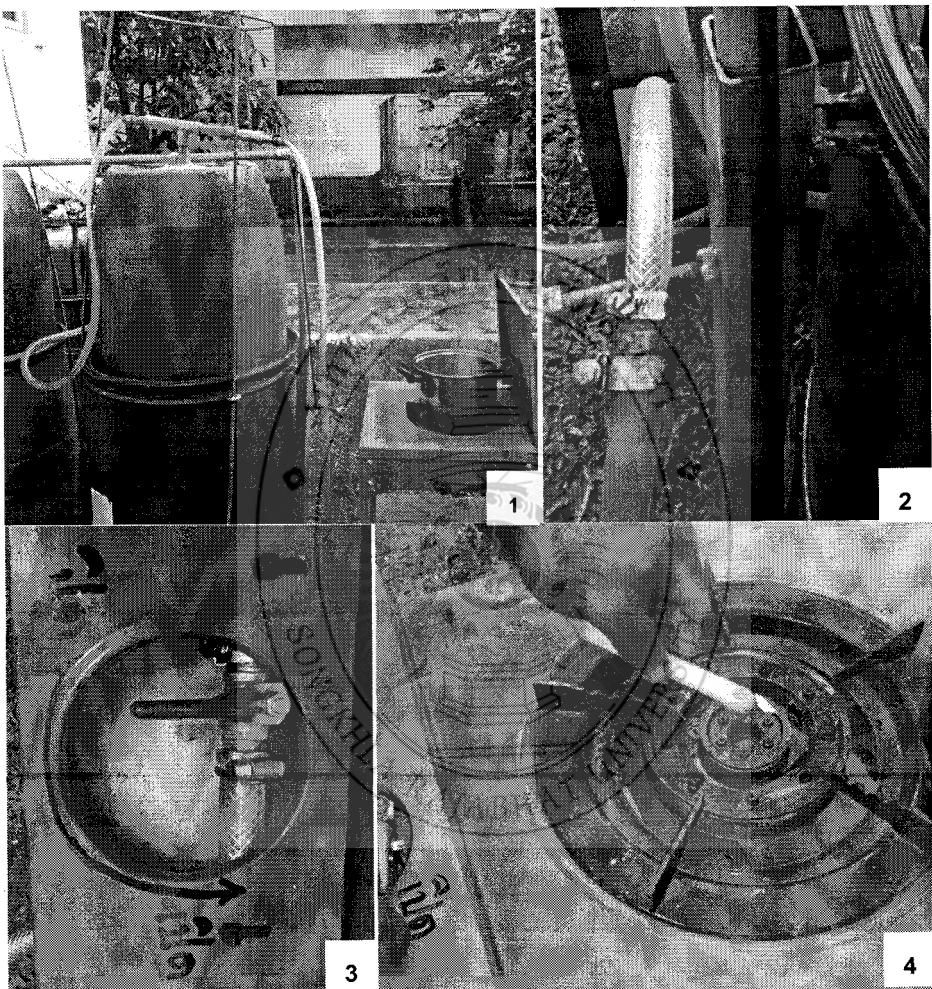


ภาพที่ 3.4 ชุดถังเก็บก๊าซชีวภาพเมื่อประกอบสมบูรณ์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) ลักษณะชุดถังเก็บก๊าซชีวภาพทั้ง 2 ชุด เมื่อมีการผลิตก๊าซเกิดขึ้น
- 2) ชุดตัวล็อกท่อ PVC เพื่อประคองและควบคุมระดับความสูงของถังเก็บก๊าซทั้ง 2 ชุดให้เท่ากัน
- 3) ระบบดักน้ำในชุดถังเก็บก๊าซสำหรับเป็นดักน้ำไม่ให้ก๊าซรั่วออกนอกถัง
- 4) ลักษณะตัวไขล็อกซึ่งปรับเปลี่ยนระดับได้ขณะใช้งาน

(3) ชุดเตาหุงต้ม

ในชุดเตาหุงต้มได้เปลี่ยนรูปแบบระบบท่อส่งก๊าซโดยเชื่อมหัวปรับแรงดันก๊าซต่อกับสายท่อ ก๊าซที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด $\frac{1}{2}$ นิ้ว ดัดแปลงหัวเตาโดยการขยายรูรังผึ้งให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร เพิ่มประสิทธิภาพแรงดันก๊าซชีวภาพ



ภาพที่ 3.5 ชุดเตาหุงต้ม โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) ลักษณะสายส่งก๊าซจากชุดถังเก็บก๊าซชีวภาพ ไปยังหัวเตา
- 2) ลักษณะเข็มขัดรัดสายยางส่งก๊าซ
- 3) วาล์วเปิดและปิดก่อนเข้าสู่เตาสำหรับหุงต้ม
- 4) เตาสำหรับหุงต้ม



(4) การตรวจสอบระบบถังหมัก

การตรวจสอบรั่วเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งของถังหมักแบบไร้ออกซีเจน เพาะระบบนี้จะต้องเป็นระบบปิดอย่างแท้จริง มีฉนันนแล้วก้าชชีวภาพจะออกมาตรฐานอยู่ต่าง ๆ ได้ เป็นเหตุให้แรงดันมีไม่มากพอที่จะดันถังเก็บก้าชให้ลอยขึ้น การทดสอบสามารถทำได้โดยการเติมน้ำเข้าไปในถังหมักให้ระดับน้ำสูงกว่ารอยต่อต่าง ๆ และสังเกตการรั่วซึ่งจากทุกด้าน ส่วนการทดสอบการรั่วของก้าชชีวภาพโดยใช้น้ำสบู่ทابริเวนรอยต่อต่าง ๆ และเปลี่ยนถังหมัก จากนั้นอุดรอยรั่วทุกทางด้วยภาชนะicon

3.1.2 การเตรียมกล้าเชื้อ

กล้าเชื้อจุลินทรีย์เริ่มดันที่ใช้ในการทดลองมาจาก 2 แหล่งที่มาดังนี้ คือ มูลโคสด ได้จากฟาร์มโคเนื้อขนาดเล็ก บ้านอ่างทอง ตำบลทุ่งหวัง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา และหัวเชื้อจุลินทรีย์ในถังผลิตก้าชชีวภาพ (ถังหมักแบบไร้ออกซีเจน) ขนาด 1,000 ลิตร ขององค์การบริหารฯ ทดลองรี โดยหัวเชื้อที่ได้จะมีการเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ก่อนการบรรจุในชุดถังหมัก ดังนี้ ใช้หัวเชื้อ 2 กิโลกรัม ต่อน้ำ 2 ลิตร ผสมมูลสุกร 10 กิโลกรัม ขยายหัวเชื้อในถังพลาสติกขนาด 130 ลิตร โดย ผสมน้ำ 20 ลิตร หมัก 10 วัน จากนั้น เพิ่มเศษอาหาร 2.5 กิโลกรัม ทุกๆ 5 วัน จนกว่าจะเริ่มต้นระบบ เพื่อปรับจุลินทรีย์ให้คุณเดียวกับวัตถุดิบก่อนการผลิตก้าชชีวภาพ

3.1.3 การเริ่มเดินระบบ

การเริ่มต้นเดินระบบโดยเติมกล้าเชื้อจากข้อ 3.1.2 และมูลโคสด (ซึ่งใช้ในสัดส่วน 1 ต่อ 1 (125 กิโลกรัม: 125 กิโลกรัม) และเติมน้ำ 750 ลิตร เมื่อนกันทั้งสองชุดการทดลอง บันทึกปริมาณก้าชชีวภาพที่เกิดขึ้นทุกวันในรูปปริมาณก้าชทั้งหมด (total gas) ซึ่งคำนวณได้จากการรวมสูงของภายนะเก็บก้าช

3.2 ศึกษาประสิทธิภาพการใช้เศษอาหารและมูลสัตว์

3.2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

(1) เศษอาหาร

นำเศษอาหารจากโรงอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา คลุกเคล้าให้ทั่วเพื่อให้เศษอาหารทั้งหมดมีลักษณะใกล้เคียงกันให้มากที่สุด นำเศษอาหารไปบดละเอียดด้วยเครื่องบด แบ่งใส่ในถุงพลาสติกสำหรับใช้ในวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีและใช้เป็น

วัตถุดิบตั้งต้นในชุดการทำလong การผลิตก๊าซจากเศษอาหาร จากนั้นเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่จะเกิดขึ้น

(2) มูลสัตว์

ใช้มูลโคสดจากฟาร์มเลี้ยงโคเนื้อ บ้านอ่างทอง ตำบลทุ่งหวัง และมูลสุกรสดซึ่งได้จากฟาร์มเลี้ยงสุกร ตำบลเกาะเตัว อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา โดยผสมในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 แบ่งใส่ในภาชนะพลาสติกสำหรับใช้ในวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีและใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นเบื้องต้นสำหรับชุดการทำလong การผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์

3.2.2 การวิเคราะห์คุณลักษณะของวัตถุดิบเบื้องต้น

ก่อนเริ่มการทำလong การหมักเศษอาหารและมูลสัตว์เพื่อผลิตก๊าซชีวภาพจะมีการวิเคราะห์องค์ประกอบของวัตถุดิบตามรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 วิธีวิเคราะห์คุณลักษณะวัตถุดิบเศษอาหารและมูลสัตว์สำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพ

ปัจจัยที่วิเคราะห์	วัตถุประสงค์การวิเคราะห์	วิธีการวิเคราะห์
ค่า pH	ความเป็นกรด-ด่าง	pH Meter
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid, TS)	ปริมาณสัดส่วนของแข็งในวัตถุดิบ	APHA 2540, 1998 (ภาคผนวก ก)
ปริมาณของแข็งระเหยได้ทั้งหมด (Total volatile solid, VS)	ปริมาณสัดส่วนของแข็งระเหยได้ทั้งหมดในวัตถุดิบ	APHA 2540, 1998 (ภาคผนวก ก)
ค่า Chemical oxygen demand (COD)	ปริมาณสารอินทรีย์	APHA 5220, 1998 (ภาคผนวก ก)
ค่า Biochemical oxygen demand (BOD)	ปริมาณสารอินทรีย์ที่จุลินทรีย์สามารถย่อยลายได้	APHA 5220, 1998 (ภาคผนวก ก)
ปริมาณไนโตรเจน (Total nitrogen, TKN)	ปริมาณสารอาหาร	APHA 2310, 1998 (ภาคผนวก ก)

3.2.4 ศึกษาประสิทธิภาพการใช้เศษอาหารและมูลสัตว์ในระบบแบบแบทช์ (Batch Operation)

เตรียมวัตถุดิบสารละลายเศษอาหารและมูลสัตว์ที่มีค่าของแข็งทั้งหมดประมาณ 4% (w/v) (รายละเอียดตามภาคผนวก ค.) ในแต่ละชุดการทดลอง โดยป้อนวัตถุดิบเข้าไปทางด้านบนของถังเพียงครั้งเดียว แต่ละชุดการทดลองจะมีการเติมสารสารละลายเศษอาหารและมูลสัตว์ในปริมาตร 250 ลิตร โดยมีการถ่ายตะกอนและเหลวเดิมที่อยู่ถังหมักทิ้งในปริมาตร 250 ลิตร เช่นกัน เพื่อควบคุมปริมาตรการหมักให้คงที่ 750 ลิตร ในขณะเริ่มต้นการทดลอง หมักวัตถุดิบในถังหมักเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ โดยการปิดถังหมักไม่ให้สัมผัสกับอากาศ จนผ่านโดยใช้ใบพัดหมุนกว่าวันละ 2 ครั้ง เช้าและเย็น ครั้งละ 10 นาที สังเกตการเกิดก๊าซชีวภาพในถังเก็บก๊าซและบันทึกปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากระบบเก็บก๊าซ ซึ่งดูได้จากระดับสเกลของภาชนะเก็บก๊าซ เมื่ออัตราการเกิดก๊าซชีวภาพเริ่มคงที่และลดน้อยลงจะหยุดการทดลอง บันทึกข้อมูลพร้อมวิเคราะห์ผลการทดลอง

ตารางที่ 3.3 แผนกวิเคราะห์จากการบันการหมักแบบแบทช์ (Batch)

ลักษณะสมบัติ	ความถี่ในการวิเคราะห์
ปริมาณก๊าซชีวภาพ	ทุกวัน
pH	ทุกวัน
ปริมาณของแข็งระเหยได้ทั้งหมด (Total volatile solid, VS)	ก่อนและหลัง
ค่า Chemical oxygen demand (COD)	ก่อนและหลัง

3.2.4 ศึกษาประสิทธิภาพการใช้เศษอาหารและมูลสัตว์ในระบบกึ่งต่อเนื่อง (Semi-Continuous Operation)

เตรียมสารละลายเศษอาหารและมูลสัตว์ ความเข้มข้น 4% (w/v) ในแต่ละชุดการทดลอง โดยป้อนเข้าสู่ถังหมักเป็นแบบกึ่งต่อเนื่อง คือมีการเติมสารละลายวัตถุดิบเข้าสู่ถังหมักและมีการเก็บตัวอย่างออกจากถังหมักในปริมาตรที่เท่ากัน ซึ่งเป็นการรักษาระดับปริมาตรของเหลวในถังหมักให้คงที่ 750 ลิตร ตลอดการทดลอง โดยมีความถี่ในการเติมสารละลายวัตถุดิบ 1 วันต่อครั้ง ในปริมาตร 20 ลิตร ทั้ง 2 ชุดการทดลอง จนผ่านโดยใช้ใบพัดหมุนกว่าวันละ 2 ครั้ง เช้าและ

เย็น ครั้งละ 10 นาที โดยในการทดลองนี้ใช้ระยะเวลาในการกักเก็บ 38 วัน ควบคุมอัตราการป้อนสารอินทรีย์ให้มีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 4 กรัม COD/ลิตร·วัน แสดงดังตารางที่ 3.4 บันทึกปริมาณก้าซชีวภาพที่เกิดขึ้นทุกวันในรูปปริมาณก้าซทั้งหมด ซึ่งดูได้จากระดับความสูงของภาชนะเก็บก้าซ บันทึกข้อมูลพร้อมวิเคราะห์ผลการทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล ตามรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.4 แสดงการออกแบบการทดลองกระบวนการหมักแบบไร้อากาศระบบแบบกึ่งต่อเนื่อง (Semi-Continuous)

	ชุดการทดลองเศษอาหาร	ชุดการทดลองมูลสัตว์
HRT (day)	38	38
OLR(gCOD/l.d)	4	4
TS ของวัตถุดิบ (%)	4	4

ตารางที่ 3.5 แผนกวิเคราะห์จากการทดลองกระบวนการหมักแบบไร้อากาศระบบแบบกึ่งต่อเนื่อง (Semi-Continuous)

	ความถี่ในการวิเคราะห์
ปริมาณก้าซชีวภาพ	ทุกวัน
ปริมาณของแข็งระเหยได้ทั้งหมด (Total volatile solid, VS)	ทุก 5 วัน
ค่า Total chemical oxygen demand (COD)	ทุก 5 วัน

3.3 สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

3.3.1 ระยะเวลาเก็บกักขยะอินทรีย์ในถังหมัก (Hydraulic retention time, HRT)

เป็นค่าที่อธิบายระยะเวลาเฉลี่ยที่ต้องอนุสูติทิพย์อยู่ในถังหมัก โดยคำนวณจากอัตราส่วนระหว่างปริมาตรความจุของเหลวของถังหมักกับปริมาณของเหลวที่เข้าระบบ ดังนี้

ระยะเวลาเก็บกักขยะอินทรีย์ในถังหมัก (วัน)

$$= \frac{\text{ปริมาตรความจุของเหลวของถังหมัก (ลิตร)}}{\text{ปริมาณของเหลวที่เข้าระบบ(ลิตร/วัน)}}$$

3.3.2 อัตราการป้อนสารอินทรีย์ (Organic loading rate, OLR; g COD/l·d, g VS/l·d)

เป็นค่าที่ใช้อธิบายปริมาณของสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ ต่อปริมาตรความจุของถังและเวลา ทั้งนี้สารอินทรีย์ที่ใช้สามารถใช้ค่า Total COD และ Total VS คำนวณได้ดังนี้

อัตราการป้อนสารอินทรีย์ (gramm COD/ลิตร·วัน)

$$= \frac{\text{ปริมาณของเหลวที่เข้าระบบ(ลิตร/วัน)} \times \text{ค่า COD ของเหลวที่เข้าระบบ(กรัม/ลิตร)}}$$

ปริมาตรความจุของเหลวของถังหมัก(ลิตร)

และ

อัตราการป้อนสารอินทรีย์ (gramm VS/ลิตร·วัน)

$$= \frac{\text{ปริมาณของเหลวที่เข้าระบบ(ลิตร/วัน)} \times \text{ค่า VS ของเหลวที่เข้าระบบ(กรัม/ลิตร)}}$$

ปริมาตรความจุของเหลวของถังหมัก(ลิตร)

3.3.3 ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้เฉลี่ยต่อวัน (Total gas production; l/d)

ปริมาณก๊าซชีวภาพทั้งหมดที่ผลิตได้เฉลี่ยต่อวัน (ลิตร/วัน)

$$= \frac{\text{ปริมาณก๊าซชีวภาพทั้งหมดที่ผลิตได้ทั้งหมด (ลิตร) }}{\text{จำนวนวันที่ผลิตก๊าซชีวภาพ (วัน)}}$$

จำนวนวันที่ผลิตก๊าซชีวภาพ (วัน)

3.3.4 อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ (Biogas production rate; l/l·d)

เป็นค่าที่อธิบายอัตราส่วนระหว่างปริมาณก๊าซเฉลี่ยที่ผลิตได้ในแต่ละวันต่อปริมาตรความจุของเหลวของถังหมัก มีหน่วยเป็น ลิตร/ลิตร·วัน หรือ ลูกบาศก์เมตร/ลูกบาศก์เมตร·วัน ($m^3/m^3 \cdot d$) เป็นค่าที่นิยมใช้ในการเปรียบเทียบศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพระหว่างถังหมักที่แตกต่างกันได้ สามารถคำนวณได้ดังนี้

อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ (ลิตร/ลิตร·วัน)

$$= \frac{\text{ปริมาณก๊าซชีวภาพทั้งหมดที่ผลิตได้ต่อวัน}}{\text{ปริมาตรความจุของเหลวของถังหมัก(ลิตร)}}$$

ปริมาตรความจุของเหลวของถังหมัก(ลิตร)

3.3.5 ปริมาณก๊าซชีวภาพทั้งหมดที่ผลิตได้ต่อ COD ที่เข้าระบบ (Total biogas production per g COD added, l/g COD added)

ปริมาณก๊าซชีวภาพทั้งหมดที่ผลิตได้ต่อ COD ที่เข้าระบบ หรือค่า Biogas yield ที่พิจารณาจากปริมาณ COD เป็นค่าที่บอกถึงสมรรถนะของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ โดยนิยมใช้เป็นค่าเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างระบบผลิตก๊าซชีวภาพที่มีขนาดแตกต่างกันได้ สามารถคำนวณได้ ดังนี้

ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ต่อน้ำหนัก COD ที่เข้าระบบ (ลิตร/กรัม COD ที่เติม)

$$= \frac{\text{ปริมาณก๊าซชีวภาพทั้งหมดที่ผลิตได้ต่อวัน}}{\text{ของเหลวที่เข้าระบบ (ลิตร/วัน)} \times \text{ค่า COD ที่เข้าระบบ (กรัม/ลิตร)}}$$

ของเหลวที่เข้าระบบ (ลิตร/วัน) x ค่า COD ที่เข้าระบบ (กรัม/ลิตร)

3.3.6 ปริมาณก๊าซชีวภาพทั้งหมดที่ผลิตได้ต่อน้ำหนักสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่เข้าระบบ (Total biogas production per g VS added; l/g VS added)

ปริมาณก๊าซชีวภาพทั้งหมดที่ผลิตได้ต่อ VS ที่เข้าระบบ หรือค่า Biogas yield ที่พิจารณาจากปริมาณ VS เป็นค่าที่นิยมใช้ในการทดสอบสมรรถนะระหว่างระบบผลิตก๊าซชีวภาพที่มีขนาดแตกต่างกัน เช่นกันได้ โดยพิจารณาจากปริมาณก๊าซชีวภาพต่อปริมาณสารอินทรีย์ที่เข้าระบบ สามารถคำนวณได้ดังนี้

ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ต่อน้ำหนักสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่เข้าระบบ

(ลิตร/กรัม VS ที่เติม)

$$= \frac{\text{ปริมาณก๊าซชีวภาพทั้งหมดที่ผลิตได้ต่อวัน}}{\text{ของเหลวที่เข้าระบบ}} \text{ (ลิตร/วัน)} \quad (\text{ลิตร/วัน})$$

$$\times \text{ค่าสารอินทรีย์ที่เข้าระบบ} \text{ (กรัม/ลิตร)}$$

3.3.7 ประสิทธิภาพการกำจัด COD ของระบบ (% COD removal)

เป็นค่าที่อธิบายความสามารถของระบบผลิตก๊าซชีวภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ในรูปของ COD ทั้งหมด โดยคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพการกำจัด} (\%) = \frac{(\text{COD ที่เข้าระบบ} - \text{COD ที่ออกจากระบบ})}{\text{COD ที่เข้าระบบ}} \times 100$$

3.3.8 ประสิทธิภาพการกำจัด VS ของระบบ (% VS removal)

เป็นค่าที่อธิบายความสามารถของระบบผลิตก๊าซชีวภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ที่ระเหยได้ทั้งหมดในระบบ โดยคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพการกำจัด} (\%) = \frac{(\text{VS ที่เข้าระบบ} - \text{VS ที่ออกจากระบบ})}{\text{VS ที่เข้าระบบ}} \times 100$$

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 พัฒนาถังผลิตก๊าซชีวภาพจากถังแบบ

4.1.1 การออกแบบและประกอบถังผลิตก๊าซชีวภาพ

ในการทดลองครั้งนี้ได้ออกแบบและดำเนินการประกอบตัวถังจากถังผลิตก๊าซชีวภาพโดยมีถังผลิตก๊าซชีวภาพขนาด 1,000 ลิตร จากองค์การบริหารส่วนตำบลคลองรีเป็นถังตันแบบซึ่งเป็นระบบหมักแบบขั้นตอนเดียว โดยประกอบถังจำนวน 3 ชุด ชุดที่ 1 และ 2 ติดตั้ง ณ อาคารปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลาสำหรับดำเนินการทดลองประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากวัตถุดิบเศษอาหารและมูลสัตว์ ชุดที่ 3 ติดตั้งชั่วคราว ณ บ้านเลขที่ 25/1 หมู่ 1 ต. ทุ่งหวัง อ. เมือง จ. สงขลา และปัจจุบันได้ย้ายไปติดตั้ง ณ ศูนย์การเรียนรู้ชุมชน ต. บางเขี้ยด อ. สิงหนคร จ. สงขลา สำหรับติดตามการผลิตก๊าซชีวภาพภายในครัวเรือนและถ่ายทอดความรู้ชุมชน ซึ่งถังหมักทั้ง 3 ชุด ได้ออกแบบเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ และง่ายต่อการติดตามระบบดังนี้ เพิ่มท่อสำหรับป้อนวัตถุดิบพร้อมชุดใบพัด ที่สามารถป้องกันก๊าซร้าว ในระหว่างเดิมวัตถุดิบและการผสมวัตถุดิบในถังหมัก เพิ่มท่อลับสำหรับสะทากต่อการเก็บตัวอย่างและติดตามระบบ เพิ่มโครงเหล็กสีเส้นรอบถังเก็บก๊าซทั้งสองใบเพื่อควบคุมให้ถังเก็บก๊าซทั้ง 2 loy ขึ้นในแนวตรงเมื่อมีปริมาณก๊าซเกิดขึ้น เพิ่มชุดตัวล็อกทำหน้าที่ควบคุมระดับความสูงของถังเก็บก๊าซทั้ง 2 ชุดให้เท่ากัน และสามารถไขล็อกปรับเปลี่ยนระดับได้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแรงดันขณะหุงต้ม เพิ่มเข็มบอกระดับความสูงของถังเก็บก๊าซเพื่อง่ายต่อคำนวนปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น และปรับขนาดสายท่อ ก๊าซที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด $\frac{1}{2}$ นิ้ว ดัดแปลงหัวเตา เพิ่มประสิทธิภาพแรงดันก๊าซชีวภาพซึ่งสามารถสรุปลักษณะของถังผลิตก๊าซชีวภาพดังแบบและถังผลิตก๊าซชีวภาพที่ใช้ในการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สรุปลักษณะของถังผลิตกําชชีวภาพดันแบบและถังผลิตกําชชีวภาพที่ใช้ในการทดลอง

