การผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์ 3 สายพันธุ์

Biogas Production from 3 Strains of Napier Grass (*Pennisetum purpureum*)

ฟาริดา พรหมมา* ดุษณี ธนะบริพัฒน์ และปราโมทย์ ศิริโรจน์

Farida Promma, Dusanee Thanaboripat and Pramote Sirirote

สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์ (*Pennisetum purpureum*) 3 สายพันธุ์ ได้แก่ หญ้าเนเปียร์ยักษ์ หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และหญ้าอาลาฟัล โดยศึกษาที่ 5 อัตราส่วนระหว่างหญ้าต่อเชื้อจุลินทรีย์ ดังนี้ 1:1, 1:2, 1:3, 2:1 และ 3:1 ปริมาตร 5 ลิตร ทำการย่อยสลายแบบแบชภายใต้สภาวะไม่ต้องการออกซิเจนเป็นเวลา 45 วัน พบว่าอัตราส่วนของหญ้าต่อเชื้อจุลินทรีย์ที่ผลิตก๊าซชีวภาพได้ดีที่สุดสำหรับหญ้าเนเปียร์ยักษ์ หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และอาลาฟัล คืออัตราส่วน 1:3, 1:2 และ 1:2 มีปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมเท่ากับ 22.45, 26.25 และ 24.29 ลิตร คิดเป็นผลผลิตก๊าซชีวภาพเท่ากับ 0.37, 0.53 และ 0.47 ลิตรก๊าซชีวภาพต่อกรัมของแข็งระเหย มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีร้อยละ 82.8, 76.9 และ 85.0 ตามลำดับ และมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างในระหว่างการย่อยสลายอยู่ในช่วง 6.5 ถึง 7.3, 6.4 ถึง 7.2 และ 6.0 ถึง 7.1 สำหรับหญ้าเนเปียร์ยักษ์ หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และอาลาฟัล ตามลำดับ จากนั้นคัดเลือกหญ้าสายพันธุ์หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และอาลาฟัล อัตราส่วนระหว่างหญ้าต่อเชื้อจุลินทรีย์ 1:2 มาทำการทดลองโดยปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มต้นให้เท่ากันที่ 7.1 ปริมาตร 1 ลิตร เป็นเวลา 36 วัน พบว่ามีปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมเท่ากับ 2.46 และ 6.97 ลิตร และมีร้อยละของก๊าซมีเทนเท่ากับร้อยละ 45.3 และ 52.8 สำหรับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และอาลาฟัล ตามลำดับ จากผลการทดลองสรุปว่าหญ้าเนเปียร์สายพันธุ์อาลาฟัลมีศักยภาพสูงในการผลิตก๊าซชีวภาพ

คำสำคัญ : ก๊าซชีวภาพ, หญ้าเนเปียร์, การย่อยสลายแบบแบชภายใต้สภาวะไร้อากาศ

*E-mail address : fariss.kmitl@gmail.com

Abstract

The objective of this research was to study the use of 3 strains of Napier grass (*Pennisetum purpureum*), i.e, Kinggrass, Napier Pakchong1 and Alafal for biogas production. Batch anaerobic digestion was performed on five ratios of different grass and inoculum volume at 1:1, 1:2, 1:3, 2:1 and 3:1 for 45 days at working volume of 5 L. The results show that the highest cumulative biogas productions were 22.45, 26.25 and 24.29 L at the ratios of 1:3, 1:2 and 1:2 for Kinggrass, Napier Pakchong1 and Alafal, respectively. Biogas yields were 0.37, 0.53 and 0.47 L biogas/g VS and the efficiencies for the COD removal were 82.8, 76.9 and 85.0 %, respectively. The pH during digested were 6.5-7.3, 6.4-7.2 and 6.0-7.1 for Kinggrass, Napier Pakchong1 and Alafal, respectively. Therefore, Napier Pakchong1 and Alafal at grass to inoculum ratio of 1:2 were selected for further experimentation. The digestion was performed on working volume of 1 L for 36 day with initial pH of 7.1. The results show that the cumulative biogas productions were 2.46 and 6.97 L and the methane contents were 45.3 and 52.8 for Napier Pakchong1 and Alafal, respectively. It indicates that Alafal has higher potential for biogas production than Kinggrass and Napier Pakchong 1.

Keywords: Biogas, Napier grass, Batch anaerobic digestion

1. บทนำ

ปัจจุบันจำนวนประชากรโลกมีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วประกอบกับการขยายตัวทางเศรษฐกิจและเทคโนโลยีของหลายๆประเทศที่เติบโตอย่างขึ้นอย่างต่อเนื่องส่งผลให้ความต้องการใช้ทรัพยากรของมนุษย์เพิ่มขึ้น ในขณะที่จำนวนของทรัพยากรต่างๆมีอยู่อย่างจำกัด นอกจากนี้ทรัพยากรบางประเภทเริ่มลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งทรัพยากรพลังงาน เช่น น้ำมันปิโตรเลียม ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหินที่เริ่มหมดไปจนใกล้ภาวะวิกฤตพลังงาน ดังนั้นพลังงานทดแทนจึงเป็นแหล่งของพลังงานที่ได้รับความสนใจที่จะนำมาใช้ในอนาคต ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ รวมถึงพลังงานจากก๊าซชีวภาพที่เป็นพลังงานสะอาดไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และสามารถผลิตได้จากแหล่งวัตถุดิบที่หลากหลาย เช่น วัตถุดิบจากการเกษตรและปศุสัตว์ วัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ และวัตถุดิบจากครัวเรือน เป็นต้น

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีพื้นที่การเพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์เป็นจำนวนมาก ผลผลิตของพืชสำหรับปศุสัตว์มีมากกว่าหนึ่งแสนตันต่อปี จากการสรุปของกองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ พบว่าปริมาณผลผลิตหญ้าอาหารสัตว์ที่เหลือมีเพิ่มมากขึ้นทุกปี โดยในปีพ.ศ. 2552 มีผลผลิตหญ้าคงเหลือถึง 7,353 ตัน [1] ซึ่งหญ้าอาหารสัตว์เหล่านี้สามารถนำมาผ่านกระบวนการย่อยสลายภายใต้สภาวะไร้อากาศเปลี่ยนเป็นพลังงานก๊าซชีวภาพได้ และหญ้าอาหารสัตว์ตระกูลเนเปียร์สามารถใช้ผลิตก๊าซชีวภาพที่มีค่าความร้อนที่เพียงพอต่อการเผาไหม้ [2] นอกจากนี้หญ้าเนเปียร์ยักษ์สามารถให้ผลผลิตก๊าซชีวภาพเฉลี่ย 175 ลิตรต่อกิโลกรัม และคาดว่ามีศักภาพเหมาะสมในการพัฒนาเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตพลังงานทดแทนในอนาคต [3] และจากการศึกษาของปวาริศ [4] ซึ่งรายงานว่าหญ้าเนเปียร์มีศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยหญ้าเนเปียร์อายุ 1 เดือน จำนวน 1,000 ไร่ สามารถให้ผลผลิตก๊าซชีวภาพที่มีก๊าซมีเทนเป็นองค์ประกอบร้อยละ 57 และผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าได้ 1 เมกะวัตต์ นอกจากนี้ จักรพันธ์ [5] ได้ศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียฟาร์มสุกรโดยการย่อยสลายร่วมกับหญ้าเนเปียร์และเศษอาหารด้วยถังปฏิกรณ์เอเอสบีอาร์ (ASBR) พบว่าการย่อยสลายโดยใช้น้ำเสียจากฟาร์มสุกรร่วมกับหญ้าเนเปียร์ ในอัตราส่วน 70 : 30 (โดยปริมาณของแข็งระเหย) ให้ผลผลิตมีเทน 0.629 ± 0.16 ลิตร CH_4/g VS เมื่อมีระยะเวลาเก็บกัก 10 วัน ซึ่งสูงกว่าการย่อยสลายโดยใช้น้ำเสียจากฟาร์มสุกรร่วมกับเศษอาหาร

ถึงแม้ว่าการศึกษาวิจัยพบว่าหญ้าเนเปียร์มีศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพได้ แต่ในประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาถึงศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพของหญ้าเนเปียร์ลูกผสมสายพันธุ์ต่างๆ ที่มีการเพาะปลูกภายในประเทศสำหรับปศุสัตว์ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาถึงการนำหญ้าเนเปียร์ลูกผสมสายพันธุ์ที่มีการเพาะปลูกในประเทศไทย 3 สายพันธุ์ ได้แก่ หญ้าเนเปียร์ยักษ์ หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และหญ้าอาลาฟัล มาใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพ เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าของหญ้า และใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงานทดแทนในอนาคต