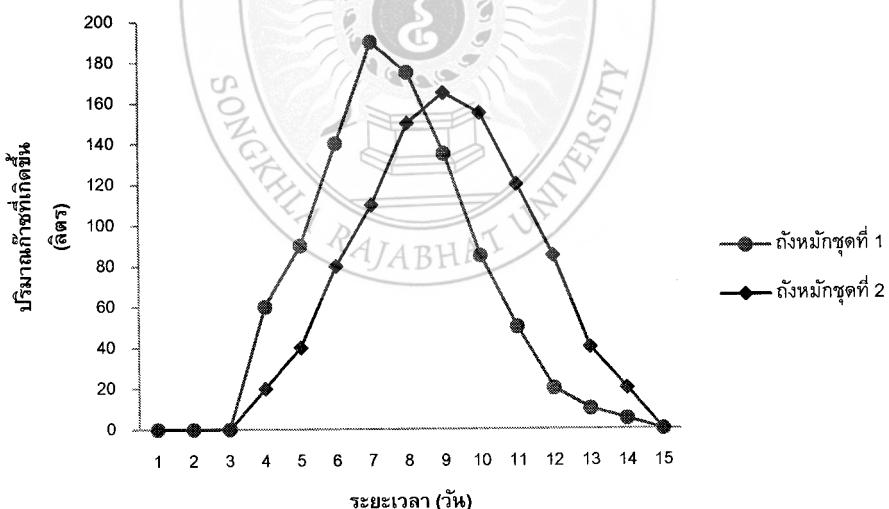
องค์ประกอบของระบบ	ถังผลิตกําชชีวภาพ ดันแบบ	ถังผลิตกําชชีวภาพที่ ใช้ในการทดลอง
ชุดถังหมัก		
- ใช้ถังพลาสติกขนาด 1,000 ลิตร ซึ่งมีปริมาตรการหมัก 750 ลิตร	✓	✓
- ท่อสำหรับป้อนน้ำดันที่มีเฉพาะฝาปิดเปิด ซึ่งมักเกิดปัญหาการรั่วของกําชชีวภาพในระหว่างการเติมน้ำดันและกวนผสมน้ำดันในถังหมัก	-	✓
- ท่อสำหรับป้อนน้ำดันที่มีเฉพาะฝาปิดเปิด ที่ประกอบด้วยเพลาของชุดใบพัดที่ติดอยู่กับฝาของถังหมักและมีชุดประกอบเพลาลักษณะเป็นปลอกสวมเพลาอยู่ เพื่อบังกันไม่ให้เพลาแกว่งขณะหมุนใบพัด มีฝาชั้นในหมุนปิดป้องกันกํารั่ว ในระหว่างเติมน้ำดันและกวนผสมน้ำดันในถังหมัก	✓	-
- ด้านล่างของถัง มีวาร์ล์สำหรับควบคุมการปิดเปิดเพื่อใช้สำหรับถ่ายตัวกอนในถังหมัก	✓	
- ด้านล่างของถังต่อเป็นท่อลับเชื่อมต่อระหว่างวาร์ล์สำหรับควบคุมการปิดเปิดเพื่อเป็นท่อสำหรับถ่ายตัวกอนและวัสดุที่ผ่านการหมักมาวิเคราะห์	-	✓

องค์ประกอบของระบบ	ถังผลิตก๊าซชีวภาพ ตันแบบ	ถังผลิตก๊าซชีวภาพ ที่ใช้ในการทดลอง
ชุดถังเก็บก๊าซชีวภาพ		
- ถังเก็บน้ำขนาด 200 ลิตร จำนวน 2 ถัง	✓	✓
- โครงเหล็กสี่เหลี่ยมรอบถังเก็บก๊าซทั้งสองใบเพื่อ ควบคุมให้ถังเก็บก๊าซหัก 2 ลายขึ้นในแนวตรง เมื่อมีปริมาณก๊าซเกิดขึ้น	-	✓
- ชุดตัวล็อกประกอบด้วยท่อ PVC ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง $\frac{1}{2}$ นิ้ว ทำหน้าที่ควบคุมระดับ ความสูงของถังเก็บก๊าซทั้ง 2 ชุดให้เท่ากัน พร้อมตัวล็อกที่ทำการเหล็กสามารถไขล็อก ^{ไข่} ได้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ แรงดันขณะหุงต้ม	-	✓
- เครื่องบอกระดับความสูงของถังเก็บก๊าซเพื่อยาย ต่อการคำนวณปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น	-	✓
ชุดเตาหุงต้ม		
- เปลี่ยนรูปแบบระบบท่อส่งก๊าซโดยเชื่อมหัว ปรับแรงดันก๊าซต่อกับสายท่อ ก๊าซที่มีเส้นผ่าน ศูนย์กลางขนาด $\frac{1}{2}$ นิ้ว ตัดแปลงหัวเตาโดยการ ขยายรูรังผึ้งให้มีขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร เพิ่มประสิทธิภาพแรงดันก๊าซ ชีวภาพ		✓

4.1.2 การเริ่มเดินระบบ

ในการเริ่มต้นเดินระบบได้เติมกล้าเชื้อ และมูลโคสต ในสัดส่วน 1 ต่อ 1 (125 กิโลกรัม: 125 กิโลกรัม) และเติมน้ำ 750 ลิตร โดยใช้มูลวัวสดเป็นทั้งแหล่งหัวเชื้อและแหล่งอาหารสำหรับกล้าเชื้อ จึงมีปริมาณกล้าเชื้อเริ่มต้นในระบบคิดเป็น 33.33 % ของปริมาตรการหมักซึ่งเหมือนกันทั้งสองชุดการทดลอง บันทึกปริมาณก้าชชีวภาพที่เกิดขึ้นทุกวันในรูปปริมาณก้าชทั้งหมด ซึ่งคำนวนได้จากความสูงของภาชนะเก็บก้าช เมื่อดูตามปริมาณก้าชที่เกิดขึ้น พบว่าถังหมักทั้ง 2 ชุด พบว่ามีแนวโน้มการผลิตก้าชชีวภาพใกล้เคียงกัน ปริมาณก้าชชีวภาพที่ผลิตได้ต่อวันในช่วงการเริ่มเดินระบบดังแสดงในกราฟที่ 4.1 โดยเริ่มมีก้าชชีวภาพเกิดขึ้นในวันที่ 3 ของการหมักทั้ง 2 ถัง โดยถังชุดที่ 1 มีการผลิตก้าชสูงที่สุด ได้เท่ากับ 190 ลิตร ในวันที่ 7 ของการหมัก และถังชุดที่ 2 ของ การผลิตก้าชสูงที่สุด ได้เท่ากับ 165 ลิตร ในวันที่ 9 ของการหมัก จะมีการผลิตก้าชสูงที่สุด หลังจากนั้นปริมาณก้าชชีวภาพจะเริ่มลดลงและสิ้นสุดการหมักในวันที่ 15 โดยปริมาณก้าชชีวภาพทั้งหมด ของถังชุดที่ 1 และ 2 คือ 990 ลิตร และ 975 ลิตร ตามลำดับ

กราฟที่ 4.1 แสดงปริมาณก้าชชีวภาพที่ผลิตได้ต่อวันในช่วงการเริ่มเดินระบบ



4.2 ศึกษาประสิทธิภาพการใช้เศษอาหารและมูลสัตว์

4.2.1 การวิเคราะห์คุณลักษณะวัตถุดินเบื้องต้น

การทดลองนี้ใช้วัตถุดินสำหรับผลิตก้าชชีวภาพ 2 ชนิด โดยชุดที่ 1 ใช้เศษอาหารที่เหลือจากโรงอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา และเศษอาหารจากครัวเรือน ซึ่งประกอบด้วยข้าวเป็นส่วนประกอบหลัก รองลงมาคือ ผักเปลือกผลไม้ และเศษเนื้อสัตว์ต่าง ๆ ซึ่งล้วนแต่เป็นสารอินทรีย์ที่สามารถถ่ายอยู่ในร่างกายได้ โดยมีองค์ประกอบที่ความแตกต่างกันไป จึงจำเป็นต้องเก็บตัวอย่างเศษอาหารในปริมาณมากคลุกเคล้าให้เข้ากัน เพื่อให้ตัวอย่างเศษอาหารที่ใช้ในการทดลองมีองค์ประกอบต่าง ๆ ใกล้เคียงกันมากที่สุด และชุดที่ 2 มูลโคสดจากฟาร์มเลี้ยงโคเนื้อ บ้านอ่างทอง ตำบลทุ่งหวัง และมูลสุกรสดซึ่งได้จากการมูลโคสด เนื้อสุกร ตำบลเกาะแตร์ อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา โดยผสมในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเศษอาหาร และมูลสัตว์ของตัวอย่างเบื้องต้น แสดงดังตารางที่ 4.2

ในการทดลองนี้ใช้ลักษณะเศษอาหารและมูลสัตว์ดังกล่าวมาเป็นวัตถุดินตั้งต้นสำหรับใช้เตรียมเป็นสารละลายที่มีค่าของแข็งทั้งหมดประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ (w/v) เพื่อบาบอนเข้าสู่ระบบถังหมัก (ดังแสดงในภาคผนวก ค.) โดยการใช้วัตถุดินที่มีค่าของแข็งทั้งหมดประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ (w/v) นั้น เป็นค่าที่เหมือนกับการทดลองของ Mata-Alvarez และ Llabres (1992) ที่ใช้ศึกษาการผลิตก้าชชีวภาพจากขยะอาหารสด เช่น เศษผัก ผลไม้และเปลือกสัตว์ทะเล พบร่วมระบบมีเสถียรภาพในการผลิตก้าชชีวภาพ ซึ่งการใช้ปริมาณของแข็งต่ำสามารถป้องกันการเกิดระบบล้มเหลวอันเนื่องมาจากการสะสมของกรดอินทรีย์ระเหยง่ายในปริมาณสูงเกินไป ซึ่งปัญหานี้มักเกิดขึ้นจากการใช้วัตถุดินที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่สูงมาใช้เป็นวัตถุดินสำหรับผลิตก้าชชีวภาพในระบบถังหมักแบบขั้นตอนเดียว ซึ่งเป็นปัญหาที่พบ เช่นเดียวกันกับการศึกษาครั้นนี้ในช่วงระยะแรกของการเริ่มต้นเดินระบบ กับทั้งในเพื่อเทียบเคียงกับการผลิตก้าชชีวภาพในระดับครัวเรือนที่มีปริมาณสารอินทรีย์หรือวัตถุดินที่ใช้บ่อนเข้าสู่ระบบในแต่ละวันไม่มากนัก จึงใช้วัตถุดินในรูปสารละลายเศษอาหารและมูลสัตว์ที่มีปริมาณของแข็งต่ำ ผลของการวิเคราะห์ลักษณะสารละลายเศษอาหารและมูลสัตว์ที่มีค่าของแข็งทั้งหมดประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ (w/v) แสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.2 แสดงคุณลักษณะวัดถูกดิบเบื้องต้น

	เศษอาหาร	มูลสัตว์
pH	5.8	7.4
%TS	23.4	15.42
TS (mg/l)	74,520	58,400
VS (mg/l)	72,360	55,347
SS (mg/l)	55,080	38,700
COD (mg/l)	252,574	201,080
BOD (mg/l)	157,025	126,682
TKN(mg/l)	5,753	3,254

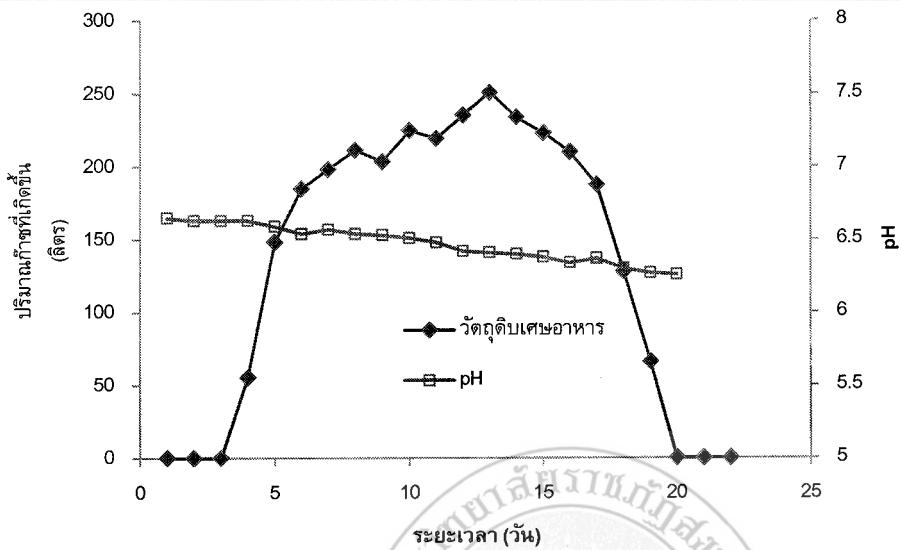
ตารางที่ 4.3 แสดงคุณลักษณะของสารละลายเศษอาหารและมูลสัตว์ที่มีค่า TS ประมาณ 4%

	เศษอาหาร	มูลสัตว์
pH	6.8 – 6.4	7.3 – 7.1
TS (mg/l)	46,450 – 34,660	41,400 – 28,600
VS (mg/l)	44,620 – 30,750	39,800- 26,410
SS (mg/l)	26,700 – 21,650	18,800 – 14,750
COD (mg/l)	162,374 - 150,340	145,430 – 135,500
BOD (mg/l)	107,165 - 101,250	91,530 – 67,460
TKN (mg/l)	2,598	1,353

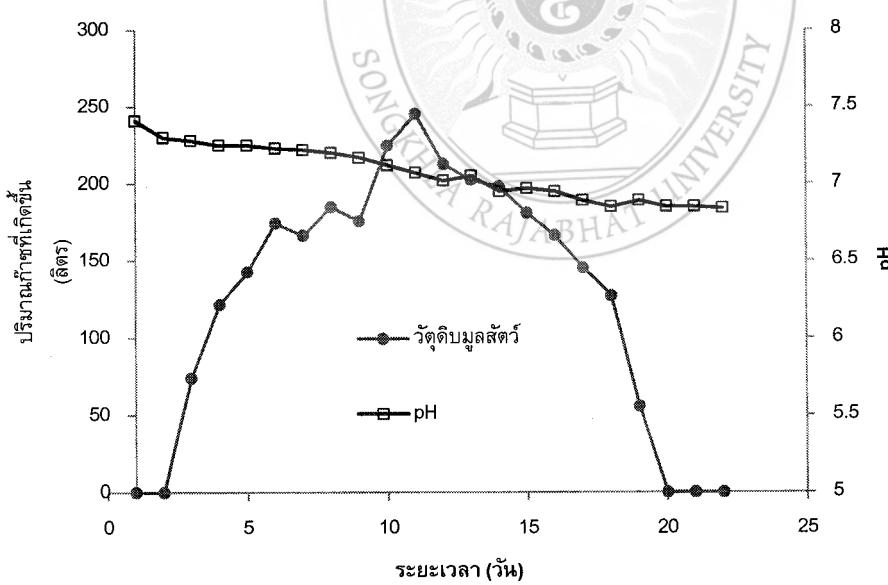
4.2.2 ศึกษาประสิทธิภาพการใช้เศษอาหารและมูลสัตว์ในระบบแบบแบทช์ (Batch Operation)

การศึกษาประสิทธิภาพการใช้เศษอาหารและมูลสัตว์ในการทำงานระบบแบบแบทช์ โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลอง คือ ใช้วัตถุดิบเศษอาหารและมูลสัตว์ ในแต่ละชุดการทดลองมีการป้อนวัตถุดิบเข้าสู่ระบบเพียงครั้งเดียวให้เต็มระบบ โดยใช้วัตถุดิบทั้ง 2 ชนิดที่เตรียมเป็นรูปแบบสารละลายที่มีค่าของแข็งทั้งหมดประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ (w/v) เพื่อป้อนเข้าสู่ระบบถังหมัก หลังจากนั้นจึงหมักวัตถุดิบในถังหมักเพื่อติดตามปริมาณก้าชชีวภาพที่เกิดขึ้น การดำเนินระบบในลักษณะเช่นนี้เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการผลิตก้าชชีวภาพจากการหดลดิบแต่ละชนิดโดยให้คล้ายคลึงกับการนำไปประยุกต์ใช้งานในระดับครัวเรือนที่ต้องการเดินระบบอย่างง่ายโดยการเติมวัตถุดิบในปริมาณมากเพียงครั้งเดียว ซึ่งแต่ละชุดการทดลองจะมีการเติมสารสารละลายเศษอาหารและมูลสัตว์ในปริมาตร 250 ลิตร โดยมีการถ่ายตาก่อนและเหลวเดิมที่อยู่ถังหมักในปริมาตร 250 ลิตร เช่นกัน บันทึกปริมาณก้าชชีวภาพที่เกิดขึ้นทุกวันจนสิ้นสุดลง เมื่อปริมาณการผลิตก้าชชีวภาพที่เกิดขึ้นน้อยกว่า 5 มิลลิลิตร/วัน (สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานมหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2551) จึงดำเนินการหยุดระบบ โดยในการทดลองนี้เก็บบันทึกผลทั้งหมด 20 วัน ผลการผลิตก้าชชีวภาพแบบแบทช์ของชุดการทดลองเศษอาหาร และชุดการทดลองมูลสัตว์แสดงดังกราฟที่ 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากค่า pH เริ่มต้นของชุดการทดลองเศษอาหารและชุดการทดลองมูลสัตว์ มีค่าเท่ากับ 6.65 และ 7.41 ตามลำดับ เมื่อดำเนินระบบพบว่าทั้ง 2 ชุดการทดลองมีค่า pH ลดลงอย่างต่อเนื่อง จนมีค่าเท่ากับ 6.26 และ 6.82 ตามลำดับเมื่อสิ้นสุดการหมัก โดยชุดการทดลองที่ใช้เศษอาหารเป็นวัตถุดิบเริ่มมีก้าชชีวภาพเกิดขึ้นในวันที่ 3 ของการหมักมีการผลิตก้าชสูงที่สุด ได้เท่ากับ 250.99 ลิตร ในวันที่ 13 ของการหมักและจะเริ่มลดลงและสิ้นสุดการหมักในวันที่ 20 ส่วนชุดการทดลองที่ใช้มูลสัตว์เป็นวัตถุดิบ จะเริ่มมีก้าชชีวภาพเกิดขึ้นในวันที่ 2 ของการหมักซึ่งเร็วกว่าชุดการทดลองที่ใช้เศษอาหารเป็นวัตถุดิบ มีการผลิตก้าชสูงที่สุด ได้เท่ากับ 245.18 ลิตร ในวันที่ 17 ของการหมักและจะเริ่มลดลงและสิ้นสุดการหมักในวันที่ 20 จะเห็นได้ว่าการหมักแบบนี้ประสิทธิภาพไม่ดีนักและมีความเสถียรภาพของระบบไม่คงที่เนื่องจากปริมาณก้าชที่เกิดขึ้นไม่สม่ำเสมอในช่วงระยะเวลาการหมัก

กราฟที่ 4.2 แสดงการผลิตกําชชีวภาพแบบแบบทซุดการทดลองที่ใช้เศษอาหารเป็นวัตถุดิบ



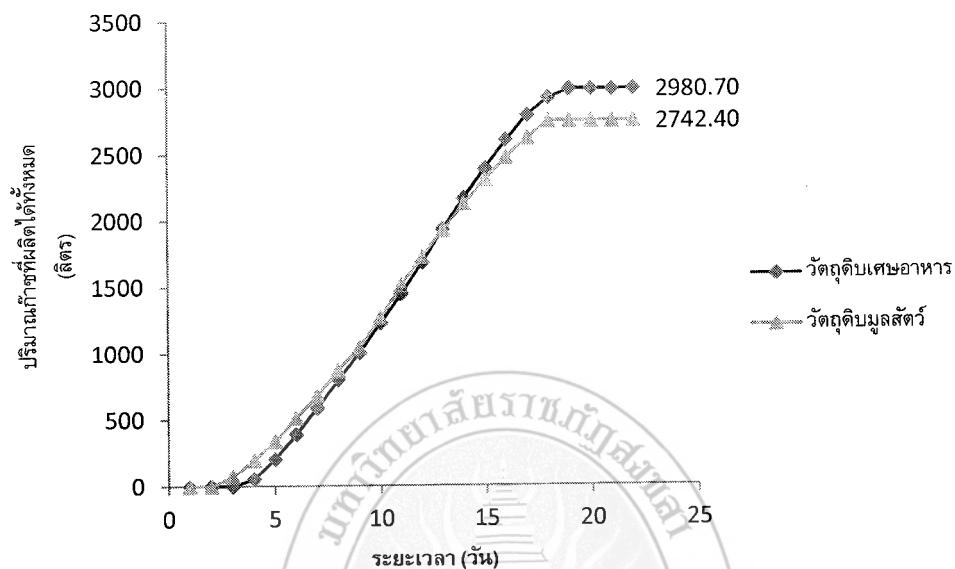
กราฟที่ 4.3 แสดงประสิทธิภาพการผลิตกําชชีวภาพแบบแบบทซุดการทดลองที่ใช้มูลสัตว์เป็นวัตถุดิบ



ผลการวิเคราะห์ก้าชชีวภาพสะสมในระบบการผลิตก้าชชีวภาพในระบบแบบแบบทั่วทางเชิงอาหารและมูลสัตว์แสดงดังภาพกราฟที่ 4.4 จะเห็นได้ว่า แนวโน้มปริมาณก้าชชีวภาพสะสมค่อยๆ เพิ่มขึ้น ทั้งสองชุดการทดลอง โดยชุดการทดลองที่ใช้สารละลายนมูลสัตว์เป็นวัตถุดิบจะเกิดก้าชชีวภาพได้เร็วกว่า ชุดการทดลองที่ใช้สารละลายน้ำอาหารเป็นวัตถุดิบ แต่อย่างไรก็ตามชุดการทดลองที่ใช้สารละลายน้ำอาหารเป็นวัตถุดิบสามารถผลิตก้าชชีวภาพสะสมสูงสุดได้ 2,980.70 ลิตร ซึ่งสูงกว่าชุดการทดลองที่ใช้สารละลายนมูลสัตว์เป็นวัตถุดิบซึ่งผลิตก้าชชีวภาพสะสมสูงสุดได้ 2,742.40 ลิตร เมื่อคำนวณปริมาณก้าชชีวภาพที่ผลิตได้เฉลี่ยต่อวันระหว่างชุดการทดลองใช้เชิงอาหารเป็นวัตถุดิบและชุดการทดลองใช้มูลสัตว์เป็นวัตถุดิบ มีค่าเท่ากับ 149.04 และ 137.12 ลิตรตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างหลังสิ้นสุดการทดลองเพื่อประเมินประสิทธิภาพในการผลิตก้าชชีวภาพในระบบแบบแบบทั่วทางเชิงอาหารและมูลสัตว์ แสดงดังตารางที่ 4.4 พบว่าอัตราการผลิตก้าชชีวภาพ ระหว่างชุดการทดลองใช้เชิงอาหารเป็นวัตถุดิบและชุดการทดลองใช้มูลสัตว์เป็นวัตถุดิบ มีค่าเท่ากับ 0.193 และ 0.183 ลิตร/ลิตร·วัน ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการผลิตก้าชชีวภาพ ระหว่างชุดการทดลองที่ใช้เชิงอาหารเป็นวัตถุดิบและชุดการทดลองใช้มูลสัตว์เป็นวัตถุดิบ โดยพิจารณาจากค่าปริมาณก้าชชีวภาพทั้งหมดที่ผลิตได้ต่อ COD ที่เข้าระบบ พบร่วมกับการทดลองใช้มูลสัตว์เป็นวัตถุดิบมีค่าเท่ากับ 0.075 ลิตร/กรัม COD ที่เติม ซึ่งมีค่ามากกว่าชุดการทดลองใช้เชิงอาหารเป็นวัตถุดิบ คือ 0.073 ลิตร/กรัม COD ที่เติม เช่นเดียวกับปริมาณก้าชชีวภาพทั้งหมดที่ผลิตได้ต่อหน่วยสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่เข้าระบบ พบร่วมกับการทดลองที่ใช้มูลสัตว์เป็นวัตถุดิบมีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ใช้เชิงอาหารเป็นวัตถุดิบ โดยมีค่าเท่ากับ 0.275 และ 0.267 ลิตร/กรัม VS ที่เติม ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าเมื่อพิจารณาจากปริมาณก้าชชีวภาพทั้งหมดที่ผลิตได้ต่อหน่วยสารอินทรีย์ หรือ ค่า Biogas yield พบร่วมกับมูลสัตว์เป็นวัตถุดิบที่มีความเหมาะสมต่อการดำเนินระบบการผลิตก้าชชีวภาพในรูปแบบแบบทั่ว มากกว่าการใช้เชิงอาหารเป็นวัตถุดิบ ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากการทดลองที่ใช้เชิงอาหารเป็นวัตถุดิบ ลดลงอย่างรวดเร็วจาก 6.65 จนถึง 6.26 ซึ่งมีค่าต่ำ ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตก้าชชีวภาพของระบบการหมักในชุดการทดลองนี้ลดลง ซึ่งค่า pH ที่เหมาะสมต่อระบบการหมักแบบขั้นตอนเดียว มีค่าอยู่ในช่วง 6.5 – 8.2 โดย pH 7 เหมาะสมที่สุดสำหรับระบบนี้ (Zhang et al. 2013)

กราฟที่ 4.4 ก้าชชีวภาพสะสมในระบบการผลิตก้าชชีวภาพในระบบแบบแบบทั่วไปของเศษอาหารและมูลสัตว์



ตารางที่ 4.4 ผลการผลิตก้าชชีวภาพที่เกิดขึ้นในการดำเนินระบบแบบแบบทั่วไปของเศษอาหารและมูลสัตว์

	เศษอาหาร	มูลสัตว์
HRT (day)	20	20
OLR(gCOD/l.d)	2.71	2.42
OLR(gVS/l.d)	0.74	0.66
Inlet flow rate (l/20 d)	12.5	12.5
Total gas production (l/d)	145.04	137.12
Gas production rate (l/l.d)	0.193	0.183
Total gas production per g	0.073	0.075
COD added (l/g COD added)		
Total gas production per g VS added (l/g VS added)	0.267	0.275

ผลประสิทธิภาพการกำจัด COD จากวัตถุดิบเศษอาหารและมูลสัตว์ในการดำเนินระบบแบบเบทซ์ พบว่าชุดการทดลองถังหมักที่ใช้มูลสัตว์เป็นวัตถุดิบสามารถกำจัด COD ได้ 57.45 % ซึ่งมากกว่าชุดการทดลองถังหมักที่ใช้เศษอาหารเป็นวัตถุดิบที่สามารถกำจัด COD ได้ 54.83 % เช่นเดียวกับผลการกำจัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด หรือ VS จากวัตถุดิบเศษอาหารและมูลสัตว์ในการดำเนินระบบแบบเบทซ์ พบว่าชุดการทดลองถังหมักที่ใช้มูลสัตว์เป็นวัตถุดิบสามารถกำจัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมดได้มากกว่าชุดการทดลองถังหมักที่ใช้เศษอาหารเป็นวัตถุดิบ โดยมีค่า 64.60% และ 62.39% ตามลำดับ ซึ่งสาเหตุที่ประสิทธิภาพการกำจัด COD และ VS ที่ได้จากการดำเนินระบบแบบเบทซ์มีค่าต่างกัน เนื่องมาจากค่า pH ในระบบลดลงอย่างรวดเร็ว ส่งผลในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ (Kondusamy and Kalamdhad. 2014)

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัด COD ของเศษอาหารและมูลสัตว์ในการดำเนินระบบแบบเบทซ์

	Influent COD (g/L)	Effluent COD (g/L)	COD removal (%)
เศษอาหาร	162.37	73.34	54.83
มูลสัตว์	145.43	61.88	57.45

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัด VS ของเศษอาหารและมูลสัตว์ในการดำเนินระบบแบบเบทซ์

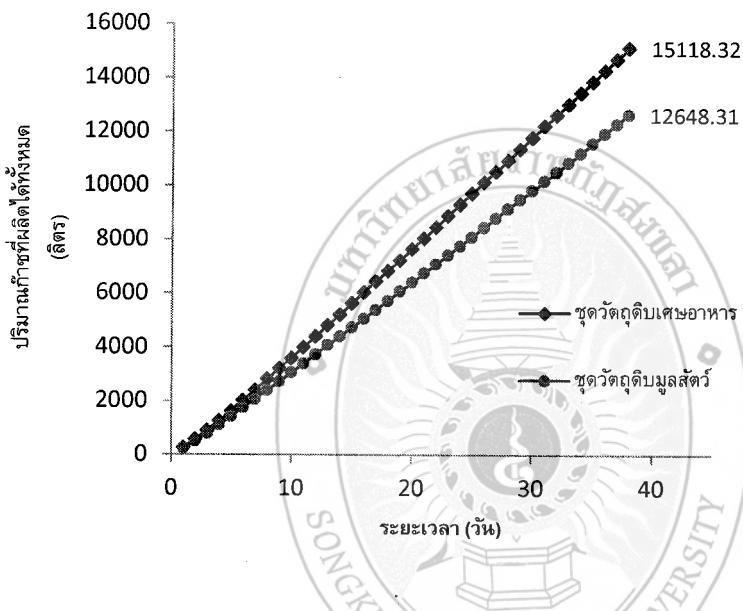
	Influent VS (g/L)	Effluent VS (g/L)	VS removal (%)
เศษอาหาร	44.62	16.78	62.39
มูลสัตว์	39.80	14.10	64.60

4.2.4 ศึกษาประสิทธิภาพการใช้ขยะอินทรีย์และมูลสัตว์แบบกึ่งต่อเนื่อง (Semi continuous)

การศึกษาประสิทธิภาพการใช้เศษอาหารและมูลสัตว์แบบกึ่งต่อเนื่อง โดยการป้อนสารละลายน้ำเสษฐอาหารและมูลสัตว์เข้าสู่ถังหมักและถ่ายวัตถุดิบเก่าที่ผ่านการย่อยสลายแล้วให้หล่นออกจากถังหมัก โดยจะเติมสารอินทรีย์ใหม่ทุกวันๆ วัน 1 ครั้ง ครั้งละ 20 ลิตร โดยใช้วัตถุดิบทั้ง 2 ชนิดที่เตรียมเป็นรูปแบบสารละลายน้ำที่มีค่าของแข็งทั้งหมดประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ดำเนินระบบโดยใช้ระยะเวลาในการกักเก็บ 38 วัน เมื่อคิดเป็นอัตราการป้อนสารอินทรีย์ (OLR) ของชุดการทดลองเศษอาหาร และชุดการทดลองมูล

ผลิตได้เฉลี่ยต่อวันระหว่างชุดการทดลองใช้เศษอาหารเป็นวัตถุดิบและชุดการทดลองใช้มูลสัตว์เป็นวัตถุดิบ มีค่าเท่ากับ 397.85 และ 332.85 ลิตรตามลำดับ

กราฟที่ 4.6 ก้าชชีวภาพสมในระบบการผลิตก้าชชีวภาพในระบบแบบกึ่งต่อเนื่องระหว่างเศษอาหารและมูลสัตว์



ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของด้วยอย่างหลังสิ้นสุดการทดลองเพื่อประเมินประสิทธิภาพในการผลิตก้าชชีวภาพในระบบแบบกึ่งต่อเนื่องระหว่างเศษอาหารและมูลสัตว์ แสดงดังตารางที่ 4.7 พบว่า อัตราการผลิตก้าชชีวภาพ ระหว่างชุดการทดลองใช้เศษอาหารเป็นวัตถุดิบมีค่าเท่ากับ 0.530 ลิตร/ลิตร·วัน มีค่าปริมาณก้าชชีวภาพทั้งหมดที่ผลิตได้ต่อ COD ที่เข้าระบบมีค่าเท่ากับ 0.132 ลิตร/กรัม COD ที่เดิม ซึ่งมีค่าที่สูงกว่าชุดการทดลองใช้มูลสัตว์เป็นวัตถุดิบ ที่มีค่าอัตราการผลิตก้าชชีวภาพเท่ากับ 0.444 ลิตร/ลิตร·วัน ปริมาณก้าชชีวภาพทั้งหมดที่ผลิตได้ต่อ COD ที่เข้าระบบ มีค่าเท่ากับ 0.123 ลิตร/กรัม COD ที่เดิม และเมื่อพิจารณาปริมาณก้าชชีวภาพทั้งหมดที่ผลิตได้ต่อหน่วยสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่เข้าระบบระหว่างชุดการทดลองใช้เศษอาหารเป็นวัตถุดิบและชุดการทดลองใช้มูลสัตว์เป็นวัตถุดิบ มีค่าเท่ากับ 0.647 และ 0.630 ลิตร/กรัม VS ที่เดิม ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าเศษอาหารเป็นวัตถุดิบที่มีความเหมาะสมต่อการดำเนินระบบการผลิตก้าชชีวภาพในรูปแบบกึ่งต่อเนื่องมากกว่าการใช้มูลสัตว์เป็นวัตถุดิบ

ตารางที่ 4.7 ผลการผลิตกําชีวภาพที่เกิดขึ้นในระบบแบบกึ่งต่อเนื่องระหว่างเศษอาหารและมูลสัตว์

	เศษอาหาร	มูลสัตว์
HRT (day)	38	38
OLR(gCOD/l.d)	4	3.61
OLR(gVS/l.d)	0.82	0.70
Inlet flow rate (l/d)	20	20
Total gas production (l/d)	397.85	332.85
Biogas production rate (l/l.d)	0.530	0.444
Total biogas production per g COD added (l/g COD added)	0.132	0.123
Total biogas production per g VS removal (l/g VS added)	0.647	0.630

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัด COD ของเศษอาหารและมูลสัตว์

	Influent COD (g/L)	Effluent COD (g/L)	COD removal (%)
เศษอาหาร	150.34	48.89	67.48
มูลสัตว์	135.50	46.30	65.83

ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัด VS ของเศษอาหารและมูลสัตว์

	Influent VS (g/L)	Effluent VS (g/L)	VS removal (%)
เศษอาหาร	30.75	6.63	78.43
มูลสัตว์	26.41	6.17	76.64

ประสิทธิภาพการกำจัด COD จากวัตถุดิบเศษอาหารและมูลสัตว์ในการดำเนินระบบแบบกึ่งต่อเนื่องแสดงดังตารางที่ 4.8 พบว่าชุดการทดลองถังหมักที่ใช้เศษอาหารเป็นวัตถุดิบสามารถกำจัด COD ได้ 67.48 % ซึ่งมากกว่าชุดการทดลองถังหมักที่ใช้มูลสัตว์เป็นวัตถุดิบที่สามารถกำจัด COD ได้ 65.83 % เช่นเดียวกันกับผลการกำจัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด หรือ VS จากวัตถุดิบเศษอาหารและมูลสัตว์ใน การดำเนินระบบแบบต่อเนื่อง พบว่าชุดการทดลองถังหมักที่ใช้เศษอาหารเป็นวัตถุดิบสามารถกำจัด

สารอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมดได้มากกว่าชุดการทดลองถังหมักที่ใช้มูลสัตว์เป็นวัตถุดิบ โดยมีค่า 78.43% และ 76.64% ตามลำดับ และดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบการผลิตกําชีวภาพในการดำเนินระบบแบบเบทซ์และแบบกํงต่อเนื่องของเศษอาหารและมูลสัตว์

	ชุดการทดลอง ที่ใช้เศษอาหารเป็นวัตถุดิบ		ชุดการทดลอง ที่ใช้มูลสัตว์เป็นวัตถุดิบ	
	ดำเนินระบบ แบบเบทซ์	ดำเนินระบบ แบบกํงต่อเนื่อง	ดำเนินระบบ แบบเบทซ์	ดำเนินระบบแบบ กํงต่อเนื่อง
OLR(gCOD/l.d)	2.71	4	2.42	3.61
OLR(gVS/l.d)	0.74	0.82	0.66	0.70
Total biogas production (l/d)	145.04	397.85	137.12	332.85
Biogas production rate (l/l.d)	0.193	0.530	0.183	0.444
Total gas production per g COD added (l/g COD added)	0.073	0.132	0.075	0.123
Total gas production per g VS removal (l/g VS added)	0.267	0.647	0.275	0.630

เมื่อเปรียบเทียบการผลิตกําชีวภาพโดยใช้การดำเนินระบบแบบเบทซ์และแบบกํงต่อเนื่องในแต่ละชุดการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.10 พบว่าการดำเนินระบบแบบกํงต่อเนื่องสามารถเพิ่มปริมาณกําชีวภาพที่ผลิตได้จากวัตถุดิบเศษอาหารและมูลสัตว์ สูงกว่าการดำเนินระบบแบบเบทซ์ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่าปริมาณกําชีวภาพทั้งหมดที่ผลิตได้ต่อสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่เดิมเข้าระบบ หรือค่า biogas yield พบว่าในชุดการทดลองเศษอาหารและมูลสัตว์เมื่อดำเนินระบบแบบกํงต่อเนื่อง ให้ค่าที่สูงกว่าระบบแบบเบทซ์ถึง 2.52 และ 2.29 เท่าตามลำดับ ซึ่งสาเหตุที่การดำเนินระบบแบบกํงต่อเนื่องมีประสิทธิภาพดีกว่าการดำเนินระบบแบบเบทซ์ ทั้งนี้เนื่องจากการหมักแบบกํงต่อเนื่อง ส่งผลดีต่อการทำงานของแบคทีเรีย เนื่องจากเกิดสภาพคงตัว (steady-state) ของระบบเนื่องจากแบคทีเรียที่สร้างมีเทนไวน์ต่อการเปลี่ยนแปลงต่อความเข้มข้น

ของสารอาหาร เนื่องจากมีการป้อนสารอินทรีย์เข้าสู่ถังหมักในลักษณะเป็นช่วงๆ แต่สม่าเสมอ ช่วยลดปัญหาอันเนื่องมาจากการที่สารอาหารเพิ่มเข้าสู่ระบบกะทันหัน (shock load) มีผลทำให้ประสิทธิภาพดีกว่าแบบแบบทซ์ นิยมใช้กันทั่วไป

ตารางที่ 4.11 เปรียบเทียบการผลิตกําชีวภาพจากการวิจัยอื่นกับงานวิจัยครั้งนี้*

ชนิดของถัง และสภาวะที่ใช้	วัตถุที่ใช้	OLR (g VS/l.d)	Biogas production rate (l/l.d)	Biogas yield (l/g VS added)	อ้างอิง
ถังหมักขั้นตอนเดียวแบบ CSTR ขนาด 5 ลิตร, ปริมาตรในการหมัก 3.75 ลิตร thermophilic (55°C), ดำเนินระบบแบบกึ่งต่อเนื่อง	มูลโค เชษ อาหารและตะกอนเชื้อจากน้ำเสีย	1.5	0.72	0.479	Marañón et al. (2012)
ถังหมักขั้นตอนเดียวแบบ CSTR ขนาดปริมาตรในการหมัก 3000 ลิตร, mesophilic (37°C), ดำเนินระบบแบบกึ่งต่อเนื่อง	เศษอาหาร	3.7	2.7	0.417	Nagao et al. (2012)
ถังหมักขั้นตอนเดียวแบบ CSTR ขนาด 5 ลิตร ปริมาตรในการหมัก 3.5 ลิตร mesophilic (35°C), ดำเนินระบบแบบกึ่งต่อเนื่อง	เศษอาหาร และมูลไก่	0.87	0.80	0.915	Wang et al. (2014)
ถังหมักขั้นตอนเดียวแบบ CSTR ขนาด 2 ลิตร, ปริมาตรในการหมัก 1.8 ลิตร mesophilic (36°C), ดำเนินระบบแบบกึ่งต่อเนื่อง	เศษอาหาร ผสมมูลโค	1	0.72	0.72	Agyeman และ Tao (2014)
ระบบหมักแบบขั้นตอนเดียว ขนาด 1000 ลิตร ปริมาตรในการหมัก 750 ลิตร ภายใต้สภาวะ mesophilic ($30 - 37^{\circ}\text{C}$)	เศษอาหาร	0.82	0.530	0.647	งานวิจัยครั้งนี้
	มูลสัตว์	0.70	0.444	0.630	งานวิจัยครั้งนี้

* Methane yield

จากการที่ 4.11 เปรียบเทียบการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอินทรีย์ต่างๆ งานวิจัยอื่น พนว่าค่าที่ได้จากการทดลองนี้มีค่าอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพได้ต่ำอยู่ในช่วง 0.44 – 0.53 ลิตร/ลิตร · วัน เช่นเดียวกับสมรรถนะของระบบ เมื่อพิจารณาจากปริมาณก๊าซชีวภาพทั้งหมดที่ผลิตได้ต่อหน้าหนักสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่เข้าระบบมีค่าต่ำอยู่ในช่วง 0.63-0.647 ลิตร/กรัม VS ที่เดิม ในขณะที่งานวิจัยอื่นสูงกว่านี้ คือมีค่าอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพที่สูง 0.72-2.7 ลิตร/ลิตร · วัน และมีปริมาณก๊าซชีวภาพทั้งหมดที่ผลิตได้ต่อหน้าหนักสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่เข้าระบบมีค่าสูงอยู่ในช่วง 0.479-0.915 ลิตร/กรัม VS ที่เดิม เนื่องมาจากการป้อนสารอินทรีย์ OLR ที่มีค่าต่ำกว่างานวิจัยอื่น กับทั้งงานวิจัยนี้ใช้ถังหมักแบบธรรมด้า (conventional anaerobic digester) ที่ติดตั้งไปพดสำหรับกวนผสม วัตถุนิบบ์ ซึ่งมีการกวนวัตถุนิบบ์เป็นช่วง ๆ คือ 2 ครั้งต่อวัน ตอนเช้าและเย็นครั้งละ 10 นาที ในขณะที่งานวิจัยอื่นใช้ถังแบบ CSTR (Continuous Stirred Tank Reactor) ซึ่งมีการกวนผสมตลอดการหมักจึงยอมมีค่าที่สูงกว่า นอกจากนี้รูปแบบของระบบเก็บก๊าซจากการวิจัยนี้ก็มีความแตกต่างจากการวิจัยอื่น โดยในงานวิจัยนี้มีระบบเก็บก๊าซแบบถังลูกloy คือเมื่อมีปริมาณก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นจะมีการดันถังลูกloyให้สูงขึ้น ปริมาณก๊าซจะคำนวณจากความสูงของถังลูกloy เนื่องจากมีแรงกดจากน้ำหนักของถังลูกloy ปริมาณก๊าซที่วัดได้จึงมีค่าน้อยกว่าความเป็นจริง ในขณะที่งานวิจัยอื่นใช้การวัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นโดยการแทนที่น้ำซึ่งสามารถวัดปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นใกล้เคียงกับปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจริง

อย่างไรก็ตามหากพิจารณาในแง่ของการประยุกต์ครัวเรือน พนว่าระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากงานวิจัยนี้เมื่อคำนึงระบบแบบกึ่งต่อเนื่อง มีสมรรถนะที่เพียงพอต่อผลิตก๊าซชีวภาพในระดับครัวเรือนสำหรับใช้ในการหุงดัม คือได้ปริมาณก๊าซชีวภาพเฉลี่ย 332.85 - 397.85 ลิตรต่อวัน จากการใช้วัตถุนิบบูลสัตว์และเศษอาหารความเข้มข้นต่ำ (ปริมาณของแข็งทั้งหมด 4 %) ซึ่งหากต้องการได้ปริมาณก๊าซชีวภาพในระดับนี้สามารถเตรียมได้อย่างง่าย โดยใช้เศษอาหารประมาณ 3.5 กิโลกรัม เดิมน้ำ เพื่อปรับปริมาตรให้ได้ 20 ลิตร ส่วนมูลสัตว์ใช้ประมาณ 5 กิโลกรัม เดิมน้ำ เพื่อปรับปริมาตรให้ได้ 20 ลิตร และป้อนเข้าสู่ถังทุกวันอย่างต่อเนื่อง

ในการทดลองนี้ไม่ได้มีการวัดปริมาณ % มีเทนที่เกิดขึ้น แต่สามารถอนุมานได้วาก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นมีปริมาณมีเทนมากกว่า 50% เนื่องจากก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นสามารถติดไฟได้ง่ายและได้เปลวไฟที่ลุกไหม้อย่างต่อเนื่อง (Anggono et al. 2013)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาการพัฒนาถังผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอินทรีย์ ที่ได้ดำเนินการวิจัยตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้นั้น สามารถสรุปผลการวิจัยโดยแยกตามวัตถุประสงค์แต่ละด้านได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาประสิทธิภาพถังผลิตก๊าซชีวภาพขนาด 1000 ลิตรจากถังตันแบบขององค์กรบริหารส่วนตำบล คลองรี อำเภอสหิงพระ จังหวัดสงขลา ในการวิจัยครั้งนี้ได้ออกแบบถังผลิตก๊าซชีวภาพให้เหมาะสมกับการศึกษาและติดตามระบบ ออกแบบถังผลิตก๊าซชีวภาพและดำเนินการประกอบตัวถังจำนวน 3 ชุด เพิ่มชุดใบพัดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการหมัก เพิ่มระบบการเก็บตัวอย่างและติดตามปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น เพิ่มตัวล็อกถังเก็บก๊าซเพื่อเพิ่มความดันก๊าซสำหรับใช้งาน และเปลี่ยนรูปแบบระบบท่อส่งก๊าซโดยเชื่อมหัวปรับแรงดันก๊าซและปรับขนาดสายท่อ ก๊าซให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กคือเส้นผ่าศูนย์กลาง 1/2 นิ้ว ตัดแปลงหัวเตาโดยการขยายรูรังผึ้งให้มีขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร

ผลการศึกษาประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจาก เศษอาหารและมูลสัตว์ โดยดำเนินระบบแบบเบบทซ์ พบว่าเมื่อใช้อัตราการป้อนสารอินทรีย์ เท่ากับ 0.74 และ 0.66 กรัม VS ต่อลิตร·วัน ให้ปริมาณก๊าซชีวภาพเฉลี่ยวันละ 145.04 และ 137.12 ลิตร และให้ค่าปริมาณก๊าซชีวภาพทั้งหมดที่ผลิตได้ได้ต่อสารอินทรีย์ หรือ ค่า Biogas yield เท่ากับ 0.267 และ 0.275 ลิตรต่อกรัม VS ที่เติมเข้าระบบ ตามลำดับ

ขณะที่การศึกษาประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจาก เศษอาหารและมูลสัตว์ โดยดำเนินระบบแบบกึ่งต่อเนื่อง เมื่อใช้อัตราการป้อนสารอินทรีย์ เท่ากับ 0.82 และ 0.7 กรัม VS ต่อลิตร·วัน ให้ปริมาณก๊าซชีวภาพเฉลี่ยวันละ 397.85 และ 332.85 ลิตร และให้ค่าปริมาณก๊าซชีวภาพทั้งหมดที่ผลิตได้ต่อสารอินทรีย์เท่ากับ 0.647 และ 0.630 ลิตรต่อกรัม VS ที่เติมเข้าระบบ ตามลำดับ ซึ่งในชุดการทดลองเศษอาหารและมูลสัตว์ มีค่าสูงกว่าระบบแบบเบบทซ์ 2.52 และ 2.29 เท่าตามลำดับ พบว่าถังหมักแบบขันดอนเดียวเมื่อดำเนินระบบแบบกึ่งต่อเนื่อง สามารถเพิ่มปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากวัตถุดิบเศษอาหารและมูลสัตว์ ได้เพียงพอต่อการนำไปใช้ในการปรุงอาหารภัยในครัวเรือนในแต่ละวัน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2 ประเด็นปัญหาที่พบ

จากการวิจัยพบประเด็นปัญหา ในการผลิตแก๊สชีวภาพจากขยะอินทรีย์ด้วยถังหมักขนาด 1,000 ลิตร เมื่อเริ่มดำเนินระบบในระยะแรกใช้ความเข้มข้นของวัตถุดิบที่สูง นั้นคือมีค่าเบอร์เช็นต์ของแข็งทั้งหมด สูง (ประมาณ 15% TS) พบว่าระบบล้มเหลวนี้องจากมีสารอินทรีย์ในระบบสูงส่งผลให้มีการผลิตกรดอินทรีย์เพิ่มขึ้น เมื่อเกิดกระบวนการย่อย pH จึงลดลงอย่างรวดเร็ว ส่งผลต่อจุลทรรศน์ในกลุ่ม methanogen ทำให้ไม่สามารถเจริญเติบโตและผลิตกําชีวภาพได้ เมื่อปรับลดค่าเบอร์เช็นต์ของแข็งทั้งหมดให้ต่ำลง พบว่าระบบทำงานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น กับการใช้วัตถุดิบในรูปสารละลาย เช่นอาหารและมูลสัตว์ในปริมาณของแข็งต่ำ ที่สามารถเทียบเคียงกับการผลิตกําชีวภาพในระดับครัวเรือนที่มีปริมาณสารอินทรีย์หรือวัตถุดิบที่ใช้ป้อนเข้าสู่ระบบในแต่ละวันไม่มากนัก เช่น กัน นอกจากนี้เมื่อเดินระบบในระยะเวลาหนึ่งมักประสบปัญหาเกิดรอยร้าวตามแนวรอยต่อของห้องระบบ ต้องมีการตรวจสอบและซ่อมรอยร้าวต่าง ๆ อยู่บ่อยครั้ง

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ในการผลิตแก๊สชีวภาพจากเศษอาหารจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการจำแนกเศษอาหารก่อน การป้อนเข้าสู่ระบบ ส่วนมูลสัตว์ควรมีการกรองผ่านตะแกรงก่อนการป้อนเข้าสู่ระบบ สำหรับแยก เชษวัชพืชต่าง ๆ ที่มักติดมากับมูลโคลเพื่อลดความเสี่ยงของระบบล้มเหลว