2. วิธีการทดลอง

2.1 วัตถุดิบและจุลินทรีย์

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองคือ หญ้าเนเปียร์ (*Pennisetum purpureum*) สายพันธุ์ลูกผสม 3 สายพันธุ์ ได้แก่ หญ้าเนเปียร์ยักษ์ (*Pennisetum purpureum* x *P. glaucum* Hybrid cv. King grass) หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 (*Pennisetum purpureum* x *P. glaucum* Pakchong1) และหญ้าอาลาฟัล (*Pennisetum purpureum* x *P. glaucum* Hybrid) อายุ 45 วัน และหัวเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น ได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์การเรียนรู้การจัดการขยะและน้ำเสียชุมชน คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

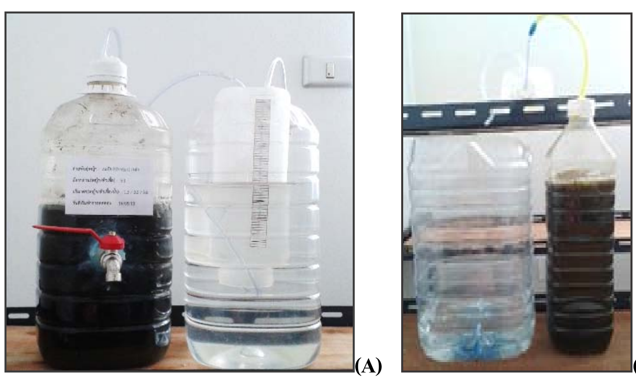
2.2 การทดลองผลิตก๊าซชีวภาพโดยหญ้าเนเปียร์

2.2.1 การทดลองเบื้องต้นผลิตก๊าซชีวภาพโดยหญ้าเนเปียร์ 3 สายพันธุ์

นำหญ้าแต่ละสายพันธุ์มาบดละเอียด และเติมลงในถังหมัก โดยเติมในอัตราส่วนของหญ้าต่อเชื้อจุลินทรีย์ตามอัตราส่วนต่างๆ ดังตารางที่ 1 ในแต่ละชุดทดลอง ในขณะที่ชุดควบคุมประกอบด้วยชุดที่ 1 เติมเชื้อจุลินทรีย์โดยปราศจากหญ้า และชุดที่ 2 เติมหญ้าโดยปราศจากเชื้อจุลินทรีย์ เติมประปาลงในถังหมักแต่ละถังจนได้ปริมาตร 5 ลิตร จากนั้นปิดฝาถังหมักอย่างแน่นหนา และปิดรอยรั่วด้วยกาวซิลิโคน เชื่อมต่อถังหมักขนาด 6 ลิตร กับถังเก็บก๊าซชีวภาพขนาด 5 ลิตร โดยเจาะบริเวณด้านบนของถังหมักเพื่อต่อท่อนำก๊าซไปยังถังเก็บก๊าซ และเจาะบริเวณด้านข้างของถังเก็บก๊าซเพื่อต่อเข้ากับสายยางสำหรับเป็นทางออกของน้ำจากระบบขณะเกิดการแทนที่โดยก๊าซชีวภาพ ดังรูปที่ 1A ทำการหมักชุดทดลองละ 2 ซ้ำ ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 45 วัน บันทึกผลก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากการแทนที่น้ำทุกวัน และเก็บตัวอย่างน้ำหมักทุก 3 วันเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

2.2.2 การผลิตก๊าซชีวภาพโดยหญ้าเนเปียร์ที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 2.1 และปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มต้นเท่ากัน

คัดเลือกสายพันธุ์หญ้าและอัตราส่วนระหว่างหญ้าต่อเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมจากการทดลองเบื้องต้นผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์ 3 สายพันธุ์ มาผลิตก๊าซชีวภาพโดยปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มต้นโดยทำการย่อยสลายในขวดขนาด 1.5 ลิตร ปริมาตรหมัก 1 ลิตร (รูปที่ 1B) ปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มต้นเป็น 7.0±0.1 ย่อยสลายที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 36 วัน



(A) (B)

รูปที่ 1. ถังหมักก๊าซชีวภาพ **(A)** ถังหมักขนาด 6 ลิตร และ **(B)** ถังหมักขนาด 1.5 ลิตร

2.3 การวิเคราะห์

จากการทดลองที่ 2.2.1 เก็บตัวอย่างน้ำหมักแต่ละชุดทดลองมาวิเคราะห์ค่าปริมาณของแข็งเริ่มต้น ได้แก่ ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid, TS) ค่าปริมาณของแข็งระเหยได้ทั้งหมด (Total volatile solid, VS) และทำการวิเคราะห์น้ำหมักระหว่างทดลองทุก 3 วัน โดยเก็บตัวอย่างน้ำหมักมาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 17,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 17 นาที และนำเอาส่วนใสไปวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ด้วยเครื่องวัด pH (Demver, UB-10) และค่าซีโอดี (soluble chemical oxygen demand, sCOD) โดยวิธีของ APHA (1995) [6]

สำหรับการทดลองที่ 2.2.2 บันทึกผลปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมที่เกิดขึ้นจากการแทนที่น้ำทุกวันและวิเคราะห์ความเข้มข้นของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพด้วยเครื่องวิเคราห์ก๊าซชีวภาพ (Geotech, GA-5000)

ตารางที่ 1. การออกแบบการทดลอง

สายพันธุ์หญ้า	อัตราส่วน หญ้า : จุลินทรีย์	น้ำหนักหญ้า (kg)	ร้อยละของหญ้าต่อปริมาตรหมัก (w/v)	ปริมาตรจุลินทรีย์ (L)	ร้อยละของจุลินทรีย์ต่อปริมาตรหมัก (v/v)
เนเปียร์ยักษ์ (KN)	1:1	0.5	10	0.5	10
	1:2	0.5	10	1.0	20
	1:3	0.5	10	1.5	30
	2:1	1.0	20	0.5	10
	3:1	1.5	30	0.5	10
เนเปียร์ปากช่อง 1 (NP)	1:1	0.5	10	0.5	10
	1:2	0.5	10	1.0	20
	1:3	0.5	10	1.5	30
	2:1	1.0	20	0.5	10
	3:1	1.5	30	0.5	10
อาลาฟัล (AF)	1:1	0.5	10	0.5	10
	1:2	0.5	10	1.0	20
	1:3	0.5	10	1.5	30
	2:1	1.0	20	0.5	10
	3:1	1.5	30	0.5	10
Control 1 (จุลินทรีย์)	0:1	0.0	0	0.5	10
Control 2 (หญ้า)	1:0	0.5	10	0.0	0

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 ผลการทดลองเบื้องต้นผลิตก๊าซชีวภาพโดยหญ้าเนเปียร์ 3 สายพันธุ์

3.1.1 ค่าของแข็งทั้งหมดและของแข็งระเหยได้ทั้งหมด

จากการวิเคราะห์ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด และค่าปริมาณของแข็งระเหยได้ในหญ้าเนเปียร์ อายุ 45 วัน ที่ใช้การทดลองพบว่ามีค่าของแข็งทั้งหมดเท่ากับ 239.39, 206.18 และ 254.22 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเปียก และมีค่าของแข็งระเหยได้เท่ากับ 214.01, 182.36 และ 230.25 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเปียก สำหรับหญ้าเนเปียร์ยักษ์ หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และหญ้าอาลาฟัล คิดเป็นสัดส่วนของของแข็งระเหยได้ต่อของแข็งทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 89.40, 88.50 และ 90.57 ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดและปริมาณของแข็งระเหยได้ในน้ำหมักเริ่มต้น จะเห็นได้ว่าค่าของแข็งทั้งหมดและของแข็งระเหยได้แปรผันโดยตรงกับอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้น และมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญสำหรับชุดทดลองที่มีอัตราส่วนเป็น 2:1 และ 3:1 ของหญ้าทุกสายพันธุ์ (ตารางที่ 2) เมื่อพิจารณาระหว่างสายพันธุ์ในทุกอัตราส่วนพบว่า หญ้าอาลาฟัลมีค่าของแข็งทั้งหมดและปริมาณของแข็งระเหยได้เริ่มต้นสูงกว่าหญ้าเนเปียร์ยักษ์และหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 คือมีค่าของแข็งทั้งหมดเท่ากับ 2.77, 3.49, 4.05, 4.87 และ 8.47 กรัมต่อลิตร และมีค่าของแข็งระเหยได้เท่ากับ 1.58, 2.22, 2.46, 2.78 และ 4.18 กรัมต่อลิตร ที่อัตราส่วน 1:1, 1:2, 1:3, 2:1 และ 3:1 ตามลำดับ