5.3.2 หากมีการศึกษาเพิ่มเติมควรศึกษาประสิทธิภาพการผลิตกําชีวภาพของระบบเมื่อมีค่าอัตรา การป้อนสารอินทรีย์ที่สูงขึ้น และเพิ่มการวิเคราะห์ปริมาณกําชีวภาพที่เกิดขึ้น

5.3.3 หากมีการศึกษาเพิ่มเติมควรเปรียบเทียบการผลิตแก๊สชีวภาพจากถังตันแบบ กับถังที่ใช้ในการทดลองนี้ เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงปริมาณในการยืนยันถึงประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นหลังจากการออกแบบเพิ่มเติม

5.4 ผลกระทบจากการวิจัย

5.3.1 นำเสนอผลงานวิจัยในงานประชุมใหญ่โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาครั้งที่ 1 (The First Higher Education Research Promotion Congress, HERP CONGRESS 1)

5.3.2 บูรณาการในการเรียนการสอนและหรืองานวิจัย ความรู้และประสบการณ์ในการวิจัย การผลิตก้าวชีวภาพ การปรับปรุงการเรียนการสอนในรายวิชาโดยนำผลงานจากการวิจัยนำไปใช้ในการเรียนภาคบรรยาย และบทปฏิบัติการ ในรายวิชา สอนรายวิชา 4353501 เทคโนโลยีชีวภาพสิ่งแวดล้อม

5.3.3 ถ่ายทอดเทคโนโลยีถังผลิตก้าวชีวภาพจากขยะอินทรีย์ ผ่านบริการวิชาการ โดยอบรมให้ความรู้ พร้อมสาธิตการใช้งาน และติดตั้งถังผลิตก้าวชีวภาพจากขยะอินทรีย์จำนวน 1 ชุด ณ แหล่งเรียนรู้ชุมชน หมู่ที่ 2 ตำบลบางเขี้ยด อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลาสำหรับใช้งานในชุมชนและให้ผู้สนใจได้ศึกษาเรียนรู้



เอกสารอ้างอิง

- Agyeman, F.O. and Tao, W. 2014. **Anaerobic co-digestion of food waste and dairy manure: Effects of food waste particle size and organic loading rate.** Journal of Environmental Management. 133: 268-274.
- Anggono, W, Wardana, I.N.G., Lawes, M, Hughes, K.J., Wahyudi, S. and Hamidi, N. 2013. **The laminar burning velocity and flammability characteristics of biogas in spark ignited premix combustion at reduced pressure.** Applied Mechanics and materials. 376: 79-85
- Cho, J.K., S.C. Park and H.N. Chang. 1995. **Biochemical methane potential and solid state anaerobic digestion of Korean food wastes.** Bioresource Technology. 52: 245-253.
- Deublein, D. and Steinhauser, A. 2011. **Biogas from waste and renewable resources.** Mörlenbach, Germany.
- Grady, C.P.L., JR.G.T. Daigger and H.C. Lim. 1999. **Biological Wastewater Treatment.** Marcel Dekker Inc., New York.
- Gerardi, M.H. 2003. **The Microbiology of Anaerobic Digesters.** John Wiley & Sons, Inc., Hoboken.
- Griffin, M.E., K.D. McMahon, R.I. Mackie and L. Raskin. 1998. **Methanogenic population dynamics during start-up of anaerobic digesters treating municipal solid waste and biosolids.** Biotechnology and Bioengineering. 57 (3): 342-355.
- Holland, K.T., J.S. Knapp and J.G. Shoesmith. 1987. **Anaerobic Bacteria.** Chapmon and Hall. New York.
- Karim, K., Hoffman, R., Thomas Klasson, K. and Al-Dahhan, M.H. 2005. **Anaerobic digestion of animal waste : Effect of mode of mixing.** Water Research. 39(15): 3597-3606

Kondusamy, D. and Kalamdhad, A.S. 2014. **Pre-treatment and anaerobic digestion of food waste for high rate methane production-A review.** Journal of Environmental Chemical Engineering. 2:1821-1830

Marañón, E., Castrillón, L., Quiroga, G., Fernández-Nava, Y., Gómez and García, M.M. 2012. **Co-digestion of cattle manure with food waste and sludge to increase biogas production.** Waste Management. 32: 1821-1825

Mata-Alvarez, J., Cecchi, F., Llabrés, P. and Pavan, P. 1992. **Anaerobic digestion of the Barcelona central food market organic wastes: plant design and feasibility study.** Bioresource Technology. 42: 33 -42.

Nagao, N., Tajima, N., Kawai, M., Niwa, C., Kurosawa, N., Matsuyama, T., Yusoff, F. Md. and Toda, T. 2012. **Maximum organic loading rate for the single-stage wet anaerobic digestion of food waste.** Bioresource Technology. 188: 210-218

Nasir, I. M., Ghazi, T.I.M, Omar, R. and Idris, A. 2013. **Batch and semi-continuous biogas production from cattle manure.** International Journal of Engineering and Technology. 10(1): 16-21

Rasi, S., Veijanen, A., Rintala, J., 2007. **Trace Compounds of biogas from different biogas production plants.** Energy. 32(8): 1375-1380.

Rene, A. and Gunnar, L. 2007. **Semi-continuous co-digestion of solid slaughterhouse waste, manure, and fruit and vegetable waste.** Renewable Energy. 33 (4): 726-734

Sosnowski, P., A. Wieczorek and S. Ledakowicz. 2003. **Anaerobic co-digestion of sewage sludge and organic fraction of municipal solid wastes.** Advances in Environmental Research. 7: 609-616.

Wang, M., Sun, X., Li, P., Yin, L., Liu, D., Zhang, Y., Li, W. and Zheng, G. 2014. **A novel alternate feeding mode for semi-continuous anaerobic co-digestion of food waste with chicken manure.** Bioresource Technology. 164: 309-314.

Zhang, C., Su, H. and Tan, T. 2013. **Batch and semi-continuous anaerobic digestion of food waste in dual solid-liquid system.** Bioresource Technology. 145: 10-16

Zheng, Y., Pan, Z., Zhang, R., El-Mashad, H. M., Pan, J. and Jenkins B. M. 2009. **Anaerobic digestion of saline creeping wild ryegrass for biogas production and pretreatment of particleboard material.** Bioresource Technology. 100: 1582–1588.

Zheng, C., Su, H. and Baeyens, T. T. 2014. **Reviewing the anaerobic digestion of food waste for biogas production.** Renewable Sustain Energy Review 38: 383-392

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2540. ระบบก๊าซและบ่อก๊าซชีวภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : กองเกษตร สัมพันธ์.

ปิยชน สังข์กลินหอม. 2545. การนำบัดและผลิตแก๊สชีวภาพจากขยะเศษอาหารด้วยระบบไร้ออกซิเจนแบบท่อไอล, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ประทิน กุลละวณิชย์. 2550. ภาพรวมเชิงสถานภาพและศักยภาพของเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพในประเทศไทย. วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ ปีที่ 30 ฉบับที่ 4.

มั่นสิน ตันตตุลาเวศม์. 2542. เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม. เล่มที่ 2. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

วีระชัย สุนทรรังสรรค์. 2549. ชีวมวลแหล่งพลังงานที่ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะแก่สิ่งแวดล้อม, วารสารวิชาศาสตร์และเทคโนโลยี, 21(2): 29-32.

วุฒิภัณฑ์ คุณมินทร์ 2544. การผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะเศษอาหารที่ความเข้มข้นสูง โดยการหมักแบบชั้นกรองไว้อากาศ 2 ชั้นตอน ร่วมกับวิธีการวนน้ำหมัก, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานมหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2551. โครงการศึกษาการเพิ่มศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพของน้ำเสียจากฟาร์มสุกรในรูปแบบการหมักย่อยร่วมโดยถังปฏิกรณ์ UASB และ CSTR เพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

สมชาย จันทร์สว่าง. 2546. การเกิดก๊าซชีวภาพ. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ <http://kanchanapisek.or.th/pk1/data/06/nk6041.htm> สืบคันเมื่อ 25 กรกฎาคม 2553

สมชาย แก้วจันทร์ฉาย และคณะ .2547 การพัฒนาประสิทธิภาพการใช้งานถังก๊าซชีวภาพใช้ในครัวเรือนของชุมชน

อวัสดา ฉลานุวัฒน์. 2545. อิทธิพลของระยะเวลาเก็บกักและอัตราการป้อนอินทรีย์สารต่อการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ภาคพนวก



ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์



1. ของแข็งทั้งหมด (Total Solids, TS) และปริมาณของแข็งระเหยได้ทั้งหมด (Total volatile solid, VS) โดยวิธี Gravimetric

ของแข็งทั้งหมด หมายถึง ปริมาณสารที่เหลืออยู่ในภาชนะหลังจากการเหย็น้ำออกจากสารตัวอย่าง จนหมด แล้วนำ ไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น (desiccator) แล้วซึ่งน้ำหนักของของแข็งในภาชนะนั้น จะได้ปริมาณของแข็งทั้งหมด ส่วนปริมาณของแข็งระเหยได้ทั้งหมด หมายถึง ปริมาณของสารที่ระเหยไปได้ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นค่าที่ใช้ในการติดตามปริมาณสารอินทรีย์ที่อยู่ในตัวอย่าง

วิธีการวิเคราะห์

- (1) การเตรียมงานระเหย งานที่จะใช้ต้องอบแห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียสประมาณ 1 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วซึ่งน้ำหนักที่แน่นอน สมมติ = A มิลลิกรัม
- (2) เลือกใช้ปริมาตรตัวอย่างน้ำให้เหมาะสม
- (3) ค่อย ๆ รินตัวอย่างน้ำที่ต้องการหาของแข็งทั้งหมดใส่ในงานระเหย นำ ไประเหยน้ำออกให้หมดบน water bath หรือ hot plate นำ ไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น
- (4) ซึ่งน้ำหนักงานระเหยทันทีที่เย็นลงเท่าอุณหภูมิห้อง สมมติ = B มิลลิกรัม น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นก็คือ น้ำหนักของปริมาณของแข็งทั้งหมด ซึ่งคำนวนออกมาในรูปของมิลลิกรัมต่อลิตร
- (5) นำงานระเหยที่ได้จากการหาปริมาณของแข็งทั้งหมด ไปเผาในตู้อบที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วซึ่งน้ำหนักที่แน่นอน สมมติ = C มิลลิกรัม

การคำนวณ

$$\text{Total solids (มิลลิกรัม/ลิตร)} = \frac{(B-A)}{\text{มิลลิลิตรตัวอย่าง}} \times 1,000$$

มิลลิลิตรตัวอย่าง

$$\text{Total volatile solid (มิลลิกรัม/ลิตร)} = \frac{(B-C)}{\text{มิลลิลิตรตัวอย่าง}} \times 1,000$$

มิลลิลิตรตัวอย่าง

2. Chemical Oxygen Demand (COD) โดยวิธี Titrimetric Method

การวิเคราะห์หาค่า COD โดยวิธีฟลักซ์แบบปิด (Closed reflux) มีหลักการเช่นเดียวกับวิธีฟลักซ์แบบเปิด (Open reflux) สารอินทรีย์ที่ระเหยจะสามารถถูกออกซิไดซ์ไดมากกว่าในระบบเปิด เพราะมีเวลา

สัมผัสกับสารออกซิไดซ์ได้นานกว่า ก่อนทำ การทดลองทุกครั้งควรตรวจสอบฝาปิดหลอดแก้วว่ามีรอยแตกหรือไม่ ฝาจุกของหลอดทดลองที่อาจเกิดชำรุดในขณะทำ การย่ออยsslayในตู้อบจะทำให้เกิดการปนเปื้อนและทำให้มีการสูญเสียของสารอินทรีย์ได้ ดังนั้นจึงควรที่จะต้องระมัดระวังสำหรับการย่ออยsslayในตู้อบจะใช้อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง การเลือกขนาดของหลอดที่ใช้ขึ้นอยู่กับความไว(sensitivity) ที่ต้องการ

สารเคมี

- (1) สารละลายน้ำตราชูนโพಡัสเซียมไดโกรเมต 0.0167 M ละลายน $K_2Cr_2O_7$ 4.913 กรัม ที่อบแห้งในตู้อบอุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น(dessicator) ในน้ำกลันประมาณ 500 มิลลิลิตร ค่อยๆ เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 167 มิลลิลิตร เติม $HgSO_4$ 33.3 กรัม คนให้ละลาย ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง และเจือจากให้มีปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลัน
- (2) กรดซัลฟูริกไฮเจนต์ ละลายน Ag_2SO_4 22 กรัม ลงในกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1 ขวด ซึ่งมีน้ำหนัก 4.0 กิโลกรัม
- (3) สารละลายนีโตรอินอินดิเคเตอร์ ละลายน $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.695 กรัม และ 1,10 phenanthroline monohydrate 1.485 กรัม ในน้ำกลันแล้วเจือจากปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร
- (4) สารละลายน้ำตราชูนเฟอร์สแอมโนเนียมชัลเฟต 0.1 M ละลายน $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot H_2O$ 39.2 กรัม ในน้ำกลันประมาณ 500 มิลลิลิตร เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร คนให้ละลาย ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเติมน้ำกลันจนมีปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร สารละลายนี้ต้องเทียบมาตรฐานกับสารละลายน้ำตราชูนโพแทสเซียมไดโกรเมตที่ใช้ในการย่ออยsslayทุกครั้งที่นำมาใช้ เติมสารเคมีตามตารางผนวกที่ 1 ในภาชนะย่ออยsslayแต่ใช้น้ำกลันแทนด้วยน้ำยา ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วได้เตรียมด้วยสารละลายน้ำตราชูนเฟอร์สแอมโนเนียมชัลเฟต ใช้เพื่อเริ่มเป็นอินดิเคเตอร์ 1-2 หยดทำ ประมาณ 1-2 หลอด ได้เตรียมจนถึงจุดยุติสิ่งเปลี่ยนจากสีฟ้าอมเขียวเป็นสีน้ำตาลแดง

วิธีการวิเคราะห์

- (1) ล้างหลอดด้วยย่ออยsslayและฝาจุกด้วยกรดซัลฟูริก 20 เปอร์เซ็นต์ ก่อนนำไปใช้ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนด้วยสารอินทรีย์
- (2) เลือกใช้ปริมาตรของตัวอย่างน้ำและสารเคมีที่เหมาะสม

- (3) นำ ตัวอย่างน้ำมาใส่หลอดย่อยสลายหรือเอมพูล เดิมสารละลายน้ำที่ใช้ในการย่อยสลายซึ่งได้แก่สารละลามาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต
- (4) ค่อย ๆ เทกรดซัลฟูริกเข้าไปในหลอดแก้ว เพื่อให้ชั้นของกรดอยู่ได้ชั้นตัวอย่างน้ำและสารละลายน้ำในการย่อยสลาย
- (5) ปิดจุกหลอดแก้วให้แน่นหรือถ้าใช้เอมพูลก็ให้เชื่อมให้สนิท และคำว่าหลอดแก้วไปมาหลาย ๆ ครั้งเพื่อผสมให้เข้ากันอย่างทั่วถึง
- (6) นำ หลอดทดลองน้ำไปใส่เครื่องย่อยสลาย (block digester) หรือถุง ซึ่งได้ทำ ให้ร้อนถึง อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสก่อน ใช้เวลาเริ่ฟลักซ์ 2 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นถึงอุณหภูมิห้องโดยนำหลอดทดลองมาวางในที่วางหลอดทดลอง
- (7) เปิดฝาจุก และจีบไส้แท่งแม่เหล็กที่หุ้มด้วยทีโอฟอี (TFE covered magnetic bar) ถ้าใช้เอมพูล ให้เทข่องผสมลงไปในภาชนะที่ใหญ่กว่า เพื่อนำ ไปไดเรก เดิมเพื่อโรอิน-อินดิเคเตอร์ ประมาณ 1-2 หยด คนโดยใช้เครื่องกวนชนิดใช้แม่เหล็ก (magnetic stirrer) อย่างรวดเร็ว ในขณะที่ไดเรกด้วยสารละลามาตรฐานเฟอรัสเอมโมเนียมซัลเฟต 0.1 M จุดยุติจะเปลี่ยนอย่างรวดเร็วจากสีฟ้าอมเขียวเป็นสีน้ำตาลแดง ถึงแม้บางครั้งสีฟ้าอมเขียวอาจจะกลับมาปรากฏอีกในหลายนาทีถัดมา และในลักษณะเดียวกันให้ทำ รีฟลักซ์และไดเรก แบบที่มีรีเอเจนต์กับน้ำกลันในปริมาตรเท่ากับตัวอย่างน้ำด้วย

การคำนวณ

$$\text{COD (มิลลิกรัม/ลิตร)} = \frac{(A-B) \times M \times 8,000}{\text{มิลลิลิตรตัวอย่าง}}$$

A = มิลลิลิตร $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ ที่ใช้ในการไดเรกแบบ

B = มิลลิลิตร $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ ที่ใช้ในการไดเรกตัวอย่างน้ำ

M = Molarity ของ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณตัวอย่างและรีเอเจนต์ที่ใช้สำหรับขนาดต่าง ๆ ของภาชนะที่ใช้ในการย่อยสลาย

ขนาดของภาชนะย่อยสลาย	ตัวอย่าง (ml)	สารละลายน้ำ (ml)	กรดซัลฟูริก (ml)	ปริมาตร ทั้งหมด (ml)
หลอดย่อยสลาย				
16x100 mm	2.5	1.5	3.5	7.5
20x150 mm	5.0	3.0	7.0	15.0
25x150 mm	10.0	6.0	14.0	30.0
แอลมูนีียมราฐน์				
10 ml	2.5	1.5	3.5	7.5

3. Biochemical oxygen demand (BOD)

BOD คือปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ค่า BOD นี้จะบอกถึงคุณลักษณะของน้ำเสียนั้นว่ามีสารอินทรีย์ปนอยู่มากหรือไม่ ถ้าค่า BOD มีมากแสดงว่ามีสารอินทรีย์ปนอยู่มาก แต่ถ้าค่า BOD น้อยแสดงว่ามีสารอินทรีย์ปนอยู่น้อยด้วย

เครื่องมือและอุปกรณ์

- ขวดมาตรฐานความจุ 250-300 มิลลิลิตร มีจุกปิดได้สนิทปากกว้างออกเล็กน้อยมีร่องเห็นช่อง และปากขวดเพื่อให้มีน้ำหล่อออยู่เสมอขณะ incubate ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการดึงอากาศจากภายนอกเข้าไปในขวด ขวดนี้ต้องล้างให้สะอาดทุกครั้งก่อนนำ มาใช้
- เครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ 20 องศาเซลเซียส
- ตู้เย็นขนาด 6 คิวบิกฟุต
- กระบอกรดตัวขนาด 1,000 มิลลิลิตร

สารเคมี

1. น้ำกลันบวิสุทธิ์คุณภาพสูงปราศจากคลอรีน อัลคาไลนิต์ กรด และสารอินทรีย์ มีทองแดงปนได้ไม่เกิน 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร
2. สารละลายนฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ละลายน KH_2PO_4 8.5 กรัม K_2HPO_4 21.75 กรัม $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 33.4 กรัม และ NH_4Cl 1.7 กรัม ในน้ำกลันประมาณ 500 มิลลิลิตร แล้วเจือจากปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร สารละลายนี้ควรจะมีค่า pH 7.2
3. สารละลายนแมกนีเซียมชัลไฟต์ ละลายน $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ จำนวน 22.5 กรัม ในน้ำกลันแล้วเจือจากปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร
4. สารละลายนแคลเซียมคลอไรด์ ละลายน CaCl_2 ที่อบแห้ง 27.5 กรัม ในน้ำกลันแล้วเจือจากปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร
5. สารละลายนเฟอริคคลอไรด์ ละลายน $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0.25 กรัม ในน้ำกลันแล้วเจือจากปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร
6. สารละลายนโซเดียมชัลไฟต์ 0.025 N ละลายน Na_2SO_3 ที่อบแห้ง 1.575 กรัม ในน้ำกลันแล้วเจือจากปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร สารละลายนี้ไม่คงที่สลายตัวได้ง่าย จึงควรเตรียมเฉพาะเวลาที่ต้องการเท่านั้น
7. สารละลายนกรดและด่าง 1 N สำหรับใช้ปรับค่า pH ให้เป็นกลาง
8. การเติมน้ำเชื้อ (seeding) เพื่อต้องการให้มีจำนวนแบคทีเรียเพียงพอในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย น้ำเสียประเภทสารอินทรีย์ เช่น น้ำโสโครกจากบ้านเรือนซึ่งมีแบคทีเรียอยู่เป็นจำนวนมากแล้วก็ไม่จำ เป็นต้องเติมน้ำเชื้อลงไปอีก

ตัวอย่างน้ำที่มีเชื้อแบคทีเรียอยู่น้อยหรือไม่มีเลย เช่น น้ำทึบที่ผ่านการผ่าเชื้อด้วยคลอรีน น้ำทึบที่อุณหภูมิสูง เป็นกรดหรือด่างแรงจะต้องเติมน้ำเชื้อลงในน้ำที่ใช้เจือจาก น้ำเชื้อมาตรฐานเตรียมได้จากน้ำโสโครกจากบ้านเรือนที่ปล่อยให้ตกตะกอนและใส่ไว้ในตู้อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-36 ชั่วโมง จึงดูดเอาน้ำส่วนมาใช้ โดยทว่าไปแล้วใช้น้ำเชื้อมาตรฐาน 1-2 มิลลิลิตรต่อน้ำที่ใช้เจือจาก 1,000 มิลลิลิตร

วิธีการวิเคราะห์

1. การเตรียมน้ำสำหรับใช้เจือจาง

- 1.1 ตวงน้ำกลั่นให้มากกว่าปริมาณที่ต้องการใช้ 1,000 มิลลิลิตร ใส่ลงในภาชนะที่สะอาด
- 1.2 เดิมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ แมgnีเซียมซัลเฟต แคลเซียมคลอไรด์ และเฟอร์กิค คลอไรด์ ตามลำดับ ใช้สารละลายแต่ละชนิด 1 มิลลิลิตร ต่อเจ้น้ำอ้าง 1,000 มิลลิลิตร
- 1.3 เป้าอากาศที่สะอาด เพื่อเพิ่มปริมาณสารละลายออกซิเจนให้กับน้ำเจือจางเป็นเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง

1.4 เดิมน้ำ 2 มิลลิลิตร ต่อน้ำใช้เจือจาง 1,000 มิลลิลิตร ในกรณีที่จำ เป็นต้องใช้

2. การเตรียมตัวอย่างน้ำที่จะวิเคราะห์

- 2.1 ตัวอย่างน้ำที่เป็นด่างหรือกรดจะต้องปรับให้เป็นกลาง คือ pH ประมาณ 7 ด้วย H_2SO_4 1 N หรือ NaOH 1 N แล้วแต่กรณี

2.2 ตัวอย่างน้ำที่มีสารประกอบคลอรีนส่วนเหลือ โดยปกติถ้าตั้งตัวอย่างน้ำทึ้งไว้ 1-2 ชั่วโมง คลอรีนส่วนที่เหลือจะถลวยตัวไป แต่ถ้าตัวอย่างน้ำที่ปรับให้เป็นกลางแล้วยังมีคลอรีนส่วนเหลืออยู่มากต้องกำ จัดโดยใช้โซเดียมซัลไฟด์ การหาปริมาณคร่าว ๆ ของโซเดียมซัลไฟด์ที่จะเดิม ทำ ได้โดยใช้ตัวอย่างน้ำ 100-1,000 มิลลิลิตร เดิมกรดอะซิດิก (1+1) หรือกรดซัลฟูริก (1+50) 10 มิลลิลิตร แล้วไถเตรตด้วยโซเดียมซัลไฟด์ 0.025 N ใช้น้ำแข็งเป็นอินดิเคเตอร์ ก็จะทราบปริมาณโซเดียมซัลไฟด์ที่จะต้องใช้ แล้วจึงนำ ตัวอย่างน้ำที่กำ จัดคลอรีนส่วนเกินแล้วไปหาค่า BOD ต่อไป

2.3 ตัวอย่างน้ำที่มีโลหะหนักหรือสารเป็นพิษชนิดอื่นปนอยู่ จะต้องศึกษาและกำ จัด เสียก่อนเป็นพิเศษ

การคำนวณ

1. ในกรณีที่ไม่เดิมเชื้อ

$$\text{มิลลิกรัม/ลิตร BOD} = \frac{\text{D1}-\text{D2}}{\text{P}}$$

2. ในกรณีที่เดิมเชื้อ

$$\text{มิลลิกรัม/ลิตร BOD} = \frac{(\text{D1}-\text{D2})-(\text{B1}-\text{B2})}{\text{P}}$$

$$\text{D1} = \text{DO} \text{ ของตัวอย่างที่ทำ การเจือจางแล้วเป็นเวลา } 15 \text{ นาที } \text{ ของวันที่ } 0$$

D2 = DO ของตัวอย่างที่ทำ การเจือจางแล้วและบ่มเป็นเวลา 5 วัน

P = อัตราส่วนของตัวอย่างที่ใช้ต่อตัวอย่างที่เจือจางแล้ว

B1 = DO ของหัวเชื้อคุณ (seed control) ก่อนการบ่ม

B2 = DO ของหัวเชื้อคุณ (seed control) หลังการบ่ม 5 วัน

f = อัตราส่วนของหัวเชื้อในตัวอย่างต่อในหัวเชื้อคุณ

= % seed in D1

% seed in B1





ตารางภาคผนวก ข-1 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการใช้เศษอาหารและมูลสัตว์เป็นวัตถุดิบในการผลิตก๊าซชีวภาพในระบบแบบแบบทertz

วันที่	ถังชุดที่ 1 (เศษอาหาร)				ถังชุดที่ 2 (มูลสัตว์)			
	pH	ความสูงของถังเก็บก๊าซ (cm)	ปริมาณ biogas (L)	ปริมาณ biogas สะสม (L)	pH	ความสูงของถังเก็บก๊าซ (cm)	ปริมาณ biogas (L)	ปริมาณ biogas สะสม (L)
1	6.65	0	0	0	7.41	0	0	0
2	6.63	0	0	0	7.30	0	0	0
3	6.63	0	0	0	7.28	14	73.98	73.98
4	6.63	10.5	55.48	55.48	7.25	23	121.53	195.51
5	6.59	28.1	148.48	203.96	7.25	27	142.67	338.18
6	6.57	35	184.94	388.90	7.23	33	174.37	512.55
7	6.55	37.5	198.15	587.05	7.22	31.5	166.45	678.99
8	6.54	40	211.36	798.41	7.20	35	184.94	869.93
9	6.53	38.5	203.43	1001.85	7.17	33.25	175.69	1039.63
10	6.51	42.5	224.57	1226.42	7.12	42.5	224.57	1264.2
11	6.48	41.5	219.29	1445.70	7.07	46.4	245.18	1509.37
12	6.42	44.5	235.14	1680.84	7.04	40.25	212.68	1722.06
13	6.41	47.5	250.99	1931.83	7.02	38.3	202.38	1924.43
14	6.40	44.25	233.82	2165.65	6.97	37.5	198.15	2122.58
15	6.38	42.25	223.25	2388.90	6.97	34.25	180.98	2303.56
16	6.34	39.75	210.04	2598.94	6.95	31.5	166.45	2470.01
17	6.31	35.5	187.58	2786.52	6.89	27.5	145.31	2615.32
18	6.30	24.25	128.14	2914.65	6.85	24.05	127.08	2742.4
19	6.27	12.5	66.05	2980.70	6.84	10.5	55.48	2742.4
20	6.26	0	0	2980.70	6.82	0	0	2742.4

ตารางภาคผนวก ข-2 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการใช้เศษอาหารและมูลสัตว์เป็นวัตถุดิบในการผลิตก๊าซชีวภาพในระบบแบบกึ่งต่อเนื่อง

วันที่	ถังชุดที่ 1 (เศษอาหาร)				ถังชุดที่ 2 (มูลสัตว์)			
	pH	ความสูง ของถัง เก็บก๊าซ (cm)	ปริมาณ biogas (L)	ปริมาณ biogas สะสม (L)	pH	ความสูง ของถังเก็บ ก๊าซ (cm)	ปริมาณ biogas (L)	ปริมาณ biogas สะสม (L)
1	6.87	62	274.77	274.77	7.18	55	237.78	237.78
2	6.82	65.75	294.58	569.35	7.12	60	264.20	501.98
3	6.83	72.25	328.93	898.28	7.15	66	295.90	797.88
4	6.81	78.5	361.95	1260.23	7.18	69	311.76	1109.64
5	6.79	81.5	377.81	1638.04	7.25	70.5	319.68	1429.32
6	6.77	84	391.02	2029.06	7.23	73.5	335.53	1764.86
7	6.80	82.5	383.09	2412.15	7.22	69.5	314.40	2079.25
8	6.79	87	406.87	2819.01	7.25	73.2	333.95	2413.20
9	6.81	85.7	400.00	3219.01	7.27	70	317.04	2730.24
10	6.81	82	380.45	3599.46	7.27	73.5	335.53	3065.78
11	6.80	86	401.58	4001.04	7.28	72	327.61	3393.38
12	6.82	85.5	398.94	4399.99	7.24	74	338.18	3731.56
13	6.79	89.2	418.49	4818.48	7.26	75.2	344.52	4076.08
14	6.81	84.25	392.34	5210.82	7.27	71.5	324.97	4401.04
15	6.78	90	422.72	5633.54	7.25	74.5	340.82	4741.86
16	6.80	88.5	414.79	6048.33	7.20	70	317.04	5058.90
17	6.81	85.5	398.94	6447.27	7.17	72	327.61	5386.51
18	6.80	83.8	389.96	6837.23	7.12	73.5	335.53	5722.04
19	6.77	85	396.30	7233.53	7.10	76.2	349.80	6071.84
20	6.76	89.5	420.08		7.07	73.9	337.65	6409.49

วันที่	ถังชุดที่ 1 (เศษอาหาร)				ถังชุดที่ 2 (มูลสัตว์)			
	pH	ความสูง ของถัง เก็บก๊าซ (cm)	ปริมาณ biogas (L)	ปริมาณ biogas สะสม (L)	pH	ความสูง ของถัง เก็บก๊าซ (cm)	ปริมาณ biogas (L)	ปริมาณ biogas สะสม (L)
21	6.75	85.5	398.94	8052.55	7.14	75	343.46	6752.95
22	6.72	88	412.15	8464.70	7.17	73.7	336.59	7089.54
23	6.71	91	428.00	8892.71	7.21	75	343.46	7433.00
24	6.73	88	412.15	9304.86	7.25	72.4	329.72	7762.72
25	6.75	90	422.72	9727.58	7.27	74.2	339.23	8101.96
26	6.77	88	412.15	10139.73	7.23	76	348.74	8450.70
27	6.75	85	396.30	10536.03	7.22	75.7	347.16	8797.86
28	6.73	87.5	409.51	10945.54	7.20	76.2	349.80	9147.66
29	6.77	88	412.15	11357.69	7.17	75	343.46	9491.12
30	6.79	90	422.72	11780.41	7.22	73	332.89	9824.01
31	6.81	91.5	430.65	12211.06	7.17	75.5	346.10	10170.11
32	6.78	88.2	413.21	12624.27	7.14	73.2	333.95	10504.06
33	6.77	86.5	404.23	13028.49	7.12	75.5	346.10	10850.17
34	6.80	90.5	425.36	13453.86	7.10	77.2	355.08	11205.25
35	6.78	87	406.87	13860.72	7.18	74.4	361.43	11566.68
36	6.81	90	422.72	14283.44	7.16	75.5	367.24	11933.91
37	6.80	88	412.15	14695.60	7.11	72.7	352.44	12286.36
38	6.79	90	422.72	15118.32	7.15	75.5	361.95	12648.31

ตารางภาคผนวก ข-3 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัด COD และ VS เมื่อใช้เศษอาหารและมูลสัตว์เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพ ในการดำเนินระบบแบบกึ่งต่อเนื่อง

ระยะเวลา ที่ใช้ใน การหมัก	COD		VS	
	เศษ อาหาร	มูลสัตว์	เศษ อาหาร	มูลสัตว์
0	147.54	126.75	28.25	25.12
5	131.34	122.85	27.46	22.82
10	129.75	111.65	21.2	20.91
15	104.28	101.74	20.17	19.55
20	91.56	90.24	18.74	17.28
25	83.72	82.46	13.45	12.74
30	79.84	68.15	11.17	9.68
35	55.12	53.46	7.89	7.54
38	48.89	46.3	6.63	6.17





1. การคำนวณการเตรียมสารละลายเศษอาหารที่มีค่าของแข็งทั้งหมดประมาณ 4% (w/v)

ตัวอย่างการคำนวณ

เตรียมสารละลายเศษอาหารที่มีค่าของแข็งทั้งหมดประมาณ 4% (w/v) จากเศษอาหารที่มีความชื้น 76.6% และ มีค่าของแข็งทั้งหมด (TS) 23.4%

สารละลายเศษอาหารมีค่าของแข็งทั้งหมด (TS) 4 % (w/v) 100 กรัม

เตรียมได้จากเศษอาหาร	4	กรัม เดิมน้ำ	96	มิลลิลิตร
----------------------	---	--------------	----	-----------

แต่เศษอาหารมีค่าของแข็งทั้งหมด TS 23.4 % (w/v)

น้ำคือเศษอาหาร	23.4	กรัม จะต้องเดิมน้ำ	<u>96 x 23.4</u>	มิลลิลิตร
----------------	------	--------------------	------------------	-----------

4

= 561.6 มิลลิลิตร

แต่เนื่องจากเศษอาหารมีความชื้น 76.6% หากต้องการเตรียมให้มีค่าของแข็งมีค่าประมาณ 4%

จะต้องใช้เศษอาหารหนัก 100 กรัม และเดิมน้ำ $561.6 - 76.6 = 485$ มิลลิลิตร

ปริมาตรรวมทั้งหมดของสารละลายเศษอาหาร(เศษอาหาร+น้ำ)จะเท่ากับ $100 + 485 = 585$ มิลลิลิตร

ถ้าต้องการเตรียมสารละลายเศษอาหารให้ได้ปริมาตรทั้งหมด 1000 มิลลิลิตร

ปริมาตรสารละลายเศษอาหารทั้งหมด	585	มิลลิลิตร ใช้เศษอาหาร 100	กรัม
--------------------------------	-----	---------------------------	------

ถ้าเตรียมสารละลายเศษอาหารทั้งหมด	1000	มิลลิลิตร ใช้เศษอาหาร <u>100×1000</u>	กรัม
----------------------------------	------	---	------

585

= 170.94 กรัม

เศษอาหาร	100	กรัม ต้องเดิมน้ำ	485	มิลลิลิตร
----------	-----	------------------	-----	-----------

ถ้าใช้เศษอาหาร	170.94	กรัม ต้องเดิมน้ำ	<u>485×170.94</u>	มิลลิลิตร
----------------	--------	------------------	---------------------------------------	-----------

100

= 829.06 มิลลิลิตร

ดังนั้น เตรียมสารละลายเศษอาหารที่มีค่าของแข็งทั้งหมดประมาณ 4% (w/v) จากเศษอาหารที่มีความชื้น

76.6% และ มีค่าของแข็งทั้งหมด (TS) 23.4% ปริมาตร 1 ลิตร

จะต้องใช้เศษอาหาร 170.94 กรัม ผสมกับน้ำ 829.06 มิลลิลิตร

2. การคำนวณการเตรียมสารละลายมูลสัตว์ที่มีค่าของแข็งทั้งหมดประมาณ 4% (w/v)

ด้วยวิธีการคำนวณ

เตรียมสารละลายมูลสัตว์ที่มีค่าของแข็งทั้งหมดประมาณ 4% (w/v) จากมูลสัตว์ที่มีความชื้น 84.58% และ มีค่าของแข็งทั้งหมด (TS) 15.42%

สารละลายมูลสัตว์มีค่าของแข็งทั้งหมด (TS) 4 % (w/v) 100 กรัม

เตรียมได้จากมูลสัตว์	4	กรัม เดิมน้ำ	96	มิลลิลิตร
----------------------	---	--------------	----	-----------

แต่เมื่อมูลสัตว์มีค่าของแข็งทั้งหมด (TS) 15.42 % (w/v)

น้ำคือมูลสัตว์	15.42	กรัม จะต้องเดิมน้ำ	<u>96 x 15.42</u>	มิลลิลิตร
			4	

= 370.08 มิลลิลิตร

แต่เนื่องจากมูลสัตว์มีความชื้น 84.58% หากต้องการเตรียมให้มีค่าของแข็งมีค่าประมาณ 4%

จะต้องใช้มูลสัตว์หนัก 100 กรัม และเดิมน้ำ $370.08 - 84.58 = 285.5$ มิลลิลิตร

ปริมาตรรวมทั้งหมดของสารละลายมูลสัตว์(มูลสัตว์+น้ำ)จะเท่ากับ $100 + 285.5 = 385.5$ มิลลิลิตร

ถ้าต้องการเตรียมสารละลายมูลสัตว์ให้ได้ปริมาตรทั้งหมด 1000 มิลลิลิตร

ปริมาตรสารละลายมูลสัตว์ทั้งหมด	385.5	มิลลิลิตร ใช้มูลสัตว์	100	กรัม
--------------------------------	-------	-----------------------	-----	------

ถ้าเตรียมสารละลายมูลสัตว์ทั้งหมด	1000	มิลลิลิตร ใช้เศษอาหาร	<u>100 x 1000</u>	กรัม
			385.5	
			= 259.40	กรัม

มูลสัตว์	100	กรัม ต้องเดิมน้ำ	285.5	มิลลิลิตร
----------	-----	------------------	-------	-----------

ถ้าใช้มูลสัตว์	259.40	กรัม ต้องเดิมน้ำ	<u>285.5 x 259.40</u>	มิลลิลิตร
----------------	--------	------------------	-----------------------	-----------

100

= 740.6 มิลลิลิตร

ดังนั้น เตรียมสารละลายมูลสัตว์ที่มีค่าของแข็งทั้งหมดประมาณ 4% (w/v) จากเศษอาหารที่มีความชื้น

84.58% และ มีค่าของแข็งทั้งหมด (TS) 15.42% ปริมาตร 1 ลิตร

จะต้องใช้มูลสัตว์ 259.40 กรัม ผสมกับน้ำ 740.6 มิลลิลิตร

3. การคำนวณอัตราการป้อนสารอินทรีย์ (Organic loading rate;OLR)

ตัวอย่างการคำนวณอัตราการป้อนสารอินทรีย์สำหรับชุดการทดลองเชิงอาหาร

ค่า COD ของเหลวที่เข้าระบบ 150,340 มิลลิกรัม/ลิตร หรือ 150.34 กรัม/ลิตร

ปริมาณของสารละลายน้ำอาหารที่เข้าระบบ 20 ลิตร/วัน

ปริมาตรความจุของเหลวของถังหมัก 750 ลิตร

$$\text{OLR} (\text{กรัม COD/ ลิตร·วัน}) = \frac{\text{ปริมาณของเหลวที่เข้าระบบ(ลิตร/วัน)} \times \text{ค่า COD ของเหลวที่เข้าระบบ(กรัม/ลิตร)}}{\text{ปริมาตรความจุของเหลวของถังหมัก(ลิตร)}}$$

$$\text{OLR} = 20 \times 150.34$$

750

$$= 4.01 \text{ กรัม COD/ ลิตร·วัน}$$

ดังนั้นค่าอัตราการป้อนสารอินทรีย์สำหรับชุดการทดลองเชิงอาหารคือ 4.01 กรัม COD/ ลิตร·วัน

ตัวอย่างการคำนวณค่าปริมาณของสารละลายน้ำมูลสัตว์ที่เข้าระบบในแต่ละวัน

เนื่องจากต้องการควบคุมปริมาณที่เติมในแต่ละวันของชุดการทดลองเชิงอาหารและมูลสัตว์ให้มีค่าเท่ากันทั้ง 2 ชุดการทดลอง

ค่า COD ของของเหลวที่เข้าระบบ 135,500 มิลลิกรัม/ลิตร หรือ 135.50 กรัม/ลิตร

ปริมาณของสารละลายน้ำอาหารที่เข้าระบบ 20 ลิตร/วัน

ปริมาตรความจุของเหลวของถังหมัก 750 ลิตร

$$\text{OLR} = 20 \times 135.50$$

750

$$= 3.61 \text{ ลิตร/วัน}$$

ดังนั้นค่าอัตราการป้อนสารอินทรีย์สำหรับชุดการทดลองมูลสัตว์คือ 3.61 กรัม COD/ ลิตร·วัน

4. การคำนวณประสิทธิภาพการกำจัดของระบบ (% removal)

$$\text{ประสิทธิภาพการกำจัด (\%)} = \frac{(\text{สารอินทรีย์ที่เข้าระบบ} - \text{สารอินทรีย์ที่ออกจากระบบ}) \times 100}{\text{สารอินทรีย์ที่เข้าระบบ}}$$

ตัวอย่างการคำนวณ

ค่า COD ของเหลวที่เข้าระบบ 252,574 มิลลิกรัม/ลิตร หรือ 252.57 กรัม/ลิตร

ค่า COD ของเหลวที่เข้าระบบ 74,303 มิลลิกรัม/ลิตร หรือ 74.30 กรัม/ลิตร

$$\text{ประสิทธิภาพการกำจัด (\%)} = \frac{(252.57 - 74.30) \times 100}{252.57}$$

$$= 70.58\%$$

5. การคำนวณปริมาณกําชีวภาพที่เกิดต่อหน้างานสารอินทรีย์ที่เข้าระบบ

ปริมาณกําชีวภาพที่เกิดต่อหน้างานสารอินทรีย์เข้าระบบ(ลิตร/กรัมสารอินทรีย์ที่เติม)

$$= \frac{\text{ปริมาณกําชีวภาพทั้งหมดที่เกิดต่อวัน(ลิตร/วัน)}}{\text{ของเหลวที่เข้าระบบ(ลิตร/วัน)} \times \text{ค่าสารอินทรีย์ที่เข้าระบบ(กรัม/ลิตร)}}$$

ตัวอย่างการคำนวณชุดการทดลองเชษוחาหาร

ปริมาณกําชีวภาพทั้งหมดโดยเฉลี่ย = 62 ลิตร/วัน

ปริมาณของเหลวที่เข้าระบบโดยเฉลี่ย = 5 ลิตร/วัน

ค่า COD ของเหลวที่เข้าระบบโดยเฉลี่ย = 252.57 กรัม/ลิตร

ค่า VS ของเหลวที่เข้าระบบโดยเฉลี่ย = 72.36 กรัม/ลิตร

ปริมาณกําชีวภาพที่เกิดต่อหน้างานสารอินทรีย์เข้าระบบ(ลิตร/กรัมสารอินทรีย์ที่เติม)

$$= \frac{62}{5 \times 252.57}$$

$$= 0.049 \text{ ลิตร/กรัม COD ที่เติม}$$

ปริมาณกําชีวภาพที่เกิดต่อหน้างานสารอินทรีย์เข้าระบบ(ลิตร/กรัมสารอินทรีย์ที่เติม)

$$= \frac{62}{5 \times 72.36}$$

$$= 0.171 \text{ ลิตร/กรัม VS ที่เติม}$$

ตัวอย่างการคำนวณชุดการทดลองมูลสัตว์

ปริมาณกําชีวภาพทั้งหมดโดยเฉลี่ย = 68.5 ลิตร/วัน

ปริมาณของเหลวที่เข้าระบบโดยเฉลี่ย = 6.27 ลิตร/วัน

ค่า COD ของเหลวที่เข้าระบบโดยเฉลี่ย = 201.08 กรัม/ลิตร

ค่า VS ของเหลวที่เข้าระบบโดยเฉลี่ย = 55.35 กรัม/ลิตร

ปริมาณกําชีวภาพที่เกิดต่อน้ำหนักสารอินทรีย์เข้าระบบ(ลิตร/กรัมสารอินทรีย์ที่เติม)

$$= \frac{58.5}{6.27 \times 201.08}$$

$$= 0.054 \text{ ลิตร/กรัม COD ที่เติม}$$

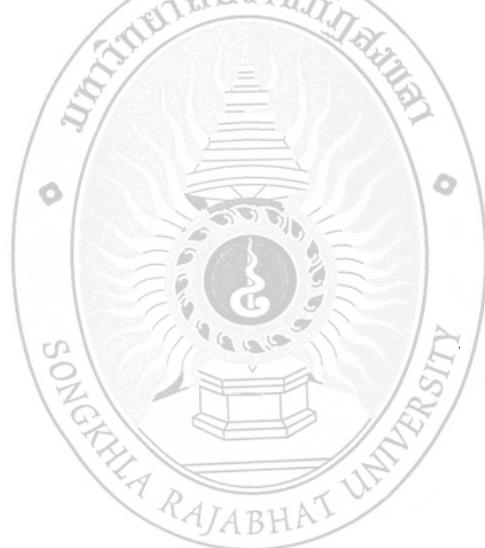
ปริมาณกําชีวภาพที่เกิดต่อน้ำหนักสารอินทรีย์เข้าระบบ(ลิตร/กรัมสารอินทรีย์ที่เติม)

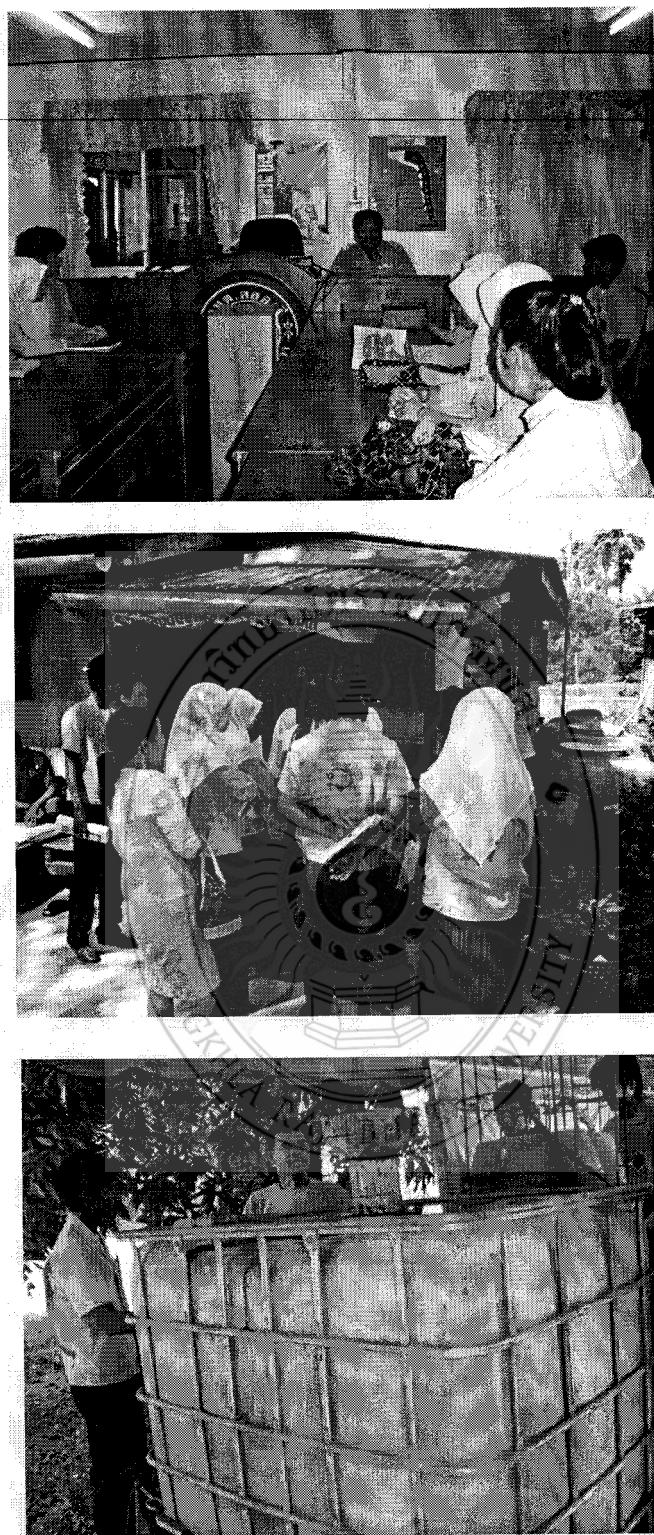
$$= \frac{58.5}{6.27 \times 55.35}$$

$$= 0.168 \text{ ลิตร/กรัม VS ที่เติม}$$



ภาคผนวก ๔
ประมวลภาพการดำเนินการวิจัย

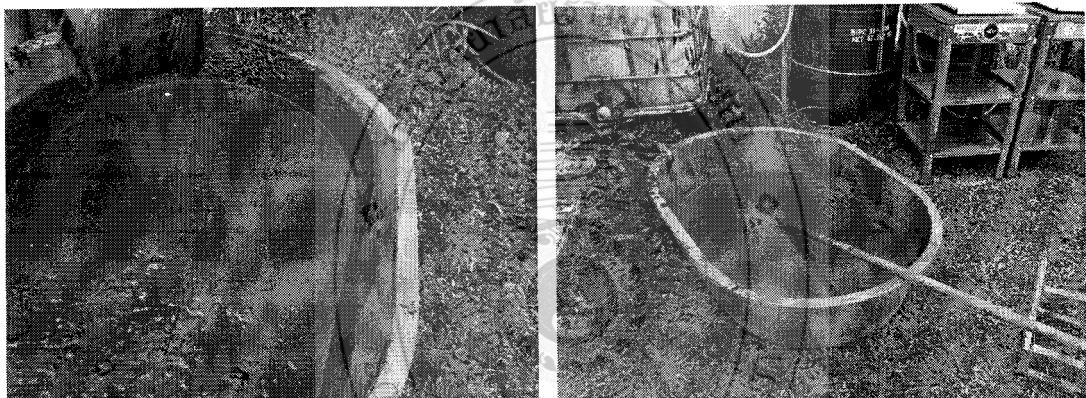




ภาพที่ ๓-๑ ลงพื้นที่เข้าเยี่ยมชม กระบวนการผลิตก้าชชีวภาพ
ณ องค์การบริหารส่วนตำบลคลองรี อำเภอสทิงพระ จังหวัดสงขลา