ตารางที่ 2. ปริมาณของแข็งทั้งหมดและปริมาณของแข็งระเหยได้เริ่มต้น

สายพันธุ์หญ้า	อัตราส่วน	TS (g/l)	VS (g/l)
เนเปียร์ยักษ์	1:1	2.00±0.17	1.37±0.02
	1:2	2.82±0.06	1.69±0.03
	1:3	3.81±0.01	2.42±0.01
	2:1	3.55±0.04	2.00±0.07
	3:1	6.72±0.09	3.83±0.06
เนเปียร์ ปากช่อง1	1:1	2.66±0.03	1.79±0.03
	1:2	3.10±0.03	1.98±0.02
	1:3	4.08±0.06	2.38±0.06
	2:1	4.97±0.03	3.03±0.04
	3:1	6.08±0.01	2.91±0.01

ตารางที่ 2. (ต่อ) ปริมาณของแข็งทั้งหมดและปริมาณของแข็งระเหยได้เริ่มต้น

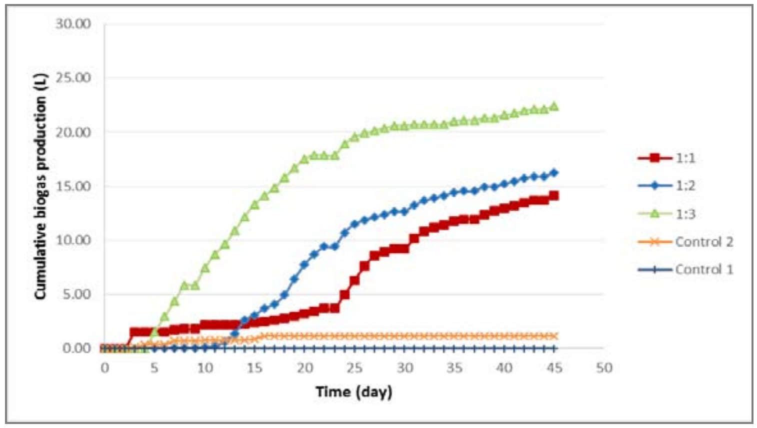
สายพันธุ์หญ้า	อัตราส่วน	TS (g/l)	VS (g/l)
อาลาฟัล	1:1	2.77±0.03	1.58±0.04
	1:2	3.49±0.02	2.22±0.07
	1:3	4.05±0.01	2.46±0.02
	2:1	4.87±0.09	2.78±0.06
	3:1	8.47±0.02	4.18±0.07
Control	จุลินทรีย์	0.79±0.04	0.48±0.06
	เนเปียร์ยักษ์	1.29±0.04	0.74±0.09
	เนเปียร์ปากช่อง1	1.90±0.09	0.93±0.02
	อาลาฟัล	2.72±0.09	1.30±0.07

3.1.2 ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสม

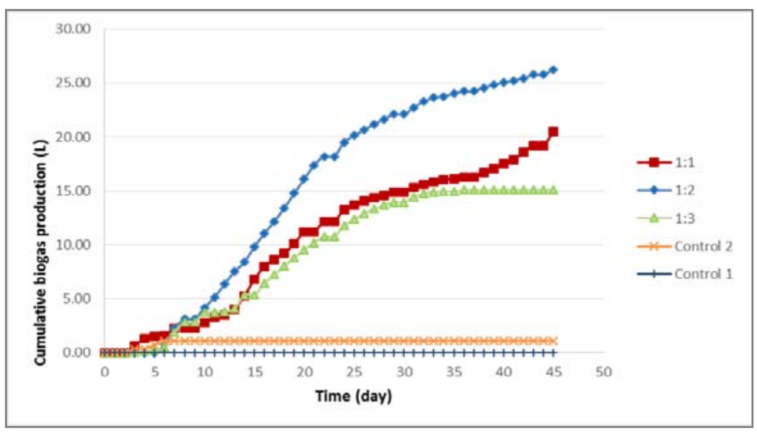
ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมที่ผลิตได้จากการหมักหญ้าทั้งสามสายพันธุ์ โดยในชุดทดลองที่มีสัดส่วนของจุลินทรีย์มาก (1:1, 1:2 และ 1:3) มีปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมมากกว่าในชุดทดลองที่มีสัดส่วนของหญ้ามาก (2:1 และ 3:1) สำหรับหญ้าเนเปียร์ยักษ์ หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 (รูปที่ 2 และรูปที่ 3) ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมสูงสุดเกิดจากชุดทดลองที่มีอัตราส่วนเป็น 1:3 และ 1:2 (รูปที่ 4 และรูปที่ 5) มีปริมาณก๊าซสะสมเท่ากับ 22.45 และ 26.25 ลิตร ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมจากการหมักหญ้าสายพันธุ์อาลาฟัล พบว่าชุดทดลองที่มีอัตราส่วนเป็น 1:2 และ 1:3 (รูปที่ 4 และ รูปที่ 5) มีปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมสูงและมีค่าใกล้เคียงกันโดยมีค่าเท่ากับ 24.29 และ 21.45 ลิตร ตามลำดับ นอกจากนี้ในชุดทดลองที่มีอัตราส่วน 3:1 ซึ่งเป็นชุดทดลองที่มีสัดส่วนของหญ้ามากแต่มีปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมใกล้เคียงกับที่อัตราส่วน 1:2 และ 1:3 โดยมีค่าเท่ากับ 27.44 ลิตร (รูปที่ 2) ทั้งนี้เป็นผลมาจากปัจจัยทางกล คือการกวนผสม เนื่องจากในระหว่างทดลองไม่มีการกวนผสมต่อเนื่อง ทำให้ก๊าซที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักดันให้หญ้าบางส่วนลอยขึ้นเหนือผิวหน้าน้ำหมัก ส่งผลให้กระบวนการย่อยสลายหญ้าไปเป็นกรดอินทรีย์นั้นเกิดขึ้นอย่างช้าๆ จากหญ้าเพียงบางส่วน กล่าวคือมีเพียงหญ้าที่สัมผัสกับน้ำหมักเท่านั้นที่ถูกใช้เป็นสารอินทรีย์ตั้งต้นของกระบวนการย่อยสลาย เป็นผลให้มีการสะสมของกรดอินทรีย์ในระบบน้อย จุลินทรีย์สามารถเปลี่ยนกรดอินทรีย์ไปเป็นก๊าซชีวภาพได้อย่างต่อเนื่องทำให้มีปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมใกล้เคียงกับชุดทดลองที่มีหญ้าน้อย (1:2 และ 1:3)

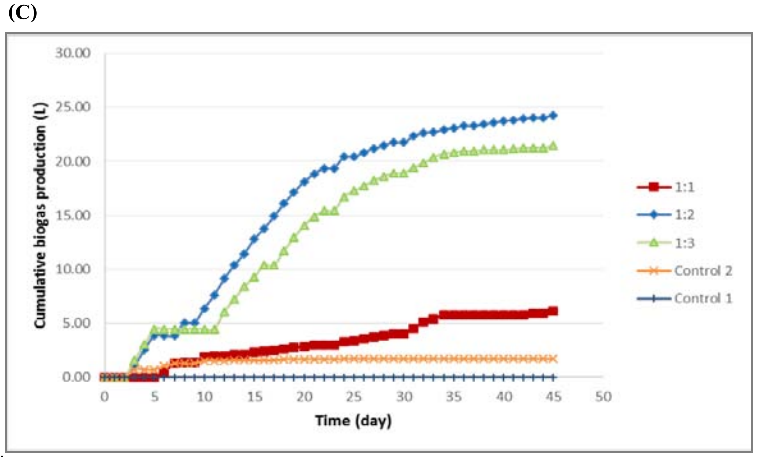
(A)



(B)

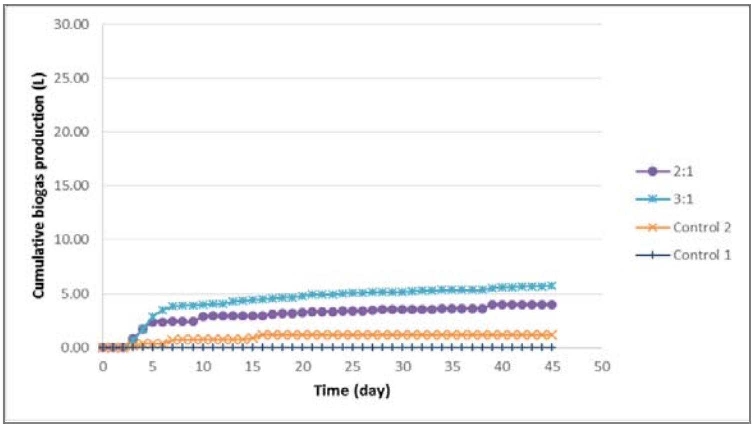


(C)