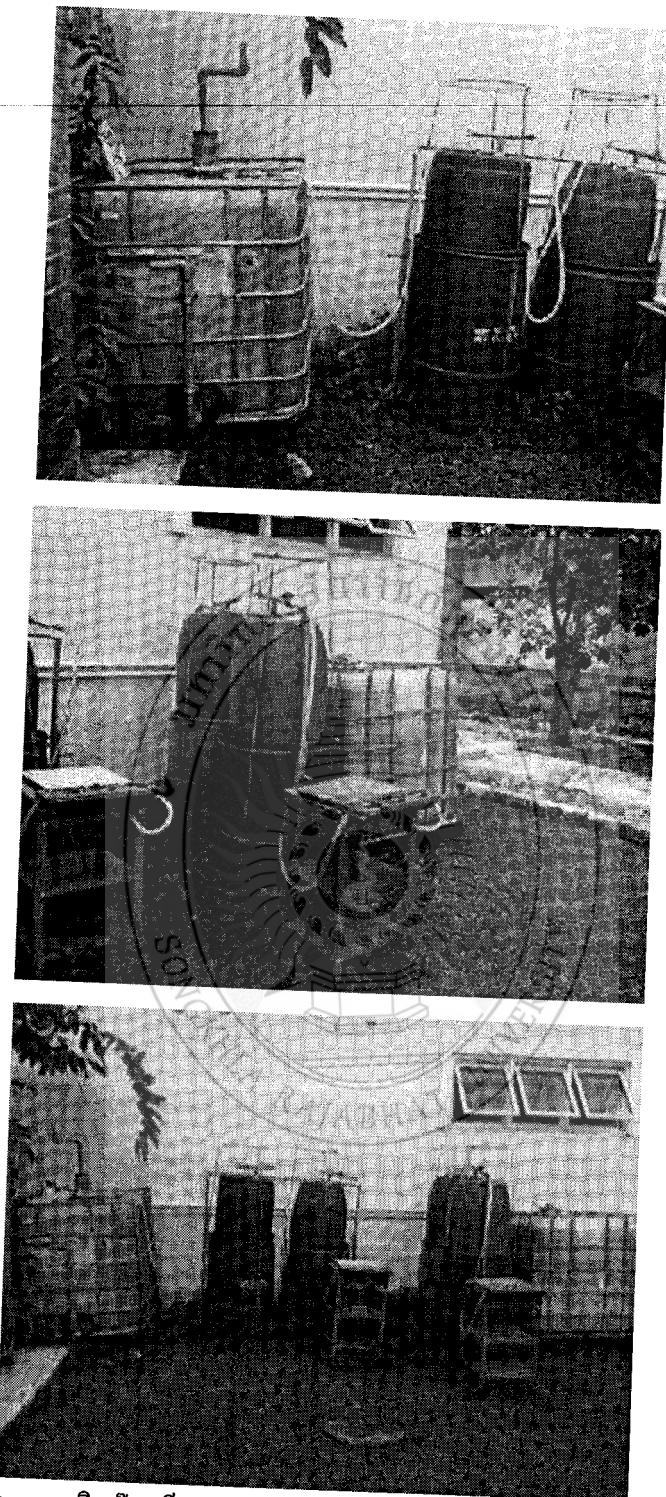
ภาพที่ ง-2 ลักษณะหัวเชือจากตะกอนจุลินทรีย์ในถังผลิตก้าชของ
องค์การบริหารส่วนตำบลคลองรี อำเภอสตึงพระ จังหวัดสงขลา



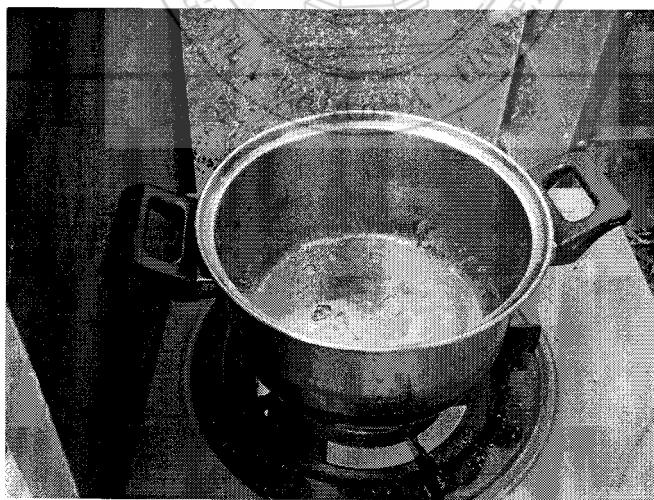
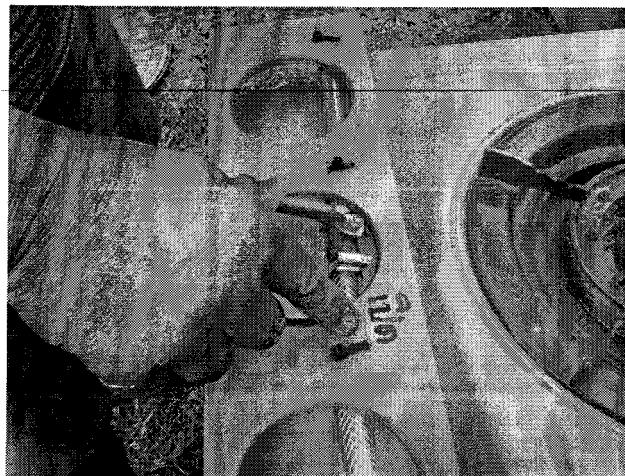
ภาพที่ ง-3 การเตรียมหัวเชือมูลไครสต์สำหรับบรรจุในชุดถังหมัก



ภาพที่ ง-4 ลักษณะสารละลายน้ำเสียงอาหารที่มีค่า TS ประมาณ 4%



ภาพที่ ง-5 ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ 2 ชุด ณ อาคารปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพ
เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้ขยะอินทรีย์และเศษอาหารเป็นวัตถุดิบ



ภาพที่ ง-6 ทดสอบการใช้ก๊าซเชิงภาพที่ผลิตได้



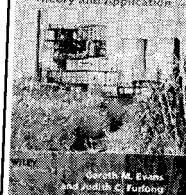
ภาคพนวก
การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ใช้เป็นเอกสารประกอบการสอนในรายวิชา 4353501 เทคโนโลยีชีวภาพสิ่งแวดล้อม



รายวิชา 4353501
เทคโนโลยีชีวภาพทางดิ่งแวดล้อม

Environmental Biotechnology
Theory and Application

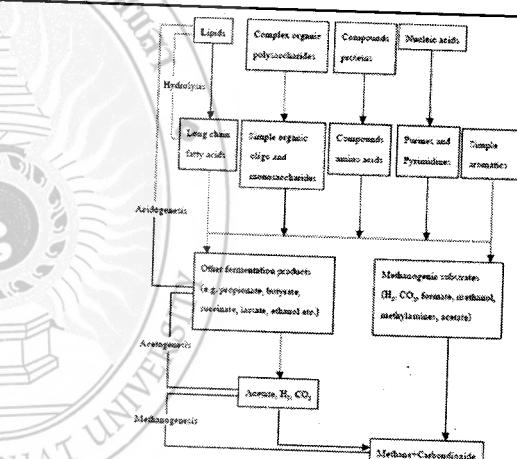
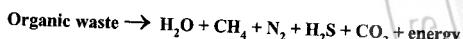


การผลิตกําชีวภาพ

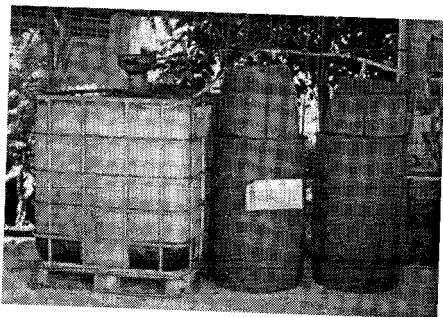


กระบวนการไนโตรอ็อกซิเจน (anaerobic process)

- กระบวนการรื้อไนโตรอ็อกซิเจน (anaerobic process) ถูกนิยรื้อไนโตรอ็อกซิเจนจะติดต่อกันโดยใช้สารประgonพวก SO_4^{2-} , NO_3^- ทำให้สารอินทรีย์สลายข้าวได้ดังงานและสารประgonอื่นที่ไม่คงตัว ได้แก่ มีเทน ในโครง墩 ไนโตรเจนซัล ไฟฟ์ bacteria

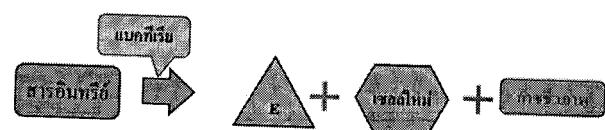


กรณีศึกษา โครงการวิจัย การพัฒนาถังผลิตกําชีวภาพจากยีนทรีย์

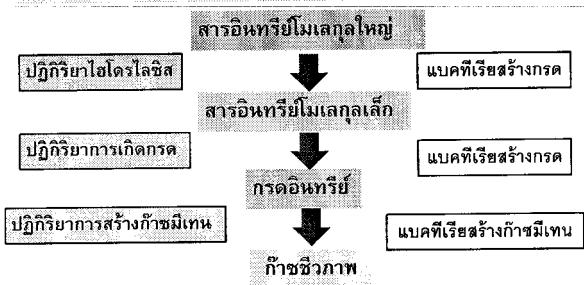


กําชีวภาพ (Biogas)

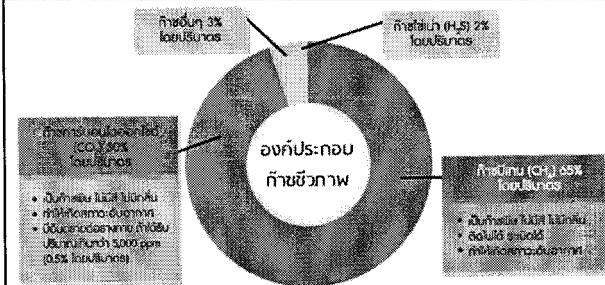
- กําชีวภาพ (Biogas) หมายถึง กําชีวที่เกิดขึ้นจากแบคทีเรียชนิดที่ไม่ต้องการอากาศหรือออกซิเจน (Anaerobic Bacteria) ทำปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์



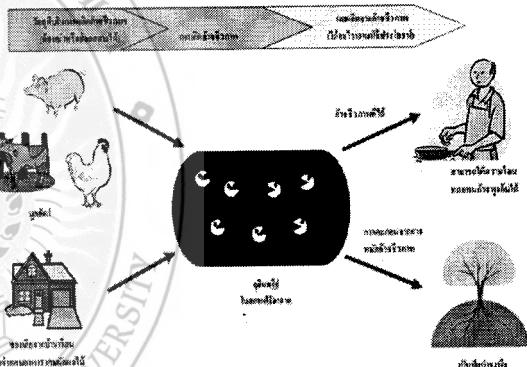
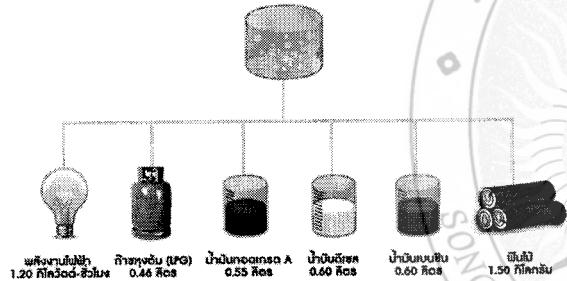
กระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพ



องค์ประกอบก๊าซชีวภาพ



ก๊าซชีวภาพ 1 กม.m.

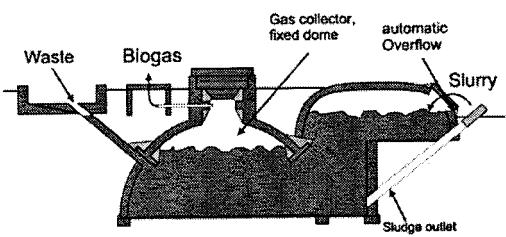


ตัวอย่างถังผลิตก๊าซชีวภาพในครัวเรือน

แบบโคมครึ่ง (Fixed Dome Digester)



แบบโคนคองที่ (Fixed Dom Digester)

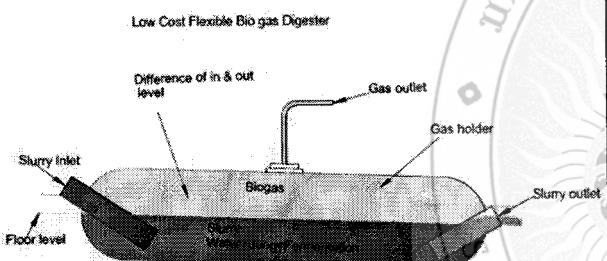


การผลิตกําชีวภาพแบบถุงหมักพีวีซี



- ขนาดของบ่อดินมีความกว้าง 2 เมตร ยาว 4 เมตร สูง 1 เมตร ซึ่งจะใช้ถุงพลาสติกพีวีซี ยาว 6 เมตร มีเส้นรอบวง 5.25 เมตร มีปริมาตรรวม 8 ลูกบาศก์เมตร

การผลิตกําชีวภาพแบบถุงหมักพีวีซี



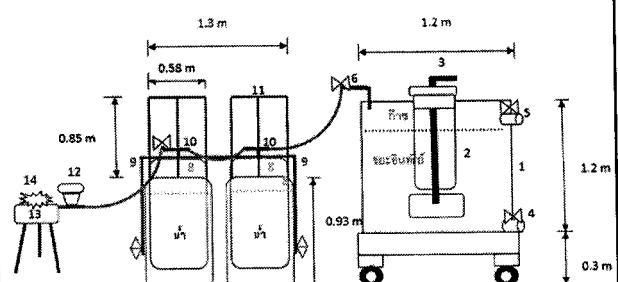
ชุดผลิตกําชีวภาพแบบต่างๆ

ถังหมักแบบครัวเรือน (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)

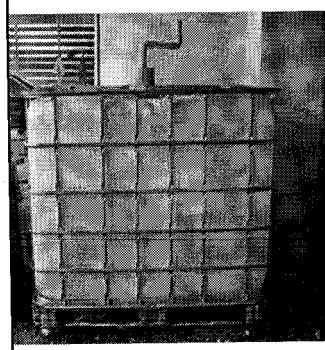
- ขนาด 200 ลิตร
- รับขยะอินทรีย์ได้ 1-5 กก./วัน
- ราคาประมาณ 6,000 บาท



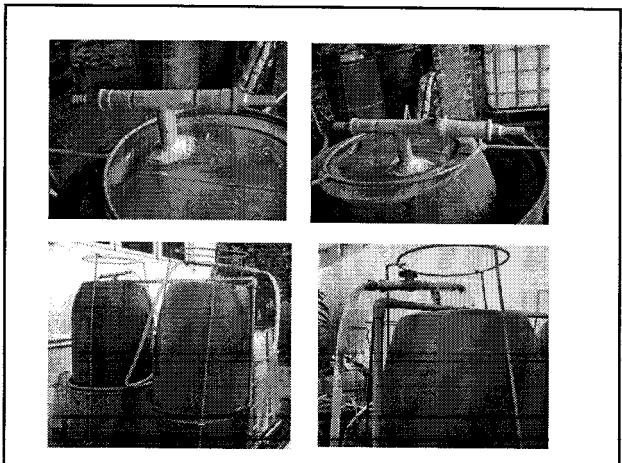
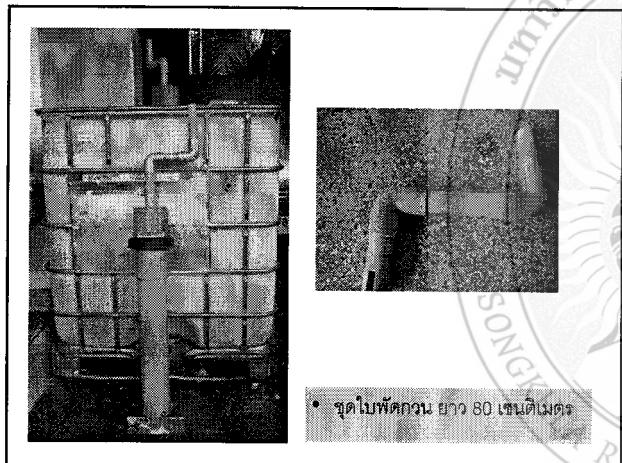
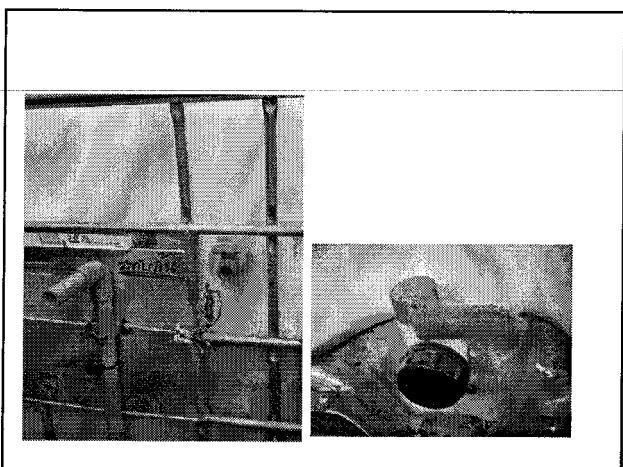
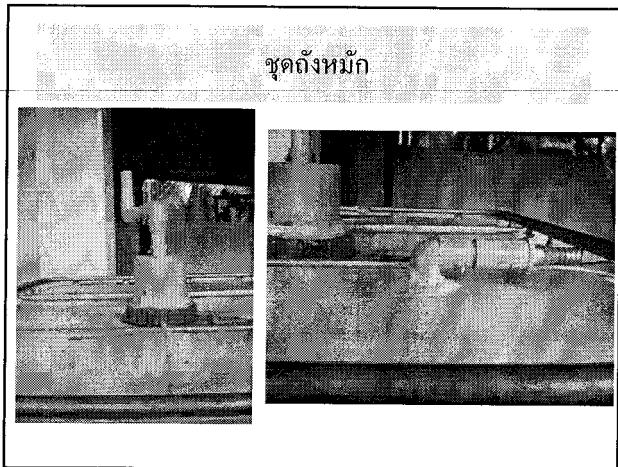
แบบเครื่องมือการผลิตกําชีวภาพจากขยะอินทรีย์



ชุดถังหมัก

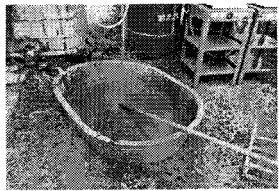


- ตัวถังทำด้วยพลาสติก High Density Polyethylene (HDPE) ขนาด 1,000 ลิตร มีพื้นที่หน้าดัดขนาด 1×1.2 เมตร มีความสูง 1.16 เมตร โดยมีปริมาตรความจุ 1,000 ลิตร ปริมาตรที่ใช้ในการหมักคือ 750 ลิตร



การเตรียมหัวเชื้อสำหรับเริ่มต้นเดินระบบ

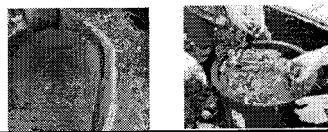
- น้ำล้วงสต๊อก 1 ส่วน ผสมน้ำ 3 ส่วน นั้นคือ มูลล้วงสต๊อก 250 กิโลกรัม เดิม น้ำเพื่อปรับปริมาตรให้ได้ 750 ลิตร ในถังหมักขนาด 1,000 ลิตร หมัก เป็นระยะเวลา 10 วัน
- จากนั้นจึงเติมมูล 2 กิโลกรัม ผสมน้ำ 2 ลิตร หรือ 2 กิโลกรัม ทุกวัน จนครบ 5 วัน



การเดินระบบและใช้งานถังหมักก้าชชีวภาพ

- สามารถเดิมวัตถุดินในทุกๆ วัน ในปริมาณ 1-5 กิโลกรัม หรือเดิมทุกๆ 3 วัน ในปริมาณ 10 – 20 กิโลกรัม

มูลสต๊อก 1 ส่วน ต่อ น้ำ 1 ส่วน
เศษอาหาร 1 ส่วน มูลสต๊อก 1 ส่วน น้ำ 1 ส่วน
เศษมักและเปลือกผลไม้ 1 ส่วน มูลสต๊อก 1 ส่วน น้ำ 1 ส่วน



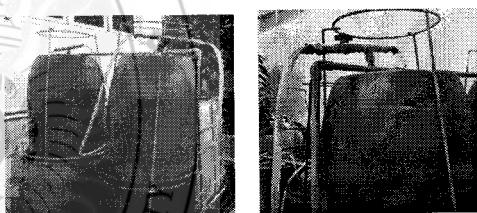
การเดินระบบและใช้งานถังหมักก้าชชีวภาพ

โดยจากการวิจัยพบว่าหากต้องการก้าชชีวภาพปริมาณวันละ 300-400 ลิตร สามารถใช้วัตถุดินในอัตราส่วนดังต่อไปนี้

- เศษอาหารประมาณ 3.5 กิโลกรัม เดิมน้ำ เพื่อปรับปริมาตร ให้ได้ 20 ลิตร ป้อนเข้าสู่ถังทุกวันอย่างต่อเนื่อง
- ส่วนมูลสต๊อกไว้ประมาณ 5 กิโลกรัม เดิมน้ำ เพื่อปรับปริมาตร ให้ได้ 20 ลิตร เช่นเดียวกัน ป้อนเข้าสู่ถังทุกวันอย่างต่อเนื่อง

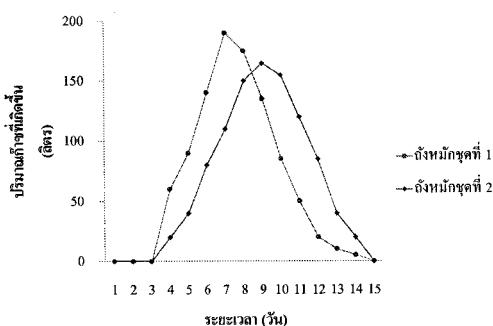


การวัดปริมาณก้าช



$$\text{ปริมาณก้าช} = \pi r^2 h_1 + \pi r^2 h_2$$

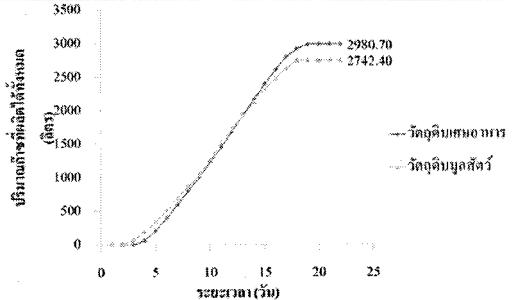
ปริมาณก้าชชีวภาพที่ผลิตได้ต่อวันในช่วงการเริ่มเดินระบบ



คุณลักษณะของสารละลายนบนอาหารและมูลสต๊อกที่มีค่า TS ประมาณ 4%

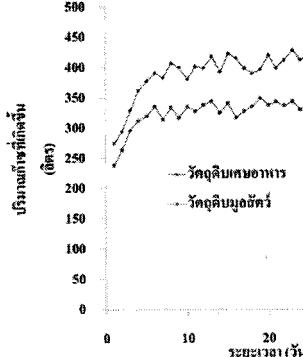
	เศษอาหาร	มูลสต๊อก
pH	6.8 – 6.4	7.3 – 7.1
TS (mg/l)	46,450 – 34,660	41,400 – 28,600
VS (mg/l)	44,620 – 30,750	39,800 – 26,410
SS (mg/l)	26,700 – 21,650	18,800 – 14,750
COD (mg/l)	162,374 – 150,340	145,430 – 135,500
BOD (mg/l)	107,165 – 101,250	91,530 – 67,460
TKN (mg/l)	2,598	1,353

ค่าใช้กําเพรະตີນໃນระบบการผลิตกํາพิชວກາຟໃນระบบแบบเบທ່ຽງທາງເກຫຍາກາວ
ແລະນຸລັດຕົວ



การทดลองกระบวนการหมักแบบເຈົ້າອາກະສະບັນ ແບບກິ່ງຕ່ອນືອງ (Semi-Continuous)

	ชุดการทดลองเชิง อาหาร	ชุดการทดลองມູນ ຫຼັດຕົວ
HRT (day)	38	38
OLR(gCOD/L.d)	4	4
TS ของວັດຖຸປົມ (%)	4	4