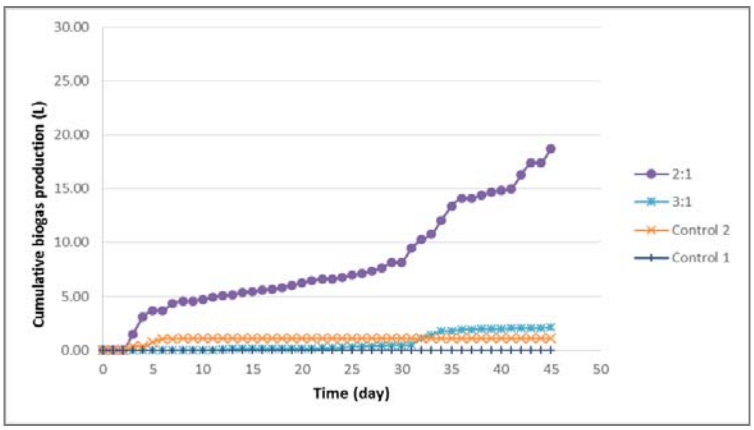


รูปที่ 2. ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมจากหญ้าเนเปียร์ 3 สายพันธุ์ ในชุดทดลองที่มีอัตราส่วนหญ้าคงที่ **(A)** หญ้าเนเปียร์ยักษ์ **(B)** หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 **(C)** หญ้าอาลาฟัล

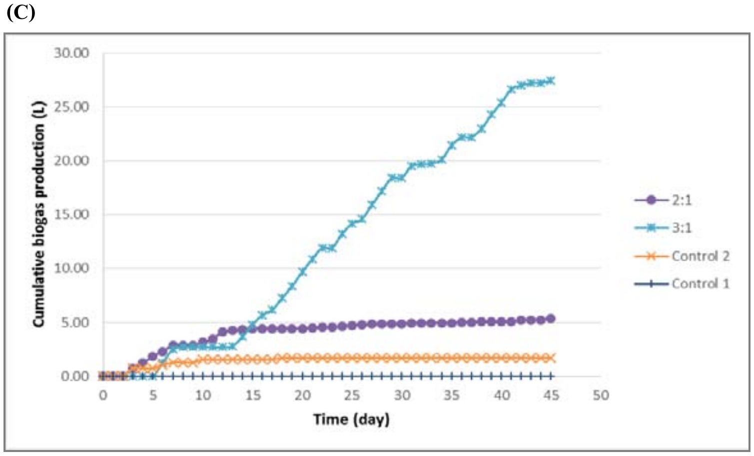
(A)



(B)



(C)



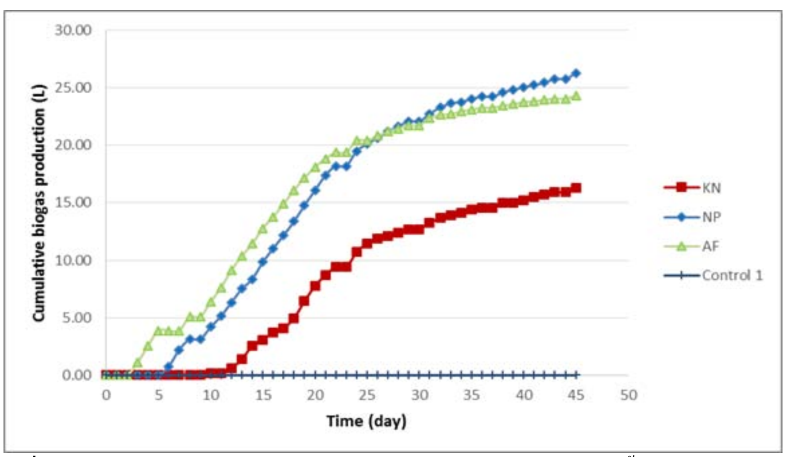
รูปที่ 3. ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมจากหญ้าเนเปียร์ 3 สายพันธุ์ ในชุดทดลองที่มีอัตราส่วนจุลินทรีย์คงที่ **(A)** หญ้าเนเปียร์ยักษ์ **(B)** หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 **(C)** หญ้าอาลาฟัล

จากการศึกษาเปรียบเทียบการผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ หญ้าเนเปียร์ยักษ์ หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และหญ้าอาลาฟัล พบว่าผลผลิตก๊าซชีวภาพสูงสุดเกิดจากชุดทดลองที่มีอัตราส่วนเป็น 1:3, 1:2 และ 1:2 มีค่าเท่ากับ 0.37, 0.53 และ 0.47 L biogas/g VS ตามลำดับ โดยชุดทดลองทั้งสามเป็นชุดทดลองที่มีสัดส่วนของเชื้อจุลินทรีย์มากกว่าสัดส่วนของหญ้า ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาของ Xie และคณะ [7] ซึ่งศึกษาผลของอัตราส่วนระหว่างมูลหมูต่อหญ้าหมักในการผลิตมีเทน พบว่าอัตราส่วนที่ให้ปริมาณของมีเทนสูงสุดคือ 3:1 มีปริมาณเท่ากับ 304.2 ml CH_4/g VS มีระยะปรับสภาพของจุลินทรีย์ (lag phase) 28.1 วัน และที่อัตราส่วน 1:1 มีปริมาณของก๊าซมีเทนเท่ากับ 302.8 ml CH_4/g VS มีระยะ lag phase 24.6 วัน ในขณะที่ Abu-Dahrieh และคณะ [8] รายงานว่าเมื่ออัตราส่วนระหว่างหญ้าหมักต่อหัวเชื้อจุลินทรีย์มีค่าเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณของก๊าซมีเทนมีค่าลดลง แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณหัวเชื้อจุลินทรีย์ในถังหมักทำให้มีความพร้อมในการย่อยสลายหญ้าหมักเพิ่มขึ้นด้วย หรือหัวเชื้อจุลินทรีย์ที่มีปริมาณมากไม่ถูกยับยั้งจากอินทรีย์สารที่เติมเข้าสู่ถังหมัก

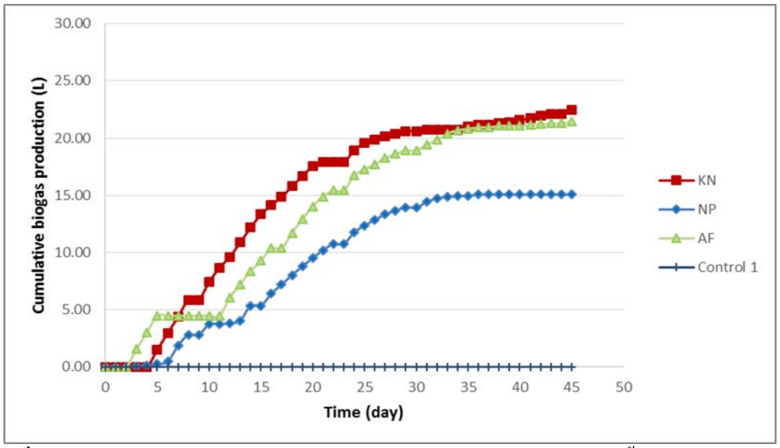
ในชุดทดลองที่มีอัตราส่วนหญ้าต่อจุลินทรีย์เป็น 1:2 และ 1:3 เป็นชุดทดลองที่ให้ผลผลิตก๊าซชีวภาพสูงในงานวิจัยนี้นั้น มีอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพสูงในช่วง 5-25 วันของการหมัก นั่นคือจุลินทรีย์ใช้เวลาในระยะ 5 วันแรกของการหมักสำหรับการปรับสภาพ (lag phase) และเมื่อพิจารณาจากปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมจากการหมักหญ้าอาลาฟัลพบว่ามีผลผลิตก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นตั้งแต่วันที่ 3 ของการหมัก ในขณะที่การหมักหญ้าเนเปียร์ยักษ์และหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ต้องใช้ระยะเวลาถึง 5 วัน

นอกจากนี้ในรายงานการวิจัยอื่นๆ [9-13] ได้มีการรายงานผลการผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์อย่างหลากหลาย ณัฐกาญจน์ [9] ได้ศึกษาศักยภาพในการผลิตก๊าซมีเทนของหญ้า 7 ชนิด ได้แก่ หญ้ารูซี่ หญ้ากินนีสีม่วง หญ้าอะตราตัม หญ้าพลิแคทูลั่ม หญ้าโร้ด หญ้าเนเปียร์ยักษ์ และหญ้าแพงโกล่า ด้วยวิธีบีเอ็มพี เป็นเวลา 63 วันพบว่า หญ้ากินนีสีม่วงมีศักยภาพในการผลิตก๊าซมีเทนสูงที่สุดมีค่า 0.170 m^3/kg VS และมีความเข้มข้นของก๊าซมีเทนระหว่างร้อยละ 35.78 - 63.54 ในขณะที่หญ้าเนเปียร์ยักษ์ มีศักยภาพในการผลิตก๊าซมีเทนเท่ากับ 0.110 m^3/kg VS ในขณะที่ Janejadkarn และ Chavalrit [10] ได้ประเมินคุณภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 โดยวิธีการหมักแบบต่อเนื่อง พบว่าปริมาณของแข็งระเหยได้ในสารป้อนที่เหมาะสมคือ 2% คิดเป็นภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 0.57 kg VS/m^3.day ผลิตได้ก๊าซชีวภาพเท่ากับ 0.529 m^3/kg VS added และปริมาณก๊าซมีเทนเท่ากับ 0.242 m^3/kg VS added สุพล และสมศักดิ์ [11] ศึกษาผลของอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (OLR) ของระบบหมักแบบไร้อากาศสองขั้นตอนในการผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หมักร่วมกับมูลไก่ ในถังหมักขนาด 200 ลิตร หลังจากการหมักเป็นเวลา 33 วัน พบว่าเกิดก๊าซชีวภาพสะสมเท่ากับ 126.09, 211.73 และ 561.63 ลิตร และผลผลิตก๊าซมีเทนเท่ากับ 24.07, 36.18 และ 66.13 L CH_4/kg.VS added