การດູແລຮັກໝາ

- ควรดິດຕັ້ງระบบလັງພລິດກິກ້າຊີ້ວກພນາຄ 1,000 ລິຕີ ໄນໃນທີ່ຮ່ວມ ເພື່ອນ່ອງກັນການແຕກເນວະຂອງອຸປະກອດ
- ຕ້ອງມີການตรวจสอบການຮັງຮົມຂອງດັ່ງນັກແລະຕັ້ງເກັບກຳສັບສົນ ອ່າງສົມ່າເສນອ
- ສາງພຶ່ງ, ໂລະຫະໜັກ, ສາງກັດຄວາມສະຫອດຕ່າງໆ ເຊັ່ນສູນ ນ້ຳຍາດັ່ງຕ່າງໆ ແລະຍາປງົງສົ່ງສົນ ສາມາດສ່ວນຍັງການເຈົ້າອົບໂດຍແລກຕິດແກ້ໄຂຂອງແບບດີທີ່ເຮັດວຽກ

ການກຳຈັດຂອອດເສີຍທີ່ເປັນຂອງແບບ

- ການໝັກ (Composting)
- ກໍາດ້າຕາງອິນທີ່ຢືນ ໂດຍແບກຍະບັນຕຣາຍ ບະຫຼິດເຊື້ອອົກກ່ອນ ປ່ລອຍກິ່ນໄວ້ຈະເກີດການເນັ້ນຢືນ ສາມາດນຳນົບທີ່ຜ່ານການບໍ່ອໝສລາຍນັ້ນມາໄສປວນປຽງຄຸມກາພດິນໄດ້
- ຈຸລິນທີ່ຢືນທີ່ເກີດຂາວຂ້ອງສ່ວນໃຫຍ່ຈະເປັນພວກ thermophilic microorganisms ຈຶ່ງນິ້ນທີ່ແບບດີທີ່ເຮັດວຽກ ແລະຮາ





บรรยายการถ่ายทอด



ภาพที่ ฉ-1ลงพื้นที่ถ่ายทอดองค์ความรู้ กระบวนการผลิตก้าชชีวภาพ

ณ อาคารอเนกประสงค์ สถานีอนามัยบ้านบางเขี้ยด ตำบลบางเขี้ยด อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา



ภาพที่ ๙-๒ สาธิตการติดตั้งและวิธีการใช้ถังผลิตก้าชซีวภาพจากมูลสัตว์และขยะอินทรีย์
ณ หมู่ที่ ๒ ตำบลบางเขี้ยด อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา

เอกสารประกอบการอบรม

การพัฒนาถังผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอินทรีย์



ความรู้ทั่วไปสำหรับกําชชีวภาพ

กําชชีวภาพ

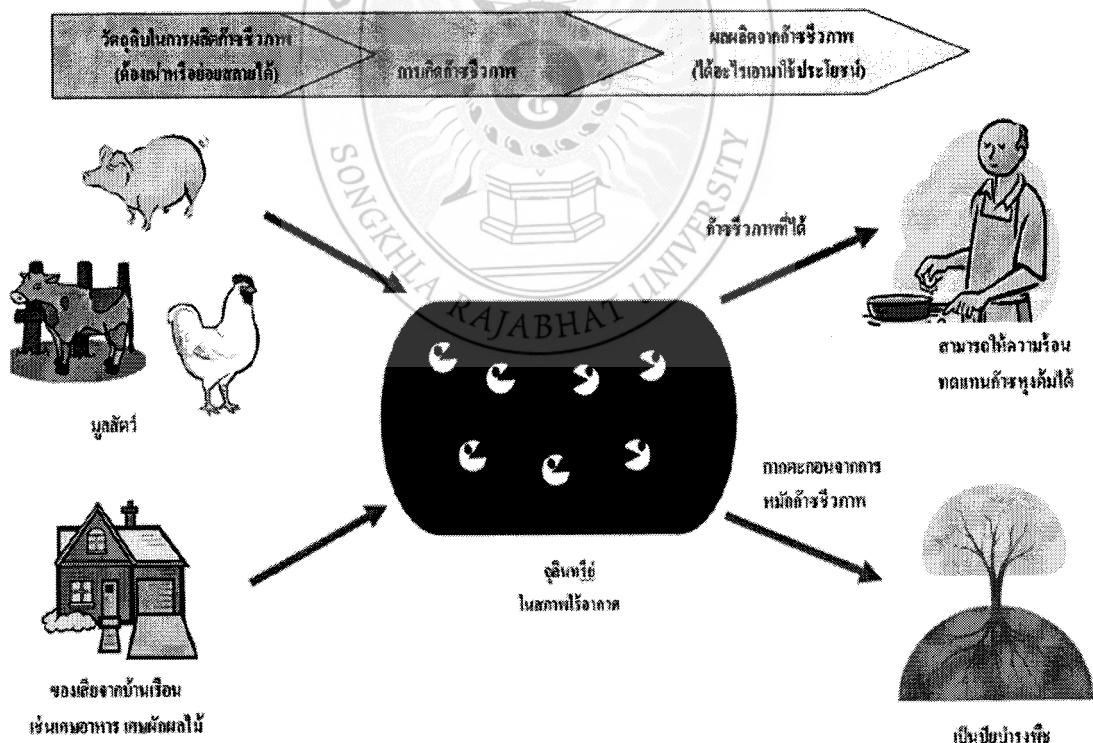
กําชชีวภาพ (Biogas) หมายถึง กําชที่เกิดขึ้นจากแบคทีเรียชนิดที่ไม่ต้องการอากาศหรือออกซิเจน (Anaerobic Bacteria) ทำปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ เช่น น้ำเสีย เศษอาหาร เศษผักผลไม้ พ芳ข้าว มูลสัตว์ อุจจาระคน ฯลฯ ทำให้เกิดกําชผสมที่ดีไฟได้ สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหุงต้มได้

องค์ประกอบของกําชชีวภาพ

องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแก๊สเมเทน (CH_4) ประมาณ 50-70% และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประมาณ 30-40% ส่วนที่เหลือเป็นแก๊สชนิดอื่น ๆ เช่น ไฮโดเจน (H_2) ออกซิเจน (O_2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ในโตรเจน (N) และไนโตรเจน

วัตถุดิบสำหรับผลิตแก๊สชีวภาพ

ได้แก่ มูลสัตว์ทุกชนิด ขยะอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร เศษผัก และผลไม้ วัชพืช เศษวัตถุดิบทางการเกษตรรวมทั้งของเสีย/น้ำเสียจากแหล่งชุมชน หรือโรงงานอุตสาหกรรมทางการเกษตร เป็นต้น



ภาพที่ 1 ตัวอย่างวัตถุดิบเพื่อการผลิตกําชชีวภาพในระดับครัวเรือนและในระดับชุมชน และการใช้ประโยชน์ที่มา: สุชาน ดังทวีพัฒน์และคณะ. 2553: 6

การเกิดก้าวชีวภาพ

1. **ปฏิกริยาไอโอดร่าลีซิส :** เป็นการเปลี่ยนสารอินทรีย์ขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็ก เช่น สารคาร์บอโนไซเดอร์ ให้เป็นน้ำตาล โปรดีนเป็นกรดอะมิโน
2. **ปฏิกริยาการเกิดกรด :** ปฏิกริยาการย่อยสลายสารขนาดเล็กด้วยกระบวนการหมัก นั้นเองซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้ส่วนใหญ่เป็นกรดอินทรีย์ที่ระเหยง่าย
3. **ปฏิกริยาการสร้างกรดแอซิติก :** ปฏิกริยาการย่อยสลายกรดอินทรีย์ที่ระเหยง่ายให้เป็นกรดแอซิติก ซึ่งเป็นขันตอนที่มีความสำคัญของกระบวนการ เนื่องจากเป็นขันตอนที่เปลี่ยนสารตั้งต้นให้มีคาร์บอนเพียง 1-2 carbons เท่านั้น (กรดแอซิติก กรดฟอร์มิก เมทานอล)
4. **ปฏิกริยาการสร้างก้าวมีเทน :** เป็นปฏิกริยาการสร้างก้าวมีเทนภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจนซึ่งเป็นแบบที่เรียกว่ากลุ่มอาร์เคียแบคทีเรียที่มีการเจริญช้ามากและสามารถใช้สารตั้งต้นเพียงบางชนิด

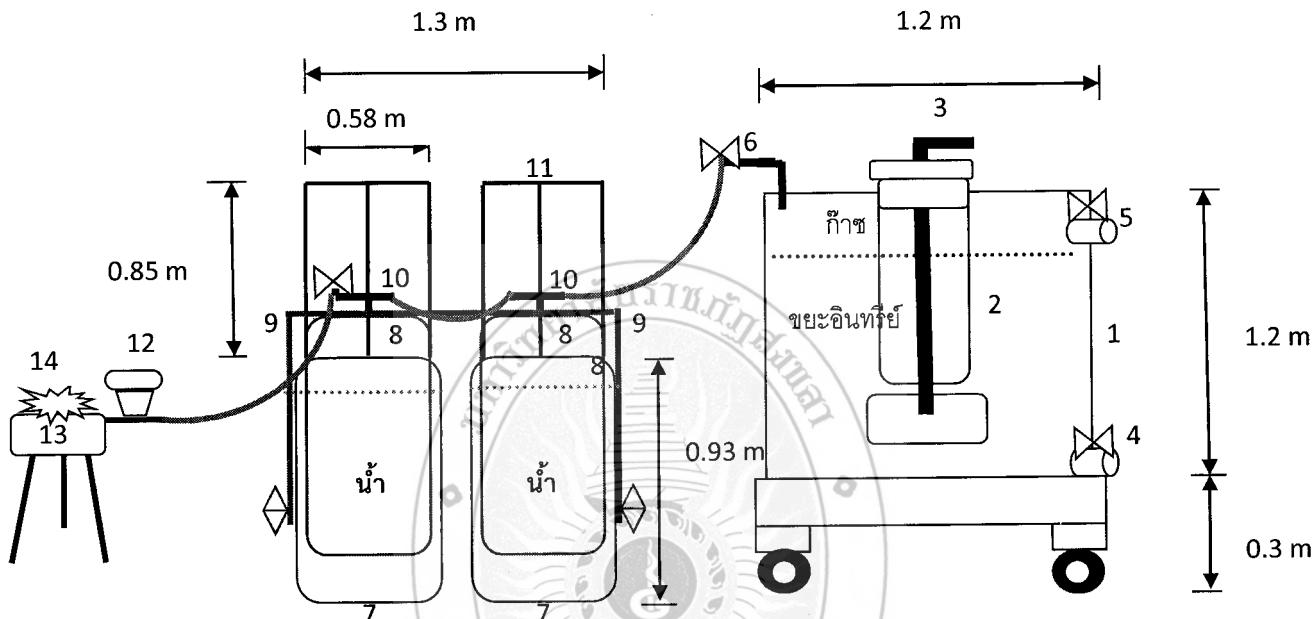
ประโยชน์ของก้าวชีวภาพ

1. **ประโยชน์ทางด้านพลังงาน ก้าวชีวภาพมีคุณสมบัติเป็นเชื้อเพลิงที่สามารถทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงจากแหล่งอื่น ๆ เช่น พืนถ่าน น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ไฟฟ้า ฯลฯ**
2. **ประโยชน์ทางด้านการเกษตร กากมูลสัตว์ที่ได้จากการหมักแก๊สชีวภาพสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้ดีกว่าปุ๋ยพืชสด (ปุ๋ยคอก) ทั้งนี้เนื่องจากในขณะที่มีการหมักนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงสารประกอบในโครงสร้างในมูลสัตว์ให้กล้ายเป็นแอมโมเนียมที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ง่ายกว่า และยังมีคุณสมบัติที่ดีกว่าปุ๋ยเคมีในการใช้ปรับปรุงดินเพื่อการเกษตรให้มีสภาพดีขึ้นด้วย**
3. **ประโยชน์ทางด้านปรับปรุงสภาพแวดล้อม การนำมูลสัตว์ เชษชอาหาร มาเป็นวัตถุดิบในการผลิตก้าวชีวภาพเป็นการช่วยกำจัดมูลบริเวณที่เลี้ยงสัตว์ ทำให้กลิ่นเหม็นและแมลงวันในบริเวณนั้นลดลง**

ถังผลิตก๊าซชีวภาพขนาด 1,000 ลิตร

1. ขั้นตอนการประกอบถังผลิตก๊าซชีวภาพ

แผนภาพแสดงระบบถังผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอินทรีย์ โดยใช้ถังผลิตก๊าซชีวภาพขนาด 1,000 ลิตร ขององค์กรบริหารตำบลคลองรีเป็นต้นแบบ



ชุดเตาหุงต้ม

12. หัวปั๊บแรงดันก๊าซ
13. ฐานรองคุปกรณ์หุงต้มขนาด 30 เซนติเมตร
14. หัวเตา

ชุดถังเก็บก๊าซชีวภาพ

7. ถัง PE ขนาด 200 ลิตร
8. ถัง PE ขนาด 160 ลิตร กว่า (ถังลูกกลอย)
9. ชุดตัวผึ้งคอกเพิ่มแรงดันก๊าซ (PVC ½ นิ้ว)
10. ชุดสามทาง PVC ½ นิ้ว
11. โครงเหล็กสำหรับควบคุมทิศทางถังลูกกลอย

ชุดถังหมัก

7. ถังพลาสติก HDPE ขนาด 1,000 ลิตร
8. ท่อเติมขยะอินทรีย์
9. ชุดไบเพ็ด
10. ท่อเก็บตัวอย่าง PVC 1 นิ้ว
11. ท่อน้ำทิ้ง PVC ½ นิ้ว
12. ข้องอเก็บก๊าซ

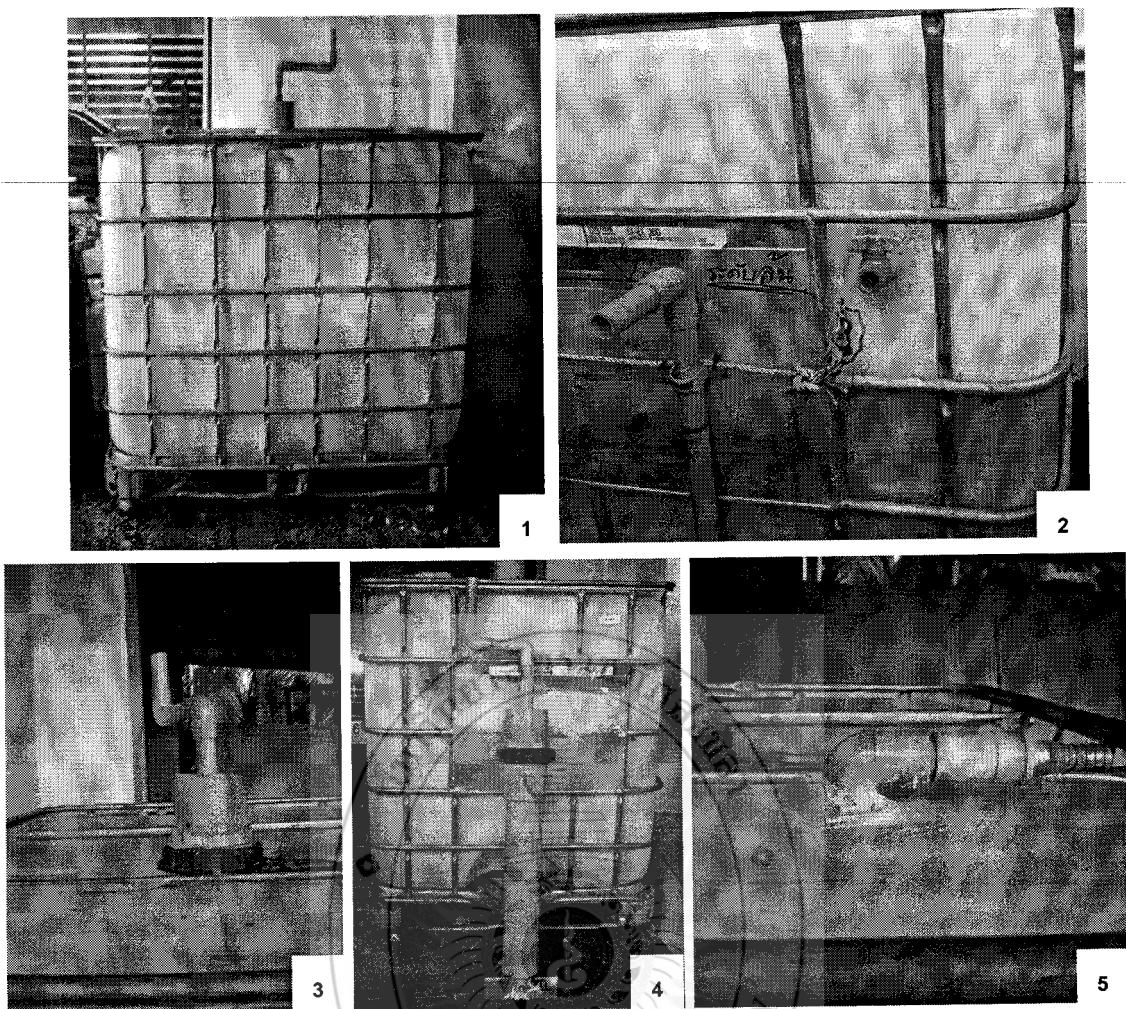
ภาพที่ 2 แสดงระบบถังผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอินทรีย์

ตารางที่ 1 ตารางแสดงอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับประกอบระบบถังผลิตก๊าซชีวภาพ (อย่างง่าย) ต่อ 1 ชุด

ลำดับ	วัสดุ	จำนวน
1	ถังขนาด 1,000 ลิตร	1
2	ถังขนาด 200 ลิตร	2
3	ถังขนาด 160 ลิตร	2
4	ท่อพีวีซี ขนาด 3 นิ้ว ความยาว 1 เมตร/เส้น	1
5	ท่อพีวีซี ขนาด 1 นิ้ว ความยาว 1 เมตร/เส้น	1
6	ข้อต่อตรงเกลียวนอก 3 นิ้ว	1
7	ข้อต่อตรงเกลียวใน 3 นิ้ว	1
8	ข้อต่อเกลียวนอก 4 หุน (1/2 นิ้ว)	4
9	ข้อต่อเกลียวใน 4 หุน (1/2 นิ้ว)	4
10	สามทาง 4 หุน (1/2 นิ้ว) เกลียวนอกและเกลียวใน	2
11	ข้อต่ออุดเกลียว ขนาด 1 นิ้ว + ประเก็น	2
12	แคล้มปี กึ่งจัมท่อ แบบ 2 ขา	8
13	บอล瓦ล์ว	4
14	หัวเตาก๊าซปีคนิก พร้อมขาตั้ง	1
15	สายยาง ขนาด ½ นิ้ว (1 เมตร)	1

(3) ชุดถังหมัก

ตัวถังทำด้วยพลาสติก High Density Polyethylene (HDPE) ขนาด 1,000 ลิตร มีพื้นที่หน้าตัดขนาด 1×1.2 เมตร มีความสูง 1.16 เมตร โดยมีปริมาตรความจุ 1,000 ลิตร ปริมาตรที่ใช้ในการหมักคือ 750 ลิตร เจาะถังด้านข้างเป็นท่อต่อของเหลวที่ลิ้นออกจากตัวถัง ส่วนด้านบนของถังจะเป็นท่อนำก๊าซภายใน

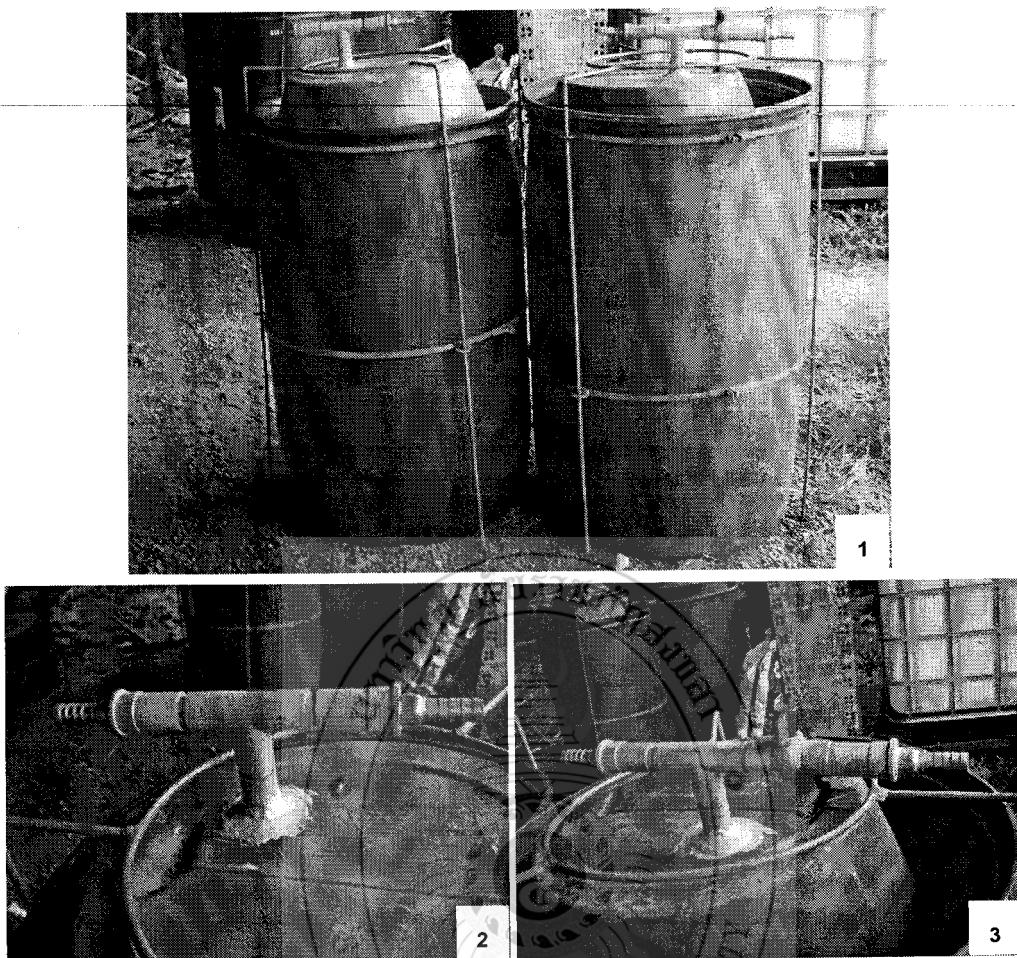


ภาพที่ 3 ชุดถังหมักก่อนการประกอบสมนูร์น์ โดยมีรายละเอียดังนี้

- 6) ถังหมักขนาด 1000 ลิตร
- 7) ห้องน้ำลัน
- 8) ห้องวนและห่อไส้วัตถุดิบ
- 9) ใบกรวย
- 10) ห่อต่อสายก้าช

(4) ชุดถังเก็บก้าชชีวภาพ

ระบบเก็บก้าชมีลักษณะเป็นถังพลาสติกขนาด 160 ลิตร จำนวน 2 ชุด ติดตั้งเชื่อมต่อถังหมักด้วยห้องลำเลียงและวาล์วโดยค่าว่างในถังน้ำขนาด 200 ลิตร จำนวน 2 ถัง เพื่อใช้เป็นถังเก็บกักก้าชชีวภาพ ดังรูป



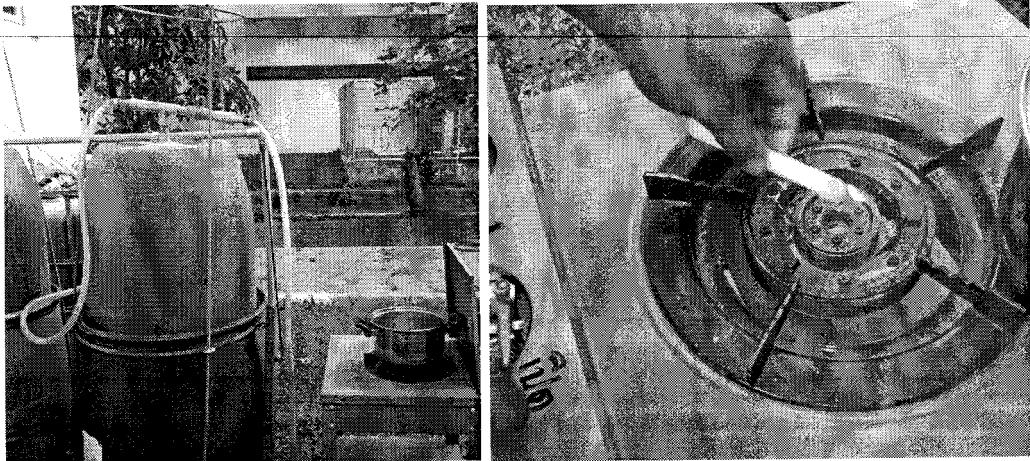
ภาพที่ 4 ชุดถังเก็บก๊าซชีวภาพก่อนการประภากับสมบูรณ์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 4) ถังพลาสติกขนาด 160 ลิตร คว่ำลงในถังน้ำขนาด 200 ลิตร จำนวน 2 ชุด
- 5) ถังชุดที่ 1 ต่อท่อ ก๊าซสามทาง
- 6) ถังชุดที่ 2 ต่อท่อ ก๊าซสามทาง พร้อมบอลาล์ว