ที่ OLR ในรูปของของแข็งระเหย (VS) เท่ากับ 0.49, 0.55 และ 0.80 kg VS/m3-d ตามลำดับ มีองค์ประกอบมีเทนเฉลี่ยร้อยละ 61.61 (±8.03) Wilawan และคณะ [12] ศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หมักร่วมกับมูลไก่ พบว่าปริมาณก๊าซมีเทนสูงสุดเท่ากับ 0.27±0.01 L CH_4/kg.VS ที่อัตราส่วนระหว่างหญ้าต่อมูลไก่เท่ากับ 50 : 50 % หรือคิดเป็นภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 1.1 kg VS/m^3.d การใช้มูลไก่เป็นวัสดุหมักร่วมสามารถเสริมประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากจากหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เนื่องจากหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีปริมาณไนโตรเจน และปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยต่อค่าความเป็นด่างอยู่ในช่วงต่ำ เหมาะที่จะหมักร่วมกับของเสียที่มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมสูง [12] นอกจากนี้ Rekha และ Aniruddha [13] ได้พัฒนากระบวนการบำบัดหญ้าเนเปียร์เบื้องต้นด้วยด่างก่อนเข้าสู่กระบวนการหมักแบบไร้อากาศ พบว่าการบำบัดเบื้องต้นด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.6% (w/v) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ได้ผลผลิตก๊าซชีวภาพดีที่สุด คือหลังจากการหมักเป็นเวลา 8 วัน มีปริมาณก๊าซชีวภาพเท่ากับ 382 ml /g TS และมีปริมาณก๊าซมีเทนเป็น 0.148 m^3/kg TS ในขณะที่การหมักหญ้าเนเปียร์ที่ไม่ผ่านการบำบัดเบื้องต้น พบว่ามีปริมาณก๊าซมีเทนเป็น 0.047 m^3/kg TS สำหรับหญ้าเนเปียร์สายพันธุ์อาลาฟัลยังไม่มีผลการศึกษาเผยแพร่มากนัก พิชัย [14] ได้อ้างอิงผลงานวิจัยร่วมของพรอรัญ และปราโมทย์ ซึ่งได้ศึกษา เปรียบเทียบการผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์แต่ละสายพันธุ์โดยวิธีการหมักแบบกึ่งต่อเนื่อง ในเครื่องผลิตก๊าซชีวภาพขนาด 2.5 ตัน พบว่าปริมาณก๊าซชีวภาพจากการหมักหญ้าเนเปียร์สายพันธุ์อาลาฟัลมีค่าสูงกว่าสายพันธุ์เนเปียร์ยักษ์ และสายพันธุ์บาน่า คือมีปริมาณก๊าซชีวภาพ 91.97, 76.62 และ 70.88 ลิตรต่อวัน ตามลำดับ



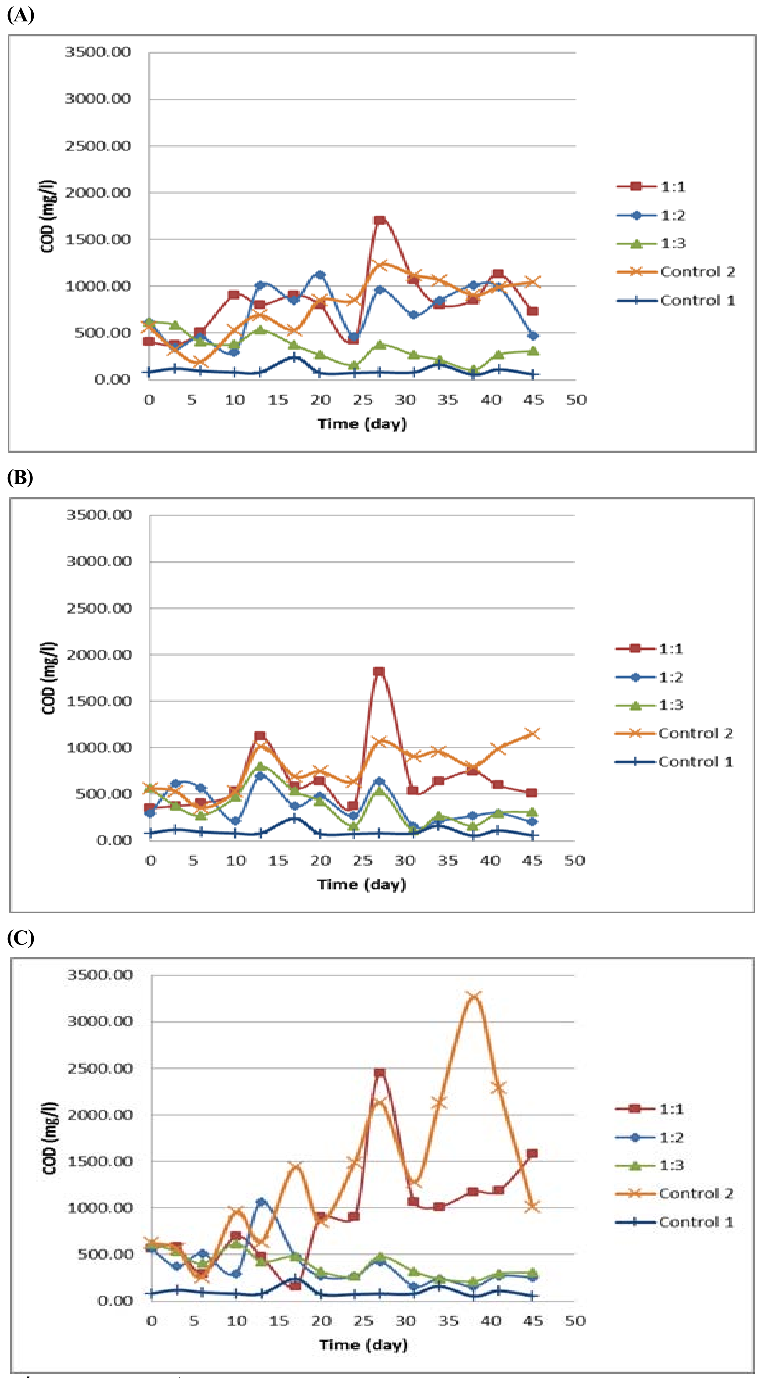
รูปที่ 4. ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมจากชุดทดลองที่มีอัตราส่วนของหญ้าต่อเชื้อจุลินทรีย์เป็น 1:2



รูปที่ 5. ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมจากชุดทดลองที่มีอัตราส่วนของหญ้าต่อเชื้อจุลินทรีย์เป็น 1:3

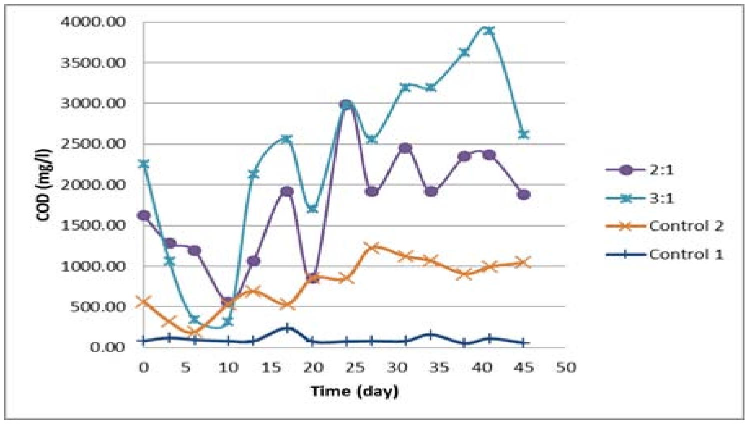
3.1.3 ค่าซีโอดี

ค่าซีโอดีของน้ำหมักในแต่ละชุดทดลองมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นๆลงๆ (fluctuation) ตลอดระยะเวลาทดลอง โดยในชุดทดลองที่มีปริมาณจุลินทรีย์มากกว่าหญ้า (รูปที่ 6 และ รูปที่ 7) ค่าซีโอดีมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นๆลงๆแต่มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาของการหมัก สำหรับค่าซีโอดีของชุดทดลองที่มีปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมสูงสุด (อัตราส่วน 1:3, 1:2 และ 1:2 สำหรับหญ้าเนเปียร์ยักษ์ หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และหญ้าอาลาฟัล ตามลำดับ) นั้น ค่าซีโอดีเริ่มต้นของน้ำหมักจากหญ้าทั้งสามสายพันธุ์มีค่าใกล้เคียงกัน ในขณะที่ค่าซีโอดีของชุดควบคุมที่ 1 (ชุดควบคุมที่ปราศจากหญ้า) มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยตลอดระยะเวลาการหมัก เนื่องจากภายในระบบไม่มีสารอินทรีย์ตั้งต้นสำหรับย่อยสลายเป็นสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ และสำหรับชุดควบคุมที่ 2 (ชุดทดลองที่ปราศจากหัวเชื้อจุลินทรีย์) มีการเปลี่ยนแปลงแบบขึ้นๆลงๆ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาทดลอง เนื่องจากเกิดการย่อยสลายหญ้าของจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆที่อาจปะปนมากับหญ้า ทำให้เกิดเป็นสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้สะสมอยู่ภายในระบบ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากในระบบไม่มีหัวเชื้อจุลินทรีย์ที่เปลี่ยนสารอินทรีย์เหล่านั้นไปเป็นก๊าซชีวภาพได้