จากนั้นจึงต่อสายยาง ขนาด $\frac{1}{2}$ นิ้ว จากถังหมัก กับชุดเก็บก๊าซชีวภาพ ตามภาพที่ 2 แสดงระบบถังผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอินทรีย์

(3) เตาหุงต้ม

ต่อสายยาง ขนาด $\frac{1}{2}$ นิ้ว จากชุดเก็บก๊าซชีวภาพ เข้ากับ ชุดเตาหุงต้ม ตามภาพที่ 2 แสดงระบบถังผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอินทรีย์ ดัดแปลงหัวเตาโดยการขยายรูรังผึ้งให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร



ภาพที่ 5 ชุดเตาหุงต้ม

2. การทดสอบระบบถังหมัก

การตรวจสอบรอยร้าวเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งของถังหมักแบบไร์ออกซิเจน เพราะระบบนี้จะต้องเป็นระบบปิดอย่างแท้จริงมีฉะนั้นแล้วก้าชชีวภาพจะออกมาตรฐานอยู่ต่อต่าง ๆ ได้ เป็นเหตุให้แรงดันมีไม่มากพอที่จะแทนที่น้ำในระบบเก็บก้าชชีวภาพ การทดสอบสามารถทำได้โดยการเติมน้ำเข้าไปในถังหมักให้ระดับน้ำสูงกว่ารอยต่อต่าง ๆ และสังเกตการรั่วซึมจากทุกด้าน ส่วนการทดสอบการรั่วของก้าชชีวภาพโดยใช้น้ำสบู่ทابริเวณรอยต่อต่าง ๆ และเปลี่ยนเข้าถังหมัก จากนั้นอุดรอยร้าวทุกทางด้วยภาชนะลิโคน

3. การเตรียมหัวเชื้อสำหรับเริ่มต้นเดินระบบ

มูลวัสดุ 1 ส่วน ผสมน้ำ 3 ส่วน น้ำคือ มูลวัสดุ 250 กิโลกรัม เติมน้ำเพื่อปรับปริมาตรให้ได้ 750 ลิตร ในถังหมักขนาด 1,000 ลิตร หมักเป็นระยะเวลา 10 วัน จากนั้นจึงเติมน้ำ 2 กิโลกรัม ผสมน้ำ 2 ลิตร หรือ 2 กิโลกรัม ทุกวัน จนครบ 5 วัน ก้าชชีวภาพจะเกิดขึ้นประมาณวันที่ 7 ของการเริ่มต้นเดินระบบ

3. การเดินระบบและใช้งานถังหมักก้าชชีวภาพ

3.1 การเตรียมวัตถุดิบสำหรับผลิตก้าชชีวภาพ

เพื่อให้ระบบสามารถผลิตก้าชชีวภาพอย่างต่อเนื่องจำเป็นจะต้องมีการเติmvัตถุดิบลงในถังหมัก สามารถเติmvัตถุดิบในทุก ๆ วัน โดยจากการวิจัยพบว่าหากต้องการก้าชชีวภาพปริมาณวันละ 300-400 ลิตร สามารถใช้วัตถุดิบในอัตราส่วนดังต่อไปนี้

- เศษอาหารประมาณ 3.5 กิโลกรัม เติมน้ำ เพื่อปรับปริมาตร ให้ได้ 20 ลิตร ป้อนเข้าสู่ถังทุกวันอย่างต่อเนื่อง

- ส่วนมูลสัตว์ใช้ประมาณ 5 กิโลกรัม เดิมน้ำ เพื่อปรับปริมาตร ให้ได้ 20 ลิตร เช่นเดียวกัน
- ป้อนเข้าสู่ถังทุกวันอย่างต่อเนื่อง

3.2 การดูแลรักษา

- ควรติดตั้งระบบถังผลิตก๊าซชีวภาพขนาด 1,000 ลิตร ไว้ในที่ร่ม เพื่อป้องกันการแตกเประของอุปกรณ์
- ต้องมีการตรวจสอบการรั่วซึมของถังหมักและถังเก็บก๊าซ อย่างสม่ำเสมอ
- ในการณ์ที่มีการใช้เศษอาหาร เชษผักและเปลือกผลไม้ ต้องมีการตรวจสอบสภาพความเป็นกรดของ ของเหลวในถังหมัก อาจโดยการ ดมกลิ่น ถ้าเป็นกรดจะมีกลิ่นเปรี้ยว และฉุน แก๊สไฮโดรเจนไดออกไซด์ได้โดยการเติมมูลสัตว์เข้าสู่ระบบ หรือเติมปูนขาว และหยุดการเติมวัตถุดิบทิ้งไว้ประมาณ 2- 3 วัน หากยังไม่ติดไฟ ให้ถ่ายวัตถุดิบ ในถังหมักออกแล้วเริ่มต้นใหม่
- เมื่อใช้งานไปได้สักระยะเวลาหนึ่ง กากตะกอนจะมีจำนวนมากจนไม่สามารถเติมวัตถุดิบได้ ให้เปิด瓦ล์วระบายน้ำเพื่อนำกากตะกอนไปใช้ประโยชน์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2540. ระบบก๊าซและบ่อก๊าซชีวภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : กองเกษตรสัมพันธ์.

กระทรวงพลังงาน. ม.ป.ป. Biogas คู่มือสำหรับประชาชนหัวใจไป. กรุงเทพมหานคร: กระทรวง พลังงาน

วิสาขा ภู่จินดา. 2555. การบริหารจัดการพลังงานหมุนเวียน เพื่อผลิตพลังงานใช้ในระดับ ชุมชนและระดับครัวเรือน. รายงานวิจัย เสนอต่อสถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ สุชน ตั้งทวีพัฒน์ และคณะ. 2553. การผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อลดมลภาวะและเป็นพลังงานสาหบใช้ในครัวเรือน. กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สมชาย แก้วจันทร์ฉาย และคณะ. 2547 . การพัฒนาประสิทธิภาพการใช้งานถังก๊าซชีวภาพใช้ในครัวเรือนของชุมชน



ภาคผนวก ช
การนำเสนอผลงานวิจัย

การพัฒนาถังผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอินทรีย์

ผจงสุข สุชารัตน์¹, เสารานิตร์ ชอบบุญ¹, นิศากร วิทิตสมบูรณ์¹ และอนุมัติ เดชนะ²

¹ โปรแกรมวิชาชีววิทยาและชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

² โปรแกรมวิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

วัตถุประสงค์ของโครงการโดยสรุปย่อ

- 4) เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพถังผลิตก๊าซชีวภาพของอบต. คลองรี อำเภอสหivec จังหวัดสงขลา
- 5) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการใช้ขยะอินทรีย์และมูลสัตว์
- 6) เพื่อถ่ายทอดความรู้ที่ได้แก่ชุมชนและบริการความรู้แก่บุคคลทั่วไป

ผลการดำเนินโครงการตามวัตถุประสงค์

๑. ออกแบบให้เหมาะสมกับการศึกษาและติดตามระบบ ออกแบบถังผลิตก๊าซชีวภาพและดำเนินการประกอบตัวถังจำนวน 2 ชุด ออกแบบติดตามระบบการเก็บตัวอย่างและติดตามปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น โดยคำนวณปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจากสูตร

$$\text{ปริมาณก๊าซ} = \pi r^2 h_1 + \pi r^2 h_2$$
๒. เพิ่มประสิทธิภาพแรงดันก๊าซชีวภาพ ซึ่งจะพิจารณาถึงความปลดด้วยของผู้ใช้ควบคู่กันไปด้วย โดยเปลี่ยนรูปแบบระบบห้องล่งก๊าซโดยเชื่อมหัวรับแรงดันก๊าซและปรับขนาดสายห่อก๊าซให้มีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็ก คือเส้นผ่าศูนย์กลาง $\frac{1}{2}$ มิลลิเมตร ตัดเปล่งหัวเตาโดยการขยายรูรังผึ้งให้มีขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร
๓. ทดสอบการใช้ระบบ เริ่มต้นพบว่าลักษณะของหัวเชื้อและมูลสัตว์ซึ่งใช้ในสัดส่วน 1 ต่อ 1 (125 kg: 125 kg) และเติมน้ำ 750 ลิตร ในวันที่ 7 ถังเก็บก๊าซจะถูกแรงดันให้ลอยสูงสุดขึ้นสามารถคำนวณปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น

แนวทางการนำผลการดำเนินโครงการไปใช้ประโยชน์

๑. ถ่ายทอดแบบและสาขิติวิธีการติดตั้งถังผลิตก๊าซชีวภาพที่พัฒนาขึ้นสู่ชุมชน เพื่อส่งเสริมการนำขยะอินทรีย์มาใช้ประโยชน์ในการผลิตพลังงานในรูปของก๊าซชีวภาพ ขึ้นเป็นการวางแผนรากฐานสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน



การพัฒนาถังผลิตกําชาชีวภาพจากขยะอินทรีย์



ผจงสุข สุราตรนี¹, เสาวนิทย์ ขอบบุญ¹, นิศากร วิจิตสมบูรณ์¹ และอนุเมติ เดชนา²

¹ โครงการวิชาชีววิทยาและชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสิงห์ลา

² โปรแกรมวิชาพิสิกส์และวิทยาศาสตร์ท้าไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสิงห์ลา

Corresponding author Email : jongsuk_su@hotmail.com

ความเป็นมา

สืบเนื่องจากความต้องการที่มีโอกาสลงพื้นที่เข้าเยี่ยมชมกระบวนการผลิตกําชาชีวภาพ ของศึกษาธิการสำนักคุณภาพร อำเภอสิงห์พระ จังหวัดสิงห์สา จากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญพบว่าตั้งกําชาชีวภาพ มีข้อบกพร่องคือ กําชาที่ผลิตได้มีแรงดันต่ำ มากประสบปัญหาปริมาณกําชาชีวภาพที่ได้ไม่แน่นอน บางครั้งระบบการผลิตหยุดชะงักเมื่อมีการนำเศษอาหารหรือถังในครัวเรือนมาใช้เป็นวัสดุติดบนหมูลสต๊ด ซึ่งควรดำเนินการปรับปรุงประสิทธิภาพถังผลิตกําชาชีวภาพ และการศึกษาถึงความเหมาะสมของกระบวนการน้ำขยะอินทรีย์ มาเป็นวัสดุติดบีบเปรียบเทียบกับหมูลสต๊ด



วัสดุประสงค์ของการวิจัย

- เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพถังผลิตกําชาชีวภาพของอบต. คลองรี อำเภอสิงห์พระ จังหวัดสิงห์สา
- เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการใช้ขยะอินทรีย์และหมูลสต๊ด
- เพื่อยกระดับความรู้ที่ได้ก่อชุมชนและบริการความรู้แก่บุคลากรที่ร่วมไป

ขอบเขตและวิธีการดำเนินการวิจัย

ถังผลิตกําชาชีวภาพ
จาก อบต. คลองรี
ขนาดถังหมัก 1,000 ลิตร

พัฒนาถังผลิตกําชาชีวภาพโดย
ออกแบบให้เหมาะสมกับ
การศึกษา เพิ่มประสิทธิภาพ
แรงดันกําชาชีวภาพ

สร้าง/ทดสอบใช้งาน
ถังผลิตกําชาชีวภาพดันแบบ

ศึกษาประสิทธิภาพ
การใช้ขยะอินทรีย์และหมูลสต๊ด
สำหรับการผลิตกําชาชีวภาพ

ตอบโจทย์ที่ต้องกับ
ความต้องการของ
ชุมชน
ถ่ายทอดองค์
ความรู้สู่ชุมชน

การศึกษาประสิทธิภาพการใช้ขยะอินทรีย์และหมูลสต๊ด
 ❖ ศึกษาประสิทธิภาพการใช้ขยะอินทรีย์และหมูลสต๊ด โดยความคุณ ปริมาณออกซิเจนที่ต้องการออกซิเจน สารอินทรีย์ (Chemical oxygen demand, COD) ที่ 10 kg COD/m³d ของขยะอินทรีย์และหมูลสต๊ด ที่จะเข้าสู่ระบบ
 ❖ เก็บรวบรวมข้อมูลทางเคมีของสารละลายน้ำ อินทรีย์และหมูลสต๊ดประกอบด้วย ค่า pH, Total solid, Chemical oxygen demand (COD), Biochemical oxygen demand (BOD), ปริมาณไนโตรเจน (Total nitrogen) เป็นเวลา 30 วัน โดยจะทำการเก็บทุก 3 วัน

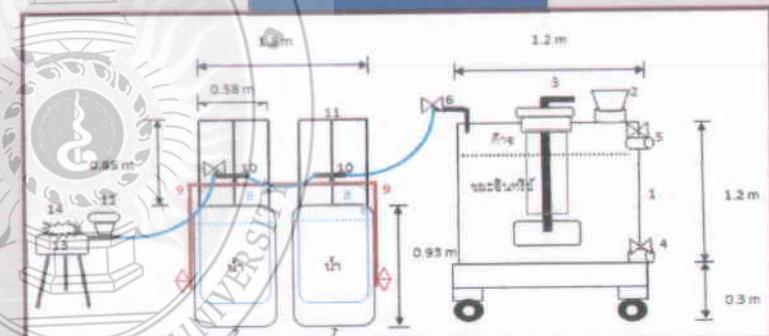


ผลการดำเนินงานวิจัยและอภิปรายผล

พัฒนาถังผลิตกําชาชีวภาพ จากเครื่องดันแบบ

- ออกแบบให้เหมาะสมกับการศึกษาและติดตามระบบ และติดตั้งใบพัด เพื่อให้เกิดกรวยอากาศตัวของหัวเชือกและขยายอินทรีย์ภายในถัง
- เสริมโครงเหล็กสีสีเดียวกับถังเก็บกําชาทั้งสองใบเพื่อให้ถังสูญเสียสำหรับเก็บกําชา ยกตัวสูงขึ้นในแนวตรง เมื่อมีปริมาณกําชาเกิดขึ้น เพื่อให้สอดคล้องกับสูตรที่ใช้ในการดำเนินการเมื่ามากกว่ากําชาที่เกิดขึ้นนั้นคือ ปริมาณกําชา = $\pi r^2 h_1 + \pi r^2 h_2$
- เพิ่มประสิทธิภาพแรงดันกําชาชีวภาพ ซึ่งจะพิจารณาถึงความปลอดภัยของผู้ใช้ควบคู่กันไปด้วย โดยเปลี่ยนรูปแบบระบบท่องสําระกําชาโดยที่อ่อนหัวปรับแรงดันกําชา และปรับขนาดสายท่อหัวกําชาให้มีสํานักผ่านศูนย์กลาง ½ นิ้ว ตัวดัดแปลงหัวเดาโดยการขยายรูรังผึ้งให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร
- ขยายหัวเชือกในถังพลาสติกขนาด 130 ลิตร โดยใช้หัวเชือกจากอบต. คลองรี 1 กิโลกรัม ต่อหน้า 1 ลิตร ผสมหมูลสกูร 5 กิโลกรัม ผสมน้ำ 10 ลิตร หมัก 10 วัน จากนั้น เพิ่มเศษอาหาร 2.5 กิโลกรัม ทุกๆ 20 วัน
- ทดสอบการใช้ระบบ เริ่มนับเวลาตั้งแต่วันที่หัวเชือกและหมูลสต๊ดซึ่งใช้ในสักส่วน 1 ต่อ 1 (125 kg: 125 kg) และเติมน้ำ 750 ลิตร ในวันที่ 7 ถังเก็บกําชาจะถูกดันให้ลอยสูงสุดขึ้น สามารถคำนวณปริมาณกําชาที่เกิดขึ้นได้เท่ากับ 448.92 ลิตร

แบบถังผลิตกําชาจากขยะอินทรีย์



ชุดดังน้ำหมักกําชาชีวภาพ

- ถัง PE ขนาด 200 ลิตร
- ถัง PE ขนาด 160 ลิตร ครัว (ถังสูญกลด)
- ชุดตัวล็อกเพิ่มแรงดันกําชา (PVC ½ นิ้ว)
- ชุดสามทาง PVC ½ นิ้ว
- โครงเหล็กสำหรับควบคุมทิศทางถังสูญกลด

ชุดดังน้ำหมัก

- ถัง聚丙烯 PE ขนาด 1,000 ลิตร
- ท่อดิมขยะอินทรีย์
- ชุดใบพัด
- ท่อเก็บหัวอย่าง PVC 1 นิ้ว
- ท่อน้ำทิ้ง PVC ½ นิ้ว
- ช้อนหูเก็บกําชา

แนวทางการนำไปใช้ประโยชน์

- ให้ถังผลิตกําชาชีวภาพที่มีประสิทธิภาพ ตรงตามความต้องการของชุมชน
- ให้ข้อมูลพื้นฐานนำไปสู่กระบวนการผลิตกําชาชีวภาพโดยใช้ขยะอินทรีย์เป็นวัสดุติดบีบ
- นำองค์ความรู้ถ่ายทอดสู่ชุมชน เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มจากการย่อยสลายอินทรีย์และส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทน อันเป็นการวางแผนรากฐานสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยภายใต้โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาประจำปี 2554

ประวัติผู้วิจัย

นางสาวพจงสุข สุธารัตน์

Miss Pajongsuk Sutarut

ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

หน่วยงานโปรแกรมวิชาชีววิทยาและชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา จังหวัดสงขลา

สถานที่ติดต่อ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

ถนนกาญจนวนิช ตำบลเข้ารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

หมายเลขโทรศัพท์ 074-336933 ต่อ 214 , 0891797643 โทรสาร 074 -336950

Email : jongsuk_su@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีที่ สำเร็จการศึกษา 2550

ปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

ปีที่สำเร็จการศึกษา 2546

ทุนที่ได้รับระหว่างการศึกษา

ทุนพัฒนานักวิจัยและบุคลากร ศูนย์พัฒนาวิชาการและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติงานวิจัย ที่ทำสำเร็จแล้ว

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออสัตว์ การนำของเสียมาใช้ประโยชน์ การบำบัดน้ำเสีย งานวิจัยที่ทำสำเร็จแล้ว

- วิทยานิพนธ์ เรื่อง “Production of monoclonal antibodies specific to vitellogenin and zona radiate proteins in greenback mullet, *Liza subviridis*”.

- 18 – 20 October 2005: 31th Congress on Science and Technology of Thailand, Suranaree University of Technology of Thailand, Nakhon Ratchasima, Detection and characterization of vitellogenin and zona radiate proteins for the determination of xenoestrogen in water.

- 10 – 21 October 2006: 32th Congress on Science and Technology of Thailand, Queen Sirikit National Convention Center, Bangkok, Thailand, Production of monoclonal antibodies specific to vitellogenin and zona radiate proteins in greenback mullet (*Liza subviridis*).

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาวนิตย์ ขอบบุญ

Asst. Prof. Saowanit Chob bun

ตำแหน่งปัจจุบัน

อาจารย์

หน่วยงาน

โปรแกรมชีววิทยาและชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์

และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา 90000

โทรศัพท์ 0869570362 โทรสาร 074-336950

E-mail :chsaowanit@yahoo.com

ประวัติการศึกษา

ปริญัตรีสาขาชีววิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ภาคได้ ปีสำเร็จการศึกษา 2536

ปริญญาโทสาขาจุลชีววิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

ปีสำเร็จการศึกษา 2548

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญ

ด้านแบบที่เรีย Ravitisha

งานวิจัยที่ผ่านมา

- เอนไซม์โปรดีโอสจากแบคทีเรียในปาพะ

- โครงการวิจัยและพัฒนาชุดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ท้องถิ่น ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน (มัธยมศึกษา) เรื่องทะเลสาบสงขลา การณ์ศึกษาแหล่งสนับสนุนทะเล

- อิทธิพลของสภาวะการเพาะเลี้ยงที่มีต่อการผลิตสารสีโดย *Monascus purpureus* ATCC 16360 เพื่อใช้เป็นสารเร่งสีและการยับยั้งเชื้อ *Aeromonas hydrophila* ที่ทำให้เกิดโรคในปลาทอง ทุนสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ปี พ.ศ 2551-2552 (ผู้ร่วมโครงการ)

- การใช้สาหร่ายขนาดเล็กทดสอบแพลงปลาปอนในอาหารสำหรับเลี้ยงปลาบีกอยุทุมมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ปี 2550-2551 (ผู้ร่วมโครงการ)

- การเก็บและรวบรวมสายพันธุ์สาหร่ายขนาดเล็กบริเวณมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ทุนมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ปี 2550-2551 (หัวหน้าโครงการ)

จำนวนโครงการที่คณะกรรมการผู้วิจัยกำลังดำเนินการอยู่

- (1) ชื่อโครงการ อิทธิพลของสภาวะการเพาะเลี้ยงที่มีต่อการผลิตสารสีโดย *Monascus purpureus* ATCC 16360 เพื่อใช้เป็นสารเร่งสีและการยับยั้งเชื้อ *Aeromonas hydrophila* ที่ทำให้โรคในปลาทอง

ระยะเวลาโครงการ 2 ปี ดังนี้ต่อ ตุลาคม 2551 ถึง ตุลาคม 2553

แหล่งทุนที่ให้การสนับสนุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

งบประมาณที่ได้รับ 317,515 บาท

สถานะของหัวหน้าโครงการ เป็นผู้ร่วมวิจัย

เวลาที่ใช้ในการทำวิจัยในโครงการนี้คือช่วงโมงต่อสัปดาห์ 15 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

(2) ชื่อโครงการ การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากข้าวสังหยด เพื่อยกระดับผลิตภัณฑ์ชุมชน

ระยะเวลาโครงการ 1 ปี ตั้งแต่ กรกฎาคม 2552 ถึง กรกฎาคม 2553

แหล่งทุนที่ให้การสนับสนุน การวิจัยเครือข่ายการวิจัยภาคใต้ตอนล่าง
งบประมาณที่ได้รับ 260,000 บาท

สถานะของหัวหน้าโครงการ หัวหน้าโครงการวิจัย

เวลาที่ใช้ในการทำวิจัยในโครงการนี้คือช่วงโมงต่อสัปดาห์ 15 ชั่วโมงต่อสัปดาห์



ดร. นิศากร วิทจิตสมบูรณ์

Dr. Nisakorn Witthajitsomboon

ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

หน่วยงาน

โปรแกรมชีววิทยาและชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์

และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา 90000

โทรศัพท์ 0873567399 โทรสาร 074-336950

E-mail : namasis7@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

ปริญญาเอกดุษฎีบัณฑิต วิทยาศาสตร์ชีวภาพ มหาวิทยาลัย

บูรพา

ปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวุฒิชีววิทยา

มหาวิทยาลัยบูรพา ปีที่สำเร็จการศึกษา 2543

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในระหว่างการศึกษา)

ทุนโครงการปริญญาเอกภาษาจีนกิจेक สำนักงานส่งเสริมการวิจัย

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ชีววิทยาโมเลกุล ไวรัสวิทยา

ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

งานวิจัยที่ทำสำเร็จแล้ว

-วิทยานิพนธ์ เรื่องการพัฒนาวัคซีนต่อต้านไวรัสไข้สมองอักเสบในประเทศไทย

(Development of vaccine candidate against Japanese Encephalitis virus in Thailand) ซึ่งเป็นงานวิจัยร่วมกับ Karolinska Institutet ประเทศสวีเดน

-โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพ

รัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี. การตรวจสอบความแปรปรวนทางพันธุกรรม

ของกล้วยไม้ป่าภาคใต้. ทุนมหาวิทยาลัยราชภัฏ ปี 2552 (ผู้ร่วมโครงการ)

ดร.อนุมัติ เดชะนา

Dr. Anumust Deachana

ตำแหน่งปัจจุบัน

หน่วยงาน

อาจารย์ระดับ 7

โปรแกรมพิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์

และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา อ.เมือง

จ.สงขลา รหัสไปรษณีย์ 90000 โทรศัพท์ 08-3193-8023

E-mail: anumj@yahoo.com

ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี กศ.บ. (พิสิกส์) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

วิทยาเขต สงขลา

ปริญญาโท วท.ม.(พลาสม่า-พิสิกส์) จากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

M.Ed. (Physics), Osaka Kyoiku University, Osaka, Japan

ปริญญาเอก วท.ด. (Plasma-Physics, พลาสม่า-พิสิกส์) จาก

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ คลื่นเสียง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กลศาสตร์

ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย

งานวิจัยที่ได้ทำ

Plasma source

Computer simulation

Diamond like carbon (DLC)

Atomic Layer Deposition (ALD)

Zinc Oxide nanorod

ประสบการณ์ทางด้านวิชาชีพ

เอกสารประกอบการสอน: กลศาสตร์

ผู้สอนรายวิชา ดิจิตอลเบื้องต้น กลศาสตร์ แม่เหล็กไฟฟ้า

พลาสม่า และนาโนศาสตร์