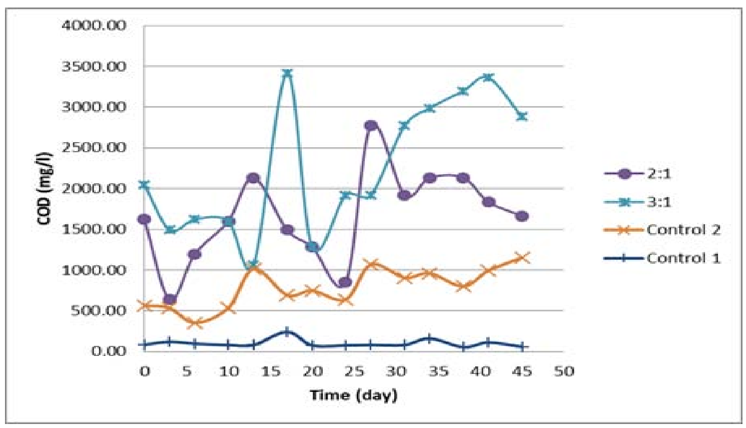


รูปที่ 6. ค่าซีโอดีของน้ำหมักจากหญ้าเนเปียร์ 3 สายพันธุ์ ในชุดทดลองที่มีอัตราส่วนหญ้าคงที่ **(A)** หญ้าเนเปียร์ยักษ์ **(B)** หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 **(C)** หญ้าอาลาฟัล

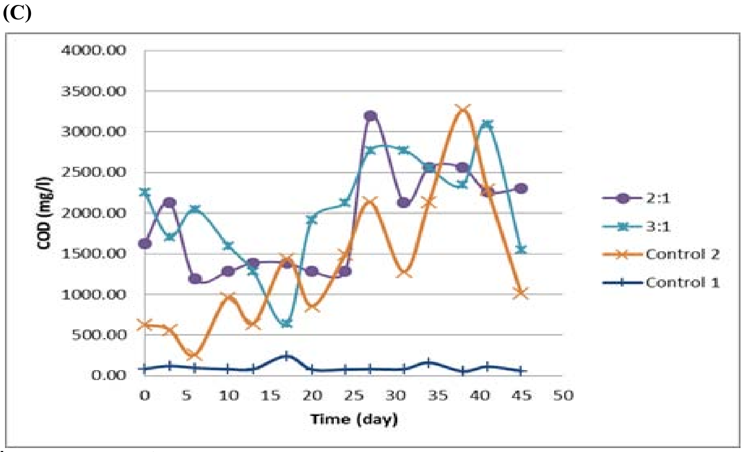
(A)



(B)



(C)



รูปที่ 7. ค่าซีโอดีของน้ำหมักจากหญ้าเนเปียร์ 3 สายพันธุ์ ในชุดทดลองที่มีอัตราส่วนจุลินทรีย์คงที่ **(A)** หญ้าเนเปียร์ยักษ์ **(B)** หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 **(C)** หญ้าอาลาฟัล

ค่าซีโอดีเริ่มต้นของน้ำหมักมีค่าเท่ากับ 618, 291 และ 565 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับหญ้าเนเปียร์ยักษ์ หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และหญ้าอาลาฟัล ตามลำดับ ค่าซีโอดีมีการเปลี่ยนแปลงแบบขึ้นๆ ลงๆตลอดระยะเวลาของการหมัก สำหรับหญ้าสายพันธุ์อาลาฟัลค่าซีโอดีมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงอย่างสม่ำเสมอกว่าหญ้าเนเปียร์ยักษ์ และหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ค่าซีโอดีสูงสุดพบในวันที่ 1, 12 และ 12 ของการหมักมีค่าเท่ากับ 618, 693 และ 1,066 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อัตราส่วนระหว่างหญ้าต่อเชื้อจุลินทรีย์เป็น 1:3, 1:2 และ 1:2 ตามลำดับ และมีค่าลดลงกระทั่งมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 106, 106 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี (COD removal) เท่ากับร้อยละ 82.8, 76.9 และ 85.0 สำหรับหญ้าเนเปียร์ยักษ์ หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และหญ้าอาลาฟัล ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงของค่าซีโอดีระหว่างการหมัก เกิดการเปลี่ยนแปลงแบบขึ้นๆ ลงๆ เป็นผลจากการทำงานของแบคทีเรียในระบบที่สามารถย่อยสลายหญ้าที่จัดเป็นสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ได้เป็นโมเลกุลของสารอินทรีย์ขนาดเล็กที่สามารถละลายน้ำได้ ทำให้เกิดค่าซีโอดีที่สูงกว่าค่าเริ่มต้นได้ในระยะแรกของการหมัก สอดคล้องกับการศึกษาของ Xie และคณะ [7] ซึ่งรายงานว่าค่าซีโอดีเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 10 วันแรกของการหมัก และลดลงหลังจากวันที่ 25 ของการหมัก

3.1.4 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

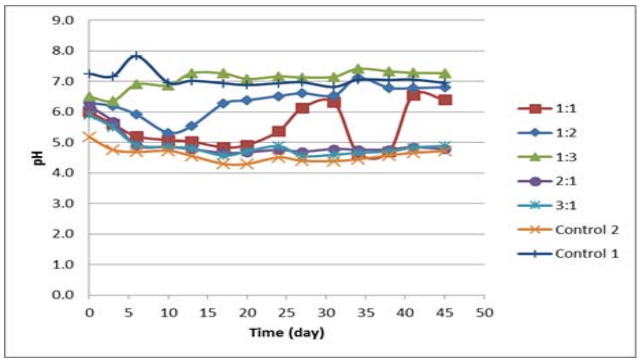
ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มต้นของแต่ละชุดทดลองนั้นมีความแปรผันตามอัตราส่วนระหว่างหญ้าต่อจุลินทรีย์ กล่าวคือเมื่อสัดส่วนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นค่าความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มต้นมีค่าเพิ่มขึ้น คือมีค่าอยู่ในช่วง 6.0-6.5, 6.1-6.5 และ 5.3-6.2 สำหรับหญ้าสายพันธุ์เนเปียร์ยักษ์ เนเปียร์ปากช่อง 1 และอาลาฟัล ตามลำดับ แต่เมื่อสัดส่วนหญ้าเพิ่มขึ้น ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มต้นมีค่าลดลง (รูปที่ 8)

การเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรดเป็นด่างในระหว่างการหมักของทุกชุดทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างไม่สม่ำเสมอในระยะแรกของการหมัก และจะเริ่มคงที่และมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างใกล้เคียง 7 เมื่อการหมักเข้าสู่สมดุล โดยชุดทดลองที่เข้าสู่สมดุลได้เร็ว คือชุดทดลองที่มีอัตราส่วนของหญ้าต่อเชื้อจุลินทรีย์เป็น 1:3 ซึ่งเข้าสู่สมดุลในวันที่ 15 ของการหมัก (รูปที่ 9)

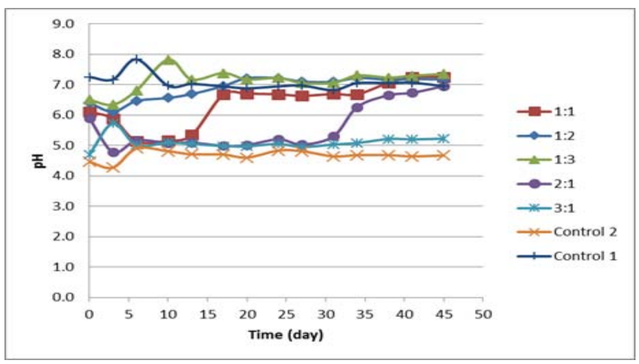
ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มต้นเป็นปัจจัยสำคัญต่อการผลิตก๊าซชีวภาพจากการทดลองจะเห็นได้ว่าชุดทดลองที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มต้นอยู่ในช่วง 6.0-6.5 สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ดี เนื่องจากเป็นช่วงความเป็นกรดเป็นด่างที่เป็นกลางเหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรียในกลุ่มเมทาโนเจน (Methanogenic bacteria) ซึ่งเป็นจุลินทรีย์กลุ่มหลักในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ เป็นผลให้จุลินทรีย์ปรับสภาพและสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้เร็ว จากรายงานของ Appels และคณะ [15] รายงานว่าแบคเรีย

กลุ่มเมทาโนเจนเจริญได้ดีในช่วงค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 6.5 ถึง 7.2 และจากรายงานของ Sirirote และคณะ [16] รายงานว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสมต่อการผลิตก๊าซชีวภาพอยู่ในช่วง 6.8 ถึง 7.2 ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองในงานวิจัยนี้ คือเมื่อค่าความเป็นกรดเป็นด่างเข้าสู่สมดุลในช่วง 6.7 ถึง 7.4 จะส่งผลให้ผลิตก๊าซชีวภาพได้ดี

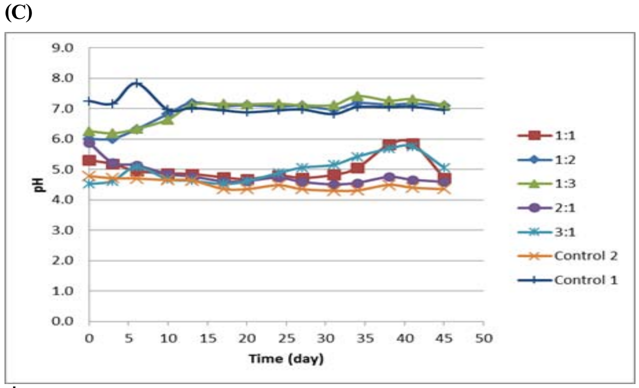
(A)



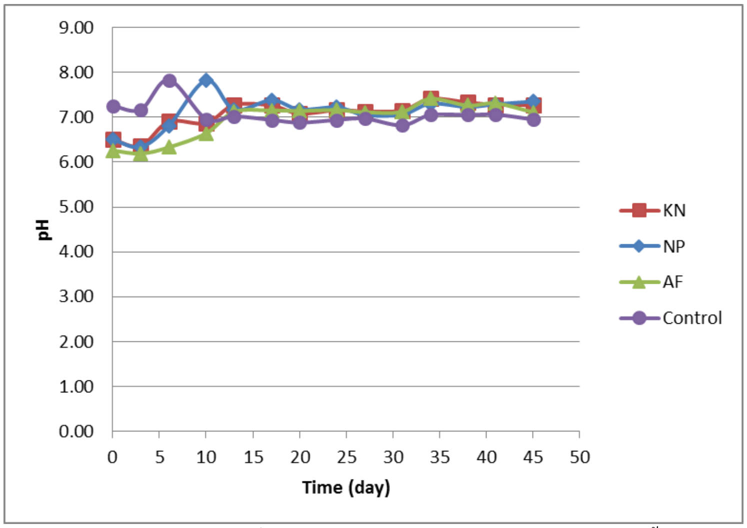
(B)



(C)



รูปที่ 8. ค่าความเป็นกรดเป็นด่างจากหญ้าเนเปียร์ 3 สายพันธุ์ **(A)** หญ้าเนเปียร์ยักษ์ **(B)** หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 **(C)** หญ้าอาลาฟัล



รูปที่ 9. ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำหมักในชุดทดลองที่มีอัตราส่วนของหญ้าต่อเชื้อจุลินทรีย์เป็น 1:3

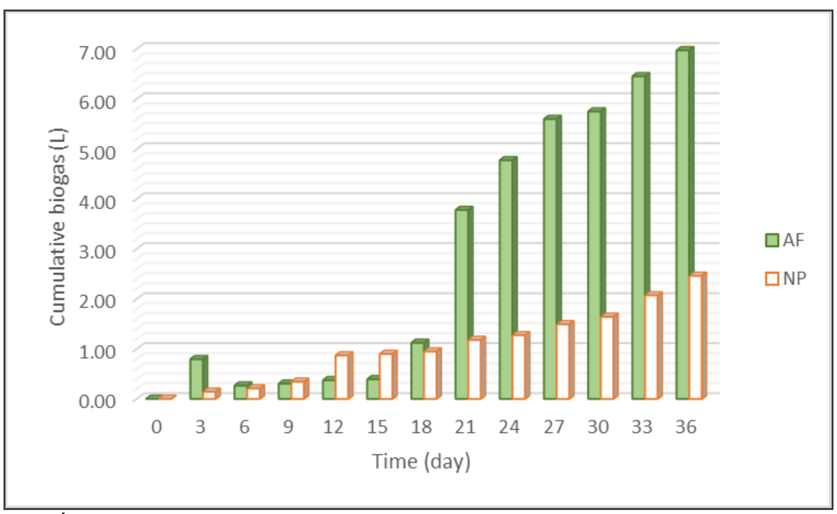
3.2 ผลการผลิตก๊าซชีวภาพโดยหญ้าเนเปียร์ที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 2.2.1 และปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มต้นเท่ากัน

จากผลการทดลองข้างต้นคัดเลือกหญ้าเนเปียร์สายพันธุ์เนเปียร์ปากช่อง 1 และอาลาฟัล ที่อัตราส่วนระหว่างหญ้าต่อเชื้อจุลินทรีย์เป็น 1:2 มาทำการย่อยสลายในขวดขนาด 1.5 ลิตร ปริมาตรหมัก 1 ลิตร ปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มต้นเป็น 7.0±0.1 เพื่อเปรียบเทียบปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมที่เกิดจากการย่อยสลายหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และหญ้าอาลาฟัลเป็นเวลา 36 วัน รูปที่ 10 แสดงปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมที่เกิดจากการย่อยสลายหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และหญ้าอาลาฟัลที่อัตราส่วนระหว่างหญ้าต่อเชื้อจุลินทรีย์เป็น 1:2 พบว่าปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมที่เกิดจากการย่อยสลายหญ้าทั้งสองสายพันธุ์มีค่าเพิ่มขึ้นไม่มากนักและมีค่าใกล้เคียงกันในช่วง 18 วันแรกของการหมัก คือมีค่า 0.95 และ 1.12 ลิตร สำหรับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และหญ้าอาลาฟัล ตามลำดับ เมื่อตรวจวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่างพบว่ามีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วงกรด (4.4 และ 4.8 สำหรับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และหญ้าอาลาฟัล ตามลำดับ) จึงปรับปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างเป็น 7.0±0.1 อีกครั้ง ซึ่งพบว่าหลังจากปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างครั้งที่สองปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมที่เกิดจากการย่อยสลายหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตลอดระยะเวลาการหมัก ในขณะที่ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมที่เกิดจากการย่อยสลายหญ้าอาลาฟัลมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญหลังจากปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง และมีค่าสูงกว่าปริมาณก๊าซ

ชีวภาพสะสมที่เกิดจากการย่อยสลายหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เมื่อสิ้นสุด 36 วันของการหมักพบว่ามีปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมเท่ากับ 2.46 และ 6.97 ลิตร สำหรับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และอาลาฟัล ตามลำดับ

ในระยะแรกของการหมักจุลินทรีย์จะย่อยสลายหญ้าซึ่งเป็นสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ได้เป็นกรดอินทรีย์ ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างลดลง และมีการสะสมของกรดอินทรีย์เพิ่มขึ้นกระทั่งทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างลดต่ำลงกว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์เมทาโนเจน (6.5 – 7.2) [15] ทำให้เกิดผลผลิตก๊าซชีวภาพน้อย ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันทั้งการผลิตจากหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และหญ้าอาลาฟัล เมื่อปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างให้เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์เมทาโนเจนอีกครั้ง เห็นได้ว่าปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมมีค่าเพิ่มขึ้นสำหรับหญ้าทั้งสองสายพันธุ์ และปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมที่เกิดจากการย่อยสลายหญ้าอาลาฟัลมีค่าเพิ่มขึ้นสูงกว่าปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมที่เกิดจากการย่อยสลายหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เป็นผลมาจากค่าปริมาณของแข็งของหญ้าอาลาฟัลมีค่ามากกว่าค่าปริมาณของแข็งของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 (จากผลการทดลองที่ 1.1) เมื่อมีปริมาณของแข็งมาก ทำให้มีการย่อยสลายไปเป็นกรดอินทรีย์ได้มาก และภายใต้สภาวะความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสมจุลินทรีย์เมทาเจนสามารถเปลี่ยนกรดอินทรีย์ที่มีปริมาณมากไปเป็นผลผลิตก๊าซชีวภาพได้มาก

เมื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักหญ้าเนเปียร์สายพันธุ์เนเปียร์ปากช่อง 1 และอาลาฟัล ที่อัตราส่วนระหว่างหญ้าต่อเชื้อจุลินทรีย์เป็น 1:2 พบว่ามีร้อยละของก๊าซมีเทนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 45.3 และ 52.8 สำหรับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และหญ้าอาลาฟัล ตามลำดับ



รูปที่ 10. ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมจากการย่อยสลายหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และหญ้าอาลาฟัล ที่อัตราส่วนของหญ้าต่อเชื้อจุลินทรีย์เป็น 1:2 ในชุดทดลองที่ปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มต้น

4. สรุปผลการทดลอง

การผลิตก๊าซชีวภาพโดยทำการย่อยสลายหญ้าเนเปียร์ลูกผสมสามสายพันธุ์ ได้แก่ หญ้าเนเปียร์ยักษ์ หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และหญ้าอาลาฟัล จากการศึกษาเปรียบเทียบพบว่าหญ้าเนเปียร์สายพันธุ์อาลาฟัลมีศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพสูงกว่าหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และหญ้าเนเปียร์ยักษ์ โดยให้ผลผลิตสูงสุดที่อัตราส่วนระหว่างหญ้าต่อจุลินทรีย์เป็น 1:2 มีปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมเท่ากับ 24.29 ลิตร คิดเป็นผลผลิตก๊าซชีวภาพเท่ากับ 0.47 ลิตรก๊าซชีวภาพต่อกรัมของแข็งระเหย โดยมีความเข้มข้นของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพเป็นร้อยละ 52.8 มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีเป็นร้อยละ 85.0 และมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างในระหว่างการย่อยสลายเป็น 6.0 ถึง 7.1 ในการศึกษาครั้งต่อไปอาจศึกษาปัจจัยอื่นๆที่มีผลต่อการเพิ่มศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพ ได้แก่ การกวนผสม ปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยได้ และค่าความเป็นด่าง เป็นต้น และศึกษาเพื่อเพิ่มศักยภาพในการผลิตก๊าซมีเทนโดยใช้หญ้าอาลาฟัลเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตพลังงานทดแทน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณไร่คุณสถิต วงศ์พนากร และไร่มาหญ้าฟาร์มสำหรับความอนุเคราะห์ต้นพันธุ์หญ้าเนเปียร์ทั้งสามสายพันธุ์ และศูนย์การเรียนรู้การจัดการขยะและน้ำเสียชุมชน คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สำหรับหัวเชื้อจุลินทรีย์

เอกสารอ้างอิง (References)

[1] กลุ่มสารสนเทศและข้อมูลสถิติ กรมปศุสัตว์, 2552. สรุปผลการผลิตและการใช้หญ้าแห้ง ปีงบประมาณ พ.ศ. 2548-2552.[Online] Available at: http://www.<dld.go.th/nutrition/data_stat/data_stat.htm> [ค้นเมื่อ 21 มกราคม 2556]. [Information technology center, Department of Livestock Development, 2009. Result of the production and used of drygrasses year 2007-2009. [Online] Available at: <http://www.dld.go.th/nutrition/data_stat/data_stat.htm>[Accessed 21 January 2013]. (in Thai)]

[2] Strezov, V., Evans, T.J. and Hayman, C., 2008. Thermal conversion of elephant grass (*Pennisetum purpureum Schum*) to bio-gas, bio-oil and charcoal. *Bioresource Technology*, 99, 8394–8399.

[3] น้ำเพชร พันธุ์พิพัฒน์ และศุภวัฒน์ วิวรรธ์ภัทรกิจ, 2555. ศึกษาศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยไบโอแก๊สที่ผลิตจากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตร

แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13. วันที่ 4 – 5 เมษายน 2555. จังหวัดเชียงใหม่, ประเทศไทย. [Nampetch Panpipat and Supawat Vivanphattarakij, 2012. Potentials Study of Electricity Generation with Biogas from Agricultural Wastes. The 13th Annual Conference of Thai Society of Agricultural Enegineering International Conference on Agricultural Enegineering. 4-5 April 2012. Chiang Mai, Thailand. (in Thai)]

[4] ปวาริศ ภัทรสิทธิศร, 2555. แนวทางการกผลิตก๊าซชีวภาพสำหรับประเทศไทย. สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ, กรมควบคุมมลพิษ. [Online] Available at: <http://wqm.pcd.go.th/water/images/stories/industry/journal/2555/biogas.pdf> [ค้นเมื่อ 21 มกราคม 2556]. [Pawarit Pattarsittisorn, 2012. Guidelines for the production of biogas for Thailand. Water Quality Management Bureau, Pollution Control Department. [Online] Available at: <http://wqm.pcd.go.th/water/images/stories/industry/journal/2555/biogas.pdf> [Accessed 21 January 2013]. (in Thai)]

[5] จักรพันธ์ หมื่นจี้, 2553. การผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียฟาร์มสุกรโดยย่อยสลายร่วมกับหญ้าเนเปียร์และเศษอาหารโดยถังปฏิกรณ์เอเอสบีอาร์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. [Jukkapan Muenjee, 2010. Biogas Production from piggery wastewater by co-digesting with Napier grass and food waste by ASBR. M.Eng. Thesis, Major of Environmental Engineering, Chaiang Mai University. (in Thai)]

[6] APHA, AWWA and WPCF, 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, Washington DC.

[7] Xie, S., Lawlor, P.G., Frost, J.P., Hu, Z. and Zhan, X., 2011. Effect of pig manure to grass silage ratio on methane production in batch anaerobic co-digestion of concentrated pig manure and grass silage. *Bioresource Technology*, 102, 5728–5733.

[8] Abu-Dahrieh, J., Orozco, A., Groom, E. and Rooney, D., 2011. Batch and continuous biogas production from grass silage liquor. *Bioresource Technology,* 102, 10922–10928.

[9] ณัฐกาญจน์ ชราพก, 2555. การผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าในระบบหมักไร้อากาศแบบขั้นตอนเดียว. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. [Nutakan Charapaka, 2012. Biogas production from grasses using single stage anaerobic digestion system. M.Eng. Thesis, Department of Environmental Engineering, Chulalongkorn University. (in Thai)]

[10] Janejadkarn, A. and Chavalrit, O., 2014. Biogas production from Napier grass (Pakchong1) (*Pennisetum purureum×Pennisetum americanum*). *Advanced Materials Research,*856, 327-332.

[11] สุพล บ่อคุ้ม และสมศักดิ์ พิทักษานุรัตน์, 2557. อัตราภาระบรรทุกสารอนิทรีย์ของการหมักแบบไร้ อากาศสองขั้นตอนต่อการผลิตก๊าซชีวภาพจาหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 15. วันที่ 28 มีนาคม 2557. จังหวัดขอนแก่น, ประเทศไทย. หน้า 1657 – 1665. [Supon Bokum amd Somsak Pitaksanurat, 2014. Organic Loading Rate of Two-Stage Anaerobic Digestion for Biogas Production from Napier Pak Chong1 Grass (*Pennisetum purpureum. Schum*). Graduate Research Conference 2014. 28 March 2014. Khon Kaen, Thailand. pp. 1657 – 1665. (in Thai)]

[12] Wilawan, W., Pholchan, P. and Aggarangsi, P., 2014. Biogas production from co-digestion of *Pennisetum purureum* cv. Pakchong 1 Grass and layer chicken manure using completely stirred tank. *Energy Procedia*, 52, 216 – 222.

[13] Rekha, B.N. and Aniruddha, B.Pandit., 2013. Performance enhancement of batch anaerobic digestion of Napier grass by alkali pre-treatment. *International Journal of ChemTech Research*, 5 (2), 558-564.

[14] พิชัย ถิ่นสันติสุข, 2557. จากสบู่ดำถึงหญ้าเนเปียร์ต่างกันที่นโยบายรัฐ. Modern manufacturing magazine, กุมภาพันธ์ 2014. Green world publication. [Online] Available at: <http://royalequipment.co.th/Article/MM/57/.../068-071_Green_Feb.pdf> [ค้นเมื่อ 16 สิงหาคม 2557]. [Pichai Tinsuntisook, 2014. From Jatropha to Napier grass: the difference is policy. Modern manufacturing magazine, February 2014. Green world publication. [Online] Available at: <http://royalequipment.co.th/Article/MM/57/.../068-071_Green_Feb.pdf> [Accessed 16 August 2014] (in Thai)]

[15] Appels, L., Baeyens, J., Degreve, J. and Dewil, R., 2008. Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge. *Progress in Energy and Combustion Science*, 34, 755–781.

[16] Sirirote, P., Thanaboripat, D., Klinkroon, N. and Tripak, S., 2010. The production of biogas from Cassava Tubers. *KMITL Science and Technology Journal*, 10(1), 30-36.